

T-241

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



MAXIMO FIDEL LETONA ESTRADA

Guatemala, febrero 1976 .

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Guatemala, Centro América

"DETERMINACION DE UN PROCESO PARA PRODUCIR HARINA PRECOCIDA DE MAIZ "

TESIS

**Presentada a la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería
de la**

Universidad de San Carlos de Guatemala

por

MAXIMO FIDEL LETONA ESTRADA

a l conferírsele el título de

INGENIERO QUIMICO

Guatemala, febrero de 1976

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Ing. Hugo Quán Má
Vocal 1^a	Ing. Julio Campos B.
Vocal 2^a	Ing. J. Roberto Barrios M.
Vocal 3^a	Ing. Leonel Aguilar G.
Vocal 4^a	Br. Jorge V. Guzmán B.
Vocal 5^a	Br. Alejandro Berganza R.
Secretario	Ing. Manuel Angel Castillo G.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL
PRIVADO**

Decano	Ing. Hugo Quán Má
Examinador	Ing. Julio Chávez M.
Examinador	Ing. Carlos Argueta P.
Examinador	Ing. Carlos Rölz A.
Secretario	Ing. José Luis Terrón

DEDICO ESTA TESIS

A mis Padres:

**VICENTE LETONA O.
AMPARO E. DE LETONA**

A mi Esposa:

ANA VIRGINIA GALDAMEZ DE LETONA

A mi Hijo:

MAX MAURICIO

A mis Hermanos

AGRADECIMIENTO

Al Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), en cuyos laboratorios y planta piloto se desarrolló este trabajo, al personal de la División de Química Agrícola, especialmente al Doctor Mario Molina, Científico de la Institución.

También al Ingeniero Julio Chávez Montúfar por todas las facilidades, orientaciones e indicaciones que se sirvieron prestarme.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

**Cumpliendo con lo establecido en la Ley Universitaria, presento a
vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:**

**" DETERMINACION DE UN PROCESO PARA PRODUCIR
HARINA PRECOCIDA DE MAIZ"**

**tema que me fué asignado por la Junta Directiva de la Facultad de
Ingenieria.**

CONTENIDO

	<u>Página No.</u>
1. SUMARIO	7
2. INTRODUCCION	8
2.1 Generalidades	8
2.2 Composición Química y contenido de Aminoácidos	9
2.3 Características Nutricionales	9
2.4 Formas de Consumo	10
3. PARTE EXPERIMENTAL	13
3.1 Materiales y Métodos	13
3.2 Determinación de patrones de harinas precocidas de maíz para Tortear	15
3.3 Determinación del Proceso	19
3.4 Resultados y Discusión	19
4. PROCESO PROPUESTO	24
5. CONCLUSIONES	26
6. BIBLIOGRAFIA	27
APENDICE	

1 SUMARIO:

La producción industrial de harinas para hacer tortillas es virtualmente una adaptación del proceso doméstico (Diagramas números 2 y 3). Básicamente el proceso consiste en cocer el grano entero con agua de cal, lavarlo, pelarlo, molerlo, secarlo, moler la masa seca y empacar la harina "pre-nixtamalizada" para hacer tortillas. Se hicieron evaluaciones químicas y físico-químicas del producto preparado en casa. Liofilizando la masa y luego moliéndola a 60 mallas resultó que el 88.6% del almidón total (64.4%) fué dañado, la viscosidad amilográfica máxima fué 400 U.B.; el contenido de calcio 126.1 mg %, el valor de absorción de agua (a 300 U.B.) 111 ml. % y el valor de sedimentación de Zeleny de 9 ml. De acuerdo con el proceso propuesto la harina de maíz crudo fué tratada con agua en relación de 1:3 y cal (0.3% basado en la harina patrón). Fué pasado a través de un secador de rodillos, usando 15, 20 y 25 psi. de presión interna (203, 211 y 221°F, temperatura de superficie, respectivamente) a velocidades de 2,3 y 4 rpm. El producto así obtenido fué molido a 60 mallas obteniendo harina para hacer tortillas. Las características físico-químicas del producto fueron similares a las del patrón. Los valores de viscosidad máxima son un buen índice de la calidad del producto procesado de esta manera. Los productos obtenidos por el nuevo proceso fueron química y organolépticamente similares a la harina patrón.

2 INTRODUCCION:

El maíz es, en Guatemala, el cereal de mayor consumo humano, el cual por lo general se consume en forma de tortilla. Desde hace algunos años varios industriales se han preocupado en producir una harina precocida para hacer tortillas, produciéndose en la actualidad dos harinas de este tipo. Sin embargo los procesos utilizados en la actualidad no han logrado mejorar la eficiencia en el consumo de energía.

Este hecho conduce a la necesidad de la búsqueda de un proceso diferente que permita reducir el costo del producto sin perjuicio de su valor nutritivo.

2.1 Generalidades

Debido a la gran cantidad de variedades que han aparecido durante los cientos de años en que dicho cereal ha sido cultivado, el mismo representa uno de los más grandes recursos naturales alimenticios del hemisferio americano (12). Se sabe que el maíz fué bien conocido por los Mayas y otros habitantes primitivos de la América Latina y que éste formó parte principal de su religión y cultura (6).

Entre las variedades del maíz, el opaco-2 es de mucha importancia nutricional. En 1964 se informó que el gen recesivo opaco-2 ocasiona cambios significativos en la proteína del endospermo del maíz, que resulta en un excelente balance de los aminoácidos esenciales. Este maíz, comúnmente referido como maíz opaco, se evaluó en dietas controladas en niños, estableciéndose una eficiencia de 90% con respecto a la leche (12).

El consumo humano de maíz en Guatemala se presenta en el Cuadro número 7 en el cual aparece que en los años 1960-61 se consumieron 7.987,400 quintales, llegando el cuadro hasta el año 1969-70 en donde el consumo fué de 9.873,100 quintales. Este consumo se efectúa preparando varios tipos de alimentos, siendo uno de los principales el que se conoce con el nombre de Tortilla, el cual ha sido ya tema de algunas investigaciones (12).

En 1939, Mangelsdorf y Reeves (23) mientras escribían acerca del "Maíz Indio" y sus derivados, indicaron que el maíz crece de los 58° latitud norte en Rusia y Canadá, hasta los 40° latitud sur en Australia. Igual-

mente se desarrolla en los valles del Caspio, los Andes Peruanos a una altura de 3660 metros. Se cultiva en áreas con una precipitación pluvial de 250 mm., así como también en regiones donde la precipitación alcanza hasta 5080 mm. Crece, asimismo, en lugares de veranos cortos como los de Canadá o en aquellos de trópicos perpetuos como los de Colombia.

2.2 Composición Química y contenido de Aminoácidos

Los resultados analíticos representativos de dos tipos de maíz de Guatemala se muestran en el Cuadro número 8 (7). El contenido de aminoácidos de la proteína del maíz es más o menos constante. Valores representativos se muestran en el Cuadro número 9 (8). Se puede ver que todos los resultados presentan la misma característica; es decir, la baja concentración de los aminoácidos esenciales, lisina y triptofano, en comparación con los valores de otras proteínas, como la leche. Pueden notarse también valores altos como los de la leucina. El teosinte, un posible precursor del maíz, muestra una composición similar a la del maíz (8).

