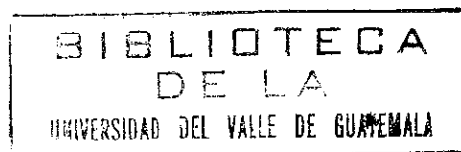


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ingeniería y Ciencia de Alimentos

ELABORACION DE LECHE VEGETAL  
A PARTIR DE LA SEMILLA DEL FRUTO DE MORRO  
(CRESCENTIA ALATA)

SERGIO ALEXANDER FIGUEROA MADRID



GUATEMALA

1995

ELABORACION DE LECHE VEGETAL  
A PARTIR DE LA SEMILLA DEL FRUTO DE MORRO  
(CRESCENTIA ALATA)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ingeniería y Ciencia de Alimentos

**ELABORACION DE LECHE VEGETAL  
A PARTIR DE LA SEMILLA DEL FRUTO DE MORRO  
(CRESCENTIA ALATA)**

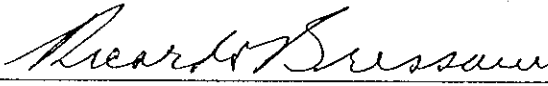
SERGIO ALEXANDER FIGUEROA MADRID

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


GUATEMALA

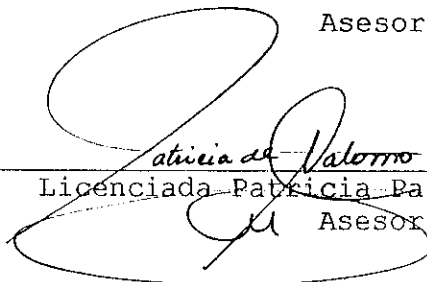
1995

Vo. Bo. :

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Ricardo Bressani  
Asesor

Tribunal :

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Ricardo Bressani  
Asesor

(f)   
\_\_\_\_\_  
Licenciada Patricia Palacios de Palomo  
Asesor

(f)   
\_\_\_\_\_  
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de Aprobación : 24 de Octubre de 1995

A mis padres,

A mi hermano y

A mi esposa

## PREFACIO

El presente trabajo de investigación, relacionado con la utilización de la semilla del fruto de morro para la elaboración de leche vegetal, se llevó a cabo en dos fases.

En la primera se evaluó las posibles diferencias en cuanto a rendimiento, contenido de sólidos totales, proteína, grasa y en análisis sensorial de leches preparadas con semilla secada al sol y con semilla ligeramente tostada. Además, en esta etapa se realizó: análisis químico proximal de las fracciones anatómicas del fruto, evaluación del método tradicional de obtención de las semillas del fruto de morro y la determinación de las condiciones de elaboración del morro. La segunda fase del estudio consistió en la evaluación de los efectos de la utilización de buffer y soluciones salinas sobre el contenido de sólidos totales y proteínas en la leche de morro. Se evaluó el rendimiento, contenido de proteínas, grasa, sólidos totales y análisis sensorial. Con estos resultados se llegó a establecer el método de extracción más eficiente para la elaboración de leche de morro. En esta fase también se evaluó el efecto del pH sobre los sólidos solubles y proteínas de la leche de morro, las posibles aplicaciones de la leche de morro y su residuo,

análisis de costos y una evaluación sensorial para comparar la leche de morro con leche de vaca y con leche de soya.

## CONTENIDO

	Páginas
PREFACIO	ix
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	4
A. Hábitat	4
B. Descripción botánica del árbol del morro	5
C. Descripción anatómica del fruto	6
1. Pericarpio	6
2. Mesocarpio	7
3. Endocarpio	7
D. El aceite de la semilla de morro	8
E. Cultivo del morro	9
F. Aspectos económicos	10
G. Cosecha y preservación del fruto	11
H. Composición química y nutricional del fruto	12
I. Tecnología de la extracción de la semilla de morro	13
J. Procesos para la elaboración de leche vegetal	15
1. Proceso de comunidad rural (Método Kay Nigeria)	15
2. Proceso de Illinois para la producción de leche de vegetal	15

L. Problemática nutricional en Guatemala	15
M. Crisis inminente sobre los productos lácteos	17
III. OBJETIVOS	19
A. Objetivo General	19
B. Objetivos Específicos	19
IV. HIPOTESIS	20
V. MATERIALES Y METODOS	21
A. Materiales	21
B. Métodos	21
C. Diseño experimental	24
VI. ANALISIS ESTADISTICO	26
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES	28
VIII. CONCLUSIONES	53
IX. RECOMENDACIONES	55
X. BIBLIOGRAFIA	56
APENDICE	59
A. Cuadros	60
B. Figuras	63
C. Diagramas de flujo	69
E. Tablas y gráficas de resultados	72

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue obtener una leche de origen vegetal de buena calidad nutricional, alta aceptabilidad y aumentar la diversidad de productos alimenticios.

Debido a que la disponibilidad de semillas del fruto de morro es limitada en el mercado, se utilizó frutos de morro provenientes del departamento de Zacapa. Los frutos verdes se dejaron madurar al sol por un período de 15 días. Se utilizó la técnica rudimentaria para obtener las semillas. En dicha técnica el fruto maduro es quebrantado, la pulpa en forma esférica se deposita en barriles; luego es majada con la mano, para desprender la semilla. Se ensayaron diferentes tiempos de maceración para favorecer la recuperación de las semillas. La mejor separación se logró a través de una maceración en agua por un período de 3.5 horas. La recuperación fue de 80 % de semilla.

Se calculó la distribución porcentual del fruto completo, correspondiendo 42.8 % a la cáscara, 34 % de pulpa y 23.2 % de semilla en base húmeda.

El análisis químico proximal de las fracciones anatómicas del fruto reveló que la semilla contiene la mayor cantidad de grasa (38 %) y de proteína (26.4 %), mientras la

pulpa lo es de cenizas (8.1 %) y de carbohidratos. La semilla obtenida por el método rudimentario se deshidrató al sol por un período de 14 días o hasta que alcanzó entre 9 a 12 % de humedad. La semilla seca se dividió en dos. Una de las mitades se tostó ligeramente en comal a una temperatura entre 90-110 °C por aproximadamente 10 minutos.

En la primera fase de la investigación se preparó leche de morro de semilla secada al sol y de semilla ligeramente tostada mediante el método de Illinois para producción de leche de soya. En esta primera fase, que consistía en extracciones acuosas de nutrientes, se evaluó el rendimiento (21 %), contenido de sólidos totales (5.88 %), grasa (3.3 %), proteínas (1.6 %) y análisis sensorial (3.86) para las leches de semilla secada al sol. Los resultados en las leches de semilla ligeramente tostada fueron más bajos, rendimiento (9.4 %), sólidos totales (2.6 %), proteínas (0.88 %), grasa (1.7 %) y análisis sensorial (2.53), por lo cual el ANDEVA sobre dichos resultados mostró que existía diferencia significativa al utilizar semilla secada al sol o semilla ligeramente tostada para la elaboración de leche de morro, en cuanto al contenido de tales nutrientes.

Debido a que los niveles de nutrientes de la primera fase fueron bajos, se procedió en la segunda fase a realizar extracciones con buffer pH 7.8, buffer pH 8.5 y/o solución

salina, con lo que se logró llevar a un nivel satisfactorio los nutrientes de la leche. La leche de semilla secada al sol, producto de la extracción con buffer pH 8.5 y solución salina al 0.5 %, fue la que reportó la mayor cantidad de sólidos totales (9.85 %), proteínas (3.37 %) y grasa (4.43 %). Cabe mencionar que se realizó un análisis químico del residuo de la elaboración de esta leche encontrándose niveles altos de grasa (21.43 %) y proteína (19.72 %).

Además, con la utilización de buffer y/o solución salina, se tuvo una mejor aceptación de la leche de morro; siendo la leche de semilla secada al sol la de mejores características organolépticas. Esta leche, desde el punto de vista organoléptico, es superior a la leche de soya (5.84 vrs 3.76), pero de menor calidad sensorial que la leche de vaca (5.7 vrs 7.7).

Se llevó a cabo una evaluación del efecto del pH sobre la solubilidad de las proteínas y sólidos de la leche de morro, encontrándose que las proteínas y los sólidos son solubles en pH alcalino y que su menor solubilidad la tienen a pH 4.5.

El análisis de costos reveló que la leche de morro (Q. 1.0354/lt) sería mucho más barata que la leche de vaca en polvo (Q. 4.50/lt) y que la leche de vaca fluida (Q. 2.25/lt). Además de ser Q. 0.13/lt más económica que la leche de soya.

## I. INTRODUCCION

Los recursos naturales, especialmente los originados de plantas y semillas que pueden ser utilizados con propósitos nutricionales e industriales, aún no han sido explotados eficientemente a nivel centroamericano. Con mucha frecuencia se puede observar que en diferentes países se prepara una variedad de comidas y bebidas (refrescos) a base de productos nativos que tienen gran aceptación entre la población. En la mayoría de los casos, su gran popularidad no se debe a su alto valor nutritivo, sino a los hábitos dietéticos prevalecientes en la región y, sobre todo, a las características organolépticas de los productos utilizados. En Guatemala, al igual que en otros países centroamericanos, se utilizan las semillas del fruto de morro o jícara para elaborar refrescos o bebidas y como alimento para animales (1,12,14).

Los refrescos son preparados con la semilla de morro, ligeramente tostada o cruda, molida con arroz y canela, formando una pasta que posteriormente se bate con leche o agua, agregándole azúcar para formar así una horchata de olor y sabor característicos y muy agradables (1,14).

Se sabe que en los países en vías de desarrollo, uno de los problemas primordiales es la disponibilidad insuficiente de productos de origen animal. Ejemplo de esto es la escasez de leche de vaca existente en Guatemala, principalmente se

han visto obligados a adquirir esta materia prima a precios más elevados. Lo que conduce a un alza de precios para el consumidor final; también es lógico suponer que el grado de desarrollo de un país depende del grado de satisfacción o educación en su alimentación en la cantidad y calidad requeridas para un desarrollo fisiológico adecuado (4,22).

Debido a la situación económica en Guatemala, 65 % de la población no tienen posibilidad de brindarle a su familia una alimentación adecuada.

Uno de los recursos naturales y fuente potencial de nutrientes de origen vegetal y disponible a nivel centroamericano aún no explotado industrialmente, lo constituye la semilla de morro (jícara). Estudios químicos y nutricionales realizados por el INCAP (9,10) demuestran que la semilla de jícara es una fuente potencial de proteínas y aceite carente de toxicidad. Con base en estos resultados se consideró de interés realizar el presente trabajo con el propósito de elaborar la leche de morro, que es el extracto acuoso de la semilla del fruto del morro o jícara, la cual es una emulsión de color blanco que se parece a la leche de vaca.

Este producto ofrece un enfoque revolucionario, aunque sencillo, para ayudar a aliviar la creciente escasez mundial de alimentos.

El árbol de morro crece en forma silvestre, reseñado por el ganado bovino al consumir el fruto voluntariamente y eliminar algunas semillas no digeridas (16).

La semilla de morro seca contiene 33.4% de grasa, 16.8% de fibra cruda y 25.1% de proteína, por lo cual la leche de semilla de morro podría constituir una fuente alterna de nutrientes para países donde la producción de leche de vaca resulta insuficiente y cara. Otro atributo muy importante que tendrá la leche de morro es su uso como un sustituto de leche para infantes alérgicos a la leche de vaca por la intolerancia a la lactosa.

Este trabajo de graduación consistirá de dos etapas: en la primera etapa se estudiará si existe diferencia significativa entre la elaboración de leche de morro a partir de semilla secada al sol y semilla ligeramente tostada en cuanto a contenido de proteínas, grasa, sólidos totales, rendimiento y análisis sensorial. En la segunda etapa se probará la aplicación de otros métodos de extracción para determinar si se favorece el rendimiento de sólidos totales y proteínas, y mejoras en las características organolépticas. Esta etapa está condicionada a que los rendimientos de proteínas y sólidos totales de la primera etapa sean bajos.

## II. ANTECEDENTES

### A. Hábitat

El morro es propio de una comunidad vegetal conocida con el nombre de sabana, cuya característica principal es estar constituida por gramíneas sin o con árboles típicos esparcidos. Las familias dominantes son Gramíneas, Malphigiacea, Dilleniacea y Bignoniacea. El morro, una Bignoniacea, junto con las gramíneas, domina la sabana de tierras bajas conocida mejor como sabana de morro o morral; además existen pequeñas Poaceas y Cyperaceas que forman gramales y sirven de pasto al ganado (3).

La topografía de las sabanas de morro varía de ondulada a plana, con una altura desde 0 a 400 m.s.n.m. y con una precipitación pluvial de 1,600 a 1,800 mm anuales. La superficie de los suelos es arcillosa de color gris claro o gris oscuro. Los suelos son plásticos y pegajosos cuando están húmedos, pero secos son duros y agrietados (6); tienen poca lixiviación y, por lo tanto, un drenaje muy deficiente. En la época de lluvias son fangosos y en la seca se vuelven duros y hasta se agrietan. También se ha informado del crecimiento del árbol en terrenos húmedos y arenosos de zonas cálidas (4).

## **B. Descripción botánica del árbol de morro (*Crescentia alata*)**

Se conoce en diferentes zonas de Centroamérica con distintos nombres como "cutuco", "cuchara" y "jícara" (12).

El jícara sabanero (*Crescentia alata*) es un árbol pequeño o mediano, cuya altura es de 4-5 metros, su copa no es pactada y puede ser redondeada o achatada. El tronco es leñoso y puede llegar a tener un diámetro de 10 a 25 centímetros, está cubierta por una corteza delgada de color grisáceo de consistencia fuerte, compactada, flexible, escamosa o profundamente fisurada. El crecimiento del tallo puede ser dimórfico, las ramas secundarias se forman a partir de los dos metros de altura y salen del tronco con cierto ángulo; de ellas salen las ramas terciarias que generalmente son delgadas, horizontales, entrelazadas y con nudos prominentes.

El follaje es perenne, tiene forma de cruz y se dispone en forma de espiral alrededor de las ramas. Las hojas generalmente se producen en grupos de 2 a 7 en los nudos que son yemas cortas formadas en las axilas de hojas abscisas, son trifoliadas y raramente pentafoliadas. Las flores son hermafroditas, zigomórficas (un solo plano de simetría al corte longitudinal), caulinares (ubicadas en el tallo), crecen generalmente solitarias o en grupos de tres, en forma escalonada en los nudos del tronco y ramas principales.

La flor se abre al anochecer, posee olor a alcanfor y aceite de mostaza que atrae a los murciélagos, quienes la polinizan durante la noche.

El árbol es originario y adaptado a las zonas más secas de Centroamérica, en sabanas con precipitaciones pluviales entre 800 y 1500 mm anuales, con temperaturas promedio anuales entre 24 y 30 °C y con suelos sonsocuites (vertisoles) altamente arcillosos que se inundan en la estación lluviosa y se agrietan en la época seca (4,16,17).

### **C. Descripción anatómica del fruto**

El fruto es esférico con un diámetro que varía de 6 a 20 cms., con una cáscara impermeable (4) y con un peso promedio de 262 g. (6). El fruto fresco, que contiene la pulpa y las semillas, tiene un alto contenido de humedad y en condiciones de madurez tiene también grandes cantidades de azúcares, lo que hace difícil su secado (9). La distribución porcentual de las fracciones del fruto se encuentra en el Cuadro I (6).

#### **1. Pericarpio**

Corresponde a la cáscara, cubierta dura utilizada para hacer recipientes de uso rústico (guacales, cucharas, cucumbos) (12), posible fuente de energía como combustible (4) y de material sustituto de madera prensada (6).

## 2. Mesocarpio

Es la pulpa, de color oscuro cuando el fruto está maduro, sabor agridulce, consistencia fibrosa, blanda y pegajosa (6). En algunos países, como El Salvador, la pulpa asada en el propio fruto o el jarabe ha sido usado como expectorante; en Brasil, la pulpa se usa como laxante y su extracto alcohólico ha sido usado como aperitivo (12). Se atribuye a la ingesta del fruto maduro por las vacas el buen sabor de la leche y de los quesos producidos en las regiones morreras (3).

## 3. Endocarpio

Constituido por las semillas que han servido por mucho tiempo como fuente de alimentos en forma de refrescos ("horchata") proporcionando proteína y energía (4, 9, 12). Esta horchata en base seca, contiene 8.8% de grasa, 8.6% de proteína y 4.2% de fibra cruda (9).

Las semillas son planas, acorazonadas, con un diámetro de 6 a 8 mm., y un espesor de 2 mm.; el peso varía alrededor de 390 a 506 mg. (4,6). Las dimensiones promedio determinadas por Fernández, et al. (1975) se encuentran en Cuadro II (6).

La semilla seca contiene 33.4% grasa, de 16.8% de fibra cruda y 25.1% de proteína, lo que la clasifica como fuente potencial de proteína y aceite (9). Otros análisis (6)

determinan que la semilla proporciona 30.28% de aceite y 65.4% de harina. Ver Figura I y II (9).

