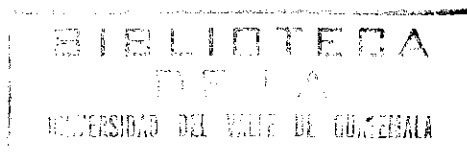


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

**PRODUCCION DE ATOLE DE MAIZ A PARTIR  
DE GRANOS DE MAIZ SAZON**

*JOSE MIGUEL LARIOS RAMIREZ*

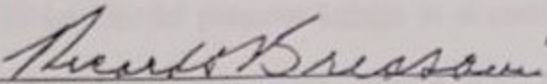


Trabajo de Graduación presentado  
para optar al grado académico de Licenciado en  
Ingeniería y Ciencia de Alimentos

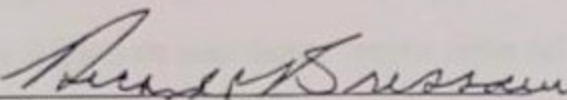
Guatemala  
1997

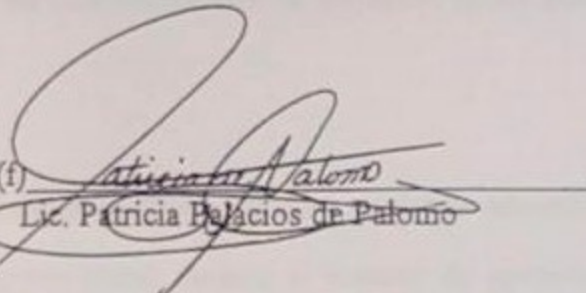


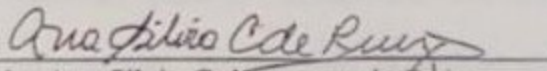
Vo.Bo.:

(f)   
Dr. Ricardo Bressani  
Asesor

Tribunal:

(f)   
Dr. Ricardo Bressani  
Asesor

(f)   
Lic. Patricia Palacios de Palomo

(f)   
Lic. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: 17 de octubre de 1997

## RESUMEN

El objeto de estudio del presente trabajo es el maíz. La finalidad es obtener una bebida similar al atole de elote utilizando como materia prima granos de maíz sazón germinados por distintos períodos de tiempo.

Para ello se germinaron granos de maíz por períodos de 24, 48 y 72 horas. El control del experimento fue el grano de maíz tierno, materia prima del atole de elote. Estas muestras, más una extra de granos de maíz sazón sin germinar, se sometieron a pruebas físico-químicas para identificar las concentraciones de nutrientes en los granos germinados más similares a las del control.

Los resultados indicaron que los niveles de nutrientes sí alcanzan concentraciones similares a las del grano tierno durante el proceso de germinación. De hecho, la concentración de proteína en el grano sazón germinado por 48 horas alcanzó 10.7% cuando el control presentó 11.1%. Los niveles de azúcares solubles en las muestras presentaron un descenso proporcional al tiempo de germinación. Sin embargo, el mínimo aún está 69% arriba de los deseados. Por otra parte, el contenido de almidón en los granos disminuyó significativamente conforme el tiempo de germinación aumentaba. Se logró llevarlo a concentraciones similares (42.4%) a las del control (39.2%).

Se prepararon atoles al usar dos tipos de materia prima: granos recién germinados y harina a base de estos mismos. Se llevó a cabo una evaluación sensorial con los atoles a base de granos germinados, mas no así de los preparados a base de harina.

Los resultados sugieren que para obtener buena aceptabilidad por parte del consumidor, el

grano de maíz debiera germinarse por un período entre 24 y 48 horas. Este atole presenta características organolépticas similares a las del atole de granos tiernos.

El rendimiento obtenido de atoles a base de granos y de harinas indica que puede ser un método alternativo en la preparación de esta popular bebida. Además, su costo disminuirá y se encontrará disponible aun en época de siembra.

El estudio, además, presenta opciones para futuras investigaciones. Entre ellas está la industrialización del proceso, así como soluciones a ciertos problemas encontrados en la preparación del atole.

## CONTENIDO

	Página
I. Introducción.....	1
II. Antecedentes.....	3
III. Objetivos.....	11
IV. Hipótesis.....	12
V. Justificación.....	13
VI. Materiales y Métodos.....	14
VII. Diseño Experimental.....	17
VIII. Resultados y Discusión.....	21
IX. Conclusiones.....	32
X. Recomendaciones.....	34
XI. Bibliografía.....	35
XII. Anexos.....	36

## I. INTRODUCCION

En Guatemala, el maíz es el cereal de mayor consumo por parte de la población. Se ha indicado que este cereal ofrece entre 40 a 50% de las calorías y proteína a la dieta de la población rural. El consumo de maíz se hace transformando el grano en productos procesados, entre los cuales el más importante es la tortilla. Este alimento es preparado por medio del proceso de nixtamalización, o sea cocido en medio alcalino. El producto intermedio es la masa, la cual sirve para preparar otros alimentos, además de la tortilla, como los atoles de masa nixtamalizada, tamales y tamalitos y muchos otros alimentos más.

A pesar que el maíz nixtamalizado es la forma más importante de consumo del maíz en Guatemala, existen otras y entre ellas posiblemente la más popular es el de atole de maíz aun no sazón, como también el consumo de maíz tierno cocido directamente de la mazorca. El atole de maíz tierno consumido como una bebida es muy agradable al paladar del guatemalteco y es preparado principalmente a nivel casero, aunque también se prepara en forma artesanal siendo vendido principalmente en días festivos en la calle o en carretillas. No existe un producto de este tipo industrializado, posiblemente no por la complejidad en su preparación sino por la complejidad de la materia prima. El tiempo óptimo de maduración del grano para su cosecha, la heterogeneidad en las variedades de maíz, el costo de la materia prima y el rendimiento de producto efectivo en la bebida son algunos de los factores que dificultan su control. Además, para su producción industrial el maíz tierno cosechado en cantidades grandes debe ser almacenado bajo condiciones frías para su conservación, lo cual trae costos adicionales en la elaboración del producto.

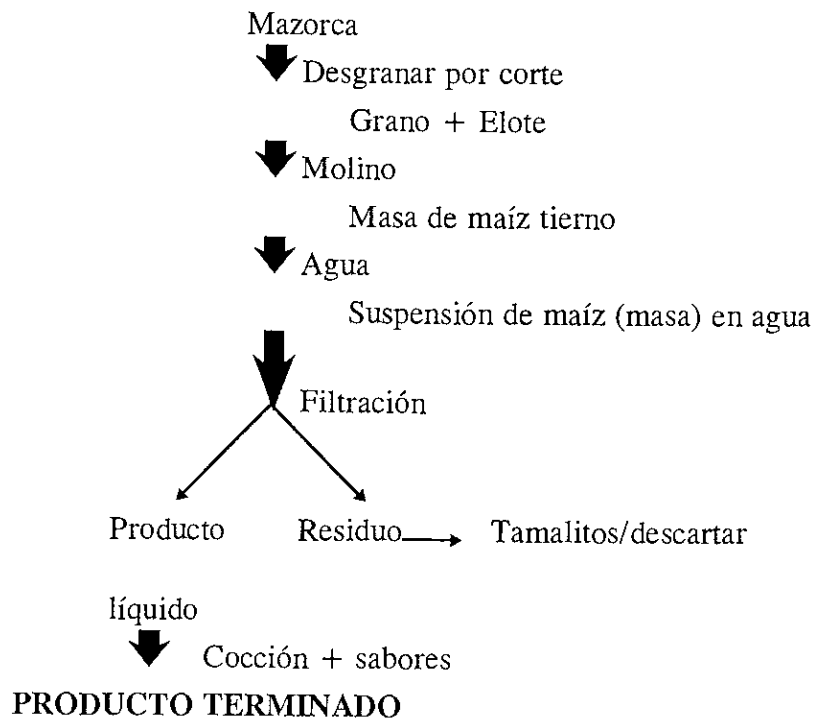
El atole de elote es un alimento que goza de alta aceptabilidad por su textura y sabor, por consiguiente es de interés práctico buscar métodos alternos para su eventual producción industrial. Asimismo, se ha sugerido que tiene un valor nutricional superior al atole de masa de maíz. El método alternativo en su preparación no es cambiar la tecnología propiamente, sino más bien la materia prima.

Este estudio pretende germinar el grano de maíz maduro por distintos períodos de tiempo para lograr una composición química similar a la del grano tierno. Por consiguiente se hará una comparación fisicoquímica del grano germinado con la del grano tierno y procesado para finalmente obtener una bebida tipo atole de maíz tierno con características nutricionales y organolépticas similares a las de un atole producido a base de granos de maíz tierno.

## II. ANTECEDENTES

### A. Efecto del proceso de maduración del maíz sobre su valor nutritivo

Existen muy pocos estudios sobre la preparación de atole de maíz tierno, sobre todo en la definición del estado de madurez de la materia prima. Respecto del método de preparación, los libros de cocina guatemalteca indican que la mazorca de maíz inmaduro se desgrane cortando el grano con un cuchillo. Ya obtenido el grano se procede a la preparación del atole, como se describe en la Figura 1.



*FIGURA 1. Método casero de preparación de maíz tierno*

El atole producido en Guatemala puede llevar agua o leche como ingredientes. La preparación con agua tiene una calidad baja de proteína y la segunda presenta el inconveniente de ser muy cara para la población rural, aunque con una mayor calidad proteica.

Según un estudio de Khan y Bressani (1987), el atole de granos de maíz tierno preparado con agua presenta 53.4% de sólidos insolubles en base seca. Este residuo mostró 11.6% de contenido de fibra, 8.1% de proteína y 1.5% de grasa. En el mismo estudio se determinó que el mismo atole presentó 12.3% de proteína, 2.3% de grasa y 6.9% de humedad. Además, durante un período de 25 días de alimentación a ratas de laboratorio encontraron que tiene 87-88% de digestibilidad y un factor de PER (razón de eficiencia proteica) de 1.04.

Como ya se indicó, no existe información del grado de madurez del grano que es posible que afecte el rendimiento del atole respecto de la concentración de sólidos, así como la composición química del grano. El desgrane puede ser otra fuente de variabilidad, ya que puede o no llevar elote o que parte del grano quede en el elote. Luego, durante la molienda, si es gruesa, puede ocurrir que más sólidos pasen al residuo de la filtración. Asimismo, mientras más sazón es el elote, menos sólidos se irán en el extracto tierno.

Con el fin de conocer la mejor época de cosecha de la mazorca de maíz tierno para preparar atole, Gómez-Brenes et al (1968) llevaron a cabo algunos estudios. En el primer ensayo de un estudio realizado por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), en el que se utilizó la variedad de maíz "azotea", del altiplano, se recolectaron siete muestras con una semana de intervalo entre un corte y otro, habiéndose hecho el primero de éstos a las 23 semanas de sembrado el maíz.