Desde que se descubrió que el almidón estaba compuesto de dos tipos de moléculas, Amilosa y Amilopectina, la tecnología de alimentos se ha ocupado de la investigación de la funcionalidad de estos dos productos en los alimentos (21). Aunque las fracciones de almidón han sido aisladas desde hace algún tiempo, fué en el año de 1952 en que Vineyard y Bear (25) descubrieron el gen *Eae* del maíz, el cual permite una buena producción de amilosa de buena calidad. Senti (1967) estudió las propiedades físicas y químicas del almidón de maíz, así como también las dificultades en el procesamiento de este cereal (24).

De la Fuente (1975) estudió tres variedades de maíz: salpor, dentado y opaco-2, obteniendo contenidos de almidón de 75% para el salpor, 73% para el dentado y 71% para el opaco-2. Reporta también que el maíz salpor tiene mayor viscosidad (1740 U.B.), seguido del maíz dentado (1230 U.B.) y por último el opaco-2 (980 U.B.).

Cortez y Wild-Altamirano (14) reportan cambios en el contenido de carbohidratos para maices de diferentes variedades criollas e híbridas. Estas variaciones varían de 64.8% a 74.9% no encontrándose diferencia significativa entre las variedades criollas e híbridas.

2.3 Características Nutricionales

La cantidad total de proteína en los cereales es baja, siendo el arroz el

de menor contenido. El maíz contiene cantidades un poco menores que el trigo. Este es un hecho de mucha importancia ya que, el valor nutritivo de la proteína depende tanto de la calidad como de la cantidad de ésta. Sin embargo, debido a que el contenido total de este nutriente en los cereales es relativamente bajo, el factor calidad es el de mayor importancia (12).

El Cuadro número 10 muestra algunos datos sobre la calidad proteica del maíz al ser evaluado en cerdos jóvenes (17). Se utilizaron maices de alto y bajo contenido proteico, incluyéndolos a una dieta básica que proporcionara 8% de proteína. El maíz con 14.9% de proteína indujo al mejor crecimiento. La digestibilidad aparente fué un poco menor en el grano con más proteína. El valor biológico aparente era más bajo para los maices de alto contenido proteico que para el maíz normal. Sin embargo la proteína utilizable, el producto del contenido proteico y el valor biológico, fué superior para el maíz alto en proteína, que para el normal. El valor biológico más bajo del maíz con alto contenido de proteína es debido a un mayor contenido de la fracción proteica conocido como zeína, la cual se encuentra en una concentración mayor en este que en el maíz con contenido proteico normal (12,17).

Datos sobre la calidad proteica de varios cereales, determinados en niños (9) se presentan en el Cuadro número 11. Los valores fueron obtenidos con una ingesta de nitrógeno similar entre cereales. Los datos indican de nuevo que la proteína del maíz es de más baja calidad que la del arroz, la cual se encontró como la de mejor calidad. Esta diferencia se debe al patrón de aminoácidos esenciales. Todos los cereales que se incluyen en este cuadro son deficientes en lisina, sin embargo, esta deficiencia es mayor en el maíz. Más aún, la proteína del maíz es deficiente en triptofano en un grado tan alto como la lisina (9).

2.4 Formas de Consumo

En los países consumidores de maíz en la América Latina, este cereal es procesado de diferentes formas para su consumo, siendo la "tortilla" la forma más importante y común en aquellos países localizados en la parte norte, y la "arepa", la más usada en aquellos del sur (18).

Hay dos diferencias básicas en estas formas de consumo: La primera diferencia es que en los países del norte el maíz se cuece en soluciones alcalinas, usando el maíz entero (10,11). Esta forma de cocimiento alcalino ayuda a desprender el pericarpio del grano, quedando juntos el endospermo y el germen, que se consumen en forma de tortilla.

En los países del sur, el grano es separado en endospermo y el germen, más pericarpio. El endospermo se consume directamente, mientras que

el germen se utiliza para otros fines, como la extracción de aceite (Diagrama número 4) (12).

El método tradicional de cocer el maíz en Guatemala, se muestra en el Diagrama número 2. Este consiste en cocer el maíz durante aproximadamente una hora usando una solución de hidróxido de calcio. Después de cocido y enfriado, el maíz es lavado con agua, operación que ayuda a desprender el pericarpio y eliminar el exceso de hidróxido de calcio. El maíz así cocido se llama "nixtamal". Luego el grano es molido. Despues de estas operaciones, cierta cantidad de la masa de maíz se moldea en porciones planas de forma circular (esta operación se conoce como torteado) y se cuece aproximadamente durante 5 minutos en un plato plano de barro llamado "comal", el cual llega a una temperatura que varía entre 180°C y 250°C. Esta forma de tortilla es hasta ahora la manera más popular en que se consume este cereal en Guatemala (12).

Hace unos 14 años se fundó en Guatemala, la Industria de Maíz, S. A. en asociación con General Mills Inc., de Minneapolis, EEUU, instalando el primer molino de Centroamérica, especializado en harina de maíz instantánea y enriquecida con vitaminas y minerales, a través de una fórmula adquirida del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI). El Diagrama número 3 muestra el proceso que se utiliza en esta Industria (20).

Anderson y col. (2) han hecho estudios de otros procesos para el cocido del maíz. Informando que en un secador de rodillos las curvas de viscosidad máxima están comprendidas entre 200 y 320 U.B. para humedades de la harina cruda comprendidas de 15% a 30%, a una temperatura de -- superficie de rodillos de 300°F, y a una separación entre rodillos de 0.001 de pulgada. También encuentran viscosidades máximas de 500 U.B. y 300 U.B. para temperaturas de superficie de rodillos de 255°F y 300°F a una humedad de la harina cruda de 25% y una separación entre rodillos de -- 0.001 de pulgada. En el proceso utilizando extruder para cocer el maíz, reportan viscosidades máximas entre 60 U.B. y 100 U.B., haciendo variar las humedades de la harina cruda de 15% a 25%.

También se han hecho determinaciones de viscosidades de harinas provenientes de tres procesos diferentes. Se ha obtenido una viscosidad máxima de 500 U.B. a 285°F temperatura de los rodillos, humedad de la harina cruda de 22% y una separación entre rodillos de 0.001 de pulgada. Por el proceso de extrusión obtuvieron viscosidades de 180 U.B. a 230°F, humedad de la harina cruda de 25% y la relación del tornillo de 3 a 1. El proceso de cocido a vapor a 250°F durante 5 minutos, con humedad de la harina cruda de 20% reportó una viscosidad máxima de 110 U.B. (3).

En virtud de lo anterior y los valores de viscosidad del patrón determina-

do para harinas de buena calidad para el torteado se ha escogido un proceso que utiliza un secador de rodillos para la gelatinización del almidón del maíz.

3 PARTE EXPERIMENTAL:

3.1 Materiales y Métodos

3.1.1 Determinación de los Patrones

En el presente estudio se utilizaron harinas de maíces de variedades azotea, opaco-2 y 2 harinas comerciales pre-nixtamalizadas.