La cáscara constituye el 25.3% del peso total de la semilla y es una fracción rica en fibra cruda, mientras que la almendra representa el 73.7% del peso de la semilla y es muy rica en grasa y proteína (9) (Cuadro III).

#### **D. El aceite de la semilla de morro**

El aceite de la semilla de morro se ha obtenido a nivel de laboratorio por los métodos de presión y de solvente para realizar diferentes análisis físico-químicos y algunos biológicos como digestibilidad y tasa de crecimiento (6, 9, 21).

El aceite crudo de semilla de morro es menos coloreado y menos ácido que el de la semilla de algodón, lo que favorece el proceso de refinado; su valor de índice de yodo indica que no es un aceite secante, lo cual influye en la hidrogenación del aceite (6). Cuando el aceite es obtenido por solvente, la torta residual contiene 1% de aceite, pero el aceite extraído contiene más impurezas; en cambio, si la extracción se hace por presión, la torta residual contiene 4-5% de aceite. El aceite obtenido por solvente tiene un color amarillo más intenso que el obtenido por prensa (6).

Estudios biológicos llevados a cabo con ratas determinan que el coeficiente de digestibilidad del aceite de semilla de morro obtenido por solvente, es muy parecido al de aceite de

soya a un nivel de 15% de aceite en la dieta. Los valores obtenidos son  $97.4 \pm 0.5$  y  $97.9 \pm 1.2$ , para el aceite de morro y de soya, respectivamente (9). Se han informado valores de 96.4 para el coeficiente de digestibilidad del aceite crudo y refinado a un nivel de 10% de aceite en la dieta (21).

El aceite es de apariencia agradable y está exento de productos tóxicos, lo que permitiría utilizarlo para consumo humano, ya que su digestibilidad es casi de 100% (9). Ver Cuadro IV.

#### **E. Cultivo del morro**

La siembra del morro se efectúa por dos métodos:

1. Siembra directa en el campo
2. Siembra en viveros para ser trasplantados.

En ambos casos las semillas se germinan en número de tres a cinco plantitas, en el segundo caso la siembra se realiza cuando poseen de 15 a 20 hojas. Cuando la planta alcanza una altura de 75 cm. se práctica un raleo, dejando la planta mejor desarrollada. Generalmente la siembra se realiza en los meses de junio y julio, y cada planta se dispone a 6 metros equidistantes de los demás. El morro comienza a producir a los tres años y su producción llega a la escala industrial al sexto año (15, 16, 17).

## F. Aspectos económicos

El cultivo del morro no es un cultivo comercializado, ya que crece en forma silvestre y sin tecnificación agrícola, a pesar que se ha encontrado en las zonas morreras un promedio de dos árboles por área de 100 m<sup>2</sup> (6), con una producción anual promedio de 750 frutos/árbol, lo que representa que cada fruta posee alrededor de 70 g. de semilla con un 70% de humedad, 52.5 kg. de semilla por árbol (4). Se ha calculado que en una manzana de terreno pueden cultivarse muy bien 150 árboles, que proporcionarían 7,875 kg. de semilla húmeda, que al secarse hasta un nivel de 8% de humedad, que es el estado de la semilla en el mercado, arrojarían un rendimiento de 2,568 kg. de semilla seca. Lo anterior permitiría la obtención de 847 kg. de aceite, considerando un contenido promedio de 33% de aceite en este tipo de material. Además, se obtendrían 619 kg. de proteína, cantidad de nutrientes que es superior a muchos cultivos tradicionales en el área centroamericana (4).

Investigaciones sobre ensilaje del fruto de morro indican que éste puede mantenerse en buenas condiciones hasta 180 días.

El problema de la separación de la semilla de la pulpa fibrosa es la causa del alto costo y de la baja disponibilidad de la semilla en el mercado, pero con la utilización del proceso delineado por Contreras (4) se optimiza esta fase.

### G. Cosecha y preservación del fruto

Para la cosecha se necesitan 250 días y se realiza entre los meses de octubre y marzo, generalmente se efectúa manualmente o con la ayuda de varas a las cuales se les adapta un gancho en uno de sus extremos, así como por recolección del fruto del suelo. Para su recolección se utilizan sacos de yute y/o polietileno. El transporte del fruto del campo al área de almacenamiento se realiza en diferentes formas, las cuales son: en hombros, carretones de mano, carretas jaladas por bueyes o caballos y por último en vehículos (15, 16, 17).

Los frutos del morro cosechados son depositados en bodegas rústicas (trojes) almacenándose por un período de 15 a 22 días. Cuando el fruto está verde es difícil desprender la pulpa de la cáscara, por lo tanto se hace necesario que los frutos maduren expuestos al sol durante 15 días, cambiando su color de un verde claro a un café oscuro. Esto produce un cambio de color en la pulpa, pasando de blanco a un color café oscuro o negro. En algunas ocasiones los campesinos los maduran sobre el suelo en patios o chozas, procediendo posteriormente a la extracción de la semilla (11,15).

En la actualidad, no se conocen los cambios ocurridos en el proceso de maduración del fruto, especialmente de sus principales nutrientes como son proteínas, grasas y

carbohidratos. Por otro lado, tampoco se saben los factores que intervienen en el cambio de color de su pulpa hasta su maduración completa. Lo anteriormente descrito sugiere realizar investigaciones para tratar de establecer las causas de tales cambios.

#### H. Composición química y nutricional del fruto

Trabajos realizados por Gómez Brenes y Bressani (1983) indican que la semilla seca del fruto contenía 33.4% de grasa, 16.8% de fibra cruda y 25.1% de proteína; la almendra de la semilla formaba el 73.7% de su peso. El análisis de la harina preparada con la semilla, después de la extracción del aceite con hexano, reportó un contenido proteico de aproximadamente 54%, con un rendimiento de 57%. El análisis de la harina realizado por los mismos autores demostró que su proteína era deficiente en lisina y metionina, comparada con la proteína del huevo, como la mayoría de oleaginosas (9).

El contenido de triptofano demostró ser relativamente alto, lo cual coloca a la semilla de morro como un producto fuente de este aminoácido (9).

Estudios biológicos realizados con harina de morro conformaron la deficiencia de lisina, revelando igualmente que la metionina no constituía un aminoácido limitante. En dietas combinadas con morro (10%) y harina de maíz (90%) con y sin suplementación de lisina, demostraron que el morro podía proporcionar parte del triptofano en el que era

deficiente la proteína del maíz. En lo que respecta el aceite del morro, se encontró que la digestibilidad aparente fue de 97.4% en contraste con 97.9% para el aceite de soya, además usando dietas con niveles de aceite del 15%, indujo aumentos ponderables comparables a los obtenidos con aceite de soya (9).

#### **I. Tecnología de la extracción de la semilla de morro**

Para la separación de la semilla de su pulpa se han utilizado básicamente tres métodos: tradicional, mecanizado y enzimático. En el primer método, los frutos maduros son quebrados con un mazo de madera, martillos u otro objeto pesado, la pulpa en forma esférica es depositada en recipientes como canoas, barriles u ollas; luego son majadas con mazo o con la mano, para desprender las semillas y utilizar agua como agente dispersante. Posteriormente al majado en líquidos, la pulpa es separada por decantación o con ayuda de mallas, las cuales se encuentran en la superficie, las semillas se depositan en el fondo del recipiente. El lavado se realiza varias veces para eliminar restos de la pulpa y los azúcares de la misma. Se ha determinado experimentalmente que el tiempo transcurrido entre la quiebra y el lavado para 100 frutos es de aproximadamente 110 minutos, o sea 1.83 horas. No obstante, esta operación es realizada por tres personas (17).

Gómez-Brenes, en 1980, estudió dos procedimientos diferentes para la separación de la semilla de su pulpa, estos métodos son (11):

### **1. Primer método**

Consiste en macerar la pulpa con sus semillas con una enzima (ultrazym 100, maceromasa y celulasa) o una mezcla de las tres para hidrolizar la pulpa y liberar las semillas, sin embargo dicho método tuvo un rendimiento de 40 % de semillas separadas.

### **2. Segundo método**

En este método el fruto se quiebra en un molino de quijadas, luego se separa la pulpa de la cáscara. Posteriormente se homogeniza la pulpa con sus semillas en un molino de disco, lo cual rompe y libera la semilla, seguidamente el material se homogeniza con agua en relación mólido-líquido de 1:4 dejando macerar por 8 horas. Luego el material obtenido se pasa por un pulpero a 2000 r.p.m., lavándose después con suficiente agua. En la actualidad no se cuenta con un método efectivo para separar la semilla de su pulpa, para lo cual se necesita realizar más investigaciones. En relación al secado de las semillas, éste se realiza al sol o por exposición en horno a 50 °C, reduciendo su humedad de 50% a 8%, en ambos casos.

## J. Procesos para la elaboración de leche vegetal

### 1. Proceso de comunidad rural (Método Kay de Nigeria):

Este es un proceso de poco volumen de producción de leche vegetal, utilizado para leche de soya; se necesita un mínimo de cinco pasos: limpieza, remojo, molienda, filtración y cocción. Ver Figura 3 (5).

### 2. Proceso de Illinois para la producción de leche de soya:

La preparación de leche vegetal a partir del método Illinois de Nelson et al (1975) se muestra en la Figura 4.

Este incluye remojo y luego blanqueado del grano entero o semilla en bicarbonato de sodio al 0.5%, molienda en agua con molino de martillo, calentamiento de la suspensión a 82 °C, homogenización, neutralización, dilución, adición de azúcar y sabor, pasteurización y re-homogenización (18).

## L. Problemática nutricional en Guatemala

Los niños menores de 5 años y especialmente de 3 años, integran el grupo de mayor vulnerabilidad nutricional y riesgo a enfermar. En este grupo se presentan las tasas más elevadas de desnutrición proteico-energética. En términos de niños con retardo en peso proyectado a la población de 1991 permite estimar, que en el país existirán alrededor de 600,000 niños de 3 a 36 meses que padecerán algún daño nutricional.

El retardo en el crecimiento físico en escolares entre 7 y 9 años de edad, se ha encontrado que es de 37.4% a nivel nacional; esto se considera un reflejo del impacto de situaciones socioeconómicas desfavorables sobre la salud, alimentación y nutrición de la población (8).

El costo de la alimentación está dado por el costo de la canasta básica de alimentos. En Guatemala, el costo de la alimentación se incrementó en una proporción mucho mayor a la del salario mínimo (ver Figura 5).

La Secretaría General del Consejo Nacional de Planificación Económica de Guatemala, tomando como base la información de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos Familiares (1979-1981) y el costo de la canasta básica de alimentos y de bienes y servicios, estimó que en los años 86-87, 83.4% de las familias guatemaltecas se encontraban en estado de pobreza, es decir familias con ingresos menores al valor de la canasta de bienes y servicios; de éstas un 64.5% presentaban pobreza extrema, es decir que su ingreso era igual o menor al costo de la canasta básica de alimentos (ver Figura 6).

Al analizar la estructura del gasto familiar destinado a la alimentación, se observa que a medida que aumenta el nivel de ingresos, disminuye el consumo de cereales y frijoles y crece el consumo de carnes y lácteos; situación que se revierte cuando el ingreso disminuye (8).

### M. Crisis inminente sobre los productos lácteos

El mundo enfrentará una crisis en los años venideros. En la época en que los Estados Unidos y Europa contaban con excedentes y podían proporcionarlos a los demás países pobres, estas naciones adquirieron la costumbre de consumir productos lácteos. En ese entonces los países en vías de desarrollo podían adquirir esos productos a precios bajos y en ocasiones cubrían sus deudas haciendo pagos con sus propias divisas.

Plantas enteras de industrias de lácteos se han visto forzadas a la bancarrota o han luchado duramente por sobrevivir, todo ello por la imposibilidad de crear productos lácteos a nivel local, que puedan competir eficazmente con las "dádivas" de las plantas lácteas extranjeras.

Si se pudiera trazar una gráfica, sería imposible ejemplificar los siguientes puntos:

- 1) El crecimiento esperado de la población que hará surgir una mayor demanda de proteína (aumento).
- 2) Disminución de los suministros de ayuda y de procesamiento otorgados por los países desarrollados, debido a los problemas económicos (disminución).
- 3) Pérdidas de tierras dedicadas a la cría de animales, debido al enorme crecimiento de las ciudades o dedicadas a otra actividad agrícola o de agroindustria (disminución).
- 4) Incremento en los costos internacionales de la leche en polvo y demás productos afines (aumento).

- 5) Agotamiento de las tierras previstas para el cultivo (disminución).
- 6) Riesgos de pérdidas de producción, causadas por enfermedades (disminución).
- 7) La utilización del ganado en doble propósito leche-carne.

Si dicha gráfica ideal existiera, se vería que los países en vías de desarrollo se encuentran al borde de una catástrofe, la cual podría precipitarse debido a una guerra o a algún accidente.

### III. OBJETIVOS

#### A. Objetivo General

1. Obtener leche de origen vegetal de buena calidad nutricional, alta aceptabilidad y aumentar la disponibilidad y diversidad de productos alimenticios.

#### B. Objetivos Específicos

1. Evaluar el rendimiento del método tradicional para la obtención de semillas del fruto de morro.
2. Determinar el efecto de la utilización de semilla secada al sol y de semilla ligeramente tostada en la elaboración de leche de morro sobre el rendimiento, contenido de proteínas, grasa, sólidos totales, minerales y aceptabilidad sensorial.
3. Evaluar los efectos de la utilización de buffer, soluciones salinas sobre el contenido de sólidos totales y proteínas en la leche de morro.
4. Evaluar el efecto del pH sobre la solubilidad de sólidos totales y proteínas en particular de la leche de morro.
5. Evaluar las posibles aplicaciones de la leche de morro.

#### IV. HIPOTESIS

1. El método rudimentario para la obtención de las semillas del fruto de morro da altos rendimientos.
2. Existe diferencia al utilizar semilla secada al sol o ligeramente tostada para la elaboración de leche de morro, respecto a su contenido de proteínas, grasa, rendimiento, sólidos totales y análisis sensorial.
3. El tratamiento con buffer y solución salina favorece el rendimiento de sólidos totales y proteínas de la leche de morro.
4. La leche de morro tiene aplicaciones en las diversas industrias alimenticias.
5. El pH influye sobre los sólidos solubles y proteínas de la leche de morro.

## V. MATERIALES Y METODOS

### A. Materiales

1. Se utilizó el fruto de morro o jícaro (*Crescentia alata*) proveniente del departamento de Zacapa, Guatemala. Los frutos verdes fueron transportados a los laboratorios de la U.V.G., donde se esparcieron sobre tablas de madera, dejándolos madurar al sol por un período de 15 días o hasta que se alcanzó el grado de madurez deseado.

### B. Métodos

1. Obtención de la semilla: Las semillas del fruto de morro se obtuvieron por medio del método tradicional, en el que los frutos maduros son quebrantados con un martillo, la pulpa en forma esférica se depositó en barriles; luego fue majada con la mano, con lo cual se desprendió las semillas, por un período de 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 y 3.5 horas. Se utilizó agua como agente dispersante. Posteriormente al majado en líquido, la pulpa se separó con ayuda de mallas, las cuales se encontraban en la superficie, las semillas se depositan en el fondo del barril. El lavado se realizó varias veces para eliminar restos de la pulpa y los azúcares de la misma. A continuación, la semilla se colocó en canastos y se secó al sol por un período de 14 días o hasta que alcanzó una humedad entre 9 y 12 %. La semilla

seca se limpió con soplador y el lote de semillas se dividió en dos. Una de las mitades se tostó ligeramente en comal a una temperatura entre 90-110 °C por 10 minutos, ver diagrama de flujo 1.

2. Balance de materiales en la obtención de las semillas: Se tomó al azar un determinado número de frutos enteros y cada uno fue pesado y quebrantado para separar las fracciones anatómicas del fruto. Luego se determinó el peso de cada uno de sus componentes: cáscara, semilla y pulpa.

3. Elaboración de la leche (Etapa 1): La leche de morro se preparó a partir de las semillas secadas al sol y de las ligeramente tostadas, siguiendo el procedimiento Illinois descrito en el diagrama de flujo 2. Además se realizó un balance de materiales para determinar el rendimiento de extracción y el análisis de costos para determinar factibilidad.

