



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTROAMERICA Y PANAMA



**TECNOLOGIA PARA LA SEPARACION DE SEMILLAS Y EVALUACION
QUIMICA-NUTRICIONAL DEL FRUTO DE MORRO
(Crescentia alata)**

Tesis elaborada por
Irma Contreras Mercado
Previo a optar al grado de

MAESTRO
(Magister Scientifcae)

**CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN NUTRICION Y
CIENCIAS DE ALIMENTOS (CESNA)**

Curso de postgrado en Ciencias y
Tecnología de Alimentos

Guatemala, Diciembre de 1975

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTROAMERICA Y PANAMA

TECNOLOGIA PARA LA SEPARACION DE SEMILLAS Y EVALUACION
QUIMICA-NUTRICIONAL DEL FRUTO DE MORRO
(*Crescentia alata*)

Tesis elaborada por
Irma Contreras Mercado

Previo a optar al grado de

MAESTRO
(*Magister Scientifcae*)

CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN NUTRICION Y
CIENCIAS DE ALIMENTOS (CESNA)

Curso de postgrado en Ciencias y
Tecnología de Alimentos

Guatemala, Diciembre de 1975

COMITÉ INTERINSTITUCIONAL DEL CESNA

Director del CESNA - Dr. Luis Octavio Angel

Decano de la Facultad de Ciencias Médicas - Dr. Carlos Armando Soto

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia - Lic. Leonel Carrillo

Decano de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Dr. Víctor Manuel Orellana

Director de la Escuela de Nutrición - Dra. Susana J. Icaza

Director del Curso de Postgrado en Salud Pública con Énfasis en Nutrición Maternoinfantil - Dr. Luis Octavio Angel

Director del Curso de Postgrado en Bioquímica y Nutrición Humana - Dr. Oscar Pineda

Director del Curso de Postgrado en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal - Dr. J. Edgar Braham

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y
FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano.	Lic. Leonel Carrillo
Vocal 1o.	Lic. Mario Dary
Vocal 2o.	Lic. Adolfo León Gross
Vocal 3o.	Lic. S. Javier Castellanos
Vocal 4o.	Br. Sergio Ortíz
Vocal 5o.	Br. Jorge A. Carlos
Secretario	Lic. Carlos Augusto Posadas V.

COMITE DE TESIS

Dr. Roberto Gómez Brenes

Dr. Luiz G. Elías

Dr. Mario R. Molina

Dr. Ricardo Bressani

Ing. Roberto Jarquín

Dr. J. Edgar Braham

Dr. Miguel Guzmán

DEDICO ESTA TESIS

AL INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA
(INCAP).

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA.

À MI PATRIA, DESEANDO QUE EL EMPEÑO Y EL ESFUERZO DEDI-
CADO EN EL PRESENTE TRABAJO SEA UNA ESPERANZA EN EL FU-
TURO DEL PUEBLO NICARAGUENSE.

A MIS PROFESORES.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

DEDICO ESTE ACTO

A LA MEMORIA DE MI QUERIDA
MADRE.

A TODAS LAS PERSONAS QUERIDAS
QUE FORMAN PARTE DE MI SER.

A ELLOS CON TODO CARIÑO.

RECONOCIMIENTOS.

Al Dr. J. Edgar Braham, por la orientación y el estímulo ofrecido durante estos dos años de estudios.

Mis más sincero agradecimiento al Dr. Roberto Gómez Brenes, por su va liosa colaboración y entusiasmo brindado, a lo largo de la elaboración de este trabajo.

A los Dres. Ricardo Bressani, Luiz G. Elías y Miguel Guzmán, por la ayuda prestada en la realización del presente estudio.

A todo el personal técnico y administrativo de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, por su desinteresada colaboración.

A la Research Corporation de New York.

CONTENIDO

I. INTRODUCCION

II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

- 1).- Descripción botánica del árbol y del fruto de morro o júcaro.
- 2).- Características químicas y nutricionales del morro o júcaro.
(*Crescentia alata*) consideradas como posible suplemento, en el desarrollo de raciones para alimentación animal.
- 3).- Materias primas utilizadas en raciones para alimentación animal.
 - a) Harina de semilla de algodón en monogástricos.
 - b) Torta de semilla de ajonjolí (Sesamun indicum)
 - c) Ajonjolí + algodón en raciones de pollos y cerdos.
 - d) Granillo de trigo.
 - e) Semilla de conacaste. (Enterolobium Cyclocarpum)
 - f) Soya
 - g) Fuentes de carbohidratos en las raciones: Maíz, olote molido y melaza.
- 4).- Ensilaje como método de conservación.
- 5).- Deshidratación.

- 6). - Métodos y equipo de secado.
- 7). - Cambios químicos en la deshidratación.
- 8). - Digestibilidad y valor biológico en alimentos deshidratados.
- 9). - Uso de enzimas en procesamientos industriales.
 - a) Uso de enzimas pécticas.
 - b) Uso de la enzima macerozima sa.
 - c) Uso de la enzima celulasa.

III. PROPOSITO Y RELEVANCIA DEL ESTUDIO

IV. MATERIALES Y METODOS.

V. RESULTADOS.

VI. DISCUSION.

VII. RESUMEN.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

IX. APENDICES.

LISTA DE CUADROS

CUADRO	1	BALANCE DE MATERIALES DEL FRUTO DE MORRO O JICARO
CUADRO	2	RESULTADOS DEL CONTROL DEL ENSILAJE DEL FRUTO DE MORRO FRESCO
CUADRO	3	COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL Y DE CIERTOS MINERALES DEL MORRO FRESCO Y PROCESADO g/100 g
CUADRO	4	CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN LAS DIFERENTES HARINAS DE MORRO ENTERO (PULPA + SEMILLA) Y SU COMPARACION CON EL PATRON DE REFERENCIA DE LA FAO
CUADRO	5	RACIONES USADAS EN LA EVALUACION BIOLOGICA CON RATAS DE LAS HARINAS DE MORRO SECO AL SOL, EN HORNO Y ENSILADO
CUADRO	6	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS BILOGICOS CON RATAS EN CRECIMIENTO ALIMENTADAS CON HARINA DE MORRO CON Y SIN SUPLEMENTO DE AMINOACIDOS
CUADRO	7	COMPOSICION DE LAS RACIONES UTILIZADAS EN ENSAYOS BIOLOGICOS CON POLLOS, SUSTITUYENDO LA PROTEINA DE LA HARINA DE SOYA POR PROTEINA DE MORRO EN RAZON DE 20, 40 y 60 %
CUADRO	8	RESULTADOS DE GANANCIA EN PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, EFICIENCIA DE ALIMENTACION Y MORTALIDAD DE POLLOS EN CRECIMIENTO ALIMENTADOS CON RACIONES DONDE LA PROTEINA DE SOYA SE SUSTITUYO POR 20, 40 y 60 % DE PROTEINA DE MORRO

LISTA DE ILUSTRACIONES

GRAFICA	1	COMPORTAMIENTO DE LOS CARBOHIDRATOS <u>LI</u> BRES TOTALES Y DEL NITROGENO EN LOS <u>LI</u> - QUIDOS DRENADOS DURANTE EL ENSILAJE
GRAFICA	2	CURVAS DE DESHIDRATACION DEL FRUTO DE MORRO
GRAFICA	3	EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES ENZIMATICAS SOBRE LA SEPARACION DE SE- MILLAS DEL FRUTO DE MORRO
GRAFICA	4	EFECTO DEL TIEMPO DE MACERACION CON DI- FERENTES ENZIMAS SOBRE LA SEPARACION DE SEMILLAS DEL FRUTO DE MORRO
GRAFICA	5	EFECTO DEL TIEMPO DE MACERACION DEL FRU <u>U</u> TO DE MORRO CON CELULASA O AGUA SOBRE EL PORCENTAJE DE RECUPERACION DE SEMILLA CON EL PULPERO.
DIAGRAMA	1	DIAGRAMA DEL FLUJO PARA LA SEPARACION DE LA SEMILLA
FIGURA	1	UTILIZACION DEL JICARO.

I. INTRODUCCION.

Uno de los problemas primordiales con que se enfrentan las poblaciones de los países en vías de desarrollo es la disponibilidad insuficiente de alimentos de origen animal. Es lógico suponer que si un país desea progresar o mantener un nivel constante de desarrollo, debe satisfacer adecuadamente la necesidad primordial de obtener alimentos en la cantidad y de la calidad requeridas.

La escasez de proteína de origen animal para la alimentación humana que enfrentan especialmente varios países latinoamericanos se debe, en parte, a que la producción animal no está lo suficientemente desarrollada para abastecer las necesidades de sus pobladores y satisfacer las demandas de exportación. Los principales factores responsables de ello son la falta de raciones adecuadas, y los métodos poco eficientes que se emplean en la crianza de animales tanto a nivel casero como en las explotaciones industriales.

La necesidad de disponer de raciones económicas y balanceadas para fomentar la industria avícola, porcina e iniciar la cunicultura, se hace cada vez más imperativa, constituyendo un factor limitante la carencia de fuentes de proteína de origen vegetal y animal apropiadas para estos fines.

Uno de los recursos naturales y fuente potencial de nutrientes de origen vegetal disponible en el sector centroamericano que aún no ha sido explotada industrialmente, es el morro o jícara (*Crescentia alata*). La semilla o almendra de este fruto ha constituido por mucho tiempo en Nicaragua y en otros países centroamericanos una fuente de alimento en forma de refrescos, proporcionando proteína y energía al consumidor humano.

Además, ha podido observarse que en los lugares donde crece el árbol en forma silvestre, el ganado vacuno consume el fruto voluntariamente.

Estudios químicos y nutricionales de la semilla de morro realizados en el INCAP (27), informan que es una fuente potencial de proteína y aceite carente de toxicidad, cuya harina posee características físicas y organolépticas aceptables en la preparación de alimentos de alto valor nutritivo para consumo humano.

La razón por la cual la semilla de morro no se utiliza industrialmente como fuente de proteína o aceite, se debe a que este no es un cultivo comercializado y que puede llegar a serlo si la tecnología y la demanda mejoran, y a los métodos rudimentarios que se utilizan para separarla del fruto. Este proceso consiste en colocar los frutos sin cáscara en un recipiente con agujeros, sumergirlo todo en agua y presionarlo con la mano hasta obtener las semillas liberadas de la pulpa. Este proceso es lento y muy costoso, siendo el factor responsable de la baja disponibilidad y alto costo de la semilla en el mercado.

Basado en los resultados obtenidos con la semilla de morro, y dado que el fruto completo (pulpa + semilla) no ha sido evaluado química y biológicamente, se consideró de interés realizar el presente trabajo no sólo con el fin de encontrar técnicas adecuadas que faciliten la separación industrial de la semilla y de la pulpa, también para estudiar la posible utilización tanto del fruto completo (pulpa + semilla) como de la pulpa sola, en el campo de nutrición animal, ya que hasta la fecha este material tiene poco valor comercial.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

1. Descripción botánica del árbol y del fruto de morro o jícaro.

El morro o jícaro (Crescentia alata), de la familia de las Bignoniáceas, es un árbol leñoso que crece en zonas cálidas, principalmente en terrenos húmedos y arenosos. Su fruto es esférico, con un diámetro que varía entre 6 y 12 centímetros, y está protegido por una cubierta dura e impermeable que forma una cápsula. La producción anual de frutos por árbol, oscila entre 500 y 1000. Existe otra variedad de morro o jícaro (Crescentia cujete), muy común; es un árbol de tamaño mediano o grande, con frutos globosos cuyo diámetro varía entre 16 y 20 centímetros (14-17). Este fruto posee muy poca cantidad de semillas por lo que se prefiere al anteriormente descrito. Las semillas son planas y tienen forma de corazón; su diámetro es de 6 a 8 mm y un espesor de aproximadamente

2 mm. Las semillas tienen un peso promedio de 39 mg y se encuentran en el interior del fruto, aprisionadas por una malla fibrosa que constituye la pulpa, y de la cual pueden liberarse al ser lavadas con abundante agua, para después secarlas al sol (27).

2. Características químicas y nutricionales del morro o júcaro (Crescentia alata), consideradas como posible suplemento, en el desarrollo de raciones para alimentación animal.

Gómez Brenes y Bressani (27), informan resultados de estudios realizados sobre la composición química de la semilla de morro o júcaro, así como del contenido de aminoácidos esenciales y valor proteínico de harinas preparadas con la semilla, después de extraer el aceite con hexano. La fracción principal de harina acusó un contenido aproximado de 54o/o de proteína, con un rendimiento de 57%. El análisis de esta harina para establecer su contenido de aminoácidos esenciales, indicó que su proteína al ser comparada con la proteína del huevo es deficiente en lisina y metionina; sin embargo, su contenido de triptofano resultó ser relativamente alto, lo que sitúa a este producto como una fuente potencial de este aminoácido. Los resultados de pruebas biológicas efectuadas con esta harina en ratas confirmaron la deficiencia en lisina, sugiriendo, asimismo, que la metionina no constituye un aminoácido limitante. (27)

Los resultados de estudios realizados en el Departamento de Investigaciones Tecnológicas del Banco Central de Nicaragua en frutos de mo-

rro recolectados en estado verde y maduro en diferentes plantaciones del país, señalan que la composición química proximal de la semilla y de la pulpa es muy similar a los informados anteriormente, y no difieren mucho entre localidades de la misma zona (17).

3. Materias primas utilizadas en raciones para alimentación animal.

a) Harina de semilla de algodón en monogástricos.

El área de la América Central depende de una sola fuente estable de proteína para la elaboración de raciones para animales: la harina de la semilla de algodón. Sin embargo, su uso en la alimentación de animales monogástricos está condicionada por la cantidad de gossipol que ella contiene (6, 7).

Estudios realizados por Aguirre de Aguilar (2), sobre el efecto de niveles altos de gossipol en pollas en proceso de crecimiento, demostraron que todos los animales que consumieron raciones conteniendo 25 y 50% de harina de algodón, presentaron parálisis en las extremidades inferiores. El promedio de mortalidad fue de 14% en los grupos alimentados con 25% de harina de semilla de algodón y del 75% en aquellos cuyas raciones contenían 50% de la misma harina.

Estudios en cerdos con raciones que contenían 42% de harina de algodón suplementadas con calcio y hierro, demostraron el efecto benéfico de estos minerales en contrarrestar el efecto tóxico del gossipol (34).

b) Torta de semilla de ajonjolí. (Sesamun indicum)

Otra fuente proteica utilizada en la elaboración de raciones para animales de crianza es la torta de semilla de ajonjolí; sin embargo, el ajonjolí presenta el inconveniente de la inestabilidad de su mercado en algunos lugares, a causa de que únicamente se encuentra disponible durante pocos meses del año, lo que lógicamente limita su uso en la preparación de raciones (7). Además, presenta cierta deficiencia nutricional, específicamente del aminoácido lisina, aunque sí puede usarse en raciones cuando esta deficiencia se corrige mediante la adición de productos ricos en este aminoácido, como son la harina de sangre de bovino y el trigo sarraceno (10). Es de interés también indicar que la semilla de ajonjolí constituye una buena fuente de metionina, aminoácido éste que es deficiente en la mayoría de las oleaginosas.

c) Ajonjoli + algodón en raciones de pollos y cerdos.

Buenos resultados se han encontrado en pollos por Squibb y col. citados por Braham y col (7) usando raciones simplificadas a base de torta de semilla de ajonjolí. Estudios realizados con cerdos (7), mostraron la posibilidad de sustituir hasta un 15% de la torta de semilla de ajonjolí por la torta de semilla de algodón, ya que la inclusión de esta última a niveles de 20% tiene efectos tóxicos en los animales de prueba, caracterizados por diarrea, anorexia y alteraciones cutáneas.

Trabajos realizados por Bressani y col. (10), en aves de corral mostraron que raciones a base de harina de algodón, o una mezcla con partes iguales de harina de algodón y harina de torta de ajonjolí, producían un mejor índice de conversión del alimento.

d) Granillo de trigo.