Las muestras de maíz amarillo procedían de la costa sur y del altiplano de Guatemala; las muestras de maíz blanco procedían de la costa sur, la muestra de maíz blanco de la variedad híbrida opaco-2 procedía de México y el maíz amarillo de la variedad opaco-2 procedía de la finca experimental del INCAP, ubicada a 1500 metros sobre el nivel del mar en San Antonio Pachalí de San Raymundo, Sacatepéquez. Esto se hizo con el fin de tener muestras de diferentes alturas.

Todos estos maíces fueron sometidos al proceso de nixtamalización, llevado a cabo por una señora conocedora del método tradicional.

Cada tipo de maíz se procesó en 3 porciones diferentes, dándole a la señora una porción diaria para que la procesara. La masa que entregaba la señora, se secaba en un liofilizador para luego molerla en un molino de martillos, marca Reymond, modelo 82, con un selector de 60 mallas.

Las harinas así obtenidas se utilizaron para la determinación del patrón de harinas precocidas de maíz para tortear.

Parte del maíz de la costa sur se utilizó para la determinación del proceso propuesto en la presente tesis (Diagrama número 1).

3.1.2 Análisis Químicos

A las harinas obtenidas en el proceso tradicional y las obtenidas en el proceso propuesto se les determinó:

- i) Composición proximal, siguiendo para ello los métodos de la AOAC, (4).

- ii) Contenido de almidón, siguiendo el método de Lane - Eynón descrito por la AOAC (4).
- iii) Azúcares solubles totales los que se determinaron en los extractos alcohólicos procedentes de la determinación de almidón, siguiendo el método del fenol - sulfúrico descrito por Dubois y col (16).
- iv) Almidón dañado, que se estimó siguiendo el método descrito por Farrand (19).
- v) Lisina disponible, determinación que se realizó usando la reacción del 2-4 dinitrofluorobenceno según el método descrito por Conkerton y Frampton (13).
- vi) Calcio, de acuerdo con los métodos de la AOAC (4).

3.1.3 Pruebas físico-químicas

Las pruebas físico-químicas, efectuadas en todas las harinas obtenidas en ambos procesos fueron las siguientes:

- i) La determinación del grado de viscosidad de acuerdo a los métodos descritos por la AACC (1) utilizando un amilógrafo Brabender Duisburg, modelo 800201.
- ii) La capacidad de absorción de agua determinada utilizando un farinógrafo Brabender Duisburg, modelo 800201 y siguiendo las técnicas de la AACC (1).
- iii) El grado de sedimentación que se llevó a cabo según el método descrito por Zeleny (26).
- iv) Las pruebas organolépticas llevadas a cabo de la manera siguiente: Despues de preparar las harinas, se prepararon las tortillas de la manera tradicional. Estas fueron ofrecidas a un grupo de 10 personas que integraban el panel y su aceptación se evaluó mediante la prueba triangular (22).

Para esta evaluación se empleó una tortilla hecha con las harinas patrón y dos obtenidas con la harina preparada con el proceso propuesto. =

3.2 Determinación de patrones de harinas precocidas de maíz para tortear

3.2.1 El análisis proximal se presenta en el Cuadro número 1.

3.2.2 El contenido de almidón; almidón dañado, azúcares solubles totales, calcio y lisina se muestran en el Cuadro número 2.

3.2.3 Algunas características físico-químicas medidas fueron: viscosidad, absorción de agua y sedimentación, que se presentan en el Cuadro número 3.

COMPOSICION PORCENTUAL DE MASAS NIXTAMALIZADAS PREPARADAS A PARTIR DE DIFERENTES MAICES

Componente	MAIZ UTILIZADO				OPACO - 2		
	AZOTEA		blanco grande costa sur	blanco pequeño costa sur	blanco compuesto #1,CIMMYT	amarillo local	blanco local
	amarillo altiplano	amarillo altiplano					
Humedad	10.4	10.5	9.1	10.6	10.3	10.0	11.3
Extracto etéreo	4.1	4.7	3.9	4.0	5.9	4.3	4.3
Fibra cruda	1.1	1.3	1.3	1.2	1.5	1.3	1.5
Proteína (Nx6.25)	9.1	9.2	10.6	10.8	10.0	9.3	10.4
Ceniza	1.5	1.4	1.5	1.5	1.3	1.4	1.4
Extracto libre de Nitrógeno	73.8	72.9	73.6	72.1	71.0	73.7	71.1

CUADRO N° 1

CONTENIDO DE ALMIDON, ALMIDON DAÑADO, AZUCARES SOLUBLES TOTALES, CALCIO Y LISINA
DISPONIBLE DE MASAS NIXTAMALIZADAS PREPARADAS A PARTIR DE DIFERENTES MAICES

Componente	MAIZ UTILIZADO					OPACO - 2		
	AZOTEA				#1,CIMMYT	OPACO - 2		
	amarillo altiplano	amarillo altiplano	blanco grande costa sur	blanco pequeño costa sur		amarillo local	blanco local	
Almidón (%)	69.6	71.7	64.4	68.4		68.8	71.7	65.7
Almidón dañado (%) *	92.9	88.9	88.6	90.7		69.6	80.2	69.0
Azúcares solubles totales (%) **	1.7	2.0	2.1	2.4		2.7	1.7	1.5
Calcio (mg %)	150.3	182.4	126.1	139.5		160.4	147.6	122.9
Lisina disponible (g/16g N)	3.1	2.9	2.9	2.6		4.1	4.0	3.8

* Porcentaje del almidón total

** Expresados como glucosa

CUADRO N° 2

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS DE MASAS NIXTAMALIZADAS

PREPARADAS A PARTIR DE DIFERENTES MAICES

Propiedad evaluada	MAIZ UTILIZADO						
	AZOTEA			OPACO - 2			
	amarillo altiplano	amarillo altiplano	blanco grande costa sur	blanco pequeño costa sur	blanco compuesto #1, CIMMYT	amarillo local	blanco local
Viscosidad máxima (U.B.)	486	500	400	403	685	653	620
Absorción de agua (ml %) *	108	112	111	105	105	107	109
Sedimentación (ml)	8	7	9	10	9	7	6

* Medida en farinógrafo a una tensión estándar de 300 U.B.

CUADRO N° 3

3.3 Determinación del Proceso

De acuerdo con los resultados, se utilizó un secador de rodillos con una separación de 0.001 de pulgada, 60 psi y 25% de humedad, obteniéndose productos que no se podían tortear. Variando la presión de vapor interno en los rodillos no se consiguieron producciones que fueran de buena calidad al torteado, sino hasta que la separación entre rodillos se empezó a aumentar, llegando a obtener productos de buena calidad a 0.003" de separación entre rodillos, velocidad de 3 rpm y presiones de 15, 20 y 25 psi. El secador se muestra en el Diagrama número 5.

El tamaño de partícula se escogió de acuerdo a las harinas comerciales, usando un tamizador convencional.

