



**UNIVERSIDAD DE SONORA**

**Escuela de Ciencias Químicas**

**CUANTIFICACION Y OBTENCION DE ALMIDON  
A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑAGRIA**

**INVESTIGACION TECNOLOGICA**

**Que para obtener el Título de**

**QUIMICO**

**Presenta**

*MARIA MAGDALENA GONZALEZ AGRAN*

**Lydia Toscano Palomar**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

	Pag
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS	3
Naturaleza Química del Almidón	3
Estructura Molecular	3
Estructura del Gránulo del Almidón	4
Propiedades Físicas y Químicas	6
Propiedades Físicas	6
Propiedades Químicas	8
Usos	11
Procesos Tradicionales de Obtención de Almidón	14
Obtención de Almidón a Partir de Papa	14
Obtención de Almidón a Partir de Maíz	15
Métodos de Cuantificación de Almidón	15
Método Volumétrico	18
Método Polarimétrico	18
Método Colorimétrico	18
III. MATERIALES Y METODOS	19
Materia Prima	19
Métodos para Cuantificación de Almidón	19
Métodos para Extracción de Almidón	23
Proceso I	23
Proceso II	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	27
Cuantificación de Almidón	27
Extracción de Almidón	31
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
VI. BIBLIOGRAFIA	39

## I. INTRODUCCION

La cañagria (*Rumex hymenosepalus*) pertenece a la familia de las poligonáceas, género *Rumex* y especie *hymenosepalus*.

Su nombre vulgar se deriva del sabor ácido que tienen sus pecíolos y pedúnculo carnosos. Es una planta herbácea que mide aproximadamente unos 50 cms. de altura pero llega a tener hasta un metro en terrenos fértiles.

El principio activo más importante de la cañagria es el tanino localizado en su raíz. La materia colorante que tiene la raíz se encuentra en celdillas aisladas estando el almidón localizado en las de color claro.

La cañagria es una planta silvestre distribuida principalmente en los estados de Chihuahua y Sonora (2).

Durante los últimos tres años el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (C.I.C.T.U.S.) ha venido realizando estudios tendientes al desarrollo de un proceso de obtención de extractos curtientes a partir de la cañagria.

Durante dichos estudios se ha observado que el extracto curtiente contiene cantidades considerables de almi -

dón, el cual podría ser extraído y utilizado.

En el presente trabajo se pretende acondicionar un método de los ya existentes para cuantificar el almidón, dadas las condiciones particulares de la materia prima con que se dispone y establecer un proceso de extracción del almidón a nivel laboratorio.

## II. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

### Naturaleza Química del Almidón

#### Estructura Molecular.

El término almidón no es aplicado a un solo compuesto, sino a dos polisacáridos que pueden sufrir hidrólisis completa hasta D-Glucosa. Uno es polímero lineal: amilosa; y el otro un polímero ramificado: amilopectina. Una tercera sustancia muy cercana a las dos anteriores es el glucógeno, con una estructura más altamente ramificada, y el cual es la forma en la que el organismo animal almacena carbohidratos.

En la amilosa las unidades de glucosa son anillos de 6 carbonos (piranosa) formada de la reacción del grupo aldehído con el hidróxilo del carbón 5 de la misma unidad. El polímero se forma de la combinación de estas unidades a través de un enlace acetal, entre el grupo aldehído de una unidad y el hidróxilo en el carbono 4 de otra unidad. La estereoconfiguración en el carbono 1, es de la forma  $\alpha$  glucosídico. Usualmente las amilosas de raíces y tubérculos se ha encontrado que tienen más altos pesos moleculares que aquéllas

amilosas de cereales. El promedio de pesos moleculares obtenidos por mediciones de presión osmótica está entre 250 000 a 1.1 millones.

La estructura química de amilopectina es básicamente la misma que la de amilosa excepto que los grupos aldehídos de algunas unidades de D-Glucosa están unidas a hidroxilos de otras en el carbono 6 junto con los enlaces al carbono 4, dando una estructura ramificada.

La determinación química de grupos terminales reductores (aquellas donde el carbón 1 tiene un grupo aldehído libre ó en potencia), muestran un grupo terminal por cada 20-25 D-Glucosas practicamente para todas las amilopectinas que se han ramificado lo cual implica la existencia de una ramificación.

Se ha llegado a la idea de que la molécula de amilopectina es mucho más larga que la de amilosa, pero, el promedio de pesos moleculares obtenidos por presión osmótica ó reducción de grupos terminales varía de 50 000 a 1 millón, lo cual no confirma lo anterior (5).

#### Estructura del Gránulo de Almidón.

Una única característica del almidón que es de gran importancia para su determinación es la forma natural de sus agrupaciones ó gránulos. La mayoría de los almidones

contienen amilosa y amilopectina dentro del gránulo. Usualmente la amilosa representa entre 20 y 30% del total de almidón, aunque esta proporción varía dependiendo de su origen. En almidones de diferente origen estos dos tipos de molécula difieren en cuanto a peso molecular y probablemente, por lo menos en el caso de amilopectina, en la estructura. Los almidones son tan semejantes que tienen muchas propiedades en común; de aquí se considera que cada especie tiene su tipo específico de gránulo de almidón. En efecto el origen de una muestra de almidón puede ser identificado con alto grado de certeza por examen microscópico. Sin embargo los almidones de maíz y sorgo ambos de variedad cerosa no se pueden diferenciar.

El arreglo exacto de las moléculas de amilosa y amilopectina dentro del gránulo no es bien conocido pero se tienen evidencias que estas moléculas se encuentran íntimamente asociadas formando regiones cristalinas y amorfas que difieren en el grado de asociación existente entre ellas.

Se ha observado que solo parte del almidón en el gránulo se encuentra en forma cristalina teniéndose una estimación del 21%. Este grado de orientación molecular, ó cristalización, es suficiente para causar que el gránulo sea birrefringente de tal manera que puede ser observado bajo un

plano de luz polarizada. Modernas investigaciones indican que la estructura de las regiones cristalinas y amorfa es relativamente uniforme por todo el gránulo y que las viejas teorías de capas alternadas de amilosa y amilopectina son insostenibles (5).

### Propiedades Físicas y Químicas

#### Propiedades Físicas.

El diámetro de los gránulos de almidón de los cereales varía entre 3 y 20 micras; el de raíces y tubérculos, entre 10 y 100 micras. Estudiando en el polvo de almidón los diagramas de difracción de los rayos X, se han medido varios tipos de células unitarias de red cristalina. Todos los gránulos naturales son birrefringentes, y observados con luz polarizada muestran una sombra característica en forma de cruz en el centro morfológico del gránulo.