4. Análisis de la leche: A las muestras de leche de semillas secadas al sol y semillas ligeramente tostadas se les realizó los siguientes análisis por triplicado y se les aplicó la prueba estadística de ANDEVA con el fin de conocer si existe diferencia significativa entre las muestras de leches:

a) Cantidad de sólidos totales: pesar de 2.5-3 gramos de muestra, dentro de platillos de aluminio con tapadera. Caliente en un baño de vapor por 10-15 minutos,

- exposición máxima. Destape al platillo para liberar el vapor, luego caliente por 3 horas en horno de aire a 90-100 °C. Enfríe en desecador y reporte % de residuos como sólidos totales (19).
- b) Porcentaje de grasa siguiendo la metodología del extracto etéreo (19).
  - c) Cantidad de proteínas, método Micro Kjeldahl (19).
  - d) Determinación de minerales: Coloque dentro de una cápsula de porcelana 5 gramos de muestra y evapore hasta sequedad en un baño de vapor. Caliente la mufla a más de 550 °C por 4-6 horas. Enfríe en desecador, pese y calcule el % de cenizas.
  - e) Análisis sensorial con 13 panelistas utilizando prueba de preferencia, escala hedónica de 9 puntos (23), ver Figura 7. Además, se realizaron pruebas sensoriales de preferencia entre la leche de morro y leche de soya, así como con leche de vaca.
5. Efectos de aplicación de buffer y solución salina sobre la cantidad de sólidos y proteínas (Etapa 2). Se utilizó soluciones buffer de pH 7.8, 8.5, solución salina al 0.5 % para llevar a cabo la extracción, luego se siguió el proceso de análisis antes mencionado de la leche para determinar las variantes.
6. Determinación del efecto del pH sobre la solubilidad de sólidos y proteínas de leche de morro. Se llevó las muestras de leche (50 cc), previamente

analizadas, hasta un pH 3, 4, 5 y 6 por adición de HCl 0.5 N utilizando un pHmetro, se centrifugó y se determinó nitrógeno en el sobrenadante mediante Micro Kjeldahl (19). Por adición de NaOH 0.5 N se pasó por un intervalo de pH 7 hasta 10 determinando nitrógeno en el intervalo. El procedimiento anterior se llevó a cabo a 20 °C.

### C. Diseño experimental

1. Unidad Experimental: El factor bajo estudio en ambas partes del experimento es la utilización de la semilla de morro para la obtención de leche vegetal. Durante la primera etapa del estudio se determinará el efecto que produce la utilización de semilla secada al sol o ligeramente tostada para la elaboración de leche de morro, respecto de su contenido de proteínas, grasa, rendimiento, sólidos totales y análisis sensorial. En la segunda etapa del experimento se aplicará buffer y/o solución salina a la semilla de morro para determinar si se favorece el rendimiento de sólidos totales y proteínas de la leche de morro.

### D. Tamaño de muestra

Se utilizó semillas del fruto de morro o jícara (*Crescentia alata*) crudas y ligeramente tostadas. Para llevar a cabo esta investigación se requirió de 3000 g de semillas crudas (secadas al sol hasta 8-12 % de humedad) y 2500 g de semillas ligeramente tostadas (3-6 % de humedad).

Todos los análisis químicos y funcionales se hicieron en triplicado y se les aplicó la prueba estadística de ANDEVA. Además, se realizó un análisis sensorial con 13 panelistas utilizando la prueba de preferencia, escala hedónica de 9 puntos (23) entre las leches de morro y comparando con leche de soya y leche de vaca, ver figura (7).

## VI. ANALISIS ESTADISTICO

Los datos que se obtengan serán analizados mediante los siguientes métodos estadísticos:

### 1. Rechazo de datos sospechosos:

El método consiste en calcular la divergencia entre los resultados más altos y más bajos de una serie. Esta se divide entonces entre la diferencia entre el dato sospechoso y su vecino más cercano para obtener el coeficiente Q. Si el valor de éste es mayor que el de un Q crítico, el dato sospechoso se rechaza (13).

### 2. Cálculo de la desviación estándar:

Por medio de la ecuación  $s = \sqrt{\sum (X_i - m) / (N - 1)}$ , donde s = desviación estándar;  $X_i$  = dato i de la serie de datos; m = media de la serie; N = número total de medidas (13).

### 3. Regresión lineal:

Sirve para obtener la ecuación de la recta de una serie de datos relacionados linealmente. Varios métodos de análisis se basan en regresiones lineales (13).

### 4. Análisis de varianza:

A los resultados obtenidos se les aplicará la prueba de ANDEVA (13) para determinar si existe diferencia significativa entre los datos obtenidos. El objetivo de esta prueba es identificar variables independientes importantes en un estudio y determinar cómo interactúan y afectan a la

respuesta. Si la estimación para la variable independiente es significativamente mayor, la prueba F rechazará la hipótesis de que la variable independiente no tiene efecto y generará evidencia que indique una relación con la respuesta. El nivel de significación utilizado fue de  $\alpha = 0.05$ . El tipo de análisis que se usó fue el de varianza para un diseño completamente aleatorio (13,23).

#### 5. Prueba de Duncan:

Después que el análisis de varianza haya indicado una diferencia significativa entre las muestras, para determinar qué muestras difieren significativamente una de la otra, se utiliza la prueba de amplitud múltiple de Duncan, que permite comparar las diferencias entre todos los pares de medias respecto de los valores de amplitud calculados para cada par. Si la diferencia entre los pares de medias es superior al valor de la amplitud calculado, las medias son significativamente diferentes al nivel de significancia especificado. Los valores de amplitud se computan con base en el número de medias que separan las dos medias que se están sometiendo a prueba, cuando las medias se disponen en orden de magnitud (13,23).

## IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Balance de materiales

Los resultados del balance de las fracciones anatómicas en el fruto de morro o jícara se detallan en la Tabla 1, en la que se aprecian los pesos promedio de cada fracción. Se obtuvieron pesos promedio de  $302.21 \pm 27.68$  g para el fruto completo;  $172.98 \pm 16.06$  g para la pulpa más semilla;  $129.23 \pm 13.56$  g para la cáscara,  $70.31 \pm 3.44$  g para la semilla y  $102.67 \pm 11.88$  g para la pulpa, la cual se calculó por diferencia. Además, se calculó la distribución porcentual del fruto completo, correspondiendo el  $42.76 \pm 3.05$  % a la cáscara, el  $57.24 \pm 2.95$  % a la pulpa más semilla,  $33.97 \pm 1.66$  % para la pulpa y  $23.26 \pm 1.43$  % para la semilla, calculado en base fresca.

Estudios realizados por Gómez-Brenes et al (1980:242), en lo que se refiere a la distribución porcentual del fruto de morro entero, la pulpa más semilla constituye el 55.7 % y la cáscara 44.3 % del peso promedio del fruto entero que era de 269.5 g. Según se aprecia los porcentajes de distribución son muy similares a los determinados en esta investigación.

## B. Composición química

La composición química proximal del fruto de morro y sus fracciones anatómicas, pulpa y semilla, se presentan en la Tabla 2. No aparece el análisis de la cáscara por carecer de interés para este estudio. Según se observa, la humedad del material fresco es diferente para cada fracción, por lo que los resultados del análisis químico proximal se expresan en base seca. De las fracciones anatómicas, la semilla es la que contiene mayor cantidad de grasa ( $37.95 \pm 1.43$  %) y de proteína ( $26.41 \pm 0.48$  %). La pulpa contiene ( $4.55 \pm 0.19$  %) de grasa y de proteína ( $12.94 \pm 0.33$  %). La pulpa es la fracción que contiene la mayor cantidad de cenizas ( $8.10 \pm 0.56$  %) y la semilla contiene ( $4.56 \pm 0.78$  %). En el fruto sin cáscara (pulpa + semilla), la semilla es la que aporta la mayor cantidad de grasa y proteína, la pulpa aporta la mayor cantidad de minerales al fruto sin cáscara.

En las investigaciones realizadas por Gómez-Brenes et al (1980:344-345), la semilla contiene la mayor cantidad de grasa (36.2 %) y de proteína (27.1 %). La pulpa contiene 4.3 % de grasa y 11.8 % de proteína. De los otros compuestos, cenizas y carbohidratos, la pulpa es la fracción que contiene la mayor cantidad de ellos, 7.8 y 66.8; la semilla contiene 3.5 y 15.0 %. Según se observa, las composiciones determinadas en esta investigación coinciden casi en un 100 % con las determinadas en esos estudios.

C. El morro o jícaro, como recurso natural de Centroamérica

Estudios previos realizados por Gómez-Brenes y Bressani (9), y confirmados en la presente investigación dan una idea acerca del potencial económico y nutricional de este cultivo, ya que las posibilidades que el morro ofrece para usos agrícolas e industriales pueden deducirse al considerar la Tabla 1, donde se muestra que cada fruto de morro contiene  $172.98 \pm 16.06$  gramos de material comestible, de los cuales  $70.31 \pm 3.44$  gramos son de semilla y  $102.67 \pm 11.88$  gramos son de pulpa.

Considerando los rendimientos de la Tabla 4; cada árbol de morro produce un promedio de 750 frutos por año; puede calcularse que cada árbol produce anualmente 129.74 kg de material comestible, de los cuales 52.74 kg son de semilla y 77.00 kg son de pulpa rica en carbohidratos solubles.

Se ha calculado que en una manzana de terreno pueden cultivarse muy bien 150 árboles de morro de la variedad *alata*, por lo tanto una manzana con este cultivo daría 19,461 kg de pulpa más semilla, de los cuales 7,911 kg serían sólo de semilla y 11,550 kg de pulpa; todo este material tendría (de acuerdo al análisis químico proximal de la Tabla 2), aproximadamente  $68.71 \pm 1.12$  % de humedad. En base seca tendríamos un rendimiento por manzana de 6,227.5 kg de material comestible (pulpa + semilla), de los cuales 2,531.47 kg son de semilla y 3,696.02 kg de pulpa seca. Con base en los análisis presentados en la Tabla 2, la pulpa más

semilla contiene  $18.36 \pm 0.82$  % de aceite y  $18.62 \pm 0.36$  de proteína, por lo tanto una manzana cultivada de morro daría potencialmente 1,139.63 kg de aceite y 1,158.31 kg de proteína aptos para consumo, cantidad de nutrientes que es superior a muchos cultivos tradicionales del área de Centroamérica. Por ejemplo, una manzana cultivada con soya de la variedad Cristalina daría de 1,818 a 2,045 kg de frijol de soya por cosecha, que tendría (de acuerdo al análisis químico proximal realizado por ICAITI de la cosecha de 1994), aproximadamente 14.0 % de humedad, 35.0 % de proteína y 15.0 % de grasa. Este frijol de soya produciría tentativamente 576 kg de proteína y 289 kg de aceite, cantidades que son bajas en relación a las del fruto de morro.

Además, es también interesante considerar la cantidad de cáscara producida por manzana, la cual sería alrededor de 7.4 toneladas de cáscara húmeda. Estas podrían, según estudios previos (9), ser utilizadas como combustible, ya que este material produce 4.4 kcal/g dando un total aproximado de 60792827.6 kcal/manzana (o sea el equivalente de 1,842.2 galones de diesel o 1,265 galones de búnker), haciendo en esta forma más económico el procesamiento del material comestible. Además de poder utilizarse como relleno en raciones destinadas a rumiantes, ya que contiene alto contenido de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno.

Cabe mencionar que en épocas de escasez de alimentos o sea durante el verano, el ganado que habita en los lugares donde se cultiva el morro, se come los frutos con avidez, y los ganaderos de esas regiones (nororiente del país) consideran que el morro mejora el sabor y la producción de leche.

D. Separación de las semillas y de la pulpa por el método tradicional

Como se indicó en la sección "Métodos", se realizaron 7 experimentos para la separación de la semilla de morro. En la Gráfica 1 se resumen los resultados y las condiciones experimentales de las pruebas realizadas para separar la semilla del fruto de morro aplicando diferentes tiempos de majado a la pulpa con el objeto de romper la red que forma ésta y las mantiene atrapadas.

El porcentaje de separación de semilla se determinó decantando el líquido con la pulpa majada y recolectando las semillas que se depositaban en el fondo del recipiente. Bajo estas condiciones, el mejor efecto de separación se obtuvo al majar por un período de 3.5 horas. El rendimiento de semilla separada por este período fue de 80 %, en contraste con las primeras separaciones con un rendimiento entre 25-60 %.

La condición que se varió fue el tiempo de maceración. Se podría lograr un mayor porcentaje de recuperación si se

aumenta el tiempo de remojo, pues, la maceración se facilitaría y se liberaría mayor cantidad de semillas, pero el proceso sería más tardado de lo que ya es.

Aunque el método da altos rendimientos de recuperación y se acepte la hipótesis, tiene las siguientes desventajas: 1) Es costoso y tardado, y 2) La pulpa no se recupera.

Con base en estos resultados se recomendaría la utilización de un método mecanizado, por ejemplo el utilizado por Gómez-Brenes et al (1980:345). En este método se realiza un remojo en agua con 1 % de celulasa, con el objeto de hidrolizar la pulpa, por un período de 8 horas; al final de éste se utiliza un pulpero, con lo cual se recuperó el 100 % de la semilla y la pulpa en forma de puré.

Las semillas obtenidas por las 6 pruebas fueron sometidas a varios lavados para eliminar los restos de pulpa y los azúcares de la misma. A continuación esta semilla se colocó al sol por un período de 14 días o hasta alcanzar una humedad entre 8-12 %. Se logró llevar las semillas hasta  $8.47 \pm 0.81$  % (Tabla 3). Las semillas secas se limpiaron con soplador y se dividió el lote en dos:

1. 3,000 g de semilla secada al sol con un contenido de  $34.85 \pm 1.58$  % de grasa,  $25.69 \pm 0.36$  % de proteína y  $4.58 \pm 0.22$  de cenizas.

2. 2,500 g que se tostó ligeramente en comal a una temperatura entre 90-110 °C por un período aproximado de 10 minutos. Al final se obtuvo semillas ligeramente tostadas con una humedad de  $5.80 \pm 0.37$  %, grasa  $33.75 \pm 1.21$  %, proteína  $27.73 \pm 0.43$  % y cenizas  $4.93 \pm 0.34$  %.

E. Determinación de las condiciones para la elaboración de leche de morro

Para la elaboración de leche de morro se siguió el método de Illinois (18) en sus puntos principales: remojar en agua (semilla:agua = 1:3), decantar, pesar, licuar (semilla:líquido = 1:5), filtrar, medir volumen, pesar el okara (residuo) húmedo y seco, análisis químico y sensorial.

En la determinación de las condiciones de elaboración se varió el tiempo de remojo, relación semilla:líquido para el licuado y tiempo de licuado. La primera extracción se realizó para ambos tipos de semilla bajo las condiciones estándar de elaboración de leche de soya (ver Tabla 5 y 8, columna 1). Debido al bajo porcentaje de sólidos ( $4.66 \pm 0.10$  % y  $3.03 \pm 0.05$  % para la semilla secada al sol y semilla ligeramente tostada, respectivamente) se optó por disminuir el tiempo de remojo y aumentar el licuado. El efecto sobre los sólidos totales de la primera variación no fue significativo, por lo cual se realizó una segunda variación del tiempo de remojo y licuado. Esta produjo un ligero aumento en el porcentaje de sólidos totales, por lo

cual tales condiciones son más adecuadas que las estándar. Al establecer las nuevas condiciones se disminuyó la relación semilla:líquido a 1:4; con lo cual se obtuvo una mayor concentración de sólidos y quedaron así establecidas las condiciones para la elaboración de leche de morro, siendo éstas: remojo de 4 horas (semilla:líquido 1:3), pesado, licuado (semilla:líquido 1:4) por 10 minutos, filtrado, pesado del okara (húmedo y seco) y medición del volumen de leche obtenido.

El análisis sensorial demostró que es más aceptable la leche de semilla secada al sol (media sensorial de 3.74), que la de semilla ligeramente tostada (media sensorial de 2.55), según la prueba de intervalos múltiples de Duncan.

#### F. Comparación entre las leches elaboradas con semilla secada al sol y ligeramente tostada.

En la columna 1 de las Tablas 6 y 9 se muestran los resultados para la elaboración de leche, bajo las condiciones establecidas y extracción con agua (pH 7.3). A partir de estas Tablas se puede observar lo siguiente:

- Después de 4 horas de remojo a temperatura ambiente, las semillas secadas al sol ganaron aproximadamente 1.75 veces su peso original y las semillas ligeramente tostadas 2.0 veces su peso.

▪ Al aplicar la prueba estadística del Análisis de Varianza (ANDEVA) a los resultados del porcentaje de sólidos totales en la leche de cada tipo de semilla, se encontró que había diferencia significativa entre los tipos de leche ( $F = 156.6 > F_{\alpha} = 7.71$ ). Siendo éste para la semilla secada al sol ( $5.88 \pm 0.01 \%$ ) y para la semilla ligeramente tostada ( $2.65 \pm 0.05 \%$ ).

▪ La cantidad de proteínas demostró ser significativamente diferente entre la leche obtenida de cada tipo de semilla ( $F = 130 > F_{\alpha} = 9.55$ ). Las muestras de leche de semilla secada al sol contienen un promedio de ( $1.56 \pm 0.13 \%$ ) de proteína y la de semilla ligeramente tostada ( $0.88 \pm 0.06 \%$ ) de proteína.

▪ El porcentaje de grasa en las leches también mostró diferencia significativa entre las muestras ( $F = 260 > F_{\alpha} = 9.55$ ). Siendo la leche de semilla secada al sol ( $3.30 \pm 0.15 \%$ ) la de mayor porcentaje de grasa. La leche de semilla ligeramente tostada reportó ( $1.70 \pm 0.01 \%$ ).