La molienda del maíz se efectuó en un molino de martillos con un selector de 60 mallas. La cantidad de agua necesaria para que la gelatinización del almidón fuera tal que se lograra una harina de buena calidad al torteado se determinó experimentalmente. Se adicionó la cal hidratada necesaria calculada partiendo de los patrones obtenidos. La harina así preparada se alimentó al secador de rodillos a diferentes velocidades y diferentes presiones de vapor dentro de los rodillos. El producto obtenido, en forma de hojuelas, fué molido nuevamente a 60 mallas y analizado para su comparación con el patrón. También fueron realizadas pruebas de catación.

3.4 Resultados y Discusión

El resultado de los análisis efectuados en la harina producida en el secador de rodillos se muestran en los cuadros números 4, 5 y 6.

Los valores de aceptación, obtenidos por medio de la prueba triangular, fueron los siguientes: De 10 personas del panel, las 10 aceptaron el producto, teniendo, por consiguiente, un error de 0.01 % según lo reporta Jellinek, Gisela (22).

Es de importancia señalar que las harinas patrón de los maíces opacos presentaron dificultad al torteado y que las viscosidades máximas de éstas fueron mayores que las de los maíces azotados.

Los análisis efectuados en la harina producida con el secador de rodillos resultaron similares a los del patrón, excepto en lo referente al contenido de almidón dañado.

El contenido de almidón dañado el cual presenta varios cambios dentro del proceso con rodillos, siendo para 15 psi (203°F) * 99, para 20 psi (211°F) 95.7 y para 25 psi (221°F) 96, sufriendo un mayor daño a 15 psi. Comparando con el estandar de maíz blanco grande de la costa sur de 88.6, vemos que se consigue más daño de almidón en el proceso con rodillos que en el método tradicional, siendo esto de importancia, puesto que mientras se mantenga la viscosidad dentro de los límites establecidos, el torteo se efectuará de manera adecuada.

En cuanto a la comparación de viscosidades presentada en el Cuadro número 6, vemos que a 203°F fué de 300 U.B., a 211°F de 388 U.B. y a 221°F de 500 U.B., mientras que las comerciales presentaron -- 700 U.B. para la harina "A" y 580 para la harina "B", siendo esto una de las causas posibles de la mayor dificultad del torteo de estas últimas. El estandar de maíz blanco grande de la costa sur presentó una viscosidad de 400 U.B. Siendo el que más se aproxima a él el de 388 del secador de rodillos a 211°F de temperatura externa, lo que se refleja en la facilidad de el torteo, pues a 203°F se puede tortear no muy fácil, a 211°F es más fácil el torteo y a 221°F se puede tortear pero presenta alguna dificultad.

Es importante señalar que el contenido de lisina es prácticamente igual al del patrón y las harinas comerciales como se ve en el Cuadro número 5.

* Temperatura externa de los rodillos.

COMPOSICION PORCENTUAL DE HARINAS "NIXTAMALIZADAS" COMERCIALES Y OBTENIDA POR MEDIO
DEL SECADOR DE RODILLOS

Componente	Harina comercial "A"	Harina comercial "B"	HARINA DEL SECADOR DE RODILLOS *		
			15 psi 203° F	20 psi 211° F	25 psi 221° F **
Humedad	11.1	9.7	15.0	13.1	14.0
Extracto etéreo	2.3	3.6	2.1	3.2	2.2
Fibra cruda	1.5	2.1	2.0	1.4	2.0
Proteína (N x 6.25)	9.2	9.7	10.8	10.8	10.8
Ceniza	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4
Extracto libre de nitrógeno	73.5	70.9	68.7	70.1	69.6

* Procesamiento en rodillos a 3 rpm, usando harina de maíz crudo (maíz blanco grande de la costa sur) a 36% de humedad.

** Temperatura externa de los rodillos.

CUADRO N° 4

CONTENIDO DE ALMIDON, ALMIDON DAÑADO, AZUCARES SOLUBLES TOTALES, CALCIO Y LISINA DISPONIBLE DE HARINAS "NIXTAMALIZADAS" COMERCIALES Y OBTENIDA POR MEDIO DEL SECADOR DE RODILLOS

Componente	Harina comercial "A"	Harina comercial "B"	HARINA DEL SECADOR DE RODILLOS			Harina Patrón
			15 psi 203° F *	20 psi 211° F	25 psi 221° F	
Almidón %	67.5	66.6	63.4	63.4	63.4	64.4
Almidón dañado **	70.5	77.2	99	95.7	93	88.6
Azúcares solubles totales (%)	1.7	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1
Calcio (mg %)	82.7	113.4	154	154.2	154	126.1
Lisina disponible (g / 16 g N)	3.2	2.8	3.1	3.1	3.0	2.9

* Temperatura externa de los rodillos

** Almidón dañado expresado en % del almidón total

CUADRO N° 5

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS DE HARINAS "NIXTAMALIZADAS" COMERCIALES Y OBTENIDA POR MEDIO DEL SECADOR DE RODILLOS

	Harina comercial "A"	Harina comercial "B"	HARINA DEL SECADOR DE RODILLOS			Harina Patrón
			15 psi 203° F	20 psi 211° F	25 psi 221° F *	
Viscosidad máxima (U.B.)	700	580	300	388	500	400
Absorción de agua	90	88	105	105	107	111
Sedimentación (ml)	37	24	9	9	9	9

U.B.: Unidades Brabender

* Temperatura externa de los rodillos

CUADRO N° 6

4 PROCESO PROPUESTO

Las diferentes operaciones de que consta el proceso propuesto aparecen en el Diagrama número 1, siendo las condiciones de operación las siguientes:

molienda:	60 mallas
humedad de la harina cruda:	de 34 a 36%
separación de los rodillos:	0.003 de pulgada
velocidad de los rodillos:	de 2 a 4 rpm
temperatura externa de los rodillos:	203°F a 221°F