Durante el segundo ensayo se recolectaron 10 muestras también con una semana de intervalo, haciéndose el primer corte a las 20 semanas de sembrado (Gómez-Brenes et al, 1968).

Las muestras en mazorca fueron desgranadas y liofilizadas para luego ser molidas a un grueso de 40 mallas. Se practicaron determinaciones de contenido de humedad, grasa, fibra cruda, ceniza, proteína y aminoácidos esenciales que mostraron los resultados siguientes. En el primer ensayo el contenido de nitrógeno disminuyó de 1.55 (contenido a las 23 semanas de su siembra) a 1.30% en el último corte. En el segundo ensayo también descendió de 2.03 a las 20 semanas a 1.54% a las 22 semanas, decreciendo nuevamente hasta 1.41% a las 29 semanas (Gómez-Brenes et al, 1968).

La determinación de fibra de la muestra del primer ensayo mostró no sufrir cambios considerables durante el proceso de maduración, mientras que la del segundo ensayo decreció de 6.6 a las 20 semanas a 2.2% a las 29 semanas (Gómez-Brenes et al, 1968).

En ambos ensayos se estableció que el contenido de ceniza bajó y el de hidratos de carbono aumentó en forma paralela al desarrollo del grano (Gómez-Brenes et al, 1968).

Los estudios de fraccionamiento del nitrógeno del grano de maíz en sus diversas etapas de maduración se practicaron solamente a las muestras del segundo ensayo. El porcentaje de nitrógeno soluble en 75% de etanol varió de la semana 21 a la 29 de 34.7 a 37.9, respectivamente, obteniendo su valor máximo (40.3%) a las 23 semanas de su siembra. De la semana 21 a la 22 el contenido de nitrógeno, soluble e insoluble en agua, varió de 66.6% a 38.6% y de 11.7% a 52.6%, respectivamente. La fracción insoluble en agua alcanzó su valor máximo (68.4%) a las 29 semanas. Las pérdidas de nitrógeno tuvieron un valor promedio de 11.7% (Gómez-Brenes et al, 1968).

Según se observó, el nitrógeno no proteico soluble en agua constituye 23.1% en el maíz tierno (21 semanas de su siembra), y éste decrece paralelamente a la maduración del grano hasta constituir 5.9% a las 29 semanas. En contraposición, el nitrógeno insoluble en agua (zeína) forma solamente 4.1% en el maíz tierno, pero a las 22 semanas aumenta a 20.% hasta alcanzar el valor máximo de 27.4% cuando el maíz ya ha alcanzado plena madurez y sequedad y se encuentra listo para ser cosechado (Gómez-Brenes et al, 1968).

"La concentración de los aminoácidos triptofano y lisina descendió en el maíz conforme avanzaba la maduración, tanto al ser expresados en términos de porcentaje de muestra seca como en base a su contenido de nitrógeno. Siendo la lisina la que reflejó mejor el efecto de la maduración" (Gómez-Brenes et al, 1968).

Los resultados revelaron que el aminoácido metionina también decreció de 0.344 a 0.245 g% por efecto de la maduración. En lo que respecta al contenido de arginina, inicialmente ocurrió un descenso de 0.519 a 0.404 g% entre las semanas 21 y 26, para luego aumentar hasta 0.542 g% a las 29 semanas (Gómez-Brenes et al, 1968).

Aunque los autores no lo señalan, parece que el mejor tiempo de cosecha de maíz tierno para preparar atole es entre las 22-25 semanas después de la siembra del grano para cultivos del altiplano.

Otros estudios han indicado que el maíz inmaduro debe contener entre 60-65% de agua, que corresponde al maíz del altiplano entre 37 a 41 días después de floración, con un contenido de 2 a 3 % de azúcares reductores y de 2 a 3% de azúcares no reductores.

## B. Cambios químicos en el maíz durante el proceso de germinación

En un estudio realizado por representantes del INCAP se germinaron 5 variedades de maíz provenientes de la zona costera y 3 del altiplano, todas por 8 días tomando muestras cada 24 horas.

Las variedades provenientes de la zona baja fueron:

Cuarenteño: de ciclo precoz

ICTA B-1: de ciclo intermedio

Tuxpeño 0-2: de ciclo intermedio

NK-991: de ciclo tardío

ICTA A-4: de ciclo precoz,

mientras que las variedades provenientes del altiplano fueron:

Azotea: de ciclo tardío

Compuesto blanco: de ciclo tardío

Guanteian xela: de ciclo precoz.

A cada muestra se le dió un tratamiento de saneación adecuado para evitar crecimiento de hongos durante el período de germinación (Martínez et al, 1980).

Se evitó al máximo la incidencia de luz natural y por lo tanto la actividad fotosintética por medio de una fuente de luz verde en el lugar de germinación. Luego del proceso de germinación las muestras eran secadas en horno y posteriormente pesadas. Luego se procedió al desgrasado para después molerlas utilizando un tamiz # 20 (Martínez et al, 1980).

Para determinar la proteína total se utilizó el método micro Kjeldahl para nitrógeno total multiplicado por el factor 6.25. Los aminoácidos lisina y triptofano fueron

determinados por separado al utilizar el método colorimétrico basado en la digestión enzimática con papaína (Martínez et al, 1980).

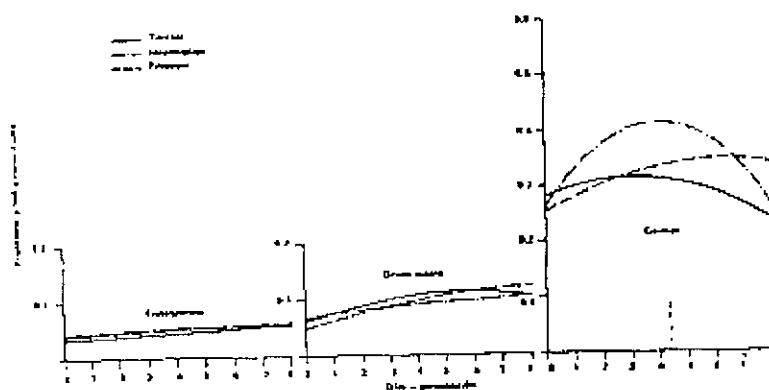
Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de regresión cuadrática, con el fin de obtener una curva explicativa de una relación natural. Entre las regresiones utilizadas se encuentran las siguientes:

1. Proteína total de cada variedad/tiempo de germinación.
2. Albúmina de las variedades agrupadas por ciclo vegetativo/tiempo de germinación (Martínez et al, 1980).

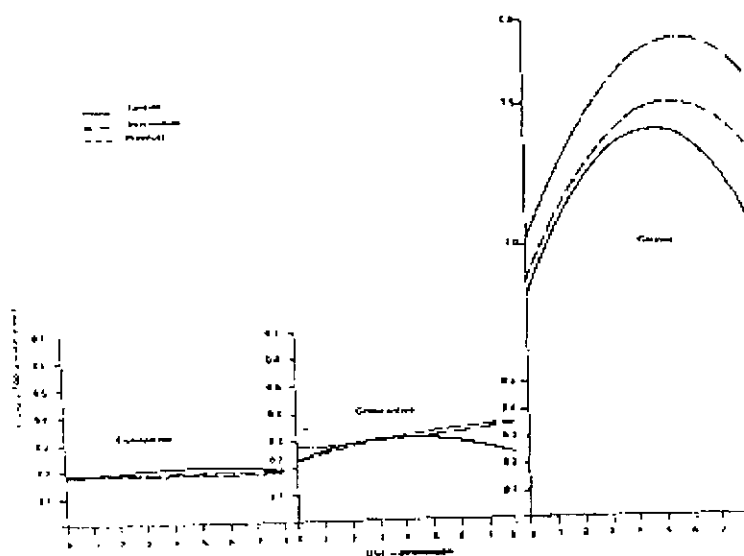
Las curvas de regresión para proteína total/tiempo de germinación de cada una de las variedades mostraron que en todas las variedades, independientemente de su ciclo vegetativo, hubo un decrecimiento de la proteína total, tanto en el endospermo como en el germen; sin embargo aumenta en el grano entero. De los resultados obtenidos también se observa el contraste que existe entre la concentración de proteína en la materia seca y en el germen, ya que mientras la primera disminuye, la segunda aumenta, debido al incremento en el peso seco del germen (Martínez et al, 1980).

Del mismo estudio se concluye que el contenido de albúmina, al contrario del de zeína, presenta un aumento en relación con el tiempo de germinación tanto en el grano entero como en el endospermo (Martínez et al, 1980).

A continuación se presentan las Figuras 2 y 3 con las curvas para triptofano y lisina, respectivamente.



**FIGURA 2.** Cambios en el contenido de triptofano del maíz y sus fracciones durante la germinación. (Martínez et al, 1980)



**FIGURA No. 3.** Cambios en el contenido de lisina en el grano de maíz y sus fracciones durante la germinación (Martínez et al, 1980)

De acuerdo con Martínez et al (1980), de estas figuras puede observarse la tendencia similar que existe para los tres ciclos respecto de la lisina. Sin embargo para el triptofano existe cierta diferencia en el germen; no obstante se nota la misma tendencia para todas. Es importante hacer notar que los valores máximos, tanto para la

lisina como para triptofano en el germen y grano entero, se alcanzan durante el 4o. y 6o. día de germinación.

Este estudio refleja durante el proceso de germinación del grano de maíz, se vuelve a contenidos nutricionales similares a los del grano tierno. El comportamiento de los aminoácidos lisina y triptofano lo demuestran y además sirve de base para la hipótesis del presente trabajo, ya que vuelven a alcanzar niveles significantes luego de la germinación. Al obtener nutrientes similares entre el grano tierno y el germinado se infiere que el atole final obtenido del procesamiento del grano germinado presentará rendimiento adecuado y características organolépticas aceptables al paladar del guatemalteco. Con base en los datos de estos autores parecería que la mejor época de germinación estaría entre los 4 a 6 días, con lo que se obtendría un poco más de lisina y triptofano, posiblemente similar a la cantidad que hay en el grano tierno, y no habría pérdidas grandes de endospermo que determinarían en alto grado el rendimiento de materia seca en el atole.

### III. OBJETIVOS

#### A. OBJETIVO GENERAL

1. Desarrollar un atole de granos de maíz sazón con características fisicoquímicas y organolépticas similares a las de un atole de granos de elote tierno.