▪ El rendimiento de leche de morro se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{vol. de leche extraída} * \% \text{ S. T. en leche})}{(\text{vol. de leche ext.} * \% \text{ S. T. en leche}) + \text{Okara seco}} * 100$$

Habiendo diferencia significativa con una  $F = 337.1 > F_{\alpha} = 10.13$ . La leche de semilla secada al sol fue la de mayor rendimiento ( $21.02 \pm 0.05 \%$ ) y la ligeramente tostada reportó un ( $9.46 \pm 0.36 \%$ ) de rendimiento.

▪ Por último, el análisis sensorial también fue significativamente diferente entre las muestras de leche. El punteo para cada clasificación se dio desde 1 punto para "Disgusta muchísimo", hasta 9 puntos para "Gusta muchísimo" (Figura 7). La leche de semilla secada al sol fue la más aceptada con una media sensorial de 3.86; situándola en "Disgusta ligeramente". La leche de semilla ligeramente tostada reportó una media sensorial de 2.53; situándose en "Disgusta moderadamente".

Varios factores pudieron influir sobre los resultados de los porcentajes de sólidos totales, al igual que en el rendimiento. Entre éstos la dificultad de ejercer la misma presión al filtrar la leche de morro a través de la manta, por lo cual varían los volúmenes de leche. En general, el secado, tostado y el proceso de elaboración de la leche producen cambios químicos, físicos y nutricionales que afectan la extracción acuosa de materiales orgánicos. Entre los cambios químicos se encuentran las reacciones de "pardeamiento" que se dan durante el secado, tostado y almacenaje; produciendo cambios de color, disminución del valor nutricional, solubilidad e induciendo a cambios de textura.

El porcentaje de "pardeamiento no enzimático", reacción de Maillard, se ve afectado por los siguientes parámetros: contenido de humedad, temperatura, pH y composición. Debido

al bajo contenido de humedad de la semilla el "pardeamiento" es mínimo.

Otro cambio químico es la oxidación lipídica, ya que esta semilla es oleaginosa la probabilidad de rancidez y pérdida de vitaminas liposolubles es grande. En la Tabla 3 se aprecia que hay entre 3-4 % de disminución en el contenido de grasa en las semillas al ser secadas o tostadas.

Uno de los cambios físicos es la solubilidad, la cual es afectada por las condiciones del proceso, condiciones de almacenamiento, composición, pH, densidad y tamaño de partícula. En la elaboración de leche de morro se producen cambios de densidad en dos puntos del proceso: (1) en el tostado, y/o (2) en el licuado.

Puntos en los cuales hay temperaturas cercanas o mayores a los 100 °C, produciendo desnaturalización de las proteínas, con lo cual decrece la solubilidad de este material orgánico y por lo tanto la extracción.

En la semilla secada al sol, la baja extracción de proteínas se debe principalmente al tipo de proteínas que contiene la semilla de morro y en menor porcentaje al grado de desnaturalización que se induce con las temperaturas en el licuado. De acuerdo a estudios realizados por Mendieta (14), el fruto de morro sin cáscara (pulpa + semilla) contiene un 31.2 % de albúminas, las cuales son solubles en agua. Parte del contenido de estas proteínas se logra extraer de la semilla y el mayor porcentaje de éstas se encuentra

desnaturalizado, no soluble, y por consiguiente no es posible su extracción. Esta desnaturalización se produce por el calor generado al licuar la semilla en agua. Como es lógico en la semilla ligeramente tostada, el porcentaje de proteínas desnaturalizadas y la pérdida de nutrientes, debido a la aplicación de calor para lograr el ligero tostado, es mayor y por lo tanto el contenido de proteínas y de los otros materiales orgánicos en la leche es menor que el que se obtiene de la semilla secada al sol. El tiempo y temperatura de exposición son los responsables de la pérdida de peso en la semilla. Durante este proceso se desprende humedad, aceite y bióxido de carbono. Los compuestos orgánicos volátiles son los responsables de cambios en el aroma y sabor en la semilla ligeramente tostada, pues tienen puntos de ebullición menores al del agua.

Los cambios nutricionales por pérdida de vitaminas y proteínas no son significativos en el proceso de elaboración de leche de morro. Se pueden dar pérdidas de vitaminas hidrosolubles en la separación de las semillas, por los lavados que se realizan, también pueden ocurrir durante el remojo, pues el agua de remojo se descarta.

En resumen, los resultados de la primera fase indicaron: (1) las condiciones para la elaboración de leche de morro; 100 g de muestra, 4 horas de remojo (semilla:agua = 1:3), pesar después de decantar el agua, 10 minutos de licuado

(semilla:líquido = 1:4), filtrar tratando de obtener el máximo volumen posible, pesar okara (húmedo y seco), envasar, pasteurizar y almacenar a menos de 7 °C. (2) De acuerdo al rendimiento, punto de vista químico y sensorial, la semilla más adecuada para la elaboración de leche de morro es la semilla secada al sol. Por lo tanto la hipótesis es verdadera, es decir, existe diferencia al utilizar semilla secada al sol o semilla ligeramente tostada en la elaboración de leche morro, respecto de su contenido de proteínas, grasa, rendimiento, sólidos totales y análisis sensorial.

Además, es interesante considerar la utilización de la semilla fresca para la elaboración de leche de morro, como se muestra en la Tabla 11, la extracción acuosa de los nutrientes de la semilla fresca da niveles menores a los obtenidos de la semilla secada al sol, pero mayores a los que reportan las extracciones de las semillas ligeramente tostadas bajo las mismas condiciones. Las leches elaboradas con semilla fresca reportan ( $4.85 \pm 0.02$  %) de sólidos totales, ( $2.63 \pm 0.01$  %) de grasa, ( $0.30 \pm 0.01$  %) de cenizas y ( $1.21 \pm 0.05$  %) de proteínas. Estos resultados son indicativos que con condiciones de extracción más eficientes se obtendría una leche con niveles de nutrientes aceptables y se evitaría la deshidratación de la semilla.

G. Experimento cuyo objetivo es incrementar el porcentaje de sólidos totales y proteínas de la leche de morro

El objetivo de esta parte de la tesis fue encontrar una metodología de extracción para incrementar el porcentaje de sólidos totales y proteínas en la leche de morro utilizando semilla secada al sol y ligeramente tostada.

En las Tablas 6 y 7 se muestran el promedio de los datos del análisis de la leche elaborada con semilla secada al sol y en las Tablas 9 y 10 se encuentran los que corresponden a la leche elaborada con semilla ligeramente tostada. En estas tablas se puede observar lo siguiente:

- Después de 4 horas de remojo en agua a temperatura ambiente, las semillas secadas al sol ganaron entre 1.5 y 1.7 veces su peso. Las semillas ligeramente tostadas ganaron aproximadamente 1.7 veces su peso.
- En la cantidad de Sólidos Totales de las leches elaboradas con semillas secadas al sol se encontró diferencia significativa entre las cinco muestras ( $F = 442.86 > F_{\alpha} = 3.48$ ). Siendo la leche obtenida mediante extracción con solución salina 0.5 % y buffer pH 8.5 ( $9.85 \pm 0.32$  %) la de mayor porcentaje de sólidos totales, seguida por buffer pH 8.5 ( $8.70 \pm 0.04$  %), buffer pH 7.8 ( $6.35 \pm 0.03$  %), solución salina 0.5 % ( $6.26 \pm 0.02$  %), y por último la extracción con agua de pH 7.3 con  $5.88 \pm 0.01$  %. El porcentaje de sólidos

totales de las extracciones a las semillas ligeramente tostadas también mostró diferencia significativa en las cinco muestras ( $F = 340 > F_{\alpha} = 3.48$ ). Correspondiendo el mayor porcentaje de sólidos totales ( $4.99 \pm 0.05 \%$ ) a la extracción con solución salina 0.5 % y buffer pH 8.5, seguida por buffer pH 8.5 ( $3.92 \pm 0.04 \%$ ), solución salina 0.5 % ( $3.71 \pm 0.01 \%$ ), buffer pH 7.8 ( $3.15 \pm 0.05 \%$ ) y con agua de pH 7.3 ( $3.65 \pm 0.03 \%$ ).

▪ La cantidad de proteínas mostró ser significativamente diferente, tanto para la extracción en las semillas secadas al sol ( $F = 44.4 > F_{\alpha} = 3.48$ ) como para las semillas ligeramente tostadas ( $F = 53.65 > F_{\alpha} = 3.48$ ). Siendo la obtenida mediante extracción con solución salina 0.5 % y buffer pH 8.5 la de mayor contenido de proteínas para ambas semillas. Ordenando los porcentajes de proteínas en orden descendente para las semillas secadas al sol: solución salina 0.5 % y buffer pH 8.5 ( $3.37 \pm 0.02 \%$ ), buffer pH 8.5 ( $3.02 \pm 0.03 \%$ ), buffer pH 7.8 ( $1.80 \pm 0.02 \%$ ), solución salina 0.5 % ( $1.84 \pm 0.08\%$ ) y por último agua de pH 7.3 con  $1.56 \pm 0.13 \%$  de proteínas. Colocando el porcentaje de proteínas para las leches de semillas ligeramente tostadas en orden descendente se tiene: solución salina 0.5 % y buffer pH 8.5 ( $1.48 \pm 0.25\%$ ), buffer pH 8.5 ( $0.92 \pm 0.06 \%$ ), solución salina 0.5 %

( $0.94 \pm 0.02$  %), buffer pH 7.8 ( $0.86 \pm 0.02$  %) y agua de pH 7.3 con  $0.98 \pm 0.01$  % de proteína.

Los resultados del ANDEVA sobre el porcentaje de sólidos totales y proteínas revelan que se logra un aumento considerable en éstos al utilizar solución salina y buffer para llevar a cabo la extracción. Por lo tanto se acepta la hipótesis, es decir que el tratamiento con buffer y/o solución salina favorecen el rendimiento de sólidos totales y proteínas de la leche de morro, tanto para las semillas secadas al sol como para las semillas ligeramente tostadas. Además, muestra que el tratamiento más adecuado es la combinación de solución salina y buffer de pH 8.5. Esto concuerda con los estudios sobre solubilidad de la proteína del fruto de morro (pulpa + semilla) realizados por Mendieta (14), pues al utilizar la solución salina se logra solubilizar a las globulinas, que se encuentran en 9.6 % (14) en el fruto sin cáscara, y la combinación del buffer solubiliza las glutelinas y otras por el medio ligeramente básico, obteniéndose por lo tanto un aumento en el porcentaje de proteínas.

▪ El rendimiento de extracción también se logra incrementar con las extracciones con buffer y/o solución salina. De esta manera se obtiene el rendimiento más alto al realizar la extracción con solución salina al 0.5 % y buffer de pH 8.5. Correspondiendo el  $34.91 \pm 0.69$  % a la leche de semillas secadas al sol y el  $19.63 \pm 0.46$  % a la de semillas

ligeramente tostadas. Los rendimientos de okara fueron menores lógicamente en las extracciones que produjeron mayor concentración de sólidos.

Se llevó a cabo un análisis químico proximal del okara (residuo) de la leche obtenida por extracción con solución salina al 0.5 % y buffer de pH 8.5, cuyos resultados se describen en la Tabla 12. Según se observa, el okara de la leche de semillas ligeramente tostadas contiene una mayor cantidad de proteínas ( $23.25 \pm 0.67$  %) y de grasa ( $25.31 \pm 0.32$ ) que el okara de las semillas secadas al sol ( $19.72 \pm 0.19$  %) de proteína y ( $21.43 \pm 0.32$  %) de grasa. Este subproducto es de interés para la industria de alimentos, pues es fuente de aceite de digestibilidad casi de 100 % y de proteína. Además, puede ser utilizado como sustituto de cereales para alimentación animal, especialmente aves y como suplemento proteínico para raciones de cerdos y conejos, según investigaciones realizadas en la División de Ciencias Agrícolas y Alimentos del INCAP sobre la aplicación de productos obtenidos del fruto del morro en nutrición humana y animal.

Cabe mencionar que el residuo de la elaboración de leche de morro posee un contenido de nutrientes mucho mayor que el de la leche de soya. El okara de la leche de soya reporta apenas un 3.2 % de proteína y 1.7 % de grasa, mientras el residuo de la leche de morro a partir de semillas

secadas al sol reporta 19.72 % de proteína y 21.43 % de grasa.

Los rendimientos de recuperación para la semilla secada al sol son los siguientes: cenizas 98.9 %, proteína 93.9 %, grasa 83.19 %. Para la semilla ligeramente tostada corresponde 97.38 % para las cenizas, proteínas 81.8 % y grasa 76.9 %. Se puede apreciar que los rendimientos son altos, es decir, las pérdidas de estos nutrientes durante el proceso son bajas. Es de interés considerar que de los tres nutrientes mencionados, el de menor recuperación es la grasa, lo cual posiblemente se deba a pérdidas durante las operaciones de transvase y filtrado durante el proceso.

▪ Por último, el análisis sensorial también demostró mejorar con el tratamiento con buffer y/o solución salina. Se llegó a una media sensorial de 5.68 para la leche elaborada con semillas secadas al sol mediante extracción con solución salina al 0.5 % y buffer de pH 8.5; situándose en "Gusta ligeramente". Para la leche de semillas ligeramente tostadas y con el mismo tipo de extracción se observó una media sensorial de 4.26, que la sitúa entre "Disgusta ligeramente" y "No gusta ni disgusta". Esta mejora en la aceptabilidad se debe principalmente a la sensación de uniformidad en cuanto a textura y cuerpo de la leche.

En resumen, los resultados de esta fase confirman que desde el punto de vista sensorial, químico y de rendimiento de la leche de morro, las semillas más adecuadas son las

secadas al sol. Además, deja la inquietud del potencial que representa el okara como fuente de aceite y proteínas utilizables en la industria de alimentos.

## II. Efecto del pH sobre sólidos solubles y proteínas de la leche de morro

Para esta prueba se utilizó la leche elaborada con semillas secadas al sol y extracción con solución salina al 0.5 % y buffer de pH 8.5. Se agregó a la leche HCl 0.5 N o NaOH 0.5 N para llevarla desde un pH 3 hasta un pH 10, centrifugando las muestras de cada pH para separar los materiales insolubles y analizar el nivel de proteína y sólidos solubles en el sobrenadante. Los resultados y condiciones de estas pruebas se resumen en la Gráfica 2 y 3.

En la Gráfica 2 se observa que entre pH 8 y 10, aproximadamente el 80 % de las proteínas se encuentran en forma soluble. Sin embargo, la solubilidad decrece rápido en la región ácida, hasta encontrar entre pH 4 y 5 su menor solubilidad. El ANDEVA realizado muestra que existe diferencia significativa ( $F = 669 > F_{\alpha} = 2.3928$ ) entre el contenido de proteínas de cada sobrenadante. Con base en la gráfica se deduce que la utilización de buffer es adecuada para la extracción acuosa de proteínas, pues en la región básica se encuentra la mayoría de proteínas en forma soluble.

En la Gráfica 3 se muestra el efecto del pH sobre los sólidos solubles, en ésta se observa que entre el pH 8 y 10

se encuentra el mayor porcentaje de sólidos solubles, lo cual está íntimamente ligado al nivel de proteínas, ya que en este intervalo se encuentra a la mayoría de las proteínas en forma soluble. Además, el ANDEVA realizado muestra que hay diferencia significativa ( $F = 33.95 > F_{\alpha} = 2.3928$ ) en el porcentaje de sólidos de cada sobrenadante.

De acuerdo con los resultados del contenido de proteínas, porcentaje de sólidos solubles y el ANDEVA realizado con dichos resultados, se acepta la hipótesis, es decir, el pH influye sobre las proteínas y los sólidos solubles de la leche de morro.

#### I. Aceptabilidad de la leche de morro

##### 1. Prueba con leche de soya:

Se realizó una prueba sensorial con leche de soya y las dos variedades de leche de morro. Esta prueba revela, tal como se muestra en la Tabla 13, que la leche de semilla secada al sol es significativamente más aceptada que las otras muestras, y la variedad de semilla ligeramente tostada no fue significativamente más aceptada que la leche de soya, es decir, que la leche de semilla ligeramente tostada tiene una aceptación similar a la leche de soya. Para realizar esta prueba se elaboró, siguiendo el método de Illinois, leche de soya con la variedad cristalina, que es la que se cosecha en Guatemala. El propósito de elaborar leche

de soya es tener muestra con las mismas características de elaboración, pues la leche de soya que se encuentra en el mercado es a base de proteína de soya y se encuentra formulada (agentes edulcorantes y saborizantes), lo que cambia sus características organolépticas. Cabe mencionar que las pruebas se realizaron con un panel no entrenado.