P R O C E S O P R O P U E S T O

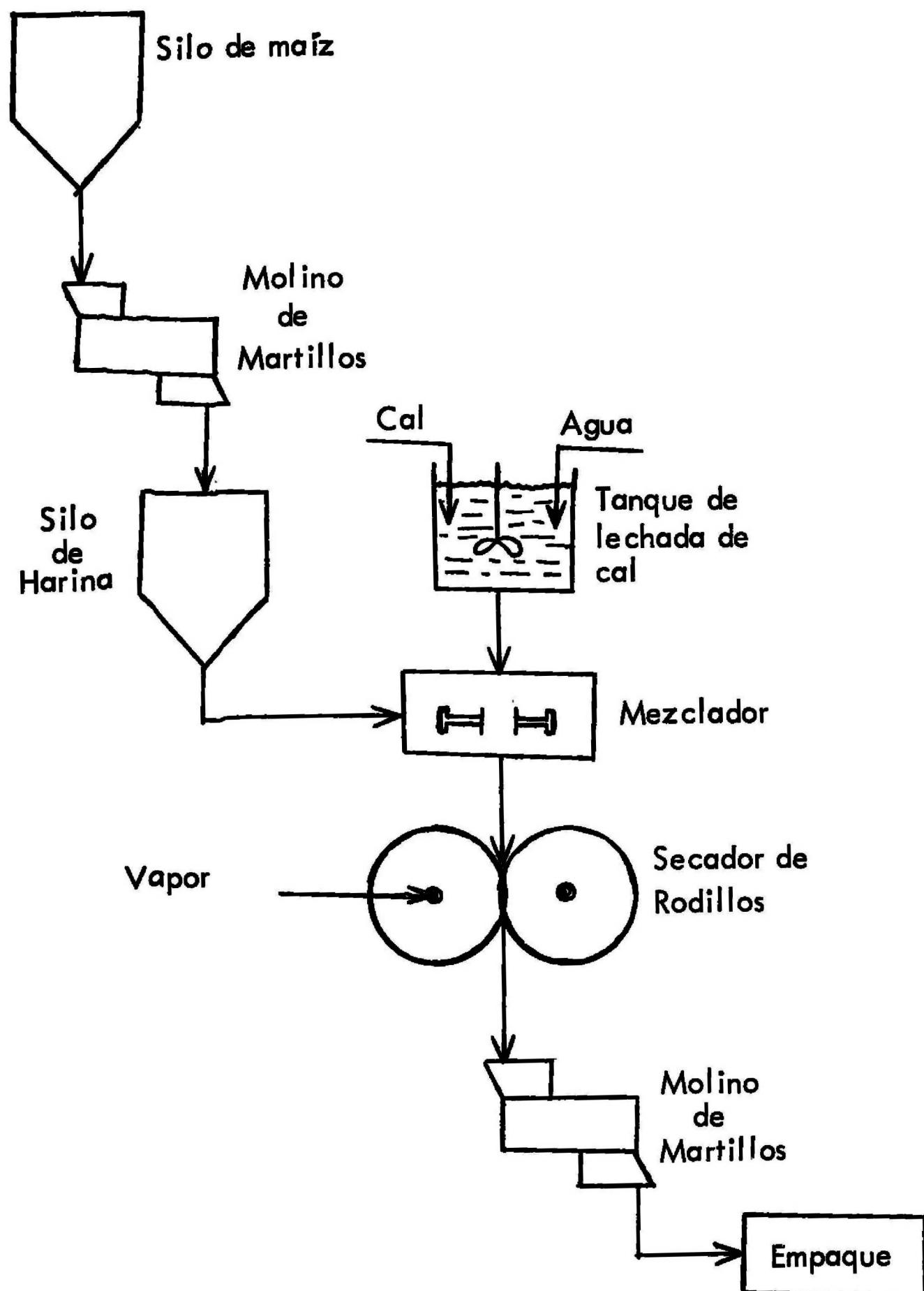


DIAGRAMA N° 1

5 CONCLUSIONES

- 1.- Desde el punto de vista de calidad al torteado, es factible la sustitución del proceso de fabricación tradicional de harina de maíz para tortear por el método propuesto.
- 2.- La variable que se debe medir para determinar si la harina es de buena calidad para el torteado es la viscosidad.
- 3.- La harina de maíz obtenida según el método propuesto a temperatura externa de los rodillos de 211°F y 3 rpm fué la que mejor se acondicionó al patrón.
- 4.- La calidad nutricional de la harina obtenida, desde el punto de vista de su contenido de lisina, según el proceso propuesto, es similar a la de las harinas producidas por el proceso tradicional.
- 5.- Se recomienda utilizar los patrones de harinas de maíces, no procesados en este trabajo, en ensayos similares.
- 6.- Se recomienda ensayar con maíces opacos utilizando el proceso propuesto para conseguir harinas que sean fácilmente torteadas.

6 BIBLIOGRAFIA

1. American Association of Cereal Chemists. " Diastatic Activity of Flour". En su: approved methods, 8th ed. St. Paul, Minn., 1969. Method 22-10 pp.1-2
2. Anderson, R.A., H.F. Conway, V.F. Pfeifer y E. L. Griffin. Gelatinization of Corn Grits by Roll - and Extrusion - Cooking. Cereal sc. today 1:4-14 , 1969.
3. Anderson, R. A., H. F. Conway y A. J. Peplinski. Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking Extrusion Cooking and Steaming. Die Stärke., 4:130-135, 1970.
4. Association of Oficial Analytical Chemists. Oficial methods of analysis 11th ed. Washington, D.C. 1970. p.532.
5. Banco de Guatemala. Situación del maíz en Guatemala. Informe Económico. Abril-Junio (1970).
6. Béhar, M. Food and Nutrition of the Maya before the conquest and the present time. Biomedical challenges presented by American Indian. Publication of the Panamerican Health Organization, 1968.
7. Bressani, R.; L. G. Elías, M. Santos, D. Navarrete y N. S. Scrimshaw. El contenido de nitrógeno y aminoácidos esenciales de diversas selecciones de maíz. Nut., 10:85-100, 1960.
8. _____; R. and E. T. MERTZ. "Studies on corn proteins. IV. Proteins and aminoacid content of different corn varieties". Cereal Chem., 35:227-235, 1968.
9. _____, R. Aminoacid Suplementation of cereal grain flours tested in Children. In: Aminoacid Fortification of Protein Foods. (N. S. Scrimshaw and A. M. Altschul, eds.) The M.I.T. Press, Cambridge, Mass., pp.184-204, 1969.
10. _____; R. Paz y Paz and N. S. Scrimshaw. "Chemical changes in corn during preparation of tortillas". Agr. & Food Chem., 6:770-774, 1968.
11. _____ and N. S. Scrimshaw. "Effects of lime-treatment on IN VITRO AVAILABILITY of essential aminoacids and solubility of protein fractions in corn". Agr. & Food Chem., 6:774-778, 1958.