#### B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar una caracterización fisicoquímica de los granos de maíz tierno.
2. Efectuar una caracterización fisicoquímica de los granos de maíz sazón germinado durante varios períodos de tiempo.
3. Procesar los granos de maíz sazón germinado de la manera en que se hace para preparar atole de elote convencional.
4. Comparar el atole de maíz germinado y el atole de maíz tierno por características físicas y químicas seleccionadas.
5. Realizar una evaluación sensorial de aceptabilidad del atole desarrollado.

#### **IV. HIPOTESIS**

Es posible obtener un atole de elote a partir de granos de maíz sazón germinado con características fisicoquímicas y organolépticas similares a las de un atole de elote de granos de maíz tierno.

## V. JUSTIFICACION

El atole de elote es un producto de consumo popular en Guatemala. Para su preparación, el guatemalteco adquiere las mazorcas de maíz a un precio aproximado de Q.1.50 c/u. Por el precio pagado está obteniendo materia que es inutilizable en la preparación del atole, entre ésta se puede mencionar la hoja que cubre (tuza) y el centro de la mazorca (olote). Para reducir el costo de producción del atole se busca la manera de utilizar materia prima de menor precio que no contenga materia inutilizable. La mejor alternativa es el uso de granos de maíz sazón que tienen un costo que fluctúa entre Q.0.60 y Q.1.50 por libra, germinarlos y de ellos producir un atole.

Además, tanto los productores como los consumidores actuales buscan un producto en el que no sea necesario invertir mucho tiempo en su limpieza y preparación. Esta ventaja la presenta el atole de granos de maíz germinado dando al productor una materia prima fácil de adquirir, a precio adecuado, y sin dificultad de limpieza, y al consumidor le presenta una bebida deshidratada fácil de preparar.

La utilización de granos de maíz sazón ahora presenta una alternativa a la falta de almacenamiento que algunos productores pueden tener. La mayoría de agricultores guatemaltecos no cuentan con silos apropiados para almacenar sus granos y éstos pueden deteriorarse y que obliguen al productor a desecharlos. Con esta nueva alternativa aún pueden ser usados evitando pérdidas al agricultor.

La realización de dicho atole presenta, además, un adelanto tecnológico en la preparación de un alimento nutritivo de consumo popular que tiene como resultado una reducción en el costo de producción y, por lo tanto, en el precio final al consumidor.

## VI. MATERIALES Y METODOS

### A. Materiales

#### Maíz

Se necesitan granos de maíz tierno de una edad conocida y granos de maíz sazón de la misma variedad y que sean provenientes de la misma fuente.

#### Equipo

4 contenedores plásticos de forma rectangular

1 deshidratadora de bandejas

1 molino de tornillo

1 licuadora

1 tamiz

1 viscosímetro

1 digestor de 6 hornillas

1 destilador

1 balanza de brazo

2 estufas

1 polarímetro

6 embudos Buchner

#### Cristalería

- Balones de digestión: 6 de 100 ml
- Buretas: 1 de 50 ml
- Erlenmeyers: 6 de 125 ml, 6 de 250 ml
- Beakers: 6 de 250 ml, 6 de 150 ml
- Tubos para centrifuga: 6 de 50 ml
- Probetas: 2 de 10 ml

- Varillas de agitación: 6
- Tubos para polarímetro: 6 de 10 cm

### **Reactivos**

- Mercurio metálico
- Sulfato de potasio o sodio
- Acido sulfúrico
- Agua
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Cloruro de calcio hexahidratado
- Eter etílico

### **B. Métodos Químicos y Sensoriales**

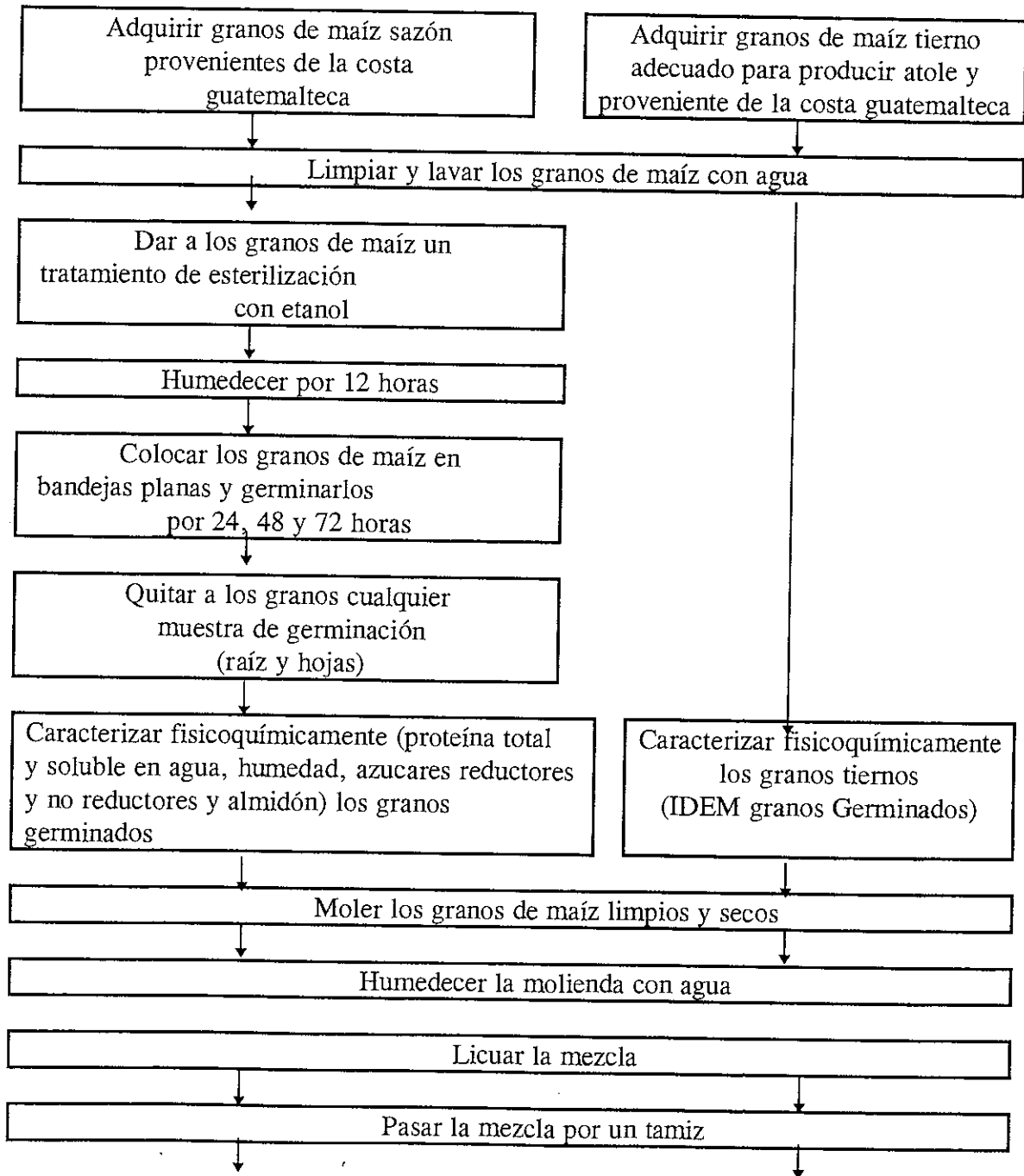
Los métodos a utilizar en las distintas determinaciones son:

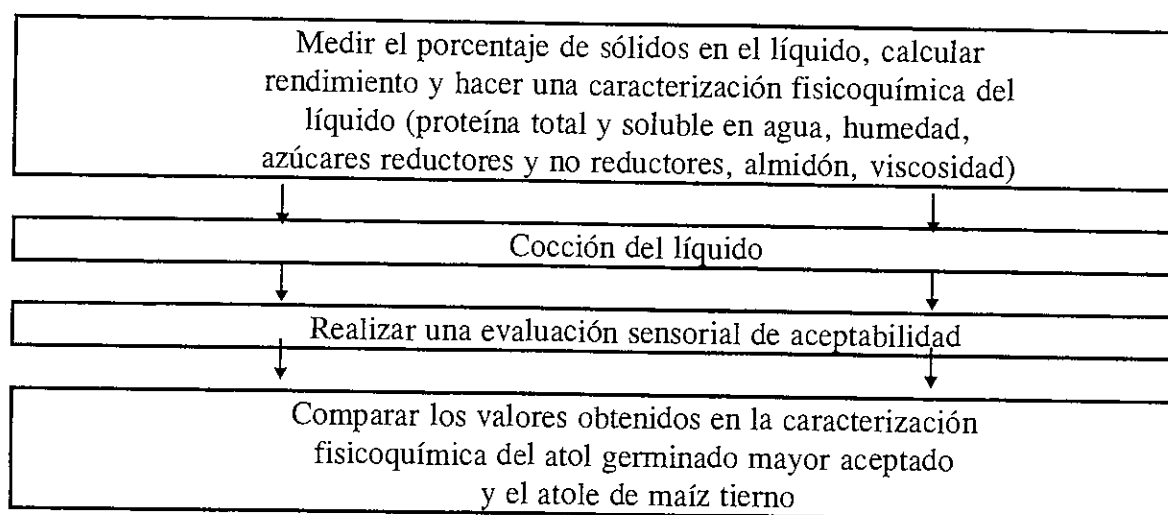
1. Proteína: Método 14.067 (AOAC,1984).
2. Proteína insoluble en agua: Método 2.072 (AOAC,1984).
3. Azúcares solubles: Método 31.009 (AOAC,1984).
4. Azúcares reductores/no reductores: Método 14.023 (AOAC,1984).
5. Humedad: Método 14.002 (AOAC,1984).
6. Cenizas: Método 14.006 (AOAC,1984).
7. Almidón: Método 14.031 (AOAC,1984).
8. Viscosidad: Método 14.055 (AOAC,1984).
9. Fibra: Método 7.070 (AOAC,1984).
10. Análisis Sensorial: se le pedirá a los panelistas que ordenen las muestras codificadas, con base en su aceptabilidad, desde la menos aceptada hasta la más aceptada. No se permitirá la ubicación de dos muestras en la misma posición.

Las muestras se presentarán en recipientes idénticos, codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Cada muestra recibirá un número distinto. Todas las muestras serán presentadas simultáneamente a cada panelista en un orden aleatorio.

## VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

### A. Unidad Experimental





## B. Tamaño de la muestra

Se trabajará con dos muestras de maíz: tierno y sazón. El maíz sazón se dividirá en tres categorías, germinada por 24, 48 y 72 horas respectivamente, siendo trabajada cada una en duplicado.

