

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE ALMIDÓN
DE RESIDUOS Y ESPECIES VEGETALES PRODUCIDOS
EN AMAZONAS – PERÚ**

Autor: Bach. Cristhian Humberto Gonzalez Perez

Asesor: Dr. César Hugo García Torres

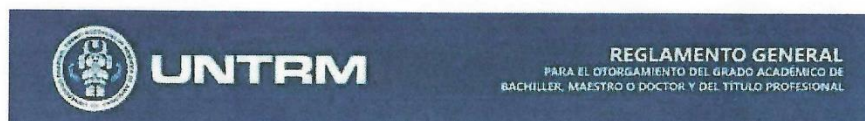
Co-Asesor: M.Sc. Segundo Víctor Olivares Muñoz

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS –PERÚ

2022

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

- Datos de autor 1**
Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): González Díaz Cristhian Humberto
DNI N°: 73596891
Correo electrónico: 7359689142@untrm.edu.pe
Facultad: Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela Profesional: Ingeniería Agroindustrial
- Datos de autor 2**
Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____
- Título de la tesis para obtener el Título Profesional**
Caracterización fisicoquímica de almidón de residuos y especies vegetales producidos en Amazonas Perú.
- Datos de asesor 1**
Apellidos y nombres: García Torres Cesar Hugo
DNI, Pasaporte, C.E N°: 76643245
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>): 0000-0001-5410-4110
- Datos de asesor 2**
Apellidos y nombres: Olivares Muñoz Segundo Víctor.
DNI, Pasaporte, C.E N°: 43456289
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>): 0000-0003-1462-9646
- Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)**
https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.htm 1.04.04-Ciencia de los polímeros.
- Originalidad del Trabajo**
Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.
- Autorización de publicación**
El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 20 Diciembre, 2022



Firma del autor 1



Firma del Asesor 1

Firma del autor 2



Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la salud y las fuerzas necesarias en cada paso que doy para continuar con los objetivos planteados.

A mis padres Alicia y Humberto por su apoyo incondicional, a mis hermanos Félix, Anuar y Mayra, por siempre estar apoyándome en todo lo necesario para poder realizarme como profesional. A todos ustedes con todo el cariño del mundo.

Cristhian Humberto González Pérez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por darme la vida, mi educación y fortalezas para cumplir cada una de mis metas.

Agradezco a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y a los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes compartieron sus conocimientos que constituyeron parte de mi formación profesional.

Al Dr. Cesar Hugo García Torres, mi asesor de tesis, por todo el apoyo y conocimientos brindados para poder desarrollar mi trabajo de investigación y poder cumplir mi objetivo.

A todas las personas que estuvieron apoyándome de una y otra manera para cumplir con el desarrollo de mi trabajo de investigación, a mis hermanos Félix, Anuar y Mayra que estuvieron conmigo cada día apoyándome.

Mi especial agradecimiento al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) ya que gracias a su apoyo se logró llevar a cabo este trabajo.

Cristhian Humberto González Pérez

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector académico

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrectora de investigación

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Caracterización físicoquímica de almidón de residuos y especies vegetales producidos en Amazonas - Perú. del egresado Cristhian Humberto Gonzalez Perez de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 06 de Diciembre de 2022

Firma y nombre completo del Asesor

Dr. César Hugo Coxco Torres

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Caracterización físicoquímica de almidón de residuos y especies vegetales producidos en Amazonas - Perú. del egresado Cristhion Humberto Gonzalez Perez de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de esta Casa Superior de Estudios.

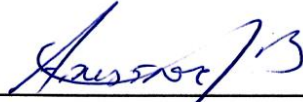


El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

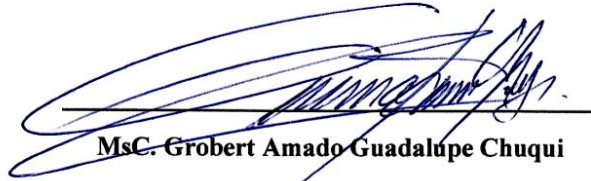
Chachapoyas, 06 de Diciembre de 2022

Firma y nombre completo del Asesor
Segundo Víctor Olivares Huño

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Mg. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri
Presidente



MsC. Grobert Amado Guadalupe Chuqui
Secretario



MsC. Segundo Grimaldo Chávez Quintana
Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Caracterización fisicoquímica de almidón de residuos y
Especies vegetales producidas en Amazonas - Perú

presentada por el estudiante ()/egresado (x) Cristhian Humberto Gonzalez Poma

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

con correo electrónico institucional 7359689142@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 21 de noviembre del 2022

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 13 de diciembre del año 2022 siendo las 11:00 horas, el aspirante: Bach. Cristian Humberto Gonzalez Perez, asesorado por Dr. Cesar Hugo Garcia Torres defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Caracterización fisicoquímica de almidón de residuos y especies vegetales producidas en Amazonas- Perú, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Mg. Sc. Armstrong Bernard Amador Sui.

Secretario: Mg. Gerbert Amado Guadalupe Chugui.

Vocal: Mg. Segundo Germaldo Chavez Quintana.



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:20 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:
.....

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	x
INDICE GENERAL.....	xi
INDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN	18
1.1. Almidón.....	19
1.2. Extracción del almidón	21
1.3. Tamaño y forma del granulo	21
1.4. Contenido de Humedad en el almidón	22
1.5. Colorimetría.....	22
1.6. Gelatinización.....	23
1.7. Amilosa y amilopectina.....	24
1.8. Poder de hinchamiento, solubilidad y capacidad de absorción de agua	26
1.9. Análisis fisicoquímicos realizados con almidón de diferentes especies	26
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	29
2.1. Lugar de ejecución.....	29
2.2. Muestra	29
2.3. Metodología experimental	30
2.4. Caracterización fisicoquímica	30
III. RESULTADOS	33
3.1. Productos seleccionados para la obtención de almidón nativo	33

3.2.	Rendimiento	35
3.3.	Costo del material de estudio para la producción de un kilo de almidón nativo	36
3.4.	Contenido de materia seca. Técnica usada (ICONTEC, 2002)	36
3.5.	Contenido de humedad.....	38
3.6.	Colorimetría.....	39
3.7.	pH y acidez	42
3.8.	Granulometría	44
3.9.	Temperatura de gelatinización.....	48
3.10.	Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento	49
3.11.	Índice de absorción de agua (g de gel/g de muestra)	49
3.12.	Índice de Solubilidad en agua (ISA)	50
3.13.	Poder de hinchamiento (%)	51
3.14.	Contenido de amilosa – amilopectina	53
3.15.	Contenido de amilosa y amilopectina en muestras de almidón nativo	54
IV.	DISCUSIÓN.....	56
V.	CONCLUSIONES	64
VI.	RECOMENDACIONES.....	66
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFIA.....	67
	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades fisicoquímicas de amilosa y amilopectina	25
Tabla 2.	Productos vegetales utilizados y procedencia	33
Tabla 3.	Rendimiento de almidón extraído en especies e insumos utilizados	35
Tabla 4.	Precio en chacra de especies utilizadas	36
Tabla 5.	Inversión en materia prima utilizada para la producción de un kilo de almidón nativo.....	36
Tabla 6.	Contenido de materia seca (%) en muestras de almidón nativo	37
Tabla 7.	Análisis de varianza para el contenido de materia seca	37
Tabla 8.	Comparaciones múltiples para el contenido de materia seca (Duncan)...	37
Tabla 9.	Contenido de humedad en almidones nativos	38
Tabla 10.	Análisis de varianza en almidones nativos	38
Tabla 11.	Comparaciones múltiples para el contenido de humedad (HSD Tukey)	39
Tabla 12.	Media del índice de luminosidad L* en almidones nativos	39
Tabla 13.	Análisis de varianza para el índice de luminosidad L* en almidones nativos	40
Tabla 14.	Comparaciones múltiples para el índice de luminosidad L* (HSD Tukey)	40
Tabla 15.	Media de la coordenada a* en almidones nativos.....	40
Tabla 16.	Análisis de varianza de la coordenada a* en almidones nativos	40
Tabla 17.	Comparaciones múltiples para la coordenada a* (HSD Tukey).....	41
Tabla 18.	Media de la coordenada b* en almidones nativos	41
Tabla 19.	Análisis de varianza de la coordenada b* en almidones nativos	41
Tabla 20.	Comparaciones múltiples para la coordenada b* (HSD Tukey)	42
Tabla 21.	Valores promedio del indicador de luminosidad “L*” y coordenadas a* y b*, en almidones nativos	42
Tabla 22.	Media del potencial de hidrógeno (pH) en almidones nativos	42
Tabla 23.	Análisis de varianza de las medias del potencial hidrogeno (pH) en almidones nativos.....	43
Tabla 24.	Comparaciones múltiples de las medias del potencial hidrogeno (pH) en almidones nativos (Duncan)	43
Tabla 25.	Medias de Acidez titulable en muestras de almidón nativo (mEq de Ac. Sulfúrico/ g de almidón * 10 ⁻³)	43
Tabla 26.	Análisis de varianza para de las medias de acidez titulable (mEq de ac. Sulfúrico/g de almidón * 10 ⁻³)	44

Tabla 27. Comparaciones múltiples de las medias de acidez titulable (mEq de ac. Sulfúrico/g de almidón * 10 ⁻³) (HSD Tukey)	44
Tabla 28. Porcentaje de gránulos de almidón retenidos por tamaño de malla.	45
Tabla 29. Temperatura media de gelatinización en almidones nativos	48
Tabla 30. Análisis de varianza para de las medias de Temperatura de gelatinización (°C)	48
Tabla 31. Comparaciones múltiples de las medias de Temperatura de Gelatinización (HSD Tukey).....	49
Tabla 32. Media del índice de Absorción de Agua (IAA) en almidones nativos	49
Tabla 33. Análisis de varianza de las medias del índice de Absorción de Agua (IAA) en almidones nativos	50
Tabla 34. Comparaciones múltiples de las medias del índice de Absorción de Agua (IAA) en almidones nativos (HSD Tukey).....	50
Tabla 35. Media del Índice de Solubilidad en agua (ISA) en almidones nativos.	50
Tabla 36. Análisis de varianza de las medias del Índice de Solubilidad en agua (ISA) en almidones nativos.	51
Tabla 37. Comparaciones múltiples de las medias del Índice de Solubilidad en agua (ISA) en almidones nativos (HSD Tukey).....	51
Tabla 38. Media del poder de hinchamiento (PH) en almidones nativos	51
Tabla 39. Análisis de varianza de las medias de poder de hinchamiento (PH) en almidones nativos.	52
Tabla 40. Comparaciones múltiples de las medias del poder de hinchamiento en almidones nativos (HSD Tukey).....	52
Tabla 41. Nivel de Absorción a 620 nm en muestras de almidones nativos	53
Tabla 42. Media del contenido de amilosa en almidones nativos.	53
Tabla 43. Comparaciones múltiples de las medias del contenido de amilosa en almidones nativos (HSD Tukey).....	54
Tabla 44. Análisis de varianza de las medias de contenido de amilosa en almidones nativos.....	54
Tabla 45. Contenido de amilosa y amilopectina, obtenido por diferencia	54
Tabla 46. Cuadro comparativo de resultados obtenidos	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gránulos de almidón nativo de arrocillo	45
Figura 2. Gránulos de almidón nativo de cáscara de papa	46
Figura 3. Gránulos de almidón nativo de papa	46
Figura 4. Gránulos de almidón nativo de plátano verde.....	47
Figura 5. Gránulos de almidón nativo de Vituca	47
Figura 6. Gránulos de almidón nativo de yuca	48
Figura 7. Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento en almidones nativos.	52

RESUMEN

Se llevó a cabo la extracción y análisis de las propiedades fisicoquímicas de almidón de residuos de procesos como arrozillo (*Oryza sativa*) y cáscara de papa; así como de desechos de cosecha de papa (*Solanum tuberosum*), plátano (*Musa paradisiaca*), vituca (*Colocasia Esculenta*) y yuca (*Manihot esculenta*). El rendimiento de almidón fue de 5,83; 2,6; 8,39; 3,36; 13,67 y 19,2 % respectivamente. La inversión para producir un kilo de almidón nativo fue menor cuando se utilizó vituca (S./ 6,58) y yuca (S./ 5,20); mayor inversión fue requerida al utilizar plátano de seda verde (S/. 25,30). El tamaño de los gránulos vario entre 88% menor a 53 μm en cáscara de papa a 65,9% mayor a 154 μm en arrozillo. La amilosa fue de 49,90; 27,50; 17,80; 3,40; 9,15 y 22,85% para arrozillo, cáscara de papa, papa, plátano, vituca y yuca. Las temperaturas de gelatinización fueron de 85; 64; 65,67; 71,67; 74,30 y 67,00 °C respectivamente. El almidón extraído de la cáscara de papa y de la papa presentaron mayores valores de absorción de agua, solubilidad en agua y poder de hinchamiento, mientras que el almidón de arrozillo presentó los menores valores. El mayor índice L* fue para arrozillo (97,16), vituca (94,99) y yuca (95,55), la mayor opacidad lo presento el almidón de plátano (82,01). El almidón de arrozillo y vituca puede ser usado en productos que requieran altas temperaturas de procesamiento; el almidón de cáscara de papa, papa, vituca y yuca posee mejores características para ser empleados como gelificantes.

Palabra clave: almidón, arrozillo, cáscara de papa, papa, plátano, vituca, yuca, propiedades fisicoquímicas

ABSTRACT

The extraction and analysis of the physicochemical properties of starch residues from processes such as rice (*Oryza sativa*) and potato peel were carried out; as well as potato (*Solanum tuberosum*), plantain (*Musa paradisiaca*), vituca (*Colocasia Esculenta*) and cassava (*Manihot esculenta*). The starch yield was 5.83; 2.6; 8.39; 3.36; 13.67 and 19.2% respectively. The investment to produce a kilo of native starch was lower when vituca (S./ 6.58) and cassava (S./ 5.20) were used; higher investment was required when using green silk plantain (S/. 25.30). The size of the granules varied between 88% less than 53 μm in potato peel to 65.9% greater than 154 μm in rice. Amylose was 49.90; 27.50; 17.80; 3.40; 9.15 and 22.85% for rice, potato skins, potatoes, bananas, vituca and cassava. Gelatinization temperatures were 85; 64; 65.67; 71.67; 74.30 and 67.00 °C respectively. Potato and potato peel starch presented higher values of water absorption, water solubility and swelling power, while rice starch presented the lowest values. The highest L* index was for rice (97.16), vituca (94.99) and cassava (95.55), the highest opacity was presented by plantain starch (82.01). Rice and vituca starches can be used in products that require high processing temperatures; potato, potato, vituca and cassava peel starches have better characteristics to be used as gelling agents.

Key word: *starch, rice, potato peel, potato, banana, vituca, cassava, physicochemical properties*

I. INTRODUCCIÓN

Los cultivos destinados al autoconsumo como yuca (*Manihot esculenta* Crantz), papa (*Solanum tuberosum*), pituca (*Colocasia esculenta*), oca (*Oxalis tuberosa*), plátano (*Musa paradisiaca*), entre otros, se encuentran distribuidos en toda la extensión de la región Amazonas, de igual manera existe algunos residuos del proceso de alimentos como cáscara de papa, plátano y residuos de agroindustria como arrocillo. La región Amazonas cuenta con 44 470 Ha de arroz, 3 500 Ha de papa, 177 Ha de pituca, 10 500 Ha de yuca, 11 500 Ha de plátano; sin embargo, la mayoría de pequeños productores tiene problemas en la comercialización de sus productos (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020); por otro lado, en el Plan Estratégico Regional Agrario de Amazonas 2011 – 2021 se considera el desarrollo productivo, transformación y comercialización de diversos cultivos, constituyendo una alternativa la transformación a almidón. En la región, productos como yuca (*Manihot esculenta*) y Papa (*Solanum tuberosum*) son altamente percederos, se alteran relativamente en corto tiempo bajo condiciones ambientales; estos productos alimenticios son utilizados en la dieta diaria y representan las principales fuentes de carbohidratos y almidón. Bajo este escenario cabe preguntarnos ¿Amazonas cuenta con fuentes en cantidad suficiente para la extracción de almidón de grado comercial? una manera de utilizar los productos agrícolas de tercera calidad o productos de descarte es darles un uso adecuado en diferentes campos industriales y una de las principales secciones de utilización del almidón nativo o modificado está en la elaboración de bioplásticos.

Si tomamos en cuenta solamente causas que originan pérdidas durante el periodo post cosecha, coincidimos con Rolland, et al. (2013) quienes indican que “uno de los aspectos que da lugar a mayores pérdidas es el daño mecánico que sufren algunos productos, por la forma descuidada en que se saca o cosecha del campo; otra causa de pérdidas y rechazo del producto es la falta de características de tamaño, peso, grosor, color y madurez que debe tener de acuerdo con las normas de calidad”. Es por las razones expuestas que se procedió a extraer y analizar almidón nativo de diversas especies para su posterior ensayo en la elaboración de bioplásticos.

Las características del gránulo de almidón contenido en muchos órganos de almacenamiento vegetal, ha sido estudiado minuciosamente, pero esta información es difícil de interpretar debido a la variabilidad de plantas, almidón obtenido y metodologías analíticas no estandarizadas; un ejemplo de esta variabilidad es el estudio de Silva, et al. (2002) quienes

“evaluaron el material genético de la yuca recolectada en la Amazonía brasileña utilizando más de 300 variedades, verificaron que la variabilidad en las características del almidón logrado también ocurría en el caso de plantas resultantes de la reproducción vegetativa”.

En este marzo en nuestro país se registró 542 mil 47 toneladas de papa y mostrando un crecimiento de 13.4 % al compararla con el mes de 2021 (478 mil 81 toneladas), así dio a conocer el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en la región Amazonas se cosechó en la campaña 2019- 2020 la cantidad de 71 078 toneladas (MINAGRI, 2020), además las instituciones estatales buscan alternativas de uso aprovechando la calidad tercera de dicha producción. Así, en Andahuaylas, distrito de San Jerónimo el MIDAGRI puso en marcha una de producción de almidón a base de papa, con la finalidad de otorgarle un valor agregado al cultivo, ya que “nuestra producción de almidón no es suficiente y no podemos competir con precios del mercado mundial, la mayor crítica a al proceso de extracción de almidón en nuestro país es que los rendimientos obtenidos son menores al que se obtiene en países europeos como Alemania y Holanda, de donde actualmente se importa almidón” (Devaux, Ordinola, Hibon, y Flores, 2010). Cabe recalcar que el interés de procesar almidón a partir de la tubérculos, raíces, cormos, frutas y residuos de agroindustria es que permite una utilización máxima de la producción, ya que se posibilita el uso de productos de tercera calidad que no puede ser comercializada en su forma fresca.

Por otro lado, tenemos en la región Amazonas la propagación natural y cultivada de pituca, cuya producción regional es de 1702 toneladas (MINAGRI, 2020), la característica básica de esta planta herbácea es la producción de un cormo central de forma esférica o elipsoidal comestible, el color del cormo varía de blanco a morado. Morales (2012) indica que “el cormo – tallo bulboso subterráneo, tiene alto contenido de almidón y fibra”.

1.1. Almidón

Como ya se ha indicado en el caso de San Jerónimo provincia de Andahuaylas, el almidón puede representar una fuente de ingresos adicionales para pequeños agricultores, las fuentes de almidón en la región son cereales como maíz, los tubérculos y raíces como papa y yuca, cormos como el caso de vituca; debemos tener en cuenta que “el almidón se utiliza para diferentes propósitos incluida la producción de jarabes de glucosa y/o fructosa o como agentes espesantes y sustitutos de grasas, elaboración de envases, entre otros; en otras áreas, el almidón se ha utilizado cada vez más en industrias, como la papelera, la textil, la

farmacéutica, la cosmética, la de embalaje y la siderúrgica (BeMiller y Whistler, 2009 y Bertolini, 2010).

Eliasson (2004) indica que: el almidón se encuentra en plantas, bacterias y algas; en las plantas el almidón es sintetizado gracias a la fotosíntesis y se almacena en las células vegetales, concentrándose en las estructuras reproductivas (granos), estructuras vegetativas (tubérculos, tallos), frutos (plátano) y raíces (yuca, malanga).

“Los componentes más abundantes en los gránulos de almidón son los polisacáridos amilosa y amilopectina” (BeMiller & Whistler, 2009). Falade y Christopher (2015) han señalado que “las características funcionales del almidón van a depender del tamaño molecular, grado de cristalinidad, contenido de amilosa y, especialmente, de las propiedades de viscosidad”. A nivel comercial se cuenta con dos tipos de almidón, el nativo y el modificado.

Burrell (2003) explica que: Los almidones nativos conservan las características que ya poseen en las plantas de las que se extraen, mientras que los modificados (física, química, enzimáticamente o sus combinaciones) cambian las características de los almidones nativos para cumplir mejor con los requisitos tecnológicos. El almidón nativo está disponible en abundancia en el medio ambiente, y se estima que las plantas producen anualmente alrededor de 2 825 millones de toneladas de almidón a través de la fotosíntesis. Los almidones nativos tienen como beneficio un menor costo de producción, ya que cuando tenemos necesidad de modificarlo, se suma otro proceso al de extracción y secado, esto se traduce en un aumento de precio; además, un reactivo químico representa un riesgo para el operador, para los equipos, para el medio ambiente y para el consumidor, además de la inestabilidad del producto final, que puede ocurrir cuando quedan residuos de reacciones químicas durante el almacenamiento.