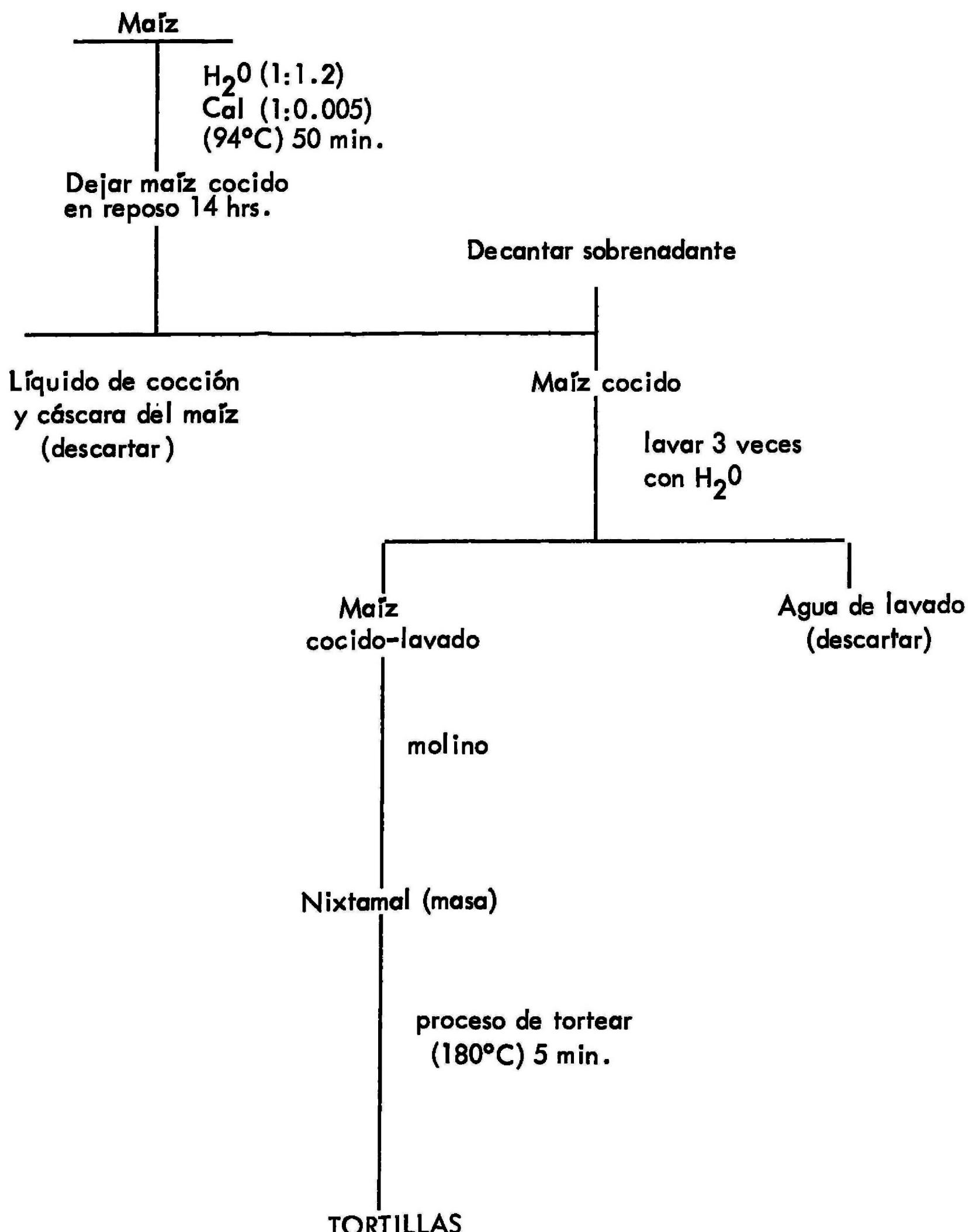
12. . "La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países". En: Bressani, R.; J. E. Braham y M. Béhar. eds. Mejoramiento nutricional del maíz. / Memorias de una conferencia de nivel internacional celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Ciudad de Guatemala, 6-8 marzo de 1972/ Guatemala, INCAP, 1972. pp.172-194. (INCAP-L-3).
13. Conkerton, Edith J. y V. L. Frampton. "Reaction of gossypol with free epsilon-amino groups of lysine in proteins". Arch. Biochem. Biophys., 81:130-134, 1959.
14. Cortez, Alicia; C. Wild-Altamirano. "Contribución a la Tecnología de la Harina de Maíz". Mejoramiento nutricional del maíz. Bressani, R., E. Braham y M. Béhar. eds. pp.91-106.
15. De la Fuente, G. Características Físico-Químicas de tres variedades de maíz y su influencia en la elaboración de pan dulce a partir de mezclas Maíz-Trigo. Trabajo presentado como requisito previo a incorporación a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
16. Dubois, M.; K. A. Gilles y J.K. Hamilton. "Colorimetric method for determination of sugars and related substances". Anal. Chem., 28:350-356. 1956.
17. Eggert, R. G.; M. J. Brimegar and C. R. Anderson. The quality of protein of normal and high protein corn for growing swine. J. Animal Sci. 12:282-290, 1953.
18. FAO. El maíz en la alimentación. Estudio sobre su valor nutritivo. FAO Estudios sobre Nutrición Nº 9. Marzo, 1954. Roma, Italia.
19. Farrand, E. A. "Flour properties in relation to the modern bread processes in the United Kingdom, with special reference to alpha-amylase and starch damage". Cereal Chem., 41:98-110, 1964.
20. Gámez, F. Producción industrial Mercadeo y Distribución de Harinas de Tortilla en Centroamérica. "Mejoramiento nutricional del Maíz". R. Bressani, J. E. Braham y M. Béhar. eds.
21. Hullinger, C.; E. Van Patten y J. Freck. Food Applications of High Amylose Starches. Food Tech. 27:22-23. 1973.
22. Jellinek, Gisela. Introduction to and critical review of modern methods of sensory analysis (odour, taste and flavour evaluation) with special emphasis on descriptive sensory analysis. (Flavour profile method). Reprint from: J. Nutr. Diet. 1:219. 1964.

23. Mangelsdorf, P.C. and R.G. Reeves. The origin of Indian corn and its relatives. Texas Agric. Exp. Station Bull, № 574 (Monograph). May, 1939.
24. Senti, F.R. 1967. High amylose corn Starch: Its production, properties and uses. In "Starch: Chemistry and technology. Vol. II Industrial Aspects", Whistler, R.L. and Paschall, E.F., Editors. Academic Press. 499.
25. Vineyard, M.L. y Bear, R.P. 1952. Amylose Content. Maize Genetics Co-op. Newsletter 26:5.
26. Zeleny, L.A. "Simple sedimentation test for estimating the bread-baking and gluten qualities of wheat flour". Cereal Chem., 24:465-475. 1947.

