

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE QUÍMICA INDUSTRIAL**



**PROYECTO DE GRADO**  
**PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN QUÍMICA INDUSTRIAL**

**CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE GUALUSA**  
**(*Xanthosoma Sagittifolium* sp.) PREVIA ACETILACIÓN PARA SU POTENCIAL**  
**APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE JUGOS NATURALES**

**Postulante: Eliana Paredes Chambi**  
**Tutor: Dr. Rómulo Gemio Siñani**

**La Paz- Bolivia**  
**2022**

«La mente es como un paracaídas..  
Solo funciona si la tenemos abierta».

Albert Einstein

## DEDICATORIAS

*A Dios primeramente, por haberme dado fuerza, voluntad y mucha fe para terminar este proyecto.*

*A mis Amados Padres, Antonio y Tomasa que me dieron todo para que pueda tener una carrera profesional, por su gran amor, confianza y apoyo en cada uno de los pasos que tuve a lo largo de este tiempo y sobre todo por no haber dejado de creer en mí, la vida entera no me alcanzara para agradecerles lo que han hecho por mí, este trabajo también es suyo papis.*

*A mis hermanos, Celia, Mario A., Marcelo S., Víctor, Tania M. y Cristian, por todas las aventuras de infancia que tuvimos y todo ese cariño y aliento que me dieron siempre para que no me diera por vencida.*

*A mis Amigos, del colegio, la universidad y los que fui formando en el camino, Maribel , Mariela , Mónica , Marisol ,Rebeca , Nancy ,Yolanda ,Mery , Rocío ,Isabel , Vianca , Layda, Esdenka ,Luz , Gabriela ,Sonia, Michelle , Sergio , Jhonny y a mi madrina Pattysita gracias por esa grandiosa amistad que me dan, siempre los llevo presente.*

*A esas personas que ya partieron y que son una estrella en el cielo abuelit@s, tí@s, mis amig@s Micky, Silvia y a eterno amigo Pablo quien me enseñó a sonreír a pesar de que el mundo se esté terminando.*

*A mi amado esposo , gracias por haber llegado en el momento exacto a mi vida, por sacarme una sonrisa todos los días, por ser mi mejor amigo , por hacerme creer en el amor y sobre todo por haberme hecho creer en mí misma, "te amo y no es para tanto... es para siempre...mi Abqui".*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología, Carrera de Química Industrial por la buena formación que me dio para que pueda crecer profesionalmente.*

*A mi tutor Dr. Rómulo Gemio Siñani, gracias por la confianza que depositó en mí, por sus consejos, su apoyo, su tiempo, su paciencia y sus opiniones para la culminación este proyecto, siempre le estaré agradecida.*

*A la facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Química, gracias por permitirme el uso de sus ambientes de laboratorio y equipos.*

*A la Facultad de Tecnología, Carrera de Química Industrial, por permitirme el uso de sus ambientes de laboratorio y equipos.*

*A la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas, Carrera de Bioquímica, por permitirme el uso de sus ambientes de laboratorio.*

*A los docentes que en estos años me enseñaron, guiaron, despejando cada duda que tuve para que pueda ver la luz; Dra. María M. Monasterios Arza, Lic. Patricia Eliana Duchén Uriarte, Ingeniero Álvaro García Padilla, Lic. Graciela Espinoza y al Lic. Edmundo Ovando, muchas gracias por todo ese apoyo.*

## RESUMEN

En el presente proyecto se modificó la estructura química del almidón de gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium* sp.) Con anhídrido acético, a partir de almidón nativo de gualusa aplicándolo a nivel laboratorio. En Bolivia no se ha procedido a modificar químicamente el almidón de gualusa por lo que se presenta buscar nuevas fuentes no convencionales como alternativas para obtener almidón nativo que presenta diversas características fisicoquímicas , estructurales y funcionales que amplíen la gama de usos en la industria con el fin de incentivar su producción agrícola.

La modificación química de almidón de gualusa fue realizada por acetilación, seguida de valoración con una solución acida, verificando propiedades fisicoquímicas y realizando un análisis de IR para corroborar la presencia de grupos acetilos en la estructura del almidón de gualusa.

La modificación química de almidón de gualusa fue mínima debido al catalizador, al tiempo y a su propia naturaleza, habiéndose modificado las estructuras exteriores (amilopectina) y no las interiores (amilosa).Obteniéndose almidón modificado para usarse como estabilizante y espesante en los jugos naturales, gracias a su bajo grado de sustitución.

## **ABSTRACT**

In this project, the chemical structure of gualusa starch (*Xanthosoma Sagittifolium* sp.) Was modified with acetic anhydride, starting from native gualusa starch, applying it at the laboratory level. In Bolivia, the gualusa starch has not been chemically modified, so it is presented to look for new unconventional sources as alternatives to obtain native starch that presents various physicochemical, structural and functional characteristics that broaden the range of uses in the industry for the purpose to encourage their agricultural production.

The chemical modification of gualusa starch was carried out by acetylation, followed by titration with an acid solution, verifying physicochemical properties and performing an IR analysis to corroborate the presence of acetyl groups in the structure of gualusa starch.

The chemical modification of gualusa starch was minimal due to the catalyst, time and its own nature, having modified the external structures (amylopectin) and not the internal ones (amylose), obtaining modified starch to be used as a stabilizer and thickener in natural juices, thanks to its low degree of substitution.

## SOMMARIO

In questo progetto la struttura chimica dell'amido di gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium* sp.) È stata modificata con anidride acetica, a partire dall'amido di gualusa nativo, applicandola a livello di laboratorio. In Bolivia l'amido di gualusa non è stato modificato chimicamente, quindi si presenta alla ricerca di nuove fonti non convenzionali come alternative per ottenere amido nativo che presenti varie caratteristiche fisico-chimiche, strutturali e funzionali che ampliano la gamma di utilizzi nell'industria allo scopo incoraggiare la loro produzione agricola.

La modificazione chimica dell'amido di gualusa è stata effettuata mediante acetilazione, seguita dalla titolazione con una soluzione acida, verificando le proprietà fisico-chimiche ed eseguendo un'analisi IR per confermare la presenza di gruppi acetilici nella struttura dell'amido di gualusa.

La modificazione chimica dell'amido di gualusa è stata minima a causa del catalizzatore, del tempo e della sua stessa natura, avendo modificato le strutture esterne (amilopectina) e non quelle interne (amilosio), ottenendo amido modificato da utilizzare come stabilizzante e addensante nei succhi naturali, grazie al suo basso grado di sostituzione.

# INDICE DE CONTENIDO

---

Dedicatorias	
Agradecimientos	
Resumen	
Abstract	
Sommario	
INDICE.....	i
<b>CAPITULO I MARCO INTRODUCTORIO.....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.3.1. Identificación Del Problema.....	3
1.3.2. Formulación Del Problema.....	3
<b>CAPITULO II GENERALIDADES.....</b>	<b>5</b>
2.1. OBJETIVOS .....	5
2.1.1. Objetivo General.....	5
2.1.2. Objetivos Específicos.....	5
2.2. JUSTIFICACION.....	5
2.2.1. Justificación Técnica.....	5
2.2.2. Justificación Económica.....	5
2.2.3. Justificación Social.....	6
2.3. ALCANCES Y LIMITES.....	6
2.3.1. Alcance .....	6
2.3.1.1. Alcance Temático.....	6
2.3.2. LIMITE.....	6
2.3.2.1. Limite Técnico.....	6
2.3.2.2. Limite Económico.....	6
2.3.2.3. Limite Social.....	6
<b>CAPITULO III MARCO TEORICO.....</b>	<b>7</b>
3.1. EL ALMIDÓN.....	7
3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y ESTRUCTURALES DEL ALMIDÓN.....	7
3.2.1. Amilosa.....	7
3.2.2. Amilopectina.....	8
3.3. MÉTODO DE OBTENCIÓN.....	10
3.4. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE GUALUSA (XANTHOSOMA SAGITTIFOLIUM SP).....	11
3.4.1. Origen Y Distribución.....	11
3.4.2. Clasificación Taxonómica.....	11
3.4.3. Nombres Comunes.....	11
3.4.4. Importancia Del Cultivo.....	12
3.4.5. Características Botánicas.....	12
3.4.5.1. Gualusa .....	12
3.4.6. Aspectos Ecológicos Y Fitogeograficos.....	13
3.4.7. Composición Química Y Valor Nutricional De La Gualusa.....	14
3.4.8. Propiedades Del Almidón.....	16
3.5. ALMIDONES MODIFICADOS.....	18

3.5.1. Modificación Del Almidón.....	18
3.5.2. Modificaciones Físicas.....	19
3.5.3. Modificaciones Enzimáticas.....	19
3.5.4. Modificaciones Químicas.....	20
3.6. MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN MODIFICADO.....	20
3.6.1. Acetilación.....	21
3.7. ALMIDONES MODIFICADOS EN LAS INDUSTRIAS.....	23
3.7.1. Industria Alimenticia.....	23
3.7.1.1. Estabilizante.....	23
➤ Clasificación.....	23
➤ Necesidad De Su Utilización.....	24
➤ Funciones.....	24
3.7.2. Industria Farmacéutica.....	24
3.7.3. Industria De Plástico Biodegradable.....	25
3.7.3.1. Procesamiento De Películas De Almidón.....	26
3.8. APLICACIONES.....	27
3.8.1. Naranja.....	27
3.8.1.1. Beneficios Para La Salud.....	28
3.8.1.2. Jugo.....	28
3.8.2. Cerezas.....	28
3.8.2.1. Beneficios Para La Salud.....	29
3.8.2.2. Manejo Del Ambiente De Posrecolección.....	29
<b>CAPITULO IV MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>31</b>
4.1. METODOLOGIA.....	31
4.1.1. Materiales Y Métodos.....	31
4.1.1.2. Equipos Y Reactivos.....	31
4.1.1.3. Universo De Trabajo.....	31
4.1.1.4. Equipos De Laboratorio.....	31
4.1.1.5. Cristalería.....	31
4.1.1.6. Material Secundario.....	32
4.1.1.7. Reactivos.....	32
4.1.1.8. Muestra.....	33
4.1.2. Fundamentos De Los Métodos Utilizados.....	33
4.1.2.1. Método Cuantitativo Y Cualitativo.....	33
4.1.2.2. Método De Extracción.....	33
4.1.2.3. Método De Purificación.....	33
4.1.2.4. Método Espectrofotométrico Ultravioleta Visible UV-Vi.....	33
4.1.2.5. Fundamento De La Reacción De Biuret.....	34
4.1.2.6. Método De Acetilación.....	35
4.1.2.7. Método De Titulación.....	35
4.1.2.8. Método De Viscosidad.....	35
➤ Viscosidad.....	35
4.1.2.9. Espectrofotometría Infrarroja I.R.....	36
<b>CAPITULO V MARCO PRÁCTICO E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
5.1. PARTE EXPERIMENTAL.....	37
5.1.1. Unidad De Análisis.....	37
5.1.1.1. Colecta De La Muestra.....	37
5.1.1.2. Tratamiento De Las Muestras.....	37

➤ Extracción Del Almidón Nativo De Gualusa.....	37
a.) Pesado.....	38
b.) Pelado Y Lavado.....	38
c.) Pesado De la cascara.....	39
d.) Trituración y Adición De Antioxidante.....	39
e.) Filtrado.....	40
f.) Lavado.....	40
g.) Sedimentación.....	41
h.) Secado.....	41
i.) Almacenado.....	42
5.1.2 Purificación Del Almidón Nativo De Gualusa.....	42
5.1.3 Modificación Química Del Almidón Nativo De Gualusa.....	43
5.1.4 Identificación Por Infrarrojo (Ir).....	46
5.1.5. Proceso De Determinación Del Grado De Sustitución Mediante Titulación.....	46
5.1.6. Viscosidad.....	48
5.1.7. Procedimiento De Los Análisis Físico-Químicos.....	50
5.1.7.1. Humedad.....	50
5.1.7.2. Cenizas.....	51
5.1.7.3. Lipidos.....	51
5.1.7.4. Proteínas.....	52
5.1.8. PROCEDIMIENTO PARA LAS APLICACIONES.....	52
5.1.8.1. Estabilizante De Jugo De Naranja.....	52
5.1.8.2. Plastificante “Películas De Biopolimero” de Frutas.....	53
5.2. TRATAMIENTO DE DATOS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS .....	58
➤ Rendimiento Del Almidón De Gualusa Nativo.....	58
➤ Humedad Del Almidón De Gualusa Nativo.....	58
➤ Cenizas Del Almidón De Gualusa Nativo.....	59
➤ Lipidos Del Almidón De Gualusa Nativo.....	60
➤ Proteínas Del Almidón De Gualusa Nativo.....	60
a.) Método Instrumental O Cuantitativo.....	60
b.) Método Cualitativo Biuret.....	61
➤ Incremento Del Almidón Modificado.....	62
➤ Grado De Sustitución.....	63
➤ Porcentaje De Acetilo Teórico.....	64
➤ Porcentaje De Eficiencia.....	64
➤ Reacción De Modificación Del Almidón De Gualusa .....	65
➤ Reacción Durante La Modificación.....	65
➤ Balance De Materia Global.....	66
➤ Viscosidad.....	66
➤ Grados Brix Vs Concentración.....	67
➤ Infrarrojo De Almidón.....	69
➤ Aplicaciones.....	70
a.) Estabilizante De Jugos.....	70
b.) Plastificante De Frutas.....	71
<b>CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
6.1. CONCLUSIONES.....	74
6.1.1. Conclusión General.....	74

6.1.2. Conclusiones Específicas.....	74
6.2. RECOMENDACIONES.....	75
<b>CAPITULO VII ANEXOS.....</b>	<b>76</b>
➤ Viscosidad.....	76
➤ Grados Brix Vs Concentración.....	81
➤ Fotos Extras.....	82
<b>CAPITULO VIII BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>85</b>

## INDICE DE DIAGRAMAS DE FLUJOS

---

<b>Diagrama De Flujo N° 1.</b> Árbol De Problemas.....	4
<b>Diagrama De Flujo N°2.</b> Extracción Y Modificación Del Almidón De Gualusa (Xanthosoma Sagittifolium Sp.).....	55
<b>Diagrama De Flujo N°3.</b> Purificación Del Almidón De Gualusa (Xanthosoma Sagittifolium Sp.).....	56
<b>Diagrama De Flujo N°4.</b> Acetilación Del Almidón De Gualusa (Xanthosoma Sagittifolium sp.).....	57

## INDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura N°1</b> .Estructura Química De La Amilosa.....	8
<b>Figura N°2.</b> Estructura Química De La Amilopeptina.....	8
<b>Figura N°3.</b> Biopolímeros Que Conforman Al Almidón A) Amilosa Con Enlaces A (1-4) Y B) Amilopeptina Con Enlaces A (1-6).....	9
<b>Figura N°4.</b> Organización Del Gránulo De Almidón A Distintos Niveles Estructurales.....	10
<b>Figura N°5.</b> Forma De Partícula De Materiales Granulados.....	18
<b>Figura N°6.</b> Tipos De Modificaciones De Los Almidones.....	19
<b>Figura N°7.</b> Reacción De Acetilación De Almidón Nativo De Gualusa.....	21
<b>Figura N°8.</b> Reacción De Acetilación De Almidón.....	21
<b>Figura N°9.</b> Sustitución De Grupos OH- (Hidroxilos).....	22
<b>Figura N°10.</b> Grupos Hidroxilos (OH) En Las Posiciones De Los Carbonos C2, C3 Y C6 De Una Unidad A-D-Glucopiranosil.....	22
<b>Figura N°11</b> .Rango Del Espectro Visible.....	34

## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

---

<b>Fotografía N°1.</b> Cultivo De Gualusa.....	12
<b>Fotografía N°2.</b> Gualusa En El Mercado Del Cementerio.....	13
<b>Fotografía N°3.</b> Naranjas Del Supermercado Ketal.....	28
<b>Fotografía N°4.</b> Cerezas Del Supermercado Ketal.....	28
<b>Fotografía N°5.</b> Gualusa Del Mercado Central Del Cementerio.....	37
<b>Fotografía N°6.</b> Pesado De La Gualusa.....	38
<b>Fotografía N°7.</b> Pelado Y Lavado De La Gualusa.....	38
<b>Fotografía N°8.</b> Pesado De La Cascara De Gualusa.....	39
<b>Fotografía N°9.</b> Adición De Jugo De Limón.....	39

<b>Fotografía N°10.</b> Filtración Del Almidón.....	40
<b>Fotografía N°11.</b> Lavado Para Retirar El Almidón.....	40
<b>Fotografía N°12.</b> Sedimentación Del Almidón.....	41
<b>Fotografía N°13.</b> Secado Del Almidón.....	41
<b>Fotografía N°14.</b> Almacenado De Almidón.....	42
<b>Fotografía N°15.</b> Purificación Del Almidón.....	42
<b>Fotografía N°16.</b> Adición De Almidón Nativo Y Anhídrido Acético.....	43
<b>Fotografía N°17.</b> Adición De Solución De Hidróxido De Sodio.....	43
<b>Fotografía N°18.</b> Tiempo De 6 Horas Para La Modificación.....	44
<b>Fotografía N°19.</b> Precipitación De Almidón Modificado Con Etanol Al 96%.....	44
<b>Fotografía N°20.</b> Filtrado Al Vacío Del Almidón Modificado.....	45
<b>Fotografía N°21.</b> Secado Del Almidón.....	45
<b>Fotografía N°22.</b> Almacenado Del Almidón Modificado.....	46
<b>Fotografía N°23.</b> Lectura De Grupos Acetilo Por Infrarrojo.....	46
<b>Fotografía N°24.</b> Adición De Etanol Al 75% Al Almidón Modificado Y Nativo.....	47
<b>Fotografía N°25.</b> Incubado Y Agitado De Matraces.....	47
<b>Fotografía N°26.</b> Adición De Indicador Y Titulado De Matraces.....	48
<b>Fotografía N°27.</b> Diluciones A Partir De Solución Madre De Almidón.....	48
<b>Fotografía N°28.</b> Armado De Viscosímetro.....	49
<b>Fotografía N°29.</b> Verificación Del Grado De Fluidez (Viscosidad).....	49
<b>Fotografía N°30.</b> Medición De Grados Brix.....	50
<b>Fotografía N°31.</b> Humedad Del Almidón.....	50
<b>Fotografía N°32.</b> Cenizas Del Almidón.....	51
<b>Fotografía N°33.</b> Metodo Soxhlet, Lípidos En El Almidón.....	51
<b>Fotografía N°34.</b> Espectroscopia Uv Y Método Cualitativo Biuret.....	52
<b>Fotografía N°35.</b> Control De Estabilización De Cada Solución.....	53
<b>Fotografía N°36.</b> Plastificado De Cerezas.....	53
<b>Fotografía N°37.</b> Plastificado De Duraznos.....	54
<b>Fotografía N°38.</b> Prueba Cualitativa De Proteínas Biuret.....	61
<b>Fotografía N°39.</b> Tiempo De Estabilización De Jugo De Naranja.....	71
<b>Fotografía N°40.</b> Cerezas Sin Película Plastificante.....	71
<b>Fotografía N°41.</b> Cerezas Con Película Plastificante.....	72
<b>Fotografía N°42.</b> Durazno Sin Película Plastificante.....	72
<b>Fotografía N°43.</b> Vista De Las Dos Aplicaciones.....	73

## INDICE DE GRAFICOS

---

<b>Grafica N°1.</b> Temperatura Versus La Viscosidad.....	67
<b>Gráfico N°2.</b> Concentración Versus Grados Brix Del Almidón Nativo.....	68
<b>Gráfico N°3.</b> Concentración Versus Grados Brix Del Almidón Modificado.....	68
<b>Grafica N°4.</b> Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 2% Almidón Modificado.....	76
<b>Grafica N°5.</b> Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 1.5% Almidón Modificado.....	77
<b>Grafica N°6.</b> Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 1% Almidón Modificado.....	78
<b>Grafica N°7.</b> Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 0.5% Almidón Modificado.....	78
<b>Grafica N°8.</b> Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 2% Almidón Nativo.....	79
<b>Grafica N°9.</b> Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 1.5% Almidón Nativo.....	80

<b>Grafica Nº10.</b> Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 1% Almidón Nativo.....	80
<b>Grafica Nº11.</b> Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 0.5% Almidón Nativo.....	81

## INDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla Nº1.</b> Producción De Gualusa Nivel Nacional Y Departamental.....	11
<b>Tabla Nº2.</b> Análisis Químico De Los Cormos De Gualusa En Base Seca (En 100 G De Porción Comestible)....	15
<b>Tabla Nº3.</b> Productos Elaborados Con Almidón Modificado.....	16
<b>Tabla Nº4.</b> Métodos De Modificación Química.....	20
<b>Tabla Nº5.</b> Distribución De Estabilizante En Los Tubos.....	52
<b>Tabla Nº6.</b> Rendimiento Del Almidón De Gualusa Nativo.....	58
<b>Tabla Nº7.</b> Rendimiento De Humedad Del Almidón Nativo De Gualusa.....	59
<b>Tabla Nº8.</b> Rendimiento De Cenizas Del Almidón Nativo De Gualusa.....	59
<b>Tabla Nº9.</b> Rendimiento De Lípidos Del Almidón Nativo De Gualusa.....	60
<b>Tabla Nº10.</b> Rendimiento De Proteínas Cuantitativamente.....	61
<b>Tabla Nº11.</b> Incremento Del Almidón Modificado.....	62
<b>Tabla Nº12.</b> Rendimiento De Grupos Acetilo Del Almidón Modificado.....	62
<b>Tabla Nº13.</b> Grado De Sustitución Del Almidones.....	63
<b>Tabla Nº14.</b> Rendimiento De Acetilo Teórico De Almidones.....	64
<b>Tabla Nº15.</b> Rendimiento De Eficiencia De Almidones.....	65
<b>Tabla Nº16.</b> Grados Brix Del Almidón Nativo A Diferentes Concentraciones.....	67
<b>Tabla Nº17.</b> Grados Brix Del Almidón Modificado A Diferentes Concentraciones.....	68
<b>Tabla Nº18.</b> Control De Estabilidad En Los Jugos.....	71
<b>Tabla Nº19.</b> Rendimiento De Deshidratación De La Cereza Y Durazno.....	73
<b>Tabla Nº20.</b> Con La Concentración Del 2% Almidón Modificado .....	76
<b>Tabla Nº21.</b> Con La Concentración Del 1.5%Almidón Modificado .....	77
<b>Tabla Nº22.</b> Con La Concentración Del 1%Almidón Modificado .....	77
<b>Tabla Nº23.</b> Con La Concentración Del 0.5%Almidón Modificado .....	78
<b>Tabla Nº24.</b> Con La Concentración Del 2% Almidón Nativo.....	79
<b>Tabla Nº25.</b> Con La Concentración Del 1.5% Almidón Nativo.....	79
<b>Tabla Nº26.</b> Con La Concentración Del 1% Almidón Nativo.....	80
<b>Tabla Nº27.</b> Con La Concentración Del 0.5% Almidón Nativo.....	81
<b>Tabla Nº28.</b> Grados Brix Del Almidón Nativo A Diferentes Concentraciones.....	81
<b>Tabla Nº29.</b> Grados Brix Del Almidón Modificado A Diferentes Concentraciones.....	82

## INDICE DE ESPECTROS

---

<b>Espectro Nº1.</b> Almidón De Maíz Usado De Referencia.....	69
<b>Espectro Nº2.</b> Lectura De IR Del Almidón De Gualusa Nativo.....	69
<b>Espectro Nº3.</b> Lectura De IR Del Almidón De Gualusa Modificado.....	70

# CAPITULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia, el cultivo de las raíces andinas, entre ellas el Yacón (*Smallanthus Sonchifolius* (1), Achira (*Canna edulis* Ker Gawl.), Ajipa (*Pachyrhizus Ahipa* (2) y Gualusa o Walusa (*Xanthosoma Sagittifolium* sp. (3), ha cobrado importancia a partir de la década de los 90 del siglo pasado. Actualmente se cuenta con una colección de estas raíces en el Banco Nacional de Germoplasma de Tubérculos y Raíces Andinas (4) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

La Gualusa es una planta herbácea, tiene un tallo principal subterráneo corto. Las hojas provienen directamente de un tallo subterráneo llamado cormo, en el cual se forman cormos secundarios, laterales, horizontales, engrosados comestibles y que se las conoce como cormelos. Los cormelos tienen una corteza de color marrón oscuro y la pulpa es blanca o amarilla según la variedad y tienen nudos de donde nacen las yemas. Tiene un contenido de almidón superior al de la yuca. La Gualusa, así como otras raíces mencionadas, contiene principalmente almidón en granos esféricos de tamaño muy uniforme, las características del almidón y el contenido de minerales y vitaminas precisamente hacen de estas raíces un alimento altamente nutritivo y altamente digestible.