Singh, Singh, Kaur, Singh, y Singh (2003) señalaron que: Las características del almidón dependen de la forma y tamaño de los gránulos, transparencia y opacidad, propiedades de pegajosidad como gelatinización y retrogradación, y propiedades tecnológicas: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles; además, señalan que las propiedades reológicas de los diferentes almidones pueden variar según la estructura granular y la composición fisicoquímica, pero principalmente por el origen botánico.

1.2. Extracción del almidón

Existen diferentes métodos de extracción de almidón, los principales y más generales son: el método seco y el método húmedo. Estos métodos son bastante simples para extracción de almidón de yuca, papa o plátano y un poco más sencillos que los empleados para extraer almidón de cereales. Alzate, Marín, y Mazzeo (2008) señalan que “la extracción del almidón puede realizarse de manera artesanal o a nivel tecnificado, de menor a mayor escala dependiendo de cada emprendimiento; el proceso suele ser el mismo, con la diferencia de los volúmenes de procesamiento”

Sobre el procedimiento de extracción se ha señalado lo siguiente:

La selección del método de extracción depende de muchos factores incluidos el origen, la ubicación en la planta, la caducidad después de la cosecha, etc. que pueden variar desde procesos físicos hasta el uso de reactivos químicos y enzimas; el principio de separación se basa en el hecho de que el almidón es insoluble en agua fría y tiene una densidad aproximada de 1,5 g/ml, que asegura su decantación al mezclarse con agua (Eliasson, 2004).

Por tanto, las plantas de procesamiento para la extracción y purificación de almidón utilizan grandes volúmenes de agua y suelen generar coproductos y residuos que requieren tratamientos biológicos. “Los almidones se diferencian uno de otro por la forma y el tamaño de sus gránulos, los porcentajes correspondientes a las cadenas de amilosa y amilopectina, ya que condicionan sus propiedades físicas y por el proceso utilizado para su extracción” (Jeantet, Croguennec, Schuck, y Brulé, 2010). El objetivo principal del proceso de extracción es lograr un almidón con alto grado de pureza, mientras que otros nutrientes (minerales, proteínas y lípidos) deben estar en concentraciones por debajo de 1,5 g /100 g; después de la extracción, el almidón se puede caracterizar visualmente como un polvo blanco, insoluble en agua fría, alcohol, éter y otros solventes y soluble en sulfóxido de dimetilo.

1.3. Tamaño y forma del granulo

El tamaño y la forma de los gránulos de almidón: esférica, ovoide, poliédrico, piriforme y elipsoide, se pueden detectar mediante análisis microscópico, Jane (2006) dice que: “se puede llegar a observar un punto central conocido como hilio en luz polarizada, que puede ser punteado, estrellado, lineal, etc., seguida de ramificaciones formando la cruz de Malta”.

El tamaño y forma del gránulo, además del tipo de hilio o cruz de Malta son buenos parámetros para identificar los almidones más comunes de cereales, raíces y tubérculos.

Ando, Tang, Watanabe, y Mitsunaga (2002) indican que: “el tamaño de gránulo afecta la composición de los almidones, así como las propiedades de pegajosidad y gelatinización, las características de horneado, la cristalinidad y el poder de hinchazón”.

De acuerdo con lo señalado por Leonel (2007): El tamaño y la forma de los gránulos de almidón se encuentran entre los factores que definen las propiedades tecnológicas de los almidones extraídos de los órganos subterráneos como raíces, tubérculos o cormos, los gránulos pequeños (2 μm) pueden ser utilizados como sustitutos de la grasa por su tamaño, que es similar a la de los glóbulos lipídicos; puede considerarse que la más básica de las propiedades físicas de los gránulos de almidón es su tamaño.

“El tamaño y la distribución de los gránulos de almidón puede ser muy importante para las aplicaciones específicas que se dé al producto” (Leonel, 2007).

1.4. Contenido de Humedad en el almidón

Como polvo fino, el almidón de cereal contiene alrededor de 10% a 12% de humedad, mientras que el almidón de tubérculos tiene entre 14% y 15%, el mantenimiento de este valor de humedad y el uso de envases para protegerlo contra las variaciones de la humedad relativa son factores importantes para un almacenamiento más prolongado del almidón.

Swinkels (1985) dice que “el contenido de humedad del almidón depende de la humedad relativa (HR) de la atmósfera en la que ellos se han almacenado”, de manera que, si la HR disminuye, los almidones perderán humedad y por el contrario si la HR aumenta el almidón absorberá humedad. El contenido de humedad del almidón también va a depender del tipo de almidón obtenido, bajo condiciones atmosféricas normales los almidones comerciales contienen 10 a 20% de humedad.

1.5. Colorimetría

El color blanco es una característica distintiva de los almidones. Los almidones de cualquier fuente botánica son polvos blancos, insípidos e inodoros, una característica que es altamente valorada en algunas aplicaciones alimentarias. Sin embargo, no hay mucha información en la literatura sobre el color del almidón, solo las sustancias residuales que se originan en los

órganos de almacenamiento pueden explicar el color, olor o sabor en el almidón extraído y la presencia de estos residuos es poco reportada en la literatura.

Sandhu y Singh (2007) indican que: La claridad del gel puede ser determinada por la medición de la transmitancia de la luz (a 650 nm) ya que esta proporciona información sobre el comportamiento del gel de almidón cuando la luz pasa a través de ella. Una transmitancia de luz más alta implica un gel más transparente, que es función de la cantidad de gránulos hinchados del almidón en el gel, que refractan la luz.

“Cuando el almidón es almacenado por largos periodos de tiempo la claridad del gel disminuye, atribuyéndose este hecho a las cadenas lixiviadas de amilosa – amilopectina” (Sodhi y Singh, 2003)

1.6. Gelatinización

Weber, Collares, y Chang (2009) dicen que: Las propiedades de gelatinización del almidón generalmente ocurren en un rango variable de temperatura dependiendo de cada fuente de almidón o tipo de modificación; los gránulos de almidón son insolubles en agua fría pero cuando se calientan en solución a temperaturas altas alcanzan una temperatura específica en la cual se inicia el hinchamiento de los gránulos; esta temperatura es llamada temperatura de gelatinización.

Powell (1965) señala que “durante la gelatinización, el almidón crudo sufre cambios permitiendo la hidrólisis por enzimas amilolíticas y proporcionando propiedades pastosas con efecto espesante en el producto alimenticio”. La producción de almidones pregelatinizados, con buena solubilidad, propiedades espesantes y formación de pastas en frío ha sido una de las principales modificaciones del almidón, siendo ampliamente utilizado en polvos instantáneos como agentes diluyentes.

Por otro lado, Leach (1965) explica que: En el método de gelatinización convencional, los gránulos de almidón se calientan lentamente con poca agitación en presencia de agua que promueve la imbibición, hinchazón y liberación de polímeros de amilosa y amilopectina durante un período prolongado, señala que la gelatinización del almidón es un proceso físico en el que el gránulo se hincha y se rompe cuando se calienta en agua liberando amilosa y amilopectina, formando una solución espesa debido a los numerosos enlaces de hidrógeno con el agua”. De manera que el proceso de gelatinización depende de factores como: origen

del almidón, sus características físicas y químicas, el tipo de almidón nativo o modificado, de la relación amilosa – amilopectina, de la composición del alimento al que se va a añadir, de la presencia de azúcares, sales, grasas, fibras y las condiciones de procesamiento, incluida la tasa de aumento de la temperatura, la agitación del medio y el tipo de proceso.

Cuando el almidón es sometido a un proceso de calentamiento las interacciones de las uniones de hidrógeno entre amilosa y cadenas de amilopectina se rompen y los granulos empiezan a absorber agua, hinchándose irreversiblemente, adquiriendo un tamaño mayor que el original. Las moléculas de amilosa, que son más solubles, tienden a salir del gránulo y este se rompe. (Parker y Ring, 2001 y Thomas y Atwell, 1999)

Vaclavick (2002) al referirse a la temperatura de gelatinización indica que: La temperatura a la que se gelatiniza el almidón esta representado por un intervalo de temperatura específico para cada uno de ellos, los granulos que conforman el almidón se hincharan y espesarán a temperaturas diferentes, a menor temperatura se empezará a hinchar el granulo más grande; la temperatura de gelatinización se alcanza dependiendo del origen del almidón, aproximadamente entre 60-71 °C y esta temperatura va a depender de la cantidad de agua presente, el pH, así como la presencia de sal, azúcar, grasa o proteína.

1.7. Amilosa y amilopectina

El almidón tiene dos componentes principales: amilosa y amilopectina. Estos polímeros son muy diferentes estructuralmente, las cadenas de amilosa y la amilopectina suelen ser lineales y altamente ramificado; cada estructura juega un papel crítico en la funcionalidad final del almidón natural y sus derivados. Satín (2020) ha señalado que “el contenido de amilosa y amilopectina se encuentra fuertemente relacionado a las funciones de viscosidad, resistencia al corte, temperatura de gelatinización, textura, solubilidad, pegajosidad, estabilidad de gel, hinchazón al frío y la retrogradación”.

El contenido de amilosa difiere según la fuente, pero generalmente varía del 20 al 30 % en cereales y del 15 al 25 % en tubérculos. Joshi, y otros (2013) así como Rolland, y otros (2013) han indicado que “el contenido de amilosa tiene un efecto importante sobre las propiedades químicas del almidón y por lo tanto determinará las aplicaciones del almidón”. El alto contenido de amilosa en el almidón podría permitir su aplicación en varios campos industriales, como la producción de películas con buenas propiedades de barrera al oxígeno, bio-membranas de baja permeabilidad al agua, aditivos alimentarios o materiales de

cobertura y revestimiento para productos farmacéuticos. Por otro lado, Cheftel (1992) en su libro *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*, señala que “la amilopectina durante el calentamiento absorbe mayor cantidad de agua y es responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón; así los gránulos ricos en amilopectina son más fáciles de disolver en agua a 95°C que los que contienen mayor porcentaje de amilosa”.

Algunos autores mencionan que “la proporción de amilosa y amilopectina, así como su estructura va a revelar algunas de las propiedades físicas y químicas del almidón; estos dos polímeros forman las regiones amorfas y cristalinas en el gránulo de almidón” (Swinkels, 1985; Zhang, y otros, 2014). Podemos concluir señalando que estas dos moléculas se encuentran unidas por enlaces de hidrógeno, enlaces que mantienen la integridad del gránulo y establece la resistencia física y la solubilidad, presentando diferencias en la solubilidad y formación del gel. En la Tabla 2 se resumen las más importantes propiedades fisicoquímicas de la amilosa y amilopectina.

Tabla 1. *Propiedades fisicoquímicas de amilosa y amilopectina*

Propiedad	Amilosa	Amilopectina
Estructura molecular-ramificaciones	Principalmente lineal/principalmente α -1-4	Altamente ramificada/ α -1-4; α -1-6
Peso molecular	105-106 Da	107-109 Da
Yodo unión/color	20 %/azul-negro	<1 %/rojo-púrpura
Digestibilidad por β -amilasa	100%	Aprox. 60 %
Dilatación en soluciones acuosas	Inestable	Estable
Solubilidad	Baja/apenas soluble	Alta
Temperatura de gelatinización	Baja	Alta
Temperatura de fusión	Baja	Alta
Complejo amilosa-lípido	Cantidad muy alta	No
Formación de gel	Firme, irreversible	Suave, reversible
Films	Coherente	No forma fácilmente
Viscosidad	Baja	Alta
Espesante	Pobre	Bueno
Estabilidad al cizallamiento	Relativamente estable	Inestable
Fuerzas adhesivas	Débil	Fuerte

Estabilidad de congelación- descongelación	Inestable	Estable
Tasa de retrogradación	Alta	Baja

Fuente: Schirmer, Jekle, y Becker (2015)

1.8. Poder de hinchamiento, solubilidad y capacidad de absorción de agua

Los gránulos de almidón cuando se encuentran a temperatura ambiente pueden absorber hasta un 30 por ciento de su peso en exceso de agua, pero cuando son calentados a mayor temperatura absorben mucha más agua y se hinchan.

Hoover, Hughes, Chung, y Liu (2010) señalan que “El hinchamiento sucede cuando la rotura de los enlaces hidrógeno y las moléculas de agua se vinculan por enlaces de hidrógeno a los grupos hidroxilo expuestas de amilosa y amilopectina a través de un calentamiento”.

El poder de hinchamiento se representa por la cantidad de agua que un almidón puede absorber por gramo de almidón a cierta temperatura y concentración de almidón, en cambio la solubilidad viene a representar el porcentaje de amilosa y amilopectina lixiviado a esta temperatura.

En el artículo publicado por Waterschoot, Gomand, Fierens, y Delcour (2015) y en el libro de Ahmed, Tiwari, Imam, y Rao (2012) se señala que:”el hinchamiento del gránulo se atribuye principalmente a la amilopectina y se inhibe por el contenido de amilosa; como resultado, almidones con alto contenido de amilopectina, tienen un poder de hinchamiento mayor que aquellos con alto contenido de amilosa”.

1.9. Análisis fisicoquímicos realizados con almidón de diferentes especies

Diferentes estudios han sido realizados con almidón extraído de diferentes especies, así Zarate, y otros (2014) evaluaron almidón nativo de papa con el objetivo de determinar su uso potencial, indican que: “El almidón nativo se caracterizó fisicoquímicamente presentando los siguientes rangos: humedad de 9,33-21,67%, amilosa de 14,05 - 49,0% y amilopectina de 51,0 - 85,95%, determinaron propiedades funcionales con rangos de: temperatura de gelatinización de 62-74°C; sinéresis en refrigeración de 2,12 - 22,52% y sinéresis en congelación de 0,0-33,34%”.

Por otro lado, Peña (2017) evaluó propiedades fisicoquímicas de almidón extraído de papa procedente de Ilave (Puno, Perú), encontró un contenido de amilosa en el rango de 23,6 a 30,0 %.

En Colombia, Hernández, Torruco, Chel, y Betancur (2008) realizaron una evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidones de tubérculos: makal (*Xanthosoma yucatanensis*), camote (*Ipomea batata*), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y sagú (*Marantha arundinacea*). Encontraron que: “La amilosa fue de 23,6; 19,6; 17,0 y 22,7%, para el makal, camote, yuca y sagú, la temperatura de gelatinización fue de 78,4; 61,3; 65,2 y 74,9 °C, respectivamente; indican que el almidón de yuca fue el que presentó mayor poder de hinchamiento y solubilidad, la viscosidad máxima fue para el almidón de yuca mientras que el almidón de camote presentó la mayor claridad de gel (51,8%) y el de makal la menor (10,9%), el almidón de yuca fue el más elástico (36,2%)”

Meza (2016) llevo a cabo una investigación con el objetivo de elaborar bioplástico a nivel de laboratorio y evaluar su biodegradabilidad, utilizó el método por decantación; una vez determinada esta metodología se procesó 20 Kg de papa para evaluar sus características, así como para elaborar el bioplástico; “obtuvo una relación de amilosa/amilopectina de 26.21/73.79 y un 89.8% de similitud del espectro evaluado con respecto al espectro del almidón soluble”.

En el trabajo desarrollado por De los Ángeles (2016) con almidón de pituca (*Colocasia esculenta*), se indica que “el rendimiento del almidón es bajo, es decir de un 22,6 % ya que procesaron 1 kg de malanga y se obtuvo 226 g de almidón; mencionan que en otros estudios relacionados el porcentaje de rendimiento de almidón es muy cercano a este”. Sánchez y Alvarado (2015), indican que “para obtener almidón de vituca de manera eficiente, tuvieron que eliminar el látex que de manera natural cuenta la vituca, ya que en solución acuosa no permite la sedimentación por su actuación como floculante”; encontraron un rendimiento de almidón de 30%.

En San salvador, Guadrón (2013) desarrolló un procedimiento para extracción de almidón de Guineo Majoncho (*Musa sp.* Variedad cuadrado) haciendo uso como método principal el Método Seco y como método secundario el Método Húmedo; realizó una caracterización para el almidón extraído aplicando técnicas de análisis y pruebas de calidad para almidones de referencia (yuca y maíz) para verificar sus propiedades tanto físicas,

químicas como microbiológicas. El autor Guadrón (2013) señala que “los resultados de los análisis y pruebas han demostrado que el almidón extraído por el método seco propuesto en la metodología de extracción contiene amilosa en 37.41% y amilopectina determinado por diferencia en 62.59%”. García, Zamudio, Bello, Romero, y Solorza (2011) mencionan que “el almidón nativo de plátano puede ser utilizado en la elaboración de plásticos biodegradables”; precisaron que “este almidón presenta algunos inconvenientes como el color que no es precisamente tendiente a blanco y otra razón es por las reducidas propiedades mecánicas que se obtienen de sus películas”. Los mismos autores indicaron que “para superar estos inconvenientes se recurrió a la modificación química por oxidación, la cual produjo un blanqueamiento y una disminución de la viscosidad debido a la despolimerización”; realizaron un análisis térmico a los almidones blanqueados y mediante microscopia electrónica de barrido observaron que no se presentó una modificación estructural dentro del gránulo; indican que la oxidación con hipoclorito de sodio es un excelente recurso para eliminar las impurezas y para obtener un almidón blanqueado que puede ser utilizado en la elaboración de materiales plásticos de empaque biodegradables.

Zamora, Perea, y Murillo (2015) indican “en Tolima (Colombia) el 4% del arroz blanco que se genera por efectos del trillado y el pulido corresponde a arroz partido el cual presenta un valor comercial más bajo y es escasamente comercializado”; indican que los granos de arroz se encuentran constituidos en un 90% por almidón, una molécula que consta de dos polisacáridos, amilosa y amilopectina, cuya proporción influye notablemente en las propiedades y usos de este material; señalan que, la extracción de almidón se basó en el método alcalino propuesto por Devi et al., (2009), con algunas modificaciones. Encontraron rendimientos de extracción de almidón de 51,48%, para la variedad Indica y de 68,32% para la variedad Fedearroz 60; mediante el método de extracción alcalina lograron altos porcentajes de pureza de almidón, los cuales fueron de 88,39 y 86,26% para las variedades Indica y Fedearroz 60; señalan que las diferencias presentes están condicionadas por los aspectos genéticos propios de cada variedad, así como de las condiciones edafoclimáticas en que se desarrollan los cultivos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La ejecución del trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de Tecnología, Química, Ingeniería y Física pertenecientes a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias en el distrito de Chachapoyas, provincia Chachapoyas, región Amazonas.

2.2. Muestra

Se recolectó muestras de yuca (*Manihot esculenta*) procedente de Bagua; vituca (*Colocasia esculenta*) procedente de Lonya grande, arrozillo (*Oriza sativa*) procedente de molino ubicado en Bagua, papa (*Solanum tuberosum*) de la provincia de Chachapoyas, cáscara de papa de restaurantes de Chachapoyas y plátano (*Musa paradisiaca*) procedente de Lonya Grande. Las muestras fueron conducidas a laboratorio para proceder a la extracción del almidón.

2.3. Metodología experimental

Extracción de almidón

Los almidones fueron extraídos aplicando el método húmedo, según la técnica descrita por Morales (2012), realizándose algunas adaptaciones de acuerdo con el material y equipos con los que cuenta el laboratorio con la finalidad de optimizar el rendimiento y calidad del almidón. (Los flujogramas empleados para la extracción se muestra en el anexo 2)

Descripción del proceso:

- Recepción del material de estudio: se recolectaron la materia prima de diferentes lugares como mercados, de la misma chacra, chiflerías y de pollerías.
- Pesado: el pesaje de la materia prima utilizada nos permite cuantificar el rendimiento en almidón, para realizar la actividad se utilizó una balanza digital electrónica de plataforma.
- Lavado: se eliminó las impurezas adheridas a la materia prima mediante inmersión y aspersion con agua potable.
- Remojado: se realizó en agua potable con la finalidad de ablandar la materia prima para los posteriores procesos
- Pelado: se retiró la cáscara de la materia prima que lo requiera, esta operación se realizó manualmente con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable.

- Inmersión: se realizó con el objetivo de evitar el pardeamiento, se utilizó ácido cítrico más agua (1g/L).
- Picado: Se cortó en pedazos aproximadamente 3 cm³ para facilitar el licuado.
- Licuado I: se efectuó en una licuadora de uso doméstico, con adición de agua destilada según relación a a cada materia prima.
- Filtrado: se realizó con una tela fina para obtener una suspensión mucho más pura.
- Decantación: la suspensión obtenida se decantó por un periodo de tiempo que varió entre 24 a 72 horas. Esta operación se realizó al medio ambiente utilizando recipientes de vidrio de aproximadamente un litro de capacidad y baldes de plástico con la finalidad de separar las fases sobrenadantes – almidón.
- Centrifugado: se realizó el centrifugado a 4900 rpm durante 5 minutos.
- Secado: el almidón húmedo obtenido se procedió a secar en una estufa a 40°C durante 20 horas.
- Licuado II: Se realizó en una licuadora doméstica con la finalidad de obtener polvos más finos
- Pesado: se procedió a pesar en una balanza digital de precisión previamente tarada.
- Envasado: el almidón fino obtenido se envasó en frascos de vidrio.

2.4. Caracterización fisicoquímica

Contenido de materia seca

Para el estudio se siguió la técnica desarrollada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) el año 2002, esta técnica es descrita por Aristizábal y Sánchez (2007), se determina que la pérdida en peso durante el periodo de calentamiento es considerada igual al contenido de materia seca.