## 2. Prueba con leche de vaca:

Este análisis sensorial se realizó con el objeto de determinar cómo se encuentra la leche de morro en comparación con la leche de vaca, para lo cual se utilizó leche fluida de ganado Jersey. Los resultados de la prueba (Tabla 14) muestran que la leche de vaca es significativamente más aceptada que las otras muestras, y que la variedad de semilla secada al sol fue significativamente más aceptada que la leche de semilla tostada. La leche de morro de semilla tostada fue la menos aceptable. La leche de vaca obtuvo un puntaje de 7.7 ("Gusta mucho") y la leche de morro de semilla secada al sol recibió un puntaje de 5.7 ("Gusta ligeramente"); lo que es indicativo que con un proceso de elaboración tecnificado y llevando a cabo una formulación adecuada a los gustos locales, se obtendría un producto con gran comercialización y de buenas características organolépticas y nutricionales.

Las dos pruebas sensoriales llevadas a cabo confirman nuevamente que la leche de morro con mejores características organolépticas es la de semilla secada al sol.

#### J. Costos

En la tabla 15 se presenta una panorámica general de los costos para los diferentes tipos de leche. Con base en éstos se obtuvo una leche de morro a Q 1.04/Lt, que es significativamente inferior comparada con el precio de la leche de vaca en polvo Q 4.50/Lt, leche de vaca fluida Q 2.25/Lt y Q 0.13 más barata que la leche de soya. Una producción a escala industrial reduciría bastante el costo de la leche de morro debido a la disminución de precios al comprar la materia prima a mayor volumen, el uso de maquinaria para disminuir la mano de obra y mejorar la eficiencia del proceso, el uso de las cáscaras como fuente de energía y el aprovechamiento del okara en otros productos alimenticios.

#### K. Aplicación de la leche de morro y su residuo en la industria de alimentos

##### 1. Aplicaciones de la leche de morro:

- Extensor de leche de vaca: Se podría pensar en utilizar la leche de morro como extensor de leche de vaca, con el objeto de disminuir el costo de la leche.
- Bebidas: Se puede dar una formulación apropiada, que considere el uso de agentes edulcorantes y saborizantes adecuados acordes a los gustos y preferencias locales.
- Quesos: Se puede utilizar sales de calcio o de magnesio, o procesos de acidificación para cuajar la leche de morro, aunque este alimento técnicamente no sería un queso, ya que

no se emplean cultivos para precipitar su cuajada. Se podría desarrollar quesos fermentados, ya sea fermentando en salmuera y vino de arroz o se inocularía fermentos tratados con coagulantes y se dejará que se separen en suero y cuajadas. Estas últimas se deberán salar y dejar madurar.

- Utilización de leche de morro en extensiones de quesos lácteos: Elaborando una mezcla que contenga de 10 a 20 % de leche de morro con leche de vaca y someter esta mezcla a pasteurización se podría elaborar quesos frescos, por medio de la fermentación con 2 % de *Streptococcus lactis*, con o sin fermento formador de cuajo.

- Yogurt: Las leches extendidas pueden ser utilizadas para producir yogurt, con la utilización de 3 % de fermento formador de yogurt.

## 2. Aplicaciones del residuo de la elaboración de leche de morro:

- Fuente de aceite: Se puede obtener el aceite de okara por presión o solventes. Este aceite es de apariencia agradable y está exento de productos tóxicos, lo que permitiría utilizarlo para consumo humano, ya que su digestibilidad es casi de 100 %. Según Mendieta (14), el aceite de morro podría ser utilizado en aderezos para ensaladas y en algunas otras preparaciones culinarias como sustituto del aceite de oliva, y con esto ser una fuente importante de calorías en la dieta del centroamericano.

- **Elaboración de harinas:** Se puede obtener una harina integral que contendría todas las grasas naturales de la semilla del fruto de morro, sometiéndola a tratamientos para evitar el deterioro causado por enzimas, así como la elaboración de harina a partir del okara desgrasado. Esta contendría 1 % de grasa si se extrajo el aceite con solvente. Si la extracción del aceite se realizó a presión, la torta residual contiene 4-5 % de aceite (6). Las harinas obtenidas del okara desgrasado deben ser sometidas a tratamientos térmicos para eliminar la actividad enzimática. Estas harinas tendrían aplicación en productos de panificación, en la elaboración de atoles y bebidas si se mezcla con harina de maíz, edulcorantes y saborizantes.
- **Concentrados de proteínas:** Una vez eliminado el aceite del okara, al material proteínico restante se le puede extraer los carbohidratos, minerales y otros constituyentes con el objeto de elaborar un concentrado de proteína. Este concentrado puede utilizarse en panificación, productos cárnicos, para formulación de cereales y bebidas, productos lácteos, etc.
- **Aislados de proteína:** Para la elaboración de aislados de proteína de morro, se debe extraer la proteína a partir de la harina de morro desgrasada. Se hace precipitar un cuajo (aislado) a partir del suero de leche de morro formado por la solubilización de las proteínas en un álcali. Las proteínas deben ser neutralizadas posteriormente por medio de un ácido

hasta un pH 6.5 a 7. Estas proteínas así aisladas pueden ser sometidas a diferentes tratamientos para obtener características específicas según el tipo de aplicación alimenticia a la cual está dirigida. Las características a evaluar en un aislado son: habilidad emulsificante, propiedad de formación de geles, retención de agua, formación de películas, adhesividad, cohesividad y aeración. Con base en estas características se podría utilizar en panificación, como sustituto de leche en pasteles, dietas y donas, productos cárnicos y lácteos.

## VIII. CONCLUSIONES

- A. El fruto del morro está compuesto de 42.8 % de cáscara, 34 % de pulpa y 23.2 % de semilla en base húmeda. Estos datos son similares a los informados por otros investigadores.
- B. La semilla del morro contiene 38 % de grasa y 26.4 % de proteína, mientras que la pulpa 4.5 % de grasa y 12.9 % de proteína. La semilla es, por consiguiente, una fuente potencial de grasa y proteínas, mientras que la pulpa lo es de cenizas y carbohidratos.
- C. Con base en una producción de 750 frutos/año de 150 árboles/manzana, y con base en el contenido de grasa y proteína de la pulpa más semilla, la producción potencial de grasa y proteína por manzana sería de 1,140 kg de aceite y 1,158 kg de proteína; para fines comparativos por manzana de soya da 576 kg de proteína y 289 kg de aceite.
- D. La semilla del morro está asociada con la pulpa. La mejor separación se logra a través de una maceración en agua por un período de 3.5 horas. La recuperación fue del 80 % de semilla.
- E. Para la preparación de la leche de la semilla del morro se llevan a cabo extracciones con agua, a pH ligeramente alcalino (7.3), con buffer pH 7.8 y 8.5 y con solución

salina al 0.5 %, con y sin buffer. La extracción acuosa da los menores niveles de sólidos, proteínas y grasa. Estas cifras aumentan con buffer pH 7.8 y solución salina. La extracción con buffer pH 8.5 con y sin sal resultó en 8.70 a 9.85 % de sólidos, 3.12 a 3.37 % proteína y 4.10 a 4.43 % de grasa para la semilla secada al sol. Los resultados en la semilla ligeramente tostada fueron más bajos.

- F. El peso del residuo (okara) fue mayor con la extracción acuosa que al usar buffer y/o solución salina.
- G. El okara de la semilla secada al sol contiene 21.43 % de grasa y 19.72 % de proteína y el okara de la semilla ligeramente tostada 25.31 y 23.25 %.
- H. Las pruebas sensoriales dieron puntajes más altos a las leches de semilla secada al sol producidas con buffer y/o solución salina.
- I. Desde el punto de vista sensorial la leche de semilla secada al sol es superior a la leche de soya (5.84 vrs. 3.76). Esta leche, de acuerdo al análisis sensorial, fue de menor calidad que la de vaca (5.7 vrs. 7.7).
- J. Las proteínas y los sólidos de la leche de morro son solubles a pH alcalino, presentando su menor solubilidad a pH 4.5.
- K. El costo de la leche de morro podría ser de Q. 1.0354/lt comparado con Q. 1.1731/lt de la leche de soya y Q. 2.25/lt de la leche de vaca.

## IX. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se sugiere que sería valioso continuar las investigaciones en los siguientes temas:

- En el proceso:
  - A. Aplicación de tratamientos enzimáticos para aumentar el rendimiento de recuperación de semilla de la pulpa.
  - B. Aplicar las mejores condiciones de extracción de los nutrientes de la semilla fresca, con el fin de evitar la deshidratación de la semilla.
- En el producto principal:
  - A. Mejorar la calidad sensorial de la leche de morro y realizar pruebas de estabilidad durante el almacenamiento.
  - B. Diversificar su uso como extensor de leche fluida de vaca, quesos, helados y yogurt.
  - C. Elaboración de refrescos naturales y fermentados de la leche de morro.
- En subproductos:
  - A. Buscar aplicaciones del residuo (okara) en vista de su composición química atractiva.
- En general:
  - A. Iniciar investigaciones agrícolas formales para determinar las características agronómicas de estas plantas con el propósito de fomentar su cultivo.
  - B. Realizar estudios básicos de las proteínas de la semilla.
  - C. Llevar a cabo evaluaciones nutricionales.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- 1) Amaya, H. " **Horchatas elaboradas en El Salvador** ".  
1986. San Salvador, Imprenta Nacional. pp 23-32.
- 2) Buffa, A. **Enzyme - treated weaning food mixtures**.  
1969. United nations children's fund., European  
Office, París. pp 109-111.
- 3) Calderón, S. **Lista preliminar de la flora salvadoreña**.  
1971. 2a. ed. San Salvador, Imprenta  
Nacional. pp 253-254.
- 4) Contreras, I. **Tecnología para la separación de semillas  
y evaluación química-nutricional del fruto  
de morro (Crescentia alata)**. Tesis (Magister  
Scientificae) Universidad de San Carlos de  
Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y  
Farmacia. INCAP/CESNA. Guatemala. 93 pp.
- 5) Chen, S. **Principios de la producción de leche de soya**.  
1986. México, Asoc. Americana de soya. HN # 38.  
27 pp.
- 6) Fernández, S.; V. Alvarado, R. Jiménez, M. Rodríguez  
1975. y A. Avila. **Aprovechamiento industrial del  
morro**. Seminario de graduación (Ingeniero  
Químico) Universidad de El Salvador, Facultad  
de Ingeniería y Arquitectura. El Salvador.  
77 pp.
- 7) Furia, T. **Handbook of food additives**. 2da. ed. Vol I.  
1981. Boca Ratón, Florida, CRC Press. pp 50-51.
- 8) Galindo, M. **situación alimentaria nutricional de  
Guatemala**. Oficina Panamericana de la Salud  
- OPS. Instituto de Nutrición de Centroamérica  
y Panamá - INCAP. 28 pp.
- 9) Gómez, R. y R. Bressani. " **Evaluación nutricional del  
aceite y de la torta de la semilla de jícara o  
morro (Crescentia alata)** ". Arch. Lat. Nutr.,  
23:225-243.
- 10) Gómez, R.; I. Contreras, J. Braham y R. Bressani.  
1980. " **Evaluación química de harinas de morro o  
jícara (Crescentia alata) preparadas por  
ensilaje y/o deshidratación** ". Arch. Lat.  
Nutr., 30:253-256.

- 11) Gómez, R. " **Estudios sobre la separación de la semilla de moro o jícara (*Crescentia alata*)** ". 1980. Arch. Lat. Nutr., 30(3):336-352.
- 12) Guzmán, D. **Especies útiles de la flora salvadoreña**. 1976. Ministerio de Educación. San Salvador. Pp 384-385.
- 13) Mendehall, W.; R. Scheaffer, D. Wackerly. **Estadística con aplicaciones**. México. Grupo editorial Iberoamérica, S.A. de C.V. pp 527-536: 700-709.
- 14) Mendieta, R. " **Evaluación química y nutricional de la pulpa y semilla del fruto de morro, sometido al proceso de secado en horno** ". Tesis (Magister Scientifcae) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. INCAP/CESNA. Guatemala. 44 pp.
- 15) Meyrat, A. " **Por qué, y cómo preservar o sembrar jícara en llanos con sonsocuites** ". Nicaragua. (Documento no publicado).
- 16) Meyrat, A. " **Pruebas preliminares de siembra directa de jícara (*Crescentia alata*) en sabana de vertisol** ". Nicaragua (documento no publicado).
- 17) Meyrat, A. " **El jícara sabanero (*Crescentia alata*), un potencial económico a desarrollar en las zonas secas de Nicaragua** ". Nicaragua (documento no publicado).
- 18) Nelson, A.; M. Seinberg y L. Wei. " **Illinois process for preparation of soymilk** ". Journal of food Science. (41) 57 : 61.
- 19) **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Edited by S. Williams. Published by the AOAC, Inc. U.S.A. 1015 pp.
- 20) Skoog, D & D. West. **Fundamentos de química analítica**. 1981. Editorial Revert,, S.A. Espada 39-70.
- 21) Squibbs, R.; H. Love & M. Wyld. " **The digestibility of six tropical fats as determined on rats** ". J. Nutr. 44(4):547:552.

- 22) Valdéz, A. y A. del Castillo. **La seguridad alimentaria de los países en desarrollo y el comercio de alimentos.** Junta de Comercio y Desarrollo, Comisión de Productos Básicos, Naciones Unidas. 1984.
- 23) Watts, B.; G. Ylimak, L. Jeffery y L. Elías. **Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos.** Centro Int. de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa. 170 pp. 1988.
- 24) Wilson, J. " **La industrialización de los productos similares a la leche a partir de la extracción acuosa de la soya** ". Tercer seminario de los usos de la proteína de soya en los productos lácteos. México. Pp 14-20. 1990.
- 25) Wiseman, A. **Handbook of enzyme biotechnology.** 2<sup>nd</sup> ed. 1991. John Wiley & Sons. U.S.A. pp 335-356.

APENDICE

**APENDICE A**

**CUADROS**

Cuadro I

Distribución porcentual de las fracciones del fruto

Fracción	% Peso
Cáscara	40.4
Pulpa	50.1
Semilla	9.46

(6).

Cuadro II

Dimensiones promedio de las semillas de morro

Dimensión	Magnitud
Largo	0.765 cm
Ancho	0.796 cm
Alto	0.159 cm
Peso	0.5 g

(6).

Cuadro III

Análisis químico proximal de la semilla  
secada de Morro y sus fracciones anatómicas, g %

	DISTRIBUCION %	HUMEDAD	EXTRACTO ETERE0	FIBRA CRUDA	PROTEINA (N*6.25)	CENIZAS
Semilla seca	100	7.8	33.4	16.8	25.1	3.2
Cáscara	26.3	10.6	3.1	53.7	5.4	1.2
Almendra	73.7	6.3	44.7	2.1	39.1	4.0

(9).

## Cuadro IV

Algunas constantes físicas del aceite de semilla de morro

Solvente	ACEITE EXTRAIDO POR METODO DE				Otros Aceites tropicales		
	Solvente		Presión		A	B	C
	(6)	(9)	(6)	(9)			
Densidad (g/cc)	0.9163	0.91	0.9164	0.91			
Acidez libre	0.33	1.9	0.23	16.6	1.46	1.1	0.23
Ind. de Saponificación		227.2		225.6	95.4	190	193.
Indice de Yodo	85.66	88.5	92.17	89.0	87.6	90	85.0
Indice de Peroxido	4.81	4.8	5.98	3.5			
Indice de Refracción	1.4693		1.4691				
Color	20-2.1	C51/4					

(9).

**APENDICE B**

**FIGURAS**

Figura 1.

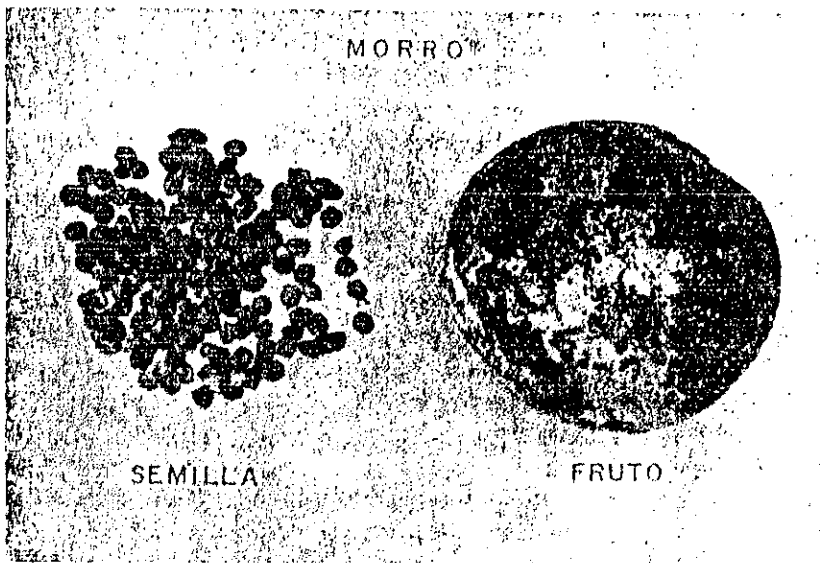


Figura 2.