Entre los diversos subproductos industriales, el granillo de trigo ofrece buenas perspectivas dadas sus características químicas y nutricionales. Estudios realizados (22, 23) en dos tipos de granillo de trigo (blanco y oscuro) revelan que ambos contienen una cantidad razonable de proteína, que desde el punto de vista práctico representa una ventaja para utilizarlos en la elaboración de productos alimenticios para animales y, posiblemente, también para la alimentación humana. Resultados de la evaluación de su proteína, (22, 23) indicaron diferencias en su composición química, contenido de lisina y metionina, y calidad de su proteína. Ensayos biológicos realizados con el granillo blanco demostraron que su proteína es deficiente en lisina, metionina y treonina; siendo el aminoácido lisina el primer limitante. Aparentemente, la proteína del granillo oscuro es limitante en metionina, seguida de treonina y valina; la adición de estos tres aminoácidos, así como la de triptofano y lisina mejora su valor proteínico. Ensayos de complementación, (22, 23) sugieren una asociación provechosa entre el granillo de trigo oscuro y la harina de so

ya. En el caso de la harina de semilla de algodón y de la harina de ajonjolí completa, no se observó ninguna mejora en el valor nutritivo del granillo de trigo oscuro. Estos resultados se discuten en base al contenido y a la disponibilidad de los aminoácidos de los diferentes materiales investigados (22, 23).

e) Semilla de conacaste . (*Enterolobium cyclocarpum*).

Otra fuente de proteína para alimentación animal es la almendra de semilla de conacaste. Bressani y col (12), realizaron estudios sobre la composición química y el contenido de aminoácidos esenciales de esta semilla, evaluaron biológicamente la calidad de su proteína, e investigaron su posible uso en la elaboración de raciones destinadas a la alimentación de pollos de carne. Se constató que la almendra es una buena fuente de lisina, pero deficiente en metionina. Los ensayos biológicos con ratas demostraron que el valor nutritivo de la almendra es relativamente alto, pero inferior al de la harina de soya y al de la harina de semilla de algodón de buena calidad. En experimentos realizados por los mismos autores con pollos, se comprobó que la harina de la almendra de conacaste no puede reemplazar a la harina de soya. Los resultados de estas investigaciones parecen indicar que la almendra de semilla de conacaste contiene un factor tóxico hacia el cual el pollo es sensible, pero no así la rata (12).

f) Soya.

La torta de soya contiene por lo común de 40 a 50% de proteína según el proceso industrial de obtención de la harina, y de la cantidad de corteza eliminada de las semillas. Sus proteínas son de calidad nutritiva superior a la de los demás productos de origen vegetal (20), pero desafortunadamente su cultivo en el área centroamericana no ha recibido el empuje necesario para convertirse en una buena fuente de proteína y energía para la alimentación humana y animal.

g) Fuentes de carbohidratos en las raciones.

Maíz.

Otro factor que debe tomarse en cuenta en la preparación de raciones balanceadas para aves de corral así como para otras especies, es la procedencia de los carbohidratos. El maíz, por ejemplo, es la fuente de uso más común para estos fines; pero ya que en el área centroamericana este cereal representa el alimento principal de la población rural, su empleo en ese renglón debe ser secundario. En consideración a lo expuesto, cualquier esfuerzo encaminado a sustituir parcialmente el maíz - que se usa en estas raciones por otras fuentes de carbohidratos, se traducirá en una mayor disponibilidad de este cereal para consumo humano (8). Como sustitutos del maíz, debe incentivarse el cultivo y la utilización del maicillo, del trigo sarraceno, y de tubérculos como la yuca y otros.

Olote molido y melaza.

Bressani y col. (10) al sustituir parte del maíz por trigo saraceno en raciones para aves de corral obtuvieron como resultado una menor utilización del alimento, el agregado de pequeñas cantidades de harina de carne o de leche descremada no mejoró significativamente el valor nutricional de la ración. Los resultados muestran que es posible preparar raciones balanceadas para cría de aves de corral con productos nativos centroamericanos, siempre y cuando las fuentes de proteínas sean de alto valor nutritivo. Asimismo, Braham y col (8) realizaron pruebas en aves de corral, substituyendo parte del maíz de la ración con olote molido. Los resultados mostraron un menor crecimiento de los animales; en cambio, la melaza de caña de azúcar por sí sola o la mezcla de 10 a 20 % de olote molido y melaza de caña produjo un crecimiento igual al que se logró utilizando la ración completa.

4 Ensilaje como método de conservación.

El fundamento del ensilaje es la conservación del forraje cosechado para utilizarlo cuando las condiciones climáticas impidan el crecimiento adecuado de los pastos.

A las materias procedentes de la fermentación controlada de plantas o materiales con un gran contenido de humedad se les conoce con el nombre de ensilaje. Al proceso se le llama ensilado y al lugar donde se realiza, silo. La fermentación se controla, bien favoreciendo la forma--

ción de ácido láctico por las bacterias que existen en las hierbas frescas, o por adición directa de una solución de un ácido débil o de un conservador como el metabisulfito sódico.

El primer método, es el más usado y depende de la fermentación de los carbohidratos solubles a ácido láctico, lo que da lugar a un descenso del pH que queda comprendido entre 3.8 y 4.2. Al material de este tipo se le conoce como ensilaje bien conservado, y su contenido de ácido láctico constituye del 8 al 12% de la materia seca. Lograr una concentración de ácido láctico de este tipo depende de muchos factores, pero sobre todo de la existencia en la planta de una cantidad adecuada de carbohidratos solubles. Lo normal es que un ensilaje de pH 4 permanezca estable mientras se mantengan las condiciones anaeróbicas. Sin embargo, si la concentración de ácido láctico es inadecuada o se permite el acceso de la lluvia, es posible que tenga lugar una segunda fermentación por Clostridium, con la transformación de ácido láctico en ácido butírico. El ensilaje de este tipo tiene un pH relativamente alto, por encima de 5.

Cuando el material está en contacto directo con el aire se produce enmohecimiento. Este se forma en la superficie y en los lados de los silos y su aparición puede reducirse a un mínimo cerrando cuidadosamente los silos (38).

Los cambios que sufre el material ensilado a través del tiempo pueden clasificarse en cuatro fases:

Fase 1.

La respiración celular está aún presente en el vegetal, esto ocasiona la utilización de carbohidratos simples,, hay producción de CO_2 , agua y calor.

Fase 2.

Hay producción de ácido acético en pequeñas cantidades debido a la presencia de organismos del tipo coliforme y otros. Esta fase es de corta duración.

Fase 3.

En esta fase hay una iniciación de la fermentación láctica dependiendo de la concentración y actividad de los microorganismos presentes, ya sean lactobacillus o streptococus. Esta actividad depende de la concentración de azúcares.

Fase 4.

Esta es una etapa de reposo de la masa ensilada, durante la cual la producción de ácido láctico llega a su punto máximo y permanece constante a una concentración de 1 a 1,5% del peso del material fresco. El pH también se estabiliza, siendo inferior a 4.2.

Todo este proceso dura entre 17 y 21 días. Si las condiciones de ensilaje no han sido las adecuadas, la producción de ácido láctico es incompleta y sobreviene una quinta fase, en la que hay ataque por parte de microorganismos que producen ácido butírico, ya sea a partir del ácido láctico o de los carbohidratos solubles.

Los problemas del ensilaje pueden agruparse en:

1) El control de las pérdidas debido a la respiración celular que ocurre en la fase 1.

2) La estimulación de la producción de ácido láctico en la fase 3 para prevenir la formación de ácido butírico de la fase 5.

Ambos problemas se pueden evitar de diversas maneras.

a) Pre-tratamiento del material. Consiste en cortar el material a ensilar en pedazos finos, a fin de permitir una buena compactación del forraje en el silo, para con ello eliminar el máximo de oxígeno y por lo tanto inhibir la respiración celular, al mismo tiempo que se aumenta la superficie para el desarrollo de los lactobacilos.

b) Control de la temperatura. El control de la temperatura se logra también a través de una buena compactación. La temperatura óptima del ensilado oscila entre 20 y 30 °C.

c) Adición de carbohidratos. La adición de carbohidratos tiene por finalidad, suministrar el sustrato para que los lactobacilos comiencen a actuar. El más usado es la melaza.

d) Adición de ácidos. La adición de ácidos minerales bajan rápidamente el pH a cerca de 5, inhibiendo el desarrollo de microorganismos indeseados.

Tipos de Silos.

1. Silos de estructura permanente.

a) Silo de torre. Son de diámetro y altura variables, general-

mente de concreto, donde el material a ensilar se sube en elevador y se almacena.

b) Silos empolizados y los de plancha metálica; éstos son móviles.

2. Silo de estructura no permanente.

a) Silo de hoyo o trinchera. Consiste en hacer una excavación en la tierra, semejante a una piscina donde el material es depositado. Generalmente las paredes laterales son de ladrillos. Este tipo de silo es el más recomendado, debido a su bajo costo, fácil construcción y poco espacio que ocupa.

Pérdidas durante el ensilaje.

Durante el ensilaje ocurren pérdidas inevitables y evitables.

Dentro de las pérdidas inevitables, se consideran las siguientes:

1. Respiración celular. Debido a la presencia de O_2 , pequeñas cantidades de azúcares son degradados por la planta produciendo un calentamiento del ensilaje.

2. Cambios bioquímicos debido a los microorganismos. Al hacer el ensilaje gran cantidad de bacterias es introducida a la masa, pero debido a las condiciones del medio la cantidad se reduce rápidamente.

3. Drenaje. El drenaje es debido a dos factores: •

a) Alta compresión de la masa.

b) Extracto celular y agua formada en la utilización de los azú-

res.

Por el drenaje se pierde ácido láctico ya que es arrastrado por el líquido, y con respecto a los minerales, se han descrito pérdidas de calcio y fósforo; con respecto a los elementos menores no hay información.

Dentro de las pérdidas evitables se consideran las siguientes:

- a) Techamiento defectuoso, lo que en caso de lluvia acarrea un lavado de los nutrientes solubles.
- b) Insuficiente drenaje, esto impide una adecuada fermentación.
- c) Sobrecalentamiento.
- d) Corte grueso del material.

Del total de pérdidas el 80% es de carbohidratos y el 16% es de nitrógeno (4).

5. Deshidratación.

El secado ha sido, desde los tiempos más remotos un medio de conservación de los alimentos. Su aplicación en la forma más sencilla, es por medio de la exposición al sol.

El secado por medio del sol se emplea aún en muchas regiones del mundo, por ejemplo, para preparar pasas y ciruelas pasas, y para secar granos antes de cosecharlos, etc. El secado por medio del sol constituye, en algunos lugares y para determinados productos, el método más económico; también tiene varios inconvenientes obvios, tales como: depende de las fuerzas naturales y éstas no se pueden controlar; es lento y generalmente no reduce el contenido de humedad a menos de 8%; requiere un espacio bastante grande; y los alimentos expuestos al sol son suscepti-

bles a la contaminación y a pérdidas debidas al polvo, a los insectos y a otros factores.

En el procesamiento moderno de alimentos, la deshidratación se refiere al secado artificial bajo condiciones controladas.

6) Métodos y equipos de secado.

Existen varios métodos básicos de secado y un número mucho mayor de modificaciones de los mismos. El método escogido depende sobre todo del tipo de alimento que se va a secar, el nivel de calidad que hay que alcanzar, y el costo del mismo.

Algunos de los métodos de secado más comunes son: el secado en tambor, por aspersión, al vacío en charolas, la liofilización, el secado por rotación, el secado en gabinetes, en estufa, en túnel y otros más.

Una clasificación práctica de los diferentes tipos de secadores divide a estos en: los que secan por convección del aire, los de tambor o rodillo, y los que secan al vacío.

Cualquiera que sea el método de secado empleado, la deshidratación de un alimento consta de dos etapas:

- 1) La introducción del calor al producto.
- 2) La extracción de humedad del producto.

Al deshidratar alimentos es deseable obtener la velocidad máxima en el secado, lo cual depende de las velocidades de transmisión de calor y transferencia de masa; a este respecto es importante considerar:

- a) Area de superficie.

- b) Temperatura.
- c) Velocidad de aire.
- d) Sequedad del aire.
- e) Presión atmosférica y vacío.
- f) Evaporación y temperatura.
- g) Tiempo.

Ya que todos los métodos importantes de deshidratación de alimentos emplean calor, y que los componentes de los alimentos son sensibles al calor, es preciso encontrar términos medios entre la máxima velocidad del secado y el mantenimiento óptimo de la calidad de los alimentos. Así, las hortalizas secadas en 4 horas en un horno especialmente diseñado retendrán su calidad en mayor grado que el mismo producto secado por exposición al sol durante más de 2 días.

Los factores físicos que afectan la transmisión del calor y la transferencia de masa, tales como temperatura, humedad, velocidad del aire, la geometría requerida para proporcionar el área máxima de superficie, y otros, son relativamente fáciles de controlar, y son determinantes en el diseño de secadores. Mucho más sutiles son los factores relacionados con algunas de las propiedades de los alimentos y la manera en que pueden cambiar durante la deshidratación, afectando así la velocidad de secado y la calidad final del producto. Las propiedades de las materias primas alimenticias influyen tanto en la transferencia de calor como en la transferencia de masa, y ambas pueden afectar en forma radical las caracte-

terísticas de los productos deshidratados. (43, 49).

7) Cambios químicos en la deshidratación.

Una amplia escala de cambios químicos y físicos pueden tener lugar durante la deshidratación de los alimentos. Estos contribuyen a la calidad final tanto de los productos deshidratados como de sus equivalentes reconstituidos; en lo referente al color, sabor, textura, viscosidad, velocidad de reconstitución, valor nutritivo, y estabilidad en el almacenamiento, el grado en que estos cambios ocurren depende de la composición del alimento y de la severidad del método de secado. El calor y los efectos de la concentración de sales que resultan de la eliminación de agua pueden desnaturalizar parcialmente las proteínas. (43).

8) Digestibilidad y valor biológico en alimentos deshidratados.

Se ha establecido repetidamente que el tratamiento de calor a los alimentos, puede causar un descenso en la digestibilidad e inactivación o destrucción de aminoácidos, resultando en un bajo valor nutritivo de la proteína. Estos tópicos han sido investigados por Griswold, 1951; Rice and Beuk, 1953; Benden 1960 (citado por Grod) (28).

Métodos modernos de deshidratación se han desarrollado para una gran variedad de productos de alimentación humana de muy buena calidad con respecto a las características físicas y contenido de vitaminas. Observaciones tentativas en humanos (28) no revelaron cambios notables en la digestibilidad de la proteína cuando una dieta consistente exclusivamente de productos deshidratados fué sustituida por productos frescos.

Pequeñas diferencias en detrimento de los productos deshidratados ocurren con más frecuencia en muestras secadas con aire caliente, que con asperación seca o liofilizadas. Aunque insignificante en cada caso por separado, la tendencia total puede ser considerada como una indicación de un ligero efecto de daño causado por un período largo de exposición de aire caliente a 71 °C. Duckworth y Woodham (1961) citado por Groot(28), investigaron la influencia de la temperatura de secado sobre concentrados de proteína, y establecieron que no decrece la calidad de la proteína para pollos, cuando la temperatura de secado no excede de 82 °C.

El aminoácido lisina es el que más fácilmente se inactiva o se destruye disminuyendo su contenido o su disponibilidad; los aminoácidos sulfurados, también pueden ser destruidos o inactivados lo que se refleja en un descenso en el valor biológico de las proteínas (28).

9. Uso de enzimas en procesamiento industriales.

Los tratamientos enzimáticos han sido utilizados eficientemente en la industria de alimentos desde hace 25 años. Para el uso práctico de las enzimas ciertos factores deben tomarse en consideración tales como: el tiempo, la temperatura, el pH y la concentración de la enzima. (44).

a) Uso de enzimas pécticas.