El cálculo se realiza a través de la fórmula:

$$\% \text{ de Materia seca} = \frac{100 \times (P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)}$$

Donde:

P₁ = Peso del crisol vacío y limpio

P₂ = Peso de la muestra de almidón TCO

P₃ = Peso del crisol y la muestra luego del proceso de secado y enfriamiento

El Procedimiento se muestra en el Anexo 3-a

Acidez titulable y pH

Se utilizó el procedimiento desarrollado por el International Starch Institute en el año 1999, esta técnica es descrita por Aristizábal y Sánchez (2007). Para medir el pH se utiliza un medidor y la acidez titulable es determinada por titulación con hidróxido de sodio en el cambio final con fenolftaleína y es determinado por la presencia de ácidos presentes. El procedimiento se muestra en el Anexo 3-b)

Colorimetría

Se utilizó el método descrito por Dufossé et al. (2001), determinándose los parámetros de color a través de un espectrofotómetro. Previa a la determinación del color de los almidones el equipo fue calibrado contra una placa blanca de comparación, luego se pesó 5 g de almidón en una placa Petri (CM-A128) y se colocó en el equipo. El color se determinó en el espacio de color CIELAB (L^* , a^* , b^*). Donde L^* es el parámetro que mide la luminosidad (0 = negro, 100 = blanco), a^* y b^* determinan la cromaticidad. El procedimiento detallado se muestra en el anexo 3-c

Distribución del tamaño del gránulo

Se utilizó el procedimiento desarrollado por el International Starch Institute en el año 1999 y descrito en la guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca, promocionado por la FAO cuyos autores son Aristizábal y Sánchez (2007). Para el cálculo e interpretación de los resultados, se consideró que el peso neto individual = peso tamiz + fracción de almidón) – peso de cada tamiz vacío y el Gran total = Σ pesos netos individuales; para ello se registró cada fracción de almidón como porcentaje del gran total, caracterizado por el ancho de la malla en micrómetros (μm). El procedimiento se muestra en el Anexo 3-d)

Temperatura de gelatinización

Fue utilizada la técnica definida por Grace (1977), mencionada por Aristizábal y Sánchez (2007) de acuerdo con el procedimiento, los gránulos de almidón se disuelven previamente en agua procediendo a calentarlo, cuando se alcanza altas temperaturas se inicia el hinchamiento de los gránulos. Esta temperatura es denominada temperatura de gelatinización. (Procedimiento: Anexo 3-e)

Determinación del Índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH)

Se empleó la técnica propuesta por Anderson et al. (1969). La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del granulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón. Procedimiento se muestra en el Anexo 3-f

Cálculo de los resultados

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

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso de la muestra (g) bs}}$$

Poder de hinchamiento (PH)

$$= \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g) bs} - \text{Peso solubles (g)}}$$

Amilosa- Amilopectina

La técnica usada fue la desarrollada por la International Organization for Standardization (ISO – 6647) el año 1987 y descrita por Aristizábal y Sánchez (2007), quienes indican que “después de dispersar, gelatinizar y reaccionar con yodo los gránulos de almidón, se mide colorimétricamente el complejo yodo-amilosa”.




III. RESULTADOS


3.1. Productos seleccionados para la obtención de almidón nativo

Tabla 2. *Productos vegetales utilizados y procedencia*

Especie vegetal	Nombre Científico	Condición	Procedencia
Arrocillo	<i>Oryza sativa</i> L. Minag	Grano – Residuo	Bagua Capital – Amazonas
Cáscara de papa		Residuo	Chachapoyas – Amazonas
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Tubérculo	Chachapoyas – Amazonas
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	Fruto	Lonya Grande – Amazonas
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Tubérculo	Chachapoyas – Amazonas
Vituca	<i>Colocasia Esculenta</i>	Cormo	Lonya grande – Amazonas
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	Raíz	Chachapoyas – amazonas

<p>Arrocillo (<i>Oryza sativa</i>)</p> 	<p>Taxonomía:</p> <p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Subclase: Commelinidae Orden: Poales Familia: Poaceae Subfamilia: Ehrhartoideae Tribu: Oryzeae Género: Oryza Especie: <i>Oryza sativa</i> L.</p>
<p>Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)</p> 	<p>Taxonomía</p> <p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Magnoliopsida Subclase: Asteridae Orden: Solanales Familia: Solanaceae Subfamilia: Solanoideae Tribu: Solaneae Género: Solanum Subgénero: Potatoe Sección: Petota Especie: <i>Solanum tuberosum</i> L.</p>

<p>Cáscara de papa</p> 	<p>Residuos de pollerías y productores de chifles</p>
<p>Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)</p> 	<p>Taxonomía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reino: Plantae • División: Magnoliophyta • Clase: Liliopsida • Orden: Zingiberales • Familia: Musaceae • Género: Musa • Especie: <i>M. paradisiaca</i> <p>L</p>
<p>Vituca (<i>Colocacia esculenta</i>)</p> 	<p>Taxonomía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reino: Plantae • División: Magnoliophyta • Clase: Liliopsida • Orden: Arales • Familia: Araceae • Subfamilia: Aroideae • Tribu: Colocasieae • Género: Colocasia • Especie: <i>Colocasia esculenta</i>

<p>Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)</p> 	<p>Taxonomía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reino: Plantae • División: Magnoliophyta • Clase: Magnoliopsida • Orden: Malpighiales • Familia: Euphorbiaceae • Subfamilia: Crotonoideae • Tribu: Manihoteae • Género: Manihot • Especie: Manihot esculenta
---	--

3.2. Rendimiento

Se encontró en el rango de 2,6% (cáscara de papa) a 19,2% (yuca). En el residuo se obtuvo el menor rendimiento; sin embargo, representan una alternativa de uso al ser considerados residuos sin costo.

Tabla 3. Rendimiento de almidón extraído en especies e insumos utilizados

ESPECIE	PESO ENTERO (g)	PESO CÁSCARA (g)	PESO FILTRADO (g)	PESO ALMIDÓN SECO (g)
Arrocillo	10 000		6 670	583
Cáscara de papa	10 000		4 500	260
Papa	10 000	8 000	5 000	839
Plátano	10 000	4 500	4 000	336
Vituca	10 000	8 865	3 250	1 367
Yuca	10 000	7 000	3 000	1 920

3.3. Costo del material de estudio para la producción de un kilo de almidón nativo

En la tabla 4 se tiene el precio en chacra de las especies utilizadas

Tabla 4. *Precio en chacra de especies utilizadas*

ESPECIE	PESO (g)	Rendimiento almidón nativo (g)	Precio en chacra
Arrocillo	1000	58,3	1
Cáscara de papa	1000	26	0,25
Papa	1000	83,9	1,5
Plátano	1000	33,6	0,85
Vituca	1000	136,7	0,9
Yuca	1000	192	1

Fuente: precio en chacra (MIDAGRI Anuario Estadístico, 2020)

La inversión en especie o residuo para producir un kilo de almidón nativo se muestra en la tabla 5; los costos fijos adicionales son los mismos para las diferentes especies utilizadas, salvo ligeras variaciones

Tabla 5. *Inversión en materia prima utilizada para la producción de un kilo de almidón nativo*

ESPECIE	PESO (kg)	Inversión para producir 1 kg de almidón nativo
Arrocillo	17,2	\$. 17,2
Cáscara de papa	38,4	\$. 9,6
Papa	11,9	\$. 17,87
Plátano	29,8	\$. 25,3
Vituca	7,3	\$. 6,58
Yuca	5,2	\$.5,2

3.4. Contenido de materia seca. Técnica usada (ICONTEC, 2002)

La pérdida en peso durante el periodo de calentamiento es considerada igual al contenido de materia seca. El contenido de materia seca en almidón nativo se encontró entre 82,10% en papa (residuos de cosecha) y 93,22 % en vituca como se muestra en la tabla 5. Se puede notar que el porcentaje de MS del almidón de yuca, plátano, cáscara de papa y arrocillo se encuentra dentro de los niveles estándares de contenido de materia seca (87 – 90%).

Tabla 6. *Contenido de materia seca (%) en muestras de almidón nativo*

	Media	Desviación Estándar
Arrocillo	931,333	,12583
Cáscara de papa	915,667	,10408
Papa	821,000	,13229
Plátano	833,333	,23629
Vituca	932,167	,16073
Yuca	919,167	296,156

El análisis de varianza nos indicó diferencias estadísticas significativas en el contenido de MS; Se encontró diferencias estadísticamente diferentes para dos subconjuntos, no se muestran diferencias estadísticas entre los componentes de los subconjuntos (tabla 9).

Tabla 7. *Análisis de varianza para el contenido de materia seca*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	388,239	5	77,648	52,367	,000
Dentro de grupos	17,793	12	1,483		
Total	406,033	17			

Tabla 8. *Comparaciones múltiples para el contenido de materia seca (Duncan)*

Subconjunto para alfa = 0.05		
ESPECIE	1	2
Papa		82,1000
Plátano		83,3333
Cáscara de papa		91,5667
Yuca		91,9167
Arrocillo		93,1333
Vituca		93,2167
Sig.		,239

3.5. Contenido de humedad

El porcentaje de humedad en almidón seco puede variar entre 6 a 16 por ciento dependiendo del proceso utilizado para su secado; Moorthy (2002) señala que “mayor porcentaje de humedad puede producir daños microbianos y posterior deterioro de la calidad”. Además, “el porcentaje de humedad recomendado para almidones comerciales debe ser menor a 20 por ciento” (Abegunde et al, 2013).

Tabla 9. *Contenido de humedad en almidones nativos*

	Media	Desviación estándar
Arrocillo	6,8700	,02000
Cáscara de papa	8,4267	,02517
Papa	17,9000	,05000
Plátano	16,6667	,03512
Vituca	6,7800	,06000
Yuca	8,0800	,08000

El análisis de varianza nos indica que existen diferencias estadísticas significativas entre los porcentajes de humedad obtenidos (tabla 10).

Tabla 10. *Análisis de varianza en almidones nativos*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	388,390	5	77,678	31562,137	,000
Dentro de grupos	,030	12	,002		
Total	388,419	17			

Las comparaciones múltiples entre porcentajes de humedad mostradas en la tabla 12, nos indica diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) entre almidones, tan solo arroccillo y vituca coinciden en un mismo subconjunto, el porcentaje de humedad obtenido en los otros almidones difieren estadísticamente; tal como se puede apreciar en la tabla 11.

Tabla 11. Comparaciones múltiples para el contenido de humedad (HSD Tukey)

ESPECIE	Subconjunto para alfa = 0.05				
	1	2	3	4	5
Vituca	6,7800				
Arrocillo	6,8700				
Yuca		8,0800			
Cáscara de papa			8,4267		
Plátano				16,6667	
Papa					17,9000
Sig.	,296	1,000	1,000	1,000	1,000

Los porcentajes de humedad hallados son estadísticamente diferentes, a excepción del almidón de vituca y arroccillo.

3.6. Colorimetría

La escala de color utilizada en la medición del color de los almidones analizados es la escala de la Comisión Internationale de IEclairage (CIE). En ella se considera los indicadores L*=luminosidad; a*= coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde); b* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul). Los parámetros de los almidones obtenidos se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Media del índice de luminosidad L* en almidones nativos

	Media	Desviación Estándar
Arrocillo	97,1600	,02646
Cáscara de papa	91,2800	,16643
Papa	87,0933	,05774
Plátano	82,0133	,03055
Vituca	94,9900	,27404
Yuca	95,5533	3,54111

Tabla 13. *Análisis de varianza para el índice de luminosidad L* en almidones nativos*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	509,913	5	101,983	48,382	,000
Dentro de grupos	25,294	12	2,108		
Total	535,208	17			

Tabla 14. *Comparaciones múltiples para el índice de luminosidad L* (HSD Tukey)*

ESPECIE	Subconjunto para alfa = 0.05			
	1	2	3	4
Plátano	82,0133			
Papa	87,0933			
Cáscara de papa	91,2800			
Vituca	94,9900			
Yuca	95,5533			
Arrocillo	97,1600			
Sig.	1,000	1,000	,073	,483

Tabla 15. *Media de la coordenada a* en almidones nativos*

	Media	Desviación Estándar
Arrocillo	5,1767	,00577
Cáscara de papa	5,5667	,33546
Papa	5,5300	,00000
Plátano	7,7100	,01732
Vituca	5,9100	,01000
Yuca	5,3267	,01528

Tabla 16. *Análisis de varianza de la coordenada a* en almidones nativos*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,112	5	2,622	138,999	,000
Dentro de grupos	,226	12	,019		

Tabla 17. Comparaciones múltiples para la coordenada a* (HSD Tukey)

Subconjunto para alfa = 0.05					
ESPECIE	1	2	3	4	
Arrocillo		5,1767			
Yuca		5,3267	5,3267		
Papa		5,5300	5,5300		
Cáscara de papa			5,5667	5,5667	
Vituca				5,9100	
Plátano				7,7100	
Sig.		,071	,330	,082	1,000

Tabla 18. Media de la coordenada b* en almidones nativos

	Media	Desviación estándar
Arrocillo	-2,5700	,03606
Cáscara de papa	1,2033	,02082
Papa	,8767	,02082
Plátano	9,5300	,04583
Vituca	-1,6133	,08622
Yuca	-1,6833	,08083

Tabla 19. Análisis de varianza de la coordenada b* en almidones nativos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	298,743	5	59,749	19661,363	,000
Dentro de grupos	,036	12	,003		
Total	298,780	17			

Tabla 20. Comparaciones múltiples para la coordenada b^* (HSD Tukey)

ESPECIE	Subconjunto para alfa = 0.05				
	1	2	3	4	5
Arrocillo	-2,5700				
Yuca	-1,6833				
Vituca	-1,6133				
Papa	,8767				
Cáscara de papa	1,2033				
Plátano	9,5300				
Sig.	1,000	,639	1,000	1,000	1,000

Tabla 21. Valores promedio del indicador de luminosidad " L^* " y coordenadas a^* y b^* , en almidones nativos

Almidón	Índice y Coordenadas		
	L^*	a^*	b^*
Arrocillo	97,16	5,18	-2,57
Cáscara de papa	91,28	5,57	1,20
Papa	87,09	5,53	0,88
Plátano	82,01	7,71	9,53
Vituca	94,99	5,91	-1,61
Yuca	95,55	5,33	-1,68

El índice de color L^* fue 97,16 y los valores a^* y b^* fueron de 5,18 y -2,57 esto representa un color adecuado para el almidón nativo de arrocillo.

3.7. pH y acidez

Tabla 22. Media del potencial de hidrógeno (pH) en almidones nativos

	Media	Desviación Estándar
Arrocillo	3,7000	,10000
Cáscara de papa	5,6333	,15275
Papa	7,3000	,10000
Plátano	5,7667	,05774
Vituca	4,7667	,05774
Yuca	4,6333	,05774

Tabla 23. *Análisis de varianza de las medias del potencial hidrogeno (pH) en almidones nativos*

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	22,853	5	4,571	514,200	,000
Dentro de grupos	,107	12	,009		
Total	22,960	17			

Se observa diferencias estadísticas entre el pH de las muestras de almidón.

Tabla 24. *Comparaciones múltiples de las medias del potencial hidrogeno (pH) en almidones nativos (Duncan)*

Subconjunto para alfa = 0.05				
ESPECIE	1	2	3	4
Arrocillo	3,7000			
Yuca	4,6333			
Vituca	4,7667			
Cáscara de papa	5,6333			
Plátano	5,7667			
Papa	7,3000			

Se observa la partición estadística de cuatro grupos: arrocillo; yuca y vituca; cáscara de papa y plátano y el pH del almidón de papa con tendencia a neutro.

Tabla 25. *Medias de Acidez titulable en muestras de almidón nativo (mEq de Ac. Sulfúrico/ g de almidón * 10⁻³)*

ESPECIE	Media
Arrocillo	8,2350000
Cáscara de papa	2,7730000
Papa	1,5790000
Plátano	3,8830000
Vituca	3,6270000
Yuca	2,8590000

Tabla 26. *Análisis de varianza para de las medias de acidez titulable (mEq de ac. Sulfúrico/g de almidón * 10⁻³)*

	Suma de cuadrados	de Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	79,853	5	15,971	23371,493	,000
Dentro de grupos	,008	12	,001		
Total	79,861	17			

Tabla 27. *Comparaciones múltiples de las medias de acidez titulable (mEq de ac. Sulfúrico/g de almidón * 10⁻³) (HSD Tukey)*

Subconjunto para alfa = 0.05						
ESPECIE	1	2	3	4	5	6
Papa	1,580000					
Cáscara de papa		2,770000				
Yuca			2,860000			
Vituca				3,630000		
Plátano					3,880000	
Arrocillo						8,240000
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Estadísticamente todas las muestras son diferentes en su contenido de acidez titulable. El pH fue de 3,7 y la acidez titulable de 8,23 mEq de Ac. Sulfúrico/g de almidón * 10⁻³; es probable que se haya presentado fermentación ácida en el almidón nativo de arrocillo.

3.8. Granulometría

La distribución del tamaño del granulo del almidón fue determinada utilizando un equipo rotatorio que consta de un grupo de tamices con cribas de malla 100 (106 µm), 80 (180 µm) y 60 (250 µm). De una muestra de 100 g se presenta el peso retenido según tamaño de la malla.

Tabla 28. Porcentaje de gránulos de almidón retenidos por tamaño de malla.

Almidones (Muestra 100 g)	Malla 100 (149 μm)	Malla 200 (74 μm)	Malla 270 (53 μm)	Base de criba (%)
Arrocillo	65,98	20,84	12,28	0,74
Cáscara de papa	0,4	4,01	6,75	88,64
Papa	13,72	3,66	10,81	71,57
Plátano	12,42	10,84	4,71	70,61
Vituca	37,06	18,11	16,28	28,21
Yuca	26,33	14,09	9,57	49,69

En arrozillo el 65,98% de gránulos tiene un tamaño mayor a 149 μm , el 20,84% de gránulos se encuentra entre 75 a 150 μm y el 12,28% posee un tamaño de granulo entre 53 a 75 μm . Los gránulos de almidón de arrozillo no presentan una forma definida

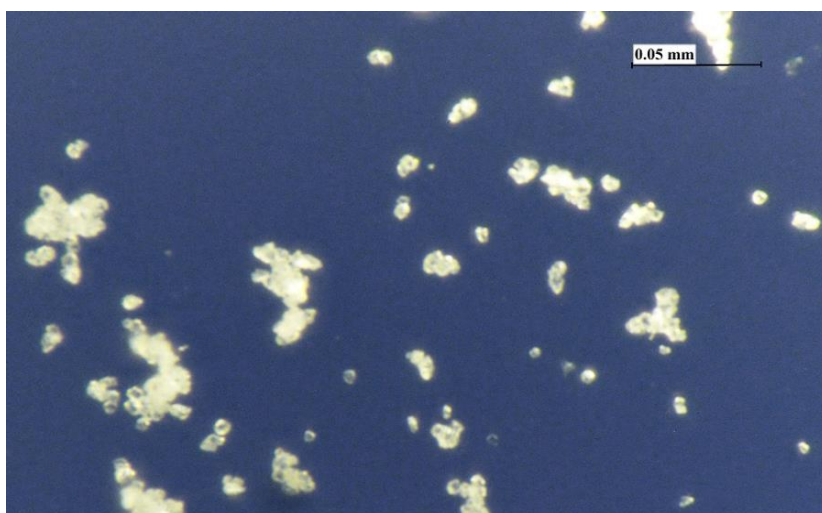


Figura 1. Gránulos de almidón nativo de arrozillo

El 99,6% de gránulos de almidón de cáscara de papa tiene un tamaño menor a 149 μm . Los gránulos presentan una forma circular los gránulos de menor tamaño, mientras los más grandes presentan una forma ovoide

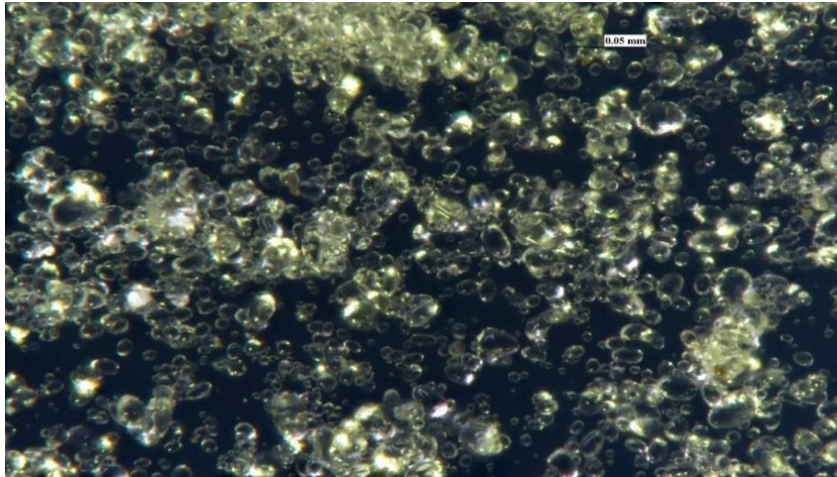


Figura 2. Gránulos de almidón nativo de cáscara de papa

En papa se determinó que el 87,05 % de gránulos tiene un tamaño inferior a 150 μm . Los gránulos de menor tamaño presentan una forma circular, mientras los más grandes presentan una forma ovoide

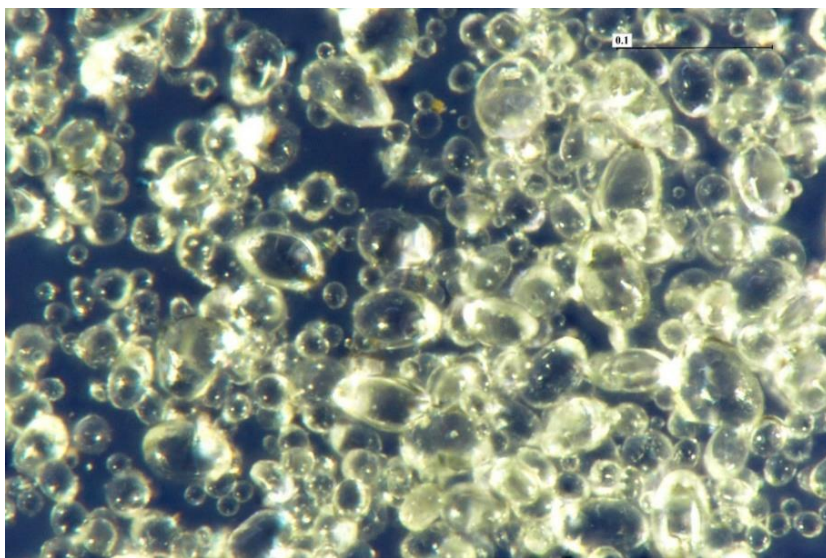


Figura 3. Gránulos de almidón nativo de papa

En gránulos de almidón de plátano se determinó que el 87,5% presentó un tamaño menor a 150 μm . Los gránulos presentan formas irregulares

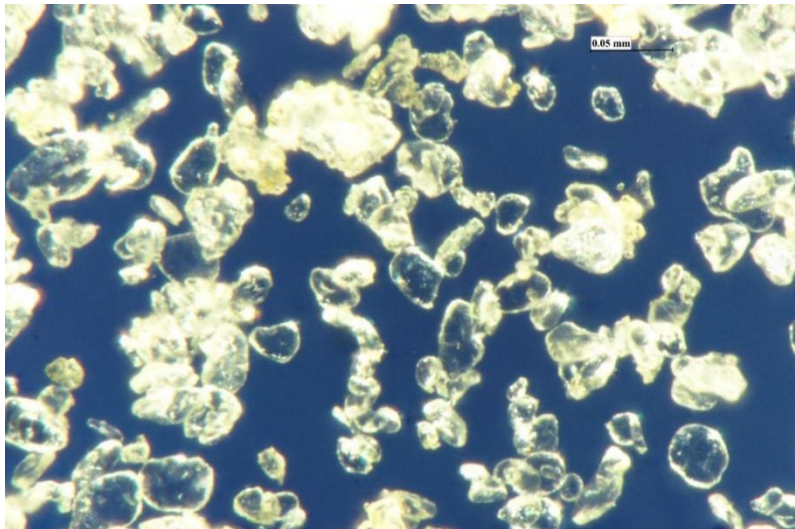


Figura 4. Gránulos de almidón nativo de plátano verde

Los gránulos de almidón de vituca presentaron mayor tamaño ya que sólo el 62,9% pasó la malla de 150 μm .