Las propiedades coloidales más importantes del almidón en dispersión ó en solución acuosa son la transparen-cia, el color, la viscosidad, fluencia, resistencia del gel, potencia adhesiva y capacidad de formar película. Los fabricantes suelen vender diversos productos de almidón según especificaciones relativas a dichos caracteres, graduados con una escala arbitraria.

Los gránulos de almidón se hinchan progresivamente cuando se calientan en agua a 60-70°C; se disuelven los polímeros lineales más cortos; a temperaturas más altas, los gránulos se gelatinizan. Con la gelatinización se pierde la birrefringencia, se desintegra el gránulo y se forma una pasta ó un gel según el origen y la concentración del almidón. En general, los gránulos pequeños se gelatinizan más despacio y a temperaturas más elevadas que los grandes. La temperatura para la gelatinización en el agua fluctúa entre 60 y 80°C. La temperatura y el modo de gelatinización caracterizan la variedad botánica del almidón y pueden ser utilizadas para determinar su origen.

Un gel de almidón, durante su almacenamiento, sufre un fenómeno denominado Sinerisis que implica la pérdida de agua del gel con la consecuente asociación de las moléculas del almidón perdiéndose la estructura del gel, formando estructuras cristalinas diferentes de las originales en el gránulo de almidón. Este fenómeno se denomina Retrogradación y tiene características que difieren de acuerdo con la fuente del almidón, específicamente con las proporciones de amilosa y amilopectina en dicho almidón ya que este fenómeno se favorece en presencia de amilosa. El almidón es un absorbente eficaz de los aceites, los ácidos grasos y el agua. El almi-

dón cuidadosamente desecado absorbe hasta 30% de humedad, dependiendo de la humedad del aire; gran parte de esta humedad es retenida por enlace de hidrógeno en los hidroxilos de las moléculas del almidón. El calor de hidratación del almidón es aproximadamente de +25 cal./gramo. Los iones metálicos son adsorbidos y la cantidad adsorbida aumenta con el número de valencia del ión (1).

El volúmen específico del almidón de trigo, completamente seco, es de 0.6710 cm<sup>3</sup>/g. La rotación específica de los almidones de cereales (calculada en base de carbohidratos puros) es  $(\alpha)_D^{25} = +203^\circ$ ; la del almidón de patata es +204°.

#### Propiedades Químicas.

Al dispersarse el almidón en el agua, forma un sol que puede fraccionarse en sus componentes poliméricos mediante la adición de sustancias polares, particularmente de alcoholes superiores. La amilosa forma con el alcohol butílico un complejo que puede ser sedimentado por centrifugación. La cantidad de amilosa obtenida varía según el origen del almidón. Los almidones procedentes de los llamados granos céreos como ciertas variedades de maíz y sorgo, no contienen amilosa; por el contrario los provenientes de ciertas variedades de chícharos contienen 75% de amilosa en peso. Los almidones

comunes contienen 15-30% de amilosa.

La propiedad química del almidón que en la actualidad tiene la mayor importancia industrial es la relativa facilidad con que su enlace polimérico es hidrolizado por los enzimas y por los ácidos. El almidón gelatinizado por calentamiento con agua ó disuelto con hidróxido sódico, seguido de neutralización, es fácilmente hidrolizado por las amilasas. Estas enzimas se obtienen de bacterias, hongos, plantas superiores y animales. Se distinguen tres grupos de amilasas según el curso de la hidrólisis.

La  $\alpha$ -amilasa disocia las grandes moléculas poliméricas del almidón en moléculas más pequeñas. La hidrólisis progresiva termina en la producción de moléculas de azúcar. Es característica de esta reacción la disminución rápida de la viscosidad del medio de almidón con muy pequeña producción de azúcares reductores, esta reacción se utiliza industrialmente para fabricar adhesivos y aprestos de almidón con baja viscosidad.

La  $\beta$ -amilasa desdobla directamente las moléculas de amilosa casi cuantitativamente en el disacárido maltosa; las moléculas de amilopectina se hidrolisan hasta 50-60%. El residuo que queda ("dextrina limitada por la beta-amilasa") es de peso molecular relativamente elevado y contiene

todos los enlaces glucosídicos anómalos de la molécula primitiva del almidón.

Un tercer tipo de amilasa, llamado amiloglucosidasa, hidrolisa las moléculas de almidón de ambas estructuras directamente con formación del monosacárido D-Glucosa (dextrosa). Las reacciones de sacarificación se emplean por las industrias de fermentación que utilizan el almidón como subtrato. Como se cree que las enzimas productoras de maltosa y de glucosa actúan solamente sobre los grupos terminales de azúcares no reductores en el polímero del almidón, se deduce que una de las principales funciones de la  $\alpha$ -amilasa, que acompaña en la naturaleza a las enzimas sacarificantes, es facilitar la acción de éstas mediante la creación de más grupos terminales por unidad de peso. De este modo, se acelera la hidrólisis completa del almidón en azúcar.

Aunque las amilasas pertenecientes a una misma clase actúan cualitativamente de la misma manera sobre el almidón, algunas manifiestan, según su origen, diferencias cuantitativas en su modo de acción.

Los ácidos hidrolisan todos los almidones hasta la D-Glucosa. Lo mismo que las enzimas, los ácidos causan al principio reducción en la viscosidad de la pasta; sin embargo, los ácidos, en contraste con las enzimas, penetran en

las secciones amorfas de los gránulos aún no hinchados, de modo que es posible realizar la hidrólisis a temperaturas notablemente más bajas que las requeridas para la gelatinización, hecho que se utiliza en la fabricación de almidones modificados. Cuando esos almidones modificados por los ácidos se gelatinizan, la consistencia de la pasta en una concentración determinada es menor que la del almidón natural. Los grupos alcohólicos del almidón reaccionan con los aldehidos en medio ácido por condensación y es muy probable que se formen enlaces cruzados entre dos moléculas de almidón adyacentes mediante el carbono del grupo aldehídico. El producto final no es nada dispersable en el agua.

La coloración de la muestra con una solución de yodo muy diluida es usada para la diferenciación entre variedades ordinarias y cerosas; la amilosa en las ordinarias es teñida de azul por el yodo, en cambio las cerosas las cuales están compuestas enteramente de amilopectina son teñidos de rojo (1).