Los almidones de origen diferente tienen gránulos de forma diferente, contenido diferente de amilasa, amilopectina, temperatura de gelatinización distinta, etc. Los almidones modificados tienen, esencialmente, propiedades similares a las de los almidones nativos. En líneas generales, los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura de los alimentos y por sus propiedades espesantes y gelificantes. Sin embargo, la estructura nativa del almidón a veces resulta poco eficiente, ya que ciertas condiciones de los procesos tecnológicos, como temperatura, pH y presión, reducen su uso en aplicaciones industriales al provocar una baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis. Además, algunas dispersiones de almidón nativo, como aquellas obtenidas a partir de raíces y tubérculos imparten una textura gomosa y cohesiva en aquellos alimentos donde se utilizan como agentes espesantes.

Estas limitaciones se pueden superar modificando la estructura nativa del almidón por métodos químicos, físicos y enzimáticos, los cuales permiten obtener diferentes tipos de almidones modificados de acuerdo a las condiciones específicas para cada alimento. Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, imparten diversos grados de viscosidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-deshielo, entre otras ventajas. Es por eso que se propone la modificación del almidón de gualusa por un método de acetilación, en el que el almidón acetilado se obtendrá por la esterificación de almidón nativo con anhídrido acético, para

así tener las características requeridas para la utilización del almidón en distintas aplicaciones.

## 1.2. ANTECEDENTES

El almidón es un carbohidrato de reserva presente en grandes cantidades de raíces, tubérculos, cereales, semillas y en algunas frutas en estado verde o inmaduro, bajo la fórmula de gránulos parcialmente, cuya forma y tamaño varía según el origen botánico. En los cereales se encuentra principalmente en productos como el maíz, el trigo y el arroz a concentraciones que oscilan de 30 a 80%, en las semillas de algunos frijoles, chicharos o habas se encuentran de 25 a 50%, en las raíces y tubérculos, tales como yuca, papa y batata el almidón representa de 60 a 90%, así como de algunas frutas tropicales como el plátano que oscila de 50 a 60% y el mango se encuentra de 30 a 50% en peso seco (5). Desde el punto de vista de su estructura química, está constituido por amilosa y amilopectina, polisacáridos formados por unidades de anhidroglucosa, unidas entre sí mediante enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4) y/o  $\alpha$  (1-4)  $\alpha$  (1-6), bajo una estructura semicristalina altamente organizada, además se ha reportado la existencia de un tercer componente conocido como material intermedio. La variación en el contenido de amilosa, amilopectina y del material intermedio, modifica las propiedades físico-químicas y funcionales de los gránulos de almidón y en consecuencia su utilización en alimentos y aplicaciones industriales (6).

La amilosa es esencialmente un polímero, en el cual las unidades de anhidroglucosas están presentes y unidas en mayor parte por enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4) y un leve grado de ramificación en enlaces  $\alpha$  (1-6). La molécula tiene un peso molecular promedio de  $10^5$  a  $10^6$  g/mol (7) que por la presencia de grupos hidroxilos ofrece propiedades hidrofílicas al polímero (8).

La otra fracción del almidón es la amilopectina, que son moléculas más grandes que la amilosa y contienen enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4) y  $\alpha$  (1-6) y ramificaciones que dan a su forma molecular semejanza a un árbol (9). La macromolécula posee un peso molecular comprendido de  $10^7$  a  $10^8$  g/mol (7).

Varios estudios se han enfocado en la utilización del almidón no modificado por ser un producto biodegradable, con características no tóxicas, de naturaleza abundante y de bajo costo. El almidón nativo es usado actualmente en la industria como recubrimientos, textiles, alfombras, aglutinantes, absorbentes, entre otros (10).

Sin embargo, el uso del almidón sin modificar es limitado debido a su fragilidad en el área de empaques, el deterioro de las propiedades mecánicas a condiciones ambientales por la exposición con la humedad, la reducida procesabilidad debido a su alta viscosidad, así como su incompatibilidad con algunos solventes y polímeros (11).

Debido a las limitaciones de los almidones en cuanto a propiedades mecánicas, químicas y a su alta degradación, se realizan modificaciones que pueden realizarse por tres métodos, reacciones de cambios de tipo físicos, químicos y microbianos o por una combinación entre estas.

El presente documento se centrará en la revisión de las investigaciones sobre la modificación química del almidón con ácidos orgánicos (anhídrido acético) con el objetivo de identificar el empleo de algunos catalizadores, las técnicas de la modificación y las aplicaciones de los almidones modificados.

Se debe recalcar que no se han presentado trabajos con respecto a la modificación química de la gualusa en Bolivia, sin embargo se encontró un trabajo de evaluación de la harina de Gualusa en la alimentación de cuyes mejorados (12), y un artículo científico (Efecto del tiempo de reacción en la acetilación de almidón de plátano) (13), los cuales se asemejan al presente proyecto.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Identificación Del Problema**

En la actualidad se elaboran muchos productos alimenticios con almidón modificado, jugos de fruta, mermeladas, aglutinantes para salchichas, etc. De acuerdo a las necesidades tecnológicas específicas los almidones pueden ser modificados (mejoradas) por métodos físicos o químicos. La diversidad de aplicaciones de los almidones modificados hace insuficiente que estos cubran todas las necesidades físico-químicas requeridas por la industria que los requiere, por lo que es imposible realizar toda la modificación a los almidones, lo que implica que se debe realizar modificaciones de acuerdo a las necesidades tecnológicas de cada rubro alimenticio.

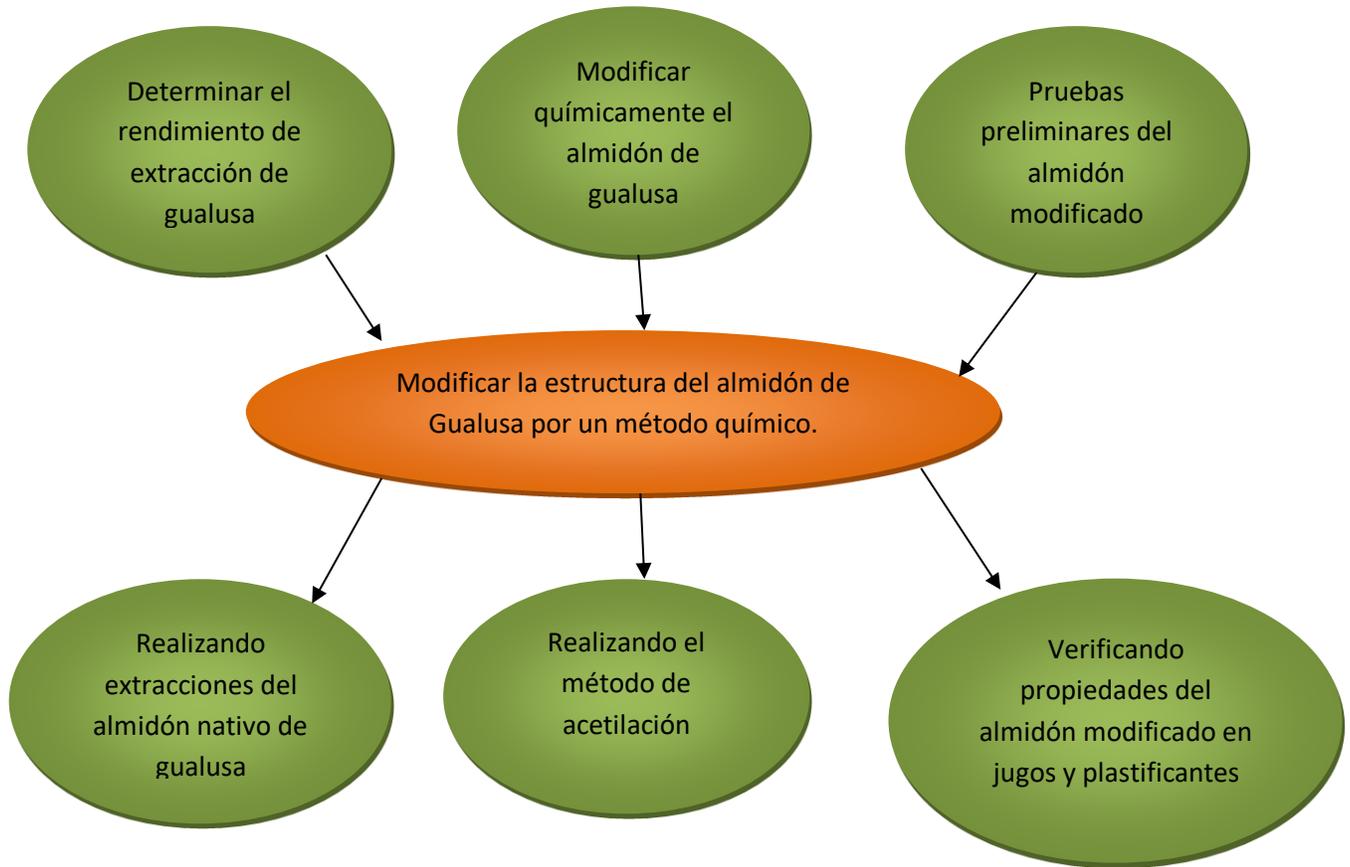
#### **1.3.2. Formulación Del Problema**

La utilización de almidones modificados se ha incrementado en la elaboración de diversos productos alimenticios, lo que está permitiendo mejorar rendimientos de la materia prima y esto conduce a mejorar los réditos económicos. Por esta razón es de interés de este trabajo de grado en contribuir al conocimiento de la modificación del almidón de gualusa. Esto implica hacerse algunas preguntas, ¿Cómo extraer el almidón de gualusa sin que sufra reacciones de oxidación?, ¿Qué porcentaje de modificación del almidón es el óptimo?, ¿En qué aplicaciones se podría utilizar el almidón modificado? ¿Cómo realizar la modificación química del almidón de Gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium* sp.)

Por otro lado se dispondrá de una nueva fuente de carbohidratos y su modificación implicara nuevas aplicaciones en el campo de la ciencia de alimentos.

➤ **Árbol De Problemas**

**Diagrama De Flujo N° 1. Árbol De Problemas**



**Fuente propia**

## CAPITULO II

### 2.1. OBJETIVOS:

#### 2.1.1. Objetivo General

- ❖ Realizar la caracterización del almidón de gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium sp.*) previa acetilación para su potencial aplicación en la industria de jugos naturales.

#### 2.1.2. Objetivos Específicos

- ❖ Determinar el rendimiento de extracción del almidón de Gualusa.
- ❖ Analizar las características físico-químicas que proporcione una adecuada extracción del almidón de Gualusa.
- ❖ Modificar químicamente el almidón de Gualusa mediante el método de Acetilación.
- ❖ Caracterizar físico-químicamente el almidón de Gualusa sometido a modificación comparándolo con el almidón nativo.
- ❖ Realizar pruebas preliminares del almidón modificado en la elaboración de jugos naturales.

### 2.2. JUSTIFICACION:

#### 2.2.1. Justificación Técnica

En la actualidad en Bolivia, no existen conocimientos técnicos ni el proceso para la elaboración de almidón modificado de gualusa, por lo que es necesario realizar la investigación en laboratorio empleando materiales y equipos para determinar la mejor alternativa para la obtención del mismo.

#### 2.2.2. Justificación Económica

En vista de que la Gualusa representa una fuente alternativa para la obtención de almidón y que existen pocos estudios referidos a la modificación química de este polímero, se plantea la obtención de almidones nativos y caracterización del almidón modificado de gualusa empleando el tratamiento de acetilación, a fin de evaluar sus propiedades físico-químicas y funcionales y así poder sugerir su posible utilización en la industria de alimentos. Los almidones obtenidos a partir de raíces y tubérculos en este caso la gualusa, usándolo como materia prima en la elaboración de productos convencionales o en el desarrollo de nuevos productos, se ha convertido en una forma de incentivar a agricultores a la cosecha y por consiguiente incrementar la producción y demanda de estas raíces.

### **2.2.3. Justificación Social**

Al realizar la modificación del almidón de gualusa, esta sería utilizada en la elaboración de productos como sopas, galletas, panes, bebidas, pudines, jugos de fruta e inclusive en plastificantes lo que haría que se creen más microindustrias artesanales.

## **2.3. ALCANCES Y LIMITES:**

### **2.3.1. ALCANCE**

#### **2.3.1.1. Alcance Temático**

El trabajo se desarrolla dentro del campo de Química Industrial con herramientas que se encuentran dentro del campo de Química Orgánica, este proceso se realizara a nivel laboratorio, no a nivel industrial ni a nivel de proyecto de factibilidad.

### **2.3.2. LIMITE**

#### **2.3.2.1. Limite Técnico**

Para la producción a gran escala se tendría que diseñar un reactor que tenga diferentes características que solicita la modificación como temperaturas elevadas, tiempos, pH, etc.

#### **2.3.2.2. Limite Económico**

Para una cantidad mínima de almidón modificado se usan volúmenes altos de reactivos, lo que significa que la cantidad de reactivos se incrementaran por lo que si se quiere obtener mayores porcentajes de almidón modificado y el costo monetario será más alto.

#### **2.3.2.3. Limite Social**

La gualusa solo se cosecha una vez al año en época de primavera (julio a septiembre), lo cual imposibilitaría la producción constante de almidón modificado haciendo que se cree una barrera que delimita la producción del mismo.

## CAPITULO III

### 3.1. EL ALMIDÓN

El almidón es un polisacárido de origen vegetal que tiene muchas aplicaciones en la industria de los alimentos, además de ser la fuente más importante de carbohidratos en la alimentación humana (14). Las diferentes características del almidón, no sólo la morfología y el tamaño del gránulo, sino también la calidad y la composición que posee, están muy relacionadas con la procedencia de la fuente vegetal de la cual se obtiene (9), y a su vez puede variar las características entre la misma especie.

El almidón está constituido esencialmente por una mezcla de polisacáridos conformada por amilosa y la amilopectina y una fracción minoritaria (de 1% a 2%) de conformación no glucosídica (15). La mayoría de los almidones en su estructura glucosídica está conformada por 20% de amilosa y el restante 80% de amilopectina contenida en un 80% e insoluble en agua.

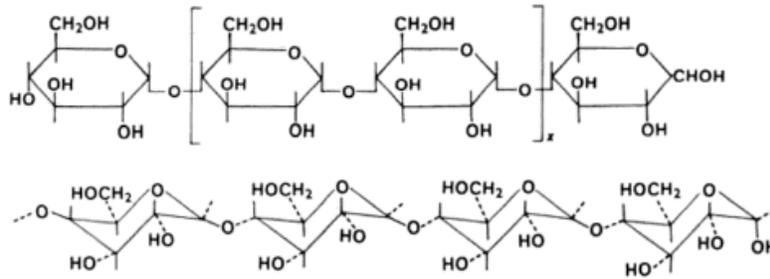
### 3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y ESTRUCTURALES DEL ALMIDÓN

El almidón está constituido por dos homopolímeros de  $\alpha$ -D-glucosa llamados amilosa y amilopectina.

#### 3.2.1. Amilosa

Está constituida por cadenas largas no ramificadas en forma de hélice, aunque existen investigaciones que indican la presencia de algunas ramificaciones, las cuales por encontrarse en forma espaciada y por ser poco frecuentes no afectan su comportamiento lineal (16), donde sus moléculas están situadas en las capas interiores. Están compuestas de aproximadamente de 200 a 20.000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1,4), su peso molecular (PM) promedio es aproximadamente de  $1 \times 10^5$  a  $1 \times 10^6$ . Muchas moléculas de amilosa tienen algunas ramificaciones  $\alpha$ -D-1,6, aproximadamente entre 0,3% y 0,5% del total de los enlaces, generalmente no son ni muy largas, ni muy cortas y están separadas por grandes distancias permitiendo a la molécula actuar como polímero lineal, formando películas y fibras fuertes. (17) Debido a su carácter esencialmente lineal y a la presencia de enlaces  $\alpha$  (1-4), la amilosa es susceptible a formar complejos con moléculas hidrofóbicas como el yodo, los ácidos grasos y los hidrocarburos, (16).

**Figura N°1.** Estructura Química De La Amilosa



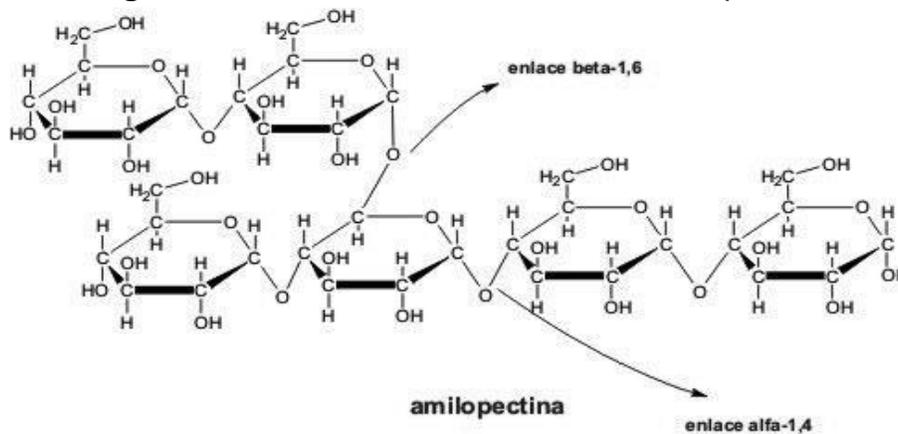
**Fuente:** Principios De Química Orgánica (60)

### 3.2.2. Amilopectina

Es una molécula ramificada constituida por enlaces  $\alpha$  (1-4) y  $\alpha$  (1-6), cuyo grado de ramificación es de 20.000 ramas promedio en una molécula o aún más. Con peso molecular promedio de  $1 \times 10^7$  a  $1 \times 10^9$  (18). Es el componente más ramificado del almidón, se encuentra constituida por aproximadamente 12 unidades de glucosa que aparecen en promedio, cada 20 a 25 unidades de glucopiranosil, formándose a través de residuos de cadenas  $\alpha$ -D-glucopiranosil unidos principalmente por enlaces  $\alpha$  (1-4) y  $\alpha$  (1-6) en las ramificación extendiendo en su estructura alrededor del 95% de enlaces  $\alpha$ -(1-4) y 5% de  $\alpha$ -(1-6), (19).

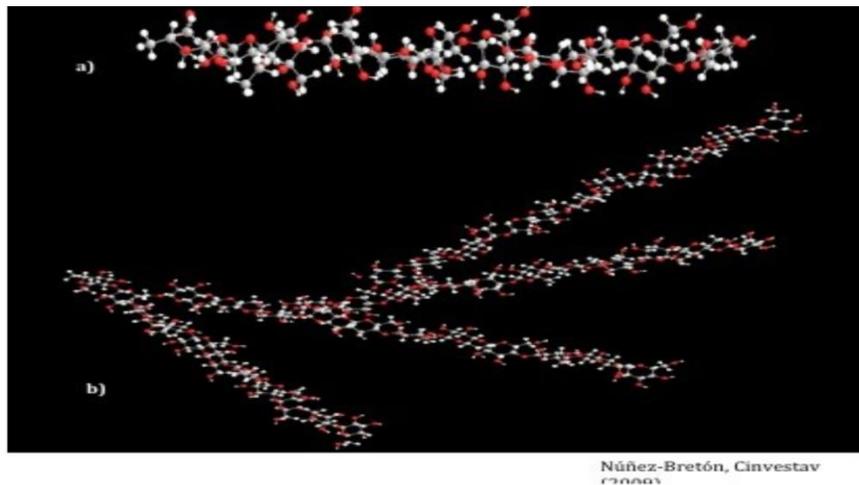
La molécula de amilopectina es menos susceptible al proceso de retrogradación, debido a su estructura ramificada, la cual inhibe la reordenación de sus moléculas en la etapa de enfriamiento de una disolución. No obstante, en condiciones de temperatura elevada y a altas concentraciones la fracción ramificada de amilopectina puede retrogradar. (20).

**Figura N°2.** Estructura Química De La Amilopectina



**Fuente:** Asturnatura (61)

**Figura N°3.** Biopolímeros Que Conforman Al Almidón A) Amilosa Con Enlaces  $\alpha$  (1-4) Y B) Amilopectina Con Enlaces  $\alpha$  (1-6).



**Fuente:** Núñez- Breton (62)

El material intermedio se ha descrito como una estructura similar a la amilopectina, pero con ramificaciones más cortas, que depende del contenido de amilosa, aunque varía considerablemente en diversas especies de almidones y además este es mayor en los almidones del tipo amilo.(21).

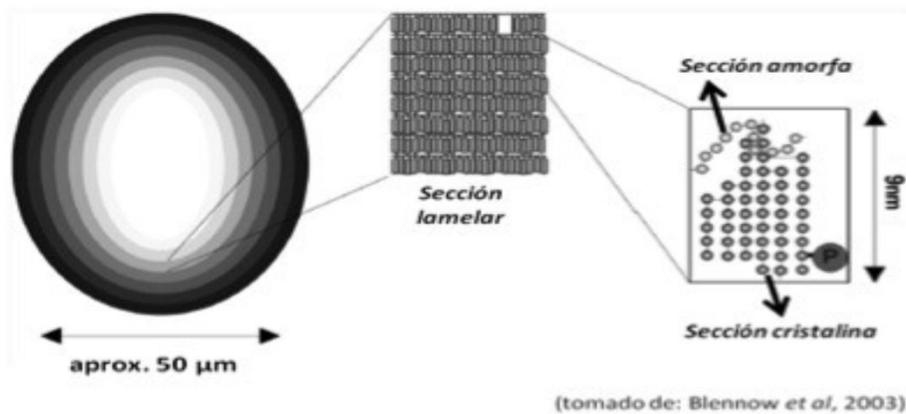
Ambas moléculas se ensamblan dentro de los gránulos de almidón, de tal forma que presentan zonas semi-cristalinas y amorfas en forma de anillos, la predominancia de estas zonas es lo que caracteriza ciertas propiedades físicas de los almidones de distintas fuentes botánicas. Por lo general los almidones nativos tienen 70% de amilopectina y 30% de amilosa.

La funcionabilidad, forma y tamaño del almidón depende del peso molecular, relación de la amilosa y amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo, además del origen botánico. (22).

Los almidones nativos se utilizan porque regulan, estabilizan las texturas por sus propiedades espesantes y gelificantes. Sin embargo presentan ciertas limitaciones, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (temperaturas, presión y pH) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación y sinéresis (23). Otras limitaciones como altas temperaturas de gelatinización, retrogradación, opacidad y baja retención de agua; por tanto, se requiere diversificar las fuentes de obtención y/o mejorar sus propiedades mediante su modificación química (24).

**Figura N°4.** Organización Del Gránulo De Almidón A Distintos Niveles Estructurales.

**Gránulo de Almidón**



**Fuente:** Blennow (63)

Algunos autores han reportado la existencia de poros en la superficie de los gránulos de almidón de maíz, sorgo y mijo, presentando evidencias de cavidades internas en el gránulo conectadas por canales desde el hilio, hasta la superficie del gránulo (25). Debido a las diferencias entre las fuentes vegetales que proveen el almidón, principalmente de cereales, leguminosas, frutos y tubérculos, hay variaciones marcadas en la forma y tamaño de los gránulos, siendo estas características las determinantes para la identificación de la fuente de almidón a nivel industrial y para el producto químico resultante de su modificación. La presencia de grupos hidroxilos primarios y secundarios en las unidades de glucosa que lo conforman, permiten las reacciones se lleven a cabo.