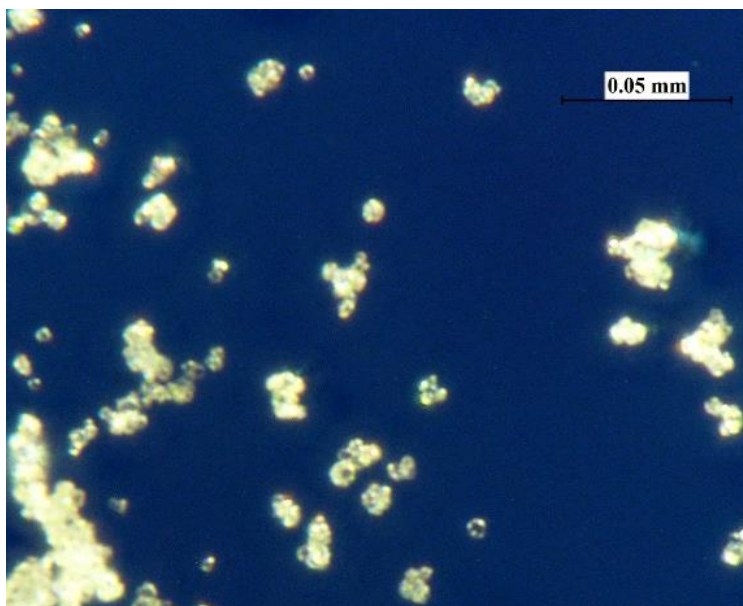


Figura 5. Gránulos de almidón nativo de Vituca

En yuca se encontró que tan solo el 76,37% pasó por un tamiz de malla 100 de 150 μm . Los gránulos tienen formas definidas, siendo en su mayoría circulares.

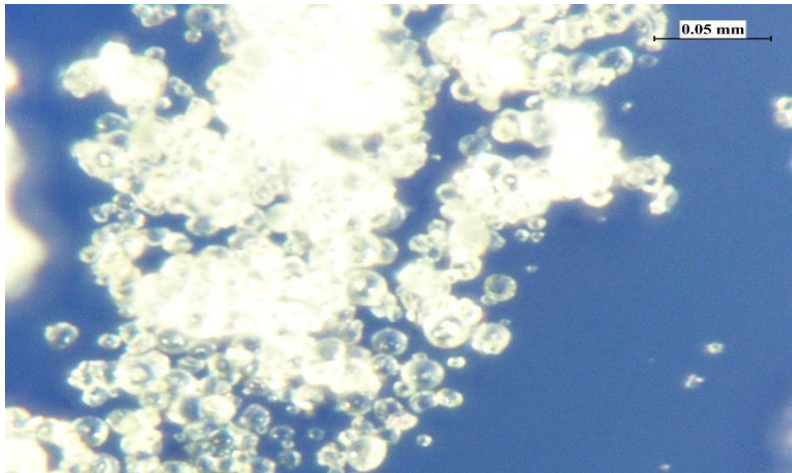


Figura 6. Gránulos de almidón nativo de yuca

El tamaño de granulo presentó la siguiente distribución: 65,98% quedó retenido en malla de

149 μm , 20,84% en malla de 74 μm y 12,28% en malla de 53 μm , esto indica que tan sólo el 34,02% tiene un tamaño menor a 149 μm .

3.9. Temperatura de gelatinización

Tabla 29. *Temperatura media de gelatinización en almidones nativos*

ESPECIE	MEDIA	Desviación Estándar	
Arrocillo	85,0000	1,00000	
Cáscara de papa	64,0000	1,00000	
Papa	65,6667	,57735	
Plátano	71,6667	,57735	
Vituca	74,3333	,57735	
Yuca	67,0000	1,00000	

Tabla 30. *Análisis de varianza para de las medias de Temperatura de gelatinización ($^{\circ}\text{C}$)*

	Suma de	Media			
	cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	901,611	5	180,322	270,483	,000
Dentro de grupos	8,000	12	,667		
Total	909,611	17			

Tabla 31. Comparaciones múltiples de las medias de Temperatura de Gelatinización (HSD Tukey)

ESPECIE	Subconjunto para alfa = 0.05				
	1	2	3	4	5
Cáscara de papa	64,0000				
Papa	65,6667	65,6667			
Yuca		67,0000			
Plátano			71,6667		
Vituca				74,3333	
Arrocillo					85,0000
Sig.	,198	,395	1,000	1,000	1,000

3.10. Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

Cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del granulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón (Anderson et al., 1969)

3.11. Índice de absorción de agua (g de gel/g de muestra)

Lindeboom (2004), indica que el índice de absorción de agua está relacionado con el tamaño y la forma de los gránulos de almidón, cuanto menor es el tamaño del gránulo existirá mayor capacidad de absorción de agua.

Tabla 32. Media del índice de Absorción de Agua (IAA) en almidones nativos

	Media	Desviación Estándar
Arrocillo	5,6600	,06000
Cáscara de papa	15,5300	,03000
Papa	13,0800	,02000
Plátano	7,5500	,05000
Vituca	9,2300	,03000
Yuca	10,4500	,05000

Tabla 33. *Análisis de varianza de las medias del índice de Absorción de Agua (IAA) en almidones nativos*

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	195,977	5	39,195	21775,267	,000
Dentro de grupos	,022	12	,002		
Total	195,999	17			

Tabla 34. *Comparaciones múltiples de las medias del índice de Absorción de Agua (IAA) en almidones nativos (HSD Tukey).*

Subconjunto para alfa = 0.05						
ESPECIE	1	2	3	4	5	6
Arrocillo	5,6600					
Plátano		7,5500				
Vituca			9,2300			
Yuca				10,4500		
Papa					13,0800	
Cáscara de papa						15,5300
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

3.12. Índice de Solubilidad en agua (ISA)

Tabla 35. *Media del Índice de Solubilidad en agua (ISA) en almidones nativos.*

	Media	Desviación Estándar
Arrocillo	6,8500	,05000
Cáscara de papa	17,5000	,05000
Papa	16,0500	,05000
Plátano	9,3400	,04000
Vituca	11,2400	,04000
Yuca	12,6400	,04000

Tabla 36. *Análisis de varianza de las medias del Índice de Solubilidad en agua (ISA) en almidones nativos.*

	Suma de cuadrados	de Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	242,401	5	48,480	23648,898	,000
Dentro de grupos	,025	12	,002		
Total	242,426	17			

Tabla 37. *Comparaciones múltiples de las medias del Índice de Solubilidad en agua (ISA) en almidones nativos (HSD Tukey).*

Subconjunto para alfa = 0.05						
ESPECIE	1	2	3	4	5	6
Arrocillo	6,8500					
Plátano		9,3400				
Vituca			11,2400			
Yuca				12,6400		
Papa					16,0500	
Cáscara de papa						17,5000
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Estadísticamente el índice de solubilidad en agua es diferente en las especies analizadas.

3.13. Poder de hinchamiento (%)

Tabla 38. *Media del poder de hinchamiento (PH) en almidones nativos*

	Media	Desviación Estándar
Arrocillo	5,8500	,05000
Cáscara de papa	17,2300	,03000
Papa	13,3300	,03000
Plátano	7,6300	,03000
Vituca	9,4900	,04000
Yuca	10,7900	,04000

Tabla 39. *Análisis de varianza de las medias de poder de hinchamiento (PH) en almidones nativos.*

	Suma de cuadrados gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	251,925	5	50,385	35989,286 ,000
Dentro de grupos	,017	12	,001	
Total	251,942	17		

Comparaciones múltiples para el poder de hinchamiento se muestra en la tabla 40, el análisis muestra diferencias significativas en los seis almidones analizados.

Tabla 40. *Comparaciones múltiples de las medias del poder de hinchamiento en almidones nativos (HSD Tukey)*

ESPECIE	Subconjunto para alfa = 0.05					
	1	2	3	4	5	6
Arrocillo	5,8500					
Plátano	7,6300					
Vituca	9,4900					
Yuca	10,7900					
Papa	13,3300					
Cáscara de papa	17,2300					
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

El índice de absorción de agua (IAA) en el almidón de arrozillo fue de 5,66 (g/g), su índice de solubilidad (ISA) de 6,85% y el poder de hinchamiento de 5,85 (g/g).

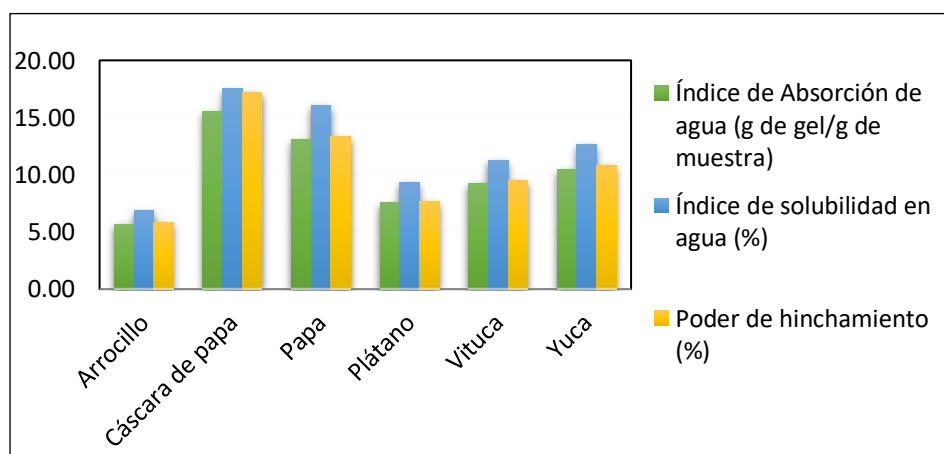


Figura 7. *Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento en almidones nativos.*

3.14. Contenido de amilosa – amilopectina

La tabla 41 muestra el contenido de amilosa y amilopectina que fueron utilizados para la elaboración de la curva estándar, la que permitió encontrar el porcentaje en las seis especies analizadas.

Tabla 41. *Nivel de Absorción a 620 nm en muestras de almidones nativos*

Muestra de almidón	Absorbancia (620 nm)			Promedio
	R1	R2	R3	
Arrocillo	1,006	0,992	1,003	0,980
Cáscara de papa	0,716	0,715	0,699	0,710
Papa	0,524	0,541	0,528	0,531
Plátano	0,324	0,319	0,323	0,322
Vituca	0,433	0,417	0,384	0,411
Yuca	0,655	0,600	0,605	0,620

El contenido de amilosa (%) en las muestras de almidón se obtuvo por interpolación en la recta patrón, al mismo nivel de absorbancia 620 nm.

Tabla 42. *Media del contenido de amilosa en almidones nativos.*

Materia Prima	Media	Desviación estándar
Arrocillo	49,9000	,50000
Cáscara de papa	27,5000	,20000
Papa	17,8000	,40000
Plátano	3,4000	,40000
Vituca	9,1500	,05000
Yuca	22,8500	,05000

El contenido de amilosa fue de 49,9% y este valor fue el mayor obtenido entre las muestras analizadas.

Tabla 43. Comparaciones múltiples de las medias del contenido de amilosa en almidones nativos (HSD Tukey).

ESPECIE	Subconjunto para alfa = 0.05					
	1	2	3	4	5	6
Plátano	3,4000					
Vituca	9,1500					
Papa	17,8000					
Yuca	22,8500					
Cáscara de papa	27,5000					
Arrocillo	49,9000					
Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 44. Análisis de varianza de las medias de contenido de amilosa en almidones nativos.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4013,335	5	802,667	7830,898	,000
Dentro de grupos	1,230	12	,102		
Total	4014,565	17			

3.15. Contenido de amilosa y amilopectina en muestras de almidón nativo

Tabla 45. Contenido de amilosa y amilopectina, obtenido por diferencia

Almidón	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Arrocillo	49,9	50,1
Cáscara de papa	27,5	72,5
Papa	17,8	82,2
Plátano	3,4	96,6
Vituca	9,15	90,85
Yuca	22,85	77,15

Se observó que el almidón de arrocillo presentó el mayor tamaño de granulo y el mayor contenido de amilosa, esta actúa como inhibidor del poder de hinchamiento (a mayor contenido de amilosa, menor será el poder de hinchamiento).

Tabla 46. Cuadro comparativo de resultados obtenidos

Característica Físicoquímica	Arrocillo	Cáscara de papa	Papa	Plátano	Vituca	Yuca
Rendimiento (%)	5,83	2,6	8,39	3,36	13,67	19,2
Humedad (%)	6,87	8,42	17,9	16,66	6,78	8,08
Colorimetría						
índice L*	97,16	91,28	87,09	82,01	94,99	95,55
Coordenada a*	5,17	5,56	5,53	7,71	5,91	5,32
Coordenada b*	-2,57	1,20	0,87	9,53	-1,61	-1,68
Ph	3,7	5,63	7,30	5,76	4,76	4,63
acidez titulable (mEq de ac. Sulfúrico)	0,0082	0,0027	0,00158	0,00388	0,00363	0,00286
Tamaño de granulo						
Mayor a 149 µm (%)	65,98	0,40	13,72	12,42	37,06	26,33
Mayor a 74 µm (%)	20,84	4,01	3,66	10,84	18,11	14,09
Mayor a 53 µm (%)	12,28	6,75	10,81	4,71	16,28	9,57
Menor a 53 µm (%)	0,74	88,64	71,57	70,61	28,21	49,69
Temperatura de gelatinización (°C)	85,00	64,00	65,67	71,67	74,30	67,00
Índice de absorción de agua (IAA)	5,66	15,53	13,08	7,55	9,23	10,45
Índice de solubilidad en agua (ISA) y Poder de hinchamiento (PH)	5,85	17,23	13,33	7,63	9,49	10,79
Amilosa (%)	49,90	27,50	17,80	3,40	9,15	22,85
Amilopectina (%)	50,10	72,50	82,20	96,60	90,85	77,15

IV. DISCUSIÓN

El almidón nativo obtenido de productos considerados de tercera calidad en el proceso de cosecha y de subproductos como arrocillo y cáscara de papa, presentó alta variabilidad en sus propiedades fisicoquímicas; consideramos lo mencionado por Barrera (2004) quien señala una serie de causas que originan esta variabilidad, como es el caso del contenido intrínseco de almidón y el tamaño de los gránulos, por lo que es necesario determinar coincidencias o discrepancias con resultados obtenidos en trabajos anteriores.

En arrocillo se obtuvo un rendimiento de 5,83% valor inferior al obtenido por Zavareze et al. (2009) y Aquino (2018) que reportan un rendimiento entre 14,2 a 63,7%. El almidón obtenido presentó 6,87% de humedad, este valor es menor al reportado en los trabajos de Aquino (2018), Márquez et al (2016); Martínez, Hernández y Arias (2017) cuyo rango de humedad varía entre 7,3 a 11,12%. El índice de color L^* fue 97,16 y los valores a^* y b^* fueron de 5,18 y -2,57 esto representa un color adecuado para el almidón nativo de arrocillo; por otro lado, el pH fue de 3,7 y la acidez titulable de 8,23 mEq de Ac. Sulfúrico/g de almidón $\times 10^{-3}$; es probable que se haya presentado fermentación ácida en el almidón nativo de arrocillo.

El tamaño de granulo presentó la siguiente distribución: 65,98% quedó retenido en malla de 149 μm , 20,84% en malla de 74 μm y 12,28% en malla de 53 μm , esto indica que tan sólo el 34,02% tiene un tamaño menor a 149 μm . El tamaño de granulo es mayor al observado por Aquino (2018) quien obtuvo un tamaño de $5,47\mu\text{m} \pm 1,27$. La temperatura de gelatinización fue de 85,0°C, valor similar a lo indicado por Aquino (2018) de 86°C, pero mayor a lo reportado por Rodríguez (2015) en tres variedades de arroz (66,64 a 69,31°C) y Martínez, Hernández y Arias (2017) quienes indican una T° de gelatinización para arroz blanco e integral de 67,39 y 68,14°C. Por otro lado, Gómez (2016) reportó valores de gelatinización del almidón nativo de arroz de 76.4°C.

El índice de absorción de agua (IAA) en el almidón de arrocillo fue de 5,66 (g/g), su índice de solubilidad (ISA) de 6,85% y el poder de hinchamiento de 5,85 (g/g); valores similares a lo reportado por Aquino (2018) quien obtuvo en el IAA 5,43 (g/g), en el ISA 4,25% y en PH 5,72 (g/g). Martínez, Hernández y Arias (2017) señalan que el IAA del almidón de arroz fue de 2,32 (g /g) y el ISA de 0,19%; Rodríguez (2015) encontró valores para IAA entre 7,58 a 8,94 (g/g), ISA entre 2,71 a 9,85 % y poder de hinchamiento entre 7,79 a 10,67

(g/g) en tres variedades de arroz. Se puede concluir que el IAA, ISA y el PH encontrado, se mantiene dentro de los rangos hallados en diferentes variedades de arroz.

El contenido de amilosa fue de 49,9% y este valor fue el mayor obtenido entre las muestras analizadas. El porcentaje de amilosa es mayor al determinado por Aquino (2018), Rodríguez (2015) y Martínez, Hernández y Arias (2017) quienes determinaron un rango de amilosa entre 19,7 a 21,5%. Se observó que el almidón de arrocillo presentó el mayor tamaño de granulo y el mayor contenido de amilosa, esta actúa como inhibidor del poder de hinchamiento (a mayor contenido de amilosa, menor será el poder de hinchamiento)

En cáscara de papa, residuo de restaurantes de la ciudad de Chachapoyas; se obtuvo un rendimiento de 2,6% de almidón, este valor es menor al determinado por Guamán (2019) de 8,31%, pero mayor al obtenido por Meza (2016), quien obtuvo 1,25% en el proceso de extracción. El almidón presentó un contenido de humedad de 8,43%, porcentaje menor al hallado por Guamán (2019) de 11,56%. El índice L* fue 91,28 y los valores de las coordenadas a* y b* fue de 5,57 y 1,92 presentando color blanco y mínima tendencia a rojo. El pH fue de 5,63 con tendencia a ácido, su acidez titulable fue de 2,77 (mEq de Ac. Sulfúrico/ g de almidón * 10⁻³). Respecto al tamaño del gránulo, estos presentaron la siguiente distribución: 0,4% quedó retenido en malla de 149 µm, el 4,01% en malla de 74 µm, el 6,75% en malla de 53 µm, de manera que el 88,64% de gránulos tiene un tamaño menor a 53 µm y su forma es esférica u ovular.

El almidón de cáscara de papa presentó una temperatura de gelatinización de 64,0°C mientras que el IAA fue de 15,53 (g/g), ISA de 17,5% y el PH de 17,23 (g/g). El almidón presentó un contenido de amilosa y amilopectina de 27,5% y 72,5% respectivamente, valor similar a lo reportado por Meza (2016) quien obtuvo 26,21% de amilosa y 73,79% de amilopectina y superior al obtenido por Guamán (2019) de 20,8% de amilosa.