## C. Evaluación

1. La primera evaluación fisicoquímica se llevará a cabo en las muestras germinadas (24, 48 y 72 hrs.) a las cuales se le eliminará la radícula y la plúmula. Se hará un análisis de humedad en fresco y luego la muestra se deshidratará y molerá. En la harina resultante se determinará humedad, proteína total y soluble, azúcares reductores y no reductores y almidón. La misma caracterización se llevará a cabo con el maíz inmaduro.
2. Las 3 muestras germinadas y el maíz tierno serán convertidos en atole. En esta fase se determinará el rendimiento de sólidos con base en la humedad de la materia prima y del extracto. El extracto se analizará por proteína total y soluble, azúcares reductores y no reductores, almidón y viscosidad.

3. El producto seleccionado de maíz germinado y el de maíz inmaduro serán analizados por su composición química proximal.

#### **D. Diseño Experimental / Análisis Estadístico**

El diseño experimental será tratado con un análisis de varianza. Para ello se plantea la siguiente hipótesis nula: "El tiempo de germinación no afecta los siguientes parámetros nutricionales en el atole de elote: azúcares reductores y no reductores, proteína total y soluble, humedad, almidón y viscosidad".

Como se mencionó, se practicará un Análisis de Varianza de 1 Vía con las siguientes especificaciones: FACTOR: Tiempo de Germinación

NIVELES: 4 ( Control = atole de granos de maíz tierno, 24h, 48h y 72h de germinación) .

Por lo tanto, la ecuación que describe el presente diseño experimental es:

$$y = A + \text{Tiempo de germinación} + \text{Error},$$

donde A = medición original de la característica/parámetro fisicoquímica.

Se utilizará el sistema de cómputo existente en la Universidad Del Valle de Guatemala en el Instituto de Investigación para realizar el análisis "Oneway", con el siguiente programa: SPSSPC Ver. 4.0.

Para el análisis estadístico de resultados obtenidos en la prueba de evaluación sensorial de aceptabilidad se determinarán las diferencias significativas entre muestras al comparar los totales de los valores de posición de todos los posibles pares de muestras al utilizar la prueba de Friedman con base en un nivel de significancia del 5%.

**E. Programación**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPT.</b>	<b>OCTUBRE</b>
Finalización del protocolo						
Presentación del protocolo						
Espera para época de cosecha						
Experimentación						
Elaboración informe final						
Examen de graduación						

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

### A. Materia Prima

#### 1. Germinación

La germinación es un proceso enzimático cuya finalidad es desdoblar el almidón, las proteínas y otros macronutrientes con el fin de obtener energía y sustratos para fines de formación de otros tejidos y estructuras de la planta. Por consiguiente, en un momento dado, los componentes químicos de un grano de maíz en germinación podrían ser muy parecidos en cantidad y en clase a los de un grano de maíz en maduración. Esto, que representa la hipótesis de este trabajo, es acertado al observar los compuestos químicos que fueron analizados.

El proceso de germinación fue iniciado con un período de inmersión en agua por 12 horas. Cada una de las muestras fue colocada sobre una base de cartón de 1m x 0.5m cubierta completamente por una capa de algodón (seco) de 2.5cm de grosor. El algodón fue humedecido inicialmente con aprox. 1L de agua por muestra. Los granos eran re-humedecidos cada 12 horas con aprox. 0.5L agua/muestra.

El proceso fue llevado a cabo a temperatura ambiente. La colocación de las muestras no permitió que la incidencia de luz fuera mucha. Ambos factores pudieron frenar la germinación. Se infiere que si hubieran sido mayores, la germinación hubiera aumentado y, por lo tanto, los niveles de nutrientes.

Los períodos de germinación fueron tres: 24, 48 y 72 horas respectivamente. Como se puede observar en el Cuadro No. 1, la cantidad de granos con presencia de germinación de la primer muestra fue muy poca (10%). Esta fue aumentando con el tiempo de germinación, 40% para la muestra de 48 horas y 85% para la de 72 horas, lo cual es normal.

*Cuadro 1: Determinación de Humedad ( $\pm 0.0005$ ) y Porcentaje de Germinación en Materia Prima  $\pm 0.05$*

Muestra	Control	0 h germinación	24 h germinación	48 h germinación	72 h germinación
Humedad	44.40%	13.95%	30.72%	31.79%	34.18%
Crecimiento	-----	-----	10	40	85

El grano debía presentar una radícula para considerar que tenía muestras de germinación. Los tamaños de radículas fueron muy variables, yendo desde 0.1 hasta 3 cm de longitud. Aquellas que llegaban a medir entre 2 y 3 cm. generalmente presentaban en la base también una plúmula (pequeña protuberancia de color verde).

Debido a que hubo necesidad de repetir varias veces este proceso, se cambió el recipiente donde se llevó a cabo la germinación. En ocasiones siguientes se utilizaron bandejas plásticas para evitar que el recipiente absorbiera el agua destinada a los granos.

## 2. Determinación de humedad

Para secar cada una de las muestras fue necesario pasar por un proceso de trituración. Esto fue hecho en un procesador de alimentos marca Black & Decker. El tamaño de partícula obtenido luego del proceso fue muy grande e inadecuado para la preparación de un atole. Idealmente debieron ser molidas pero por falta de un molino de tamaño adecuado no fue posible hacerlo.

Se secaron 2 gramos de cada muestra durante 5.5 horas a una temperatura de 122°C en un horno convencional hasta obtener un peso constante. Se tomaron varias mediciones de peso en intervalos de 1 hora con un tiempo de enfriamiento en una desecadora. La máxima humedad fue 44.4%, mientras que la mínima fue 13.95%, en el grano tierno y grano no germinado, respectivamente.

Los resultados del Cuadro 1 indican que el porcentaje de humedad presente en las muestras germinadas es similar con una varianza de 3.1990. Existe una mínima variación entre las muestras de 24 y 48 con la de 72 horas, atribuible a la humedad extra presente en el tiempo de germinación. Esto lleva a inferir que el mayor porcentaje fue absorbido durante la inmersión en agua por 12 horas y que el tiempo en algodón húmedo no influyó significativamente en la humedad del grano.

Al comparar los resultados de humedad en los granos germinados con el control, se encuentra que el período de germinación que llevó la humedad al nivel más parecido al deseado fue 72 horas. Sin embargo existió una diferencia del 10.2% entre ambos. Esta puede minimizarse por una inmersión inicial en agua de un período mayor.

Estadísticamente según el Cuadro 14, Sección de Anexos, se encuentra que todas las muestras germinadas no son distintas entre ellas. Sin embargo, todas son distintas a la muestra control y a la de 0 horas de germinación. Estas dos últimas también son diferentes entre ellas.

El resto fue secado de similar manera, reduciendo el tiempo para evitar calcinaciones de parte de la muestra. Luego se repitió el proceso de trituración para reducir el tamaño de partícula. El resultado fue una harina de partículas menores que las anteriores, aunque aún no recomendable para preparar un atole.

El aumento progresivo en la humedad del grano lleva a inferir que el proceso de germinación, inducido por agua, logra que los niveles de nutrientes aumenten hasta valores similares a los del grano tierno.

### **3. Determinación de Proteína**

#### **a. Proteína Total**

Se partió de las muestra secadas por un período menor a 5.5 horas asumiendo que las humedades en ellas eran similares.

Los resultados presentados en el Cuadro 2 muestran que el contenido de proteína en base húmeda aumentó desde 7.7% (0 horas germinación) hasta un 10.67%, en la muestra de 48 horas de germinación, para luego disminuir a 7.87% en la muestra de 72 horas de germinación.

*Cuadro 2: Determinación de Proteína Total en Materia Prima  $\pm$  0.052*

Muestra	Control	0 h germinación	24 h germinación	48 h germinación	72 h germinación
Proteína					
Base Húmeda	16.2%	7.7%	9.5%	10.7%	7.9%
Proteína					
Base Seca	19.9%	8.9%	13.7%	15.7%	12.0%

Al llevar los resultados de base húmeda a una humedad estandarizada de 0% se observa que los porcentajes de proteína no variaron tan abruptamente como lo hacen en base húmeda. Sin embargo, el patrón de crecimiento hasta un pico de concentración y luego una disminución permanece similar.

Según el análisis de varianza de una vía evidencia que las muestras de 0 y 72 horas de germinación son similares entre ellas. Las de 24 y 48 horas lo son de igual manera, pero todas las anteriores son distintas a la muestra control.

El aumento en la concentración de proteína, nuevamente lleva a pensar que el proceso de germinación logra que los niveles de nutrientes aumenten, aunque aún no se logran los niveles deseados.

Se hicieron variaciones a la metodología indicada en el AOAC. Estas han sido validadas por el Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos (L.U.C.A.M.) y se muestran en la sección de Anexos.

#### **b. Proteína Soluble en Agua**

Los resultados de esta determinación en el Cuadro 3 muestran un patrón distinto al encontrado en la proteína total. Presentan un aumento desde 8.1% a las 0 horas de germinación hasta 14.8% a las 72 horas de germinación.

*Cuadro 3: Determinación de Proteína Soluble en Agua en Materia Prima  $\pm$  0.73*

Muestra	Control	0 h germinación	24 h germinación	48 h germinación	72 h germinación
Proteína	16.2%	8.1%	11.3%	14.0%	14.8%

Las proteínas solubles son comúnmente conocidas como albúminas, que son buena fuente de lisina, aminoácido limitante en muchas proteínas y en particular en los

cereales. Los valores crecientes sugieren que la lisina también aumenta con la proteína soluble y esto a su vez demuestra que el valor nutritivo del atole a base de granos germinados es similar al del atole a base de granos tiernos.

Al comparar los resultados con el control se observa que la muestra con 72 horas de germinación presenta el valor más similar al deseado. Posiblemente al permanecer por mayor tiempo en germinación el nivel de proteína soluble habría aumentado hasta 16%.

#### 4. Determinación de Azúcares Solubles y Almidón

De los resultados en el Cuadro 4 se observa que previo al proceso de germinación, la mayor parte de los hidratos de carbono se encuentran en la forma de almidón. También existe un bajo porcentaje en la forma de glucosa.

*Cuadro 4: Determinación de Azúcares en Materia Prima + 0.005*

Muestra	Control	0 h germinación	24 h germinación	48 h germinación	72 h germinación
Fructosa	0.45%	0.88%	Trazas	0.43%	Trazas
Glucosa	0.82%	2.25%	1.5%	1.77%	1.39%
Sacarosa	2.46%	Trazas	No detectado	No detectado	No detectado

La técnica utilizada para la presente determinación de monosacáridos fue Cromatografía Líquida de Alta Presión. Los detalles de la misma, así como los perfiles cromatográficos de las muestras, se presentan en la sección de Anexos.