El empleo de enzimas pécticas en la industria de los jugos de frutas permite la sedimentación rápida de los sólidos insolubles y facilita la filtración y clarificación de los jugos. Esta es una práctica común en la industria del jugo de manzana, en donde el proceso enzimático ha sustituido,

en gran parte, otros métodos de clarificación. Se emplea en gran medida en la industria vinícola y en la producción de jugos clarificados de frutas y concentrados de bayas. En la producción de jugos de uvas, la enzima se emplea para la desintegración de las uvas antes del prensado. También se emplea comercialmente en la fermentación de las bayas de cafeto y para evitar la gelatinización de concentrados líquidos de café (44).

La zona de pH de las enzimas pécticas fúngicas es de 3.2 a 6 y comprende la zona de pH que normalmente se encuentra en las frutas y jugos de frutas (3.5 a 4.5). El pH óptimo de la poligalacturonasa es de 4.8 y el de la pectinesterasa de 4.1. La temperatura óptima oscila entre 20 y 45 °C. (9, 16, 18, 42, 44).

b) Uso de la enzima Macerozimasa.

La enzima macerozimasa es una preparación comercial, derivada de un hongo Rhizopus sp., y es de fácil aplicación industrial. La degradación se realiza rompiendo el cemento intracelular de materiales, causa la pérdida del tejido coherente y la armazón del tejido en maceración. Subsecuentemente, las células son liberadas separándolas del tejido. La maceración enzimática de tejidos de plantas, es un problema interesante para uso a nivel industrial. (52, 53)

En el caso de la macerozimasa, existe una fuerte correlación establecida entre la actividad macerante del tejido de la planta y la poligalacturonasa (52)

Propiedades físicas y químicas.

Forma:	polvo seco.
color :	amarillento.
solubilidad:	fácilmente soluble en agua.
pH óptimo:	3.5 a 7.
Temperatura:	40 a 50 °C.
Estabilidad:	estable en solución acuosa a 60 °C.

La macerozimasa contiene actividad semejante a otras enzimas como xilanasa, alabanasa, carboximetil celulasa, galactasa y proteasa. La macerozimasa ataca pectatos en la lamela media y las células son separadas de cada una de ellas. El componente celulósico de la célula es hidrolizado por la celulasa. (52).

Aplicaciones de la enzima macerozimasa, ha sido investigada por Toyama (29, 52, 53), reportando las siguientes aplicaciones:

- a) Aislamiento de células vivas y sus protoplastos de tejidos de plantas.
- b) Remoción de la cáscara de la semilla de soya.
- c) Extracción de la proteína de soya.
- d) Extracción de los componentes verdes del té.
- e) Aislamiento del almidón de la papa.
- f) Extracción de componentes medicinales de hierbas.
- g) Incremento de la solubilidad de los materiales crudos.

c) Uso de la enzima celulasa.

Las celulasas están extensamente distribuidas en productos vegetales, particularmente en semillas; también en las secreciones digestivas de invertebrados, y en los extractos de algunos mohos y bacterias.

Las celulasas comerciales son preparaciones provenientes de las especies Aspergillus Niger, Bacillus mesentericus, Rhizopus sp. (47, 48)

Especificidad.

Se ha demostrado que la celulasa cataliza el rompimiento de polisacáridos de celulosa de acuerdo al siguiente orden: la celulosa es atacada por la enzima tipo C_1 , y da como producto una cadena lineal de glucosa insoluble; luego ésta es atacada por la enzima C_x , que da productos solubles y de bajo peso molecular. La enzima tipo C_x , es enzima tipo carboximetil celulosa o celulodextrinas. (47, 48)

Efecto de la temperatura.

La máxima temperatura a la cual la celulasa retiene su actividad se ha establecido que difiere según la fuente de la enzima y del método de preparación y purificación. Pringshein, citado por Colowick (15), informa que la celulasa bacterial tiene una temperatura óptima de 46°C , pero esta actividad se extiende en un rango de 20 a 70°C ; Walsth, citado por Colowich (15), sostiene que la celulosa del Aspergillus niger, tiene una actividad óptima de 47°C . La celulasa "onozuka" derivada del Trichoderma viride, tiene una temperatura óptima de 40 a 50°C . (29, 51)

El pH óptimo para las celulasas de diferentes fuentes, tienen un rango de 3.6 a 5.5; la diferencia puede ser debido a la forma de purificación de la enzima (15). La celulasa "onozuka", tiene un pH óptimo de 4 a 5 (51)

Aplicación de la enzima celulasa.

La celulasa derivada del Trichoderma viride, es una enzima que se ha utilizado en procesos industriales; contiene alta actividad de descomposición de celulosa natural, además que contiene apreciable cantidad de hemicelulosa (51, 53). Se ha sugerido que la aplicación de celulasa del Tr. viride en las papas, actúa rompiendo las células, y se logra así aislar los gránulos del almidón (51)

Los tratamientos enzimáticos con celulasa se han utilizado en el pretratamiento de materiales altos en celulosa, para convertirlos en materiales mejor digeribles y utilizarlos en alimentación animal (44).

En la industria del papel, la pulpa de madera se trata con celulasa para solubilizar mejor los constituyentes de celulosa y hemicelulosa, dejando más fáciles las fibras. Se han realizado trabajos para incrementar la fibra del papel, pero el costo y el tiempo no ha permitido su uso a escala comercial. La investigación está particularmente dirigida al uso del hilo de algodón y en la fabricación del papel, dando una nervadura más corta, fortaleza a las fibras y flexibilidad para aumentar la resistencia de los enlaces del papel. En este trabajo se utilizó celulasa de A. niger, a un pH de 4 y una temperatura de 35 °C. (29).

III. PROPOSITO Y RELEVANCIA DE LA INVESTIGACION.

1. - Determinar la composición química proximal, el contenido de aminoácidos esenciales y el valor nutritivo del fruto de morro entero (pulpa + semilla).

2. - Determinar las características de deshidratación del material de estudio.

3. - En base a los resultados anteriores, elaborar raciones prácticas a base de harina de morro secado al sol, en horno y ensilado, destinadas a la alimentación de animales de carne.

4. - Establecer una técnica de separación de semilla de la pulpa por tratamientos enzimáticos.

En Centro América existen numerosos recursos naturales de uso potencial, tanto para consumo humano, como para la alimentación animal; éstos no se utilizan o se emplean muy poco, debido a la falta de conocimientos básicos sobre su valor nutritivo.

En la actualidad, en nuestros países, existen fuentes de proteína vegetales como son la harina de semilla de algodón y la harina de torta de ajonjolí; sin embargo, estos productos tienen limitaciones en el uso de la industria animal; el primero por la presencia de un principio tóxico (gossipol), y el segundo por su inestabilidad en el mercado, a causa de que únicamente se encuentra disponible unos pocos meses del año.

En base a los trabajos realizados, para determinar los componentes químicos del fruto de morro y la evaluación biológica de la harina de

su semilla, se ha considerado que este fruto ofrece buenas perspectivas como fuente de proteína vegetal.

En algunos países de Centroamérica especialmente en Nicaragua, además de utilizar las semillas de morro para la preparación de refrescos, se ha observado que en épocas de verano, cuando el pasto escasea, este fruto es utilizado como alimento del ganado vacuno y porcino. Tanto es así, que propietarios de este tipo de ganado conservan las poblaciones de estos árboles de morro o jícaro como reservas para alimentación de sus animales.

En base a lo expuesto, se considera de suma importancia la obtención de datos sobre la composición química, el valor nutritivo y la digestibilidad de los nutrimentos del morro entero y de la pulpa, con el propósito de utilizarlo más eficientemente como ingrediente de raciones destinadas a pollos. Es también importante establecer una técnica de separación de las semillas por maceración enzimática, lo que permitiría obtener una mejor utilización del fruto en los países donde éste árbol crece silvestre e incrementar su cultivo.

IV. MATERIALES Y METODOS.

1.1.- Fruto del morro maduro.

Para este estudio se utilizó el fruto de morro o jícara (Crescentia alata) proveniente del departamento de Zacapa, Guatemala. Los frutos verdes se transportaron a los laboratorios de la División de Ciencias Agrícolas y Alimentos del INCAP, donde se colocaron sobre tablas de madera, y se dejaron madurar al sol durante 15 días.

Cuando el fruto no está madura su cubierta o cáscara es de color verde y la pulpa de color blanco. Durante la maduración hay pérdida de agua, los carbohidratos se concentran y se forma una miel de color negra, la pulpa se desprende de la cara interna de la cáscara y se desarrolla un color café oscuro en la parte externa de la cubierta, produciéndose el olor y sabor característico del morro.

Al alcanzar el grado de madurez deseada, se cortaron los frutos con una sierra y se recolectó la pulpa con la semilla. Una parte del fruto (pulpa + semilla) fue almacenada en silos pequeños experimentales. Otra parte fue homogenizada en un molino de discos, y de ella se tomaron muestras para:

- 1.- Obtener harinas.
- 2.- Hacer pruebas de separación de semilla por tratamientos enzimáticos.
- 3.- Análisis químicos.

1.2.- Balance de materiales.

Se tomó al azar un determinado número de frutos enteros, y cada uno se pesó y cortó con una sierra para separar las fracciones anatómicas del fruto, luego se determinó el peso de cada uno de sus componentes (cáscara, semilla y pulpa).

1.3.- Ensilajes.

Para este propósito se tomó una cantidad de 135 Kg de material fresco el cual se almacenó en 6 silos pequeños experimentales por períodos de 3, 4 y 6 meses. Los silos se construyeron de cemento, con un diámetro interno de 39.4 cm y una profundidad de 40.6 cm. El material fresco se colocó dentro de bolsas de plástico para que no estuviera en contacto directo con las paredes de cemento, estas bolsas tenían agujeros en la parte inferior para facilitar el drenado de líquido producido durante la fermentación. A las bolsas de plástico se les extrajo todo el aire posible con bombas de vacío, y se presionaron con tierra y ladrillos amarrados con alambre. Para facilitar la fermentación anaeróbica, los silos de cemento también tenían drenajes en la parte inferior con el objeto de facilitar la recolección de material líquido producido durante el ensilaje. Durante el tiempo de almacenamiento de este material, se controló la fermentación drenando cada silo por diferentes períodos de tiempo, y determinando el pH, los carbohidratos libres totales (19) y el nitrógeno en el líquido drenado.

Después de 3, 4 y 6 meses de almacenamiento, se destapó cada uno de los silos y se observó cuidadosamente el material para ver si no había crecimiento de hongos o de cualquier otro microorganismo que pudiera contaminar las muestras. El material así obtenido presentaba un color negro, un olor agradable y un sabor dulzón, lo cual indicaba que el material se había conservado perfectamente bien; este material después de secado, y convertido en harina fue utilizado para análisis químicos y pruebas biológicas, con el propósito de cuantificar los cambios ocurridos durante la fermentación.

1.4- Características de deshidratación del fruto de morro (pulpa + semilla).

Para este propósito se tomó una muestra homogenizada del fruto (pulpa + semilla), sometiéndolo a un proceso de deshidratación a tres diferentes temperaturas, para ello se utilizó un horno de convección (Precisión Scientific, modelo 625) equipado con un soplador de aire cuya velocidad fue determinada por medio de un anemómetro.

Para obtener las curvas de secado, se utilizaron temperaturas de 60, 75 y 90 °C, con una velocidad de aire de 1,67 m/seg. Para el presente caso, el material se consideró deshidratado al alcanzar un contenido de humedad cercano al 9% o sea 0.25 lbs de H₂O/lb. de materia seca, correspondiendo a 0.11 kg de H₂O/kg, de materia seca.

1.5- Deshidratación del fruto de morro para la preparación de harinas.

Con el propósito de obtener información con respecto al método más eficiente y económico para secar este material, se hicieron pruebas de secado al sol y secado en horno de bandejas.

a) Secado al sol.

El fruto homogenizado se extendió sobre lienzos plásticos formando capas de 1/4 de pulgadas de espesor y se expuso al sol durante el día, siendo necesario cubrirlo con plástico por las noches para evitar contacto con la humedad y la lluvia. El tiempo necesario para reducir su contenido de humedad a un 9%, fue de 14 días. El material deshidratado se molió en un molino de disco, obteniéndose así la harina integral de morro, la cual fue utilizada para análisis químicos y pruebas biológicas.

b) Fruto secado en horno de bandejas a 90 °C.

El fruto fresco (pulpa + semilla) después de ser homogenizado, se deshidrató utilizando un secador de bandejas a contracorriente (las bandejas se mueven en sentido opuesto al aire entrante). Este fué construído en la localidad a similitud del secador Schilde Simplicator, modelo SG 5/XII, y de iguales dimensiones. Para este propósito se utilizó una muestra de 75 Kg de material fresco cuyo contenido de humedad era de 68.5 %, este material fue deshidratado a temperatura de 90 °C, con una carga de 1.6 Kg/0.09 m² el tiempo necesario pa

ra reducir su contenido de humedad a un 5% fue de 22 horas. El material ya seco se molió en un molino de discos,., obteniéndose así la harina integral de morro, la cual fue utilizada para análisis químicos y pruebas biológicas.

c) Deshidratación del fruto de morro ensilado.

Después de abrir los silos, el material fresco se deshidrató en el secador de bandejas a contracorriente anteriormente descrito. Este material se llevó de 67/6% de humedad a un 5%, con una temperatura de 60 °C, y una carga de 1.2 Kg/0.09m² el tiempo necesario para secar este material fue de 26 horas. El material seco se molió en un molino de nixtamal y se obtuvo la harina integral de morro ensilado, la cual también fue analizada químicamente y utilizada en las pruebas biológicas.

1.6.- Separación de la semilla y la pulpa del fruto de morro mediante tratamientos enzimáticos.

Primer experimento.

Muestras del fruto de morro entero sin cáscara (pulpa + semilla) homogenizada fueron sometidas a maceración enzimática durante 72 horas, a temperatura ambiente de 22 °C, a un pH de 4.5 y empleando una relación sólido-líquido de 1:2.4 y 1.2.

Tratamiento 1. Ultrazym 100.

Se tomaron 5 muestras de 250 gramos cada una de fruto homogeniza

do y se aplicó la enzima Ultrazym 100 (pectinolítica) en concentraciones de 0, que sirvió de control, de 4×10^{-4} , 6×10^{-4} , 8×10^{-4} y de 1×10^{-3} g% p/p.

Tratamiento 2. Macerozimasa.

Un segundo tratamiento se realizó con 4 muestras de 100 gramos cada una de fruto homogenizado, utilizando la enzima macerozimasa en concentraciones de 1×10^{-1} , $2,5 \times 10^{-1}$, 5×10^{-1} y 1 gramo % p/p.

Tratamiento 3. Celulasa.

Muestras de fruto homogenizado de 100 gramos cada una, fueron sometidas a maceración enzimática con la enzima celulasa en concentraciones de 1×10^{-1} , $2,5 \times 10^{-1}$, 5×10^{-1} y 1 gramo % p/p.

Segundo experimento.

1. - En este segundo ensayo con tratamientos enzimáticos, se tomaron muestras que guardaban una relación de sólido-líquido de 1:4, temperatura de 35°C , pH de 4.5, aplicando agitación mecánica y en concentraciones enzimáticas de 4×10^{-1} g% para la Ultrazym 100 y de 1% p/p para la enzima celulasa y macerozimasa. En este experimento se varió los tiempos de maceración, tomando períodos de 3, 24, 36 y 48 horas.

2. - Se tomaron otras 4 muestras, las cuales se trataron con mezcla de las 3 enzimas (Ultrazym 100, celulasa y macerozimasa) en concen

traciones y en condiciones experimentales igual que en la parte 1 de este segundo experimento.

Tercer experimento.

Se realizaron 5 ensayos, tomando muestras del fruto (pulpa + semilla) homogenizada en cantidades de 8 Kg para cada ensayo, con una relación de sólido-líquido de 1:4 y un pH de 4.5. Estas muestras se trataron en la forma siguiente:

- 1). - Una muestra fue macerada sólo con agua durante 8 horas a temperatura ambiente de 22 °C, la cual se utilizó como control.
- 2). - La segunda muestra, se maceró con agua durante 8 horas a temperatura de 50 °C.
- 3). - La tercera muestra recibió el tratamiento anterior (2), pero con agitación mecánica.
- 4). - La cuarta muestra fue macerada durante 8 horas, con una solución de la enzima celulasa al 1% p/p, a temperatura de 50 °C, y con agitación mecánica.
- 5). - El tratamiento de la quinta muestra fue igual al No. 4, pero sin agitación mecánica.