Se trabajó con remanentes de cosecha de papa blanca y se obtuvo un rendimiento de 8,39%, valor aproximado al obtenido por Zarate et al (2014) quienes reportaron valores de 8,59 hasta 19,43 % en variedades de papa colombiana y lo reportado por Peña (2017), quien indica que encontró un rendimiento en el rango de 6,58 a 10,19 por ciento en variedades de papas nativas en Puno; el rendimiento obtenido fue menor a lo reportado por Soto (2012) y Barrera et al. (2004) quienes reportan un rendimiento entre 9,3 a 16,4%. El porcentaje de humedad fue de 17,9%; este valor es menor al 19,0% obtenido por Hernández et al (2008); pero superior al reportado por Peña (2017); Hoover et al (2010); Mishra y Rai (2006); Soto

(2012) que varía en un rango de 7,0 a 13,3%. El índice L* fue 87,9 y el valor de las coordenadas a* y b* fue de 5,53 y 0,97; el color obtenido no es blanco puro característico del almidón y tiene mínima tendencia a rojo. Estos valores difieren de lo obtenido por Peña (2017) quien halló los valores L: 95,81 a 96,82, a*: -0,12 a -0,30 y b*: 1,66 a 2,49. Leguía (2017) y Castillo (2017) reportaron valores para la coordenada a*: -1,25 a -1,97, manteniendo la tendencia hacia el verde. Palomino (2019), reportó valores para la coordenada *b: 1,43 a 1,85, manteniendo una tendencia hacia el amarillo. Se obtuvo un pH de 7,3 y una acidez de 0,0016, valor similar al obtenido por Acosta y Blanco (2013) quienes reportaron un pH de $7,19 \pm 0,042$. El almidón obtenido presentó mayor neutralidad que lo reportado en los trabajos de Soto (2012) y Obregón (2014), quienes reportan valores de pH próximos a 6,4

Los gránulos del almidón de papa presentaron la siguiente distribución: 13,72% quedó retenido en malla de 149 μm , el 3,66% en malla de 74 μm , el 10,81% en malla de 53 μm ; el 71,57% de gránulos tiene un tamaño menor a 53 μm y su forma es esférica u ovular. Cholán (2017) observó en gránulos de almidón nativo de papa un rango de 7 a 36 μm . Singh et al (2003) indican que la variación en el tamaño (1 a 110 μm) y forma de los gránulos de almidón de papa se atribuye al origen biológico, así como a la fisiología de la planta, siendo el tamaño medio del gránulo de almidón de papa de 1 a 20 μm para gránulos pequeños y de 20 a 110 μm para gránulos grandes

El almidón de papa tuvo una temperatura de gelatinización de 65,67°C, este valor se encuentra en el rango 63,08°C a 70,17°C observado en los trabajos de Peña (2017), Chung et al (2014) y Dos Santos et al (2016), Cholán Soto (2012), Díaz (2015). La temperatura de gelatinización obtenida fue más alta a lo observado por Leguía (2017) quien obtuvo un rango entre 59,9 – 63,4 °C en almidones de papa. El IAA obtenido fue 13,03 (g/g); valor menor al reportado por Soto (2012) quien evaluó tres variedades de papa, encontrando un IAA de 22,4689; 19,2444 y 17,5467. El ISA obtenido fue 16,05 %, valor mayor al obtenido Martínez et al (2015), Palomino (2019), Peña (2017) y Cholán (2017) cuyas observaciones para el ISA se encuentran en un rango de 4,4 a 12,8. El PH obtenido fue de 13,33 (g/g), valor superior al reportado por Díaz (2015) que oscila entre 6,38 a 10,25, pero menor a lo reportado por Kaur et al (2002) y Cholán (2017) cuyas observaciones para PH se encuentran en un rango de 15,02 a 30,7 (g/g)

El contenido de amilosa obtenido fue 17,8%, este valor se aproxima a lo determinado por Zarate et al (2014), quienes encontraron un porcentaje de amilosa que varió en el rango 18,17 a 41,64%. El porcentaje de amilosa obtenido fue inferior a lo reportado por Meza (2016), Peña (2017) y Charro (2015) quienes observaron un rango entre 23 a 26%. En India, autores como Kaur et al (2002) y Singh et al (2003) reportaron porcentajes de amilosa entre 25,5 a 30,4%

En pulpa de plátano verde se obtuvo un rendimiento de 7,46%, este valor es menor al reportado por Santos y otros (2016); el porcentaje de humedad fue 16,67%, este valor es mayor a lo reportado por García et al (2011), Santos et al (2016) y Guadrón (2013). El índice de color L^* fue 82,01 y este fue el menor valor obtenido, consideramos que el almidón nativo obtenido de pulpa de plátano no presentó un color satisfactorio, las coordenadas a^* y b^* presentaron los valores de 7,71 y 9,53 lo que representa alteración en el color, con tendencia a los colores rojo y amarillo. El análisis del color obtenido en almidón de pulpa de plátano coincide con lo expresado por Prota (1988), quien indica que el almidón obtenido del plátano presenta características físicas indeseables como el color, y esto se debe a reacciones de oscurecimiento enzimático originado por enzimas del tipo oxidasas como polifenol oxidasa. García et al (2011) mejoraron el color a través de procesos de blanqueamiento. El pH del almidón obtenido fue 5,77 valor semejante al determinado por Santos y otros (2016) quienes encontraron que los valores de pH oscilaron entre 5,70 y 8,26 en almidón extraído con bisulfito de sodio e hidróxido de amonio respectivamente. Guadrón (2013) indica que el almidón de Guineo Majoncho presenta en promedio un pH de 6,43.

Los gránulos de almidón por su tamaño, presentaron la siguiente distribución: 12,42% quedó retenido en malla de 149 μm , 10,84% en malla de 74 μm y 4,71% en malla de 53 μm , ello nos indica que 70,61% de gránulos tiene un tamaño menor a 53 μm . Los valores encontrados concuerdan con lo indicado por García et al (2011) que obtuvo un tamaño promedio de 60 μm . Guadrón (2013) ha mencionado que la forma de los gránulos de almidón es variable y depende de la especie donde fueron extraídos. La temperatura de gelatinización fue 71,66°C, este valor es menor al determinado por García et al (2011) en almidón nativo de 78,8°C, pero mayor al observado por Guadrón (2013) quien obtuvo como promedio de temperatura de gelatinización en plátano verde 65,3°C

El IAA obtenido fue 7,55(g/g), el ISA de 9,34% y el PH de 7,63 (g/g); estos valores son mayores a lo reportado por Guadrón (2013) quien obtuvo 2,4505 (IAA), 4,1543 (ISA) y

2,5119 (PH). Se obtuvo un contenido de amilosa de 3,4 % este valor difiere de lo reportado por García et al (2011), quienes reportan 32,74% de amilosa. Así mismo, el valor encontrado es mínimo si lo comparamos con el determinado por Guadrón (2013) quien obtuvo 37.41% de amilosa.

En vituca el rendimiento fue de 13,67%, valor similar al obtenido por Castro, (2010) y Huamaní (2018); sin embargo, el rendimiento fue inferior al 22,6% determinado por De los Ángeles (2016). El porcentaje de humedad fue de 6,78%, valor menor a lo reportado por Huamaní (2018) en almidón nativo de vituca blanca 8,98 y en vituca morada de 7,63%; así mismo, al mencionado por De los Ángeles (2016), quien reportó 17.39 %. El índice de color L* fue de 94,99 y las coordenadas a* y b* fue de 5,9 y -1,61. El pH observado en almidón de vituca fue 4,77, este valor es menor al reportado por Huamaní (2018) en almidón de vituca variedad blanca (6,4) y morada (5,67). El promedio de acidez en vituca fue de 0,0036 mEq. de ácido sulfúrico/g de almidón, valor similar al obtenido por Huamaní (2018) quien observó para vituca variedad blanca $2,94 \times 10^{-3}$ y la morada de $3,76 \times 10^{-3}$ expresados como mEq de ácido sulfúrico. El tamaño de los gránulos de almidón tuvo la siguiente distribución: 37,06% quedó retenido en malla de 149 μm , 18,11% en malla de 74 μm y 16,28% en malla de 53 μm ; ello nos indica que sólo el 28,21% tiene un tamaño menor a 53 μm .

La temperatura de gelatinización fue de 74,33°C, este valor es mayor a lo reportado por Huamaní (2018) quien señala que la temperatura de gelatinización final en vituca variedad morada fue de 58,0°C y en la variedad blanca de 65,0 °C. Se obtuvo un IAA de 9,235(g/g), un ISA de 11,24% y un PH de 9,49 (g/g); estos valores son mayores a lo determinado por Huamaní (2018) quien obtuvo un IAA de 2,87 y 2,70; un ISA de 2,79 y 3,85 y un PH de 2,96 y 2,60 (g/g) en pituca blanca y morada

En yuca el proceso de extracción permitió un rendimiento de 19,10% encontrándose en el rango señalado por Aristizábal y Sánchez (2007) de 17 a 25%; el rendimiento obtenido está por debajo del observado por Trujillo (2014) quien reportó un rendimiento de 25%. El porcentaje de humedad fue 8,08%, este porcentaje es inferior al rango mencionado por Aristizábal y Sánchez (2007) de 10 a 13% de humedad; así mismo es menor al valor reportados por Hernández et al (2008) con 9,48%; Jara (2017) 12,27 y Trujillo, (2014): 9,48% a 12,77%. El índice de color L* fue de 95,5 y las coordenadas a* y b* presentaron valores de 5,33 y 1,68. Jara (2017) observó una aportación poco significativa de los parámetros de color a* (0.7) y b* (0.21) al índice de blancura. Se obtuvo un pH de 4,63 lo

que representa una acidez mayor a lo señalado por Aristizábal y Sánchez (2007) quien señala que el pH en un almidón nativo de yuca debe estar entre 6,0-6,5.

Se observó la siguiente distribución en los gránulos de almidón: 26,33% quedó retenido en malla de 149 μm , el 14,09% en malla de 74 μm , el 9,57% en malla de 53 μm ; lo que nos indica que el 49,69% de gránulos de almidón de yuca tiene un tamaño menor a 53 μm ; el valor obtenido es mayor a lo señalado por Aristizábal y Sánchez (2007) quienes indican que 99 % de los gránulos de almidón de yuca debe pasar a través de un tamiz de malla 100 o el 95 por ciento pasar a través de un tamiz de malla 140 (106 μm).

La temperatura de gelatinización en yuca fue de 67,0°C, este valor se encuentra dentro del rango señalado por Aristizábal y Sánchez (2007) que indican, que el valor de temperatura de gelatinización en almidones de yuca varía entre 57,5 - 70 °C. El valor hallado fue similar al reportado por Hernández et al (2008) y Charles et al, (2005) quienes observaron temperaturas de gelatinización en el rango 64,4 a 69,9 °C. Los valores obtenidos en el almidón de yuca para IAA fue 10,45 (g/g), el ISA de 12,64 % y su PH 10,79 %; Sánchez, y otros (2009) reportaron valores que oscilan entre 0,79 y 15,45 (g/g). Hernández et al (2008) señalan que el almidón de yuca fue el que presentó mayor poder de hinchamiento (58,83 g/g), con 17% de amilosa. Aristizábal y Sánchez (2007) indican que el IAA en el almidón de yuca varía entre 0,82 y 15,52 g/g; el ISA entre 0,27-12,32% y el PH entre 0,79 y 15,45 (g/g)

El porcentaje de amilosa en almidón de yuca fue 22,85; este valor es mayor a lo reportado por Jara (2017) quien indica que el contenido de amilosa del almidón de yuca fue de 19.55%. Por otro lado, Zhu et al (2015) han documentado una gran diversidad genética en el contenido de amilosa. señalan que su contenido varió entre 15,2 a 26,5% en 4050 genotipos de yuca; Charles et al (2005) reportaron que el contenido de amilosa en almidones de diferentes variedades de yuca fue de 15,9 a 22,4%.

A excepción del arrocillo y pulpa de plátano verde los rendimientos se encontraron dentro de los rangos reportados en diversos trabajos, en el caso de papa se observó que el rendimiento está directamente relacionado con la variedad utilizada y calidad de esta; en las otras especies y productos usados, el rendimiento en el proceso de extracción se mantuvo dentro de límites obtenidos en trabajos anteriores. Coincidimos con Montenegro y Pérez (2015), quienes señalan que la variación en el rendimiento puede deberse a factores

como el método de extracción, factores climáticos, tipo de suelo, fertilización, riego, temperaturas diurnas y nocturnas, estado de maduración y la procedencia.

Respecto al contenido de materia seca y humedad, Vaclavick (2002) ha señalado que diferente contenido de humedad en muestras de almidón se debe a su porcentaje de amilosa ya que ésta tiene un comportamiento higroscópico; de manera que alto contenido de amilosa en el almidón atraerá mayor contenido de agua. Sin embargo, se pudo observar que el mayor contenido de humedad lo presenta el almidón obtenido de la pulpa de plátano verde (16,7%) siendo su contenido de amilosa el menor (3,4%).

Aristizábal y Sánchez (2007) mencionan que “cuando el almidón es almacenado por encima de un 13 % de humedad favorece la formación de hongos y levaduras siendo susceptibles a reacciones de fermentación las cuales aumentan la acidez titulable y disminuyen el pH del almidón”; altos porcentajes de humedad encontramos en almidón de papa (17,9%) y plátano (16,7%) es necesario controlar estas variables con el fin de mantener la estabilidad de los almidones extraídos.

Badui (2006) señala que el pH tiene influencia en la formación del gel, puesto que en almidones con pH cercano a 7 la temperatura de gelatinización se reduce y el proceso de cocción se acelera. Lo indicado se cumple ya que el almidón de papa presentó un pH cercano a 7 (7,3) y su temperatura de gelatinización fue de 65,67°C una de las menores temperaturas observadas. El caso opuesto se presentó en almidón de arrocillo que presentó un pH de 3,7 y una T° de gelatinización de 85°C.

Moorthy (2002) indica que el tamaño del granulo va a reflejar el poder de hinchamiento y la solubilidad y que, por lo general los gránulos grandes tienen mayor cantidad de amilosa. Mayor tamaño de granulo fue observado en los almidones de arrocillo, vituca y yuca; sin embargo, tanto el poder de hinchamiento como el índice de solubilidad en agua lo presentó el almidón de cáscara de papa, papa y yuca. En lo que si se observa una relación directa es en el PH y el ISA con el porcentaje de amilosa registrado. Zhou et al. (1998) indica que, a mayor contenido de amilopectina, se incrementará el poder de hinchamiento de un almidón y por otro lado Chen et al (2015) señalaron que el poder de hinchamiento es una propiedad relacionada con el contenido de amilopectina, siendo la amilosa un diluyente e inhibidor del hinchamiento.

Singh y Kaur (2009) han indicado que almidones nativos con alto contenido de amilosa gelatinizan a mayor temperatura; contradictoriamente Landires, Marquéz y Cornejo (2015)

señalan que el contenido de amilosa influye de manera inversamente proporcional sobre la temperatura de gelatinización, ya que a mayor contenido de amilosa, menor temperatura de gelatinización y viceversa y esto es lo que se pudo observar en los resultados obtenidos ya que el mayor contenido de amilosa lo presentó el almidón de cascara de papa y yuca siendo su temperatura de gelatinización los menores. Hernández et al (2008) indican que almidones con alta temperatura de gelatinización los hacen factibles para ser incluidos en productos que serán sometidos a altas temperaturas de procesamiento; los almidones obtenidos presentan esta característica, todos ellos requieren altas temperaturas de gelatinización.

Abegunde et al (2012) señalan que las características fisicoquímicas de los almidones han sido estudiadas para entender la interacción que existe entre moléculas de agua y las cadenas de almidón en las regiones cristalinas y amorfas durante el calentamiento. Aristizábal y Sánchez (2007) indican que los almidones de buena calidad tendrán una baja solubilidad, una alta absorción de agua y alto poder de hinchamiento. Se observó que la menor solubilidad en agua lo presentó el almidón de arrocillo y plátano, mientras que los mayores índices de absorción de agua y poder de hinchamiento lo presentan los almidones obtenidos de cáscara de papa, papa, vituca y yuca

Hoover et al (2010) indican que el contenido de amilosa y amilopectina son determinantes en ciertas características estructurales y funcionales del almidón. Aristizábal y Sánchez, (2007) señalan que alto nivel en el contenido de amilosa facilita una mayor solubilidad, viscosidad, tendencia a la retrogradación de los geles y mejor claridad del engrudo. Por otro lado, Espín, Villacrés y Brito (2004) indican que una mayor proporción de amilopectina facilita la disolución en agua, pero sólo se encargan de espesar más no de gelificar.

Al haberse trabajado con residuos de cosecha considerados como productos de tercera calidad, recogidos en campo, coincidimos con Falade y Christopher (2015) quienes indican que el contenido de amilosa entre los almidones puede deberse a factores como el genotipo, condiciones ambientales y prácticas culturales; así también como lo manifestado por Noda et al (2004) y Tester, Karkalas y Qi, (2004) quienes indican que la amilosa puede verse afectada por condiciones climáticas, tipo de suelo y el tiempo de cosecha, siendo que una cosecha tardía puede reducir desde 22 a 18% el contenido de amilosa.

V. CONCLUSIONES

Se seleccionaron seis fuentes de almidón en función de su contenido y relación precio - rendimiento, estos productos fueron residuos de procesos de molinería: arrocillo (*Oryza sativa*) y cáscara de papa (obtenido de restaurantes de la ciudad de Chachapoyas) así como productos considerados de tercera calidad en el proceso de cosecha de papa (*Solanum tuberosum*), plátano (*Musa paradisiaca*), vituca (*Colocasia Esculenta*) y yuca (*Manihot esculenta*).

La inversión para producir un kilo de almidón nativo fue menor cuando se utilizó vituca (S./ 6,58) y yuca (S./ 5,20); mientras que la mayor inversión fue requerida al utilizar plátano de seda en estado verde (S/. 25,30), debido a su bajo rendimiento en la extracción.

Se caracterizó fisicoquímicamente el almidón obtenido de residuos y especies vegetales seleccionadas, llegando a las siguientes conclusiones:

Se obtuvo y determinó el rendimiento de almidón de especies vegetales y residuos a nivel de laboratorio y se encontró diferencias significativas entre estos; el rendimiento se encontró en el rango de 2,6% (cáscara de papa) a 19,2% (yuca), en cáscara de papa se obtuvo el menor rendimiento; sin embargo, representa una alternativa de uso al ser considerados con mínimo costo.

El porcentaje de humedad en los almidones procesados fue menor a 9% a excepción del almidón de papa y plátano, cuyos porcentaje de humedad fueron mayores a 16% lo que podría causar rápido deterioro por presencia de hongos.

Los almidones presentaron un índice de luminosidad L* superior a 90%, con excepción del almidón de papa y plátano cuyo índice resulto menor a 87,09 y 82,01% como consecuencia del proceso de extracción del almidón nativo; es necesario modificar el proceso de elaboración con la finalidad de obtener almidones más blancos.

El pH varió desde muy ácido en almidón de arrocillo (3,7), fuertemente ácido en almidones de vituca y yuca, ácido en almidón de cáscara de papa y plátano, llegando a neutro en papa (7,3); los valores de pH y acidez titulable fueron más altos que en estudios previos, debido a las condiciones de trabajo intermitente originados por la pandemia

El tamaño de granulo y su forma se encontró dentro de límites normales reportados por diferentes estudios, salvo en el almidón de arrocillo que presento un tamaño mayor a 149 µm en un 65,98%, el menor tamaño lo presentó gránulos de almidón de cáscara de papa,

papa y plátano. El tamaño de granulo se encontró muy relacionado con la temperatura de gelatinización. Así, a mayor tamaño de granulo mayor temperatura de gelatinización, en arrozillo fue de 85°C mientras que en cáscara de papa con un tamaño de granulo menor a 54 µm, la temperatura de gelatinización fue 64°C.

Se puede concluir que el tamaño de granulo se encuentra relacionado con el IAA, ISA y el PH, así en almidón de cáscara de papa y papa con menor tamaño de granulo, los índices fueron para IAA: 15,53 y 13,08, ISA: 17,5 y 13,33, PH: 17,23 y 13,33 mientras que en almidones con mayor tamaño de granulo como en arrozillo y vituca el IAA fue de: 5,66 y 9,23, ISA: 6,85 y 11,24 y el PH: 5,85 y 9,49.

Se observó que la menor solubilidad en agua lo presento el almidón de arrozillo y plátano, mientras que los mayores índices de absorción de agua y poder de hinchamiento lo presentan los almidones obtenidos de cáscara de papa, papa, vituca y yuca.

Como conclusión podemos precisar que, a pesar de las diferencias estadísticas significativas entre almidones de diferentes especies, el nivel de amilosa se encontró dentro de rangos normales obtenidos en estudios previos, salvo el contenido de amilosa en almidón de plátano (3,4%), esto puede deberse al nivel de madurez de la pulpa al momento del análisis.

VI. RECOMENDACIONES

El trabajo se efectuó utilizando residuos de procesos de molinería: arrocillo y cáscara de papa; así como productos considerados de tercera calidad en el proceso de cosecha, estos productos son de bajo costo y muchos productores lo destinan como alimento de sus animales o bien lo pierden, el estudio ha permitido obtener almidón nativo a partir de estos productos y su conversión puede elevar el ingreso del productor regional.