#### Usos

El almidón se utiliza como promotor del enlazamiento de las fibras de celulosa durante la formación de hojas de papel, como acabado fino en la impresión. Almidones y dex

trinas también se usan como adhesivos para cartones en la fabricación de cajas de fibra sólida. En textiles se emplea como sellador de algodón, estambre y rayón hilado, en estas aplicaciones el almidón ajusta las fibras sueltas de la su -  
perficie del hilo y refuerza el tejido al desgaste por el uso. Las pastas de almidón de papa penetran en las fibras más profundamente, antes del congelamiento, que las pastas de almidón de cereales y consecuentemente las fibras se adhieren más fuertemente. La flexibilidad de las películas de almidón de papa con relación a otros almidones, permiten a la fibra torserse al ser tejida a más baja humedad lo cual sería posible de otra manera. Las pastas tersas y claras obtenidas en el almidón de papa también tienen otras ventajas en el torcido de las fibras: el acabo terso en el torcido es fácil de remover, la baja tendencia del almidón de papa a la retrogradación del gel es una ventaja en caso de que el proceso sea parado. El almidón de papa se usa considerablemente en el acabado del hilo de coser y tela de algodón. La superficie obtenida es de una tersura superior.

El almidón en la industria de alimentos se utiliza grandemente en panificación también se usa como espesante en sopas. El almidón pre-gelatinizado se usa en gran escala para pudines instantáneos, la fórmula seca de estos es princi-

palmente: almidón soluble, azúcar y saborisantes. La adición de leche fría disuelve rápidamente al almidón pre-gelatinizado y se presenta la gelificación. El almidón de papa es un buen agente espesante para relleno de pasteles en el cual se desea un particular tipo de gel.

El almidón nativo de papa no se usa en pasteles rellenos de fruta debido a que el almidón es muy susceptible a la hidrólisis ácida, pero un almidón de papa ramificado se adapta bien para este propósito.

El almidón de papa se usa en la industria de confitería para los siguientes propósitos: a) como un medio para modelado de dulces así como jaleas y chicles, b) como agente aglutinante para impartir tersura y estabilidad a caramelos y bombones, c) como agente espesante en jaleas sintéticas y d) como agente polveador, mezclado con azúcar pulverizada, para gomas dulces, gomas de mascar y otros.

El almidón que se usa como adhesivo es almidón modificado y en su mayoría en forma de dextrinas. Las películas de dextrinas provenientes de almidones de tubérculos tienen una mayor flexibilidad y resistencia a desquebrajarse que a las dextrinas de cereales. Las dextrinas de papa tienen muchas aplicaciones en donde se requieren dextrinas de alta adherencia y de películas residuales flexibles, por

ejemplo: como agentes ligantes en papel de lija, telas abrasivas y encuadernado, además las películas de dextrinas de papa también destacan por su facilidad a rehumedecerse; estas propiedades se desean en mucílagos usados para estampillas, etiquetas, sobres y papel adhesivo.

Otros: a) Como aditivo en la levadura en polvo, b) como materia prima en la fermentación, c) como ligante en comprimidos, d) aumenta el poder detergente en jabones y surfactantes activos, e) como materias primas en la manufactura de nitroalmidones, f) como estabilizador consistente para la reducción de pérdidas de agua en los lodos usados en la perforación de pozos de petróleo y g) como agente gustativo en mezcla de insecticidas (7).

#### Procesos Tradicionales de Obtención de Almidón

Son varios los métodos de obtención de almidón los que se conocen, sin embargo todos siguen el mismo principio con pequeñas variaciones hechas de acuerdo con las condiciones de la materia prima inicial.

Obtención de Almidón a Partir de Papa.

En resumen los pasos básicos en el procesamiento de almidón de papa es como sigue: las células son desintegra

das por molienda para liberar el almidón. Cáscara y fibra son separadas del almidón por tamización de la mezcla. La eliminación de impurezas solubles se efectúa por lavado, y las insolubles se separan del almidón y se secan. El lapso de tiempo del proceso del almidón es en una hora con tecnología moderna. Se adiciona  $SO_2$  en algunos pasos del proceso con el fin de inhibir la acción oxidante de enzimas que provocaría cambios de color en el almidón (7), (ver Fig. No.1).

#### Obtención de Almidón a Partir de Maíz.

Este proceso consiste primordialmente de la hidratación de los granos de maíz a  $50^{\circ}C$  durante 35 a 45 horas, esto es con el fin de que en el momento de la molienda la cascarilla y el germen se separen fácilmente del endospermo sin deteriorar a los gránulos del almidón, además de que se facilita la extracción de almidón (ver Fig. No.2).

En la molienda gruesa se realiza la separación de la cubierta y el germen, este último debido a su elevado contenido de aceite tiende a flotar y se elimina por derramamiento. El resto del proceso no difiere del anterior (1).