Cuarto experimento.

Se tomaron 8 muestras del fruto (pulpa y semilla) homogenizadas, en cantidades de 4 Kg para cada ensayo, con una relación de sólido-líquido 1:4, de las cuales 4 muestras fueron maceradas sólo con agua, y otras 4 muestras fueron maceradas con enzima celulasa al 1% p/p, a temperatura ambiente por períodos de 2, 4, 6 y 8 horas.

Todas las muestras del tercer y cuarto experimento después de los tratamientos enzimáticos se procesaron en el finalizador del pulpero, modelo Sterling (Speed-trol), que está formado de un alimentador donde el material es removido por un tornillo sin fin; luego el material pasa al interior de una camisa de malla donde la semilla es tirada hacia el extremo de la entrada por unas aspas que se mueven según la velocidad aplicada. Por los poros de la malla sale la pulpa en forma de puré, y éste se recolecta por un orificio de salida, situado en el centro de la máquina. Para tal propósito, se utilizó una velocidad de 2000 rpm, cuidando de no sobrecargar el alimentador, para evitar el recalentamiento del motor.

1.7.- Métodos químicos.

El análisis químico proximal de los materiales en estudio y la determinación de su contenido de calcio, se llevó a cabo utilizando los métodos oficiales de la AOAC (3); la determinación de fósforo se hizo según el método de Fiske y Subbarow (24) con la modificación de Lowry y López (36), y para establecer su contenido de hierro se usó el procedimiento de Jack-

son (32) y el de Moss y Mellon (41).

La metionina fue analizada por el método de Kelly y col. (35), el triptofano por el método microbiológico a partir de un hidrolizado alcalino, utilizando la bacterias *Leuconostoc mesenteroides* (45). El resto de los aminoácidos se determinó en el auto-analizador de aminoácidos (Technicon), utilizando para este propósito un hidrolizado ácido. El porcentaje de azúcares libres totales en el extracto acuoso del fruto, se determinó por el método de Dubois (19).

1. 8. - Ensayos biológicos.

Experimento I.

Ensayo con ratas. (Índice de eficiencia proteínica (PER) y digestibilidad aparente).

Este primer experimento se llevó a cabo con ratas blancas de la raza Wistar de 21 días de edad, con un peso promedio de 47.2 g, pertenecientes a la colonia del INCAP. Se formaron grupos experimentales de 8 animales cada uno, cuatro hembras y cuatro machos. Los animales fueron alojados en jaulas individuales de tela metálica y piso levantado para evitar la coprofagia y se les suministró agua y alimento ad libitum. El período de ensayo fue de 28 días durante el cual se llevó un registro semanal del consumo de alimento y de la ganancia de peso, con el objeto de calcular el índice de eficiencia proteínica (PER), y se recolectaron las heces

fecales para determinar el porcentaje de digestibilidad aparente de las raciones. Las heces recolectadas se secaron en un horno con aire caliente a 60 °C, se pesaron y se molieron en un molino semimicro Wiley, con un tamiz malla 40. Se determinó el nitrógeno por el método de Kjeldahl en el material molido y la digestibilidad se calculó según la fórmula:

$$D = \frac{Ni - Nf}{Ni} \times 100. \quad \text{donde: } Ni = \text{Nitrógeno ingerido}$$

$Nf = \text{Nitrógeno fecal}$

$D = \text{Digestibilidad}$

Raciones para ratas.

Se prepararon 13 raciones cuya composición se especifica en el Cuadro 5. Para este propósito se utilizaron las harinas de morro secada al sol, secada a 90 °C, y ensilada y secada a 60 °C. Asimismo, se utilizó caseína como proteína de referencia. Algunas de las raciones a base de harina de morro fueron suplementadas con lisina, con metionina o con ambos aminoácidos, ya que por análisis químico se determinó, que éstos eran deficientes en dicha proteína. Todas las raciones fueron isoproteicas a un nivel de 10%, los demás ingredientes en términos de porcentaje, fueron: mezcla de minerales 4.0, (30) aceite de soya 5.0, aceite de hígado de bacalao 1.0 y almidón en cantidades suficientes para ajustar a 100 gramos. Todas las raciones fueron suplementadas con una solución de vitaminas (37) de la cual se usó 5 ml por cada 100 gramos de ración.

Experimento II.

Ensayos con pollos. (Estudio de crecimiento, índice de eficiencia de alimentación y mortalidad)

Para este propósito se utilizaron pollos de la raza Indian River, de 1 semana de edad, con un peso promedio de 86.4 g divididos en 17 grupos de 10 pollos cada uno. Los animales se alojaron en jaulas metálicas, provistas de control termostático y se les suministró agua y alimento ad libitum por un período de 28 días. Con el fin de determinar el aumento promedio en peso, índice de eficiencia del alimento y mortalidad, se llevó un registro semanal del consumo de alimento y de la ganancia de peso de cada uno de los animales.

Raciones para pollos

Se elaboraron 17 raciones, con el objeto de estudiar el valor complementario entre las distintas harinas de morro preparadas y la harina de soya, y también para determinar si la proteína de morro carece de toxicidad y en que proporciones podría sustituir a la proteína de soya. Para este propósito, se preparó una serie de dietas en las que el nivel proteínico se mantuvo a 21% aproximadamente. En dos de las raciones (1 y 11) la proteína provenía en su totalidad del concentrado proteínico de soya; mientras que en las dietas restantes, la proteína de la harina de morro - sustituyó en 20, 40 y 60 % a la proteína de soya. Todas las raciones,

menos los controles fueron suplementados con lisina. Además, 7 de ellas (11 al 17) fueron suplementadas con metionina. Los detalles de estas raciones se especifican en el Cuadro 7.

Análisis Estadísticos.

Para el diseño experimental que se usó en este estudio, se emplearon las técnicas de análisis de varianza por Snedecor y col. (46).

IV. RESULTADOS.

1. - Balance de materiales.

Los resultados del balance de las fracciones anatómicas en el fruto de morro o jícaro, se detallan en el Cuadro 1, en el cual pueden apreciarse los pesos promedios de cada fracción. Se obtuvieron pesos promedios de 269.5 g, para el fruto completo; 152.4 g, para la pulpa más semilla - 123.1 g para la cáscara, 67.4 g para la semilla y 81.0 g para la pulpa, la cual se calculó por diferencia. Además, se calculó la distribución porcentual del fruto sin cáscara y de la cáscara sola, en relación al fruto entero con cáscara, correspondiendo el 44.3% a la cáscara y el 55.7% a la pulpa más semilla. En este último material (pulpa + semilla) corresponde el 44.2 % a la semilla y el 55.8 % a la pulpa, calculada todo en base fresca.

2. - Control del ensilaje.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos al ensilar el material fresco por 90, 145 y 180 días. Se puede observar que a los 90 días se obtuvo un volumen drenado de 1422 ml, en el cual se determinó la cantidad de carbohidratos libres totales, resultando éstos en 173.8 g. El material que se ensiló por 145 días drenó 521 ml, con un contenido de 73.8 g de carbohidratos libres totales, y el material ensilado durante 180 días drenó la cantidad de 2172 ml, conteniendo 333.6 g, de carbohidratos libres totales. Esta diferencia en la cantidad de líquido drenado por los silos, se debe posiblemente a la forma de compactación del material, drenando mayor cantidad de líquido cuando al comprimir el material se logró romper la pulpa del fruto. El rendimiento promedio en harina seca procedente del material ensilado fue de 26.1 %.

En la Gráfica 1, se muestra el comportamiento de los carbohidratos libres y el nitrógeno en los diferentes períodos de fermentación del material ensilado, los que se determinaron químicamente en los líquidos drenados. La gráfica muestra un descenso en el contenido de carbohidratos, los cuales disminuyeron de 19.5 a 9.4 g % a los 23 días llegando a bajar hasta 7.1 % a los 90 días de ensilaje. En lo que se refiere a la cantidad de nitrógeno liberado en el líquido drenado, se mantuvo dentro de los límites comprendido entre 0.068 y 0.082 g %.

3. - Deshidratación del fruto fresco en horno a 60, 75 y 90 °C.

Las curvas de deshidratación del fruto de morro, se presentan en la Gráfica 2. Para obtener estos datos se utilizó el horno con aire a una ~~carga~~ $454\text{ g}/0.09\text{ m}^2$, con temperaturas experimentales de 60, 75 y 90 °C, y una velocidad de aire de 1.67 m/seg. Según se observa en la gráfica el período de secado a la temperatura de 60 °C, permitió en 9 horas reducir el contenido de humedad del fruto fresco de 68.5 a 10.9% correspondiente a 2.17 y 0.35 lbs de H_2O /lbs de materia seca respectivamente. En 5 horas a la temperatura de 75 y 90 °C, el contenido de humedad disminuyó a 9.6 y 9.2 %, correspondiendo a 0.25 y 0.27 lbs de H_2O /lbs de materia seca respectivamente.

4. - Composición química del fruto de morro fresco y procesado.

La composición química del fruto fresco, del ensilado y de las harinas integrales preparadas con morro, se presenta en el Cuadro 3. Se puede observar que el contenido de nutrientes del fruto de morro ensilado es ligeramente superior al del fruto fresco, con excepción de los carbohidratos totales los cuales son menores en el ensilado, ya que parte de ellos se liberaron con el líquido drenado durante el ensilaje.

Respecto a las harinas preparadas por diferentes procesamientos, puede observarse que dos de ellas, la secada al sol y la ensilada - secada a 60 °C, son muy similares en su contenido de nutrientes. El promedio

de estas dos harinas fue de 18.8, 12.6, 19.9, 6.5 y 35.0 % para extracto etéreo, fibra cruda, proteína, cenizas y carbohidratos totales respectivamente. Esta misma similitud se observa con el contenido de minerales. La harina preparada con morro secado a 90°C , acusó valores más bajos en todos los nutrientes, excepto en los carbohidratos totales que fue mayor que en las harinas anteriormente descritas, y en la cantidad de calcio que fue muy similar a éstas.

5. - Contenido de aminoácidos de las harinas de morro.

El contenido de aminoácidos de las diferentes harinas de morro procesadas se resume en el Cuadro 4. Los datos se expresan como g AA/gN, con el objeto de comparar las harinas de morro con el patrón de referencia de la FAO (25). Cabe señalar que las diferentes harinas muestran un bajo contenido de lisina, metionina y treonina en relación al patrón de referencia de la FAO. Los valores para lisina estan comprendidos entre 0.131 a 0.173, los de metionina entre 0.025 y 0.049 y los de treonina entre 0.159 y 0.179 para la harina ensilada - secada a 60°C , en horno a 90°C y secada al sol respectivamente. Estos valores como puede apreciarse representan aproximadamente el 42 % de la lisina, el 18% de la metionina y el 66 % de la treonina del patrón de la FAO. Por otra parte también es importante indicar que estas harinas de morro poseen mayores cantidades de arginina en comparación con el huevo y la soya, aminoácido esencial para pollos y conejos (1). Además, el contenido de triptofano

de estas harinas es comparable al patrón de la FAO.

6. - Ensayos biológicos con ratas. Índice de eficiencia proteínica (PER) y digestibilidad.

Con el propósito de evaluar la calidad nutritiva de las diferentes harinas de morro preparadas, así como para detectar posibles factores tóxicos y confirmar las deficiencias en los aminoácidos esenciales por el análisis químico de estos nutrientes se llevaron a cabo ensayos de crecimiento con ratas jóvenes, utilizando las raciones detalladas en el Cuadro 5 Sección No. IV de Materiales y Métodos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6. Como puede observarse las tres harinas preparadas tienen un bajo índice de eficiencia proteínica de 0.41, 0.56 y 0.59 para la ensilada-secada a 60 °C; secada en horno a 90 °C y secada al sol respectivamente, lo que confirma las deficiencias en aminoácidos esenciales. Cuando estas harinas se suplementaron con 0.5 g % de lisina HCl, su eficiencia proteínica mejoró significativamente alcanzando valores de 1.59, 1.73 y 2.10 para las harinas secadas en horno a 90 °C, al sol y ensilada-secada a 60 °C. La adición de 0.31 g % de metionina a la dieta basal no mejoró significativamente ni la ganancia en peso de los animales, ni su eficiencia proteínica. Estos resultados demuestran también que la deficiencia en lisina es más importante que la de metionina, ya que al agregar estos dos aminoácidos simultáneamente no se logró mejorar significativamente los valores obtenidos con sólo la suplementación de lisina. Los resultados que más se a

cercaron a los valores obtenidos con caseína respecto al índice de eficiencia proteínica fueron los obtenidos con la harina ensilada suplementada con lisina, que dió una eficiencia de 2.10 comparada con 2.68 para caseína.

Al comparar estadísticamente los PER de las distintas harinas, no se encontró diferencia significativa entre la harina de morro secado al sol y las harinas de morro secado en horno a 90°C y ensilada; sin embargo, al contrastar la harina de morro secado en horno con la harina de morro ensilado, se encuentra una diferencia significativa en PER entre los diferentes procesamientos de secado.

Todas las raciones mostraron diferencias altamente significativas en PER dentro de los tratamientos de suplementación con aminoácidos; encontrándose que dentro de los tratamientos resultaron ser mejor las raciones suplementadas con lisina y las raciones suplementadas con lisina más metionina, no mostrando diferencia mínima significativa al contrastar ambas raciones. Entre éstas, las raciones a base de harina de morro ensilado son las mejores, y al contrastar la eficiencia proteínica de la caseína con la mejor ración del ensayo se encontró una diferencia significativa.

En este mismo Cuadro se pueden observar los resultados de la digestibilidad aparente de las raciones preparadas con las harinas de morro, la cual no fue afectada significativamente por los diferentes procesamientos usados. La digestibilidad promedio para las harinas secadas al sol y en horno a 90°C , fue de 82 % y la de la harina ensilada fue de 76%.

En general puede observarse una leve mejoría en la digestibilidad de las raciones cuando éstas se suplementaron sólo con metionina.

Los resultados de la digestibilidad aparente que se muestran en el Cuadro 6 mostraron una diferencia significativa entre los diferentes procesamiento de secado. Dentro de los tratamientos de suplementación con aminoácidos en las harinas de morro secado al sol y secado en horno a 90°C , no hubo diferencia mínima significativa; las raciones de harina de morro ensilado suplementado o no con metionina mostraron mejor digestibilidad, siendo la mejor de ellas la suplementada con metionina. Al comparar los porcentajes más altos de digestibilidad de cada ración con el de la caseína, se encontró diferencia significativa, mostrando menor diferencia la ración de harina de morro secado al sol y suplementada con metionina.

7. - Ensayo biológico con pollos. (Crecimiento, eficiencia de alimento y mortalidad).

Con el propósito de evaluar la utilidad de la proteína del morro como sustituto parcial de la proteína de soya en la alimentación de aves, se llevó a cabo un ensayo de crecimiento con pollos los cuales se alimentaron con las raciones que se presentara en el Cuadro 7 y que han sido descritos en la Sección No. IV de Materiales y Métodos. Los resultados de esta evaluación se presentan en el Cuadro 8.

Debido a que hay 8 variables en este estudio, los resultados se presentaran en el siguiente orden: (a) Efecto de suplementación, (b) efecto de procesamiento y (c) efecto de sustitución de la proteína de soya por

proteína de morro.