Amazonas tiene una producción anual cercana a las 100 000 toneladas de yuca, muchas áreas sembradas con este producto no tienen un manejo agronómico adecuado y por otro lado tenemos zonas de difícil acceso que no permiten una comercialización adecuada y oportuna, la obtención de almidón a nivel rural para su posterior comercialización a pequeñas empresas dedicadas al rubro de elaboración de bioplásticos es una alternativa que puede contribuir a mejorar nuestro medio ambiente.

Se recomienda continuar trabajando con procesos de obtención de almidón a partir de pulpa de plátano verde. Debe determinarse el estado fisiológico más adecuado del fruto para la obtención de almidón y utilizar técnicas de blanqueamiento.

Se recomienda continuar trabajando con diferentes procesos de obtención de almidón a partir de arrocillo, los volúmenes que se producen en la región justifican su uso como fuente de almidón

En cuanto a la vituca se obtuvo almidón con adecuadas características fisicoquímicas, se recomienda determinar su capacidad de uso ya que la mayor producción se origina de manera natural; pocos productores lo siembran y comercializan. Al igual que la yuca, el almidón de vituca puede procesarse a nivel rural, representando una fuente de ingresos.

Se recomienda controlar los niveles de humedad en almidón de papa y plátano, es necesario controlar esta variable con el fin de mantener la estabilidad de los almidones extraídos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

- Abegunde, O., Arogundade, L., Deng, F., Chen, J., & Mu, T. (2012). Physicochemical characterization of starches from some Nigerian and Chinese roots and tubers. *African Journal of Food Science* 6(11), 317-329.
- Acosta, A., & Blanco, C. (2013). *Obtención y caracterización de almidones nativos colombianos para su evaluación como posibles alternativas en la industria alimentaria*. Cartagena: Tesis Universidad de Cartagena.
- Ahmed, J., Tiwari, B., Imam, S., & Rao, M. (2012). *Starch-based polymeric materials and nanocomposites: chemistry, processing and applications*. Florida, USA: Editorial CRC Press. 396p.
- Alzate, A., Marín, M., & Mazzeo, M. (2008). *Obtención de almidón a partir de residuos poscosecha del Plátano Dominic Hartón (Musa AAB Simmonds)*. Caldas - Colombia: Universidad de Caldas.
- Ando, H., Tang, H., Watanabe, K., & Mitsunaga, T. (2002). Some physicochemical properties of large, medium and small granule starches in fractions of wheat grain. *Food Science and Technology Research* 8 (1), 24-27.
- Aquino, C. (2018). *Caracterización fisicoquímica, reológica y tecnológica de almidón de dos variedades de arroz (Oryza sativa) IR 43 y tinajones, extraídos con NaOH y metabisulfito de sodio*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma: BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO 163.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Editorial Alhambra.
- Barrera, V. (2004). Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. *International Potato Center* , 174 p.
- BeMiller, J., & Whistler, R. (2009). *Almidón: química y tecnología*. Nueva York.: Prensa académica.
- Bertolini, A. (2010). *Almidones: Caracterización, Propiedades y Aplicaciones*. Nueva York: CRC Press.

- Boudries, N., Belhaneche, N., Nadjemi, B., Deroanne, C., Mathlouthi, M., Roger, B., & Sindic, M. (2009). Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. *Carbohydrate Polymers* 78(3), 475-480.
- Burrell, M. (2003). Starch: the need for improved quality or quantity-an overview. *Journal of Experimental Botany* 54 (382), 451- 456.
- Cai, J., Yang, Y., Man, J., Huang, Z., Wang, Z., Zhang, X., & Wei, C. (2014). Structural and functional properties of alkali-treated high-amylose rice starch. *Food Chemistry* 14(5), 245-253.
- Castillo, S. (2017). *Caracterización reológica y fisicoquímica de pastas y geles obtenidos del almidón de tres variedades de papa nativa (solanum spp.)*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Castro, J. (2010). *Cuantificación de almidón en diez especies vegetales*. Guayaquil: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Charles, A., Chang, Y., Ko, W., Sriroth, K., & Huang, T. (2005). Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2717–2725.
- Charro, M. (2015). *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Cheftel, C. (1992). *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos*. Madrid, España: Volumen II, 404 p.
- Chen, W., Zhou, H., Yang, H., & Cui, M. (2015). Effects of charge-carrying amino acids on the gelatinization and retrogradation properties of potato starch. *Food Chemistry* 16(7), 180-184.
- Cholán, Y. (2017). *Efecto del porcentaje de humedad y temperatura de tratamiento en las características físicas y propiedades térmicas de almidón de papa (Solanum tuberosum l.) modificado (HMT) var. Colparina*. Trujillo. Perú: Universidad Antenor Orrego.

- Chung, J., Li, X., Kalinga, D., Lim, T., Yada, R., & Liu, Q. (2014). Physicochemical properties of dry matter and isolated starch from potatoes grown in different locations in Canada. *Food Research International* 57, 89-94.
- De los Ángeles, A. (2016). *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación*. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., & Flores, R. (2010). *El sector papa en la región andina. Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. Lima: CIP. 395p.
- Díaz, B. (2015). *Determinación de las propiedades físicas, químicas, funcionales y la estabilidad en congelación/ descongelación del almidón de cuatro variedades de papa nativa (Solanum tuberosum ssp. Andigenum)*. Andahuaylas, Apurímac: Universidad Nacional José María Arguedas.
- Dos Santos, T., Leonel, M., García, E., Do Carmo, E., & Franco, C. (2016). Crystallinity, thermal and pasting properties of starches from different potato cultivars grown in Brazil. *International Journal of Biological Macromolecules* 82, 144-149.
- Eliasson, A. (2004). *Starch in Food e Structure, Function and Applications*. New York: CRC.
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2004). *Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tuberculoso Andinos*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuaria.
- Falade, K., & Christopher, A. (2015). Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. *Food Hydrocolloids* 44, 478-490.
- García, Y., Zamudio, P., Bello, L., Romero, C., & Solorza, J. (2011). Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque biodegradables: caracterización física, química, térmica y morfológica. . *Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen* 12(3), 246-262.

- Guadrón, E. (2013). *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo Majoncho verde (Musa sp. Variedad cuadrado), para su uso en la industria de alimentos*. El Salvador: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Guamán, J. (2019). *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascara de papa para su aplicación industrial*. Riobamba – Ecuador: Tesis Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Hernández, M., Torruco, U., Chel, G., & Betancur, A. (2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tuberculos cultivados en Yucatan, Mexico*. México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Hoover, R., Hughes, T., Chung, H., & Liu, Q. (2010). Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Research International* 43(2), 399-413.
- Huamaní, E. (2018). *Extracción y caracterización del almidón de dos variedades de pituca (Colocasia esculenta) de la región de Ayacucho*. Ayacucho: Tesis. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Jane, J. (2006). Comprensión actual de las estructuras de los gránulos de almidón. *Journal of Applied Glycoscience* 53, 205 - 213.
- Jara, J. (2017). *Caracterización de las propiedades fisicoquímicas y térmicas de almidón de yuca (Manihot esculenta)*. Trujillo: Tesis Universidad nacional de Trujillo.
- Jeanet , R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2010). *Ciencia de los alimentos: bioquímica y microbiología*. Zaragoza-España: Editorial Acribia, vol. 1, 691p.
- Joaqui, D., & Villada, H. (2013). Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón. *Rev. Bio. Agro* 11(2), 56 - 68.
- Joshi, M., Aldred, P., McKnight, S., Panozzo, J., Kasapis, S., & Adhikari, R. (2013). Características fisicoquímicas y funcionales del almidón de lenteja. *Polímeros de carbohidratos* , 92, 1484 -1496.
- Kaur, A., Singh, N., Ezekiel, R., & Singh, H. (2002). Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations. *Food Chemistry*, 101, 643-651.

- Konuma, H., Rolle, R., & Boromthanasari, S. (2012). Color characteristics of sago starch as they relate to the growth environment of the sago palm (*Metroxylon sagu* Robb). *Journal of Agricultural Technology* 8(1), 273-287.
- Landires, D., Marqu ez, G., & Cornejo, F. (2015). *An alisis del contenido de amilosa – amilopectina en seis variedades de arroz ecuatoriano*. Guayaquil: Escuela Superior polit cnica del Litoral.
- Leach, H. (1965). Gelatinización del almidón. *Starch Chemistry and Technology*, vol. 1, 289-307.
- Leguía, H. (2017). Leguía, H. R. (2017). “evaluación de las propiedades funcionales, rendimiento de extracción y el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigenum*). Andahuaylas: Universidad Nacional José María Arguedas.
- Leonel, M. (2007). Analysis of the shape and size of starch grains from different botanical species. *Ci ncia e Tecnologia de Alimentos* 27 (3), 579 - 588.
- Li, W., Xiao, X., Zhang, W., Zheng, J., Luo, Q., Ouyang, S., & Zhang, G. (2014). Compositional, morphological, structural and physicochemical properties of starches from seven naked barley cultivars grown in China. *Food Research International* 58, 7-14.
- Marín, H. (2013). *Extracción, caracterización y modificación de almidón de plátano (Musa sapientum) variedad Roat n, producto de desecho post-cosecha de la zona de vega de Alatorre Veracruz*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Márquez, M., Galicia, T., Márquez, R., Quintero, A., Ruiz, M., & Gutierrez, N. (2016). Caracterización fisicoquímica y térmica de almidón de arroz en el desarrollo de un material de pared para su uso en microencapsulación. *Investigaciones científicas - Seminarios*, 50-56.
- Martínez, J., Hernández, J., & Arias, A. (2017). Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de arroz (*Oryza sativa* L) blanco e integral. Vol 25, No 41 (2017), Revista Alimentos Hoy -15. *Revista Alimentos Hoy -15 Vol 25, No 41*, 15.

- Martínez, O., Lapo, B., Pérez, J., Zambrano, C., & Maza, F. (2015). Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. *Revista Colombiana de Química*, vol. 44, núm. 2, 16-21.
- Meza, P. (2016). *Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio*. Lima: Tesis UNALM.
- MINAGRI. (5 de Abril de 2020). *Industrialización de la papa*. Obtenido de Comercialización: <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/25-sector-agrario/papa/214>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) . (18 de Febrero de 2020). *Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias*. Obtenido de El agro en cifras 2019: <https://wwwMINAGRI>
- Mishra, S., & Rai, T. (2006). Mishra, S; Rai, T. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food Hydrocolloids* 20(5), 557-566.
- Montenegro, C., & Pérez, G. (2015). *Obtención de bioetanol por hidrólisis enzimática y fermentación a partir de almidón de vituca (Colocasia esculenta)*. Chiclayo: Universidad Señor de Sipán.
- Moorthy , A. (2002). Propiedades químicas y propiedades funcional de almidones de tuberculos tropicales. *Starch: 54*, 559-592.
- Morales, T. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (Colocasia esculenta). *Espacio y Desarrollo* N° 24, 97-117.
- Noda, T., Tsuda, S., Mori, M., Takigawa, S., Matsuura, C., Saito, K., & Yamauchi, H. (2004). The effect of harvest dates on the starch properties of various potato cultivars. *Food Chemistry* 86(1), 119-125.
- Obregon, V. (2014). *Efecto de la modificación química del almidón nativo de papa (solanum tuberosum), sobre sus características fisicoquímicas y reológicas*. Tarma: UNALM.
- Palomino, D. (2019). *Determinación de las propiedades físicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas del almidón de arracacha (arracacia xanthorrhiza) de las*

- variedades blanca, amarilla y morada*. Apurímac: Universidad Nacional José María Arguedas.
- Parker, R., & Ring, S. (2001). Aspects of the physical chemistry of starch. *Journal of Cereal Science* 34 (1), 1 - 17.
- Peña, E. (2017). *Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Porras, P., & López, G. (2005). Guía ambiental para el cultivo de papa. *Revista Fedepapa*, 1-23.
- Powell, E. (1965). 1965. *Producción y usos de almidones pregelatinizados*. . Nueva York: Prensa Académica, segunda ed.
- Prota, G. (1988). Progress in the chemistry of melanin and related metabolites. *Med. Res. Rev.* 8, 525-528.
- Quicaña, Z. (2014). *Extracción y Caracterización del Almidón de Achira (Canna edulis)*. Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia. Ayacucho - Perú: Universidad Nacional San Cristóbal de Humanga.
- Rodríguez, D. (2015). *Potencial agroalimentario del almidón de arroz de tres variedades cultivadas en el departamento del tolima*. Tolima-Colombia: Tesis Maestría. Universidad Del Tolima.
- Rolland, A., Sánchez, T., Buléon, A., Colonna, P., Ceballos, H., & Zhao, S. (2013). Molecular and supra-molecular structure of waxy starches developed from cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Carbohydrate Polymers*, 92, 1451–1462.
- Sánchez, E., & Alvarado, O. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir de la mezcla de alcohol polivinílico y amilosa extraída del almidón de colocasia Esculenta (vituca) proveniente del distrito de Yamborasbamba*. Chachaozas, Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.
- Sánchez, M. (2004). *Modificación por oxidación del almidón de plátano (Musa paradisiaca L.) y su caracterización parcial*. Morelos: Tesis Mag.Sc. Morelos, MX, IPN. 95p.

- Sánchez, T., Salcedo, E., Ceballos, H., Dufour, D., Mafla, G., & Morante, N. (2009). Screening of starch quality traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). . *Starch-Stärke*, *61*, 12-19.
- Sandhu, K., & Singh, N. (2007). Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chemistry* *101*(4), 1499-1507.
- Santos, M., Amaral, M., Nascimento, L., Veloso, C., Bonomo, R., & Santos, L. (2016). Santos M.1; M. C. A. Amaral²; L. M. G. Nascimento²; C. M. Veloso³; R. C. F. Bonomo⁴; L. S. Santos⁵ (2016) *Rendimento e caracterização físicoquímica de amido proveniente de banana da terra verde (musa sapientum l.) utilizando diferentes antioxidantes*. Itapetinga-Brasil: XXV Congresso brasileiro de Ciencia e Tecnología de Alimentos.
- Satín, M. (22 de Noviembre de 2020). *Functional Properties of Starches*. Obtenido de FAO Agricultural and Food Engineering Technologies Service: <http://www.fao.org/ag/magazine/pdf/starches.pdf> [consulta: 22 de noviembre de 2020]
- Schirmer, M., Jekle, M., & Becker, T. (2015). Starch gelatinization and its complexity for analysis. . *Starch-Stärke* *67*(1-2), 30-41.
- Silva, R., Faraldo, M., Akihiko, A., & Veasey, E. (2002). Variabilidade genética de etnivariedades de mandioca. *Tuberosas amiláceas Latino Americanas, vol. 1. Fundação Cargill, São Paulo*, pp. 207e241.
- Singh, J., & Kaur, L. (2009). *Advances in potato chemistry and technology*. Burlington, US: Editorial Academic Press.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh, S., & Singh, G. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources.. *Food Chemistry*, *81*, 219-231.
- Siroth, K., Santisopasri, V., Petchalanuwat, C., Kurotjanawong, K., Piyachomkwan, K., & Oates, C. (1999). Cassava starch granule structure – function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, *38*, 161 - 170.

- Sodhi, N., & Singh, N. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. *Food Chemistry* 80(1), 99-108.
- Soto, R. (2012). *Valuación de la calidad del almidón obtenido de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) cultivadas en la provincia de Jauja*. Jauja: Tesis. Universidad nacional del Centro del Perú.
- Srichuwong, S., Sunarti, T., Mishima, T., Isono, N., & Hisamatsu, M. (2005). Starches from different botanical sources II: contribution of starch structure to swelling and pasting properties. *Carbohydrate Polymers* 62 (1), 25 - 34.
- Swinkels, J. (1985). Fuentes de almidón, su química y física. *Starch Conversion Technology*. Marcel Dekker, 15 a 45.
- Tester, R., Karkalas, J., & Qi, X. (2004). Starch composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2), 151-165.
- Thomas, D., & Atwell, W. (1999). Practical guide for food industry. *Starches*, 30 p.
- Torres, A., Montero, P., & Durán, M. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Ciencia e Ingeniería al día*, 65 - 74.
- Trujillo, C. (2014). *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos*. Madre de Dios: Tesis Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Vaclavick, V. (2002). *Fundamentos de ciencia de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Waterschoot, J., Gomand, S., Fierens, E., & Delcour, J. (2015). Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch-Stärke* 67(1-2), 14-29.
- Weber, F., Collares, F., & Chang, Y. (2009). Caracterização físicoquímica, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 29 (4), 748-753.

- Yuan, Y., Zhang, L., Dai, Y., & Yu, J. (2007). Yuan, Y; Zhang, L; Dai, Y; Yu, J. 2007. Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponica* Makino comparison with other tuber starches. *Journal of Food Engineering* 82(4), 436-442.
- Zamora, R., Perea, E., & Murillo, W. (2015). Caracterización de almidón extraído de arroz de tercera de las variedades Índica y Fedearroz. *Revista de la Académica Colombiana de Ciencia*. 39(153), 514-519.
- Zarate, L., Ramírez, L., Otarola, N., Prieto, L., Gárnica, A., & Cerón, M. (2014). Extracción y caracterización del almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista latinoamericana de papa*, 1-24.
- Zavareze, E., Mello, S., Pereira, J., Radunz, A., Elías, M., & Díaz, A. (2009). Zavareze E. Mello S., Pereira J. Radünz A. Elias M. Dias A (2009) Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. *Braz. J. Food Technol., II SSA*, 276-285.
- Zhang, B., Zhao, Y., Zhang, P., Li, L., Xie, F., & Chen, L. (2014). Effects of amylose and phosphate monoester on aggregation structures of heat-moisture treated potato starches. *Carbohydrate Polymers* 103, 228-233.
- Zhu, F. (2015). Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, 122, 456–480.

ANEXOS

ANEXO 1
ESPECIES SELECCIONADAS

Producto	Procedencia
1. Yuca	Chachapoyas – amazonas
2. Vituca	Lonya grande – Amazonas
3. Arrocillo	Bagua Capital – Amazonas
4. Papa	Chachapoyas – Amazonas
5. Cáscara de papa	Chachapoyas – Amazonas
6. Plátano	Lonya Grande – Amazonas
7. Cáscara de plátano	Chachapoyas – Amazonas
8. Pajuro	Luya – Amazonas
9. Arracacha	Luya – Amazonas

I. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES Y RESIDUOS

Especie – Imagen

Taxonomía

Yuca (*Manihot esculenta*)



Reino: Plantae
 División: Magnoliophyta
 Clase: Magnoliopsida
 Orden: Malpighiales
 Familia: Euphorbiaceae
 Subfamilia: Crotonoideae
 Tribu: Manihoteae
 Género: Manihot
 Especie: Manihot esculenta Crantz

Vituca (*Colocasia esculenta*)



Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Arales
Familia: Araceae
Subfamilia: Aroideae
Tribu: Colocasieae
Género: Colocasia
Especie: Colocasia esculenta (L.)
Schott

Arrocillo (*Oriza sativa*)



Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Subclase: Commelinidae
Orden: Poales
Familia: Poaceae
Subfamilia: Ehrhartoideae
Tribu: Oryzeae
Género: Oryza
Especie: Oryza sativa L.

Papa (*Solanum tuberosum*)



Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Subfamilia: Solanoideae
Tribu: Solaneae
Género: Solanum
Subgénero: Potatoe
Sección: Petota
Especie: Solanum tuberosum L.,
1753

Cáscara de papa



Plátano (*Musa paradisiaca*)



Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Zingiberales
Familia: Musaceae
Género: Musa
Especie: *M. paradisiaca* L

ANEXO 2

Extracción de almidón

Los almidones se realizaron mediante el método húmedo, según la técnica descrita por Morales (2012). Se realizó algunas modificaciones y adaptaciones de acuerdo a los materiales y equipos que cuenta el laboratorio con la finalidad de optimizar los rendimientos y la calidad del almidón.