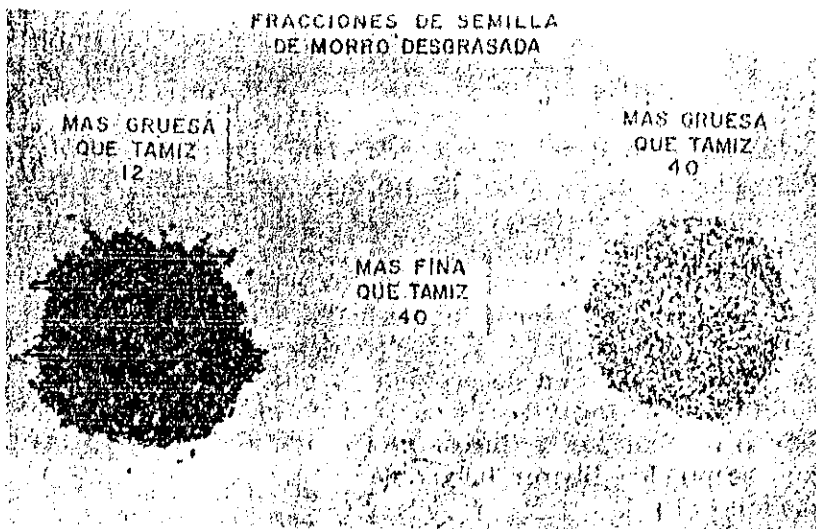
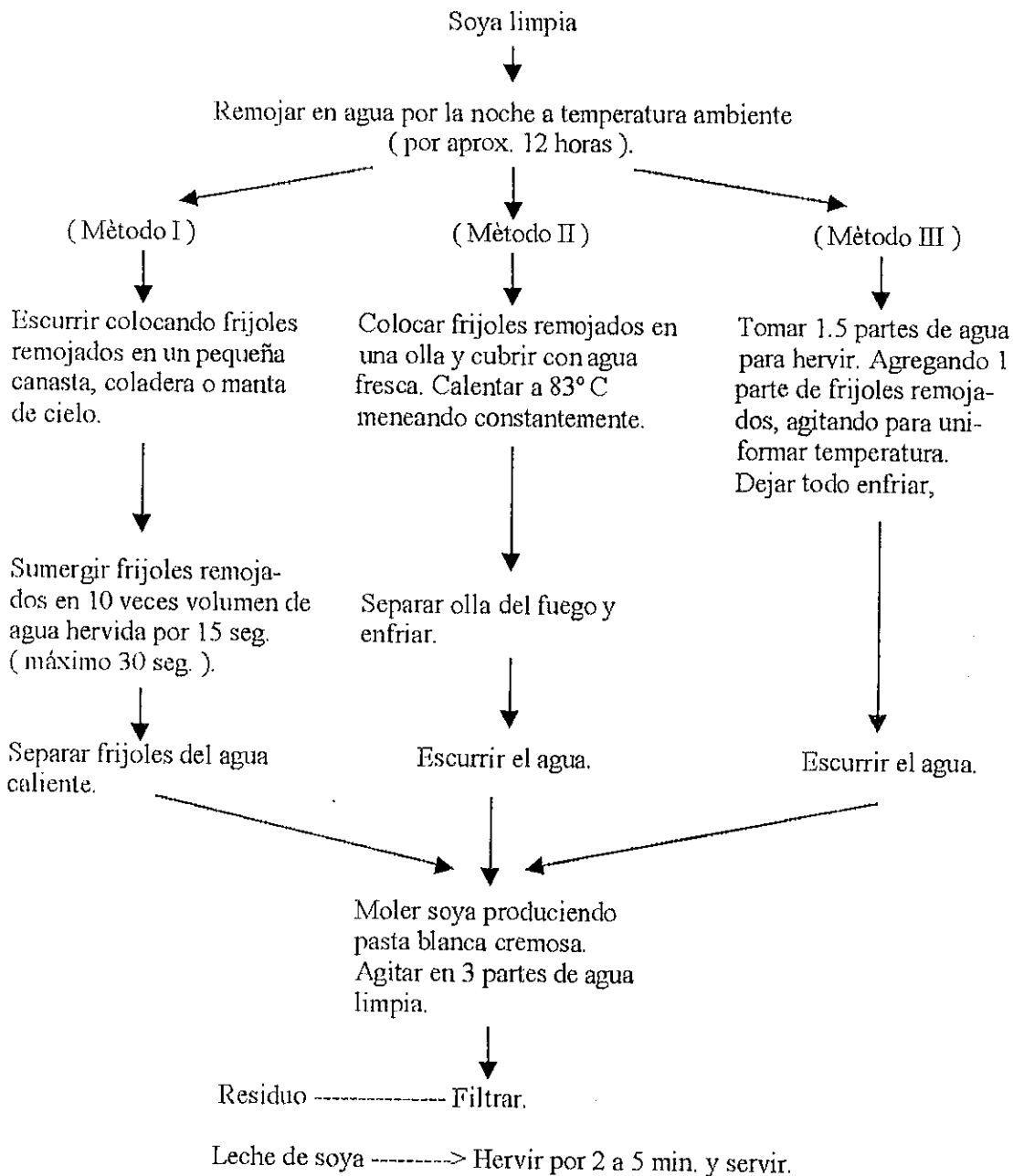


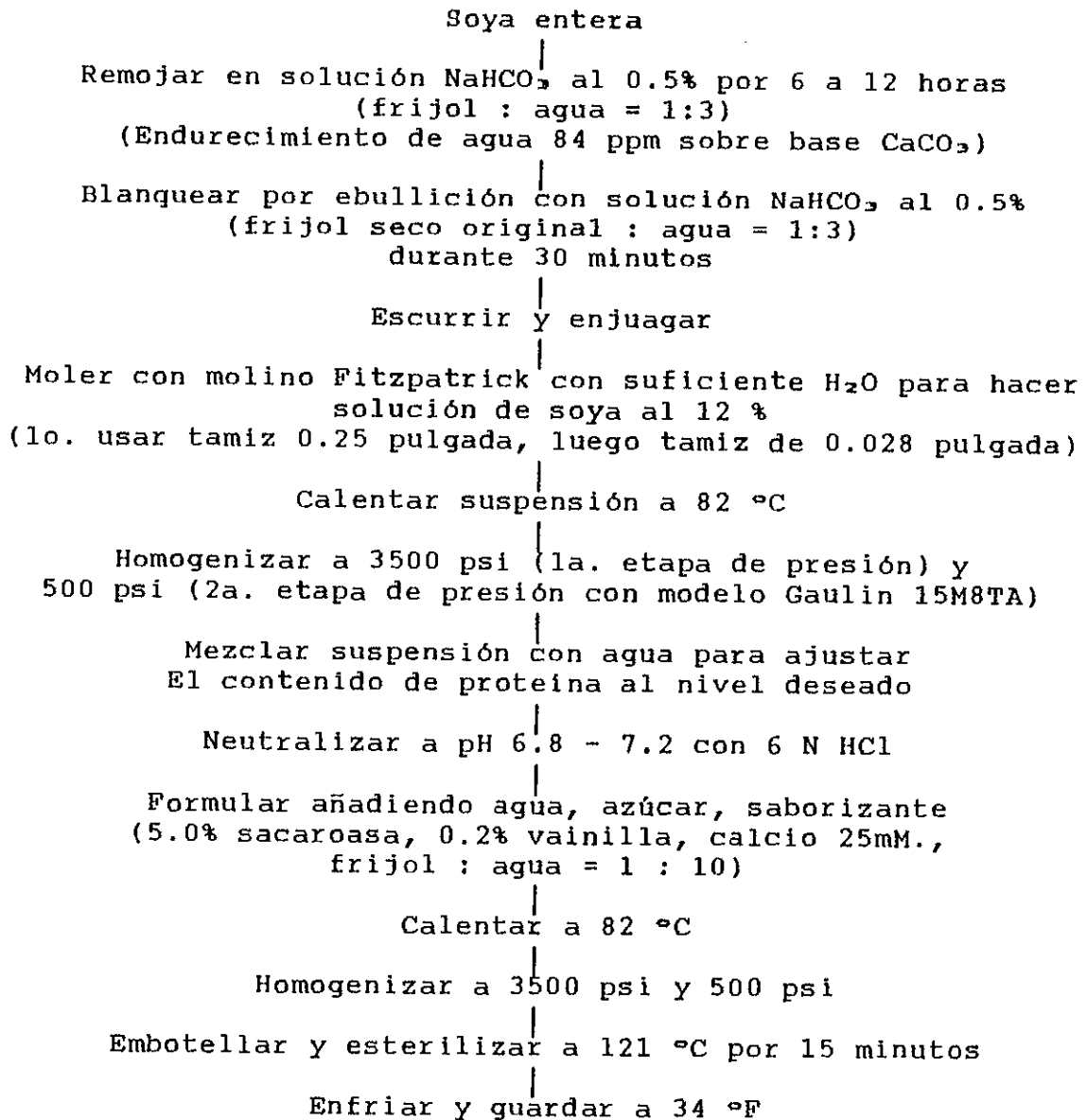
Figura 3. Método tradicional ( Método Kay de Nigeria ) (5)



Ventajas: a. equipo muy sencillo - poca inversión.  
b. inactiva la lipoxigenasa y elimina el sabor a frijol.  
c. elimina sabor amargo y los oligosacáridos ( factor de flatulencia ).

Desventajas: a. operación a muy baja escala.  
b. requiere mano de obra.

Figura 4. PROCESO DE SOYA ENTERA (METODO ILLINOIS)(4).



- Ventajas :
- a. rendimiento muy alto (89 % sólidos, 95 % proteínas)
  - b. eliminar oligosacáridos
  - c. elimina sabor a frijol mediante blanqueado

Desventajas : Necesita un homogenizador caro y poderoso para producir una emulsión suave y estable.

Figura 5.

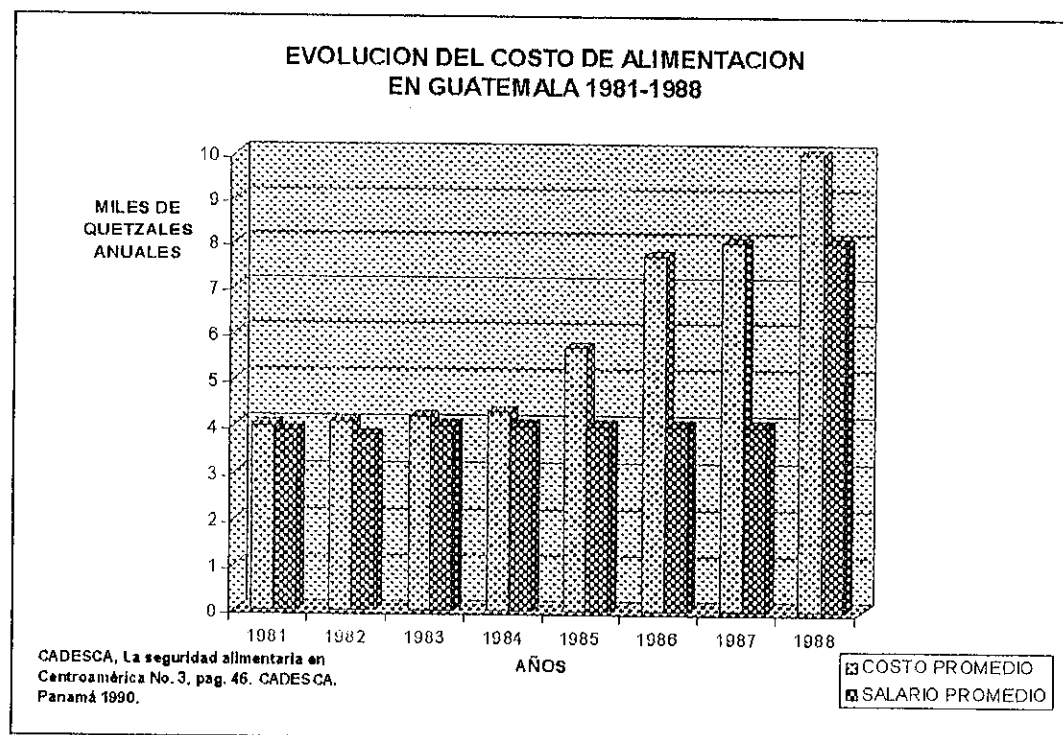
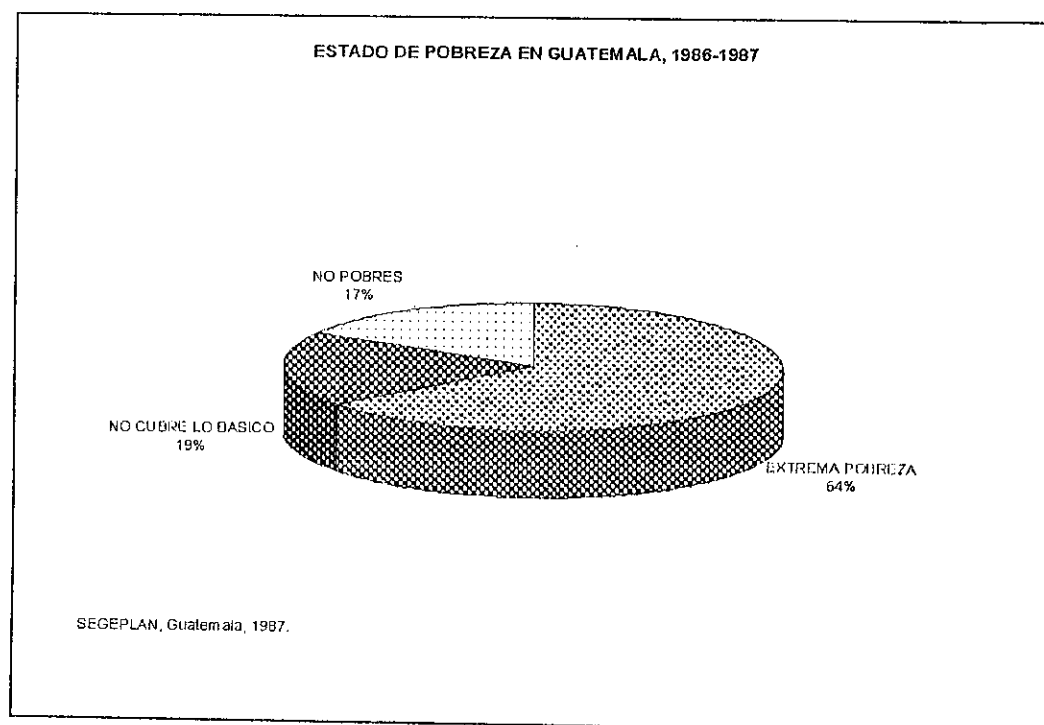


Figura 6.



**Figura 7.** Boleta para la prueba de preferencia, escala hedónica de 9 puntos.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

Observe y pruebe cada unas de las muestras de leche, yendo de izquierda a derecha, como aparece en la boleta. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra, haciendo una marca en la línea correspondiente a las palabras apropiadas en cada columna de código.

Código: _____	Código: _____	Código: _____
_____ Me gusta muchísimo	_____ Me gusta muchísimo	_____ Me gusta muchísimo
_____ Me gusta mucho	_____ Me gusta mucho	_____ Me gusta mucho
_____ Me gusta modera- damente	_____ Me gusta modera- damente	_____ Me gusta modera- damente
_____ Me gusta poco	_____ Me gusta poco	_____ Me gusta poco
_____ No me gusta ni me disgusta	_____ No me gusta ni me disgusta	_____ No me gusta ni me disgusta
-----Me disgusta muchísimo	-----Me disgusta muchísimo	-----Me disgusta muchísimo
-----Me disgusta modera- damente	-----Me disgusta modera- damente	-----Me disgusta modera- damente
-----Me disgusta mucho	-----Me disgusta mucho	-----Me disgusta mucho
-----Me disgusta muchísimo	-----Me disgusta muchísimo	-----Me disgusta muchísimo
Comentarios:	Comentarios:	Comentarios

APENDICE C

DIAGRAMAS

Diagrama 1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SEPARACION DE LA SEMILLA DE MORRO (4).