(a) Como puede observarse en el Cuadro 8 que los parámetros estimados fueron mejores cuando las raciones se suplementaron con metionina y lisina, que sólo con lisina. Los valores promedios de todos los grupos para ganancia en peso, consumo de alimento y eficiencia de alimentación fueron de 577, 1266 y 2.2 respectivamente para los animales alimentados con las raciones suplementada sólo con lisina, mientras que los valores promedios para aquéllos alimentados con las raciones suplementadas con lisina y metionina fueron de 660, 1,176 y 1.8 respectivamente, indicando que tanto la ración control a base de soya como las raciones experimentales fueron más eficientemente utilizadas. Los datos expresados anteriormente se refieren a las raciones a base de harina secada al sol y ensilada - secada a 60°C , ya que con la harina secada en horno a 90°C , sólo se prepararon raciones suplementadas con lisina debido a que no había suficiente material para preparar las raciones suplementadas con lisina y metionina.

b) En general los resultados señalan que la harina secada al sol y la ensilada - secada a 60°C , son mejores desde el punto de vista nutricional, que la harina secada en horno a 90°C , ya que con ellas se obtuvo ganancias en peso y eficiencias de alimentación ligeramente superiores a esta última.

c) Respecto a la sustitución de la proteína de soya por proteína de morro puede apreciarse en el cuadro de resultados que en las raciones

suplementadas con lisina y lisina + metionina puede sustituirse hasta el 40 % de la proteína de soya por proteína de morro secada al sol y ensilada - secada a 60 °C, sin que se afecte significativamente el consumo de alimento, la ganancia en peso y la eficiencia del alimento. Con la harina secada en horno a 90 °C, solamente puede sustituirse el 20 % de la proteína de soya por proteína de morro. Vale la pena mencionar que en este ensayo con pollos no hubo mortalidad, y que los animales se mantuvieron sanos y con buen apetito durante todo el período de experimentación, indicando que no habían factores tóxicos en las raciones preparadas con las harinas de morro.

En este ensayo biológico, no fue factible aplicar ningún diseño estadístico, ya que los valores promedios obtenidos, procedían de grupos de 10 animales en bloque.

8. - Separación de las semillas y de la pulpa por tratamientos enzimáticos.

Como ya se indicó en la sección de materiales y métodos, se realizaron cinco experimentos para la separación de la semilla de morro cuyos resultados se describirán siguiendo el orden expuesto en dicha sección. En la Gráfica 3, se resumen los resultados y las condiciones experimentales de las primeras pruebas realizadas a nivel de laboratorio para separar las semillas del fruto de morro aplicando las enzimas Ultrazym 100, Macerozimas y Celulasa a diferentes concentraciones.

El porcentaje de separación de semilla se determinó decantando el líquido con la pulpa hidrolizada y recolectando las semillas que quedaban en el fondo del recipiente. Bajo estas condiciones, el mejor efecto de separación se obtuvo cuando se utilizó una concentración de 8×10^{-4} g% para la Ultrazym 100, y a 1.0 g % para la macerozimas y celulasa. Puede observarse que el mejor rendimiento de semilla separada se obtuvo con la celulasa, alcanzando hasta 33.5% de separación, en contraste con la Ultrazym 100 y la macerozimas con las que se obtuvo solamente 29.5 y 25 % de semilla separada, respectivamente.

Para el segundo ensayo de separación de semillas, se utilizaron las mismas enzimas del primer experimento pero en condiciones diferentes. Además se utilizó también una mezcla de las tres enzimas con el propósito de observar un posible sinergismo entre ellas que favoreciera la hidrólisis de la pulpa y la separación de la semilla. Los resultados obtenidos y las condiciones se presentan en la Gráfica 4. Los resultados demuestran que bajo las condiciones utilizadas, a las 3 horas de maceración en ninguna de las muestras se logró separar las semillas. A las 24 horas, se obtuvieron valores de 24 % para la macerozimas, 35 % para la ultrazym 100, 40.5% para la celulasa, y 36.3 % para la mezcla de las 3 enzimas, demostrando la celulasa como en el caso anterior, un mejor efecto de hidrólisis. Prolongando el tiempo de maceración enzimática en las mismas condiciones no se favorece significativamente la separación de las semillas.

En el tercer experimento se llevaron a cabo cinco ensayos con muestras del fruto de morro homogenizado, utilizando el pulpero para la separación mecánica de las semillas. En los cinco ensayos realizados se logró separar de las muestras el total de las semillas, permitiendo recuperar la pulpa en forma de puré.

El cuarto experimento tuvo por objeto determinar el tiempo de remojo mínimo para obtener el mayor porcentaje de semilla separada con el pulpero, ya que en el experimento anterior se había utilizado 8 horas de remojo. Para este propósito se utilizó remojo con agua y con solución de celulasa al 1.0 %. Los resultados obtenidos se presentan en la Gráfica 5. Pudo observarse que el tiempo de remojo del fruto homogenizado es muy importante para la separación de la semilla, ya que experimentalmente se pudo comprobar que cuando el tiempo de remojo o maceración es menor las muestras con o sin tratamiento enzimático ocasionan dificultades en el funcionamiento del pulpero. Estas dificultades en el pulpero se deben principalmente a que las aspas que giran dentro del cilindro de malla, tienden a detener su rotación cuando la pulpa no está lo suficientemente suave para presionarla contra la malla y tirarla en forma de puré. Aumentando a 8 horas el tiempo de remojo, no se presentan estas dificultades y se puede separar el total de las semillas rápidamente.

VI. DISCUSION.

1. - El morro o jícara, como recurso natural de Centro América.

Las posibilidades que el morro ofrece para usos agrícolas e industriales pueden deducirse al considerar el Cuadro 1, donde se muestra que cada fruto de morro contiene 150 gramos de materia comestible, de los cuales 70 gramos son de semilla y 80 gramos son de pulpa. Considerando que cada árbol de morro produce un promedio de 750 frutos por año, puede calcularse que cada árbol ofrece anualmente 112 kg de materia comestible, de los cuales 52. kg. son de semilla y 60. 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, por lo tanto una manzana con este cultivo daría 16,875 kg de pulpa + semilla, (material fácilmente ensilable como se discutirá más adelante) de los cuales 7,895 kg serían sólo de semilla y 9,000 kg de pulpa; todo este material tendría aproximadamente 70 % de humedad. Reduciendo esta humedad al 8 % que es la humedad de la semilla de morro seca que venden en el mercado, tendríamos un rendimiento por manzana de 5,512 kg. de material comestible (pulpa + semilla), de los cuales 2,475 kg son de semilla y 3,037 kg de pulpa seca.

Estudios anteriores realizados en la División de Ciencias Agrícolas y Alimentos (27), demostraron que la semilla seca de morro no es tóxica y que posee 33 % de aceite y 25 % de proteína, por lo tanto una manzaa

na cultivada de morro daría potencialmente 817 kg. de aceite y 619 kg. de proteína aptos para consumo humano, procedente únicamente de la semilla, cantidad de nutrientes que es superior a muchos cultivos tradicionales del área centroamericana. Cabe mencionar que estos datos y cálculos se refieren únicamente a la variedad alata y no a otras variedades como la cujete que poseen menor cantidad de semillas. Además, es también interesante considerar la cantidad de cáscara producida por manzana la cual sería alrededor de 4.6 toneladas secas, las que podrían perfectamente ser utilizadas como combustible, haciendo en esta forma más económico el procesamiento del material comestible.

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 consideran que el morro mejora el sabor y la producción de leche.

2. - Conservación y almacenamiento del fruto de morro.

El almacenamiento y conservación del fruto de morro en tiempos de cosecha se ha considerado como uno de los problemas que limitan su utilización, ya que si el fruto no está completamente seco y se almacena en lugares húmedos se contamina de hongos y se deteriora. Los resultados obtenidos en el presente trabajo con morro fresco ensilado durante 90, 145 y 180 días indican que este material puede ser almacenado en esta forma sin que sufra ningún deterioro en sus propiedades organolépticas,

químicas y nutricionales, demostrado por los análisis químicos y las pruebas biológicas con ratas y pollos. Se pudo constatar que la fermentación que sufre este material durante el ensilaje favorece el desarrollo de un olor más agradable y aumenta un poco más su contenido de proteína y grasa. La pérdida de carbohidratos solubles en los líquidos drenados durante el almacenaje es relativamente pequeña y no altera significativamente su valor nutritivo. El aumento de proteína y grasa durante el ensilaje puede deberse a la transformación que las bacterias anaeróbicas ejercen sobre los carbohidratos, ya que éstos disminuyeron durante este proceso sirviendo como sustrato para el crecimiento bacteriano.

Las pruebas de ensilaje realizadas en el presente trabajo se llevaron a cabo en silos pequeños experimentales, pero consideramos que los datos obtenidos pueden extrapolarse a silos más grandes, que tengan capacidad suficiente para almacenar grandes cantidades de frutos de morro. Esta técnica favorecería el almacenamiento de las cosechas, conservando el material en buen estado para procesarlo en forma de harina y para obtener la semilla y la pulpa o para ofrecerlo fresco a los animales, solo o combinado con otros productos alimenticios, como harina de soya o harina de algodón, favoreciendo en esta forma el valor nutritivo de otras materias primas usadas en la alimentación animal.

En este estudio se ensiló únicamente el fruto sin cáscara, pero sería interesante también hacer pruebas de ensilaje del material entero, es decir molido con todo y cáscara y luego ensilado, para ofrecerlo fresco

como alimento a monogástricos y rumiantes para observar las reacciones de estos animales. Es posible que durante el ensilaje se hidrolece parte de la cáscara y ésta no sea un factor determinante en el consumo de este alimento. Esta técnica haría más económico el proceso del ensilaje ya que se disminuiría la etapa de separación de la cáscara del fruto, y parte de la cáscara serviría como relleno para raciones de animales mayores como los rumiantes.

Otra forma que sería interesante explorar es el ensilado del morro entero molido junto con otros materiales como pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, planta de maíz y otros pastos utilizados en nutrición animal, con lo cual quizás se favorecería una buena fermentación y el desarrollo de un producto apetecible para los animales.

3. - Deshidratación del fruto de morro para la preparación de harinas.

Otra forma de conservación del fruto de morro que se investigó en este trabajo fue la deshidratación del material al sol y en horno con aire a temperaturas de 60, 75 y 90 °C. La deshidratación al sol es un método lento, el cual necesitó alrededor de dos semanas para secar el material, pero considerando que el fruto de morro se produce en los climas calientes donde el sol es intenso desde la mañana hasta entrada la tarde, este sería un método de secado sumamente económico especialmente para aquellos lugares menos favorecidos por los avances tecnológicos. Hay que

considerar que las pruebas de secado al sol se llevaron a cabo en la ciudad de Guatemala, donde la temperatura ambiente promedio es de 22°C , y que estas pruebas fueron realizadas en época de invierno cuando la humedad relativa del medio ambiente es mayor que en verano. Posiblemente al realizar estas pruebas en las zonas más calientes del país especialmente donde se produce el morro (como Zacapa y otros departamentos) el número de días necesarios para deshidratar este material sería menor. La deshidratación al sol a pesar de ser más lenta es también menos drástica, ocasionando menores pérdidas en nutrientes que otros métodos más rápido y eficientes.

En el proceso de deshidratación en horno el tiempo fue menor que al sol, lográndose secar en 22 horas a temperatura de 90°C , la misma cantidad de material secado al sol durante dos semanas. Las curvas de deshidratación obtenidas a temperaturas de 60 , 75 y 90°C , sugieren que el fruto de morro es un material bastante difícil de deshidratar, ya que a 60°C se logró obtener un porcentaje de humedad cerca del 11 % en un período de 9 horas; a temperaturas de 75 y 90°C , se alcanzó una humedad cerca del 9 % en un período de 5 horas, sin alcanzar todavía el período de difusión en las curvas de deshidratación. Comparando estos resultados con los obtenidos en la pulpa de café (40) en la cual la humedad se redujo de 85 % a 6 % en un período de 3.4 horas en condiciones similares de carga y a una temperatura de 75°C , nos indican que el secado del fruto de morro es un proceso bastante más tardado que para otros materia-

les, debido posiblemente al alto contenido de azúcares, lo cual ocasiona también que este material deshidratado sea difícil de moler, ya que con facilidad se atascan las cuchillas de los molinos, siendo necesario moler lo lentamente para evitar este problema. Las harinas preparadas con los materiales deshidratados tienen una apariencia negruzca, un olor agradable y un sabor bastante dulzón, razón por la cual son apetecidos por los animales. Este material deshidratado puede conservarse sin ningún problema por tiempo prolongado ya que durante este trabajo se almacenó harina secada al sol durante dos años sin que sufriera ningún deterioro.

4. - Composición Química de las harinas de morro.

Las tres harinas de morro preparadas: secada al sol, en horno a 90°C y ensilada secada a 60°C tienen una composición química similar, siendo la secada en horno a 90°C la que contiene menores cantidades de extracto etéreo y proteína. Esto se debe posiblemente a pérdidas de compuestos volátiles grasos y nitrogenados durante el secado a 90°C .

Respecto a la composición de aminoácidos de estas harinas el análisis químico demostró que su deficiencia principal es en metionina, hecho que no pudo corroborarse con los ensayos biológicos en ratas como se discutirá más adelante. Esta deficiencia en metionina es característica de las semillas oleaginosas (6) lo cual se esperaba debido a las cantidades altas de aceite que posee procedente principalmente de las semillas que contiene. La otra deficiencia principal es en lisina, la cual fue corro

borada ampliamente por los ensayos biológicos y es un aminoácido sumamente deficiente en muchos cereales (21, 22 y 23). Es importante llamar la atención sobre el alto contenido de arginina y la cantidad de triptofano que poseen estas harinas, ya que este último aminoácido se encuentra en cantidades muy similares al patrón de la FAO (25) y es un aminoácido limitante en el maíz y otros cereales (21, 22 y 23) utilizados en Centroamérica para consumo humano y animal, mientras que el primero es esencial para el crecimiento y mantenimiento de aves y conejos (1).

De acuerdo con el patrón de la FAO, estas harinas tienen también un bajo contenido en treonina, aminoácido esencial para humanos y animales muy deficiente en el arroz (26).

En general los valores de los aminoácidos de la harina preparada con morro secado en horno a 90°C , fue un poco menor que la harina seca al sol y a 60°C , lo que corrobora las pérdidas nitrogenadas ocurridas a temperaturas de 90°C y discutidas al inicio de esta sección.

5.- Ensayos biológicos.

A). Ratas.

Como era de esperarse por los análisis químicos, el valor nutritivo de las harinas de morro fue bastante bajo cuando éstas se consumieron en raciones con 10 % de proteína, debido a que a este nivel proteico en la ración para ratas se acentúan las deficiencias de los aminoácidos esenciales. Llama la atención, sin embargo, que cuando las raciones se suple-

mentaron con metionina, aminoácido más deficiente por análisis químico, las respuestas de las ratas a la ración suplementada fue casi nula, en cambio respondieron satisfactoriamente cuando la ración se suplementó con lisina. Este hecho de falta de respuesta a la suplementación con metionina, no se puede explicar completamente, aunque posiblemente sea debido la deficiencia de treonina, aminoácido que no se suplementó en este experimento. Es posible que al existir una deficiencia de treonina en la dieta se aumentan los requerimientos de metionina, ya que estos dos aminoácidos son bastante similares químicamente, y que la cantidad de metionina suplementada no haya sido lo suficientemente alta para cambiar las respuestas de los animales; en cambio la lisina es un aminoácido químicamente diferente de la treonina y de la metionina, y las cantidades usadas para la suplementación fueron suficientes para mejorar el valor nutritivo de la dieta. El hecho de que la dieta no mejoró nutricionalmente al ser suplementada con lisina y metionina al mismo tiempo, más allá de la mejora obtenida con sólo lisina, indica que quizás el razonamiento anterior sea correcto. La otra posibilidad de explicar la falta de respuesta de las ratas a la suplementación con metionina podría ser una menor disponibilidad biológica de algún aminoácido esencial que el análisis químico hubiera señalado como presente en la proporción correcta, ya que no se alcanzó el índice de eficiencia proteínica del control. Resultados similares se reportan en estudios hechos con la semilla de morro respecto a la falta de respuesta de las ratas a la suplementación con metionina (27). Estos

resultados con ratas ameritan un estudio más profundo con el objeto de dilucidar este problema y encontrar la forma más correcta de mejorar nutricionalmente esta fuente de proteína.

B) Pollos.