### 3.3. MÉTODO DE OBTENCIÓN:

El almidón hace parte de la composición química de cereales, tubérculos, leguminosas y maíz siendo este último la principal fuente de almidón a nivel mundial, abarcando casi el 80% de la producción y teniendo a Estados Unidos como su mayor productor, seguido de la papa y el trigo producidos en mayor proporción por países europeos, la yuca producida en Asia y finalmente en menor proporción el almidón de arroz y camote.

Sin embargo, existen fuentes no convencionales de las cuales también se puede extraer este polisacárido, como la gualusa, tapioca, avena, plátano, cebada, arroz, frijol, lenteja, sorgo, entre otros.

En la literatura se encuentran pocos informes relacionados con el aislamiento de almidón de gualusa pero si se encuentran aislaciones de otras raíces y tubérculos. Por lo anterior surge la posibilidad de desarrollar y/o modificar métodos de extracción que permitan un mejor aprovechamiento de esta fuente de almidón, para lo cual se pretende establecer las condiciones más adecuadas del proceso de extracción del almidón de gualusa. Para la extracción del almidón se utilizaron gualusas adquiridas en el mercado central de la

zona del Cementerio (entre avenida Héroes del Pacífico y avenida Bautista) de comerciantes asentadas en el lugar, las cuales obtienen la misma por mayoreo de los Yungas-La Paz.

### 3.4. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE GUALUSA (XANTHOSOMA SAGITTIFOLIUM SP)

#### 3.4.1. Origen Y Distribución

Varios autores coinciden que el origen de la gualusa está en los trópicos americanos y específicamente en la zona de las Antillas, que luego se trasladó al oeste del continente Africano. Cuando los europeos llegaron al continente americano, encontraron este producto desde el sur de México hasta Bolivia. (26).

En Bolivia el cultivo de la gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium* sp.), se realiza principalmente en los Yungas del departamento de La Paz, en el trópico de Cochabamba, donde ultimadamente se la ha venido llamando “papa japonesa”, y en pequeña escala en el departamento de Beni y Oruro. Actualmente se presume una superficie cultivada de 300 ha, con rendimiento entre 3-5 Tm/ha. (27).

**Tabla N°1.** Producción De Gualusa Nivel Nacional Y Departamental.

Nivel Departamental	Superficie Cultivada (ha)	Rendimiento (Tm/ ha)
La Paz	300 hectáreas	3 a 5 toneladas /ha
Cochabamba		
Beni		
Oruro	0.2235 hectáreas	5 toneladas /ha
Nivel Bolivia	300.2235 hectáreas	8 a 10 toneladas/ha

Fuente: Ministerio De Desarrollo Sostenible (64).

#### 3.4.2. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica de la gualusa (27), es la siguiente:

- a) **Reino:** Vegetal
- b) **Clase:** Angiospermae
- c) **Orden:** Spathiflorae
- d) **Género:** Xanthosoma
- e) **Especie:** Sagittifolium
- f) **Nombre científico:** Xanthosoma Sagittifolium sp.

#### 3.4.3. Nombres Comunes

Gualusa ( Bolivia ) , malanga ( Ecuador ) , okumo (Venezuela) , yautía (Puerto Rico), mangareto ( Brasil) , malangay ( Colombia), macal ( México), quismacote (Honduras) , tiquisque ( Costa Rica) , otó (Panamá), uncucha( Perú).

### 3.4.4. Importancia Del Cultivo

Se conocen unos setenta clones de *Xanthosoma Sagittifolium* sp. Cultivados por los tallos subterráneos, (28) que proporcionan un alimento energético más rico en carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales que la papa y tubérculos podrían tener. Es un cultivo de gran promesa por el rendimiento, valor nutritivo y producción temprana, en la cual es factible la selección de cultivares superiores y el mejoramiento por hibridación.

Tanto el cormo, como el cormelo de la gualusa constituyen excelentes fuentes de proteínas y energía hasta ahora inexploradas para ser utilizadas como fuente de alimentación humana y animal (29).

La gualusa tiene un alto contenido de tiamina, riboflavina, vitamina C y hierro, tiene una utilización muy variada, los cormelos se consumen cocidos, fritos o como harina para algunos usos. Es utilizado como sustituto de la papa en sopas o estofados. Tiene un contenido de almidón superior al de la yuca. Las hojas verdes de algunos ecotipos de gualusa, con bajo contenido de oxalatos pueden consumirse cocinados como una hortaliza. (26).

**Fotografía N°1 Cultivo De Gualusa.**



**Fuente propia**

### 3.4.5. Características botánicas

#### 3.4.5.1. Gualusa

La gualusa morfológicamente es una planta herbácea, perenne, suculenta, el tallo es subterráneo que crece horizontalmente, las hojas son grandes, sagitadas de base cordiforme, con peciolo violáceo, verdes o blancos que provienen directamente de un cormo subterráneo primario el cual es más o menos vertical y donde se forman cormos secundarios laterales y horizontales que son los comestibles. Los cormos poseen una corteza marrón oscuro, pulpa blanca o amarilla, tienen anillos o nudos, toda la inflorescencia es fértil. (29).

Las xanthosomas son hierbas perennes formadas por un tallo subterráneo o cormo en el cual un meristemo apical forma una corona de pocas hojas, el brote central se seca y es reemplazado por brotes secundarios que se originan de yemas laterales del cormo central

o apicales de los cormelos, la parte útil es el cormo que para la planta es una reserva de nutrientes. La superficie está cubierta por una capa corchosa muy delgada de corta duración, el color del cormo puede ser blanco o morado. (28).

En corte longitudinal se observa debajo del felógeno una zona cortical que se distingue del resto del cormo, por ser más clara y compacta. El cilindro central, como la zona cortical, consiste de granos de almidón, angulares, hasta 20 micras de ancho, los haces vasculares están acompañados de canales de mucilago que exudan un líquido oscuro y pegajoso.

Las hojas se unen por la base formando un pseudo tallo cilíndrico de pocos centímetros de largo, las hojas más nuevas ocupan el centro de la planta y las externas se van secando y desintegrando sucesivamente, la base de la hoja envolvente y acanalada continua hacia arriba, con las alas bien desarrolladas, estas terminan abruptamente y desde ese punto hasta la inserción de la lámina el peciolo es prismático. Las axilas de las hojas brotan una o más inflorescencias formadas por una espata que rodea al espádice.

La espata es una lámina filiar que se cierra en la base formando una cavidad casi esférica y que luego se abre en una lámina cóncava que deja expuesta la parte superior del espádice. El espádice es un eje cilíndrico en el cual crecen muchas flores, en la parte basal el eje del espádice es grueso, duro, morado internamente y corresponde con la cavidad basal de la espata.

La duración del ciclo de crecimiento de la planta es de 9 -11 meses, durante los primeros seis meses se desarrollan los cormos y hojas; en los últimos cuatro meses el follaje se mantiene estable y al comenzar a secarse, las plantas están listas para la cosecha de cormelos.

**Fotografía N°2.** Gualusa En El Mercado Del Cementerio.



**Fuente Propia**

### **3.4.6. Aspectos Ecológicos Y Fitogeograficos**

Las especies de Xanthosoma son plantas de selva tropical lluviosa, aunque en su habitat natural crecen bajo el dosel del bosque, el cultivo se siembra por lo común a pleno sol

requieren suelos bien drenados, sueltos arenosos, siempre que contengan una buena provisión de materia orgánica. Los arcillosos o pesados no le son convenientes (28).

La gualusa se produce bien en climas tropicales y subtropicales entre 30° latitud norte y 30° latitud sur con una temperatura media de 18°, con alta humedad relativa. Es una planta de fitoperiodo corto a mediano que requiere para una buena producción de cormelos: entre doce y trece horas de luz diariamente. Requiere un régimen de lluvias de 800 a 1000 mm durante su ciclo de producción. En caso de no existir una adecuada cantidad y distribución de lluvias se recomienda sembrar bajo riego (26).

El mismo autor señala, en cuanto a la fertilidad crece en suelos de cultivo sin abono pero reacciona muy bien a los fertilizantes. Los elementos que mayor cantidad demanda el cultivo de la gualusa, son el potasio, nitrógeno, calcio, fósforo y por último magnesio, por ser la gualusa una planta productora de almidón la aplicación de estos fertilizantes depende de las características físicas y químicas del suelo y del subsuelo, la frecuencia de lluvia o riego del tipo de gualusa cultivada.

#### **3.4.7. Composición Química Y Valor Nutricional De La Gualusa**

En el análisis químico realizado por Shutz (30), se determinó que los tallos subterráneos (cormos) proporcionan un alimento energético más rico en carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales que la papa y otros tubérculos.

Como se observa en el siguiente cuadro, el análisis químico fue realizado de la pulpa, cascara y del cormo total, confirmando que los cormos de la gualusa son altamente energéticos por la cantidad de carbohidratos que posee, además de contener cantidades importantes de proteína, fibra, vitaminas y minerales.

**Tabla N°2.** Análisis Químico De Los Cormos De Gualusa En Base Seca (En 100 g De Porción Comestible).

Composición	Cormelos Pulpa	Cormelos Cascara	Cormo Total
Proteína Cruda	6,6-8,9 (%)	5,1-9,6 (%)	10,2-19,5 (%)
Extracto Etéreo	0,4-0,7 (%)	0,5-0,9 (%)	0,5-1,3 (%)
Fibra Cruda	1,5-2,4 (5)	4,1-6,8(%)	5,2-7,4 (%)
Carbohidratos	81,9-85,9 (%)	71,4-80,9 (%)	64,7-78,3 (%)
Cenizas	4,7-5,9 (%)	8,2-11,7 (%)	5,5-8,8 (%)
Calcio	0,3-0,9 (%)	0,1-0,2 (%)	0,2-0,3 (%)
Fosforo	0,2-0,6 (%)	0,1-0,3 (%)	0,4-0,6 (%)
Potasio	1,1-2,0 (%)	1,5-3,1 (%)	1,1-2,1 (%)
Magnesio	0,1-0,1 (%)	0,1-0,9 (%)	0,1-0,5 (%)
Sodio	0,2-0,3 (%)	0,1-0,2 (%)	0,2-0,4 (%)
Hierro	100-285 (ppm)	877-2.107 (ppm)	114-309 (ppm)
Zinc	24-43 (ppm)	11-45 (ppm)	50-178 (ppm)
Cobre	8-20 (ppm)	16-22 (ppm)	22-24 (ppm)

**Fuente:** Schultz, 1993 (30)

**Tabla N°3.** Productos Elaborados Con Almidón Modificado.

En la industria alimenticia	En la industria farmacéutica	Otros usos
Quesos	Espesantes En Colorantes	Recubrimiento Hidrofóbico
Mayonesa y salsas	Disgregantes	Aclaradores De Agua
Crema pastelera	Pastillas	Plastificantes
Dulcería		
Carnes		
Panes, galletas		
Jugos naturales		
Bebidas		

Fuente (QSI ,2012) (31)

### 3.4.8. Propiedades Del Almidón

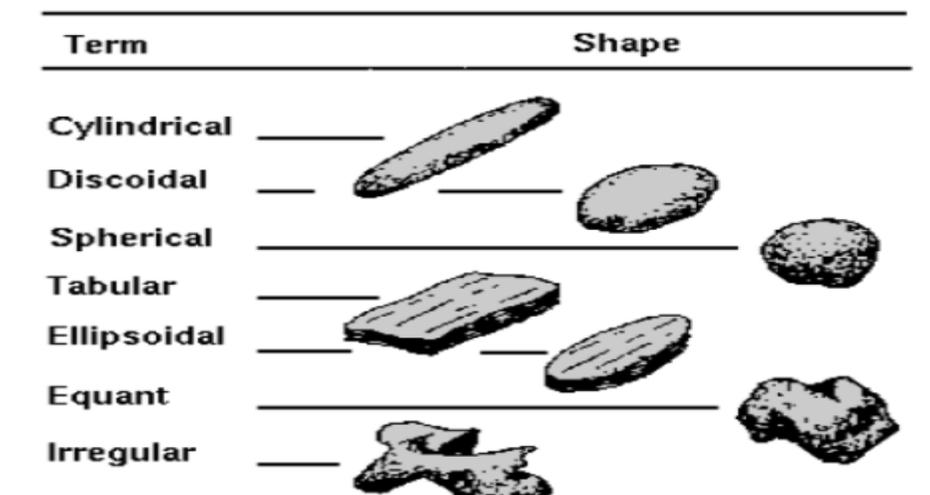
Para determinar la utilidad del almidón en diferentes aplicaciones, se debe tener en cuenta algunas propiedades nombradas a continuación:

- a.) **pH:** Los almidones cuya conductividad eléctrica es superior a la media estándar, indican gran acidez (concentración de hidrogeniones [H<sup>+</sup>]), por tal motivo se considera una propiedad química de gran importancia, al momento de ser caracterizado. (31).
- b.) **Solubilidad:** Capacidad del almidón para disolverse en agua cuando se encuentra por encima de su temperatura de gelatinización. (31).
- c.) **Absorción De Agua:** Se encuentra directamente relacionada con la temperatura de gelatinización, puesto que al aumentar la temperatura, los gránulos de almidón presentan mayor retención de agua. (31).
- d.) **Poder De Hinchamiento:** Propiedad irreversible de un almidón cuando inicia la absorción de agua debido al incremento en la temperatura de gelatinización. (31).
- e.) **Sinéresis:** Es un fenómeno consistente en la liberación de agua del interior del gel de almidón, que se forma durante el proceso de gelatinización, lo cual se ocasiona por el reagrupamiento interno de las moléculas de amilosa y amilopectina, que se da como producto de la retrogradación. (31).
- f.) **Resistencia Al Congelamiento Y Enfriamiento:** Una pasta de almidón posee una estructura de esponja capaz de liberar y absorber agua. Cuando incrementa

su sinéresis, se deteriora su estructura y se origina una retrogradación total a  $-20^{\circ}\text{C}$ , teniendo en cuenta que los largos tiempos de almacenamiento y las bajas temperaturas favorecen la retrogradación. (31).

- g.) **Claridad De La Pasta:** Mediante este método se puede observar la transparencia de una suspensión de almidón gelatinizado, lo anterior se encuentra directamente relacionado con el estado de dispersión. (31).
- h.) **Viscosidad:** Es la resistencia que posee un fluido a las deformaciones producidas por tensiones cortantes. Los valores de viscosidad varían con la velocidad de deslizamiento, por lo que los almidones se denominan fluidos no newtonianos y su comportamiento es descrito como flujo pseudoplástico debido a que la viscosidad disminuye a medida que aumenta la velocidad de deslizamiento. (31).
- i.) **Gelatinización:** Cuando los gránulos de almidón se encuentran expuestos al agua fría, estos la absorben y se hinchan entre 10-20%, pero cuando se ponen en contacto con humedad y altas temperaturas se produce una pasta, a lo cual se le denomina gelatinización. En este proceso el hinchamiento del almidón es irreversible puesto que se pierde el orden estructural de los gránulos al ser sometido al agua caliente. (31).
- j.) **Retrogradación:** Es un proceso subsecuente de la gelatinización, que tiene lugar cuando una dispersión de almidón se enfría, en este proceso las cadenas lineales de almidón se reasocian entre sí, a través de sus múltiples grupos hidroxilo por medio de puentes de hidrogeno, para formar un precipitado insoluble y esta asociación genera que se retenga agua en los intersticios. La velocidad de retrogradación depende de factores como la longitud de las cadenas de amilopectina, la concentración de lípidos y la presencia de derivados de monoéster y fosfatos. (31).
- k.) **Tamaño De Partícula:** Es una propiedad compleja de cuantificar, sin embargo existen diversos postulados y equipos que permiten su cuantificación (32). Esta propiedad influye en la compactibilidad, teniendo en cuenta que cuando el tamaño disminuye se incrementa el ángulo de reposo, el coeficiente de fricción interparticular y la velocidad de flujo. (31).
- l.) **Forma De Partícula:** Es importante tener en cuenta que al aumentar la angularidad de los gránulos de almidón y el ángulo de reposo, se disminuye la velocidad de flujo a través de un orificio y la densidad aparente, al igual que el tamaño de partícula. La forma también tiene influencia en los valores de las propiedades de compactación de los materiales sólidos (31). La figura 5, muestra las diferentes formas de partículas que se pueden encontrar.

**Figura N°5.** Forma De Partícula De Materiales Granulados.



Fuente: Pruebas Reologicas (65)

### 3.5. Almidones Modificados

Los grupos hidroxilo disponibles de la amilosa y amilopectina, presentan reactividad específica de alcoholes; es decir, pueden ser oxidados y reducidos, participando en la formación de enlaces. Estos grupos pueden formar sales y participar en la formación de éteres y ésteres (33). Por tanto, las características químicas y estructurales de las moléculas que componen al almidón, se pueden modificar por métodos químicos, físicos y/o biotecnológicos, con lo cual se pueden mejorar ciertas propiedades que no son deseables en el almidón nativo. (34).

Estas modificaciones tienen lugar a nivel molecular y no alteran, en la mayoría de los casos, la apariencia microscópica del gránulo. (35).

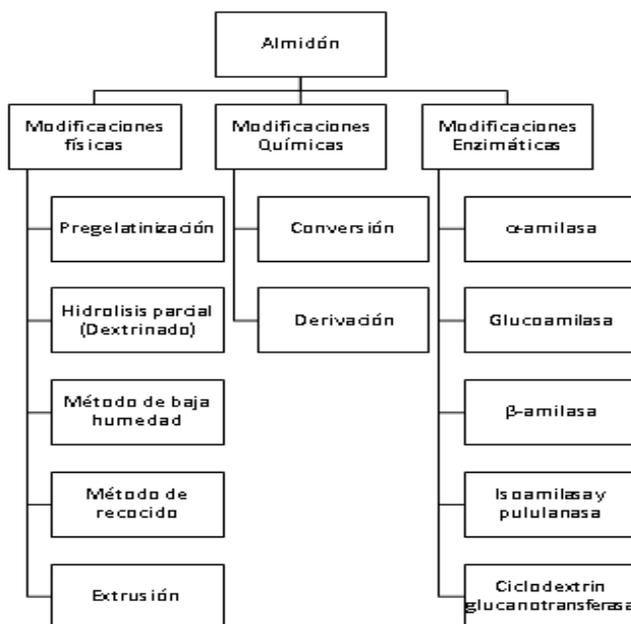
La modificación produce una alteración en una o más de las propiedades físicas, químicas o estructurales del almidón, debido a la incorporación de un componente ajeno a su estructura o a su degradación controlada por una modificación ácida. (36).

#### 3.5.1. Modificación Del Almidón

El almidón nativo, al carecer de versatilidad para soportar ciertas condiciones de procesamiento debido a su fragilidad, baja estabilidad, descomposición térmica, incompatibilidad con algunos solventes y demás, reduce su utilidad en aplicaciones industriales, por lo cual modificarlo aumenta su uso debido a los cambios que presenta en sus características físicas, químicas y/o reologicas mejorando sus propiedades funcionales.(31).

A los almidones se les puede realizar modificaciones físicas, químicas y enzimáticas, mostradas en la figura 6.

**Figura N°6.** Tipos De Modificaciones De Los Almidones.



**Fuente:** Tipos De Modificación (66)

### 3.5.2. Modificaciones Físicas.

Se realizan con el fin de cambiar la estructura granular, el tamaño físico o incrementar la solubilidad del almidón en agua fría. Sus métodos involucran el tratamiento de los gránulos bajo diferentes combinaciones de temperatura, humedad, presión, desgaste mecánico e irradiación; dentro de estos métodos se incluyen la pre-gelatinización, hidrolisis parcial (dextrinado), método de baja humedad, método de recocado, extrusión, tratamiento térmico, radiación y ultrasonido. (31).

### 3.5.3. Modificaciones Enzimáticas

Durante esta modificación, las enzimas son usadas para hidrolisis de almidón, particularmente para la producción de dextrinas y glucosa, (31). Las enzimas más empleadas son:

- a.) **α-amilasa:** La cual hidroliza las moléculas de amilasa y amilopectina dando origen a la formación de oligosacáridos. (31).
- b.) **Glucoamilasa:** Se emplea en combinación con α-amilasa, para producir jarabes de D-glucosa y D-glucosa cristalina. (31).
- c.) **β-amilasa:** Produce unidades de maltosa de forma secuencial desde el extremo no reductor de la amilosa y no hidroliza los enlaces 1,6 de la amilopectina. (31).
- d.) **Isoamilasa Y Pululanasa:** Se encargan de hidrolizar los enlaces 1,6 de amilopectina. (31).

e.) **Ciclo Dextringlucanotransferasa:** Es una enzima procedente de Bacillus, formando anillos de D- $\alpha$ -glucopiranosas unidas por enlaces 1,4 a partir de polímeros de almidón. (31).

### 3.5.4. Modificaciones Químicas

Este tipo de modificación está relacionada con las reacciones de los grupos hidroxilos (OH) del almidón, donde generalmente el almidón nativo se hace reaccionar con reactivos químicos que introducen sustituyentes químicos a la molécula; la alteración de las propiedades del almidón vía química están dirigidas a modificar las características funcionales como cocción, gelatinización, retrogradación, capacidad de retención de agua, entre otras (31).

Por otro lado, las modificaciones químicas se pueden dividir en métodos de derivación y conversión (tabla 3), y durante la modificación se establecen cambios como lo son la introducción de caracteres específicos, la estabilización y la modificación reológica del comportamiento del material. (31).

**Tabla N°4.** Métodos De Modificación Química.

Modificación		Tipo	Propiedades
Química	Conversión	Hidrólisis ácida	Reduce el peso de moléculas, disminuye la viscosidad y blanquea el almidón.
		Tratamiento alcalino	
		Oxidación	
		Piroconversión – dextrinización	
	Derivación	Eterificación – hidroxipropilación	Disminuye la retrogradación, estabiliza la molécula para los procesos físicos.
		Esterificación – Acetilación, Succinación	
		Entrecruzamiento – almidón fosfatado	
		Modificación dual	

**Fuente:** Efecto Del Nivel De Acetilación (67)

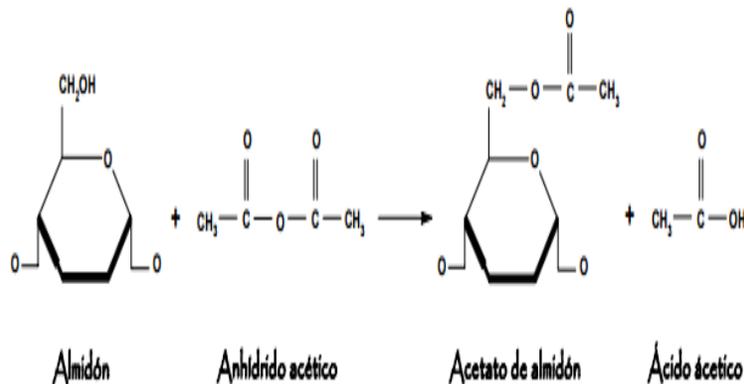
### 3.6. MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN MODIFICADO

Para la caracterización del almidón químicamente modificado se usó IR (espectros de infrarrojo), para poder identificar la sustitución de grupos hidroxilos por los grupos acetilos los cuales le brindaran mayor estabilidad, variando las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones. (37).

### 3.6.1. Acetilación

La acetilación es una modificación química mediante esterificación donde los grupos hidroxilos (OH), son sustituidos por grupos acetilos (CH<sub>3</sub>-C=O), (figura 7), los cuales se incorporan en la molécula dependiendo de la fuente del almidón, concentración del reactivo, tiempo de reacción, pH y catalizador y así mismo, le brindan mayor estabilidad al almidón al variar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales. (38).