#### Métodos de Cuantificación de Almidón

##### Método Volumétrico.

Se utiliza en determinación de almidón en plantas

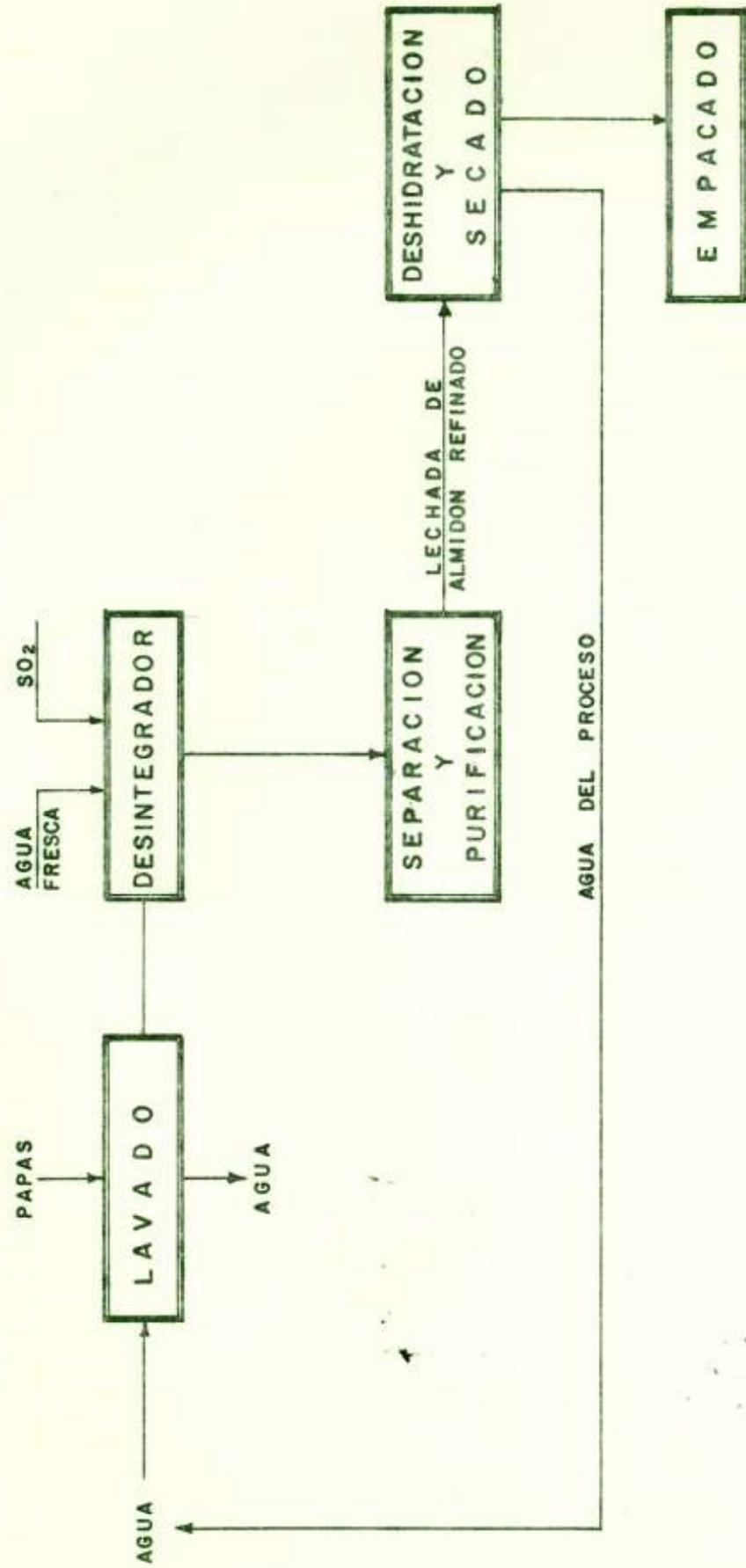


Fig. No. 1 PROCESO DE OBTENCION DE ALMIDON A PARTIR DE PAPA

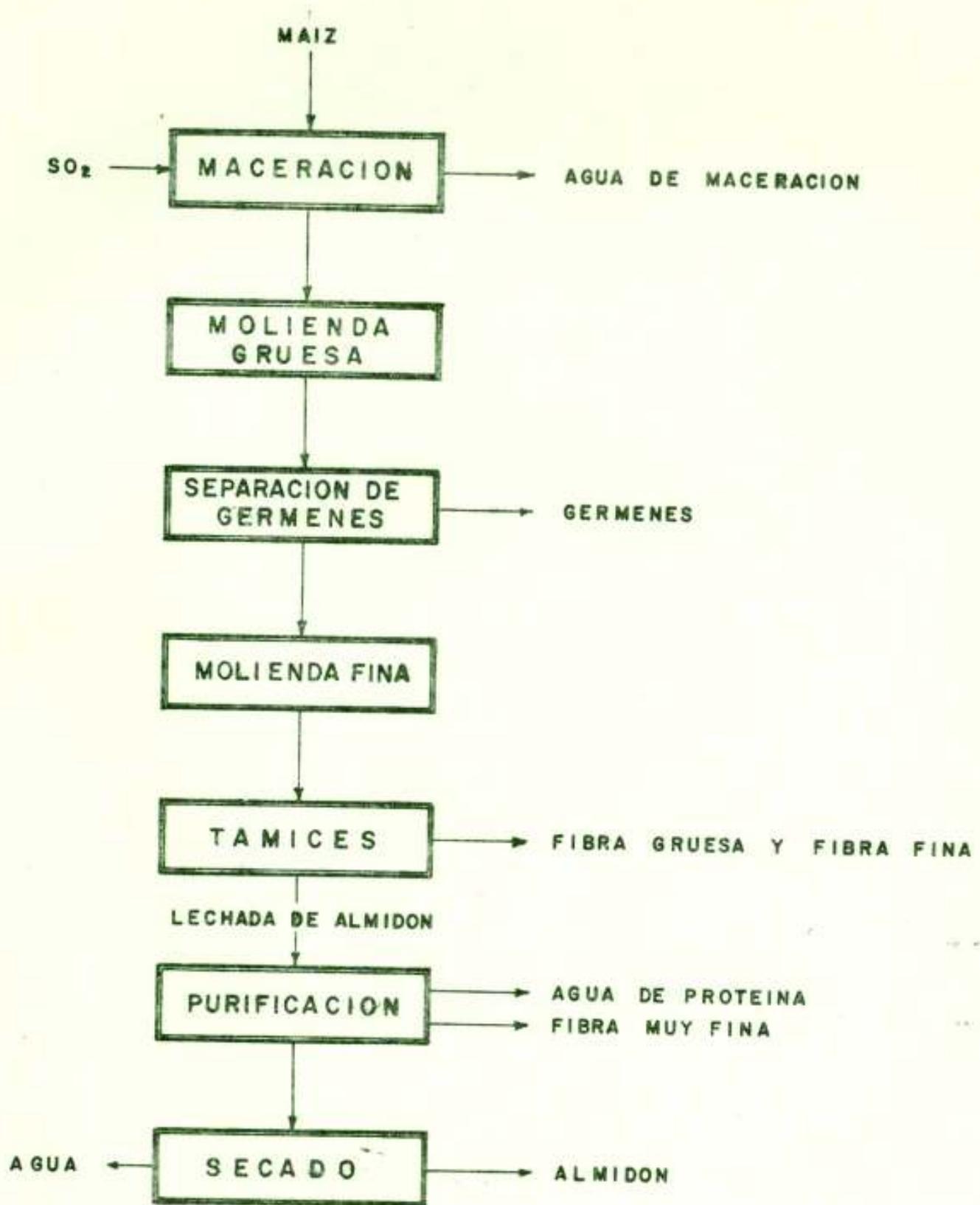


Fig. No. 2 PROCESO DE OBTENCION DE ALMIDON A PARTIR DE MAIZ

y es una determinación indirecta y de retrovaloración en la cual primero se hace una separación del almidón de la muestra, seguida de una hidrólisis ácida de este almidón para tener azúcares reductores. Estos reaccionan con una solución cuproalcalina formando óxido cuproso en proporción a la cantidad de reductores presentes. El óxido cuproso reacciona con yoduro el cual está en exceso.