También se observa que durante el proceso la glucosa va disminuyendo. De igual manera el almidón en las muestras presenta un descenso en su concentración, como se muestra en el Cuadro 5. Este patrón de decrecimiento tiene su base en la necesidad de energía de la planta en el proceso de germinación. Dicho proceso necesita metabolizar los carbohidratos para proveer a la célula suficiente energía e iniciar la reacción natural. Esta fuente de energía la representa la glucosa en el grano, pero además existe una reserva en forma de almidón. Este último empieza a desdoblarse en unidades de glucosa que, como ya se mencionó, serán las fuentes inmediatas de energía para el proceso de germinación. Por ello se da un descenso en las concentraciones de ambos nutrientes.

*Cuadro 5: Determinación de Almidón en Materia Prima + 0.21*

Muestra	Control	0 h germinación	24 h germinación	48 h germinación	72 h germinación
Almidón	39.2%	68.6%	66.3%	48.6%	42.4%

Al comparar los valores con el control se esperaba que la glucosa y el almidón disminuyeran hasta 0.82% y 39.2%, respectivamente. El mínimo valor de ambos se presentó en la muestra de 72 horas de germinación. Esto debido a que mientras más germina el grano, mayor energía necesita y por ende, mayor consumo de glucosa y almidón.

Sin embargo, es notable la cercanía del valor de almidón de dicha muestra con el control. Esto indica que el grano empieza a ser capaz de obtener la energía del medio en el que se encuentra y que no dependerá exclusivamente de sus reservas de energía. Tampoco gastará energía en desdoblar la reserva, sino más bien se concentra en el crecimiento. Por ello es que el valor de glucosa aún no alcanza el valor deseado. Como se mencionó, el grano obtendrá su energía del medio y además de la fuente inmediata que aún tiene disponible la glucosa. Se esperaría que este valor continúe con el patrón decreciente hasta un valor cercano a 0.82%. Los máximos valores de glucosa y almidón fueron encontrados en el maíz con 0 horas de germinación, 2.25% y 68.6%, respectivamente.

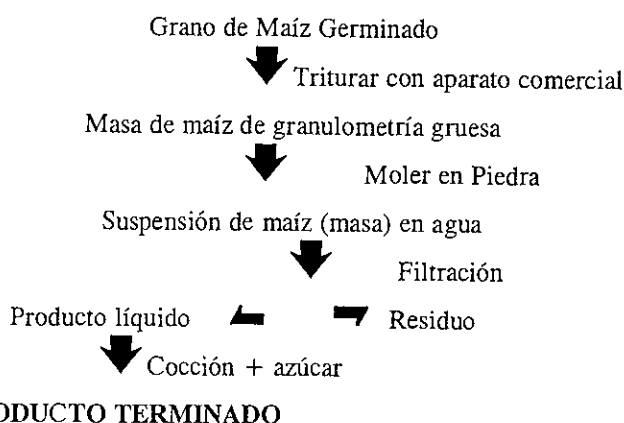
La estadística presenta 5 muestras distintas entre sí según su concentración de almidón. A los resultados de azúcares no se les practicó análisis estadístico.

## **B. Producto Terminado**

### **1. Preparación del Atole**

Debido a que todos los granos germinados fueron procesados para obtener harinas, fue necesario repetir el paso inicial del experimento. Los atoles fueron preparados a partir de granos de maíz recién germinados. No se utilizó la harina preparada anteriormente por tener un tamaño de partícula no adecuado. Además se quiso evitar que las características sensoriales fueran afectadas por factores externos a la germinación (deshidratación y tiempo de almacenaje de la harina). El nuevo proceso de germinación fue llevado a cabo en las mismas condiciones que se llevó el primer proceso para obtener un maíz de características fisicoquímicas similares.

Nuevamente, antes de iniciar la preparación, se removió toda muestra de germinación (radícula y plúmula). Dada la falta de un molino de discos de capacidad adecuada, se procedió a triturar los granos en un procesador comercial de alimentos. Sin embargo, el tamaño de partícula resultante era demasiado grande para obtener un buen atole. Por ello fue necesario pasar por un proceso de molienda manual utilizando una piedra de moler. Luego de ello sí se obtuvo una masa adecuada para continuar con la preparación, según se indica en forma resumida en la Figura 2.



*Figura 4. Preparación de Atole de Granos de Maíz Germinado*

Seguidamente, la masa se filtró usando agua caliente. La cantidad de agua fue la misma para todas las preparaciones de atole de maíz germinado (1.5L). No fue así para el atole de elote debido a que se contaba con una mayor cantidad de granos. Sin embargo, el volumen permaneció proporcional a los demás.

Por un error en el procedimiento, no se midió el peso del bagazo resultante de la filtración de cada atole. Este dato era necesario para la obtención de un porcentaje de sólidos y para el rendimiento del atole. Por lo tanto, el atole obtenido fue utilizado solamente para la evaluación sensorial.

Después de obtener el filtrado se coció en una estufa convencional por 30 minutos. Durante este tiempo se le agregó azúcar (100 g) y sal (5 g). La agitación fue constante para evitar que la mezcla se pegara al fondo del recipiente. Se dejó llegar al punto de ebullición de la mezcla, se mantuvo a dicha temperatura por 15 minutos y luego se eliminó la fuente de calor. Se dejó enfriar hasta que alcanzara temperatura ambiente y luego fue colocado en refrigeración por 48 horas antes de la evaluación sensorial.

Es muy importante mencionar que durante la preparación del atole de maíz de 72 horas de germinación se presentó un problema. El fenómeno es popularmente conocido como "atole cortado". Esto es la ruptura de la emulsión presente en la mezcla en cocción. El agua se separa del resto de ingredientes sólidos y se obtienen dos fases. Para solucionar el problema fue necesario llevar nuevamente el atole a su punto de ebullición y agitar constante y fuertemente por 10 minutos. Esto permitió recuperar la emulsión deseada y el atole permaneció como tal. Puede ser que este factor haya afectado las características organolépticas de la muestra.

## 2. Rendimiento

Dado a que en el proceso anterior no se midió el residuo de la preparación, el mismo se repitió. En esta ocasión los parámetros de la preparación fueron controlados y mantenidos iguales a los de la primera para evitar cambios inesperados. Nuevamente fueron germinados 500 g de granos, pero en esta ocasión sólo se calculó el rendimiento con base en la mitad. A los 250 g restantes se les dio un tratamiento de deshidratación explicado posteriormente.

El rendimiento de todos los atoles no presentó variaciones estadísticas. Sin embargo, al comparar el de los atoles a base de granos con el de las harinas se observa que los atoles a base de harinas presentaron un mejor rendimiento, tal como se muestra en el Cuadro 6. Este hecho está basado en que la humedad presente en el grano aumenta el peso inicial de la materia utilizable, por lo tanto se necesita mayor materia prima para obtener un mismo rendimiento de atole. En cambio, en las harinas esta humedad ha sido minimizada, al grado que su peso ya no es significativo.

*Cuadro 6: Rendimiento de Atoles a Partir de Granos Germinados y de Harinas + 0.5*

Materia Prima	Peso (g)	Residuo (g)	Sólidos Totales en Atole (g)	Rendimiento
Grano 0 h germinación	500.0	332.3	167.7	33.54%
Grano 24 h germinación	250.0	98.8	151.2	60.48%
Grano 48 h germinación	250.0	100.0	150.0	60.00%
Grano 72 h germinación	250.0	99.0	151.0	61.40%
Harina 0 h germinación	500.0	332.3	167.7	33.54%
Harina 24 h germinación	220.5	72.6	147.9	67.07%
Harina 48 h germinación	218.7	75.0	143.7	65.71%
Harina 72 h germinación	220.0	80.0	140.0	63.64%

### 3. Determinación de Viscosidad

Para ello se utilizó el viscosímetro de la Universidad del Valle. Se trabajó a 600 r.p.m. por 12 minutos en cada muestra cambiando la velocidad a 300 r.p.m. repentinamente para verificar la lectura. Los datos se muestran en el Cuadro 7. Los resultados fueron tomados a la temperatura de 65°C (a la que usualmente se toma el atole). Ellos muestran un aumento paulatino en la viscosidad que pudo deberse a una desactivación de las amilasas por la temperatura de trabajo. Al desactivar dichas enzimas se detuvo la hidrólisis del almidón permitiendo al almidón residual gelatinizarse a la temperatura de trabajo y por lo tanto, aumentar la viscosidad de la muestra.

*Cuadro 7: Determinación de Viscosidad en Producto Terminado + 0.05*

Muestra	Control	0 h germinación	24 h germinación	48 h germinación	72 h germinación
Viscosidad	104 cP	55 cP	114 cP	120 cP	145 cP

El atole de maíz de 48 horas de germinación presentó resultados muy variables. Se trabajaron 4 muestras de atole preparados de la misma manera. Dos de ellas mostraron viscosidades muy bajas (300% menor), mientras que las dos restantes dan el promedio incluido en la sección de resultados. Aunque los parámetros se trataron de mantener iguales, este peculiar resultado pudo deberse a que durante el proceso de cocción no se haya evaporado la misma cantidad de agua que en los otros atoles.

### 4. Evaluación Sensorial

Esta fue hecha a 1 atole de elote y 3 atoles de maíz germinado. Los resultados están descritos en el Cuadro 8. Las muestras fueron codificadas con números aleatorios de 3 dígitos y presentadas al panelista en recipientes iguales según el siguiente orden: atole de maíz con 24, 48, 72 horas de germinación y atole de elote convencional. Cada panelista debió asignar un número (1=más agradable hasta 4=desagradable) a cada atole según su sabor.

*Cuadro 8: Resultados de Evaluación Sensorial del Producto Terminados (Significancia = 0.05)*

Muestra	Código	Sabor más agradable	Sabor agradable	Sabor poco agradable	Sabor desagradable
24 h germ.	357	57.14%	28.57%	0%	14.28%
48 h germ.	159	14.28%	14.28%	57.14%	14.28%

72 h germ.	456	0%	14.28%	28.57%	57.14%
Control	820	28.57%	42.85%	14.28%	14.28%

El panel fue formado por 28 personas de distintas edades (10-78 años) de las cuales 71% eran mujeres. El número de panelistas fue limitado por el volumen de atole obtenido. Para estudios posteriores se recomienda tomar paneles más numerosos. Según los resultados, el atole con "sabor más agradable" es el de maíz de 24 horas de germinación, seguido por el atole convencional, luego por el de 48 horas de germinación para terminar con el de 72 horas de germinación.

### 5. Industrialización del Proceso

Dados los buenos resultados, tanto en rendimiento como en sus características organolépticas, se decidió añadir un análisis para una posible industrialización del proceso. Si el producto quiere ser comercializado debe buscarse que su presentación sea práctica, con buena vida de anaquel y muy importante, de fácil preparación.