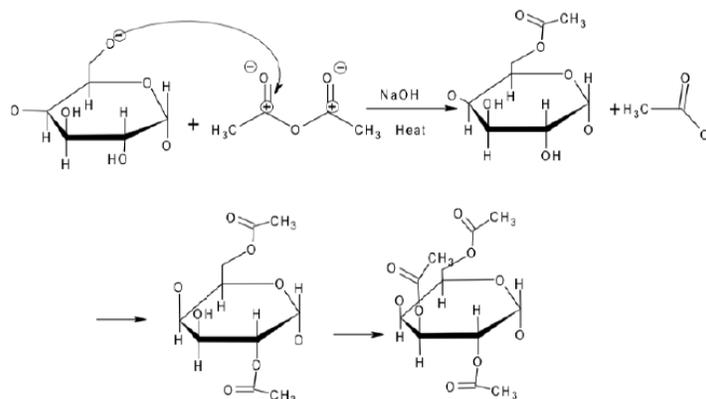
**Figura N°7.** Reacción De Acetilación De Almidón Nativo De Gualusa.



**Fuente:** Acetilación De Almidón De Millo (68)

En la reacción de acetilación (figura 8), el almidón se trata con anhídrido acético en presencia de hidróxido de sodio (NaOH) como catalizador y la modificación se lleva a cabo sustituyendo los OH de las posiciones C2, C3 Y C6, donde el carbono 6 es el más reactivo y la acetilación se realiza más fácilmente en este que en los carbonos 2 y 3. (31).

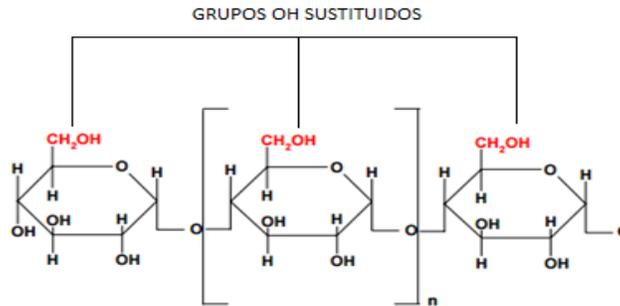
**Figura N°8.** Reacción De Acetilación De Almidón



**Fuente:** Acetilación De Almidón De Millo (68)

Estudios realizados al almidón de papa, mencionan que en los gránulos pequeños y con bajos contenidos de amilosa, la introducción de grupos acetilo se favorece lo cual da como resultado un alto grado de sustitución.

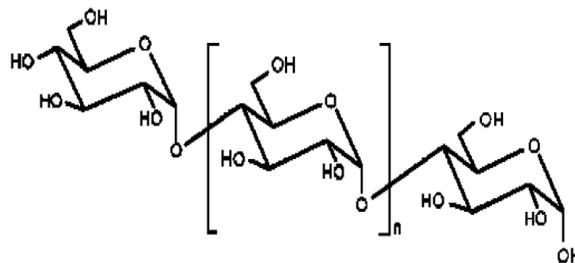
**Figura N°9.** Sustitución De Grupos OH- (Hidroxilos)



**Fuente:** Acetilación De Almidón De Millo (68)

Teniendo en cuenta que el grado de sustitución varía según la naturaleza del almidón, en este caso el grado de sustitución es el promedio de número de grupos hidroxilo en cada unidad de D-glucopiranosil la cual esta sustituida (moles de sustituyente por unidad D-glucopiranosil), para un máximo grado de sustitución de 3, puesto que cada unidad D-glucopiranosil tiene tres grupos –OH que pueden sustituirse, tal como se observa en la figura 9. La administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) solo permite en alimentos, almidones con bajo grado de sustitución (máximo 2.5). El almidón acetato que típicamente se utiliza en alimentos contiene 0.5-2.5% de grupos acetilos. El almidón con un bajo grado de sustitución (0.01-0.2), presenta características como alto poder de hinchamiento, mejor solubilidad en agua y baja temperatura de gelificación. Almidón con un alto grado de sustitución (2.0-3.0), muestran un gran número de aplicaciones como aglutinantes para tabletas, adhesivos termoplásticos, filtros de cigarrillos, materiales de revestimiento. (39).

**Figura N°10.** Grupos Hidroxilos (OH) En Las Posiciones De Los Carbonos C2, C3 Y C6 De Una Unidad A-D-Glucopiranosil.



**Fuente:** Acetilación De Almidón De Millo (68)

## **3.7. ALMIDONES MODIFICADOS EN LAS INDUSTRIAS**

### **3.7.1. Industria Alimenticia**

En la industria alimenticia, los almidones modificados son caracterizados por ser usados como:

#### **3.7.1.1. Estabilizante**

Los estabilizantes son productos que ayudan a la formación de enlaces o puentes para la formación de estructuras y se definen como las sustancias que impiden el cambio de forma o naturaleza química de los productos alimenticios a los que se incorporan, inhibiendo reacciones o manteniendo el equilibrio químico de los mismos. Son polímeros absorbentes del agua que reducen la cantidad de agua libre absorbiendo parte de las moléculas de agua por enlaces de hidrogeno. No toda el agua es absorbida porque el proceso es suplementado por una inmovilización del agua y se forma una red tridimensional que reduce la movilidad del agua que queda. Esta absorción inmovilización del agua aumenta la viscosidad y en algunos casos se forma una estructura de gel en la solución. Nombrando a el fosfato de dialmidon (E-1412), el adipato de dialmidon (E-1422), almidón acetilado (E-1420), hidroxipropil almidón (E-1440), si bien en general, estos aditivos alimentarios se consideran seguros e inoocuos en su ingesta. Pero para aquellas personas con algún grado de intolerancia al gluten o que son celíacos y que temen a la presencia de espesantes (o gelificantes) con dicha proteína el almidón de maíz o la goma Xantana (E-415) se ha vuelto una buena alternativa al momento de dar cuerpo y consistencia a sus alimentos así como para elaborar sus propios panes caseros. (40).

#### ➤ **Clasificación:**

##### **a.) Proteínas**

Comprende las sustancias proteicas de leche, como son la caseína, albumina y globulina. Dentro de este grupo también se incluye la gelatina.

##### **b.) Hidratos De Carbono**

Pueden ser naturales como coloidales marinos entre los que se relacionan los extractos de algas como los alginatos, el agar-agar y la carragenina. También entran en esta clasificación la hemicelulosa que comprende los extractos de plantas como la goma guar, goma de semilla de algarrobo y pectina, también pueden ser modificados entre los que se encuentran las celulosas modificadas que incluye de los derivados de la celulosa como la metilcelulosa, el carboximetil celulosa y microbiológicas donde las más importantes son las obtenidas por fermentación microbiana como la goma Xantana.

### ➤ Necesidad De Su Utilización

Durante el almacenamiento a bajas temperaturas de algunos alimentos pueden aparecer pequeños cristales de hielo o grandes cristales, procedentes de la fusión de unos con otros y posterior congelación como consecuencia de variaciones en la temperatura de almacenamiento, por encima y por debajo de la temperatura de fusión. Para evitar esto se utilizan estabilizadores.

### ➤ Funciones

Los estabilizantes realizan una importante función ellos conjuntamente con las proteínas desarrollan cierta viscosidad en la mezcla, confiriéndole un comportamiento reológico dado, Las funciones son las siguientes:

- ✓ Aumentar la viscosidad
- ✓ Mejorar la incorporación del aire
- ✓ Mejorar la distribución del aire
- ✓ Mejorar la textura
- ✓ Prevenir y /o reducir la formación de cristales de hielo
- ✓ Prevenir la separación del suero. (41).

Los almidones tienen un número enorme de posibles aplicaciones en los alimentos, que incluyen las siguientes: adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, agente anti-envejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante y espesante. También pueden ser utilizados como materias primas, que sometidas a hidrólisis, dan lugar a dextrinas que tiene aplicaciones tales como: sustitución del azúcar (rebajar el dulzor); bebidas instantáneas (mejora la solubilidad y facilita la dispersabilidad); productos en polvo, salsas, sopas, postres (dispersa mejor el almidón); También es utilizado en quesos para reemplazar la caseína, mayonesas y salsas como emulsificante, cremas pasteleras y dulces para aportar densidad y fijar sabor o en carnes para retener el agua.(42).

### 3.7.2. Industria Farmacéutica

Para la industria farmacéutica, los almidones modificados se caracterizan porque tienen usos particulares como excipiente (aglutinante, diluyente y Desintegrante) espesante, emulgente, estabilizador o como sustancia inerte:

- a.) Excipiente:** Los excipientes son los componentes inertes del medicamento, los cuales se combinan con los diferentes principios activos, (responsables del efecto farmacológico) para la obtención de distintas presentaciones galénicas, como lo son, las capsulas, los comprimidos, las soluciones, etc., donde estos facilitan la preparación, conservación, velocidad de absorción, disolución, metabolismo y administración de los medicamentos tanto en humanos como en

animales. Los excipientes se clasifican dependiendo al medicamento en el cual se vayan a emplear, siendo estos algunos. (31).

- b.) Aglutinante:** Es un excipiente que permite mantener todos los ingredientes del medicamento juntos; se usa especialmente para la compactación de tabletas solidas de administración oral. (31).
- c.) Diluyente:** Es un excipiente que se utiliza para el relleno de las diferentes capsulas o pastillas, el cual permite su presentación para el consumo, tanto en humanos como en animales. (31).
- d.) Desintegrante:** Es un excipiente que permite la desintegración de los medicamentos (capsulas, tabletas, etc.) dentro del tracto digestivo, ya que este al humedecerse libera los diferentes principios activos para su debida absorción. (31).
- e.) Forma Farmacéutica:** Es la presentación individualizada de los diferentes medicamentos, donde se encuentran presentes tanto los excipientes como los principios activos. En pocas palabras, es la dosificación personalizada de cada fármaco para su debida administración. Actualmente se pueden encontrar de diferentes formas; solido, semisólido, líquido y gaseoso. (31).
- f.) Formas Farmacéuticas Solidas:** Se incluyen los polvos, gránulos, capsulas, extractos, supositorios, píldoras, tabletas o comprimidos. (31).
- g.) Formas Farmacéuticas Semisólidas:** Se incluyen las pomadas, las pastas, las cremas, las jaleas y los emplastos. (31).
- h.) Formas Farmacéuticas Liquidas:** Se incluyen las aguas aromáticas, jarabes, suspensiones, emulsiones, lociones, etc. (31).
- i.) Formas Farmacéuticas Gaseosas:** Se incluyen el oxígeno, el óxido nitroso, los aerosoles y las dispersiones finas de un líquido o solido en un gas en forma de niebla. (31).

### 3.7.3. Industria De Plástico Biodegradable

El uso indiscriminado de plásticos sintéticos y su persistencia en el ambiente ha estimulado la investigación para el desarrollo de nuevos materiales y métodos de producción que permitan generar plásticos con las mismas propiedades pero con un menor periodo de degradación.

El plástico biodegradable está fabricado con materias primas orgánicas que proceden de fuentes renovables, como la fécula de la papa, camote, almidón de yuca, almidón de gualusa entre otros, que al final de su vida útil, al ser eliminado como residuo orgánico, este se descompone en un corto período de tiempo, en presencia de microorganismos; sirviendo de abono orgánico para las plantas.

Existen plásticos procedentes del petróleo con aditivos que mejoran su capacidad de degradación, pero no satisfacen las normas de biodegradabilidad establecidas por los cánones europeos, mientras que los bioplásticos sí lo hacen. (43).

La descomposición de los bioplásticos en materia orgánica enriquece los desechos orgánicos convirtiéndose en una fuente energética en los suelos de utilidad para las plantas, los agricultores tendrán la oportunidad de producir más gualusa para cubrir la demanda para la fabricación de almidón termoplastificado.

Este plástico es conocido como TPS por sus siglas del inglés Termoplasticstarch. Este es un material renovable que puede incorporarse al suelo como abono orgánico y es compatible con el medio ambiente. El desarrollo y producción de almidón termoplástico biodegradable (Thermoplastic starch, TPS) es importante para reducir la cantidad total de desechos plásticos sintéticos en el mundo.

El TPS presenta varios atributos, además de biodegradable es un material renovable, flexible y se acondiciona muy fácilmente a diferentes procesos de termoplastificación, se ha reportado la utilización de un nuevo método en la preparación de películas de almidón termoplástico usado en el cubrimiento de alimentos “películas de almidón. (44).

Almidones modificados retardan los procesos de retrogradación dentro de la matriz termoplástico, además, mejoran las propiedades mecánicas y de barrera, los plastificantes solubles en agua como el glicerol son efectivos agentes suavizantes para los almidones, mejorando la flexibilidad de las películas resultantes.

### **3.7.3.1. Procesamiento De Películas De Almidón**

Las formas de procesamiento más comunes de las películas biodegradables basadas en almidón son el moldeo, la extrusión y el prensado. Para efectuar el moldeo, el almidón y otros componentes como el plastificante y algunos polímeros se dispersan en una cantidad de agua de 5 a 15 veces el peso del almidón y la suspensión resultante se calienta con agitación constante, se moldea como película y se seca de manera adecuada. El calentamiento se hace con el fin de gelatinizar el almidón, fundir otras sustancias y para remover burbujas que pueden afectar la calidad final de la película. Posteriormente, se efectúa el secado.

En la operación de extrusión, el almidón se mezcla con el agua y el plastificante hasta formar una matriz que sea procesable y pueda ser mezclada con otros polímeros. Se hace el calentamiento de las diversas zonas del barril y el compuesto es extruido a través de un dado, en forma de ranura, a las temperaturas necesarias para lograr la gelatinización del almidón.

En el proceso por prensado, una mezcla de los componentes, preferiblemente almidón, plastificante y polímeros, se pasa a través de un molino para caucho en el cual los rodillos deben estar a temperaturas de plastificación de los materiales, preferiblemente alrededor de 130 °C. La mezcla resultante se lamina en hojas delgadas o películas.

Sin embargo, el plástico a base de almidón tiene algunos inconvenientes, incluida la baja estabilidad a largo plazo causados por la sensibilidad a la humedad. (45).

### **3.8. APLICACIONES:**

#### **3.8.1. Naranja**

La naranja es un fruto redondo, color naranja, consumido mayoritariamente en invierno. La pulpa del interior es también anaranjada y está formada por pequeñas bolsitas llenas de zumo. La naranja se usa para consumo en fresco y para la industria, principalmente en zumo. (46).

Las naranjas destinadas a la producción comercial se cultivan en naranjales repartidos por todo el mundo, aunque los tres mayores productores son Brasil, Estados Unidos y México. Las naranjas son muy sensibles a las heladas, un tratamiento común cuando se prevén temperaturas bajo cero es regar los árboles con agua para que mientras el agua se transforma en hielo en las ramas de los árboles, el hielo recién formado se quede en su punto de congelación y proteja por si la temperatura del aire llega a bajar mucho más abajo de cero grados. (46).

Como todas las frutas cítricas, la naranja es ácida, con un pH entre 2,5 y 3, según la madurez, tamaño y variedad de la pieza. Aunque esto no es, de media, tan fuerte como el limón, sigue siendo un valor fuerte en la escala de pH, tanto como el vinagre. Sin embargo gracias a su contenido en azúcares simples no destaca tanto el sabor ácido como pueda pasar en el pomelo. El componente que más ha dado que hablar de la naranja es su vitamina C, ya que 100 g de producto contiene hasta el 90 % de las necesidades diarias, sin embargo también contiene sustancias no-nutritivas entre las que cabe destacar la presencia de fitoquímicos, tales como flavonoides (con efectos antioxidante, antiinflamatorio y antitumoral) y limonoides (anticancerígeno).(46).

**Fotografía N°3. Naranjas Del Supermercado Ketal.**



**Fuente propia**

### **3.8.1.1. Beneficios Para La Salud**

La cáscara de la naranja posee numerosos nutrientes como calcio, potasio, riboflavina, proteínas y vitamina A, sin contar el hecho de que es una gran fuente de vitamina C. También tiene una gran cantidad de beta caroteno, el cual es convertido a vitamina A por el organismo. (46)

### **3.8.1.2. Jugo**

Jugo es el producto homogenizado o no obtenido luego de exprimir los frutos en un escurridor, el jugo es colado, pasteurizado, embazado con el agregado o no de azúcares y conservadores. (47).

### **3.8.2. Cerezas**

Las cerezas son los frutos carnosos y dulces de los cerezos (*Prunus avium*), árboles de la familia de las rosáceas que se encuentran principalmente en zonas templadas. Las cerezas son muy apreciadas por su sabor dulce y su efecto refrescante, ya que, son una fruta de temporada del verano igual que el melón, el melocotón o la sandía. A continuación se conocerá el valor nutricional y los beneficios y propiedades nutricionales de las cerezas (48).

**Fotografía N°4. Cerezas Del Supermercado Ketal.**



**Fuente propia**

### **3.8.2.1. Beneficios Para La Salud**

Todas las variedades de cerezas proporcionan provitamina A y vitamina C, fibra, potasio y flavonoides. Una ración de 140 g de cerezas dulces suministra aproximadamente un 2% de la ingesta diaria recomendada de vitamina A y un 15% de vitamina C. Las cerezas son pobres en grasa, aunque no contienen grasas saturadas, sodio y colesterol, de modo que ofrecen un tentempié bajo en calorías. La vitamina A es esencial para la vista, el crecimiento, el desarrollo de los huesos, el mantenimiento de los tejidos corporales, la reproducción y el desarrollo de las funciones hormonales y de las co-enzimas. La vitamina C es un poderoso antioxidante, de modo que puede proteger contra diversos tipos de cáncer, a la vez que intensifica las funciones inmunológicas. Investigaciones muestran que consumir fibra ayuda a proteger contra un número de trastornos del tubo digestivo incluyendo el cáncer de intestino. Los flavonoides se consideran entre muchos de los componentes menores que en una dieta variada, pueden proteger contra el cáncer y otras enfermedades cardiovasculares. Dietas pobres en sodio pueden reducir el riesgo derivado de una presión sanguínea alta, cuyo desarrollo depende de otros muchos factores.

### **3.8.2.2. Manejo Del Ambiente De Posrecolección**

La cereza es un fruto que se conserva poco tiempo fuera del árbol. Debido a este hecho, es siempre conveniente llevarlas de forma rápida a los lugares donde se les someterá a los tratamientos para su conservación, utilizando bajas temperaturas y humedades relativas altas.

Después de la recolección es conveniente transportar las cerezas en camiones frigoríficos. Si es imposible la utilización de estos camiones, debemos tener en cuenta que deben colocarse en cámaras dentro de las 4 horas siguientes a la recolección, siempre teniendo en cuenta que no hay que exponerlas a altas temperaturas durante el transporte, ya que los procesos que provocan la pérdida de la calidad de la cereza son tres veces más rápidos a 20°C que a 10°C. De todos modos hay que reducir el tiempo que transcurre entre la recolección y la llegada a la cámara frigorífica al mínimo posible.

Durante el transporte y almacenamiento se produce la ‘respiración’ de los frutos, es muy importante que estos estén a bajas temperaturas para que la velocidad de respiración de los frutos y su consecuente emisión de calor sea mínima. Al emitir calor, aumenta la temperatura, con lo que los alimentos se descomponen más rápidamente.

La temperatura a la que debemos someter las cerezas va a depender del uso inmediato hagamos de ellas, si los frutos van a ser consumidos inmediatamente no requerirán la misma atención a la hora de conservarlos. Si las cerezas van a venderse al día siguiente de recolectarlas, puede almacenarse en cámaras a 8-12°C. Sin embargo, si van a

transcurrir más de 8 días entre la recolección y la venta, deben almacenarse en cámaras que estén a 0°C y de esta forma asegurar que lleguen al consumidor en perfecto estado.

Cuando las cerezas llegan del campo suelen enfriarse con diversos métodos antes de empezar a trabajar con ellas, es lo que se llama pre enfriamiento. Puede utilizarse agua o aire a bajas temperaturas. La humedad relativa, cantidad de agua en el aire, es también un parámetro a tener en cuenta a la hora de conservar las cerezas. La cereza tiene una cantidad elevada de agua, si el ambiente es muy seco la fruta tiene tendencia a perder agua y a secarse, de ahí la necesidad de controlar este parámetro. Por tanto debemos mantener la humedad relativa tan alta como podamos, para que la cereza pierda la menor cantidad de agua posible. Una vez hemos eliminado las hojas y las cerezas que por sus características no cumplen los mínimos, pasamos a provocar un segundo pre enfriamiento antes de envasarlas y llevarlas acto seguido a las cámaras donde estarán hasta el día en que sean vendidas. Dentro de estas cámaras existe una atmósfera modificada que disminuye el deterioro de la fruta. La temperatura suele estar muy próxima a los 0°C, la fruta recolectada se coloca en bolsas de polietileno, un tipo de plástico, donde el oxígeno se encuentra entre 3-10% y el dióxido de carbono en un 10-15%. Todo esto permite mantener la cosecha, sin pérdidas en sus propiedades, entre 6 y 10 semanas. Con lo que se consigue mantener las cerezas en perfecto estado un tiempo, pero sin duda alguna las cerezas no están adaptadas para estar largos periodos de tiempo almacenadas. (49).

## CAPITULO IV

### 4.1. METODOLOGIA

#### 4.1.1. Materiales Y Métodos:

##### 4.1.1.2. Equipos Y Reactivos

##### 4.1.1.3. Universo de trabajo

- ❖ Facultad de Ciencias Puras y Naturales; Laboratorio de la Carrera de Ciencias Químicas.
- ❖ Facultad de Tecnología; Laboratorio de la Carrera de Química Industrial.

##### 4.1.1.4. Equipos De Laboratorio

- Espectrofotómetro IR
- Espectrofotómetro RMN
- Refractómetro
- Viscosímetro
- Balanza de precisión , mínima división 0.001 gr
- Mufla
- Secadora
- Desecador
- Agitador magnético con temperatura incluida
- Baño maría con temperatura incluida
- kitasato ( filtrador al vacío)
- Picadora de alimentos
- Campana de aireación
- cronometro

##### 4.1.1.5. Cristalería

- Matraces Erlenmeyer de 250 mL
- Matraces de aforado de 50, 10 y 5 mL
- Tubos de ensayo de 25 y 15 mL
- Tubos de lectura
- Vidrio de reloj
- Caja Petri
- Vasos de precipitado de 500 , 250 ,100 y 50 mL
- Probetas de 100 y 50 mL
- Balón de dos bocas
- Equipo soxhlet
- Equipo de destilación

- Bureta de 25 mL
- Varilla de vidrio
- Termómetro de 100 grados
- Pipetas graduadas de vidrio de 10 , 5 y 2 mL
- Embudo analítico

#### **4.1.1.6. Material secundario**

- Gradilla
- Lienzos de seda
- Bandejas de metal
- Espátula
- Crisol
- Pinzas para mufla
- Manguerillas y adaptador para grifo
- Papel aluminio
- Propipeta
- Tijeras
- Papel filtro
- Mortero
- Piceta
- Hilo
- Soporte universal
- Nueces para el soporte universal
- Pipeta Pasteur de plástico
- Para film "M"
- Cuchillo de cocina
- Exprimidor de naranjas

#### **4.1.1.7. Reactivos**

- Anhídrido acético, p. a.
- Alcohol etílico p. a.
- Ácido clorhídrico p.a.
- Ácido ascórbico
- Hidróxido de sodio
- Indicador Fenolftaleína
- Indicador Naranja de metilo
- Carboximetilcelulosa
- Almidón soluble Merck
- Glicerina

#### **4.1.1.8. Muestra**

- Gualusa
- Naranja
- Cerezas
- Duraznos

#### **4.1.2. Fundamentos De Los Métodos Utilizados**

##### **4.1.2.1. Método Cuantitativo Y Cualitativo**

En el presente proyecto se desarrolló métodos cuantitativos y cualitativos, en los cuantitativos ; se tiene al método de extracción, método espectrofotométrico para proteínas ultravioleta UV visible, método de acetilación , técnica de titulación, método de viscosidad y método de infrarrojo, en el método cualitativo están método de purificación, método de proteínas Biuret.

##### **4.1.2.2. Método De Extracción**

Se realizó la extracción del almidón de gualusa de acuerdo al método de Singh y Singh (50). Logrando extraer solo el almidón nativo de gualusa para posteriormente modificarlo químicamente.

##### **4.1.2.3. Método De Purificación**

Antes de modificar químicamente el almidón, este paso por una revisión cualitativa; por lo cual se eliminó vestigios en el almidón extraído con agua destilada, repitiendo varias veces su lavado, hasta la observación de una lechada pura.