En los ensayos con pollos se sustituyó la proteína de soya por proteína de morro en proporciones de 20, 40 y 60 %. Esta proteína de morro provenía de harinas secada al sol, secada en horno a 90 °C y ensilada - secada a 60 °C. Los animales se dividieron en grupos de los cuales unos fueron suplementados con lisina y otros con lisina y metionina.

a) Efecto de suplementación. -

Con los pollos se obtuvo resultados diferentes a los de las ratas, ya que respondieron mejor a la suplementación de las dietas con lisina y metionina, que sólo con lisina. Este efecto pudo haber sido debido únicamente a la presencia de metionina, ya que la soya es deficiente en metionina (6), pero tiene cantidades suficientes de treonina y lisina, lo cual corregía la deficiencia de estos aminoácidos en el morro, quedando únicamente la metionina como factor limitante de ambas proteínas. El efecto de la suplementación con lisina no puede evaluarse ya que no se utilizó una dieta control a base de estas harinas sin la adición de lisina.

b) Efecto de procesamiento.

En este ensayo con pollos los animales respondieron mejor con a-

quellas raciones a base de harina de morro secada al sol y ensilada - seca da a 60°C en comparación con la harina secada a 90°C . Parece ser que la temperatura baja es mejor que temperaturas altas de deshidratación, ya que en éstas últimas fácilmente ocurre la reacción de Maillard (em - pardeamiento ~~no-enzimático~~) especialmente con productos como el morro que son muy ricos en carbohidratos. Este fenómeno explicaría la menor respuesta de los pollos con harinas secadas a 90°C en comparación con otros tratamientos menos drásticos. Ahora bien, si un estudio económico demuestra que la deshidratación del morro es más rentable a 90°C , valdría la pena sacrificar un poco el valor nutritivo, para que este material fuera más disponible, ya que realmente la disminución en valor nutritivo en este ensayo con pollos no fue excesiva.

c) Efecto de sustitución de proteína de soya por proteína de morro.

Los resultados del ensayo con pollos señalan que es factible la sustitución hasta del 40 % de la proteína de soya por proteína de morro sin que afecte significativamente el consumo de alimento, la ganancia en peso o la eficiencia de alimentación de los animales, ya que este material carece de toxicidad y parece que tiene buena palatabilidad para los animales.

Estas propiedades del morro valdría la pena explotarlas en la crianza de aves, ya que se puede observar año con año, una menor disponibilidad de fuentes proteínicas de origen vegetal para la alimentación de animales domésticos.

6. - Separación de las semillas.

Uno de los factores que ha limitado la utilización de la semilla de morro, ha sido el proceso rudimentario que se utiliza para extraerla del fruto, el cual consiste en macerar el fruto con agua y lavarlas hasta que la semilla queda liberada de la pulpa fibrosa. Este proceso es sumamente costoso y hace que la disponibilidad de la semilla sea baja en el mercado. En el presente estudio se desarrolló una técnica sencilla para separar la semilla en una forma más eficiente la cual puede aplicarse industrialmente para aumentar la disponibilidad de la semilla y por lo tanto la producción de aceite y proteína. El método de separación de la semilla se presenta en el Diagrama 1.

El fundamento de la técnica desarrollada consistió en utilizar el pulpero, aparato que también puede ser usado en la preparación de jugos, purés y jaleas. A pesar de que en este trabajo se utilizó el pulpero para obtener la semilla, la compra de este equipo no es absolutamente necesaria, ya que con un poco de imaginación, se puede fabricar un aparato similar a un costo reducido. Básicamente, este aparato consistiría en un tonel de metal cuyas paredes estén perforadas con agujeros lo suficientemente grande para que pase a la parte exterior del puré de la pulpa, pero que impida el paso de las semillas. Dentro del tonel pueden girar aspas de madera sostenidas por un eje cuya función sería presionar la mezcla de la pulpa con semilla, contra las paredes perforadas del tonel con el objeto de que la pulpa pase al exterior y se conserve la semilla en el inte-

rior del aparato. Todo el equipo puede estar colocado en una forma horizontal para facilitar la operación. Este equipo es similar a un tostador rotatorio pero con los cambios mencionados anteriormente para llenar la función de separar la semilla de la pulpa.

Este proceso tiene la ventaja de que la pulpa rica en carbohi-
dratos no se pierde, como en el proceso rudimentario actualmente utilizado, y puede ser usada directamente para alimentación animal o para pre-
parar ensilajes con materiales fibrosos menos ricos en carbohidratos so
lubles. De esta forma se favorecería la fermentación anaeróbica durante
el ensilaje y se le daría a los alimentos un sabor y olor más agradables.

7.- Notas finales sobre la utilización integral del fruto morro.

Como ya mencionamos en diferentes partes de este trabajo, el mo-
rro es un recurso natural centroamericano que no ha recibido la atención
necesaria para ser explotada industrialmente. La revisión de literatura
científica nos indica que han sido muy escasos los trabajos de investigación
aplicados a esta fuente de nutrientes por lo que incluimos en este trabajo
de tesis la figura 1 que resume las investigaciones realizadas en la Divi-
sión de Ciencias Agrícolas y Alimentos del INCAP sobre esta materia pri
ma, en el que se pueden apreciar los productos obtenibles del morro y su
aplicación en nutrición humana y animal.

8.- Sugerencias para futuros trabajos de investigación sobre el morro y sus productos.

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio; se sugiere que sería valioso continuar las investigaciones en los siguientes temas:

- a) Como sustituto de cereales en concentrados para alimentación animal, especialmente en aves.
- b) Como fuente de proteína y energía, con el fruto ensilado en raciones para cerdos y conejos.
- c) Investigar en ensayos biológicos con ratas, la deficiencia del aminoácido treonina determinado por análisis químico.
- d) Como suplemento en raciones para mejorar la palatabilidad de algunos materiales limitados en su utilización por este factor, por ejemplo la pulpa de café.
- e) Ampliar la determinación de nutrientes en el jarabe del fruto, en los líquidos drenados en el proceso de ensilaje, y en el puré de la pulpa que queda como residuo después de la separación de la semilla con el objeto de explorar la posible utilización de estos sub-productos en nutrición animal.
- f) Iniciar investigaciones agrícolas formales para determinar las características agronómicas de estas plantas con el propósito de fomentar su cultivo.

Para finalizar este trabajo de tesis se considera necesario hacer un llamado a los Ministerios de Agricultura de Centroamérica para que se in

teresen en el estudio agrónomo del morro o jícaro y fomenten su cultivo, ya que puede ser competitivo como fuente de alimento, proteína y aceite, con otros productos como la semilla de algodón y la palma africana.

VII. RESUMEN.

El presente trabajo se llevó a cabo con tres propósitos:

1o. - Establecer una técnica sencilla y eficiente para la separación de la semilla del fruto de morro, ya que hasta la fecha la técnica usada para obtener las semillas es muy rudimentaria y limita su disponibilidad en el mercado.

2o. - Establecer las condiciones óptimas de procesamiento y conservación del fruto sin cáscara ya que parte de la producción se pierde por falta de almacenamiento adecuado.

3o. - Evaluar química y nutricionalmente el fruto completo de morro y sus productos, debido a que esta fuente de nutrientes no ha sido estudiado integralmente. Los resultados obtenidos pueden resumirse como sigue:

Con los ensayos para la separación de las semillas del fruto después del rompimiento de la pulpa, se pudo establecer que 8 horas de remojo seguido de procesamiento mecánico con el pulpero es el método más

eficiente para obtener toda la semilla; además, se recupera la pulpa en forma de puré, la cual puede ser utilizada en nutrición animal.

Los métodos de secado utilizados con el fruto homogenizado, fueron, temperatura ambiente expuesto al sol durante 14 días para reducir el contenido de humedad a 8,9 % y deshidratación en horno a 90 °C, con lo cual se logro reducir el contenido de humedad hasta el 5 % en 22 horas. Con estos productos deshidratados se prepararon harinas integrales de morro que fueron evaluadas química y biológicamente.

El método de almacenamiento empleado con el fruto de morro fue por el sistema de silos, por períodos de 90, 145 y 180 días, lográndose obtener al final de éstos un material libre de contaminación por hongos, de muy buena apariencia y de olor muy agradable. Con el material ensilado, también se preparó harina por deshidratación a 60 °C para su evaluación química biológica.

Los resultados del análisis químico proximal del fruto fresco y ensilado revelaron en este último un ligero aumento en el contenido de extracto étereo, fibra cruda, proteína y cenizas, debido en parte a la pérdi da de líquidos y carbohidratos durante el ensilaje, y posiblemente también al crecimiento bacteriano durante la fermentación. Los resultados del análisis químico próximo de las harinas preparadas con los diferentes procesamientos de conservación y temperatura, revelaron que en la harina secada en horno a 90 °C, el contenido de nutrientes es menor, con excepción de los carbohidratos totales, que en las harinas secadas al sol y

ensilado-secado a 60 °C, lo que se atribuyó a pérdidas de compuestos volátiles grasos y nitrogenados por la temperatura de 90 °C. El análisis de los aminoácidos indicó que las harinas de morro son deficientes en metionina, lisina y treonina en comparación con el patrón de referencia de la FAO.

En lo que se refiere a la evaluación biológica con ratas, se encontraron valores promedios bajos del índice de eficiencia proteínica, para las raciones preparadas a base de harina de morro sin suplemento. Estos valores aumentaron acercándose más a los de la caseína, que sirvió como control, cuando las raciones fueron suplementadas con lisina o con lisina + metionina. Sin embargo al suplementar las raciones sólo con metionina, los valores promedios del PER no mejoraron significativamente, lo que se atribuye a la falta de suplementación de las dietas con treonina, que es el otro aminoácido deficiente en estas harinas.

En el ensayo biológico con pollos se prepararon raciones sustituyendo la proteína de soya a niveles de 20, 40 y 60 %, por proteína de morro procedente de las harinas secada al sol, secada en horno y ensilada-secada a 60 °C. Parte de estas raciones fueron suplementadas con lisina y la otra con lisina y metionina; sólo con la harina secada en horno a 90 °C no fue posible preparar raciones suplementadas con lisina y metionina, ya que no se disponía de suficiente harina para estas raciones. Los resultados de crecimiento, consumo de alimento e índice de eficiencia de alimento fueron mejores cuando las raciones se suplementaron con lisi-

na y metionina que sólo con lisina, hecho que se atribuye a la deficiencia de metionina tanto en el morro como en la soya. Estos resultados demostraron que es posible sustituir hasta el 40 % de la proteína de soya por proteína de morro cuando se suplementaron las raciones con metionina, sin que se afecte el índice de eficiencia de alimento, la ganancia en peso y el crecimiento de los animales. Cabe señalar que en este ensayo con pollos no hubo mortalidad, lo que indica que el morro no posee factores tóxicos.

En la discusión de este trabajo se incluyen cálculos sobre la producción de frutos de morro por manzana de terreno cultivada, y estimaciones sobre rendimientos en proteína y aceite derivados de estas plantas. Asimismo, se presenta un diagrama global sobre los productos preparados con morro y su utilización en nutrición humana y animal.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Adamson, I y H. Fisher "Amino acid requirement of the growing rabbit: an estimate of quantitative needs". J. Nutr., 103: 10306-1310. 1970.
- 2.- Aguirre de Aguilar, M. L. Efecto de la administración de niveles altos de gossipol sobre el crecimiento de gallinas, la producción de huevos y su calidad proteica. Tesis (Licenciado Químico-Farmacéutico) - Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala, 1968. 44 pp.
- 3.- Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D. C. Official Methods of analysis of the AOAC. 11th ed. Washington, D. C., 1970. 1015 p.
- 4.- Barnett, A. J. G. Silage fermentation. New York, Academic Press Inc., 1954. 208 p.
- 5.- Bateman, J. V. Nutrición animal; manual de métodos analíticos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID [1970] 468. p.
- 6.- Braham, J. E.; J. M. González y R. Bressani. "Uso de recursos alimenticios centroamericanos, para el fomento de la industria animal. III. Composición química y contenido de aminoácidos de la semilla y harina de frijol de soya, girasol y maní". Turrialba, 19:449-454. 1969.
- 7.- _____; R. Bressani, N. R. Escobar y A. Aguirre. "Uso de la torta de semilla de algodón en raciones balanceadas para cerdos en proceso de crecimiento". Turrialba, 12:75-79. 1962.
- 8.- _____; R. Bressani, A. Aguirre y R. Arroyave. "Desarrollo de una ración práctica para la alimentación de pollos. II. Uso de varios suplementos". Turrialba, 13:221 - 226. 1963.
- 9.- Braverman, J. B. S. Introducción a la bioquímica de los alimentos. ... Traducción española [del original en inglés] por Bernabé Sanz Pérez y Justino Burgos González. Barcelona, Ediciones Omega S. A. [1967] pp. 11-124.

- 10.- Bressani, R. ; J. E. Braham, A. Aguirre y R. Arroyave. "Desarrollo de una ración práctica para la alimentación de pollos. I. Uso de la harina de algodón y ajonjolí". Turrialba. 13:213-220. 1963.
- 11.- _____; y L. G. Elías. "Processed vegetable protein mixtures for human consumption in developing countries". Advan. Food Res., 16:6-78. 1968.
- 12.- _____; R. Jarquín, L. G. Elías y J. E. Braham. "Análisis químico de la harina de almendra de conacaste (Enterolobum Cyclocarpum) y su evaluación biológica en ratas y pollos". Turrialba, 16:330-339. 1966.
- 13.- _____. "Evaluación biológica de las proteínas." En: [Conferencia sobre Recursos Proteínicos en América Latina, Guatemala, INCAP, 24-27 de Febrero de 1970. Editores M. Béhar y R. Bressani. [Guatemala, INCAP, 1971] pp. 21-52. (INCAP L-1)
- 14.- Calderón, S. Flora salvadoreña; lista preliminar de plantas de El Salvador. 2a. ed. San Salvador, Imprenta Nacional, 1941. p. 254.
- 15.- Colowick, S. P. y N. D. Kaplan. Methods in enzymology. New York, Academic Press, 1955, Vol. I. pp. 175-177.
- 16.- Cruess, W. V.; R. Quachia y K. Ericson. "Pectin enzymes in wine making". Food Technol., 9:601-607. 1955.
- 17.- Delgado Cáceres, M. Estudios de semilla de jícara y algunas de sus características, (Crescentia alata H. B. K). Monografía de grado (Licenciado Químico) - Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias y Letras. León, Nicaragua, 1973. 84 p.
- 18.- Deuel, H. y E. Stuta. "Pectic substances and pectic enzymes". Advan. Enzymol., 20:341-382. 1958.
- 19.- Dubois, M.; K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers y F. Smith. "Colorimetric method for the determination of sugars and related substances". Anal. Chem., 28:350-356. 1956.
- 20.- Ensminger, M. E. Zootecnia general. [Traducción al español de 6a. ed. original en inglés] México, Centro Regional de ayuda Técnica, AID [1973] 912 p.

21. - Elías, L. G. "Utilización de subproductos de trigo de maíz en la elaboración de alimentos ricos en proteína". En: [Conferencia sobre] Recursos Proteínicos en América Latina, Guatemala, INCAP, 24-27 de Febrero de 1970. Editores M. Béhar y R. Bressani. [Guatemala, INCAP, 1971] pp. 396-418. /INCAP L-1/.
22. - _____ y R. Bressani. "Valor proteínico de los subproductos de la industria del trigo. I. Composición química y suplementación del granillo del trigo con aminoácidos" Arch. Latinoamer. Nutr., 20:403-414. 1973.
23. - _____ y R. Bressani. "Valor Proteínico de los subproductos de la industria del trigo. Complementación y suplementación del granillo de trigo con concentrados proteínicos". Arch. Latinoamer. Nutri, 23:95-111. 1973.
24. - Fiske, C. H. y Y. Subbarow. "The colorimetric determination of phosphorus". J. Biol. Chem., 66:375-400. 1925.
25. - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Energy and protein requirements. Raport of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Rome, 22 March-2 April, 1971, Published by FAO and WHO, Geneva, 1973. 118 p. (FAO, Nutrition meetings raport series, No. 52 and WHO, Technical raport series, No. 522).
26. - Gómez Brenes, R. A. "Enriquecimiento de los cereales y sus productos con concentrados proteínicos y aminoácidos, o ambos: aspectos nutricionales". En: [Conferencia sobre] Recursos Proteínicos en América Latina. Guatemala, INCAP, 24-27 de Febrero de 1970. Editores M. Béhar y R. Bressani. [Guatemala, INCAP, 1971] pp. 333-352. (INCAP L-1).
27. - Gómez Brenes, R. A. y R. Bressani. "Evaluación nutricional del aceite y de la torta de semilla de jícara o morro (Crescentia alata)". Arch. Latinoamer. Nutr., 23:225-242. 1973.
28. - Groot, A. P. de. "The influence of dehydration of food on the digestibility and the biological value of the protein". Food Technol., 17:339-345. 1963.