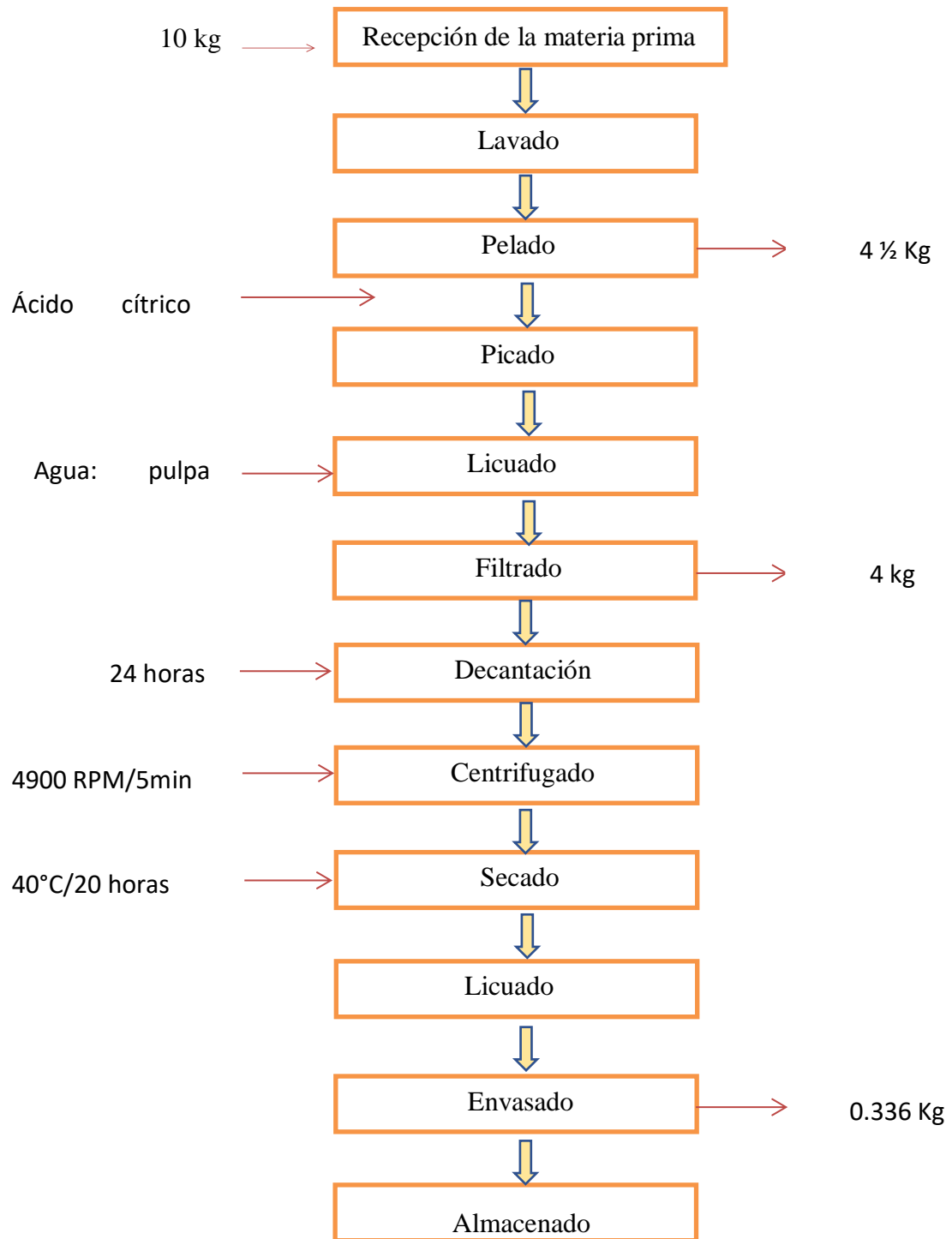
Descripción de los procesos:

- Recepción de la materia prima: se recolectaron la materia prima de diferentes lugares como mercados, de la misma chacra, chiflerías y de pollerías.
- Pesado: se realizó en una balanza digital electrónica de plataforma, este proceso es muy importante ya que nos permite cuantificar el rendimiento de almidón que presenta la materia prima.
- Lavado: consiste en eliminar las impurezas adheridas a la materia prima mediante inmersión y aspersion con agua potable.
- Remojado: se realizó en agua potable con la finalidad de ablandar la materia prima para los posteriores procesos
- Pelado: el objetivo fue retirar la cáscara de la materia prima que lo requiera, esta operación se realizó manualmente con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable.
- Inmersión: se realizó con el objetivo de evitar el pardeamiento, se utilizó ácido cítrico más agua (1g/L).
- Picado: Se cortó en pedazos aproximadamente 3 cm³ para facilitar el licuado.
- Licuado I: se realizó en una licuadora con la adición de agua destilada según relación a a cada materia prima.
- Filtrado: se realizó con una tela fina para obtener la suspensión mucho más puro.
- Decantación: la suspensión obtenida se dejó decantar por el tiempo requerido de 24 horas a 72 horas a medio ambiente en recipientes de vidrio de aproximadamente un

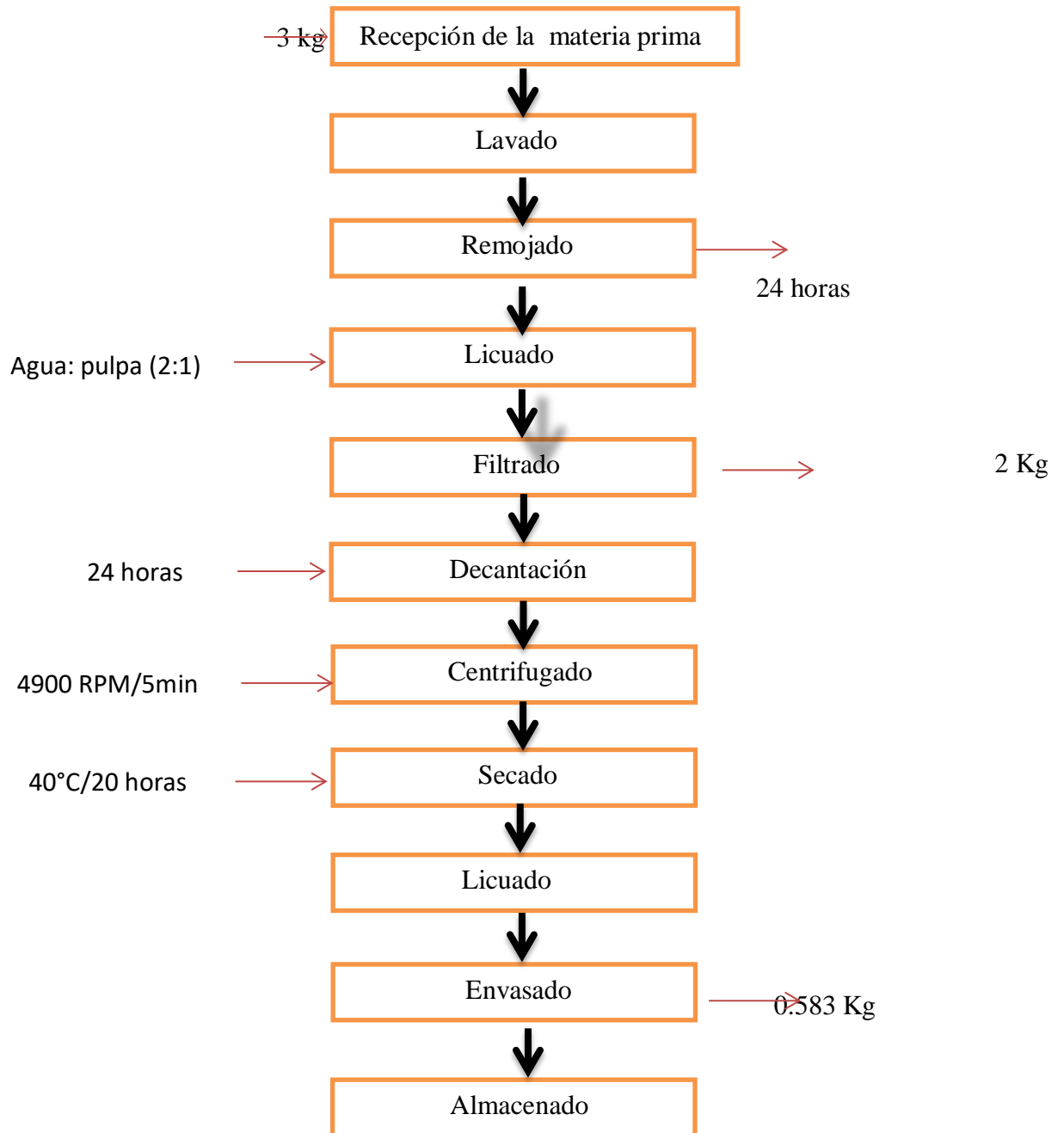
litro de capacidad y en baldes de plástico, con la finalidad de separar las fases sobrenadante – almidón.

- Centrifugado: se realizó el centrifugado a 4900 rpm durante 5 minutos.
- Secado: el almidón húmedo obtenido se procedió a secar en una estufa a 40°C durante 20 horas.
- Licuado II: Se realizó en un licuadora con el fin de obtener polvos muy finos
- Pesado: se procedió a pesar en una balanza digital de precisión previamente tarada.
- Envasado: el almidón fino obtenido se envasó en frascos de vidrio

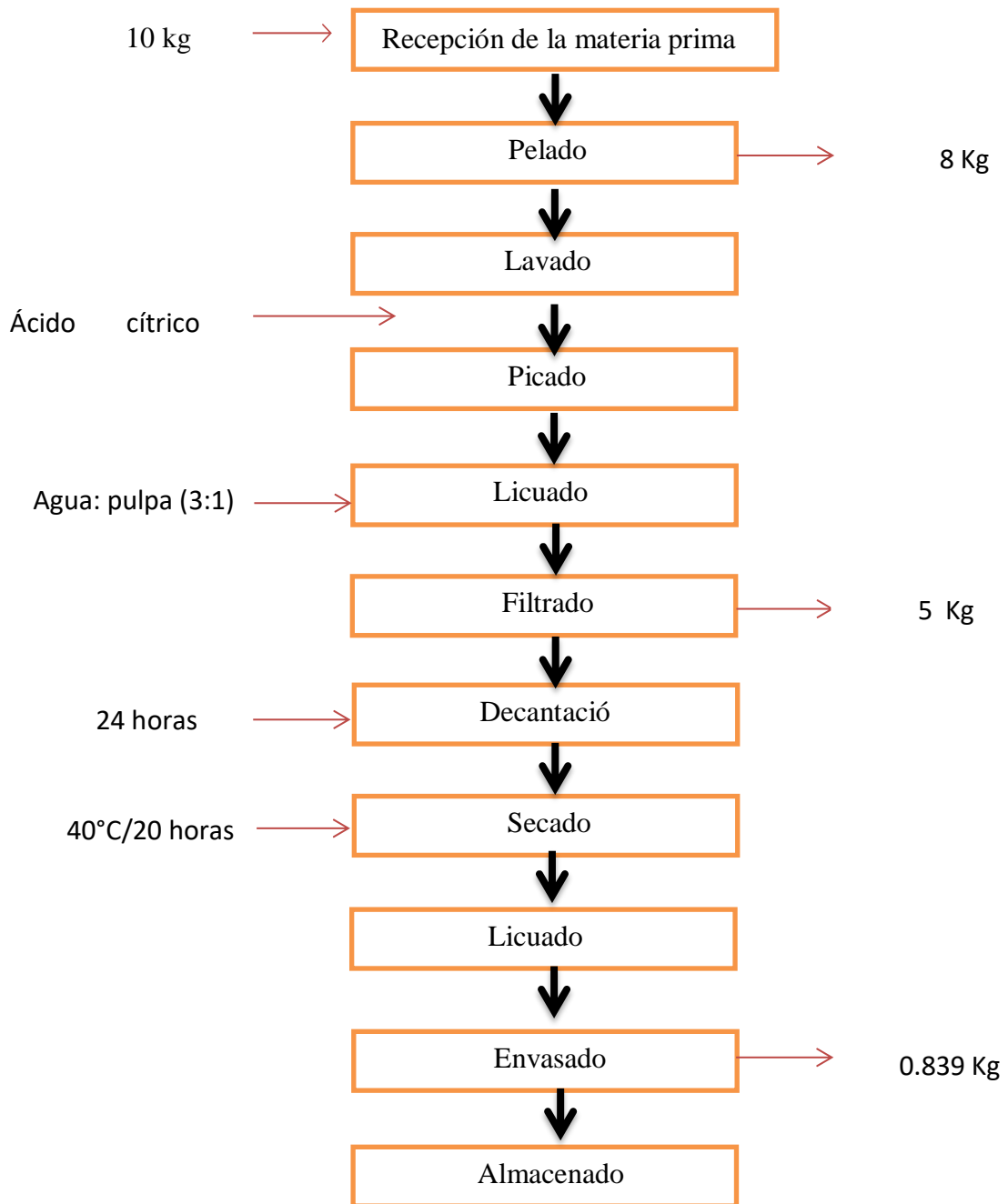
Extracción de almidón de plátano



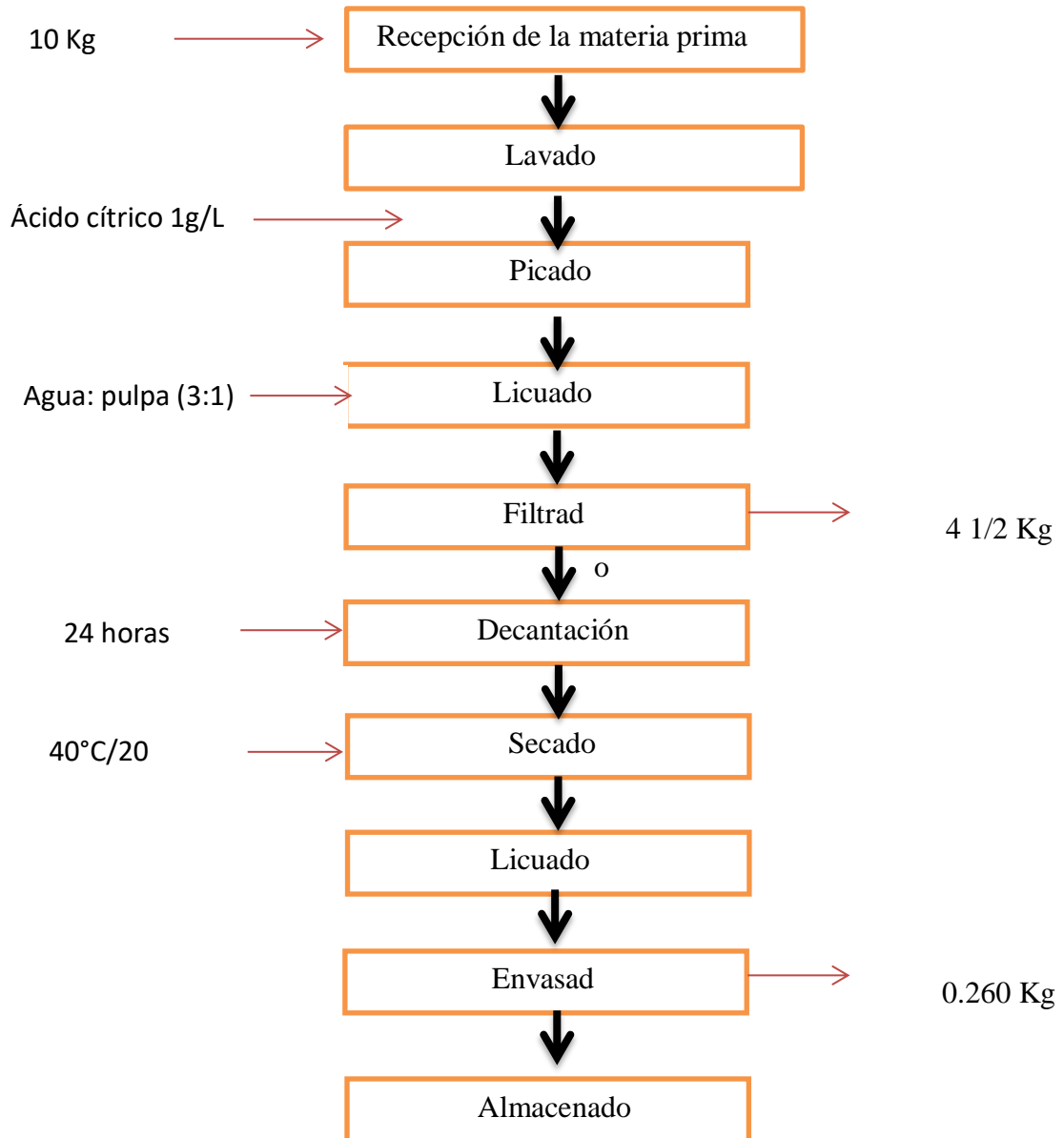
Extracción de almidón de arrocillo



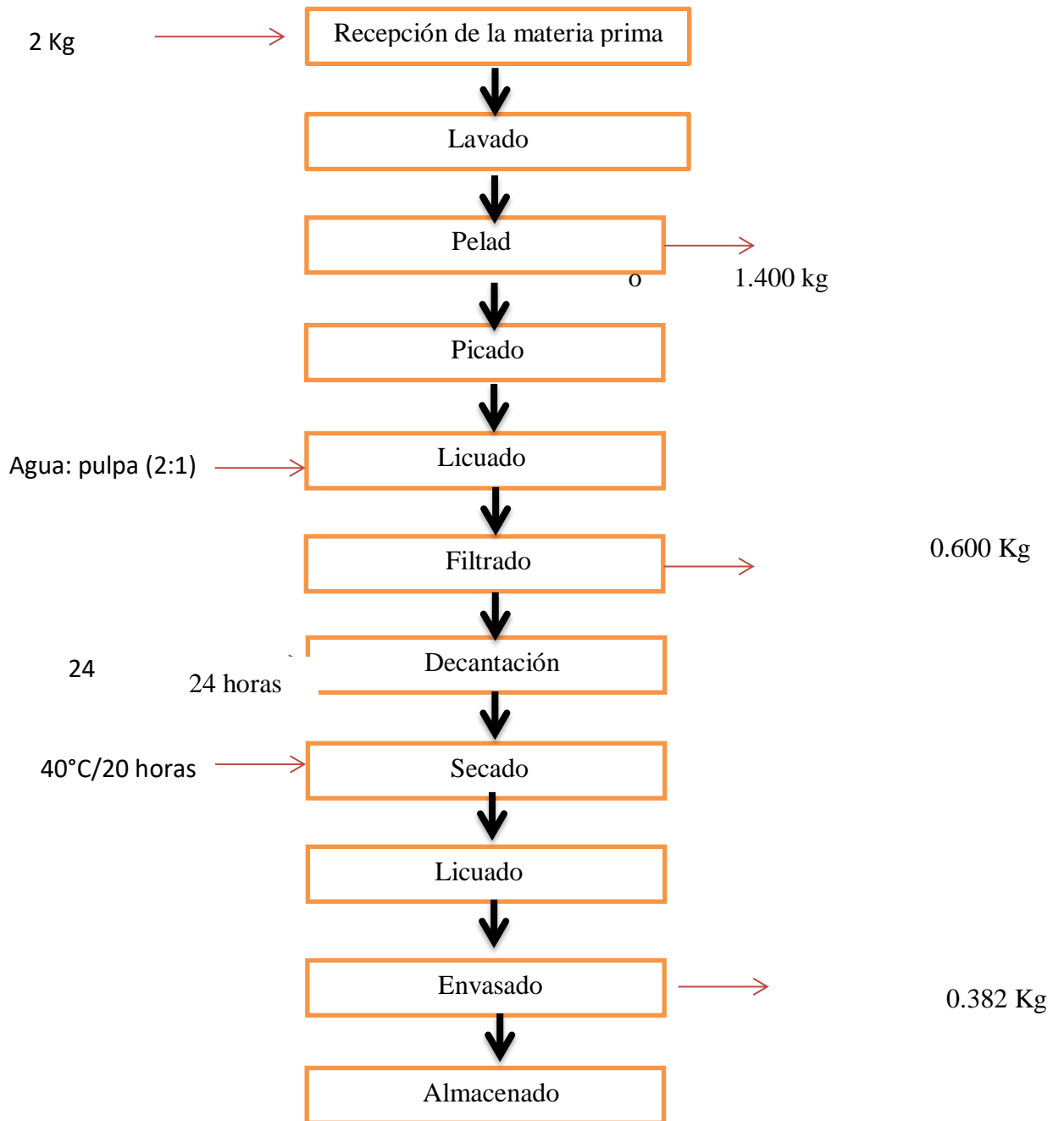
Extracción de almidón de papa



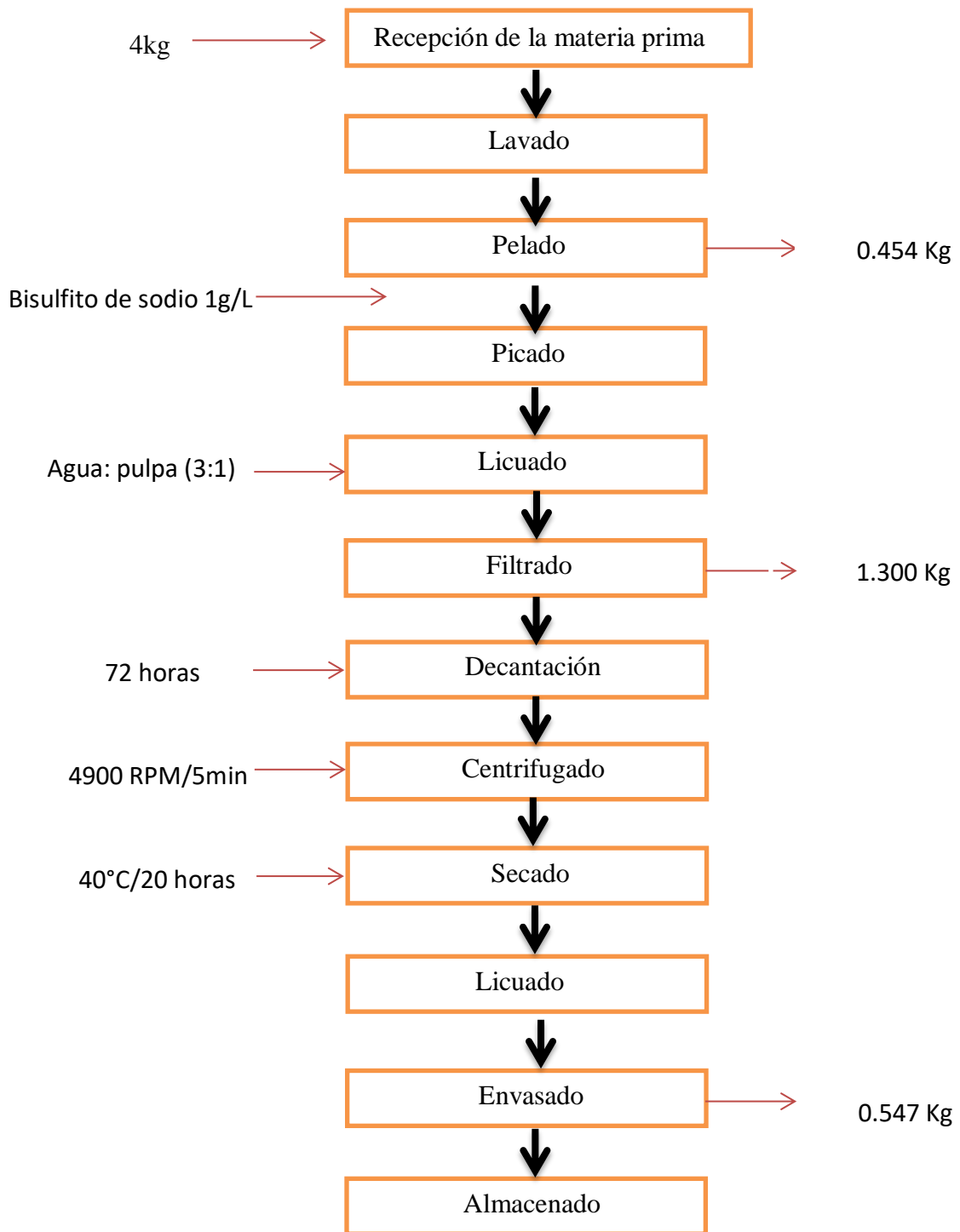
Extracción de almidón de cáscara de papa



Extracción de almidón de yuca



Extracción de almidón de vituca





MATERIA PRIMA (PAPA)



MATERIA PRIMA (PLÁTANO)



PICADO DE MATERIA PRIMA (VITUCA)



LICUADO DE MATERIA PRIMA EN TROZOS



SEDIMENTACIÓN



SEDIMENTACIÓN



TUBOS DE CENTRÍFUGA CON ALMIDÓN +
AGUA



CENTRIFUGADO



ALMIDÓN PARA SECAR



SECADO DE ALMIDÓN



SECADO DE ALMIDÓN



ALMIDÓN SECO



LICUADO DE ALMIDÓN SECO



OBTENCIÓN DE ALMIDÓN

MUESTRAS DE ALMIDÓN SELECCIONADAS: SEIS CON TRES REPETICIONES (TOTAL 18)



ALMIDONES OBTENIDOS

ANEXO 3

METODOLOGÍA CARACTERIZACIÓN DE ALMIDONES

Anexo 3-a

CONTENIDO DE MATERIA SECA

Técnica usada (ICONTEC, 2002)

La pérdida en peso durante el periodo de calentamiento es considerado igual al contenido de materia seca.