El proceso natural mayormente conocido para aumentar la vida de anaquel es la deshidratación. Se consideró que con ello se obtendría una harina que rehidratada presentaría un producto aceptable al consumidor. Para este análisis se usaron los 250 g de granos germinados restantes de la determinación de rendimiento. Luego de germinados fueron triturados y después molidos en una piedra de moler. La masa obtenida fue deshidratada en un horno convencional a 122°C por 3.5 horas. Se dejó llegar a temperatura ambiente y fue macerada para obtener partículas de menor tamaño. Esta harina resultante fue rehidratada con 250 mL y mezclada en una licuadora. Luego el tratamiento de preparación de atole fue el conocido.

Los resultados no fueron los esperados. Los atoles a base de harina de granos de 0 y 48 horas de germinación se "cortaron" (ruptura de la emulsión). Se trató de arreglar el problema como se había hecho anteriormente sin éxito alguno. Este problema puede tener su base en que la temperatura de secado no haya sido la óptima y haya afectado el almidón presente. Es un problema que aún debe ser estudiado.

Los atoles a base de harina de granos de 24 y 72 horas de germinación presentaron un rendimiento adecuado pero características organolépticas distintas a las del atole de granos recién germinados. Esta variación fue debida al proceso de secado en el que la

capa superficial de la masa se doró resultando en un sabor distinto (no desagradable) al esperado.

El atole de maíz tierno es un alimento muy popular en Guatemala que a veces no se puede consumir con más frecuencia por la falta de maíz tierno o por su precio. Los resultados de este estudio sugieren que el uso de maíz tierno no es esencial para preparar atole, ya que germinando el maíz maduro por 24-48 horas permite la elaboración de esa bebida a un precio mas cómodo y con características organolépticas similares a las del atole de maíz tierno.

Además, el presente trabajo muestra varias opciones para la preparación y comercialización del atole de granos de maíz germinados:

1. Germinar los granos, tal y como se hizo en el estudio, y preparar el atole a base de los granos. Este método presenta al consumidor el inconveniente de ser muy trabajoso y tedioso. Además, es poco práctico para un consumidor tener que llevar a cabo todo el proceso.
2. Germinar los granos, deshidratarlos y preparar y comercializar el atole a base de una harina de granos. Este proceso reduce el trabajo de germinación, sin embargo, aun presenta el trabajo de extracción, filtración y cocción. Presenta el inconveniente que esta harina puede fortificarse pero posiblemente se perderían muchos nutrientes en la preparación.
3. Germinar los granos, preparar el atole y deshidratarlo. Este proceso presenta el uso de una harina de maíz germinado que puede ser fortificada proporcionando de esta manera una mejor nutrición. Además, es un producto instantáneo, fácil de preparar y atractivo al consumidor.

La industrialización de la tercera opción es un tema que merece estudios posteriores. Estos debieran incluir la parte de deshidratación del atole así como la fortificación del producto terminado.

## IX. CONCLUSIONES

### A. Conclusión General

Es posible desarrollar un atole de granos de maíz sazón germinados por 24 horas con características fisicoquímicas y organolépticas similares a las de un atole de granos de elote tierno.

### B. Conclusiones Específicas

1. El mayor contenido de humedad fue absorbido en el período de inmersión en agua. El tiempo en algodón húmedo no influyó significativamente al contenido de humedad en el grano.
2. La muestra que presentó el mayor contenido de proteína fue la de 48 horas de germinación. El máximo porcentaje de proteína soluble en agua se encontró en la muestra de 72 horas de germinación.
3. El decrecimiento en el contenido de almidón es forzado por el proceso enzimático durante la germinación. El mismo patrón fue encontrado en los azúcares, aunque la razón de la disminución es el consumo de energía para germinar.
4. El rendimiento generalizado fue mejor en los atoles preparados a base de harinas y dentro de ellos, el de la harina preparada de los granos germinados por 24 horas fue el mayor. Para aumentar el rendimiento es necesario mejorar el proceso de molienda en la preparación del atole.
5. La viscosidad aumentó con el tiempo de germinación. La muestra de atole de granos 48 horas de germinación presentó variabilidad en su viscosidad posiblemente debida a diferencias en la preparación.
6. Según el panel que realizó la evaluación sensorial, el atole de granos de 24 horas de germinación fue el que presentó el "sabor más agradable" y aun por encima del de granos tiernos.

7. Es factible realizar una industrialización del proceso por medio de una deshidratación de la masa y de hecho, aumenta el rendimiento. El proceso debe mejorarse encontrando la temperatura óptima de secado con base en los resultados de evaluaciones organolépticas.

## X. RECOMENDACIONES

- A. Para aumentar el porcentaje de germinación la temperatura de trabajo debiera ser de 5° a 10°C superior a la ambiente, que la incidencia de luz sea indirecta y de aprox. 8 horas diarias.
- B. Para incrementar el nivel de humedad en los granos germinados se sugiere experimentar con 18 horas de inmersión inicial en agua.
- C. Mejorar el rendimiento de atole obtenido por medio de un mejor proceso de molienda para obtener una granulometría más fina.
- D. Experimentar con la preparación de atoles a base de harina para evitar la ruptura de la emulsión, encontrando formas de solucionar el problema.
- E. Mejorar la industrialización del proceso al determinar la temperatura óptima de secado para la obtención de la harina.
- F. Realizar una evaluación sensorial con un panel más numeroso. Además, debe ser hecha con atoles frescos. Esto implica que todos los atoles deben ser preparados al mismo tiempo y no permanecer en refrigeración antes de la prueba.

## XI. BIBLIOGRAFIA

- AOAC, 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14 ed. Virginia, Estados Unidos.
- Badui,S. 1990. Química de los Alimentos. 2a. ed. Editorial Alhambra Mexicana, México. 250-255 pp.
- Cochran,W.; G.Cox. 1957. Experimental designs. 2a. ed. John Wiley & Sons, Inc.Estados Unidos.
- Gómez-Brenes,R., R.Bressani, y L.Elías. 1968. Efecto del proceso de maduración del maíz sobre su valor nutritivo. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 18:65-79.
- Khan,N., y R.Bressani. 1987. Preparation and nutritional quality of high protein food extracts from immature corn, whole soybean and dry whole milk. Plant Foods for Human Nutrition: 37:141-149.
- Lee,W. 1975. Experimental design and analysis. W.H.Freeman and Co. Estados Unidos.
- Martínez,A., R. Gómez-Brenes, y R.Bressani. 1980. Relación del contenido de lisina y triptofano con el de zeína , durante la germinación del grano de maíz y su posible vinculación con el ciclo vegetativo de la planta. Archivos Latinoamericanos de Nutrición: 30:607-633.
- Potter,N. 1978. La Ciencia de Los Alimentos. Editorial Harla, México. 450-452 pp.
- Zuwaylif,F. 1987. Estadística general aplicada. Addison-Wesley Iberoameicana, S.A. Estados Unidos.

## XII. ANEXOS

### A. Datos Obtenidos

*Cuadro 9: Pesos en determinación de humedad (g +0.005g)*

Muestra	Inicial	1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	5 horas	5.5 horas
Control	53.3591	52.7891	52.2369	52.2320	52.2302	52.2288	52.2286
Control	50.5480	49.8056	49.4810	49.4801	49.4780	49.4751	49.4745
Control	52.0356	51.6173	51.0598	51.0001	50.7319	50.6002	50.5689
0 h germ.	56.9986	56.8264	56.7182	56.7160	56.7146	56.7118	56.7115
0 h germ.	41.8901	41.7652	41.6191	41.6193	41.6190	41.6191	41.6191
0 h germ.	52.0028	51.8977	51.7356	51.7298	51.7235	51.7223	51.7222
24 h germ.	41.4017	41.0587	40.8079	40.8092	40.8060	40.8058	40.8056
24 h germ	46.8174	46.4156	46.2110	46.2105	46.2098	46.2073	40.2072
24 h germ	46.8259	46.5879	46.2258	46.2239	46.2208	46.2184	46.2185
48 h germ.	40.8314	40.5089	40.2873	40.2798	40.2753	40.2672	40.2670
48 h germ.	52.7670	52.4812	52.1268	52.1102	52.0947	52.0576	52.0574
48 h germ.	40.8415	40.4686	40.2956	40.2854	40.2759	40.2670	40.2672
72 h germ.	51.5367	51.0015	50.7539	50.7528	50.7515	50.7550	50.7530
72 h germ.	52.1628	52.0956	51.4782	51.4730	51.4708	51.4799	51.4709
72 h germ.	51.5050	51.0158	50.7839	50.7628	50.7549	50.7458	50.7428

*Cuadro 10: Volumen de NaOH 0.1 N usados en titulación de determinación de proteína y % obtenido*

<b>Muestra</b>	<b>Volumen (mL <math>\pm</math> 0.05mL)</b>	<b>% de Proteína</b>
Control	6.2	16.6
Control	6.3	16.2
Control	6.2	16.6
0 horas de germinación	8.5	6.6
0 horas de germinación	8.5	6.6
0 horas de germinación	8.4	7.0
24 horas de germinación	7.6	10.5
24 horas de germinación	7.7	10.1
24 horas de germinación	8.0	8.8
48 horas de germinación	7.5	10.9
48 horas de germinación	7.5	10.9
48 horas de germinación	7.6	10.5
72 horas de germinación	8.2	7.8
72 horas de germinación	8.2	7.8
72 horas de germinación	8.2	7.8

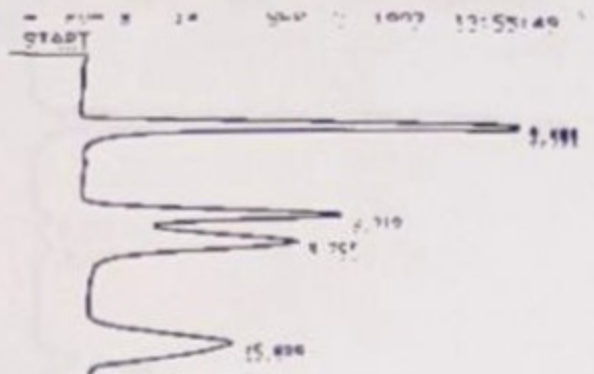
*Cuadro 11: Rotación óptica observada en polarímetro en determinación de almidón (+ 0.05°)*

Muestra	Rotación									
	Control	3.9	3.9	3.8	4.0	3.9	3.9	3.8	3.9	3.8
Control	3.9	4.0	4.0	3.9	4.0	3.9	3.9	4.0	3.9	4.0
0 h germ.	6.9	6.8	6.9	6.9	6.7	6.9	6.8	6.9	6.9	6.8
0 h germ.	7.0	6.8	6.9	6.8	6.8	6.9	6.8	7.0	6.8	6.9
24 h germ.	6.6	6.7	6.6	6.6	6.6	6.7	6.6	6.7	6.6	6.6
24 h germ.	6.6	6.6	6.6	6.7	6.6	6.6	6.7	6.7	6.6	6.6
48 h germ.	4.8	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8
48 h germ.	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	5.0	4.9	4.9	4.8	4.9
72 h germ.	4.2	4.2	4.3	4.1	4.3	4.3	4.2	4.3	4.2	4.3
72 h germ.	4.2	4.3	4.2	4.2	4.2	4.3	4.2	4.3	4.2	4.2