#### Método Polarimétrico.

El almidón en solución tiene actividad óptica, la cual hace que desvíe la luz polarizada, dependiendo de la concentración de almidón presente el ángulo de rotación será mayor o menor.

#### Método Colorimétrico.

Este método tiene como fundamento, el disolver el almidón y rompimiento de ramificaciones con el fin del desarrollo del color en presencia de yodo, por la formación del complejo almidón-yodo, el cual será más intenso cuanto más alta sea la concentración.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Materia Prima

En el presente trabajo se usaron dos tipos de mate  
ria prima. Cañagria entera, esta se usó en la comparación de  
los métodos de cuantificación de almidón. El bagazo de caña-  
gria, materia prima principal de este estudio, fué proporcio  
nada por un segundo grupo de investigación dedicado a la ob-  
tención de extractos curtientes, este bagazo es el producto  
residual de la obtención de extractos curtientes a partir de  
la cañagria.

#### Métodos para Cuantificación de Almidón

De acuerdo a la bibliografía disponible y a las ca  
racterísticas de la muestra problema se experimentaron tres  
métodos de determinación de almidón:

Método Volumétrico (3)

Método Polarimétrico (3)

Método Colorimétrico (6)

El objeto de probar tres métodos, fué el de obser-  
var la facilidad de determinación, así como, su constancia

en los resultados. A los tres métodos probados fué necesario hacerles modificaciones sobre todo en cuanto al tamaño de muestra a utilizar.

Las técnicas de determinación de almidón se probaron tanto para cañagria como para bagazo de cañagria.

Al método volumétrico se le hicieron adaptaciones a su versión original, únicamente en cuanto al tamaño de muestra adecuada a cuantificar.

#### Método Colorimétrico.

Reactivos usados para el desarrollo del método:

- a) HCl Concentrado
- b) HCl 1 + 1
- c) HCl 1 + 9
- d) Solución I-KI.- Pesar 7.5 gr de KI y 5 gr de I<sub>2</sub> por litro de solución.
- e) Algodón

Procedimiento: Pesar un gramo de muestra para determinar almidón y pesar 1 ó 2 grs para determinar humedad. Colocar la muestra en un desintegrador eléctrico, agregar una pequeña cantidad de agua destilada (40-80 ml). Vierta a un vaso de 250 ml. Cuantitativamente usando pequeñas cantidades de agua para enjuagar y llevar a 100 ml. Calentar en un baño justo bajo el punto de ebullición durante 15 minutos,

llevar el contenido del vaso a un crisol colocado en un matraz de succión, drenar y lavar el residuo con 10 ó 12 ml de agua caliente. Agregar 25 ml de HCl 1 + 1 en el crisol filtro y dejar durante 2 a 3 minutos. Aplicar succión durante 2 minutos con 25 ml de HCl 1 + 1. Drene y restablezca la presión; agregar 25 ml de HCl concentrado y dejar 19 a 20 segundos. Reinicie la succión y agite el frasco.

Lavar el residuo con 200 ml de agua caliente y pruebe la presencia de almidón en el crisol agregando 1 a 2 gotas de I-KI. Trazas de almidón dan una apariencia azul.

La solución de almidón se pasa a un matraz volumétrico de 500 ml y se afora con agua. Mezclar perfectamente y si la solución es turbia centrifugar aproximadamente 50 ml durante 10 minutos.

Pipetear 25 ml de la solución sobrenadante a un matraz volumétrico de 50 ml, agregar 2.5 ml de I-KI, aforar con agua y mezclar bien.

Medir absorvancia a 580 nanómetros, contra un blanco preparado diluyendo 25 ml de HCl 1 + 9 y 2.5 ml de I-KI aforando a 50 ml con agua. Leer la concentración del almidón en la curva de calibración y calcule porcentaje de almidón.

Curva de calibración: pesar 0.1 gr de almidón solu

ble de papa corregido con humedad y cenizas dentro de un vaso de 250 ml, agregar 100 ml de agua, calentar durante 5 minutos en baño maría justo antes del punto de ebullición.

Agregar 1 gr de algodón a la solución y calentar 15 minutos ó más, decantar con succión a la solución a través de un filtro de vidrio, lavar con agua caliente y refiltre.

Proceder con la extracción con HCl en la misma forma como se procedió con la muestra problema. Diluir el filtrado a 500 ml.

Centrifugar una porción de la solución por 10 minutos y tomar alícuotas para la curva de calibración (6).

#### DILUCIONES PARA LA CURVA DE CALIBRACION

Concentración de almidón mg/lt	Volumen total ml	Alícuotas del A. 2 gr/lt	Agua ml	Solución I-KI ml
10	100	5	0	5
20	100	10	5	5
30	100	15	10	5
40	100	20	15	5
50	100	25	20	5

Nota: Las diluciones se realizan con solución de HCl 1 + 9.

## Métodos para Extracción de Almidón

Con el propósito de llevar a cabo la extracción de almidón se experimentaron dos procesos de experimentación:

Extracción de almidón con molienda seca de la materia prima (Proceso I).

Extracción de almidón con molienda húmeda de la materia prima (Proceso II).

### Proceso I.

La materia prima se sometió a la operación de molienda en un molino Fluor Grinding Mill Tipo SCX, obteniéndose se diferentes tamaños de partículas las cuales se separaron en mallas de 20, 40, 60, 100 y 200.

Las extracciones se efectuaron con 50 grs de muestra de cada tamaño de partícula y a temperaturas de 28 y 40°C, manteniéndose siempre una relación de solvente (agua)-sólido de 20: 1.

Las extracciones se efectuaron en un recipiente tipo tanque agitado durante 24 horas.

Después de este tiempo la mezcla se separó utilizando mallas de 100 y 200 obteniéndose por un lado el extracto de almidón y por otro materia prima parcialmente extraída la cual se sometió sucesivamente a dos lavados más con agua

fresca con el objeto de efectuar una mayor extracción. Los extractos de almidón obtenidos tanto de la operación de extracción como de los lavados se sometieron a centrifugación obteniéndose por un lado agua y por otro un concentrado de almidón el cual se sometió sucesivamente a lavado y a centrifugación tres veces más. El concentrado final de almidón se sometió a la operación de secado (ver Fig. No.3).

#### Proceso II.

En este proceso la materia prima, la cual tiene en rebanadas de aproximadamente 3 mm de espesor y 3 x 2 cm de tamaño, 50 grs de muestra se sometieron a una operación de hidratación en una relación líquido-sólido de 15:1 durante 6, 12 y 24 horas; y a 3 diferentes temperaturas: 20, 35 y 45°C.