Preparación de la muestra

Tome tres muestras al azar de 20 g de almidón; mezclar bien y moler.

Materiales y equipos requeridos

- Balanza analítica con una precisión de 0,01 g
- Crisoles plásticos o de vidrio
- Estufa con temperatura constante y ventilación forzada
- Desecador con un agente de secado

Análisis

- Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno a 80 °C (P1).
- Pesar en el crisol vacío 20 g de la muestra de almidón (P2).
- Colocar el crisol con la muestra de almidón en un horno a 80 °C durante 24 horas.
- Enfriar los crisoles con el almidón seco en un desecador hasta obtener peso constante (30-45 minutos) (P3).
- Pesar los crisoles con la muestra de almidón seca.

Cálculos e interpretación de los resultados

$$\% \text{ de materia seca} = \frac{100 \times (P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)}$$

Anexo 3-b

TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN

Técnica usada (Grace, 1977)

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría; cuando se calientan en solución a temperaturas altas alcanzan una temperatura específica en la cual se inicia el hinchamiento de los gránulos. Esta temperatura es llamada temperatura de gelatinización.

Preparación de la muestra

Toma una muestra de 100 g de almidón; mezclar bien, cuartear y moler.

Materiales y equipos

- Balanza analítica con una precisión de 0,01 g
- Plancha de calentamiento
- Vasos de precipitado de vidrio de 100 y 250 mL
- Frascos volumétricos de 100 mL
- Pinzas de acero inoxidable
- Termómetro con escala de 0-100 °C

Análisis

- Pesar 10 g de almidón (bs) disolver en agua destilada y completar a 100 mL.
- Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C.
- Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL.
- Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C.
- Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.
- Leer la temperatura de gelatinización.

Anexo 3-c

ACIDEZ TITULABLE Y PH

Técnica usada (ISI, 1999)

El valor de pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una muestra, mientras que la acidez titulable es una medida de la cantidad de ácido presente. El pH es medido con un medidor de pH y la acidez titulable es determinada por titulación con hidróxido de sodio en el cambio final con fenolftaleína y es calculado por la presencia de ácidos presentes como ácido láctico.

Preparación de la muestra

Tomar una muestra de 100 g de almidón; mezclar lar bien, cuartear y moler

Materiales y equipos

- Balanza analítica con una precisión de 0,01 g
- Medidor de pH (rango de 0 a 14)
- Bureta de 25 mL
- Erlenmeyer de vidrio de 250 mL
- Balones volumétricos de 100 y 200 mL
- Probeta
- Agitador magnético
- Embudo
- Soluciones tampón de pH 4,0 y 7,0
- Hidróxido de sodio 0,1 M
- Fenolftaleína 1 por ciento (p/v en etanol)
- Etanol
- Agua destilada

Análisis

Medida del pH

- calibrar el medidor de pH con las soluciones tampón pH 4,0 y pH 7,0
- mezclar 20 g de almidón en base seca con 100 mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos
- filtrar a través de un papel filtro Whatman N°1 y tomar una alícuota y medir el pH con una cifra decimal

Medida de la acidez total

Tomar 50 mL del filtrado y titular con hidróxido de sodio 0,1 N utilizando fenolftaleína como indicador.

Cálculos e interpretación de los resultados

$$Acidez = \frac{(Meq)(Nb)(Gb)}{Vb} * 100$$

Dónde:

Meq = miliequivalente del ácido

Nb = normalidad de la base (NaOH)

Gb = Gasto de bureta

Vb = volumen de la base

Anexo 3-d

DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DEL GRÁNULO

Técnica usada (ISI, 1999). La distribución del tamaño del granulo del almidón es determinada utilizando un equipo Ro-tap que consta de un grupo mínimo de tamices con cribas de malla 140 (106 μm), 80 (180 μm) y 60 (250 μm)

Preparación de la muestra

Toma dos muestras de 100 g de cada especie vegetal utilizada; mezclar bien, cuartear y moler.

Materiales y equipos

- Balanza
- Equipo Ro-tap con tapa y fondo

Análisis

- Pesar cada tamiz y el fondo, vacío y limpios.
- Pesar 100 g de la muestra de almidón y transferir al tamiz de la parte superior del grupo de tamices.
- Agitar el grupo de tamices hasta que la cantidad de almidón que pasa a través de la parte superior del grupo de tamices sea insignificante (aproximadamente 10 minutos).
- Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta que la cantidad de almidón a través del siguiente tamiz sea insignificante.
- Continuar de igual forma con los otros tamices hasta que todos sean removidos.
- Pesar cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón.

Cálculos e interpretación de los resultados

- $\text{Peso neto individual} = (\text{peso tamiz} + \text{fracción de almidón}) - \text{peso de cada tamiz vacío}$
- $\text{Gran total} = \Sigma \text{ pesos netos individuales.}$
- Registrar cada fracción de almidón como porcentaje del gran total, caracterizado por el ancho de la malla en micrómetros.

Anexo 3-e

ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA Y PODER DE HINCHAMIENTO

Técnica usada (Anderson *et al.*, 1969)

Cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del granulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón.

Preparación de la muestra

Tomar muestra de 20 g de almidón; mezclar bien, cuartear y moler.

Materiales y equipos

- Balanza analítica con una precisión de 0,01 g
- Baño con calentamiento constante
- Centrifuga
- Tubos de centrifuga plásticos de 50 mL
- Vasos de precipitado de vidrio de 50 mL
- Horno con temperatura constante
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Pipeteador de 30 mL

Análisis

- Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C.
- Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar (sin excederse).
- Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.
- Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos.
- Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen.

- Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL (previamente pesado).
- Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.
- Pesar el tubo de centrifuga con el gel.
- Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.

Cálculos e interpretación de los resultados

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

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)bs}}$$

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)bs} - \text{Peso solubles (g)}}$$

ANEXO 3-F

CONTENIDO DE AMILOSA - AMILOPECTINA

Preparación de la curva estándar

FMA	Amilosa (ml)	Amilopectina (ml)	NAOH 0.09N (ml)
0	0	18	2
10	2	16	2
20	4	14	2
30	6	12	2
40	8	10	2
50	10	8	2

FMA: Fracción másica amilosa en base seca

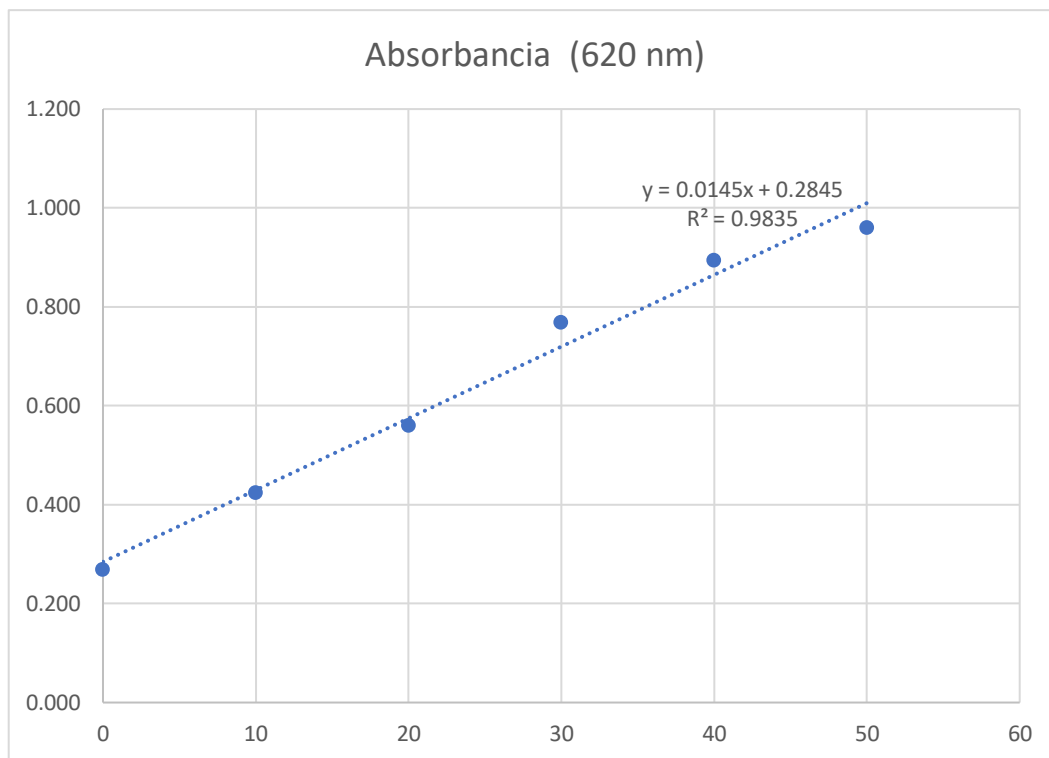
Absorbancia de las soluciones estándar para la curva de calibración

MUESTRA	Absorbancia (620nm)				
	% FMA	R1	R2	R3	PROMEDIO
0		0,297	0,263	0,251	0,270
10		0,423	0,425	0,426	0,425
20		0,561	0,552	0,570	0,561
30		0,772	0,770	0,768	0,770
40		0,902	0,894	0,89	0,895
50		0,966	0,958	0,961	0,962

Prueba en blanco

Absorbancia (620 nm)			
R1	R2	R3	Promedio
0,051	0,064	0,065	0,06

Con los datos promedio obtenidos se procedió a elaborar un diagrama de dispersión en el que se incluyó la línea de tendencia, la ecuación lineal y el valor R^2



Dispersión de puntos, línea de tendencia, ecuación lineal y valor R²

Anexo N°4

RESULTADOS

RENDIMIENTO

ESPECIE	PESO ENTERO (g)	PULPA (g)	PESO ALMIDÓN (g)	PORCENTAJE (%)
ARRACACHA				
ARROCILLO	3000	3000	583	19.43
PAPA	10000	8000	839	10.49
CÁSCARA DE PAPA	10000	10000	260	2.60
PLATANO	10000	5500	336	6.11
CÁSCARA DE PLÁTANO	10000	10000	184	1.84
YUCA	2000	1400	382	27.29
VITUCA (<i>Colocacia esculenta</i>)	4000	3546	547	15.43

CONTENIDO DE MATERIA SECA

METODOLOGÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Almidón	R1				R2				R3				□
	P1	P2	P3	% M.S	P1	P2	P3	% M.S	P1	P2	P3	% M.S	% MS
Arrocillo	58.9	78.9	77.5	93.0	58.9	78.9	77.5	93.2	58.9	78.9	77.5	93.3	93.13
Plátano	53.4	73.4	70	83.2	53.4	73.4	70	83.3	53.4	73.4	70.1	83.6	83.33
Vituca	54.3	74.3	72.9	93.2	54.3	74.3	73	93.4	54.3	74.3	72.9	93.1	93.22
Papa	61.9	81.9	78.3	82.0	61.9	81.9	78.4	82.3	61.9	81.9	78.3	82.1	82.10
Arracacha	59.1	79.1	77.5	92.3	59.1	79.1	77.6	92.5	59.1	79.1	77.5	92.4	92.37
Yuca	51.3	71.3	70	93.5	51.3	71.3	70	93.8	51.3	71.3	69	88.5	91.92
Cáscara de plátano	58.9	78.9	76.6	88.7	58.9	78.9	76.7	89.0	58.9	78.9	76.6	88.9	88.85
Cáscara de papa	51.3	71.3	69.6	91.5	51.3	71.3	69.6	91.7	51.3	71.3	69.6	91.6	91.57

P1 Peso del crisol vacío, seco en estufa

P2 Peso del crisol más muestra de almidón (20g)

P3 Peso del crisol con la muestra hasta peso constante

PORCENTAJE DE HUMEDAD

METODOLOGÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Almidón	Porcentaje de humedad			□
	R1	R2	R3	General
Arrocillo	7.00	6.85	6.75	6.87
Plátano	16.85	16.75	16.40	16.67
Vituca	6.85	6.60	6.90	6.78
Papa	18.00	17.75	17.95	17.90
Arracacha	7.75	7.50	7.65	7.63
Yuca	6.50	6.25	11.50	8.08
Cáscara de plátano	11.30	11.00	11.15	11.15
Cáscara de papa	8.55	8.35	8.40	8.43

DETERMINACIÓN DE COLOR

METODOLOGÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Almidón	R1		R2		R3		□
Arrocillo	L	97.18	L	97.17	L	97.13	97.16
	a	5.18	a	5.18	a	5.17	5.18
	b	-2.61	b	-2.56	b	-2.54	-2.57
Plátano	L	82.02	L	82.04	L	81.98	82.01
	a	7.7	a	7.73	a	7.7	7.71
	b	9.57	b	9.48	b	9.54	9.53
Vituca	L	95.09	L	94.68	L	95.2	94.99
	a	5.91	a	5.9	a	5.92	5.91
	b	-1.52	b	-1.69	b	-1.63	-1.61
Papa	L	87.06	L	87.06	L	87.16	87.09
	a	5.53	a	5.53	a	5.53	5.53
	b	0.86	b	0.9	b	0.87	0.88
Arracacha	L	96.83	L	97.07	L	96.82	96.91
	a	6.05	a	6.08	a	6.05	6.06
	b	-1.67	b	-1.57	b	-1.7	-1.65
Yuca	L	97.41	L	97.78	L	91.47	95.55
	a	5.33	a	5.31	a	5.34	5.33
	b	-1.73	b	-1.59	b	-1.73	-1.68
Cáscara de plátano	L	61.26	L	61.26	L	60.96	61.16
	a	8.77	a	8.78	a	8.79	8.78
	b	19.99	b	19.91	b	20.03	19.98
Cáscara de papa	L	91.16	L	91.21	L	91.47	91.28
	a	5.18	a	5.74	a	5.78	5.57
	b	1.22	b	1.21	b	1.18	1.20

POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

METODOLOGÍA

ANÁLISIS DE ESTADÍSTICO

Almidón	Ph			□ pH
	R1	R2	R3	
Arrocillo	3.6	3.8	3.7	3.70
Plátano	5.8	5.7	5.8	5.77
Vituca	4.7	4.8	4.8	4.77
Papa	7.2	7.4	7.3	7.30
Arracacha	5.1	5.4	5.3	5.27
Yuca	4.7	4.6	4.6	4.63
Cáscara de plátano	6.9	6.9	6.8	6.87
Cáscara de papa	5.5	5.6	5.8	5.63

ACIDEZ

METODOLOGÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Almidón	Gasto de bureta (Gb)				Meq	Nb	V (ml)	Acidez
	R1	R2	R3	□ Gb				
Arrocillo	6.4	6.5	6.4	6.43	0.064	0.01	50	0.0082
Plátano	3	3	3.1	3.03	0.064	0.01	50	0.0039
Vituca	2.9	2.8	2.8	2.83	0.064	0.01	50	0.0036
Papa	1.2	1.3	1.2	1.23	0.064	0.01	50	0.0016
Arracacha	2.8	2.7	2.7	2.73	0.064	0.01	50	0.0035
Yuca	2.2	2.2	2.3	2.23	0.064	0.01	50	0.0029
Cáscara de plátano	3	3.1	3.1	3.07	0.064	0.01	50	0.0039
Cáscara de papa	2.1	2.3	2.1	2.17	0.064	0.01	50	0.0028

DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE GRANULO

METODOLOGÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Almidones	Malla 100 + muestra					Malla 200 + muestra				
	R1	R2	R3	□	P.N.I.	R1	R2	R3	□	P.N.I.
Arrocillo	292.77	292.79	292.82	292.79	65.98	238.03	238.10	238.11	238.08	20.84
Plátano	239.2	239.23	239.26	239.23	12.42	227.97	228.12	228.15	228.08	10.84
Vituca	263.79	263.86	263.97	263.87	37.06	235.29	235.36	235.41	235.35	18.113
Papa	240.5	240.53	240.55	240.53	13.72	220.87	220.89	220.93	220.9	3.6567
Arracacha	270.84	270.96	270.98	270.93	44.12	230.31	230.38	230.40	230.36	13.123
Yuca	253.12	253.14	253.16	253.14	26.33	231.3	231.33	231.35	231.33	14.087
cáscara de plátano	256.59	256.63	256.66	256.63	29.82	249.46	249.49	249.55	249.5	32.26
Cáscara de papa	227.17	227.21	227.24	227.21	0.40	221.21	221.26	221.28	221.25	4.01

Almidones	Malla 270 + muestra					Base + muestra					Gran total
	R1	R2	R3	□	P.N.I.	R1	R2	R3	□	P.N.I.	
Arrocillo	229.76	229.78	229.81	229.78	12.28	448.75	448.8	449.1	448.88	0.7433	99.85
Plátano	222.15	222.21	222.27	222.21	4.71	518.7	518.76	518.79	518.75	70.61	98.58
Vituca	233.71	233.78	233.86	233.78	16.28	476.28	476.36	476.41	476.35	28.21	99.67
Papa	228.29	228.31	228.32	228.31	10.81	519.69	519.71	519.74	519.71	71.573	99.75
Arracacha	230.70	230.76	230.79	230.75	13.25	477.34	477.41	477.43	477.39	29.253	99.74
Yuca	226.94	227.11	227.15	227.07	9.57	497.77	497.85	497.88	497.83	49.693	99.68
cáscara de plátano	249.28	249.3	249.32	249.3	31.80	454.09	454.13	454.17	454.13	5.99	99.87
Cáscara de papa	224.21	224.25	224.28	224.25	6.75	536.74	536.78	536.82	536.78	88.64	99.79

TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN

METODOLOGÍA

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Almidón	T° GELATINIZACIÓN (°C)			□
	R1	R2	R3	
Arrocillo	85	84	86	85.00
Plátano	72	72	71	71.67
Vituca	75	74	74	74.33
Papa	66	66	65	65.67
Arracacha	59	58	58	58.33
Yuca	68	67	66	67.00
Cáscara de plátano	80	80	81	80.33
Cáscara de papa	64	63	65	64.00

ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA Y PODER DE HINCHAMIENTO

METODOLOGÍA

Almidón	Volumen del sobrenadante (ml)				Peso T.C (g)	T.C. + gel (g)				Peso V. P (g)	V.P. secos con los insolubles			
	R1	R2	R3	□		R1	R2	R3	□		R1	R2	R3	□
Arrocillo	22	21	20	21.00	20.35	27.42	27.43	27.43	27.43	20.59	20.63	20.62	20.64	20.63
Plátano	20	20	19	19.67	20.35	29.78	29.79	29.8	29.79	20.61	20.63	20.61	20.63	20.62
Vituca	20	20	18	19.33	20.35	31.89	31.89	31.9	31.89	21.09	21.13	21.11	21.13	21.12
Papa	16	16	15	15.67	20.35	36.7	36.71	36.7	36.70	21.11	21.15	21.12	21.13	21.13
Arracacha	21	20	19	20.00	20.35	29.22	29.23	29.21	29.22	20.42	20.67	20.65	20.66	20.66
Yuca	20	19	21	20.00	20.35	33.41	33.41	33.4	33.41	20.69	20.73	20.74	20.72	20.73
Cáscara de plátano	16	16	17	16.33	20.35	23.49	23.5	23.51	23.50	20.42	20.43	20.45	20.44	20.44
Cáscara de papa	10	10	11	10.33	20.35	39.76	39.77	39.77	39.77	20.96	21.03	21.1	21.12	21.08