##### **4.1.2.4. Método Espectrofotométrico Ultravioleta Visible UV-Vis**

El espectro electromagnético está formado por un continuo de ondas con propiedades diferentes. Las regiones de importancia primaria en química incluyen la luz ultravioleta (UV, 18-320nm) y la luz visible (320-800nm). La luz en estas regiones del espectro tiene la energía suficiente para excitar los electrones de valencia de las moléculas. (51).

Cuando un fotón de cierta energía interacciona con una molécula, puede ocurrir uno de dos procesos. El fotón puede ser desviado (dispersado), o puede transferir su energía a la molécula, produciendo un estado de excitación de la misma. (51).

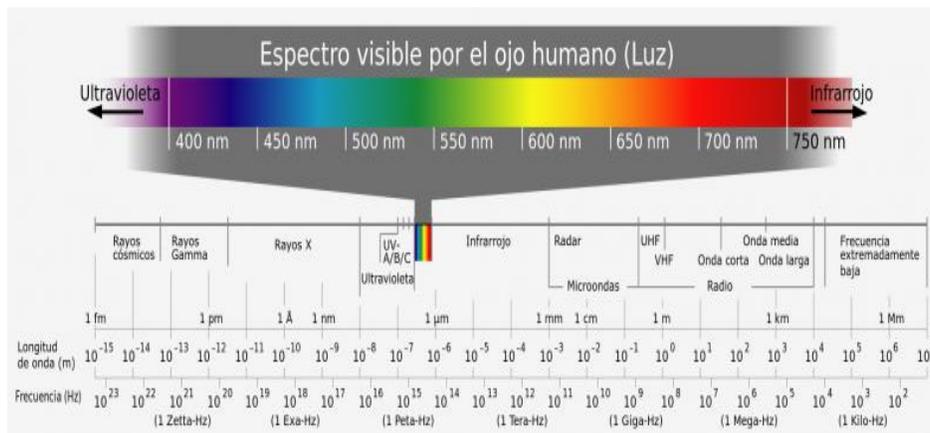
La dispersión de la luz, es la base física de varios métodos experimentales empleados para caracterizar macromoléculas. (51).

Un espectro UV-visible se obtiene midiendo la luz absorbida por una muestra como función de la longitud de onda. Como las moléculas de la muestra solo pueden absorber

“paquetes “discretos de energía (longitudes de onda específicas) teóricamente el espectro debe estar formado por líneas discretas. Sin embargo los numerosos niveles vibracionales de cada nivel energético electrónico incrementa el número de transiciones posibles. Esto da como resultado un espectro de amplios picos. (51).

Un espectro de absorción puede ayudar en la identificación de una molécula, ya que la longitud de onda de absorción depende de los grupos funcionales o del arreglo de los átomos en la molécula. A lo largo de un espectro de absorción pueden encontrarse picos de absorción máxima o zonas de mínima absorción. (51).

**Figura N°11.** Rango Del Espectro Visible.



**Fuente:** Espectro Visible (69)

- ❖ La cantidad de  $\text{Cu}^{2+}$  reducido es una función de la concentración de proteínas y ser determinada espectrofotométricamente por un cambio en el color de la solución a púrpura, el cual absorbe a 562 nm. La absorbancia es directamente proporcional a la cantidad de proteína presente en la solución y puede ser estimada por comparación con un estándar de proteína conocido. (52).

#### 4.1.2.5. Fundamento De La Reacción De Biuret

El reactivo de Biuret, compuesto por los reactivos; hidróxido de potasio (KOH) y sulfato cúprico ( $\text{CuSO}_4$ ), junto con tartrato de sodio y potasio ( $\text{KNaC}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), el reactivo de color azul cambia a violeta en presencia de proteínas y vira a rosa cuando se combina con polipeptidos de cadena corta. El hidróxido de potasio no participa en la reacción, pero proporciona un medio alcalino necesario para que tenga lugar.

La reacción o prueba de Biuret es un método que detecta la presencia de compuestos con dos o más enlaces peptídicos y por lo tanto sirve para todas las proteínas y péptidos cortos.

El reactivo de Biuret (sulfato de cobre en una base fuerte) reacciona con los enlaces del péptido y cambia el color cuando entra en contacto con otra sustancia, tornándose violeta.

Mientras más cantidad de proteína esté presente en la solución, más oscuro es el color. (53).

#### **4.1.2.6. Método De Acetilación**

El almidón acetilado se obtiene por esterificación con anhídrido acético y el número de grupos acetilo incorporados en la molécula depende de la fuente del almidón, concentración del reactivo, tiempo de reacción, proporción de amilosa / amilopectina, pH, y la presencia de algún catalizador. La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) sólo permite en alimentos, almidones con bajo grado de sustitución (máximo 2.5). El almidón acetato que típicamente se utiliza en alimentos contiene 0,5-2,5% de grupos acetilos. (54).

La acetilación del almidón puede ser realizada con relativa facilidad para mejorar de forma significativa las propiedades físico-químicas y funcionales del almidón, siendo así que el almidón acetilado con un bajo grado de sustitución (0.01–0.2), presenta características como alto poder hinchamiento, mejor solubilidad en agua, y baja temperatura de gelificación. Almidones con un alto grado de sustitución (2.0–3.0) muestran un gran número de aplicaciones como aglutinantes para tabletas, adhesivos termoplásticos, filtros de cigarrillos, materiales de revestimiento y no para alimentos, determinando así que grados de sustitución diferentes conllevan a una magnitud de cambio de las propiedades físico-químicas del almidón proporcional al grado de acetilación de las moléculas. En la industria farmacéutica los acetatos de almidón altamente sustituidos se han introducido recientemente como excipientes para las tabletas de compresión directa. (55).

#### **4.1.2.7. Método De Titulación**

Es una técnica o método de análisis cuantitativo muy usada, que permite conocer la concentración desconocida en una disolución de una sustancia que pueda actuar como ácido, neutralizada por medio de una base de concentración conocida, o bien sea una concentración de base desconocida neutralizada por una solución de ácido conocido. Es un tipo de valoración, basada en una reacción ácido-base o reacción de neutralización entre el analito (la sustancia cuya concentración queremos conocer) y la sustancia valorante. El nombre volumetría hace referencia a la medida del volumen de las disoluciones empleadas, que nos permite calcular la concentración buscada. (56).

#### **4.1.2.8. Método De Viscosidad**

##### **➤ Viscosidad**

La viscosidad se describe como la resistencia interna de un fluido a circular o fluir y sin embargo debe ser una medida del rozamiento o fricción del fluido. (57).

Se define la viscosidad como la propiedad que tienen los fluidos de ofrecer resistencia al movimiento relativo de sus moléculas. También se suele definir la viscosidad como una

propiedad de los fluidos que causa fricción, esto da origen a la pérdida de energía en el flujo fluido. La importancia de la fricción en las situaciones físicas depende del tipo de fluido y de la configuración física o patrón. Si la fricción es despreciable, se considera el flujo como ideal. Viscosidad; Una propiedad física muy importante que caracteriza la resistencia para ciertos líquidos, la viscosidad es constante y solo depende de la temperatura y presión. Este grupo se denominan líquidos Newtonianos (58).

#### **4.1.2.9. Espectrofotometría Infrarroja I.R.**

Esta espectroscopia se fundamenta en la absorción de la radiación IR por las moléculas en vibración. Una molécula absorberá la energía de un haz de luz infrarroja, cuando dicha energía incidente sea igual a la necesaria para que se dé una transición vibracional de la molécula. Es decir, la molécula comienza a vibrar de una determinada manera gracias a la energía que se le suministra mediante luz infrarroja.

Pueden distinguirse dos categorías básicas de vibraciones de tensión y de flexión. Las vibraciones de tensión son cambios en la distancia interatómica a lo largo del eje del enlace entre dos átomos. Las vibraciones de flexión están originadas por cambios en el ángulo que forman dos enlaces. (59).

## CAPITULO V

### 5.1. PARTE EXPERIMENTAL

#### 5.1.1. Unidad De Análisis

Para el presente proyecto se utilizó el almidón de gualusa que se extrajo del tubérculo (*Xanthosoma Sagittifolium* sp.).

##### 5.1.1.1. Colecta De La Muestra

La muestra fue colectada en el mercado central de la zona del Cementerio (entre avenida Héroes del Pacífico y avenida Bautista), de comerciantes asentadas en el lugar, a las cuales les llega el producto de los Yungas La Paz.

**Fotografía N°5.** Gualusa Del Mercado Central Del Cementerio.



**Fuente Propia**

##### 5.1.1.2. Tratamiento De Las Muestras:

###### ➤ Extracción Del Almidón Nativo De Gualusa:

Para la extracción del almidón de gualusa nativo se pasaron todas las siguientes etapas

### a.) Pesado

Se pesaron los tubérculos con cascara incluida.

**Fotografía N°6. Pesado De La Gualusa.**



**Fuente Propia**

### b.) Pelado Y Lavado

Se pelo y lavó el tubérculo.

**Fotografía N°7. Pelado Y Lavado De La Gualusa.**



**Fuente Propia**

### c.) Pesado De La Cascara

Se procedió a pesar la cascara.

**Fotografía N°8.** Pesado De La Cascara De Gualusa.



**Fuente Propia**

### d.) Trituración Y Adición De Antioxidante

En un recipiente con poca agua se tritura (raspa) la gualusa y posteriormente se adiciona el jugo de limón o ácido ascórbico para evitar el pardeamiento enzimático.

**Fotografía N°9.** Adición de jugo de limón.



**Fuente Propia**

### e.) Filtrado

Se usaron lienzos de poros muy finos para la filtración.

**Fotografía N°10.** Filtración Del Almidón.



**Fuente Propia**

### f.) Lavado

El residuo sólido se lava varias veces con agua destilada para retirar todo el almidón, hasta que todo el líquido efluente sea claro.

**Fotografía N°11.** Lavado Para Retirar El Almidón.



**Fuente Propia**

### g.) Sedimentación

Se sedimenta los lavados durante un día y se separa el agua presente, luego se filtran los sedimentos con lienzos.

**Fotografía N°12.** Sedimentación Del Almidón.



**Fuente Propia**

### h.) Secado

Las pastas resultantes se secan sobre bandejas recubiertas con papel aluminio a la temperatura del medio ambiente.

**Fotografía N°13.** Secado Del Almidón.



**Fuente Propia**

### **i.) Almacenado**

Una vez seco el almidón se pesa y se almacena en recipientes herméticos.

**Fotografía N°14. Almacenado De Almidón.**

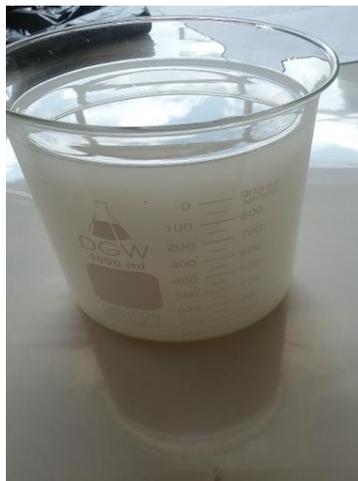


**Fuente Propia**

### **5.1.2 Purificación Del Almidón Nativo De Gualusa**

El almidón anteriormente extraído, se lo purifica con lavados consecutivos de agua mineral agitando por 10 minutos y dejando precipitar (cuatro repeticiones), luego se lo lleva a secar a temperatura ambiente pulverizándolo, tamizándolo y posteriormente almacenándolo en un recipiente hermético.

**Fotografía N°15. Purificación Del Almidón.**

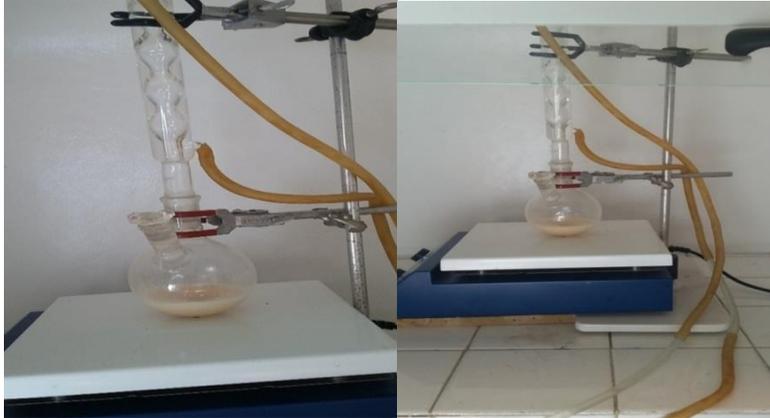


**Fuente Propia**

### 5.1.3 Modificación Química Del Almidón Nativo De Gualusa

Se adecua el equipo para la modificación química del almidón de gualusa, pesar 4 gramos de muestra, añadirlo al balón de 2 bocas, medir un volumen de 25 ml de anhídrido acético e introducirlo cuidadosamente sin tocar las paredes del balón para evitar contaminación. Prender el equipo estableciendo una temperatura de 120 grados centígrados y agitación 50rpm.

**Fotografía N°16.** Adición De Almidón Nativo Y Anhídrido Acético.



**Fuente Propia**

Esperar 10 minutos hasta que la reacción entre el almidón y el anhídrido acético se estabilice.

Pesar 0.522gr de hidróxido de sodio y disolverlo en 40ml de agua, pasado el tiempo añadir esta solución de hidróxido de sodio al balón por medio de un embudo analítico sin tocar las paredes del balón.

**Fotografía N°17.** Adición De Solución De Hidróxido De Sodio.



**Fuente Propia**

Dejar la reacción por un tiempo predeterminado (6 horas), verificando que la temperatura y agitación sean constantes.

**Fotografía N°18.** Tiempo De 6 Horas Para La Modificación.



**Fuente Propia**

Apagar el equipo una vez finalizado el tiempo, enfriar el balón con agua del grifo hasta una temperatura de 50 grados centígrados, añadir 50ml de etanol al 96%, agitamos el balón hasta que el almidón precipite.

**Fotografía N°19.** Precipitación De Almidón Modificado Con Etanol Al 96%.



**Fuente Propia**

Filtrar el almidón con una bomba al vacío (kitasato) lavando el almidón con agua destilada.

**Fotografía N°20.** Filtrado Al Vacío Del Almidón Modificado.



**Fuente Propia**

Llevarlo a un desecador, hasta ver que el almidón modificado este totalmente seco.

**Fotografía N°21.** Secado Del Almidón.



**Fuente Propia**

Pesar el almidón modificado químicamente almacenar en un envase hermético seguidamente proceder con las aplicaciones.

**Fotografía N°22.** Almacenado Del Almidón Modificado.



**Fuente Propia**

#### **5.1.4 Identificación Por Infrarrojo (IR)**

El almidón modificado anteriormente se llevó a medir en el equipo infrarrojo **PERKIN ELMER SPECTRUM BX FT-IR SYSTEM**.

**Fotografía N°23.** Lectura De Grupos Acetilo Por Infrarrojo.



**Fuente Propia**

#### **5.1.5. Proceso De Determinación Del Grado De Sustitución Mediante Titulación**

Pesar 0.25gramos de almidón modificado en un matraz erlenmeyer, posteriormente añadir 12.5 ml de etanol al 75 %.

**Fotografía N°24. Adición De Etanol Al 75% Al Almidón Modificado Y Nativo.**



**Fuente Propia**

Llevar a un baño de agitación a una de temperatura 45 °C por un tiempo de 30 minutos, posteriormente se enfrió y se añadió KOH hidróxido de potasio 0.5 N, agitando constantemente.

**Fotografía N°25. Incubado Y Agitado De Matraces.**



**Fuente Propia**

Se dejó reposar por 72 horas agitando eventualmente a temperatura ambiente, la muestra saponificada se tituló con ácido clorhídrico 0.25 N, usando fenolftaleína como indicador, se dejó reposar por 2 horas, luego del cual se tituló el álcali adicional que pudo haber lixiviado de la muestra. El mismo procedimiento se realizó con el almidón sin acetilar, para posteriormente usarlo como referencia.

**Fotografía N°26.** Adición De Indicador Y Titulado De Matraces.



**Fuente Propia**

### 5.1.6. Viscosidad

Preparar diluciones para un volumen de 10 ml desde una solución madre de 2% de almidón modificado que fue llevada a calor para que se homogenice, concentraciones: 1.5%, 1% y 0.5% proceder de la misma manera con el almidón sin acetilar.

**Fotografía N°27.** Diluciones A Partir De Solución Madre De Almidón.



**Fuente Propia**

Armado adecuadamente el equipo (viscosímetro), a temperar con agua caliente a las temperaturas 20,40 y 50 grados centígrados, una vez decida la temperatura, verter la solución anteriormente preparada desde la concentración más baja hasta la más alta.

**Fotografía N°28.** Armado De Viscosímetro.



**Fuente Propia**

Abir la llave del viscosímetro calculando el tiempo con un cronometro hasta que descienda la última gota de disolución.

**Fotografía N°29.** Verificación Del Grado De Fluidéz (Viscosidad).



**Fuente Propia**

Medir temperaturas, densidades, tiempos, para verificar la viscosidad del almidón y medir los grados brix de cada una de las diluciones.

**Fotografía N°30. Medición De Grados Brix.**



**Fuente Propia**

### **5.1.7. Procedimiento De Los Análisis Físico-Químico**

#### **5.1.7.1. Humedad**

**Fotografía N°31. Humedad Del Almidón.**



**Fuente propia**

Moler la muestra y pesarla en una caja petri, llevarla a una estufa a 130°C durante 1 hora y media, sacarla y llevarla al desecador para posteriormente pesarla, llevarla nuevamente a una temperatura de 130°C durante 1 hora y media hasta que el peso de la caja sea constante, calcular la humedad.

### 5.1.7.2. Cenizas

**Fotografía N°32. Cenizas Del Almidón.**



**Fuente propia**

En crisoles de porcelana aptos para la mufla pesar la muestra para verificar el residuo inorgánico, llevar el crisol con la muestra a una mufla a una temperatura de 650°C (rojo sin brillo) hasta la obtención de residuo incombustible, pesar en la balanza analítica calcular las cenizas.

### 5.1.7.3. Lípidos

**Fotografía N°33. Método Soxhlet, Lípidos En El Almidón.**



**Fuente Propia**

Para determinar los lípidos se usa el método soxhlet pesando en un papel filtro en forma de cartucho, en el balón colocar 50 ml de n- hexano, registrar el peso de la muestra seca

y húmeda, realizar esta extracción durante 1 hora y media a 2 horas (hasta no observar el color en el solvente), evaporar el solvente a presión reducida hasta peso constante, calcular el % de grasa a partir del residuo de evaporación.

#### 5.1.7.4. Proteínas

**Fotografía N°34.** Espectroscopia Uv Y Método Cualitativo Biuret.



Fuente propia

Para el método de espectroscopia usar una serie de tubos con diferente concentración de una dilución de almidón diluido, usando un patrón, llevar a centrifugar cada uno de los tubos y medir la absorbancia para obtener las concentraciones de la proteína presente.

Para el método de Biuret, en un tubo con muestra diluida de almidón se le añade el reactivo de Biuret mostrando un color violeta en presencia de proteínas.

#### 5.1.8. PROCEDIMIENTO PARA LAS APLICACIONES

##### 5.1.8.1. Estabilizante De Jugo De Naranja

Las naranjas y el jugo Tampico fueron obtenidas de un súper mercado ketal, ubicado en la calle 21 de san miguel.

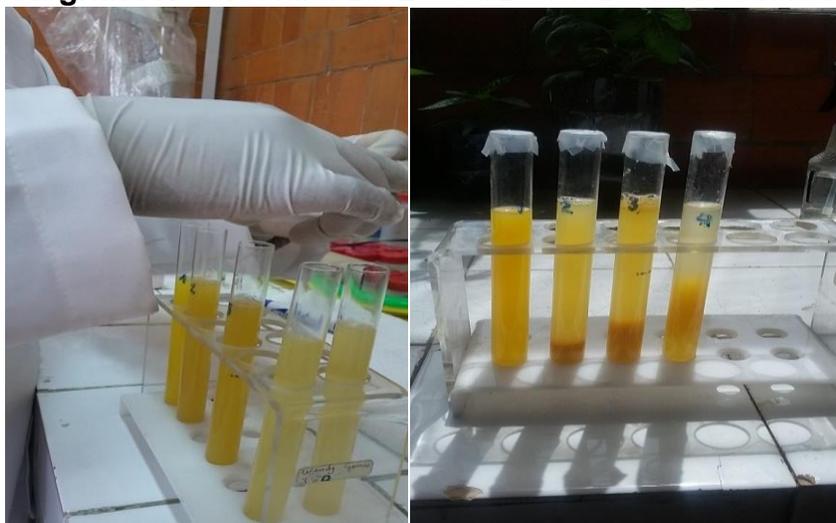
Se procedió a exprimir las naranjas maduras, el jugo se depositó en un vaso precipitado. Se alistaron cuatro tubos como se ve en la siguiente tabla.

**Tabla N°5.** Distribución De Estabilizante En Los Tubos

Tubo	Tampico	Jugo De Naranja	Almidón Modificado	Almidón Sin Modificar	Cmc Carboximetil Celulosa
1	+				
2		+			
3		+	+		
4		+		+	
5		+			+

Fuente propia

**Fotografía N°35.**Control De Estabilización De Cada Solución.



**Fuente Propia**

Se agito cada tubo enérgicamente, con un cronometro se calculó el tiempo de estabilización de cada uno de los tubos.

#### **5.1.8.2. Plastificante “Películas De Biopolimero” de Frutas:**

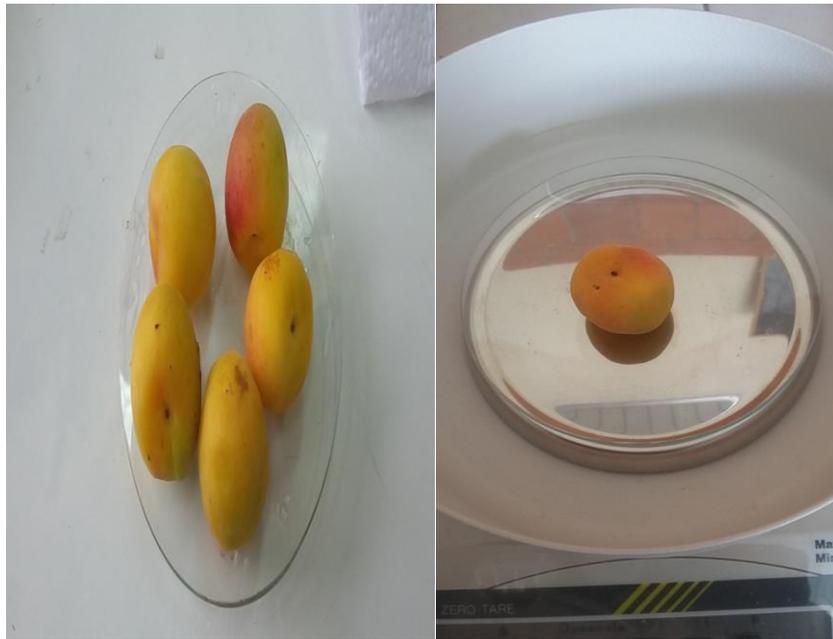
Las cerezas y duraznos se obtuvieron en el súper mercado ketal, ubicado en la calle 21 de san miguel. Se lavó la cereza con agua potable, se las seco y se registró el peso inicial. Se prepararon diluciones con almidón modificado al 1.5 % en glicerina, utilizando un vaso de precipitado, se depositó la cereza y se procedió a impregnar con la solución preparada anteriormente. Se dejó reposar por un tiempo de dos semanas, para verificar la deshidratación de las cerezas y por último se pesó. Se procedió de la misma manera con el durazno.