Una vez hidratada la muestra, se sometió a una operación de molienda en una licuadora durante 2 a 3 minutos, obteniéndose una mezcla la cual se separó en mallas de 100 y 200. A partir de este punto se repitieron las operaciones de lavado de la muestra, parcialmente extraída y de recuperación de extracto así como de concentración y secado de almidón descritas en el proceso I (ver Fig. No.4).

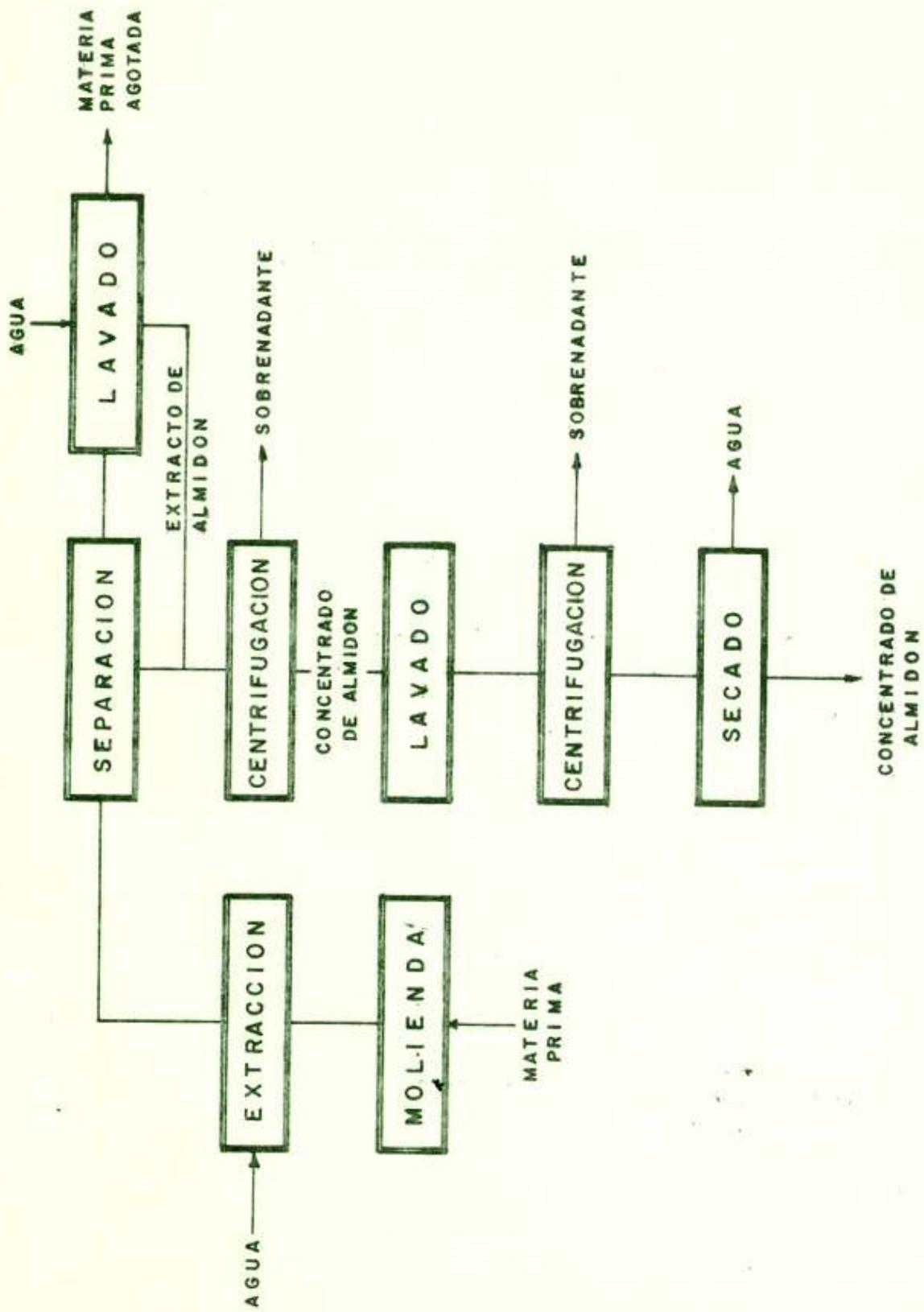


Fig. No.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO I

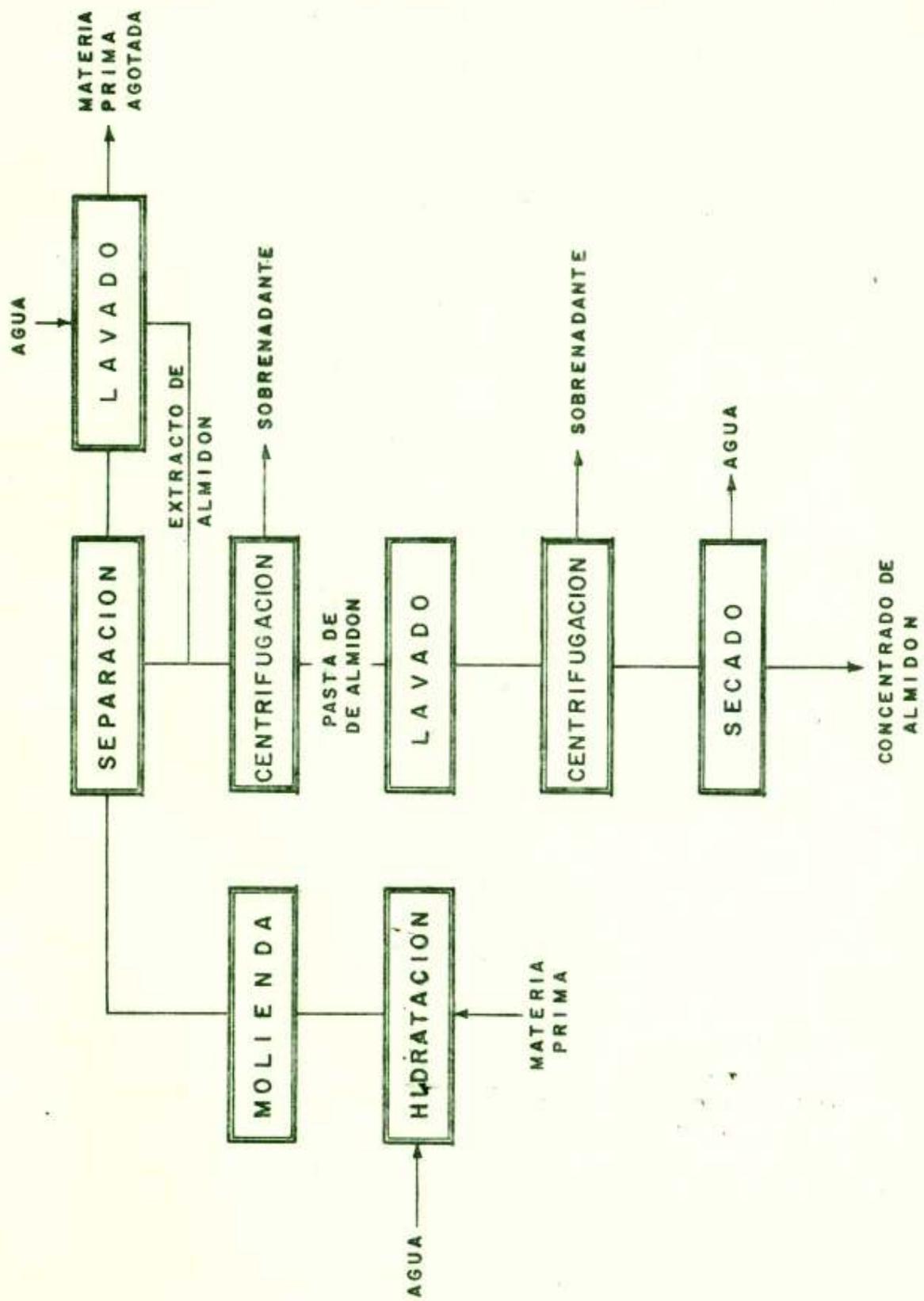


Fig. No. 4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO II

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

##### Cuantificación de Almidón

Se comparan los 3 métodos expuestos en el capítulo anterior pretendiendo seleccionar el más adecuado para las condiciones de la muestra que se manejó, considerando las reproducibilidad y exactitud de los resultados así como la facilidad de la determinación. Para los fines de trabajo las determinaciones se llevaron a cabo tanto en bagazo como en cañagria entera.

Los resultados obtenidos en cada una de las determinaciones se pueden ver en las tablas I, II y III, al igual que los promedios y desviación estandar de dichos resultados. De ellos se concluye que en las condiciones en que se llevaron a cabo las determinaciones, el método más adecuado para la cuantificación de almidón en cañagria y bagazo, en cuanto a su constancia de resultados, es el colorimétrico; además se puede observar que este método da resultados intermedios comparado con el polarimétrico cuyos resultados son siempre menores y con el volumétrico con resultados siempre mayores.

Otros criterios usados para seleccionar el método

Tabla No.1

RESULTADOS DE ANALISIS DE MUESTRAS PROBLEMA  
UTILIZANDO EL METODO VOLUMETRICO.

MUESTRA	PESO mg	% DE ALMIDON	PROMEDIO %	DESVIACION ESTANDAR %
Cañagria	0.05	34.00		
"	0.05	35.00		
"	0.05	32.80	33.70	2.70
"	0.05	35.00		
"	0.05	35.00		
"	0.05	30.87		
Bagazo	0.02	51.50		
"	0.02	59.03		
"	0.02	49.75	55.80	16.54
"	0.02	58.27		
"	0.02	58.42		
"	0.02	57.90		

Tabla No. II

RESULTADOS DE ANALISIS DE MUESTRAS PROBLEMA  
UTILIZANDO EL METODO POLARIMETRICO