APENDICE

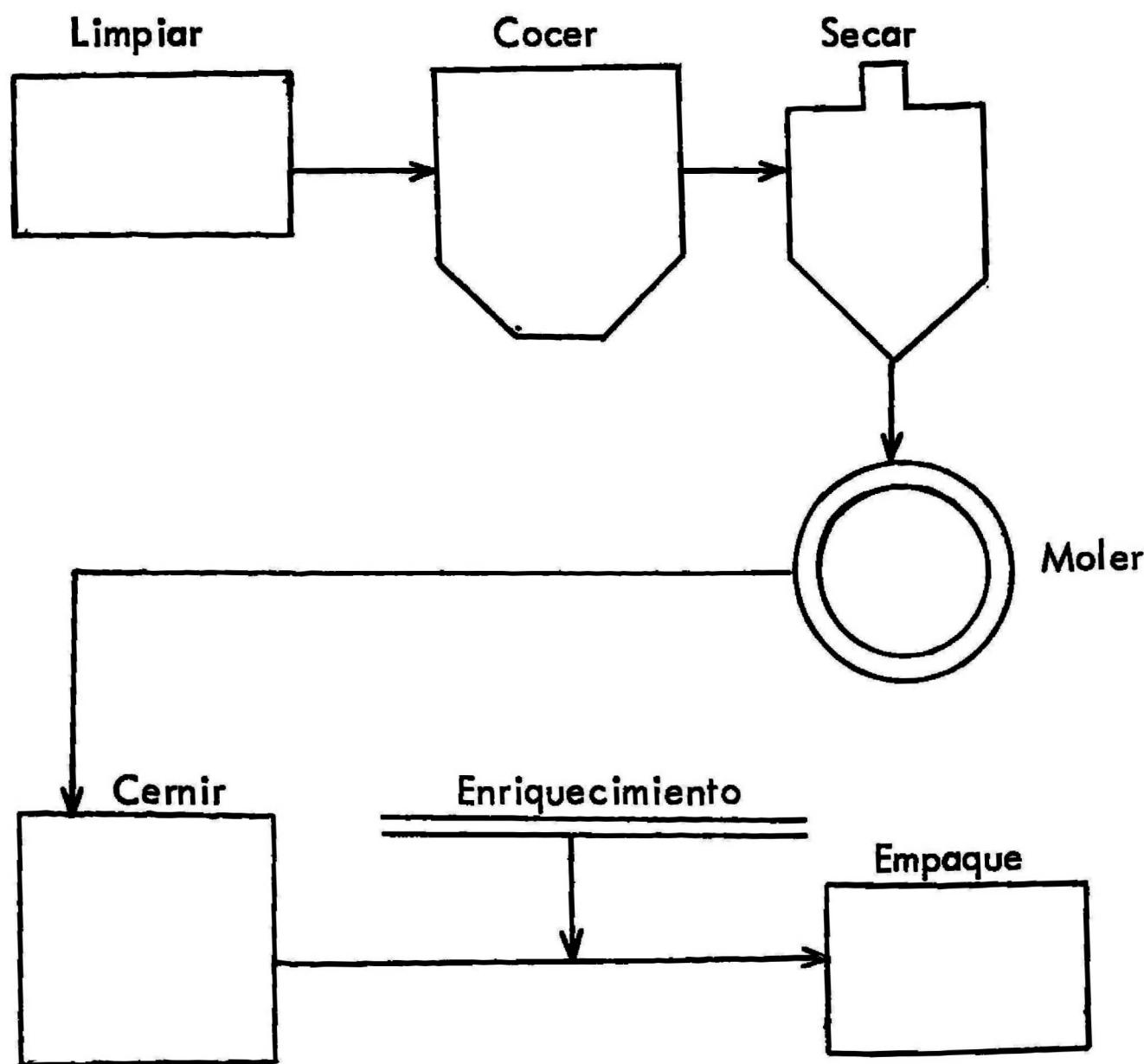
- DIAGRAMA Nº 2: Proceso de Fabricación de tortillas en Guatemala.
- DIAGRAMA Nº 3: Proceso de fabricación de harina Torti-ya.
- DIAGRAMA Nº 4: Producción Industrial de harina de maíz para la preparación de Arepas, en Venezuela.
- DIAGRAMA Nº 5: Secador de Rodillos.
- CUADRO Nº 7: Consumo Humano de Maíz.
- CUADRO Nº 8: Composición Química y contenido de Aminoácidos de dos tipos de Maíz de Guatemala.
- CUADRO Nº 9: Composición de Aminoácidos esenciales de varias muestras de Maíz.
- CUADRO Nº 10: Calidad proteica de maíz de contenido normal y alto en proteína evaluado en Cerdos Jóvenes.
- CUADRO Nº 11: Balance de Nitrógeno de niños alimentados con varios niveles de proteína de Maíz.

PROCESO DE PREPARACION DE LA TORTILLA EN GUATEMALA



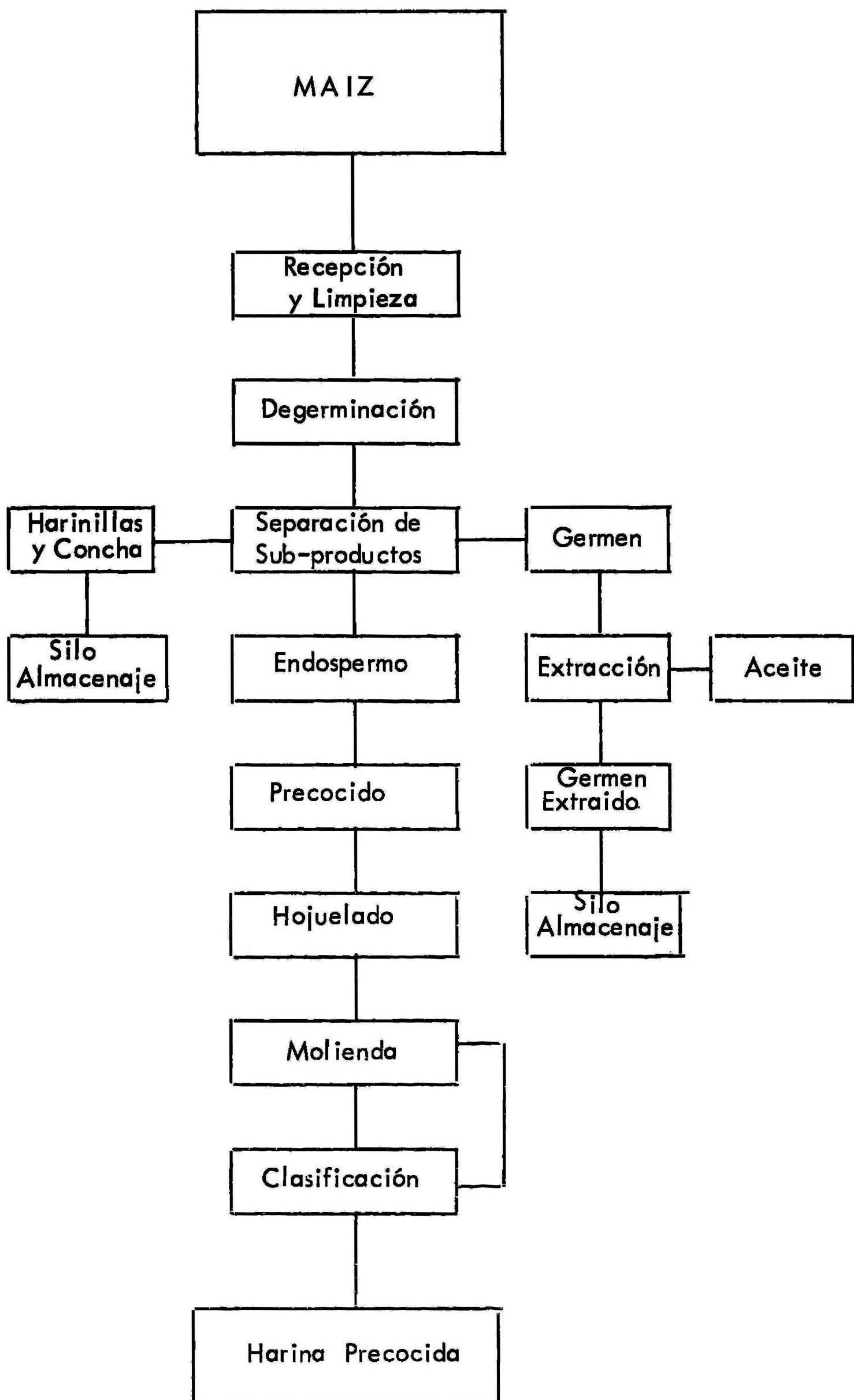
Tomado de: Bressani y col. (11)

PROCESO DE HARINA DE MAÍZ TORTI-YA



Tomado de: Gámez, F. (20)

**PRODUCCION INDUSTRIAL DE HARINA DE MAIZ
PARA LA PREPARACION DE AREPAS, EN VENEZUELA**



Tomado de: Bressani, R. (12)