**Fotografía N°36.** Plastificado De Cerezas.



**Fuente Propia**

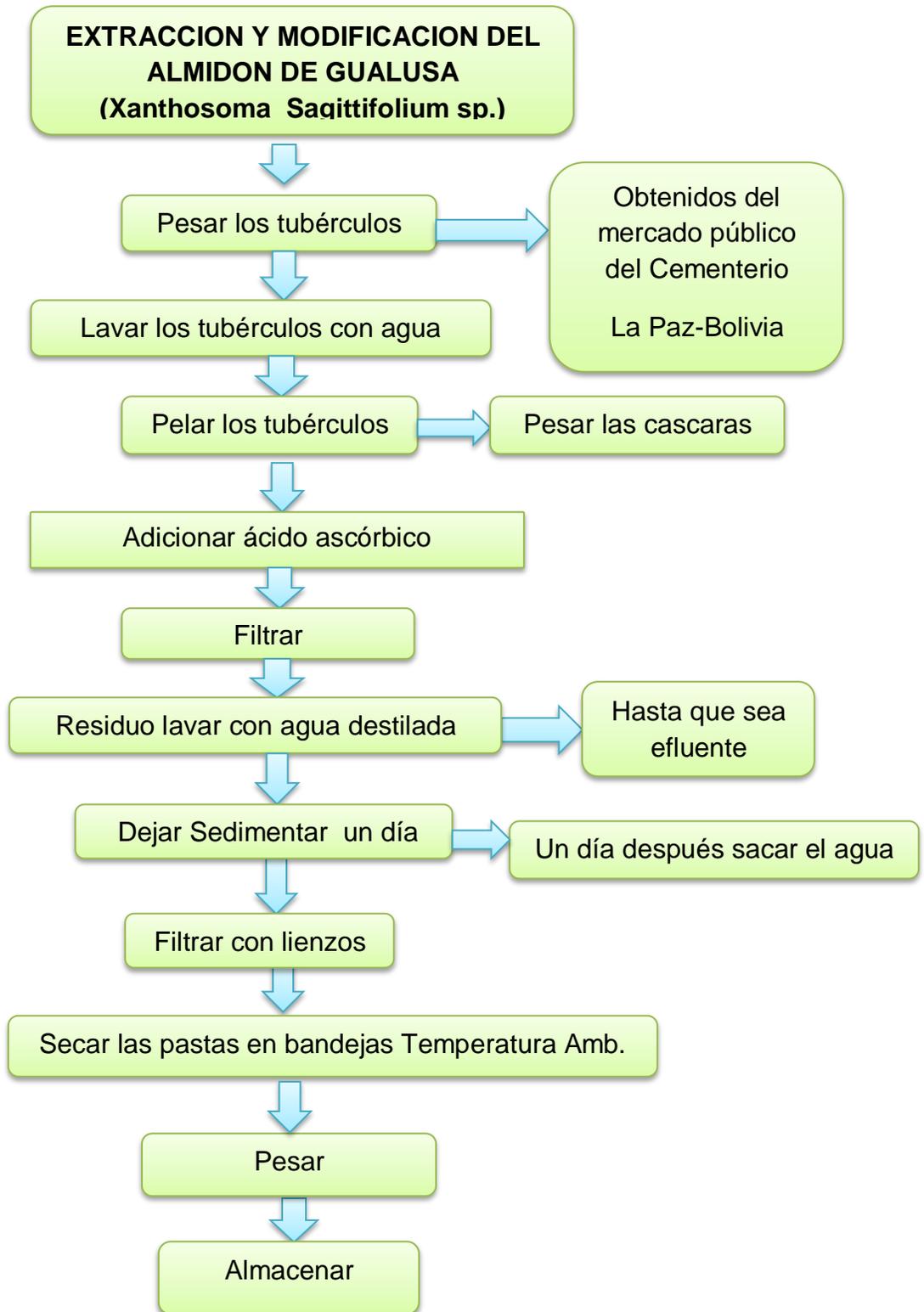
**Fotografía N°37. Plástico De Duraznos.**



**Fuente Propia**

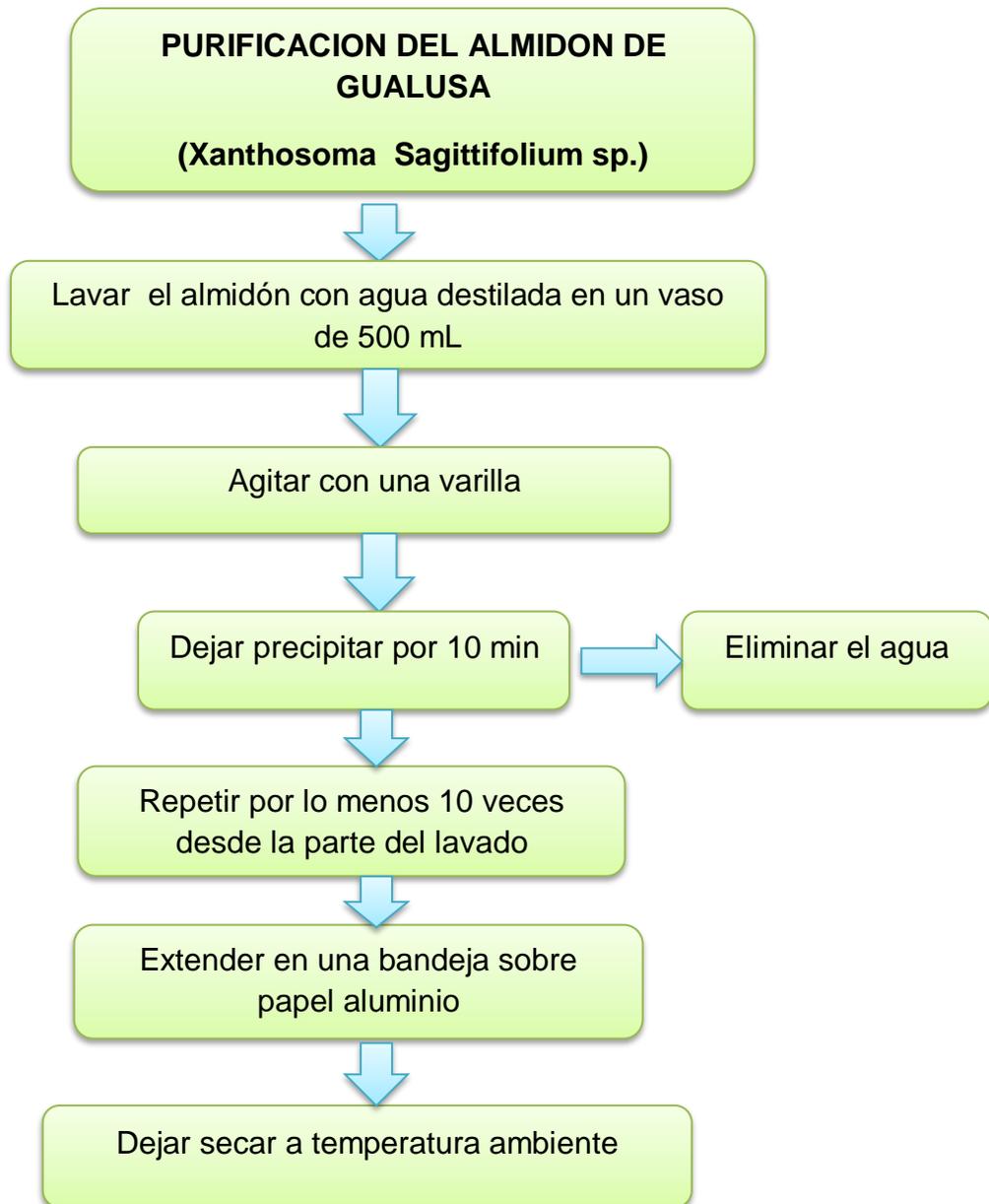
## DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROCEDIMIENTOS

### Diagrama de flujo N°2

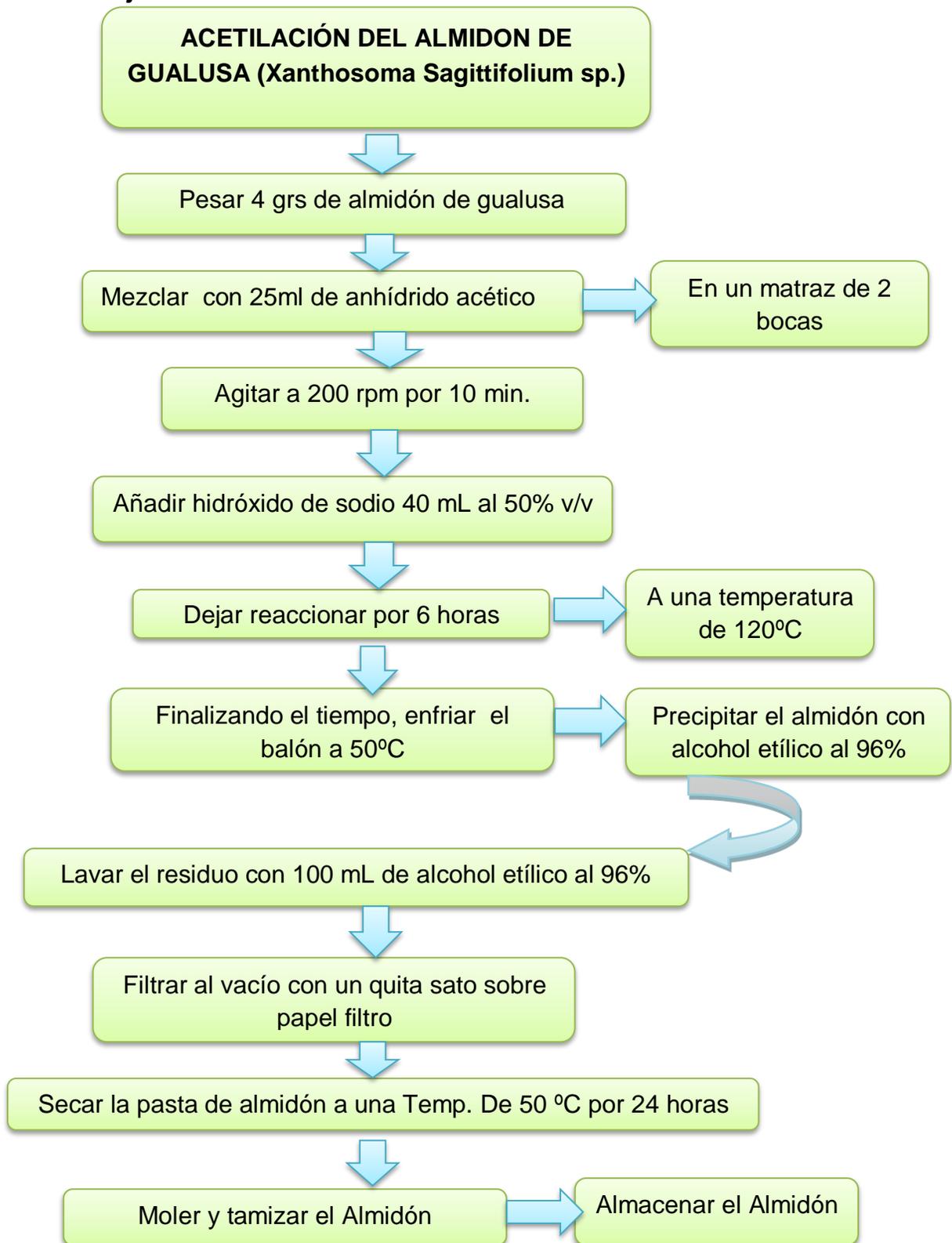


Fuente propia

### Diagrama de flujo N°3



### Diagrama de flujo N°4



Fuente propia

## 5.2. TRATAMIENTO DE DATOS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

### ➤ Rendimiento Del Almidón De Gualusa Nativo

$$\%R = \frac{M_2}{M_0} * 100$$

Dónde:

R = Rendimiento en %(en masa)

M<sub>0</sub>= Peso de la gualusa total en g.

M<sub>1</sub>= Peso de la cascara de gualusa en g.

M<sub>2</sub>= Peso del almidón obtenido en g.

El rendimiento de extracción del almidón de Gualusa se realizó por duplicado, tomando como resultado la media aritmética.

**Tabla N°6.** Rendimiento Del Almidón De Gualusa Nativo.

N°	M0	M1	M2	R%
	(g)	(g)	(g)	%
1	527.3	87.4	92.5	21.03
2	451.8	83.2	84.6	22.95
Promedio				21.99 ±0.96

Fuente propia

$$\%R = 21.99\% \pm 096$$

El rendimiento de la gualusa nativa fue de 21.99 % que comparado con el rendimiento de las papas que son de un 40 a un 60 %, es muy bajo.

### ➤ Humedad Del Almidón De Gualusa Nativo

$$\%H = \frac{G_2 - G_3}{G_2 - G_1} * 100$$

Dónde:

H = Humedad en %(en masa), según NB 074

G<sub>1</sub>= Peso del recipiente vacío con su tapa en g.

G<sub>2</sub>=Peso del recipiente y su tapa, con la muestra sin secar en g.

G<sub>3</sub>= Peso del recipiente con su tapa con la muestra seca en g.

El contenido de humedad se realizó por duplicado, tomando como resultado la media aritmética.

**Tabla N°7.** Rendimiento De Humedad Del Almidón Nativo De Gualusa.

N°	$G_1$	$G_2$	$G_3$	Humedad
	(g)	(g)	(g)	%
1	106.06	111.06	110.83	4.60
2	99.93	104.94	104.72	4.39
Promedio				4.49±0,10

Fuente propia

$$\%H = 4.49 \% \pm 0.10$$

La humedad de la gualusa nativa fue de 4.49 %, comparada con la humedad de almidones de papa y yuca 19,00 % y 9,48 % respectivamente, el almidón de gualusa es 50 % menor. Niveles de humedad mayores conllevarían a daño microbiano y subsiguiente deterioro de la calidad puesto que para el almacenamiento seguro el contenido de humedad debe ser menor a 13%.

➤ **Cenizas Del Almidón De Gualusa Nativo**

$$\%C = \frac{G_2 - G_1}{G_3 * (100 - H)} * 100$$

Dónde:

C = Cenizas en %(en masa), según NB 075

$G_1$  = Pesodel crisol vacío en g.

$G_2$  = Peso del crisol, con muestra seca en g.

$G_3$  = Pesode la muestra en g.

H = contenido de humedad porcentual en la muestra, según NB 074

El contenido de cenizas se realizó por duplicado, tomando como resultado la media aritmética.

**Tabla N°8.** Rendimiento De Cenizas Del Almidón Nativo De Gualusa.

N°	$G_1$	$G_2$	$G_3$	Cenizas
	(g)	(g)	(g)	%
1	24.84	24.85	2.01	0.00308
2	25.26	25.27	2.01	0.00302
Promedio				0.00305±0.00003

Fuente propia

$$\%C = 0,00305 \% \pm 0.00003$$

Las cenizas de la gualusa nativa fueron de 0,00305 %, comparada con la ceniza de almidones de papa y yuca 0,49 % y 0,29 % respectivamente, el almidón de gualusa presenta un valor similar de la yuca.

➤ **Lípidos Del Almidón De Gualusa Nativo**

$$\%L = \frac{M_2 - M_1}{M} * 100$$

**L**= Extracto de materia grasa en% (en masa)

M1= Masa del balón de recolección vacío, en g.

M2=Masa del balón más el extracto de materia grasa obtenido en g.

M = Masa de la muestra analizada en g.

El contenido de lípidos se realizó por duplicado y se tomaron como resultado la media aritmética.

**Tabla N°9.** Rendimiento De Lípidos Del Almidón Nativo De Gualusa.

N°	M	M1	M2	Lípidos
	(g)	(g)	(g)	%
1	2.00	118.89	118.90	0.62
2	2.01	72.00	72.01	0.68
<b>Promedio</b>				0.65±0.03

**Fuente propia**

$$\%L = 0.65 \pm 0.03$$

El porcentaje de lípidos en la gualusa fue 0.65 %.El contenido de lípidos en papa y yuca 0,05 % y 0,20 % respectivamente, el almidón de gualusa presenta un valor mayor que Ambos tubérculos.

➤ **Proteínas Del Almidón De Gualusa Nativo**

**a.) Método Instrumental O Cuantitativo**

$$C_1 = \frac{A_1}{A_2} * C_2.$$

C<sub>1</sub> = concentración de proteínas en la muestra en mg/dl

A<sub>1</sub> = absorbancia de la muestra

$A_2$ = absorbancia de referencia

$C_2$ = concentración de proteínas de referencia 100 mg/dl

El contenido de proteínas se realizó por duplicado, tomando como resultado la media aritmética.

**Tabla N°10.** Rendimiento De Proteínas Cuantitativamente.

N°	$A_1$	$A_2$	$C_2$	$C_1$ (Proteínas)
	(g)	(g)	mg/dl	mg/dl
1	0.04	0.16	100	25.00
2	0.04	0.20	100	21.99
Promedio				23.49±1.50

Fuente propia

$$C_1 = 23.49\text{mg/dl} \pm 1.50$$

La cantidad presente de proteínas en la gualusa fue 23.49 % comparada con estudios que realizó Schultz, 1993 de la gualusa 19.5 % respectivamente el almidón de gualusa presenta un valor similar al estudiado años antes, este tubérculo es rico en proteínas, lo cual confirma el color intenso de la prueba cualitativa.

### b.) Método Cualitativo Biuret

Con el reactivo de Biuret cambio a un color violeta, verificándose la presencia de proteínas en el almidón nativo la coloración fue directamente proporcional a la cantidad de proteínas presente dando un color violeta intenso sin embargo en el almidón modificado se visualizó una coloración más rosa lo que hace decir que su cantidad proteínas disminuyó por la desnaturalización que se realizó en la modificación del almidón que se realizó por lo cual se presume la presencia de proteínas y polipeptidos de cadena corta. Tubo izquierdo almidón nativo, tubo derecho almidón modificado.

**Fotografía N°38.** Prueba Cualitativa De Proteínas Biuret



Fuente Propia

➤ **Incremento De Peso Del Almidón Modificado**

**Tabla N°11.** Incremento De Peso Del Almidón Modificado.

Nº	Almidón nativo introducido	Almidón modificado obtenido	Incremento De Peso
	(g)	(g)	(g)
1	4.00	4.04	0.04
2	4.02	4.07	0.07
<b>Promedio</b>			0.055±0.015

Fuente propia

$$IP = 0.055 \pm 0.015$$

El incremento de peso del almidón modificado fue de 0.055 gramos.

➤ **% De Grupos Acetilo**

$$\%Acetilo = \frac{ml\ blanco - (ml\ de\ muestra) * N\ del\ HCl * 0.043}{g\ de\ muestra\ (base\ seca)} * 100$$

**Dónde: 0.043 = mili equivalentes del grupo  $CH_3 - C = O$**

El porcentaje de grupos acetilo del almidón modificado de gualusa se realizó por cuadruplicado tomando como resultado la media aritmética.

**Tabla N°12.** Rendimiento De Grupos Acetilo Del Almidón Modificado.

Nº	Blanco	Muestra	Muestra Base Seca	N Del HCl	Acetilo
	(ml)	(ml)	(g)	normalidad	%
1	24	22.6	0.256	0.201	4.73
2	24	22.4	0.254	0.201	5.44
3	24	22.2	0.251	0.201	6.20
4	24	22.0	0.253	0.201	6.83
<b>Promedio</b>					5.80±0.79

Fuente propia

$$\%GA = 5.80 \pm 0.79$$

Se obtuvo un 5.80% de grupos acetilo del almidón modificado de gualusa.

➤ **Grado De Sustitución**

$$GS = \frac{162 * \%ACETILO}{4300 - (42 * \%ACETILO)}$$

**Dónde:**

162 = peso molecular de la UAG

4300= 100x peso molecular del grupo  $CH_3 - C = O$

42= (peso molecular del grupo)<sup>-1</sup>

El grado de sustitución de acetilo del almidón modificado de Gualusa se realizó por cuadruplicado, tomando como resultado la media aritmética

**Tabla N°13.** Grado De Sustitución Del Almidones.

N°	Acetilo	Grado De Sustitución
	%	
1	4.73	0.19
2	5.44	0.22
3	6.20	0.25
4	6.83	0.27
<b>Promedio</b>		0.23±0.03

**Fuente propia**

$$GS = 0.23 \pm 0.03$$

El grado de sustitución que se obtuvo fue 0.23% el cual nos sirve para usarlo como estabilizante en los jugos debido que en alimentos se usan grados de sustitución bajos de 0.5 - 2.5%, comparado con el grado de sustitución del almidón de maíz y de milo 0.69 y 0.20, respectivamente el almidón modificado de gualusa presenta un valor similar al del milo.

El grado de sustitución también será limitado por la disponibilidad de los grupos hidroxilos dentro de la cadena del almidón, dado que la reacción siempre empezara por el carbono que se encuentre más libre para reaccionar. Sin embargo al tener un grado de sustitución bajo hay una posibilidad de que solo se hallan acetilado las estructuras de almidón que están por el exterior (amilopectina).

➤ **Porcentaje De Acetilo Teórico**

$$\%Acetilo\ teorico = \frac{g\ anhidrido\ (0.4215)}{100 + g\ de\ muestra\ (0.4215)} * 100$$

**Dónde:**

$$0.4215 = \frac{peso\ molecular\ del\ grupo\ CH_3 - C = O}{peso\ molecular\ del\ anhidrido\ acetico} = \frac{43}{102}$$

El porcentaje de acetilo teórico del almidón modificado de Gualusa se realizó por cuadruplicado, tomando como resultado la media aritmética

**Tabla N°14.** Rendimiento De Acetilo Teórico De Almidones.

Nº	Anhídrido	Muestra	Acetilo Teórico
	(g)	(g)	%
1	26.19	0.256	11.03
2	26.19	0.254	11.03
3	26.19	0.251	11.03
4	26.19	0.253	11.03
Promedio			11.03±0.00

Fuente propia

$$\%Acetilo\ teorico = 11.03\% \pm 0.00$$

Con los gramos de anhídrido acético utilizados por cada 100gramos de almidón en la reacción se calculó el porcentaje de acetilo que fue 11.03%.

➤ **Porcentaje De Eficiencia**

$$\%Eficiencia = \frac{\%acetilo\ real}{\%acetilo\ teorico} * 100$$

El porcentaje de eficiencia de acetilo del almidón modificado de Gualusa se realizó por cuadruplicado, tomando como resultado la media aritmética

**Tabla N°15.** Rendimiento De Eficiencia De Almidones.

N°	Acetilo Real	Acetilo Teórico	Eficiencia
	%	%	%
1	4.73	11.03	42.88
2	5.44	11.03	49.32
3	6.20	11.03	56.21
4	6.83	11.03	61.92
Promedio			52.58±7.16

Fuente propia

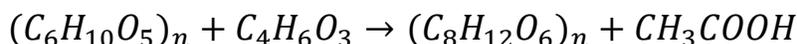
$$\%Eficiencia = 52.58\% \pm 7.16$$

El valor de eficiencia de 52.58% de la reacción demostró que tanto las concentraciones como el tipo de reactivos utilizados fueron adecuados para llevar a cabo la acetilación.

➤ **Reacción De Modificación Del Almidón De Gualusa**

La reacción de la figura N 8 es un ejemplo de una sustitución nucleofílica en un carbono insaturado del anhídrido acético, además los tres diferentes grupos hidroxilo tienen diferente reactividad, el primer hidroxilo en el carbono seis es el que denota mayor reactividad y donde la acetilación se lleva a cabo con mayor facilidad que en los carbonos dos y tres, de los grupos hidroxilos secundarios el grupo hidroxilo en el carbono dos es más reactivo que el del carbono tres, la sustitución es llevada a cabo en esos carbonos debido a que son menos impedidos estéricamente a lo largo de la amilosa por lo que al ser una cadena lineal sus grupos hidroxilos pueden ser sustituidos más fácilmente.

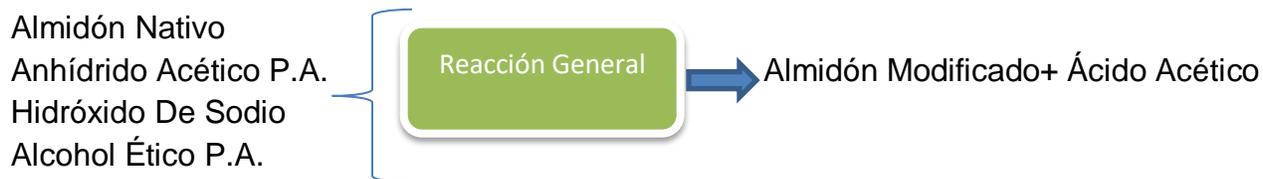
➤ **Reacción Durante La Modificación**



La ecuación anterior es la que sucede durante la reacción de modificación, donde la molécula de almidón interacciona con el anhídrido acético para formar la molécula de almidón modificado y ácido acético como producto secundario.