MUESTRA	PESO gr.	LECTURA °α <sub>D</sub> <sup>25</sup>	% ALMIDON	% PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR %
Cañagria	2.001	1.320	32.29		
"	2.001	1.300	31.80	31.50	1.27
"	2.001	1.234	30.18		
"	2.001	1.240	30.33		
Bagazo	2.003	2.049	50.11		
"	2.003	2.245	54.88	53.60	5.61
"	2.002	2.255	54.88		
"	2.002	2.241	54.78		

Tabla No. III

RESULTADOS DE ANALISIS DE MUESTRAS PROBLEMA  
UTILIZANDO EL METODO COLORIMETRICO

MUESTRA	PESO mg.	ALMIDON mg.	% ALMIDON	% PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR %
Cañagria	60	19.29	32.16		
"	60	19.14	31.90		
"	60	20.34	33.90	33.00	0.95
"	60	20.40	34.00		
"	60	19.99	33.33		
Bagazo	60	32.79	54.65		
"	60	32.91	54.85		
"	60	32.93	54.88		
"	60	33.00	55.00	54.84	0.01
"	60	32.90	54.83		

de cuantificación fueron: la facilidad para desarrollar la técnica, la rapidez de la misma y los costos del método.

### Extracción de Almidón

La parte esencial del trabajo consistió en determinar las condiciones adecuadas para la extracción del almidón para ello se tomaron como modelo 2 métodos comunes de extracción de almidón, que son los expuestos anteriormente.

Los dos métodos diseñados tienen el mismo principio pero varían en el paso de la molienda. En uno de los métodos la molienda se lleva a cabo con la materia prima en seco (Proceso I), en el otro método la materia prima se hidrata antes de la molienda (Proceso II).

La interpretación de los resultados en los diferentes procesos diseñados se puede hacer en función de la eficiencia de la extracción y de la pureza del extracto expresada como porcentaje de almidón en el extracto.

Del proceso I donde se utilizaron dos diferentes temperaturas de extracción y 5 tamaños de partícula diferentes (ver Tabla IV), podemos observar que sí existe un aumento en la eficiencia de extracción de almidón conforme se disminuye el tamaño de partículas, sin embargo la pureza del extracto disminuye, así por ejemplo, podemos ver que a un tama

ño de malla de 20 se obtiene una eficiencia de extracción de 59% y una pureza de extracto de 78.3%. Cuando el tamaño de malla disminuye a 200, la eficiencia de extracción es de 88.5% y la pureza del extracto de 67.1%.