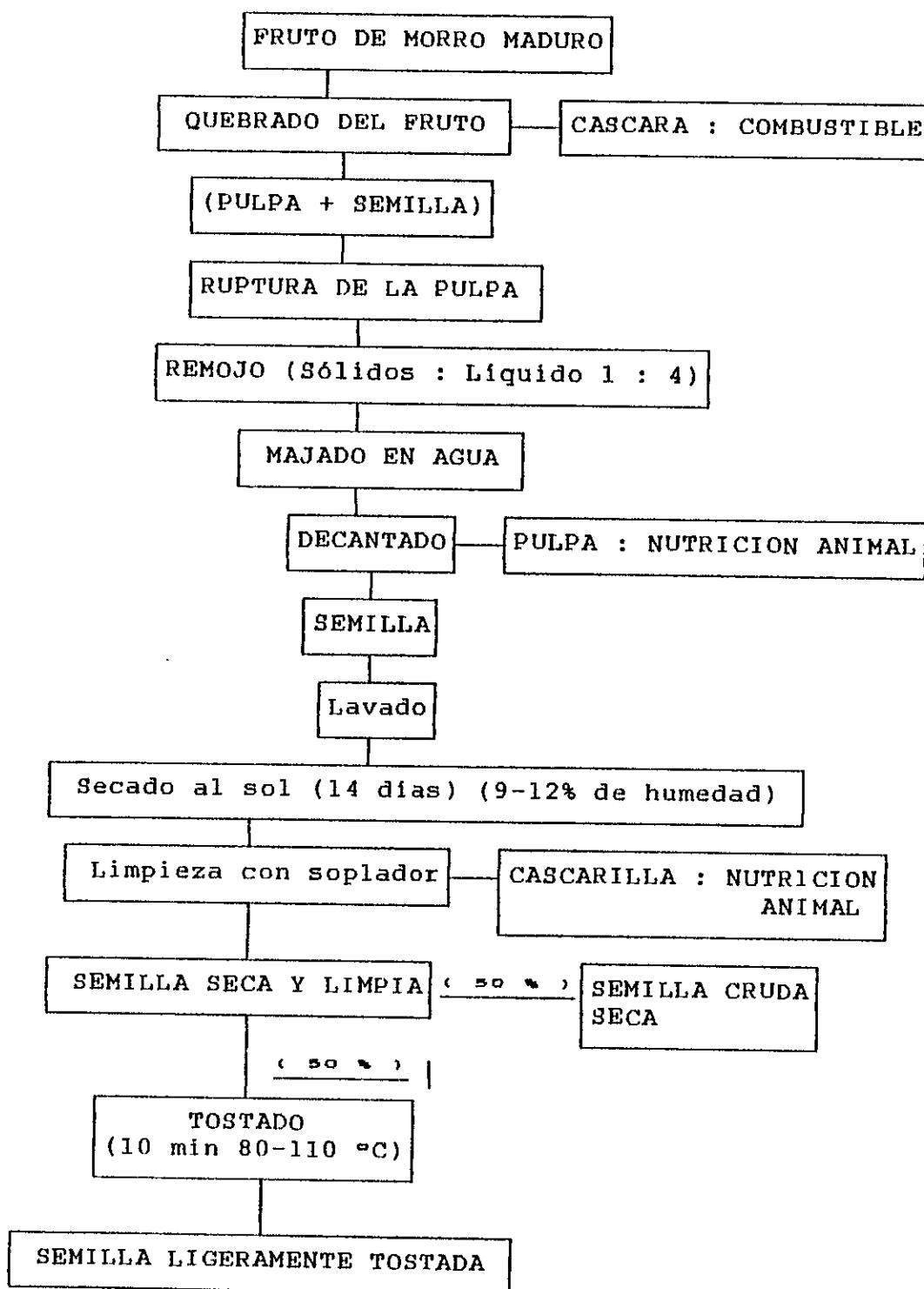
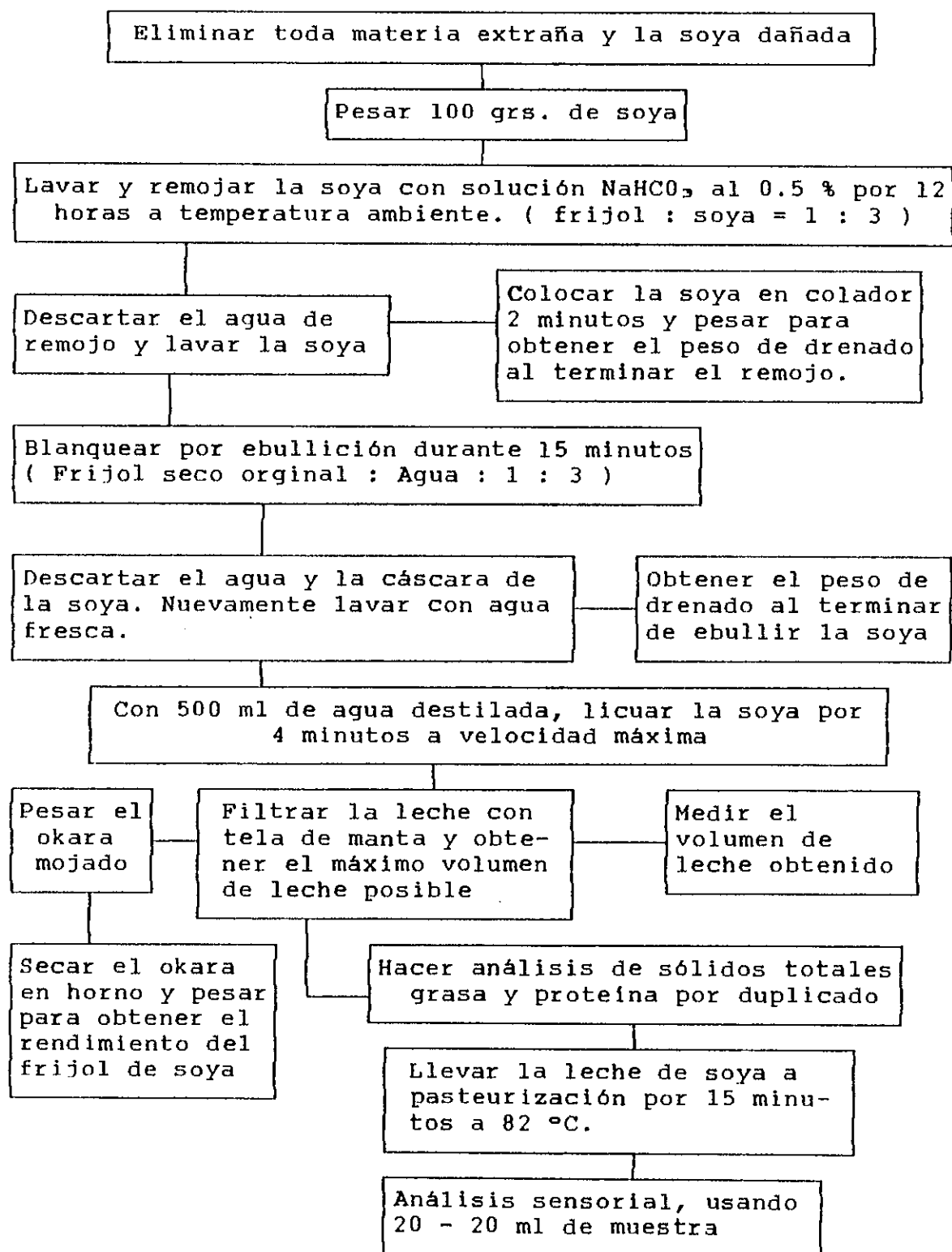


Diagrama 2. METODO ILLINOIS PARA LA PRODUCCION DE LECHE DE SOYA



APENDICE D

TABLAS Y GRAFICAS DE RESULTADOS

Resultados

Tabla 1

Balance de Materiales del fruto de Morro o Jícaro  
en base húmeda

<u>Fruto de Morro</u>	<u>Peso promedio (g)</u>	<u>Dis. Porcentual</u>
Entero con cáscara	302.21 ± 27.68	100.00
Entero sin cáscara (pulpa + semilla)	172.98 ± 16.06	57.24 ± 2.95
Cáscara	129.23 ± 13.56	42.76 ± 3.05
Pulpa *	102.67 ± 11.88	33.97 ± 1.66
Semilla	70.31 ± 3.44	23.26 ± 1.43

\* Obtenido por diferencia

Tabla 2

Composición Química Proximal de las Fracciones  
Anatómicas del Fruto de Morro  
(g % en base seca)

<u>Componente</u>	<u>Pulpa + Semilla</u>	<u>Pulpa</u>	<u>Semilla fresca</u>
HUMEDAD	68.71 ± 1.12	71.67 ± 0.69	41.66 ± 0.90
EXTRACTO ETereo	18.36 ± 0.82	4.55 ± 0.19	37.95 ± 1.43
PROTEINA (N*6.25)	18.62 ± 0.36	12.94 ± 0.33	26.41 ± 0.48
CENIZAS	6.85 ± 0.91	8.10 ± 0.56	4.56 ± 0.78

Tabla 3

Composición Química Proximal de la Semilla de Morro  
(g % en base seca)

Componente	Semilla secada al sol	Semilla ligeramente tostada
HUMEDAD DEL MATERIAL	8.47 ± 0.81	5.80 ± 0.37
EXTRACTO ETereo	34.85 ± 1.58	33.75 ± 1.21
PROTEINA (N*6.25)	25.69 ± 0.36	27.73 ± 0.43
CENIZAS	4.58 ± 0.22	4.93 ± 0.34

Tabla 4

Rendimiento de proteínas y aceite/manzana\*  
cultivada con árbol de Morro

	Pulpa + Semilla	Cáscara	Pulpa	Semilla
En base fresca **				
por árbol (750 frutos/año), kg**	129.74	96.91	77.00	52.74
por manzana (150 árboles/año), kg**	19461.00	14536.50	11550	7911.00
En base seca/manzana	6227.50	---	3696.02	2531.47
Aceite/manzana, kg	1139.63	---	186.19	960.69
proteína/manzana, kg	1158.31	---	489.75	668.56

\* Una manzana = 0.7 de hectáreas

\*\* La cantidad de frutos/árbol y el número de árboles/manzana es un dato obtenido de los agricultores centroamericanos que se dedican a este cultivo. Los datos restantes se obtuvieron por cálculo, basados en la distribución porcentual y en análisis químico proximal de las fracciones anatómicas del fruto.

Tabla 5

Análisis de la leche de Morro

Fuente de la leche	Extracción con agua (pH 7.3)		
	Semilla secada al sol		
muestra (g)	100 ± 0.05	100 ± 0.05	100 ± 0.05
t de remojo	12 h	6 h	4 h
t de licuado	4 min	6 min	10 min
Liq.:semilla	5:1	5:1	5:1
Peso del drenado (g)	187.72 ± 0.85	187.10 ± 0.70	178.36 ± 0.63
Peso del okara (g)	212.05 ± 0.13	227.40 ± 0.47	203.24 ± 2.57
Peso del okara seco (g)	78.32 ± 0.76	77.28 ± 0.89	76.81 ± 0.26
Volumen de leche (ml)	450 ± 4.56	430 ± 2.66	440 ± 5.37
Litros/Kg de sólidos	4.5-5.0	4.3-5.0	4.4-5.0
pH *	6.50	6.50	6.40
Sólidos totales (%)	4.66 ± 0.10	4.69 ± 0.03	4.98 ± 0.07
Grasa (%)	2.90 ± 0.10	2.84 ± 0.21	2.80 ± 0.15
Cenizas (%)	0.17 ± 0.01	0.24 ± 0.01	0.29 ± 0.01
Proteína (%)	1.08 ± 0.02	1.11 ± 0.04	1.28 ± 0.05
Rendimiento (%)	21.14 ± 0.61	20.68 ± 0.22	22.58 ± 0.56
Media del análisis sensorial	3.73	3.78	3.69

\* Estable por lo menos 15 días

Tabla 6

Análisis de la leche de Morro

Fuente de la leche	Semilla secada al sol		
	Extracción		
	Agua pH 7.3	Buffer pH 7.8	Buffer pH 8.5
muestra (g)	100 ± 0.05	100 ± 0.05	100 ± 0.05
t de remojo	4 h	4 h	4 h
t de licuado	10 min	10 min	10 min
Liq.:semilla	4:1	4:1	4:1
Peso del drenado (g)	174.30 ± 0.63	168.70 ± 0.59	176.32 ± 0.55
Peso del okara (g)	198.15 ± 1.49	178.29 ± 4.47	206.70 ± 3.91
Peso del okara seco (g)	77.32 ± 0.87	69.42 ± 0.43	64.20 ± 0.64
Volumen de leche (ml)	350 ± 5.75	350 ± 4.72	300 ± 5.56
Litros/Kg de sólidos	3.5-4.0	3.5-4.0	3.0-4.0
pH *	6.50	6.40	6.50
Sólidos totales (%)	5.88 ± 0.01	6.35 ± 0.03	8.70 ± 0.04
Grasa (%)	3.30 ± 0.15	3.40 ± 0.21	4.10 ± 0.15
Cenizas (%)	0.28 ± 0.02	0.37 ± 0.01	0.47 ± 0.01
Proteína (%)	1.56 ± 0.13	1.80 ± 0.02	3.12 ± 0.03
Rendimiento (%)	21.02 ± 0.05	24.25 ± 0.21	28.90 ± 0.22
Media del análisis sensorial	3.86	4.27	4.93

\* Estable por lo menos 15 días

Tabla 7

Análisis de la leche de Morro

Fuente de la leche	Semilla secada al sol	
	Extracción	
	Solución Salina 0.5 %	Sol. salina 0.5% y Buffer pH 8.5
muestra (g)	100 ± 0.05	100 ± 0.05
t de remojo	4 h	4 h
t de licuado	10 min	10 min
Liq.:semilla	4:1	4:1
Peso del drenado (g)	175.38 ± 2.35	173.29 ± 1.12
Peso del okara (g)	228.45 ± 6.86	190.80 ± 1.73
Peso del okara seco (g)	72.83 ± 2.63	68.78 ± 0.36
Volumen de leche (ml)	310 ± 4.55	320 ± 6.25
Litros/Kg de sólidos	3.1-4.0	3.2-4.0
pH *	6.40	6.50
Sólidos totales (%)	6.26 ± 0.01	9.85 ± 0.32
Grasa (%)	3.40 ± 0.18	4.43 ± 0.21
Cenizas (%)	0.34 ± 0.01	0.57 ± 0.01
Proteína (%)	1.84 ± 0.08	3.37 ± 0.02
Rendimiento (%)	21.04 ± 0.38	34.91 ± 0.69
Media del análisis sensorial	4.46	5.68

\* Estable por lo menos 15 días

Tabla 8

Análisis de la leche de Morro

Fuente de la leche	Extracción con agua (pH 7.3)		
	Semilla ligeramente tostada		
muestra (g)	100 ± 0.05	100 ± 0.05	100 ± 0.05
t de remojo	12 h	6 h	4 h
t de licuado	4 min	6 min	10 min
Liq.:semilla	5:1	5:1	5:1
Peso del drenado (g)	197.15 ± 0.73	196.80 ± 0.32	185.29 ± 0.88
Peso del okara (g)	283.62 ± 0.18	282.40 ± 0.91	260.84 ± 3.06
Peso del okara seco (g)	81.15 ± 0.58	80.23 ± 0.32	79.49 ± 0.82
Volumen de leche (ml)	400 ± 2.51	400 ± 3.74	410 ± 4.05
Litros/Kg de sólidos	4.0-5.0	4.0-5.0	4.1-5.0
pH *	6.10	6.10	6.10
Sólidos totales (%)	3.03 ± 0.05	3.33 ± 0.06	3.41 ± 0.03
Grasa (%)	1.63 ± 0.15	1.65 ± 0.09	1.70 ± 0.10
Cenizas (%)	0.05 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.16 ± 0.01
Proteína (%)	0.82 ± 0.06	0.83 ± 0.02	0.86 ± 0.01
Rendimiento (%)	12.99 ± 0.47	14.23 ± 0.49	14.64 ± 0.49
Media del análisis sensorial	2.51	2.56	2.58

\* Estable por lo menos 15 días

Tabla 9

Análisis de la leche de Morro

Fuente de la leche	Semilla ligeramente tostada		
	Extracción		
	Agua pH 7.3	Buffer pH 7.8	Buffer pH 8.5
muestra (g)	100 ± 0.05	100 ± 0.05	100 ± 0.05
t de remojo	4 h	4 h	4 h
t de licuado	10 min	10 min	10 min
Liq.:semilla	4:1	4:1	4:1
Peso del drenado (g)	175.20 ± 0.28	173.09 ± 0.34	166.28 ± 1.75
Peso del okara (g)	286.65 ± 2.80	239.90 ± 3.54	222.70 ± 3.91
Peso del okara seco (g)	87.37 ± 0.87	81.33 ± 0.22	78.54 ± 0.52
Volumen de leche (ml)	250 ± 3.13	310 ± 6.43	310 ± 4.26
Litros/Kg de sólidos	2.5-4.0	3.1-4.0	3.1-4.0
pH *	6.20	6.10	6.50
Sólidos totales (%)	3.65 ± 0.03	3.15 ± 0.05	3.92 ± 0.04
Grasa (%)	1.70 ± 0.01	1.60 ± 0.08	1.78 ± 0.16
Cenizas (%)	0.26 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.29 ± 0.01
Proteína (%)	0.88 ± 0.01	0.86 ± 0.02	0.92 ± 0.06
Rendimiento (%)	9.46 ± 0.36	10.78 ± 0.42	18.15 ± 0.32
Media del análisis sensorial	2.53	3.03	3.57