**Nota:** El hidróxido de sodio es un catalizador para la reacción y el alcohol etílico es el reactivo que precipita el almidón modificado.

### ➤ Balance De Materia Global



Dónde:

F1 = 4g peso de Almidón nativo en g.

F2= 25ml de Anhídrido Acético en ml.

F3= 0.522g de Hidróxido de Sodio en g.

F4= 50ml de alcohol etílico al 96% en ml.

F5= Almidón modificado en g.

F6= Ácido Acético en ml.

Teniendo el peso o volumen y con la densidad de cada uno de los reactivos se hace una conversión para tener todo en una sola unidad, considerando que en la reacción se tiene 1mol se considera las siguientes ecuaciones:

$$\textit{Entrada} = \textit{Salida}$$

$$F1 + F2 + F3 + F4 = F5 + F6$$

$$F5 = 4.055g \textit{ De Almidon Modificado}$$

$$4g + 27g + 0.522g + 39.45g = 4.055g + F6$$

$$F6 = 66.917g$$

$$F6 = 66.917g * \frac{1ml}{1.05g} = 63.73ml \textit{ De Acido Acetico}$$

### ➤ Viscosidad

$$\eta_1 = \eta_2 \frac{S_1 * t_1}{S_2 * t_2}$$

**Dónde:**

$\eta_1$  = viscosidad del almidón en gr/m\*seg.

$\eta_2$ = viscosidad del agua en gr/m\*seg.

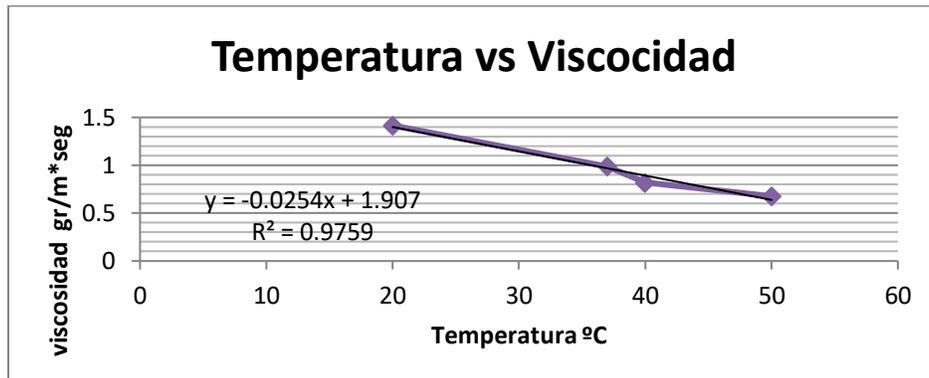
$S_1$ =densidad del almidón en gr/ml

$S_2$ = densidad del agua en gr/ml

$t_1$ = tiempo de fluidez del almidón en seg.

$t_2$ = tiempo de fluidez del agua en seg.

**Grafica N°1.** Temperatura Versus La Viscosidad.



**Fuente propia**

Realizando las respectivas curvas de viscosidad frente a distintas temperaturas, se verifico que el 1.5% de concentración es el más óptima para realizar las aplicaciones de los jugos y el plastificante “películas de biopolimero”de frutas, viendo la linealidad de la misma curva con respecto a las otras, por su coeficiente de correlación y el pico de viscosidad es máximo con respecto al nativo lo cual indica que los almidones acetilados se dispersan más que los almidones nativos, lo que también indica que servirían para la elaboración de rellenos para pasteles y caramelos.

### ➤ Grados Brix Vs Concentración

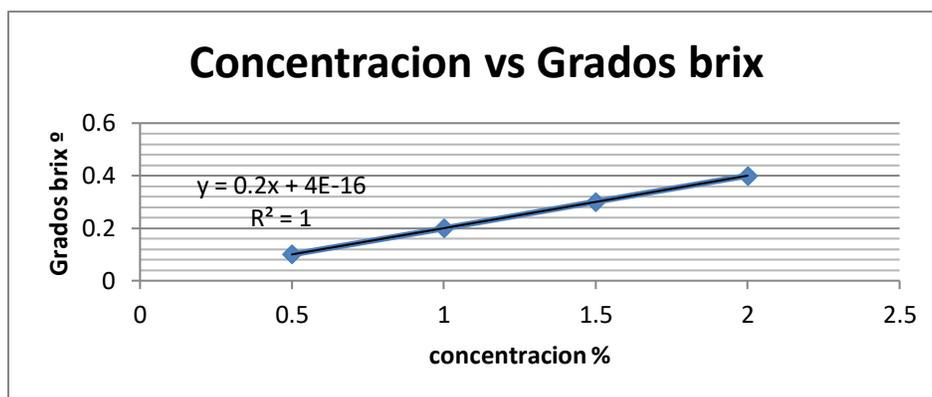
#### Para El Almidón Nativo

**Tabla N°16.** Grados Brix Del Almidón Nativo A Diferentes Concentraciones.

Concentración	Grados brix
%	°Bx
0.5	0.1
1	0.2
1.5	0.3
2	0.4

**Fuente propia**

**Gráfico N°2.**Concentración Versus Grados Brix Del Almidón Nativo.



**Fuente propia**

La grafica muestra la idealidad en cuanto al grado brix en relación a la concentración que se tiene, lo que hace decir que la concentración es directamente proporcional a los grados brix obtenidos.

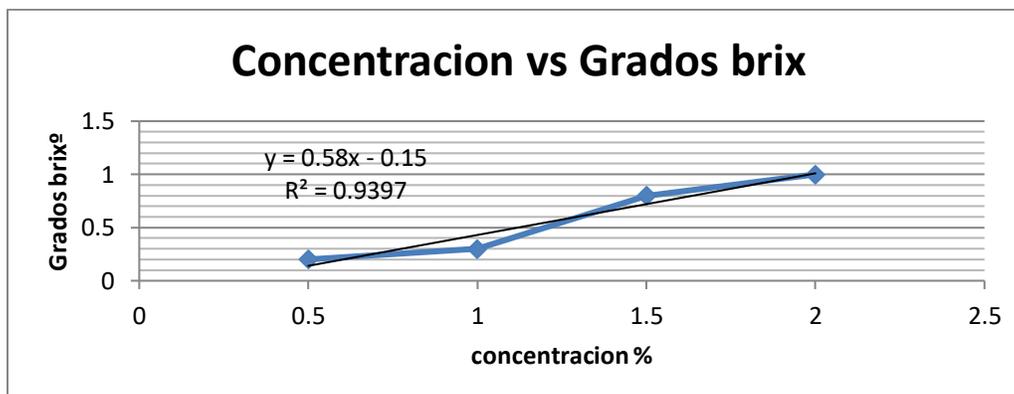
### Para El Almidón Modificado

**Tabla N°17.**Grados Brix Del Almidón Modificado A Diferentes Concentraciones.

Concentración	Grados brix
%	°Bx
0.5	0.2
1	0.3
1.5	0.8
2	1.0

**Fuente propia**

**Gráfico N°3.** Concentración Versus Grados Brix Del Almidón Modificado.

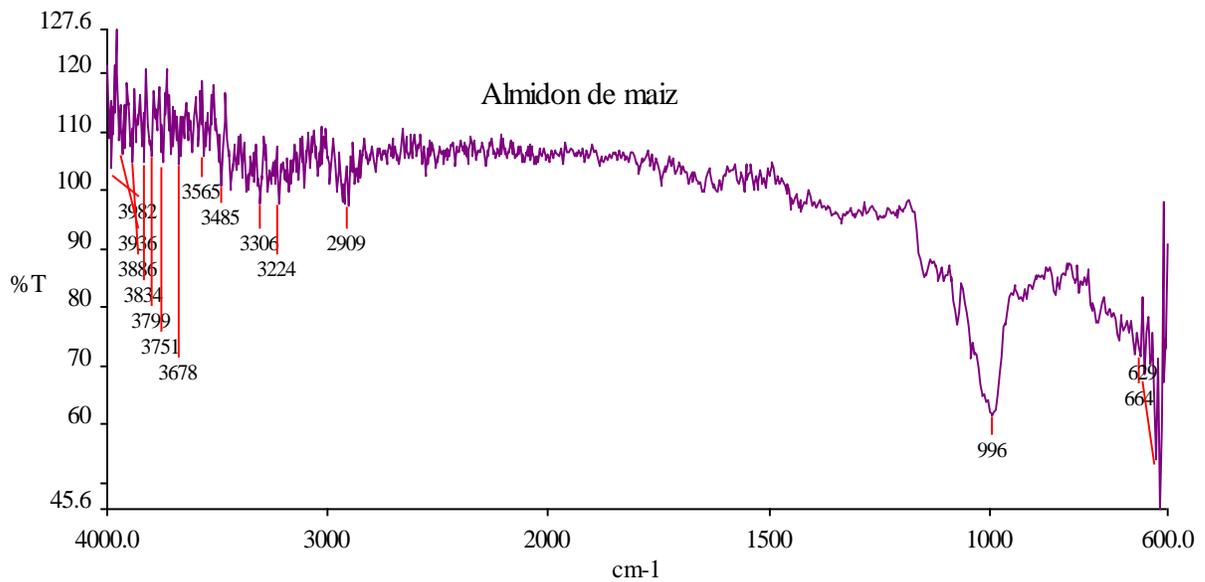


**Fuente Propia**

El almidón de gualusa al sufrir desnaturalización por la modificación química pierde proporcionalidad con lo que se refiere a la grados brix versus la concentración.

➤ **Infrarrojo De Almidón**

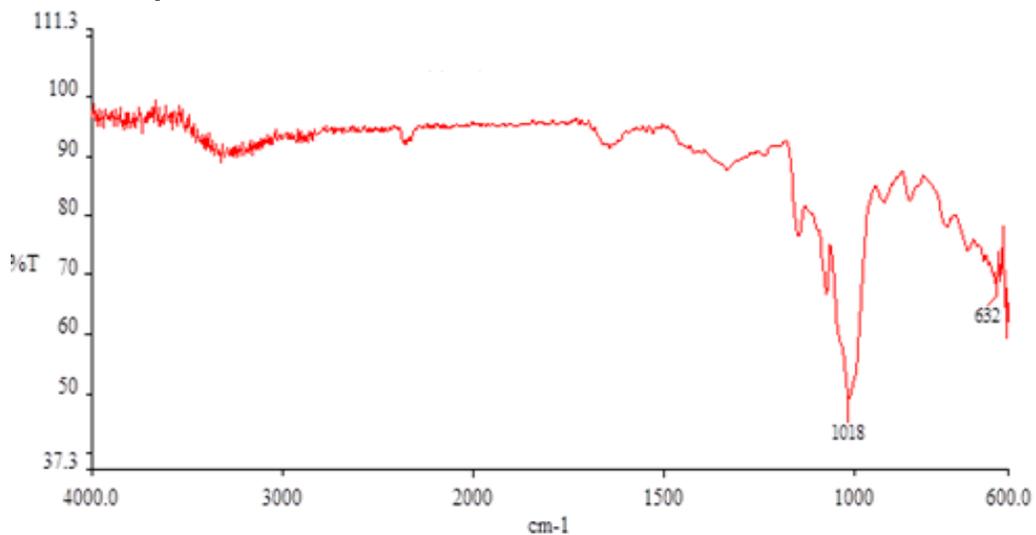
**Espectro N°1. Almidón De Maíz Usado De Referencia.**



**Fuente Propia**

El espectro representa al almidón modificado de maíz que es solo un referencial.

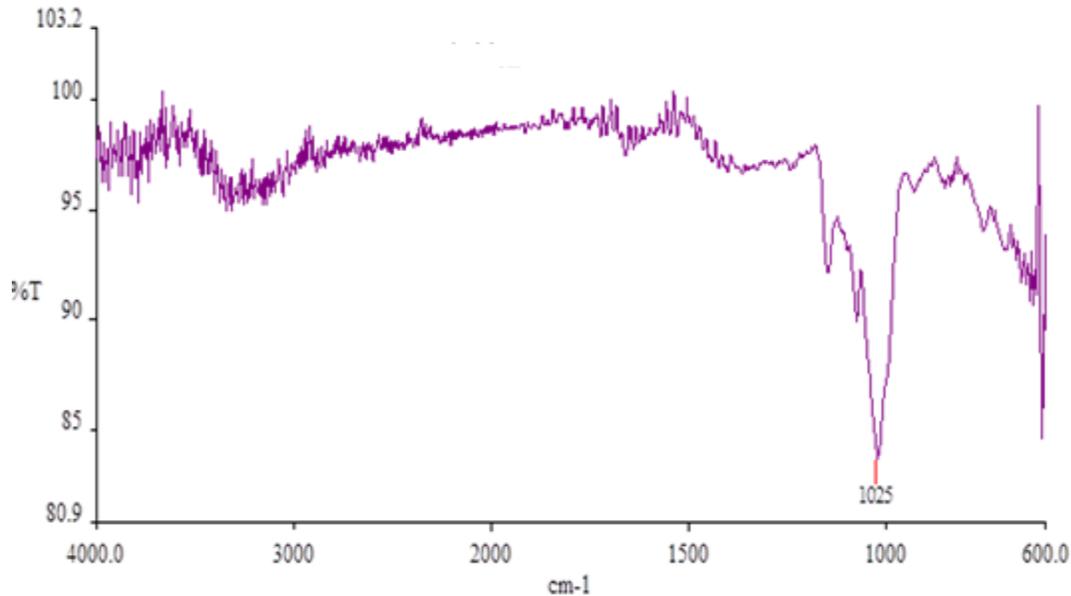
**Espectro N°2. Lectura De IR Del Almidón De Gualusa Nativo.**



**Fuente propia**

El espectro representa al almidón nativo sin modificar en el cual no se sustituyó ningún grupo acetilo mas solo sirve de referencia como un blanco.

**Espectro N°3. Lectura De IR Del Almidón De Gualusa Modificado.**



#### **Fuente propia**

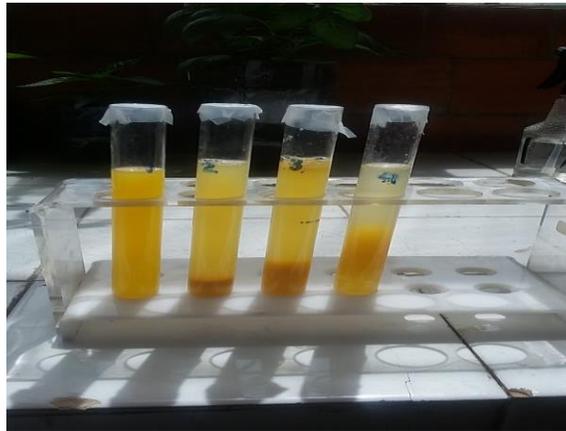
El espectro representa un grado de sustitución muy bajo que con dificultad se logra reconocer los grupos acetilos presentes en la estructura los que deberían estar en un intervalo de 900 a 1280 cm-1 corresponde al estiramiento de C=O que fue leído por el equipo de espectroscopia infrarrojo, esta prueba solo corrobora el grado de sustitución que se obtuvo con la titulación volumétrica que se realizó, indicando que el grado de sustitución tiene un valor muy bajo pero útil.

#### **➤ Aplicaciones**

##### **a.) Estabilizante De Jugos**

Realizando la prueba de estabilidad en los tubos se constató que con el almidón modificado se logró obtener una mayor estabilidad con un tiempo de 7.5 horas , seguido del almidón nativo con 2.3 horas de estabilidad, sin contar al jugo industrializado Tampico que ya tiene un estabilizante probado y autorizado, por lo cual se evidencia que el almidón modificado de gualusa tiene propiedades superiores frente al nativo, lo que significa que el almidón modificado puede ser usado como estabilizante y espesante gracias a su grado de sustitución bajo y su viscosidad .

**Fotografía N°39. Tiempo De Estabilización De Jugo De Naranja**



**Fuente propia**

**Tabla N°18. Control De Estabilidad En Los Jugos.**

<b>Tubo</b>	<b>Tiempo De Estabilidad ( Horas )</b>	<b>Precipitación</b>
<b>Tampico</b>	-	Estabilidad completa
<b>Jugo De Naranja</b>	0.5	Precipita
<b>Jugo + Almidón Modificado</b>	7.5	Precipita
<b>Jugo + Almidón Sin Modificar</b>	2.3	Precipita
<b>Jugo + CMC</b>	-	Estabilidad completa

**Fuente propia**

**b.) Plastificante De Frutas**

**Prueba 1. Cerezas Sin Película Plastificante**

**Fotografía N°40. Cerezas Sin Película Plastificante**



**Fuente Propia**

Al cabo de dos semanas a una temperatura de 25°C, a las cerezas que no se les aplicó la película plastificante, sufrieron una deshidratación de agua del 16.87%, lo cual explica que de manera natural la fruta no puede ser mantenida en un estado de hidratación al 100% por lo que esta tiende a degradarse y por ende a desecharse.

### **Prueba 2. Cerezas Con Película Plastificante**

**Fotografía N°41. Cerezas Con Película Plastificante**



**Fuente Propia**

Las cerezas que fueron recubiertas con la película plastificante, mostraron una mejor barrera contra la pérdida de agua con un 0.09%, que a comparación de las cerezas que no fueron recubiertas con la película plastificante presentaron menor pérdida de peso debido a que el plastificante retarda la pérdida de agua.

**Fotografía N°42. Durazno Sin Película Plastificante**



**Fuente Propia**

Sin embargo la aplicación de la película plastificante en los frutos de duraznos no fue muy efectiva ya que en los dos casos hubo una deshidratación similar obteniéndose con la película plastificante un 5.95% y sin la película plastificante un 6.07%, debido a que su

exocarpo es piloso el cual absorbe la película plastificante que en lugar de protegerla la degrado y a disminuyo su vida.

**Fotografía N°43. Vista De Las Dos Aplicaciones**



**Fuente Propia**

**Tabla N°19. Rendimiento De Deshidratación De La Cereza Y Durazno.**

<b>FRUTA</b>	<b>Tiempo ( días )</b>	<b>Peso inicial (gr)</b>	<b>Peso final (gr)</b>	<b>Deshidratación %</b>
<b>Cereza con película plastificante</b>	14	6.636	6.630	0.0904
<b>Cereza sin película plastificante</b>	14	6.658	5.535	16.8669
<b>Durazno con película plastificante</b>	14	11.809	11.106	5.9530
<b>Durazno sin película plastificante</b>	14	11.705	10.995	6.0658

**Fuente propia**

## CAPITULO VI

### 6.1. CONCLUSIONES

#### 6.1.1. Conclusión General

- ❖ Se realizó la caracterización del almidón de gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium sp.*) previa acetilación para su potencial aplicación en la industria de jugos naturales y plastificantes.

#### 6.1.2. Conclusiones Específicas

- ❖ El rendimiento de extracción de almidón de gualusa resulto 21.99%, probablemente por una inadecuada extracción o por perdidas en el pelado.
- ❖ Al realizar la caracterización físico química ; la humedad fue de 4.49%  $\pm$ 0.10 encontrándose dentro de los estándares comerciales de calidad por lo cual beneficia a la conservación puesto que un valor bajo de agua indica que la proliferación microbiana también será baja , el porcentaje de cenizas 0.00305% siendo adecuado ya que un alto nivel sugiere la presencia de un adulterante inorgánico porque se encuentra dentro de los límites que debe tener según las normas del CODEX Alimenticio, el porcentaje de los Lipidos 0.65% es adecuado ya que un elevado porcentaje afecta en sus propiedades funcionales al evitar la unión con las moléculas de agua y causar rancidez durante el almacenamiento, el porcentaje de proteínas de 23.49mg/dl  $\pm$  1.50 indica un valor elevado por lo que es recomienda su consumo y está a su vez es responsable del olor característico del almidón y de su capacidad espumante en la mayoría de los casos.
- ❖ Se determinó el rendimiento de extracción del almidón de gualusa, el cual no fue alto según las expectativas.
- ❖ Se analizó las características físico-químicas que proporcionaron una adecuada extracción del almidón de gualusa, siendo estas la humedad, cenizas, lípidos, proteínas, viscosidad y grados brix presentes.
- ❖ Se modificó químicamente el almidón de gualusa mediante el método de Acetilación sustituyendo los grupos hidroxilos por los acetilos haciendo que la molécula de almidón sea más estable.
- ❖ Se caracterizó físico-químicamente el almidón de gualusa sometido a modificación y se comparó con el almidón nativo.
- ❖ Al realizarse la modificación se obtuvo el almidón de gualusa con bajos valores de grado de sustitución lo que demuestra que este almidón acetilado puede ser utilizado en la industria alimentaria como aditivo. Por lo que se realizaron pruebas preliminares del almidón modificado en la elaboración de jugos naturales, usándolo como estabilizante, espesante y usado como plastificante de frutas “película biodegradable”.

- ❖ Se pudo verificar por espectroscopia IR la introducción de grupos acetilos en la estructura de la molécula de almidón que comparada con el grado de sustitución ambos son proporcionales.

## 6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda modificar el almidón de gualusa nativo por el método enzimático o el método físico, puesto que con el método químico se obtuvo un grado de sustitución muy bajo de lo que permite la FDA, y si se quisiera realizar una modificación química tendría que probarse con distintas temperaturas de modificación, para verificar cual es la mejor en dicha sustitución.

Sin embargo al tener un grado de sustitución bajo hay una posibilidad de que solo se hallan acetilado las estructuras de almidón que están por el exterior (amilopectina) por lo que se recomienda el estudio de sus estructuras interiores (amilosa).

➤ **VISCOSIDAD:**

$$\eta_1 = \eta_2 \frac{S_1 * t_1}{S_2 * t_2}$$

**Dónde:**

$\eta_1$  = Viscosidad del almidón en gr/m\*s.

$\eta_2$  = Viscosidad del agua en gr/m\*s.

$S_1$  = Densidad del almidón en gr/ml

$S_2$  = Densidad del agua en gr/ml

$t_1$  = Tiempo de fluidez del almidón en s.

$t_2$  = Tiempo de fluidez del agua en s.