SECADOR DE DOS RODILLOS, MODELO N°515, FABRICADO POR GENERAL
FOOD PACKAGE EQUIPMENT CORP. BENTON HARBOR, MICHIGAN

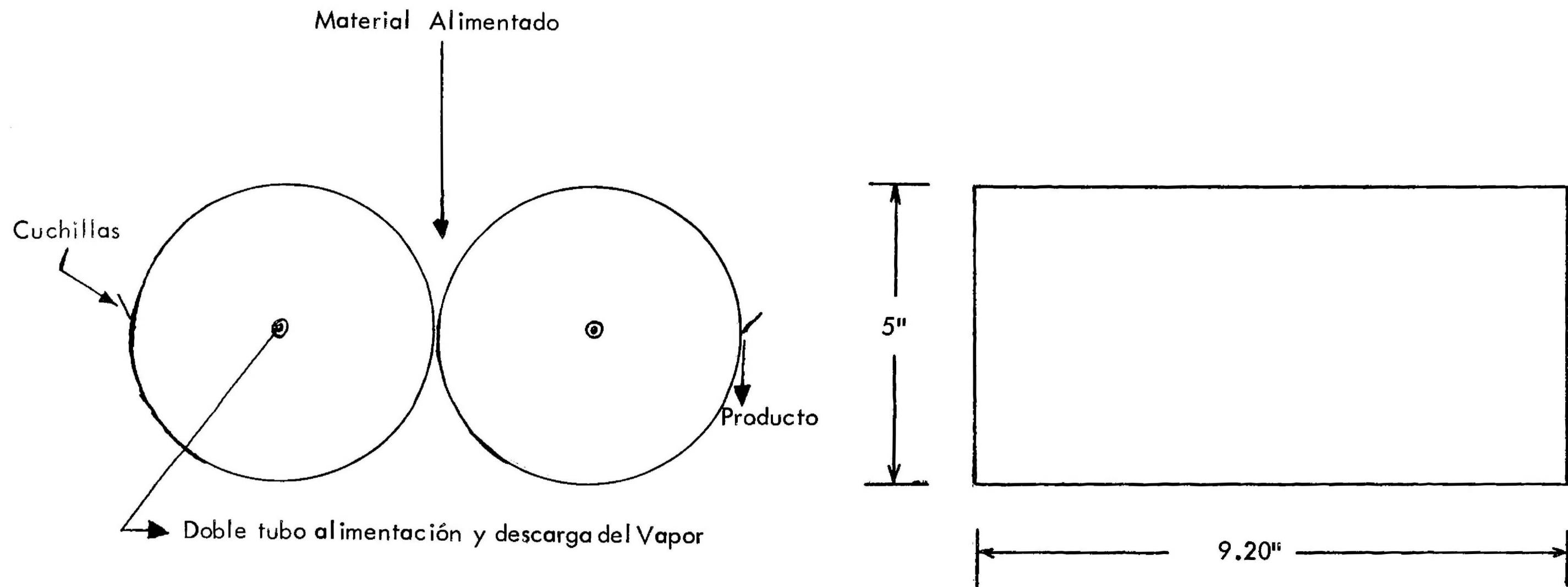


DIAGRAMA N° 5

CONSUMO HUMANO DE MAIZ

AÑO	MILES DE QUINTALES
1960 - 61	7987.4
61 - 62	8173.1
62 - 63	8363.9
63 - 64	8559.0
64 - 65	8761.0
65 - 66	8967.7
66 - 67	9180.2
67 - 68	9404.7
68 - 69	9633.7
69 - 70	9873.1

Tomada de: Banco de Guatemala. Informe Económico
Abril-Junio (1970).

COMPOSICION QUIMICA Y CONTENIDO DE
AMINOACIDOS DE DOS TIPOS DE
MAIZ EN GUATEMALA

	Maíz Blanco	Maíz Amarillo
Materia Seca	gr 84.1 /100	gr 87.8 /100
Extracto Etereo	4.83	3.53
Nitrógeno	1.29	1.34
Proteína	8.06	8.37
Fibra Cruda	1.58	1.33
Cenizas	1.28	1.08
Carbohidratos	70.04	73.86
Carotenos	- .-	0.30
Calorías	356	370

Tomado de: Bressani, R. y col. (7)

CUADRO N° 8

COMPOSICION DE AMINOACIDOS ESENCIALES DE VARIAS MUESTRAS DE MAIZ, mg/g N

	MUESTRA DE MAIZ									Leche
	Cuyuta	US4251	SSD	TGY	142-48	H.O.	H5	H.P.	Teosinte	
Nitrógeno	1.28	1.31	1.37	1.57	1.83	1.99	2.24	2.91	3.81	4.09
Arginina	273	298	263	261	158	231	161	134	76	433
Histidina	164	214	146	140	115	115	89	76	50	168
Isoleucina	203	252	197	216	164	176	165	137	123	407
Leucina	820	931	876	777	732	342	607	522	441	626
Lisina	219	221	153	166	126	161	94	69	34	496
Aminoácidos azufrados	210	244	189	153	142	135	130	86	60	213
Fenilalanina	344	243	336	280	245	146	237	196	150	309
Treonina	242	252	212	197	164	161	138	113	79	294
Triptofano	49	37	34	32	24	28	19	15	10	90
Valina	320	351	299	274	218	105	192	158	126	438
Zeina, % (endospermo)	41.2	43.8	50.6	45.7	52.1	48.5	55.4	59.7	55.5	-

Tomado de: Bressani, R. & E. T. Mertz (8)

CUADRO N° 9

CALIDAD PROTEINICA DEL MAIZ DE CONTENIDO NORMAL Y ALTO EN PROTEINA EVALUADO EN CERDOS JOVENES

	M A I Z			
	Normal 10.1% Prot.	Alto en Prot. 11.4% Prot.	Normal 10.6% Prot.	Alto en Prot. 14.9% Prot.
Ganancia diaria lbs.	0.62	0.64	0.62	0.80
Nitrógeno libre aparente	72.5	74.0	69.3	73.5
Valor Biológico aparente	31.8	30.1	37.2	27.9
Proteina utilizable %	3.2	3.4	3.9	4.2

Tomado de: Eggert et al. (17)

CUADRO N° 10

BALANCE DE NITROGENO DE NIÑOS ALIMENTADOS CON VARIOS NIVELES DE PROTEINA
DE MAÍZ, TRIGO Y ARROZ

Cereal	BALANCE DE NITROGENO				
	Ingestión mg/kg/dia	Fecal mg/kg/dia	Urinario mg/kg/dia	Absorbido mg/kg/dia	Retenido mg/kg/dia
Maíz	473	134	328	339	11
	326	71	268	255	- 13
	238	58	140	180	- 10
Trigo	483	62	418	421	3
	328	43	261	285	4
Arroz	320	67	193	253	60
	235	36	157	197	40

Tomado de: Bressani, R. (9)

CUADRO N° 11

Máximo Fidel Letona Estrada

**Ing. Julio Chávez Montúfar
Asesor**

**Ing. Juan Francisco Menchú
Director Escuela Ing. Química**

Imprímase

**Ing. Hugo Quán Má
Decano**