El aumento tanto de eficiencia de extracción como pureza de extracto se ve influenciado por el aumento de temperatura de extracción, así por ejemplo, a un tamaño de malla 200 se tiene una eficiencia de extracción 88.5% y una pureza de extracto de 67.1% para una temperatura de 28°C. Cuando la temperatura de extracción se eleva a 40°C los valores, para el mismo tamaño de malla, de eficiencia de extracción y de pureza de extracto son de 97.0% y 72.8% respectivamente

En el proceso II (ver Tablas V, VI, y VII) podemos observar que cuando la temperatura de hidratación se aumenta, existe un aumento ligero en la eficiencia de extracción, sin embargo la pureza de extracto permanece prácticamente constante. Analizando el efecto del tiempo de hidratación se observa que conforme éste es mayor, la eficiencia de extracción aumenta ligeramente, no así en la pureza del extracto, así como por ejemplo para un tiempo de 6 horas de hidratación los valores máximos de eficiencia de extracción y de pureza de extracto fueron de 44.5% y 90%, 45.29% y 90%, 50.3% y 91.6% a temperaturas de 20, 35 y 45°C respectiva

Tabla No. IV

EXTRACCION DE ALMIDON A DIFERENTES  
CONDICIONES CON EL PROCESO I

No. de Malla	Temp. de Extracción °C	% de Almidón en la Muestra (Base Seca)	% de Almidón en el Extracto (Base Seca)	Eficiencia de Extracción %
20	40	43.0	83.8	61.4
40	40	46.2	70.0	64.0
60	40	48.5	83.3	75.0
100	40	56.5	83.3	88.1
200	40	60.5	72.8	97.0
20	28	43.0	78.3	59.0
40	28	46.2	76.5	65.0
60	28	48.5	76.2	71.0
100	28	56.5	72.8	76.6
200	28	60.5	67.1	88.5

Tabla No. V

EXTRACCION DE ALMIDON A PARTIR DEL BAGAZO DE  
CAÑAGRIA A TEMPERATURA DE 20°C (PROCESO II)

No. de Co- rrida	Peso de la Muestra ba se seca gr	Tiempo de Hidratación hrs	Temperatura de Hidrata- ción °C	% de Almidón en la Mues- tra	% de Almidón en el Extrac- to	Eficiencia de Extrac- ción %
1 (a)	49.19	6	20	56	91.0	41.79
1 (b)	49.19	6	20	56	91.0	42.26
1 (c)	49.15	6	20	56	90.0	44.57
2 (a)	49.19	12	20	56	90.5	43.41
2 (b)	49.19	12	20	56	90.0	44.57
2 (c)	49.15	12	20	56	93.0	43.30
3 (a)	49.19	24	20	56	90.0	41.27
3 (b)	49.19	24	20	56	93.0	46.50
3 (c)	49.15	24	20	56	91.5	45.50

Tabla No. VI

EXTRACCION DE ALMIDON A PARTIR DEL BAGAZO DE  
CAÑAGRIA A TEMPERATURA DE 35°C (PROCESO II)

No. de Co- rrida	Peso de la Muestra ba- se seca gr	Tiempo de Hidratación , hrs.	Temperatura de Hidratación °C	% de Almidón en la Mues- tra	% de Almidón en el Extrac- to	Eficiencia de Extrac- ción %
4 (a)	49.19	6	35	56	89.9	39.42
4 (b)	49.19	6	35	56	90.0	43.30
4 (c)	49.15	6	35	56	90.0	45.29
5 (a)	49.19	12	35	56	90.0	41.70
5 (b)	49.19	12	35	56	90.8	45.13
5 (c)	49.15	12	35	56	90.6	46.79
6 (a)	49.19	24	35	56	91.4	45.38
6 (b)	49.19	24	35	56	91.6	50.30
6 (c)	49.15	24	35	56	89.9	49.50

Tabla No. VII

EXTRACCION DE ALMIDON A PARTIR DE BAGAZO  
DE CAÑAGRIA A TEMPERATURA DE 45°C  
(PROCESO II).

No. de Co- rrida	Peso de la Muestra pa- seca gr	Tiempo de Hidratación hrs	Temperatura de hidratación °C	% de Almidón en la Mues- tra	% de Almi- dón en el Extracto	Eficiencia de Extrac- ción %
7 (a)	49.19	6	45	56	91.4	45.38
7 (b)	49.19	6	45	56	91.6	50.30
7 (c)	49.15	6	45	56	89.9	49.50
8 (a)	49.19	12	45	56	90.8	45.55
8 (b)	49.19	12	45	56	91.6	50.30
8 (c)	49.15	12	45	56	90.3	51.70
9 (a)	49.19	24	45	56	91.3	46.90
9 (b)	49.19	24	45	56	90.0	50.16
9 (c)	49.15	24	45	56	91.6	51.40

ente. Para un tiempo de 12 horas los valores fueron de 4.57% y 90%, 46.79% y 90.6%, 51.7% y 90.3% a temperaturas de 20, 35 y 45°C respectivamente.

Finalmente para un tiempo de 24 horas los valores fueron de 46.5% y 93%, 50.3% y 91.6%, 51.4% y 91.6% a temperaturas de 20, 35 y 45°C.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El método más adecuado para cuantificación de almidón en cañagria y bagazo de cañagria es el colorimétrico; por lo cual fué el seleccionado para el desarrollo del trabajo de extracción de almidón.

Es técnicamente factible la extracción de almidón a partir de bagazo de cañagria por cualquiera de los dos procesos (I y II) analizados. Aunque el proceso en el que se obtiene mayor rendimiento en la extracción de almidón es el proceso I. En el proceso II la eficiencia es menor pero la pureza del extracto de almidón es mayor en este que en el proceso I.

Se recomienda no tomar los resultados de este estudio como definitivos ya que únicamente son válidos bajo las condiciones a las cuaes se realizó el experimento. Sin em- bargo, tomando en cuenta estas condiciones se recomienda efectuar estudios tendientes a la caracterización de los extractos de almidón obtenidos en los dos procesos, a lograr la separación de almidón en el extracto y la obtención de al- midón a una escala mayor que la de laboratorio.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Kirk E. R., Othmer F. D. 1962. Enciclopedia de Tecnología Química. Editorial UTEHA.
- León Paz Glroía Elena 1966. Obtención de Extracción Curtientes Libre de Almidón de la Cañagria, (*Rumex hymenosepalus*). Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas, Uni-Son.
- Methods of Analysis of the Analytical Chemist. Sección 14.031, 14.032 y 3.096.
- Ordaz Acosta M.A. 1969. Preparación de Extractos Curtientes de la Cañagria (*Rumex hymenosepalus*) según los requerimientos por la industria del curtido, Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas, Uni-Son.
- Osman E. 1972. Food Theory and Applications. Editorial John Wiley. Pag. 158-176.
- Tappi Standards. 1960. T 419 m-18, 43 (5).
- Treadway R.H. Manufacture of Potato Starch. Publication of Eastern Regional Research Laboratory, Philadelphia, Pennsylvania. Pag. 90-94.