- 29.- Hahny, G. J. y E. T. Reese. "Cellulases and ther applications".
In: A symposium sponsored by the Division of Cellulose, Wood,
and Fiber Chemistry, at the 156th meeting of the Américan Che-
mical Society, Atlantic City, N.J., Sept. 11-12, 1968. George
J. Hahny & Elwy T. Reese, symposium co-chairmen. Washing-
ton, D. C., American Chemical Society, 1969. 470 p. (Advances
in chemistry series, 95).
- 30.- Hegsted, D.; Mh R. Milla, C. Elvelhjem y E. Hart. "Choline in
the nutrition of chicks". J. Biol. Chem., 138:459-466. 1941.
- 31.- Heuser, G. F. La alimentación en avicultura. Traducción al cas-
tellano de la 2a. ed. en inglés por José Luis de la Loma. Méxi-
co Edit. Hispano Americana. [1963] pp. 196-211.
- 32.- Jackson, S. H. "Determination of iron in biological material". Ind.
Eng. Chem. Anal., 10:302-304. 1938.
- 33.- Jarquín, R; J. E. Braham, J. M. González y R. Bressani. "Eva-
luación del valor nutritivo de subproductos del camarón en la a-
limentación de pollos". Turrialba, 20:160-167. 1972.
- 34.- _____; M. González, R. Oliva, L. A. Lamm, L. G. Elías y R.
Bressani. "Estudio del uso de harina de semilla de algodón en
el crecimiento y engorde de cerdos". Arch. Latinoamer. Nutr.,
18:39-63. 1968.
- 35.- Kelly, J. F.; A. Firman y H. L. Adams. "Microbiological methods
for the estimation of methionine content of beans". [Paper pre-
sented at the Tenth Dry Bean Research Conference. Davis, Cali-
fornia, August 13, 1970] 8 p. [USDA-ARS 74-56, Feb., 1971]
Mimeografiado.
- 36.- Lowry, O. H. y J. A. López. "The determination of inorganic phos-
phate in the presence of labile phosphate esters" J. Biol Chem.,
162:421-428. 1946.
- 37.- Manna, L. y S. M. Hauge. "A possible relationship of vitamin B₁₃ to
orotic acid". J. Biol. Chem., 202:91-96. 1953.
- 38.- McDonald, P.; R. A. Edwards y J. F. D. Greenhalgh. Nutrición
Animal. Traducción al castellano de la 1a. ed. en inglés por
Aurora Pérez Torrone. Zaragoza [España] Edit. Acribia
[1969] pp. 301-308.

- 39.- Mitchell, H. H. "The biological value of protein at different levels of intake". J. Biol. Chem., 58:905-922. 1923.
- 40.- Molina, M. R.; G. de la Fuente, H. Gudiel y R. Bressani. "Pulpa y pergamino de café. VIII. Estudios básicos sobre la deshidratación de la pulpa de café", Turrialba, 24:280-284. 1974.
- 41.- Moos, M. L. y M. G. Mellon. "Colorimetric determination of iron with 2,2' -bipyridyl and with 2,2' ,2'' -terpyridyl". Ind. Eng. Chem. Anal., 14:826-865. 1942.
- 42.- Neubeck, C. E. "Pectic enzymes in fruit juice technology". J. Assoc. Offic. Agr. Chemist., 42:374-382. 1959.
- 43.- Potter, N. N. La ciencia de los alimentos. [Versión española de la original en inglés por Anita Yates]. México, Edutex S. A. [1975].
- 44.- Reed, G. Enzymes in food processing. [by] G. Gerald with a contribution by L. A. Underkofler.. New York, Academic Press, 1966. 483 p. [Food science and technology, a series of monographs].
- 45.- Steele, B. F.; H. E. Sauberlich, M. S. Reynolds y C. A. Baumann. "Media for *Leuconostoc mesenteroides* P-60 and *Leuconostoc citrovorum* 8081". J. Biol. Chem., 177:533-544. 1949.
- 46.- Snedecor, G. W. y W. G. Cochran. Statistical Methods. 6a. ed. Iowa, The Iowa State University Press, 1967 593 p.
- 47.- Sumner, J. B. y K. Myrback. The enzymes, chemistry and mechanism of action. New York, Academic Press, 1951. Vol I pp. 725-768.
- 48.- _____ y G. F. Somers. Enzymes chemistry and method of enzymes. 3er. ed. New York, Academic Press, 1953. pp 128-129.
- 49.- Van Arsdel, W. B. "Food dehydration. Principles". In: Food dehydration, edited by W. B. Van Arsdel and M. J. Copley. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Co., Inc. [c1963]. pp. 102-117.

- 50.- Walters H. A. y J. J. Elphick. Biodeterioration of materials, microbiological and allied aspects. London, Elsevier Publishing, Co. Ltd., 1968. pp. 62-78.
- 51.- Yakult Biochemical Co., Ltd. Shingikando, Nishinomiya, Japan. Celulasa "onozuka". Japan [1975?] pp. 1-9. (Enzymes for pharmaceutical food and industrial uses, technical information).
- 52.- _____. Macerozyme; macerating enzyme, cell separating enzyme. Japan [1975?] pp. 1-8. (Enzymes for pharmaceutical food feed and industrial uses, technical information).
- 53.- _____. Applications of cellulase "onozuka" and macerozyme. Japan [1971] pp. 12 (Enzymatic isolation of living cells and their protoplasts from higher plants).

IX. APENDICE

CUADRO 1.

BALANCE DE MATERIALES DEL FRUTO DE MORRO O JICARO

Fracciones anatómicas del fruto	Pesos promedios g	Distribución porcentual	Distribución porcentual
Fruto entero con cáscara	269.5 \pm 20.4*	100.0	- -
Fruto entero sin cáscara (pulpa semilla)	152.4 \pm 13.2	55.7 \pm 1.8	100.0
Cáscara	123.1 \pm 12.0	44.3 \pm 1.8	- -
Semilla (húmeda)	67.4 \pm 0.4	- - -	44.2 \pm 0.4
Pulpa (húmeda)	81.0**	- -	55.8 -

* \pm error estándar

** cálculo por diferencia

CUADRO 2.

RESULTADOS DEL CONTROL DE ENSILAJE DEL FRUTO DE MORRO FRESCO

Días de ensilaje	Material fres- co ensilado (pulpa + semilla) Kg	Volúmen drenado ml	Rendimiento de harina seca* Kg	Carbohidratos li- bres totales en líquido drenado g
90	22.2	1422.0	5.3	173.3
145	21.4	521.0	5.6	73.9
180	24.0	2172.5	6.1	333.6

* El rendimiento promedio de harina seca del material ensilado fue de 26.1 %

CUADRO 3.

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL Y DE CIERTOS MINERALES DEL MORRO FRESCO Y PROCESADO

g/100 g

Nutrientes	Fruto entero (pulpa semi- lla) en base húmeda	Fruto fresco ensilado	Harina de mo- rro secado al sol	Harina de mo- rro secado en horno a 90 °C	Harina de morro ensilado y seca- do a 60 °C
Humedad	68.5	67.6	8.9	4.6	5.1
Extracto etéreo	5.3	6.2	19.6	15.6	18.1
Fibra cruda	3.6	4.1	12.9	9.7	12.3
Nitrógeno	1.0	1.1	3.1	2.7	3.3
Proteína N x 6.25	5.9	7.1	19.1	16.8	20.8
Cenizas	2.0	2.3	6.3	6.1	6.8
Carbohidratos totales por diferencia	14.7	12.6	33.2	47.2	36.9
Fósforo (mg/100g)	-	-	517	435	490
Calcio (mg/100g)	-	-	149	149	144
Hierro (mg/100g)	-	-	23	9	17
Sodio (mg/100g)	-	-	105	48	90
Potasio (mg/100g)	-	-	555	843	1540

CUADRO 4.

CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN LAS DIFERENTES HARINAS DE MORRO ENTERO
(PULPA + SEMILLA) Y SU COMPARACION CON EL PATRON DE
REFERENCIA DE LA FAO

Aminoácidos	Patrón de referencia de la FAO*	Secado al sol	Secado en horno a 90 °C	Ensilado y secado a a 60 °C
g AA/ gN				
Ac. aspártico	---	0.567	0.498	0.465
Treonina	0.250	0.179	0.159	0.162
Serina	---	0.133	0.111	0.128
Ac. glutámico	---	1.236	1.103	1.297
Glicina	---	0.334	0.284	0.352
Alanina	---	0.317	0.215	0.314
Metionina + cistina	0.220	0.025	0.047	0.049
Isoleucina	0.250	0.253	0.202	0.213
Leucina	0.440	0.414	0.435	0.502
Tirosina + fenilalana- nina	0.380	0.480	0.451	0.507
Amoníaco	---	0.084	0.076	0.061
Lisina	0.340	0.173	0.132	0.131
Histidina	---	0.161	0.160	0.162
Arginina	---	0.809	0.827	0.810
Valina	0.310	0.310	0.301	0.306
Triptofano	0.060	0.063	0.056	0.051

*FAO/WHO. 1973. Energy and protein requirements (25). Publicación No. 52/522.

CUADRO 5

RACIONES USADAS EN LA EVALUACION BIOLOGICA CON RATAS
DE LAS HARINAS DE MORRO SECADO AL SOL, EN HORNO Y ENSILADO

Ingredientes	R A C I O N							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Caseína	11.2	-	-	-	-	-	-	-
Harina de morro secado al sol	-	52.3	52.3	52.3	52.3	-	-	-
Harina de morro secado en horno	-	-	-	-	-	59.5	59.5	59.5
Lisina HCl	-	-	0.5	-	0.5	-	0.5	-
Metionina	-	-	-	0.3	0.3	-	-	0.3
Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de soya	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de hígado de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Almidón	78.8	37.7	30.5	37.2	30.0	37.4	30.2	36.9
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Todas las raciones fueron suplementadas con solución de vitaminas, 5 ml/100 g de ración.

(Continuación del cuadro 5. Raciones para ratas)

Ingredientes	R A C I O N			
	9	10	11	12
Harina de morro secado en horno	59.5	-	-	-
Harina de morro ensilado y secado a 60°C	-	48.4	48.4	48.4
Lisina HCl	0.5	-	0.5	-
Metionina	0.3	-	-	0.3
Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de soya	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de hígado de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0
Almidón	29.7	41.6	41.1	40.3
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

Todas las raciones fueron suplementadas con solución de vitaminas, 5 ml/100 g de ración

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS BIOLOGICOS CON RATAS EN CRECIMIENTO* ALIMENTADAS
CON HARINA DE MORRO CON Y SIN SUPLEMENTO DE AMINOACIDOS

No. Ración	Proteína en la ra- ción g %	Promedio de alimento cón- sumido g	Promedio de ganancia pon- deral g	Indice de e- ficiencia pro- teínica (PER)**	Porcentaje de digestibilidad aparente***
1. Caseína	10.4	451.0 ± 17.2	139.0 ± 8.8	2.68 ± 0.07	93.1 ± 0.3***
2. Harina de mo- rro secado al sol	10.5	226.4 ± 8.8	13.2 ± 1.6	0.56 ± 0.05	81.8 ± 0.9
3. Harina de mo- rro secado al sol + 0.5% de lisina HCl	12.4	377.0 ± 16.2	81.6 ± 6.3	1.73 ± 0.07	81.9 ± 0.8
4. Harina de mo- rro secado al sol + 0.3% de metionina	11.5	226.5 ± 10.1	16.0 ± 1.7	0.61 ± 0.04	83.5 ± 1.0
5. Harina de mo- rro secado al sol + 0.5% de lisina HCl + 0.3% de metio- nina	11.5	368.8 ± 19.6	74.1 ± 5.8	1.72 ± 0.09	80.2 ± 2.0
6. Harina de mo- rro secado en horno	10.0	243.1 ± 15.2	14.2 ± 1.5	0.59 ± 0.06	81.9 ± 1.5

(Continuación del Cuadro 6. Resultados de ensayo biológico con ratas)

No. Ración	Proteína en la ra- ción g%	Promedio de alimento con- sumido g	Promedio de ganancia pon- deral g	Índice de efi- ciencia protei- nica (PER)**	Porcentaje de digestibilidad aparente***
7. Harina de mo- rro secado en horno + 0.5% de lisina HCl	10.7	326.6 ± 22.0	55.3 ± 4.3	1.59 ± 0.07	79.8 ± 0.7***
8. Harina de mo- rro secado en horno + 0.3% de metionina	9.9	237.2 ± 14.2	10.4 ± 2.1	0.43 ± 0.07	83.2 ± 1.0
9. Harina de mo- rro secado en horno + 0.5% lis. HCl + 0.3 % de metionina	10.3	319.1 ± 17.6	57.0 ± 5.7	1.64 ± 0.11	81.3 ± 1.1
10. Harina de mo- rro ensilado- secado a 60°C	10.3	211.1 ± 11.8	8.6 ± 0.9	0.41 ± 0.05	77.8 ± 1.5
11. Harina de mo- rro ensilado- secado a 60°C + 0.5% de lis. HCl	10.7	312.1 ± 15.8	70.2 ± 5.5	2.10 ± 0.12	72.4 ± 1.6

(Continuación del Cuadro 6. Resultados de ensayo biológico con ratas)

No. Ración	Proteína en la ración g%	Promedio de alimento consumido g	Promedio de ganancia ponderal g	Índice de eficiencia proteínica (PER)**	Porcentaje de digestibilidad aparente***
12. Harina de molarro ensilado-secado a 60°C +0.3% de metionina	10.7	218.4 ± 15.4	9.7 ± 1.2	0.42 ± 0.05	80.4 ± 2.8***
13. Harina de molarro ensilado-secado a 60°C +0.5% de lisina HCl+0.3% de metionina	10.4	309.4 ± 22.9	66.7 ± 8.1	2.02 ± 0.15	71.8 ± 1.5

* grupos de 8 ratas: 4 hembras y 4 machos, con un peso inicial promedio de 47.25 g.