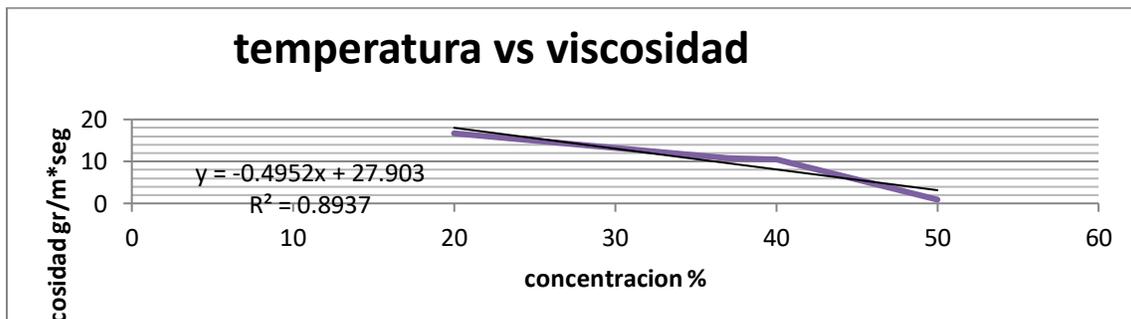
**Para El Almidón Modificado**

**Tabla N°20.** Con La Concentración Del 2% Almidón Modificado.

Temp.	$\eta_2$	$S_2$	$t_2$	$S_1$	$t_1$	$\eta_1$
°C	gr/m*s	gr/ml	s	gr/ml	s	gr/m*s
20	1.00	0.99	13.18	0.99	22.10	1.67
37	0.69	0.99	12.34	0.99	19.34	1.08
40	0.65	0.99	11.91	0.99	19.02	1.04
50	0.55	0.99	11.18	0.99	18.40	0.90

Fuente propia

**Grafica N°4.** Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 2% Almidón Modificado.



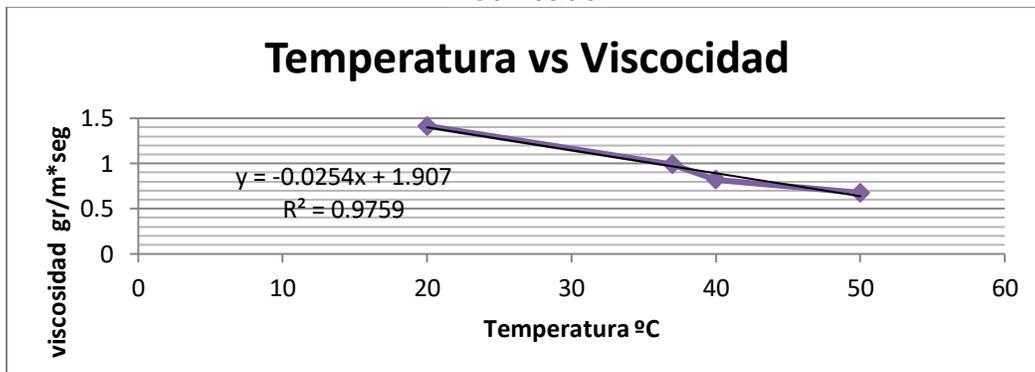
Fuente propia

**Tabla N°21.** Con La Concentración Del 1.5% Almidón Modificado.

Temp.	$\eta_2$	$S_2$	$t_2$	$S_1$	$t_1$	$\eta_1$
°C	gr/m*s	gr/ml	s	gr/ml	s	gr/m*s
20	1.00	1.00	13.18	0.96	18.65	1.41
37	0.69	0.99	12.34	1.00	17.50	0.99
40	0.65	0.99	11.91	1.00	14.86	0.82
50	0.55	0.99	11.18	0.99	13.75	0.67

Fuente propia

**Grafica N°5.** Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 1.5% Almidón Modificado.



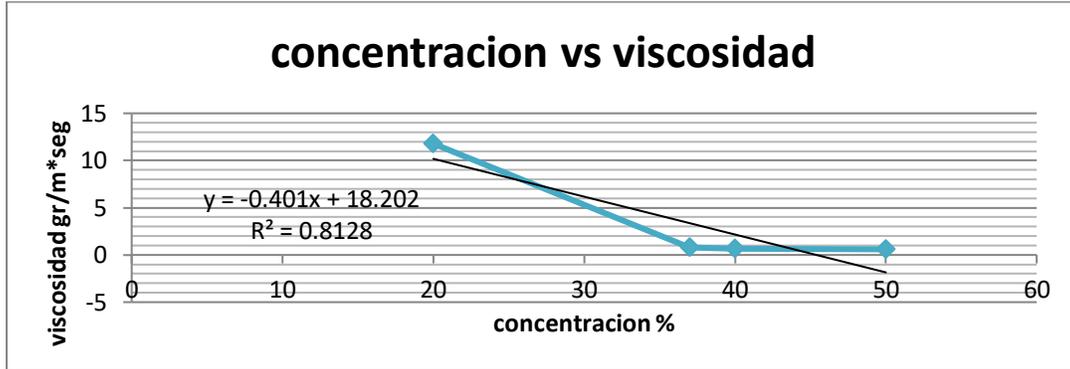
Fuente propia

**Tabla N°22.** Con La Concentración Del 1% Almidón Modificado.

Temp.	$\eta_2$	$S_2$	$t_2$	$S_1$	$t_1$	$\eta_1$
°C	gr/m*s	gr/ml	s	gr/ml	s	gr/m*s
20	1.00	1.00	13.18	1.00	15.48	1.18
37	0.69	0.99	12.34	0.99	14.51	0.81
40	0.65	0.99	11.91	0.99	12.19	0.67
50	0.55	0.99	11.18	0.98	12.21	0.60

Fuente propia

**Grafica N°6.** Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 1% Almidón Modificado.



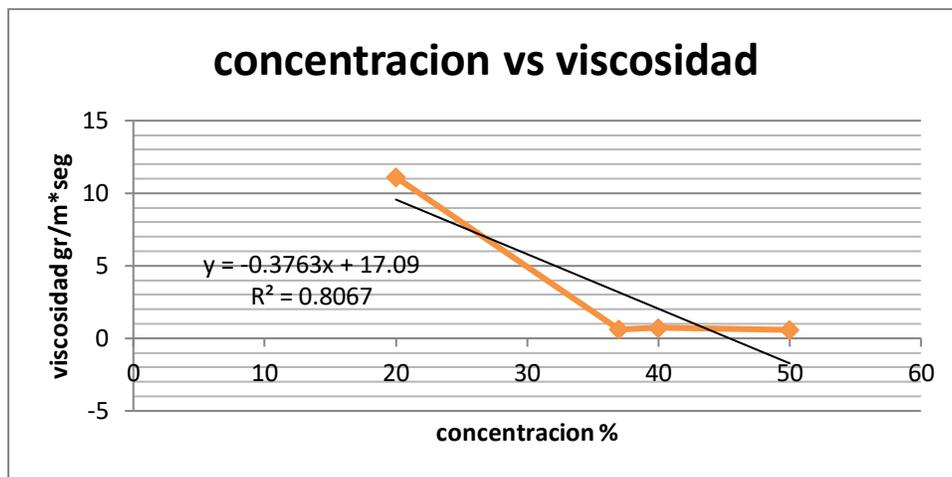
Fuente propia

**Tabla N°23.** Con La Concentración Del 0.5% Almidón Modificado.

Temp.	$\eta_2$	$S_2$	$t_2$	$S_1$	$t_1$	$\eta_1$
°C	gr/m*s	gr/ml	s	gr/ml	s	gr/m*s
20	1.00	1.00	13.18	0.99	14.75	1.11
37	0.69	0.99	12.34	0.98	12.14	0.63
40	0.65	0.99	11.91	0.98	12.64	0.73
50	0.55	0.99	11.18	0.98	12.03	0.58

Fuente propia

**Grafica N°7.** Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 0.5% Almidón Modificado.



Fuente propia

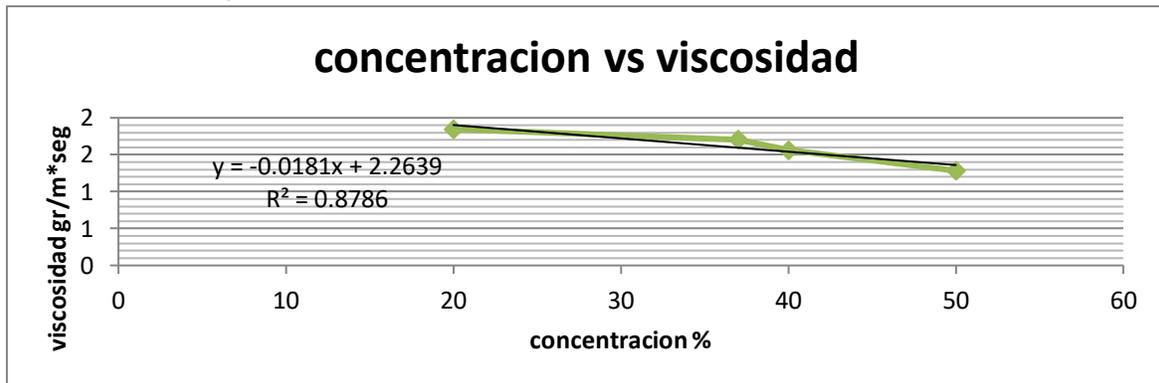
**Para El Almidón Nativo**

**Tabla N°24.** Con La Concentración Del 2% Almidón Nativo.

Temp.	$\eta_2$	$S_2$	$t_2$	$S_1$	$t_1$	$\eta_1$
°C	gr/m*s	gr/ml	s	gr/ml	s	gr/m*s
20	1.00	1.00	13.18	0.99	24.44	1.85
37	0.69	0.99	12.34	1.00	30.11	1.70
40	0.65	0.99	11.91	0.99	28.54	1.56
50	0.55	0.99	11.18	0.99	26.16	1.28

Fuente propia

**Grafica N°8.** Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 2% Almidón Nativo.



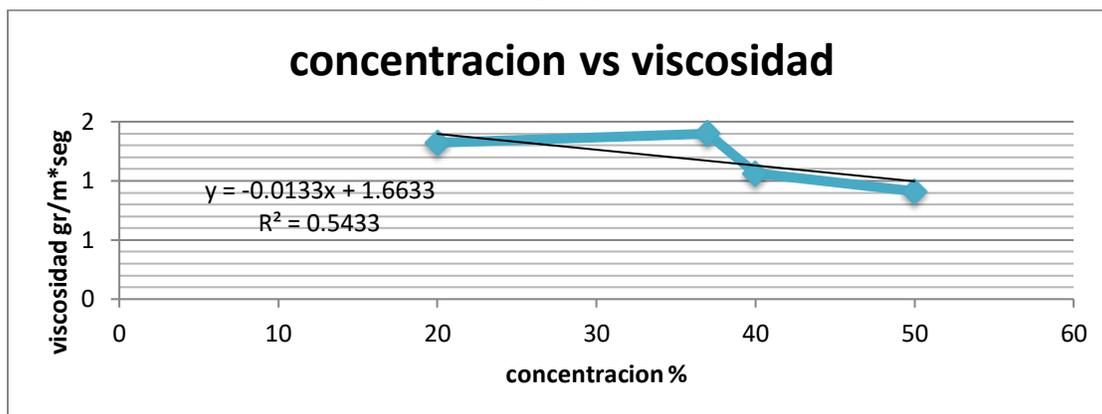
Fuente propia

**Tabla N°25.** Con La Concentración Del 1.5% Almidón Nativo.

Temp.	$\eta_2$	$S_2$	$t_2$	$S_1$	$t_1$	$\eta_1$
°C	gr/m*s	gr/ml	s	gr/ml	s	gr/m*s
20	1.00	1.00	13.18	0.91	19.05	1.32
37	0.69	0.99	12.34	0.90	27.56	1.40
40	0.65	0.99	11.91	0.91	21.11	1.06
50	0.55	0.99	11.18	0.90	20.44	0.91

Fuente propia

**Grafica N°9.** Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 1.5% Almidón Nativo.



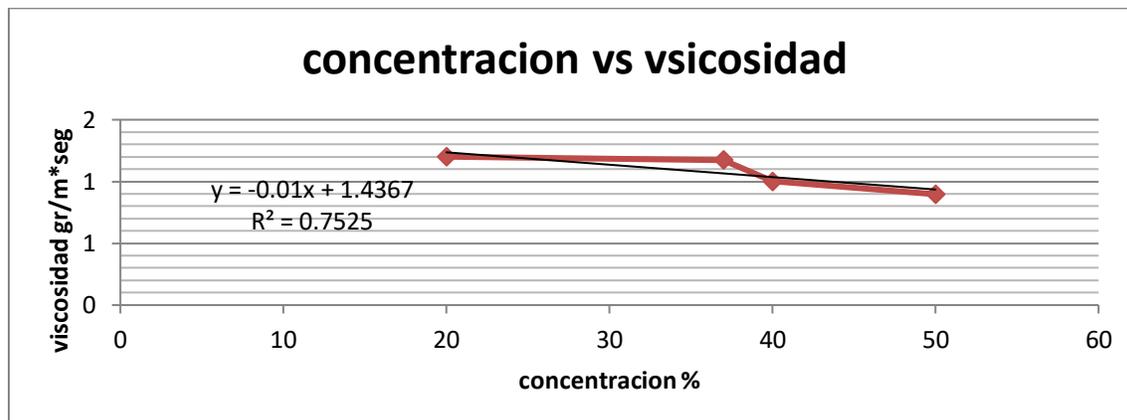
Fuente propia

**Tabla N°26.** Con La Concentración Del 1% Almidón Nativo.

Temp.	$\eta_2$	$S_2$	$t_2$	$S_1$	$t_1$	$\eta_1$
°C	gr/m*s	gr/ml	s	gr/ml	s	gr/m*s
20	1.00	1.00	13.18	0.98	16.02	1.20
37	0.69	0.99	12.34	1.00	20.75	1.17
40	0.65	0.99	11.91	0.99	18.30	1.00
50	0.55	0.99	11.18	0.90	18.12	0.90

Fuente propia

**Grafica N°10.** Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 1% Almidón Nativo.



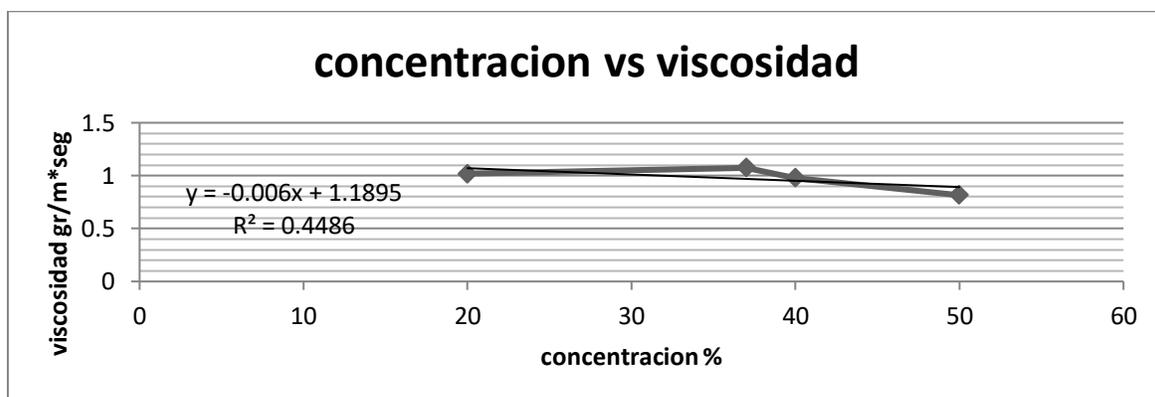
Fuente propia

**Tabla N°27.** Con La Concentración Del 0.5% Almidón Nativo.

Temp.	$\eta_2$	$S_2$	$t_2$	$S_1$	$t_1$	$\eta_1$
°C	gr/m*s	gr/ml	s	gr/ml	s	gr/m*s
20	1.00	1.00	13.18	1.07	12.47	1.02
37	0.69	0.99	12.34	1.05	18.17	1.07
40	0.65	0.99	11.91	1.07	16.48	0.98
50	0.55	0.99	11.18	1.04	15.83	0.82

Fuente propia

**Grafica N°11.** Temperatura Versus La Viscosidad De Concentración 0.5% Almidón Nativo.



Fuente propia

➤ **GRADOS BRIX vs CONCENTRACION:**

Para El Almidón Nativo:

**Tabla N°28.** Grados Brix Del Almidón Nativo A Diferentes Concentraciones.

Concentración	Grados Brix
%	°Bx
0.5	0.1
1	0.2
1.5	0.3
2	0.4

Fuente propia

**Para El Almidón Modificado:**

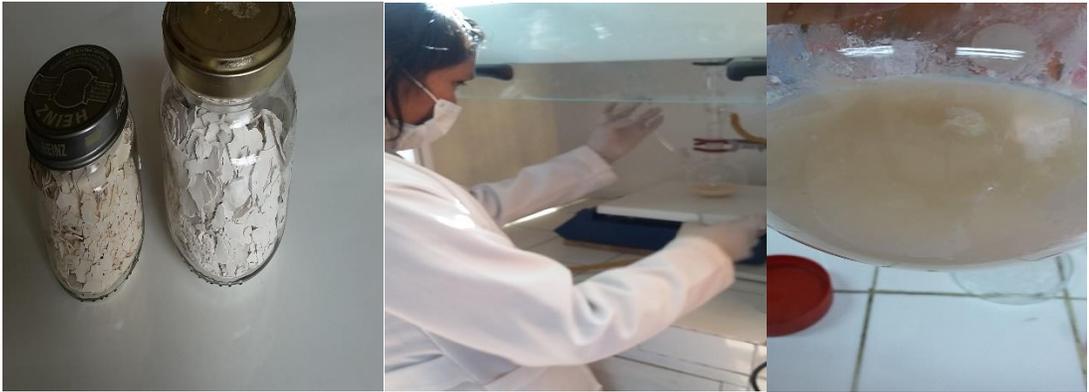
**Tabla Nº29.**Grados Brix Del Almidón Modificado A Diferentes Concentraciones.

Concentración	Grados Brix
%	°Bx
0.5	0.2
1	0.3
1.5	0.8
2	1.0

Fuente propia

➤ **FOTOS EXTRAS**







**Fuente Propia**

## BIBLIOGRAFIA

1. - Poepp.) H. Rob.
2. (Pachyrhizusahipa (Wedd.) Parody)
3. (Xanthosoma Sagittifolium Sp. L. Schott),
4. Sinargeaa, 2009
5. Luallen, 1985; Ellis Y Col., 1998; García Y Walter, 1998; Bello Y Paredes, 1999
6. Wang Y White, 1994; Bello Y Col., 2002; Gallant Y Col., 1997; Jay Y Col., 1993; Buleón Y Col., 1998
7. Testeret Al., 2004
8. Wurzburg, 1986
9. Reis Y Cunha, 2005
10. Whistler Y Bemiller, 1993; Whistleret Al., 1984
11. Fanget Al., 2002; Gong Et Al., 2006; Jyothiet Al., 2005; Santayanon Y Wootthikanokkhan, 2003
12. (prado, 2007)Evaluacion De La Harina De Gualusa ( Xanthosoma Sagittifoium Sp.)En La Alimentacion De Cuyes Mejorados (Cavia Aparea Porcellus). La Paz.
13. D. Guerra, 2008
14. Badui, D., 2006
15. French, 1984
16. Freitas Y Col., 2004; Roger Y Colonna; 1992; Ellis Y Col., 1998; Sasaki Y Col., 2002
17. Buleon , Colonna And Planchot 1998 , Mua J.P. And Jackson 1997
18. Yoo, S.H., And Jane, J.L 2002
19. Tester, R. F., Karkalas, J., And Qi, X. 2004
20. Swinkels, 1987; Karim Y Col., 2000; Martín Y Smith, 1995; Fredriksson Y Col., 1998; Kong Y Col., 2008
21. Wang Y Col., 1993; Wang Y White, 1994
22. Van Der Burgt Y Col., 1999; Yung Y Col., 2007; Ellis Y Col., 1998; Mali Y Col., 2004; Blazer Y Col., 2008; Liu Y Col., 2006
23. Bello Y Col., 2002; Liu Y Col., 2008; Pérez Y Pacheco, 2005; Pérez, 1997; Zhang Y Col., 2005; Yu Y Col., 1999; Zamudio Y Col., 2007
24. Miyasaki, Maeda And Van Phan. 2006
25. Huber, K.C., And Bemiller, J.N. 2000
26. Hernández, 1996 Documento Encontrado En La Tesis De Prado, A. M. (2007). Evaluacion De La Harina De Gualusa (Xanthosoma Sagittifolium Sp.)En La Alimentación De Cuyes Mejorados (Cavia Aparea Porcellus). La Paz.
27. Bolivia, 2003 Documento Encontrado En La Tesis De Prado, A. M. (2007). Evaluación De La Harina De Gualusa (Xanthosoma Sagittifolium Sp.)En La Alimentación De Cuyes Mejorados (Cavia Aparea Porcellus). La Paz.

28. León (2000), Documento Encontrado En La Tesis De Prado, A. M. (2007). Evaluación De La Harina De Gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium* Sp.)En La Alimentación De Cuyes Mejorados (*Cavia Aparea Porcellus*). La Paz.
29. Montalvo (1991), Documento Encontrado En La Tesis De Prado, A. M. (2007). Evaluación De La Harina De Gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium* Sp.)En La Alimentación De Cuyes Mejorados (*Cavia Aparea Porcellus*). La Paz.
30. Schütz (1993), Documento Encontrado En La Tesis De Prado, A. M. (2007). Evaluación De La Harina De Gualusa (*Xanthosoma Sagittifolium* Sp.)En La Alimentación De Cuyes Mejorados (*Cavia Aparea Porcellus*). La Paz.
31. Carol Arenas Y Diana Pedraza Evaluación Del Proceso De Modificación De Almidón De Papa Mediante Acetilación Y Oxidación, Para Su Aplicación Como Excipiente En La Industria Farmacéutica A Nivel Laboratorio Pagina 31-33
32. Diámetro De Feret, Diámetro De Martin, Diámetro De Stokes, Determinación Por Tamices Y Mastersizer 200
33. (Tomasik, P., Fiedorowicz, M., And Para, A. 2004).
34. (Elliason 2004).
35. (Wurzburg, O.B. And Vogel, W.F 1984).
36. (Rogols, 1986).
37. ( Xu Et Al .2004) (24)
38. (<https://es.m.wikipedia.org/wiki/acetilacion>, 2016)
39. Diapositiva Juan José Carrascal Sánchez
40. [Www.Aditivos-Alimentaros.Com](http://www.Aditivos-Alimentaros.Com)
41. ([https://www.ecured.cu/estabilizante\\_alimentario](https://www.ecured.cu/estabilizante_alimentario))
42. [Http://Www.Comidiendo.Com/Almidon-Modificado/](http://Www.Comidiendo.Com/Almidon-Modificado/)
43. (Weber, Claus, 2000).
44. Shanks, Kong. (2011).
45. [16] Otey, F. And Westhoff, R. Biodegradable Starchbasedblown Films. Us4337181. U.S. Pto. 1982.
46. [Https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Naranja](https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Naranja)
47. Apuntes Bromatología Doctora María M. Monasterios Arza
48. [Https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Cereza](https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Cereza)
49. Webster A.D. & N.E. Looney (1996).
50. Singh Y Singh (2001)
51. Bibliografía Tomado De Boyer, R.F. :Modern Experimental Biochemistry, 1s Ed., Benjamín/Cummings, Menlo Park, Ca, 1986, Pp. 145-157
52. [Http://Www.Labome.Es/Method/Protein-Quantitation.Html](http://Www.Labome.Es/Method/Protein-Quantitation.Html)
53. [Http://Www.Euroschool.Lu/Prof.Montilla/Ficheroactivi/Actividadesbio4\\_6/Pproteinas](http://Www.Euroschool.Lu/Prof.Montilla/Ficheroactivi/Actividadesbio4_6/Pproteinas)
54. Rincón, Alicia Mariela, Et Al. Efecto De La Oxidación Sobre Algunas Propiedades Del Almidón De Semillas De Fruto De Pan (*Artocarpusaltilis*).En: Archivos Latinoamericanos De Nutrición. Septiembre, 2007. Vol. 57, No. 3, P. 287-294.

55. Korhonen, Ossi. Et Al. Evaluation of Novel Starch Acetate–Diltiazem Controlled Release Tablets In Healthy Human Volunteers. En: Journal Of Controlled Release. Marzo, 2004. Vol. 95. P. 515.
56. [https://es.wikipedia.org/wiki/Valoraci%C3%B3n\\_%C3%A1cido-base](https://es.wikipedia.org/wiki/Valoraci%C3%B3n_%C3%A1cido-base)
57. [www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/.../es/intro\\_viscosidad.pdf](http://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/.../es/intro_viscosidad.pdf)
58. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/lec/labviscosidad.pdf>
59. <http://www.ehu.es/imacris/pie06/web/lr.htm> Martes 3:37 Junio.
60. Tomado Del Libro, Principios De Química Orgánica
61. Tomado De La Web. Asturnatura.Com
62. Tomado De Núñez- Breton
63. Tomado Biennow Et Al.2003
64. Ministerio De Desarrollo Sostenible Y Planificación De La República De Bolivia, UMSA, Trabajo Dirigido; Efecto De Tres Niveles De Harina De Walusa En La Producción De Codornices De Postura En La Provincia Murillo.
65. Tomado De Las Diapositivas Pruebas Reológicas
66. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/13627/36577>
67. Tomado De La Tesis, Efecto Del Nivel De Acetilación En Las Características Morfológicas Y Moleculares Del Almidón De Plátano (Musa Paradisiaca L.)
68. Tomado De La Tesis, Acetilación De Almidón De Millo Y Evaluación.
69. <https://www.google.com/search?q=imagenes+del+espectro+visible&tbo=U&source=univ&sa=X&ved=0ahukewil7ckxokvyahufepakthlc34qsajiw&biw=1366&bih=662> 27 De Diciembre.