*Cuadro 12: Número de respuestas en evaluación sensorial*

Muestra	Código	Sabor más agradable	Sabor agradable	Sabor poco agradable	Sabor desagradable
24 h germ.	357	16	8	0	4
48 h germ.	159	4	4	16	4
72 h germ.	456	0	4	8	16
Control	820	8	12	4	4

Figura No. 5: Perfil Cromatográfico de Estándar de Azúcares Solubles (Fructosa, Glucosa y Sacarosa)



TIMETABLE STOP

Closing signal file M:\SIGNAL.DWG  
 Storing processed peak list M:\OSIFRACES.DDD

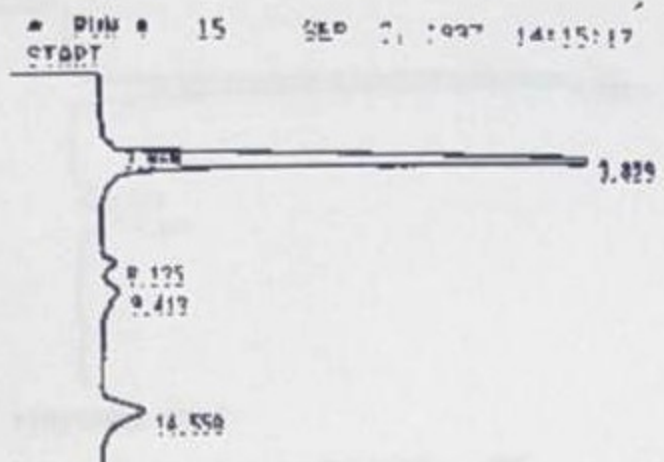
RUN# 14    14    000    1997 12:55:49

SIGNAL FILE: M:\SIGNAL.DWG  
 PEAK FILE : M:\OSIFRACES.DDD  
 AREA:

RT	AREA	TYPE	WIDTH	AREA%
3.499	93992	PL	154	11.85795
7.591	165289	VD	765	19.45647
9.319	172719	UV	471	20.72091
9.795	224647	UV	360	26.84474
15.899	192070	DP	1240	22.78397

TOTAL AREA= 849574  
 MIN OFFSET= 0.000000

Figura No. 6: Perfil Cromatográfico de Muestra de Maíz Tierno



TIMETABLE STOP

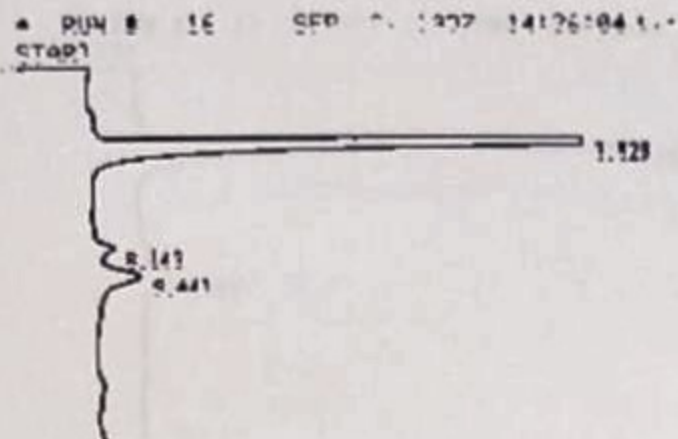
Closing signal file M:SIGNAL.DMC  
 Stopping processed peaks to M:051F3075.PRN

RUN# 15    SEP 01 1997 14:15:17

SIGNAL FILE: M:SIGNAL.DMC  
 PEAK FILE : M:051F3075.PRN  
 AREA#

RT	AREA	TYPE	WIDTH	AREA%
0.125	1384	PU	236	26105
0.413	66508	UU	897	10.43781
3.425	249877	UU	717	66.47194
8.125	5628	UU	404	1.55829
9.413	13201	UU	688	3.65512
14.558	74371	UU	922	9.51678

Figura No. 7: Perfil Cromatográfico de Muestra de Maíz Germinado por 0 Horas



TIMETABLE STOP

Closing signal file M:\SIGNAL.DMC  
 Storing processed peaks to M:\MS\F4055.DPC

RUN# 16 SEP 01 1997 14:26:04

SIGNAL FILE: M:\SIGNAL.DMC  
 PEAK FILE: M:\MS\F4055.DPC

RT	AREA	TYPE	WIDTH	AREAY
3.422	99526	UV	145	26.92992
1.529	228156	UV	297	68.17544
0.142	11884	UV	605	3.88772
0.441	36172	UV	612	9.88692

TOTAL AREA= 264057  
 MS FACTOR=1.0000E+00

Figura No. 8: Perfil Cromatográfico de Muestra de Maíz Germinado por 24 Horas

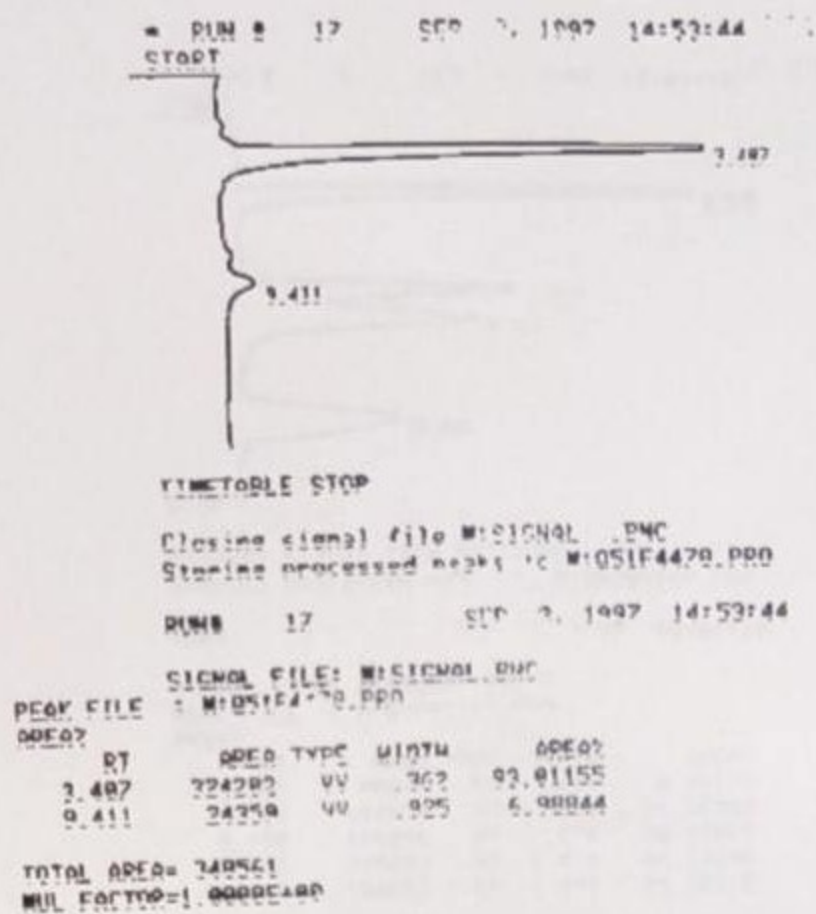
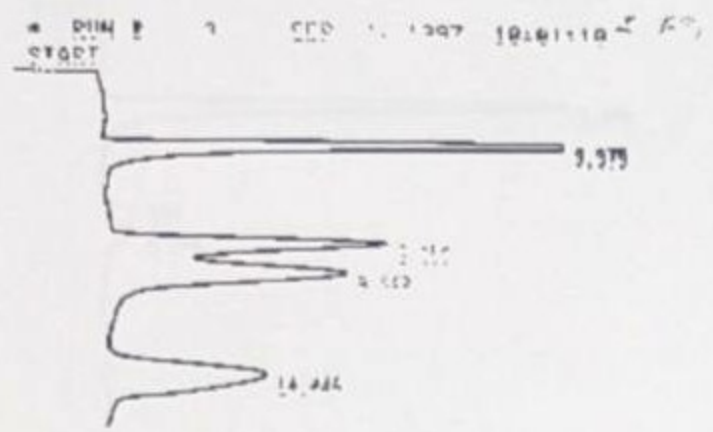


Figura No. 9: Perfil Cromatográfico de Estándar de Azúcares Solubles (Fructosa, Glucosa y Sacarosa)



STOP

Closing signal file M:\SIGNAL.DMC  
 Storing processed results in M:\5205167.P20

DATE 3 SEP 1997 10:01:10

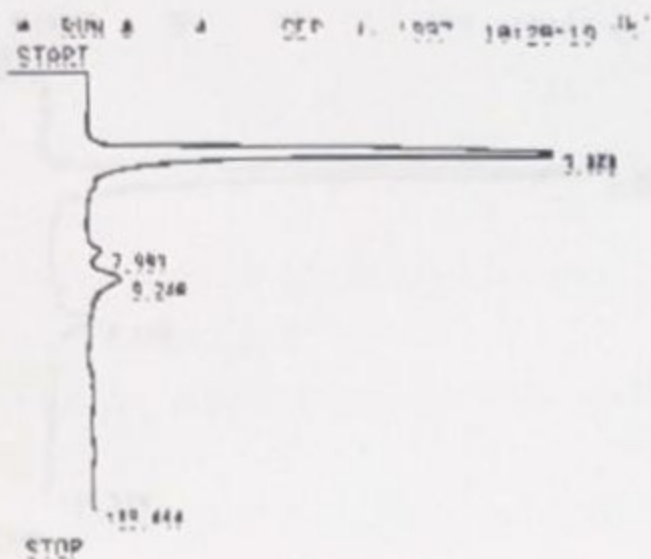
SIGNAL FILE: M:\SIGNAL.DMC  
 PEAK FILE: M:\5205167.P20  
 AREA:

RT	AREA	TYPE	WIDTH	AREA%
3.375	20074	FV	.131	9.30170
7.519	101050	UV	.212	21.76303
8.150	170096	UV	.174	20.44867
9.542	210687	UV	.011	26.13246
14.446	104653	UV	.177	27.29210