\* Estable por lo menos 15 días

Tabla 10

Análisis de la leche de Morro

Fuente de la leche	Semilla ligeramente tostada	
	Extracción	
	Solución Salina 0.5 %	Sol. salina 0.5% y Buffer pH 8.5
muestra (g)	100 ± 0.05	100 ± 0.05
t de remojo	4 h	4 h
t de licuado	10 min	10 min
Liq.:semilla	4:1	4:1
Peso del drenado (g)	166.57 ± 2.78	168.43 ± 1.75
Peso del okara (g)	244.47 ± 7.48	226.81 ± 4.23
Peso del okara seco (g)	79.01 ± 0.87	72.59 ± 2.53
Volumen de leche (ml)	350 ± 5.15	370 ± 3.18
Litros/Kg de sólidos	3.0-4.0	3.1-4.0
pH *	6.20	6.50
Sólidos totales (%)	3.92 ± 0.01	4.99 ± 0.05
Grasa (%)	1.70 ± 0.12	1.87 ± 0.14
Cenizas (%)	0.29 ± 0.01	0.31 ± 0.01
Proteína (%)	0.94 ± 0.02	1.48 ± 0.25
Rendimiento (%)	18.04 ± 0.47	19.63 ± 0.46
Media del análisis sensorial	3.53	4.26

\* Estable por lo menos 15 días

Tabla 11

Análisis de la leche de Morro

Fuente de la leche	Extracción con Agua (pH 7.3)		
	Semilla secada al sol	Semilla fresca	Semilla ligeramente tostada
muestra (g)	100 ± 0.05	100 ± 0.05	100 ± 0.05
t de remojo	4 h	4 h	4 h
t de licuado	10 min	10 min	10 min
Liq.:semilla	4:1	4:1	4:1
Peso del drenado (g)	174.30 ± 0.63	177.10 ± 0.41	175.20 ± 0.28
Peso del okara (g)	198.15 ± 1.49	207.40 ± 4.64	286.65 ± 2.80
Peso del okara seco (g)	77.32 ± 0.87	81.49 ± 0.64	87.37 ± 0.87
Volumen de leche (ml)	350 ± 5.75	340 ± 4.56	250 ± 3.13
Litros/Kg de sólidos	3.5-4.0	3.4-4.0	2.5-4.0
pH *	6.50	6.10	6.50
Sólidos totales (%)	5.88 ± 0.01	4.85 ± 0.02	3.65 ± 0.03
Grasa (%)	3.30 ± 0.15	2.63 ± 0.01	1.70 ± 0.01
Cenizas (%)	0.28 ± 0.02	0.30 ± 0.01	0.26 ± 0.01
Proteína (%)	1.56 ± 0.13	1.21 ± 0.05	0.88 ± 0.01
Rendimiento (%)	21.02 ± 0.05	16.83 ± 0.24	9.46 ± 0.36

\* Estable por lo menos 15 días

Tabla 12

Composición Química Proximal del Okara\*  
(g % en base seca)

Componente	Semilla secada al sol	Semilla ligeramente tostada
HUMEDAD DEL MATERIAL	3.12 ± 0.63	2.95 ± 0.58
EXTRACTO ETereo	21.43 ± 0.46	25.31 ± 0.32
PROTEINA (N*6.25)	19.72 ± 0.19	23.25 ± 0.67
CENIZAS	4.08 ± 0.24	4.84 ± 0.02

\* Okara de la extracción con sol. salina 0.5% y buffer pH 8.5

Tabla 13

Prueba Sensorial, Escala Hedónica de 9 puntos

Prueba con leche de soya

Número de panelistas: 13

Media de la leche de soya: 3.76

Media de la leche de semilla ligeramente tostada: 4.26

Media de la leche de semilla secada al sol: 5.89

Resultado de la prueba de Duncan: La leche de semilla secada al sol es significativamente más aceptada que las otras muestras, y la variedad de semilla ligeramente tostada no fue significativamente más aceptada que la de soya.

\* Muestras de la extracción con sol. salina 0.5% y buffer pH 8.5

Tabla 14

Prueba Sensorial, Escala Hedónica de 9 puntosPrueba con leche de vaca

Número de panelistas: 13  
 Media de la leche de vaca: 7.7  
 Media de la leche de semilla secada al sol: 5.7  
 Media de la leche de semilla ligeramente tostada: 4.6

Resultado de la prueba de Duncan: La leche de vaca es significativamente más aceptada que las otras muestras y la variedad de semilla secada al sol fue significativamente más aceptada que la de semilla ligeramente tostada. La leche de semilla ligeramente tostada fue la menos aceptable.

Tabla 15

Análisis de Costos de producción

## 1) Leche de Vaca:

1 paquete de 130 grs. rinde un litro	Q. 4.50
1 litro de leche fluida	Q. 2.25

## 2) Leche de soya:

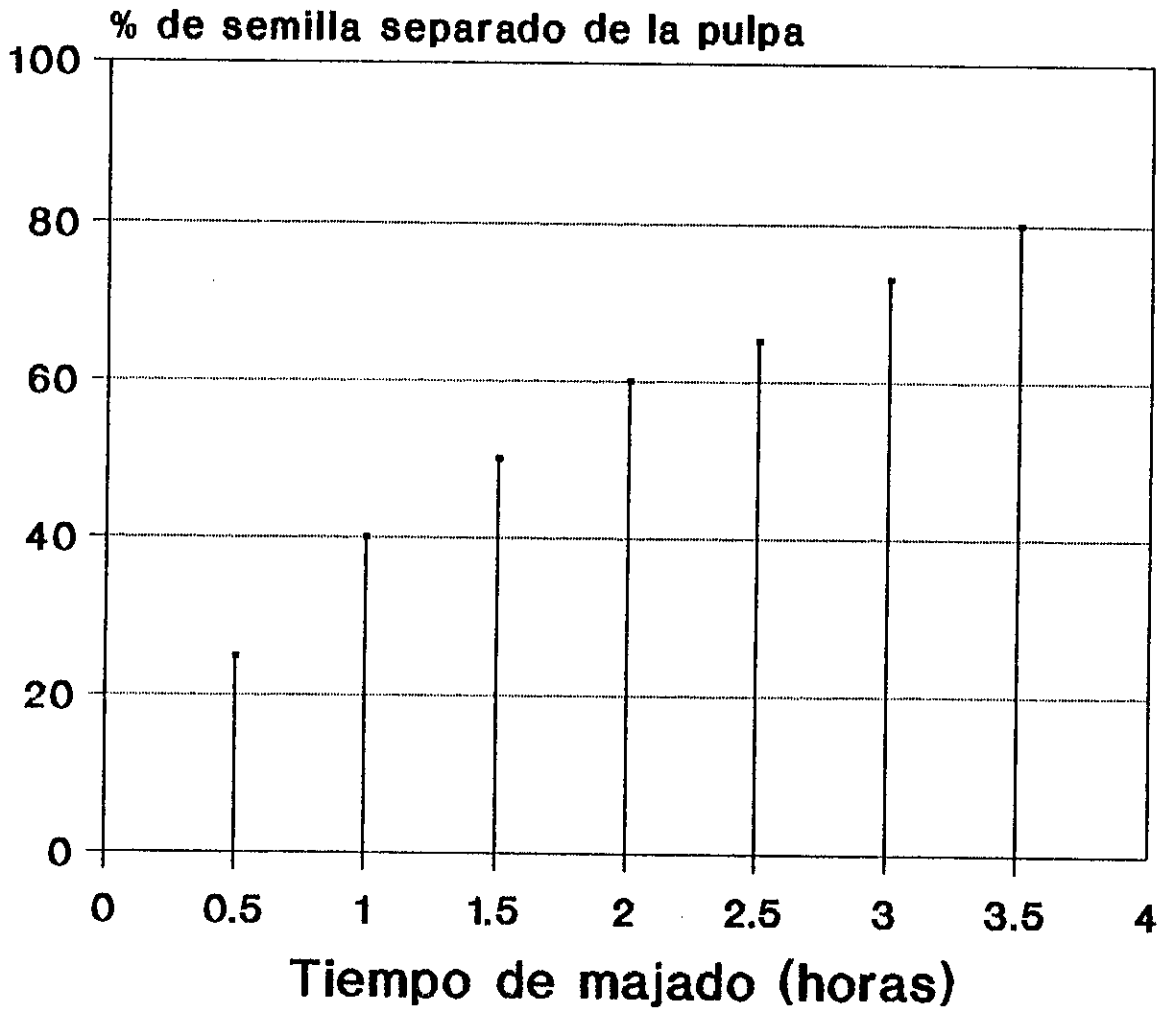
Soya	= Q. 0.75/lb	333.33 g	= Q. 0.5511
NaHCO <sub>3</sub>	= Q. 1.14/lb	5.00 g	= Q. 0.0126
Tela de manta	= Q. 3.50/yd	1/16 yd	= Q. 0.2188
Electricidad	= Q. 0.55/kwh	0.5 h	= Q. 0.2750
Agua	= Q. 1.50/m <sup>3</sup>	6.0 lt	= Q. 0.0090
Mano de Obra			Q. 0.1066
Total/lt .....			Q. 1.1731

## 3) Leche de morro:

Semilla	= Q. 0.72/lb	250.00 g	= Q. 0.3913
Tela de manta	= Q. 3.50/yd	1/16 yd	= Q. 0.2188
Electricidad	= Q. 0.55/kwh	0.5 h	= Q. 0.2750
Agua	= Q. 1.50/m <sup>3</sup>	6.0 lt	= Q. 0.0135
Sal	= Q. 0.40/lb	1.0 g	= Q. 0.0090
Buffer	= Q. 0.19/lt	0.20 lt	= Q. 0.0380
			Q. 0.0898
Total/lt .....			Q. 1.0354

# GRAFICA 1

## Efecto del Majado del fruto de Morro sobre el porcentaje de semilla

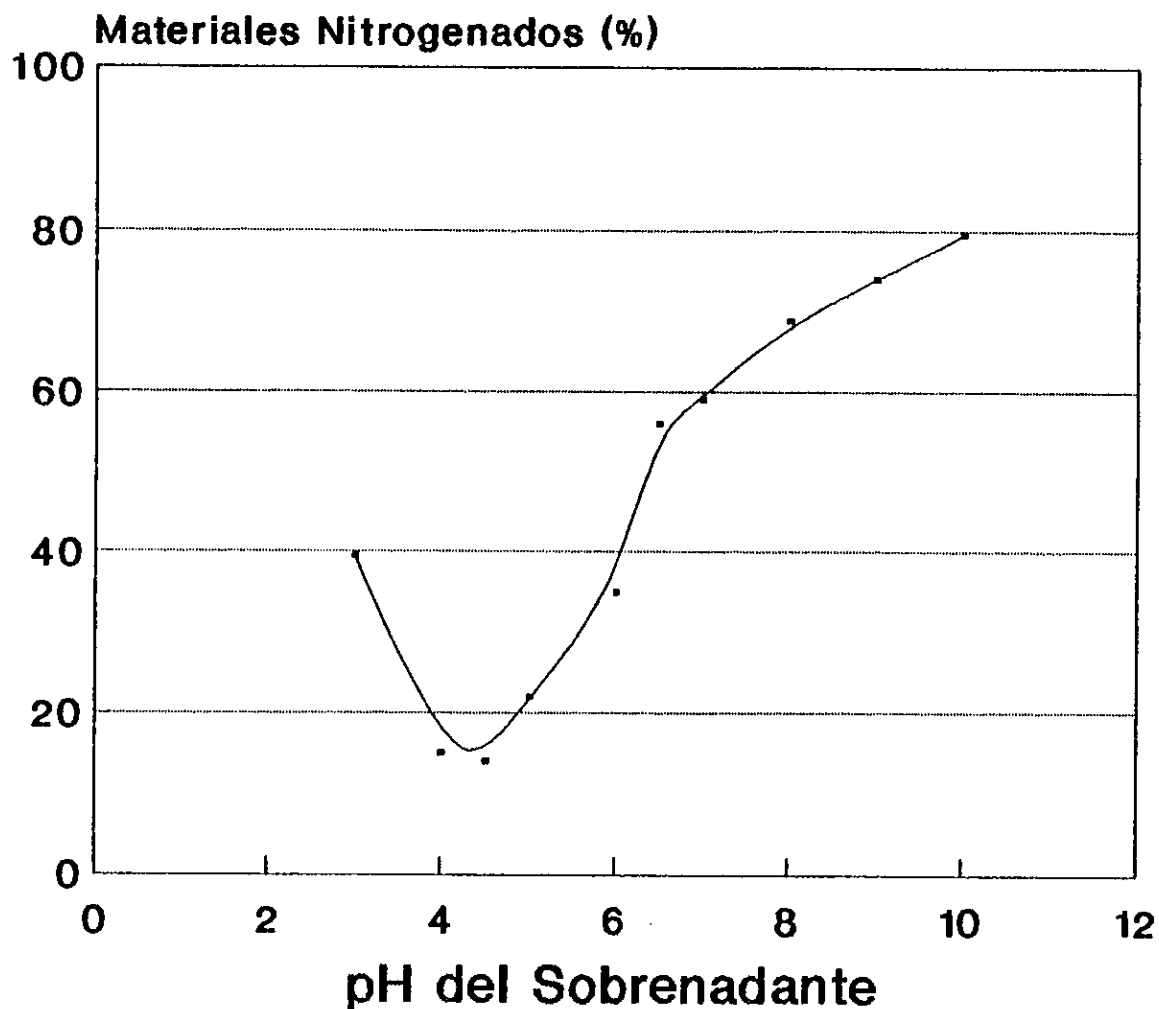


— Series 1

rendimiento en base a la recuperación  
de semilla como función del tiempo de  
majado a mano de la pulpa.

## GRAFICA 2

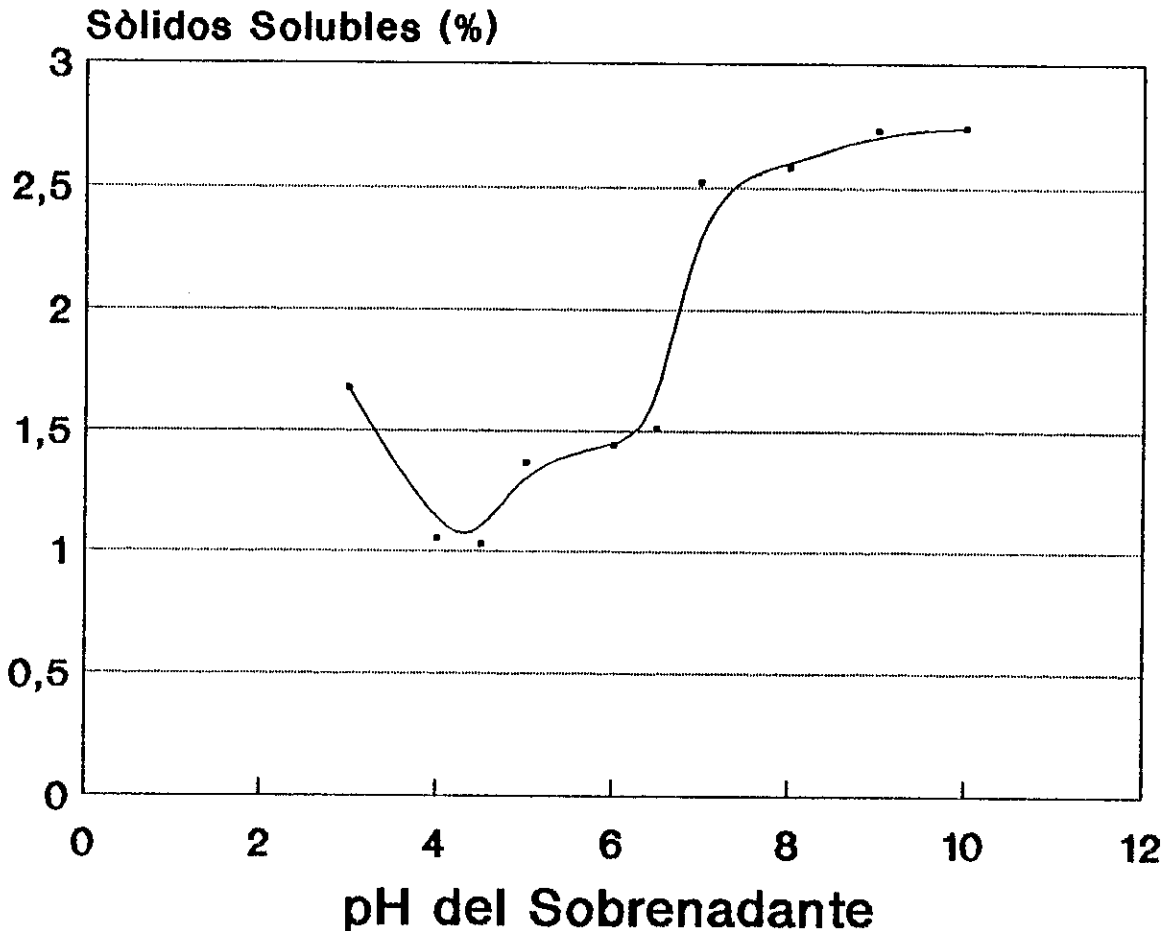
### Solubilidad de la Proteína de la leche de Morro de Morro



Capacidad de extracción de las proteínas de la leche de morro, sin desnaturalizar como función del pH.

# GRAFICA 3

## Variación de los Sólidos Solubles de la Leche de Morro



solidos

—●— Series 1

Sólidos solubles en función del pH  
para la extracción con sol. Salina 0.5%  
y Buffer 8.5.