TOTAL AREA= 836860

MUL FACTOR=1.0000E+00

Figura No. 10: Perfil Cromatográfico de Muestra de Maíz Germinado por 48 Horas



Close signal file M:\SIGNAL.DNC  
 Storage processed file to M:\S2855E2.P00

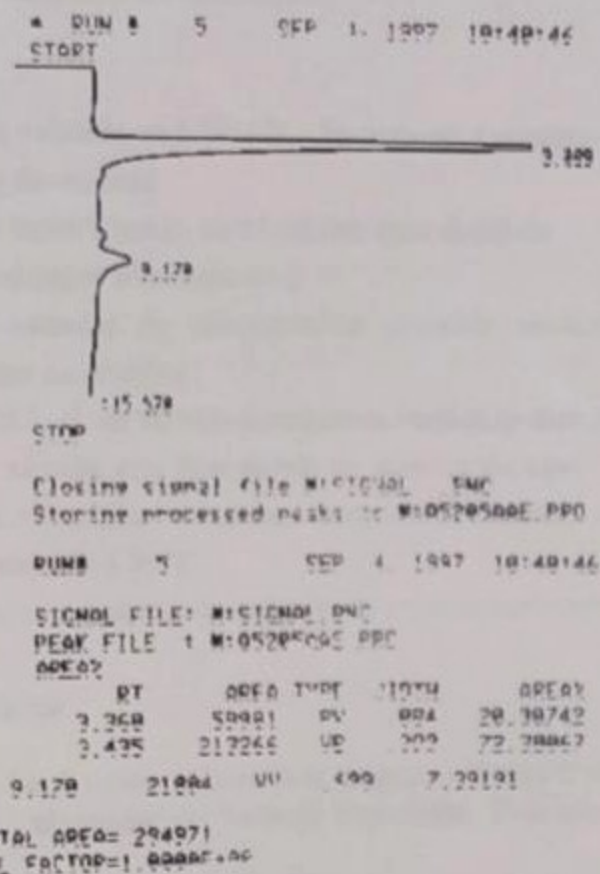
RUN# 4 SEP 1, 1997 10:20:19

SIGNAL FILE: M:\SIGNAL.DNC  
 DATA FILE: M:\S2855E2.P00  
 AREA:

RT	AREA	%	UNIT	AREA%
3.370	22394	0%	077	12.4756
3.461	229077	0%	211	75.4466
7.993	5384	0%	414	1.79679
9.248	27011	0%	462	9.28897

TOTAL AREA= 299656  
 MUL FACTOR=1.0000E+00

Figura No. 11: Perfil Cromatográfico de Muestra de Maíz Germinado por 72 Horas



## B. Cambios en Metodologías

### b.1. Proteína

Metodología validada en LUCAM. Se presenta seguidamente:

1. Pesar 2.4 g de catalizador (Kelpac)
2. Pesar 0.2 g de muestra en papel parafinado
3. Colocar en balón de Kjeldahl y agregar 5 ml de ácido sulfúrico concentrado
4. Destruir materia orgánica y enfriar balón
5. Agregar 50 ml agua destilada + 5 ml de tiosulfato de sodio al 8% + 16 ml NaOH 50%
6. Destilar hasta obtener aprox. 50 ml de destilado

7. Recibir destilado en erlenmeyer con 10 ml ácido sulfúrico 0.1N + 2 gotas naranjado de metilo
8. Titular destilado con NaOH 0.1N.

### b.2. Azúcares

Metodología validada en LUCAM. Se presenta a continuación:

1. Pesar 5 g de muestra
2. Diluir en balón aforado de 25 ml con agua destilada
3. Filtrar con papel Whatman no.1
4. Inyectar estándar de concentración conocida inicialmente y luego de 3 inyecciones de muestra.
5. Inyectar 0.2  $\mu$ L de filtrado en columna cromatográfica de  $\text{NH}_2$ .
6. Permitir elución con fase móvil de acetonitrilo:agua 85:15 y detector de índice de refracción. Mantener temperatura constante con corriente de agua de baño térmico a 30°C.
7. Comparar con estándar de azúcares de concentración conocida.

### **C. Análisis Estadístico**

Este análisis se llevó a cabo utilizando el programa SPSS/PC del Instituto de Investigación de la Universidad del Valle de Guatemala. Para ello se codificaron las muestras según:

Grupo 0: Control

Grupo 1: Maíz con 0 horas de germinación

Grupo 2: Maíz con 24 horas de germinación

Grupo 3: Maíz con 48 horas de germinación

Grupo 4: Maíz con 72 horas de germinación

Los resultados del análisis se muestran a continuación.

*Cuadro 13: Análisis de Varianza de 1 Vía por Muestra de los Porcentajes de Humedad del Maíz Germinado*

Fuente	G.L.	Suma Cuadrados	Media de Cuadrados	Cociente F	Probabilidad F
Tratamiento	4	0.1418	0.0354	4.1540	0.0309
Error	10	0.0853	0.0085		
Total	14	0.2271			

Test de Rangos Múltiples para Porcentaje de Humedad en los Granos de Maíz Germinados (Procedimiento Tukey-HSD )

Rangos para un nivel de 5% de significancia : 4.65 4.65 4.65 4.65

Media	Grupo	1	2	3	4	0
.1397	Grp 1					
.2942	Grp 2					
.2994	Grp 3					
.3422	Grp 4					
.4407	Grp 0		*			

(\*) Denota pares de grupos significativamente diferentes al nivel de 5% de significancia

Cuadro 14: Subsets Homogéneos (1) según Porcentaje de Humedad en las Muestras

Media de Subset No.	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 0
1	0.1397	0.2942	0.2994	0.3422	
2		0.2942	0.2994	0.3422	0.4407

(1) Subsets de grupos de los que las medias mas altas y mas bajas no difieren por mas del rango significativo mas bajo para un subset de ese tamaño.

Cuadro 15: Análisis de Varianza de 1 Vía por Muestra de los Porcentajes de Almidón del Maíz Germinado

Fuente	G.L.	Suma Cuadrados	Media de Cuadrados	Cociente F	Probabilidad F
Tratamiento	4	15.5700	3.8925	1946.2500	0.0000
Error	5	0.0100	0.0020		
Total	9	15.5800			

Test de Rangos Múltiples para Porcentaje de Almidón en los Granos de Maíz Germinados (Procedimiento Tukey-HSD )

Rangos para un nivel de 5% de significancia : 5.67 5.67 5.67 5.67

Media	Grupo	0	4	3	2	1
3.9000	Grp 0					
4.2000	Grp 4		*			
4.8500	Grp 3		**			
6.6000	Grp 2		***			
6.9500	Grp 1		****			

(\*) Denota pares de grupos significativamente diferentes al nivel de 5% de significancia

*Cuadro 16: Subsets Homogéneos (1) según Porcentaje de Almidón en las Muestras*

Media de Subset No.	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 0
1					3.9000
2				4.2000	
3			4.8500		
4		6.6000			
5	6.9500				

*Cuadro 17: Análisis de Varianza de 1 Vía por Muestra de la Viscosidad de los Atoles Preparados*

Fuente	G.L.	Suma Cuadrados	Media de Cuadrados	Cociente F	Probabilidad F
Tratamiento	4	13010.9333	3252.7333	12197.7500	0.0000
Error	10	2.6667	0.2667		
Total	14	13013.600			

*Test de Rangos Múltiples para Porcentaje de Viscosidad en los Granos de Maíz Germinados (Procedimiento Tukey-HSD )*

Rangos para un nivel de 5% de significancia : 4.65 4.65 4.65 4.65

Media	Grupo	1	2	3	4	0
55.3333	Grp 1					
103.6667	Grp 0	*				
114.3333	Grp 2	**				
119.6667	Grp 3	***				
145.0000	Grp 4	****				

(\*) Denota pares de grupos significativamente diferentes al nivel de 5% de significancia

*Cuadro 18: Subsets Homogéneos (1) según Viscosidad de los Atoles Preparados*

Media de Subset No.	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 0
1	55.3333				
2					103.6667
3		114.3333			
4				119.6667	
5				145.0000	

*Cuadro 19: Análisis de Varianza de 1 Vía por Muestras del Porcentaje de Proteína*

Fuente	G.L.	Suma Cuadrados	Media de Cuadrados	Cociente F	Probabilidad F
Tratamiento	4	172.4443	43.1111	211.1562	0.0000
Error	10	2.0417	0.2042		
Total	14	174.4859			

*Test de Rangos Múltiples para Porcentaje de Proteína en los Granos de Maíz Germinados (Procedimiento Tukey-HSD)*

Rangos para un nivel de 5% de significancia : 4.65 4.65 4.65 4.65

Media	Grupo	1	2	3	4	0
6.7083	Grp 1					
7.8750	Grp 4					
9.7708	Grp 2	**				
10.7917	Grp 3	**				
16.4792	Grp 0	****				

*Cuadro 20: Subsets Homogéneos (1) según Porcentaje de Proteína en las Muestras*

Media de Subset No.	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 0
1	6.7083			7.8750	
2		9.7708	10.7917		
3					16.4792

*Cuadro 21: Rangos Asignados en Evaluación Sensorial de los Atoles*

Persona	A = Atole de granos de 24 h germinación	B = Atole de granos de 48 h germinación	C = Atole de granos de 72 h germinación	D = Atole de granos de maíz tierno
1	4	3	2	1
2	1	4	3	2
3	2	3	4	1
4	1	3	4	2
5	2	1	4	3
6	1	3	4	2
7	1	2	3	1
8	2	3	4	4
9	1	3	4	2
10	2	3	4	1
11	1	4	3	2
12	4	2	4	4
13	1	3	2	2

14	1	1	3	3
15	1	4	4	4
16	1	3	4	2
17	2	1	3	1
18	2	3	3	2
19	4	2	4	4
20	1	3	2	2
21	1	3	4	3
22	4	3	2	1
23	1	4	3	2
24	2	3	4	1
25	1	3	4	2
26	2	1	4	3
27	1	3	4	2
28	1	2	3	1
Total	48	76	96	60

Según el análisis estadístico de Friedman, la diferencia crítica absoluta de la suma de rangos para las comparaciones de todos los tratamientos a un nivel de significancia de 5% es de 25.

Diferencias:  $D-A = 12$

$C-A = 48$

$C-B = 20$

$B-A = 28$

Por lo tanto, no existen diferencias significativas entre A y D, B y C pero sí entre A y B, C y A.

*Figura No. 10: Formato usado para la Evaluación Sensorial*

<b>TRABAJO DE TESIS - JOSE MIGUEL LARIOS</b>	
<b><u>Instrucciones</u></b>	
1. Pruebe cada una de las muestras de atole de elote.	
2. Asigne los siguientes valores según: 1 sabor mas agradable	
	2 sabor agradable
	3 sabor poco agradable
	4 sabor desagradable
3. Evite asignar el mismo rango a dos muestras.	
<b><u>Muestra</u></b>	<b><u>Rango Asignado</u></b>
<u>357</u>	_____
<u>159</u>	_____
<u>456</u>	_____
<u>820</u>	_____