** PER = Ganancia de peso g / g de proteína consumida.

***Digestibilidad = (Nitrógeno ingerido - Nitrógeno fecal/ Nitrógeno ingerido) 100

****Error estándar.

COMPOSICION DE LAS RACIONES UTILIZADAS EN ENSAYOS BIOLOGICOS CON POLLOS, SUSTITUYENDO

LA PROTEINA DE LA HARINA DE SOYA POR PROTEINA DE MORRO EN RAZON DE

20, 40 y 60 %

R A C I O N

Ingredientes	1	2	3	4	5	6	7	8
Harina de soya	42.00	33.60	25.20	16.80	33.60	25.20	16.80	33.60
Harina de morro secado al sol	-	21.98	43.97	65.96	-	-	-	-
Harina de morro secado en horno	-	-	-	-	25.00	50.00	75.00	-
Harina de morro ensilado y seca do a 60°C	-	-	-	-	-	-	-	20.39
Lisina HCl	-	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fosfato dibásico de calcio	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Sal iodada	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Vitaminas y ele- mentos menores	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Almidón	25.25	18.46	11.67	4.87	16.95	8.65	0.35	19.26
Glucosa	25.25	18.46	11.67	4.87	16.95	8.65	0.35	19.26
Aceite de soya (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Sustitución de pro- teína de soya por proteína de morro g%	-	20	40	60	20	40	60	20

(Continuación del Cuadro 7. Raciones para pollos)

Ingredientes	R A C I O N									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Harina de soya	25.20	16.80	42.00	33.60	25.20	16.80	33.60	25.20	16.80	
Harina de morro ensilado y seco a 60°C	40.78	61.15	-	-	-	-	20.39	40.78	61.15	
Harina de morro secado al sol	-	-	-	21.98	43.97	65.96	-	-	-	
Lisina HCl	0.50	0.50	-	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Metionina	-	-	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
Fosfato dibásico de calcio	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
Sal iodada	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
Vitaminas y elementos menores	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	
Almidón	13.26	7.28	25.10	18.31	11.52	4.72	19.11	13.11	7.13	
Glucosa	13.26	7.28	25.10	18.31	11.52	4.72	19.11	13.11	7.13	
Aceite de soya (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
Sustitución de proteína de soya por proteína de morro g%	40	60	-	20	40	60	20	40	60	

RESULTADOS DE GANANCIA EN PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, EFICIENCIA DE ALIMENTACION Y MORTALIDAD* DE POLLOS EN CRECIMIENTO** ALIMENTADOS CON RACIONES DONDE LA PROTEINA

DE SOYA SE SUSTITUYO POR 20, 40 Y 60% DE PROTEINA DE MORRO

Grupo	Raciones	% de proteína en la ración	Ganancia de peso promedio g	Consumo de alimento promedio g	Eficiencia de alimento pro- medio ***
1.	Harina de soya	20.7	575.9	1170	2.03
2.	30% de harina de soya y 20% de harina de morro secado al sol, más lisina HCl	20.9	692.3	1315	1.90
3.	60% de harina de soya, 40% de harina de morro secado al sol, más li- sina HCl	22.1	644.0	1355	2.10
4.	40% de harina de soya, 60% de harina de morro secado al sol, más li- sina HCl	21.2	514.3	1289	2.50
5.	30% de harina de soya, 20% de harina de morro secado en horno, más lisina HCl	21.9	610.6	1330	2.18
6.	60% de harina de soya, 40% de harina de morro secado en horno, más lisina HCl	21.7	521.9	1300	2.49

(Continuación del Cuadro 8)

Grupo	Raciones	% de proteína en la ración	Ganancia de peso promedio g	Consumo de alimento promedio g	Eficiencia de alimento promedio ***
7.	40% de harina de soya, 60% de harina de morro secado en horno, más lisina HCl	21.2	403.1	1137	2.32
8.	80% de harina de soya, 20% de harina de morro ensilado y secado a 60 °C, más lisina HCl	20.9	651.0	1318	2.03
9.	60% de harina de soya, 40% de harina de morro ensilado y secado a 60 °C, más lisina HCl	21.7	602.7	1246	2.07
10.	40% de harina de soya, 60% de harina de morro ensilado y secado a 60 °C, más lisina HCl	21.6	557.4	1210	2.17
11.	Harina de soya, más me- tionina	20.6	807.3	1366	1.69
12.	80% de harina de soya, 20% de harina de morro secado al sol, más li- sina y metionina	22.4	808.2	1367	1.69
13.	60% de harina de soya, 40% de harina de morro secado al sol, más li- sina y metionina	20.6	725.3	1287	1.77

(Continuación del Cuadro 8)

Grupo	Raciones	% de proteína en la ración	Ganancia de peso prome- dio g	Consumo de alimento pro- medio g	Eficiencia de alimento prome- dio ***
14.	40% de harina de soya, 60% de harina de morro secado al sol, más li- sina y metionina	21.8	631.3	1255	1.98
15.	80% de harina de soya, 20% de harina de morro ensilado y secado a 60 °C, más lisina y metio- nina	21.2	626.5	980	1.56
16.	60% de harina de soya, 40% de harina de morro ensilado-secado a 60°C, más lisina y metionina	20.6	562.0	983	1.75
17.	40% de harina de soya, 60% de harina de morro ensilado y secado a 60 °C, más lisina y metio- nina	22.4	463.9	998	2.15

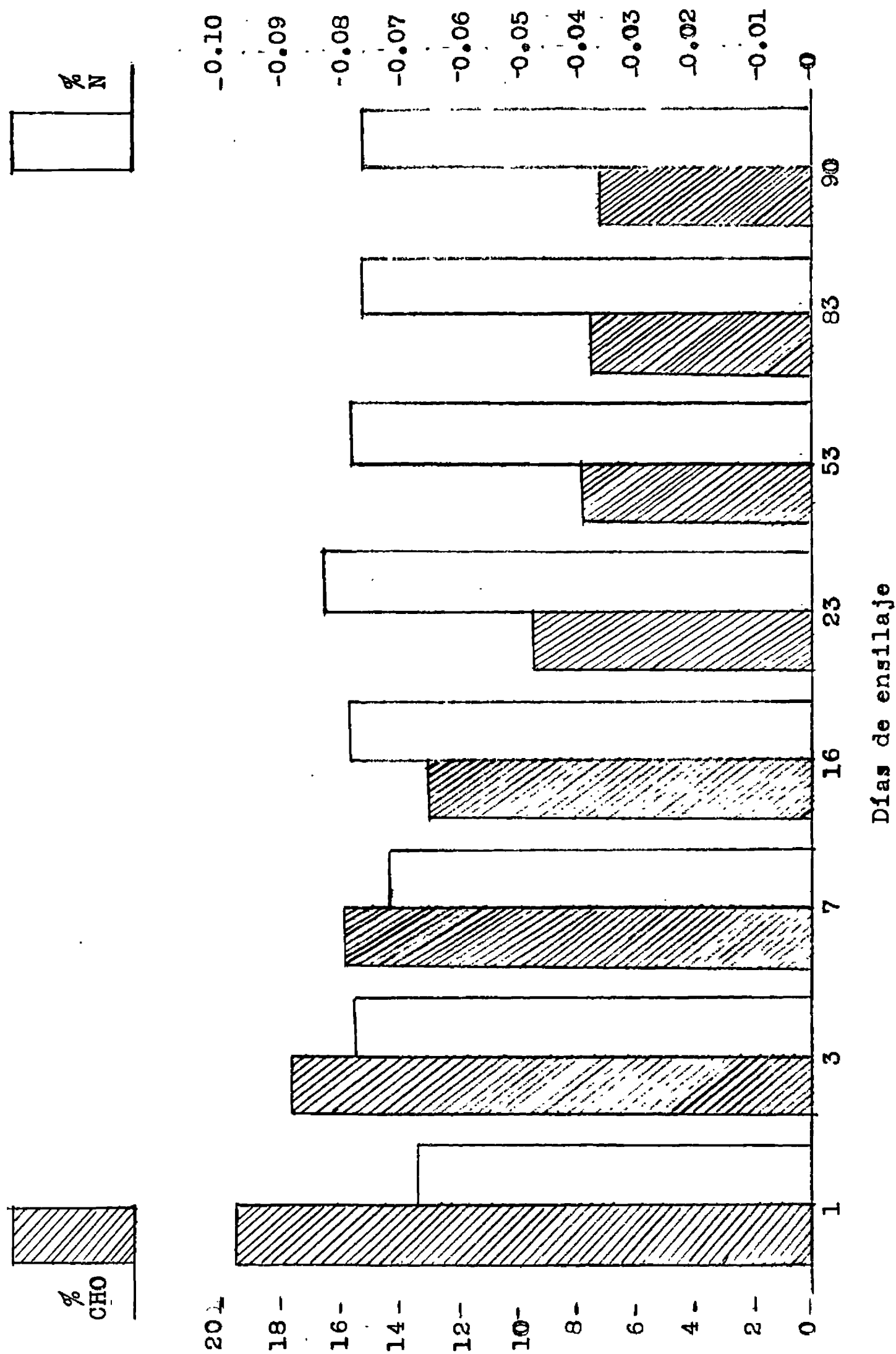
*Mortalidad: 0/10

**Grupos de 10 pollos cada uno, con un peso inicial promedio de 86.4 gramos.

***Eficiencia de alimento = Alimento consumido g / ganancia de peso g.

GRAFICA 1

COMPORTAMIENTO DE LOS CARBOHIDRATOS LIBRES TOTALES Y DEL NITROGENO EN
LOS LIQUIDOS DRENADOS DURANTE EL ENSILAJE



GRAFICA 2

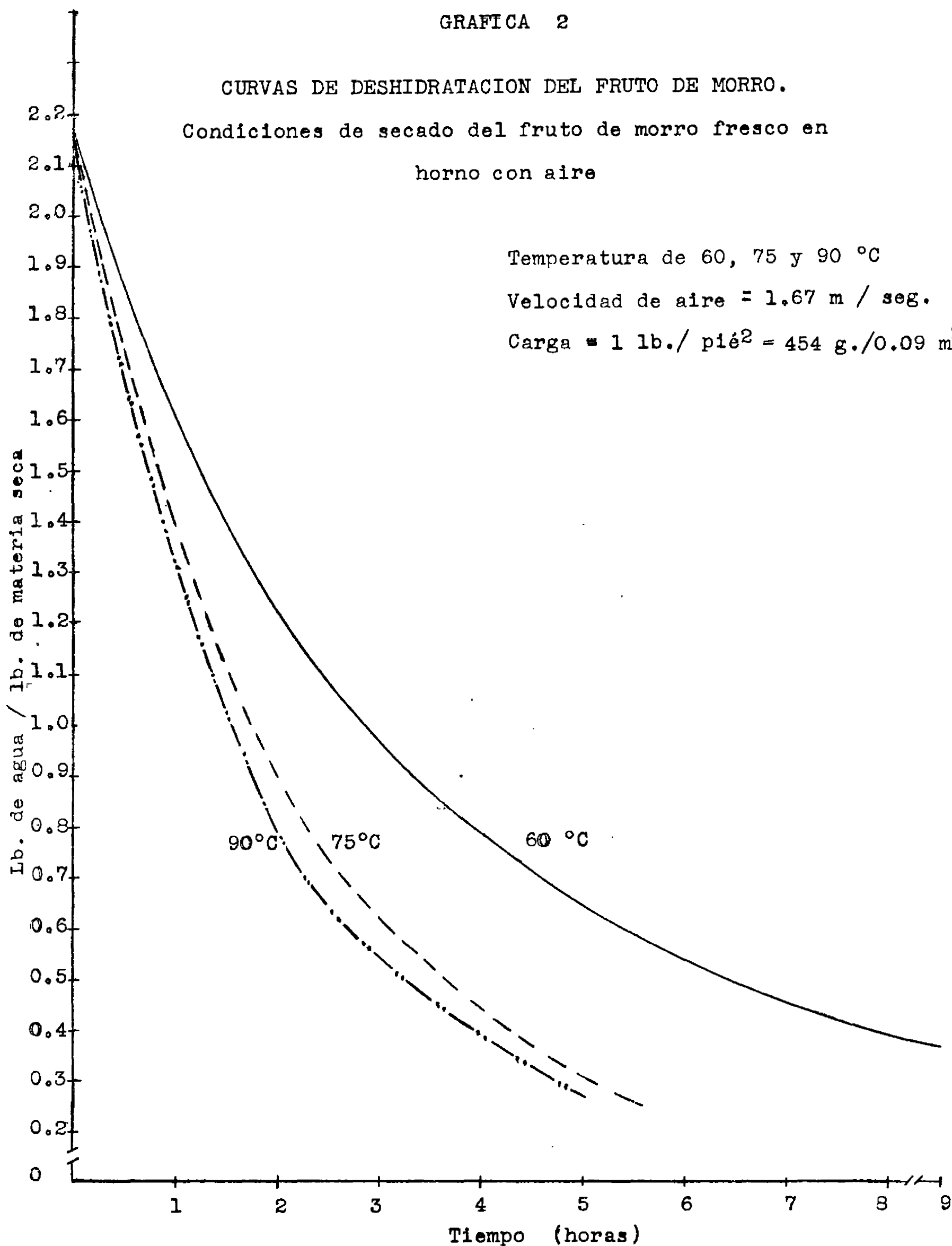
CURVAS DE DESHIDRATACION DEL FRUTO DE MORRO.

Condiciones de secado del fruto de morro fresco en
horno con aire

Temperatura de 60, 75 y 90 °C

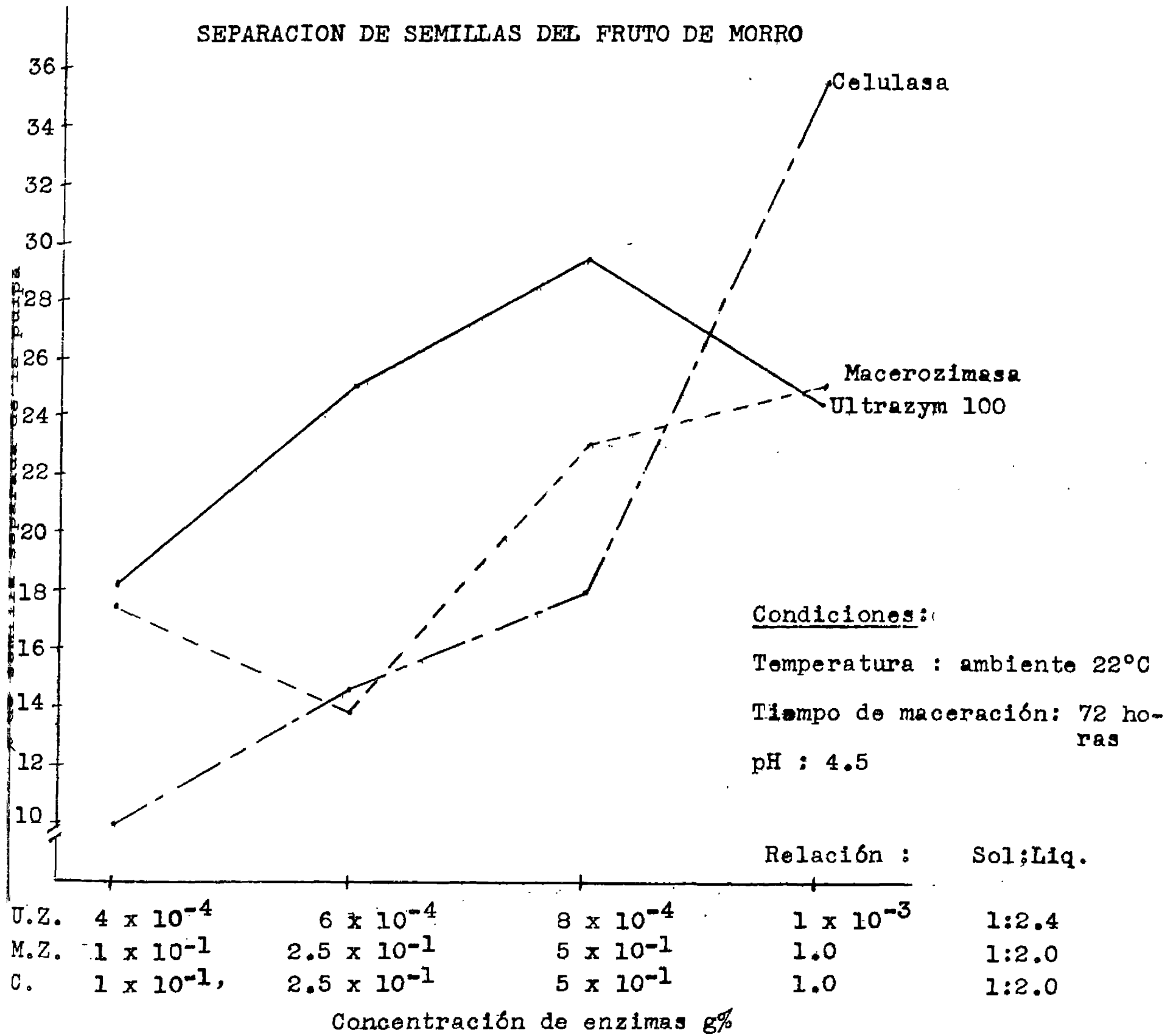
Velocidad de aire = 1.67 m / seg.

Carga = 1 lb./ pié² = 454 g./0.09 m²



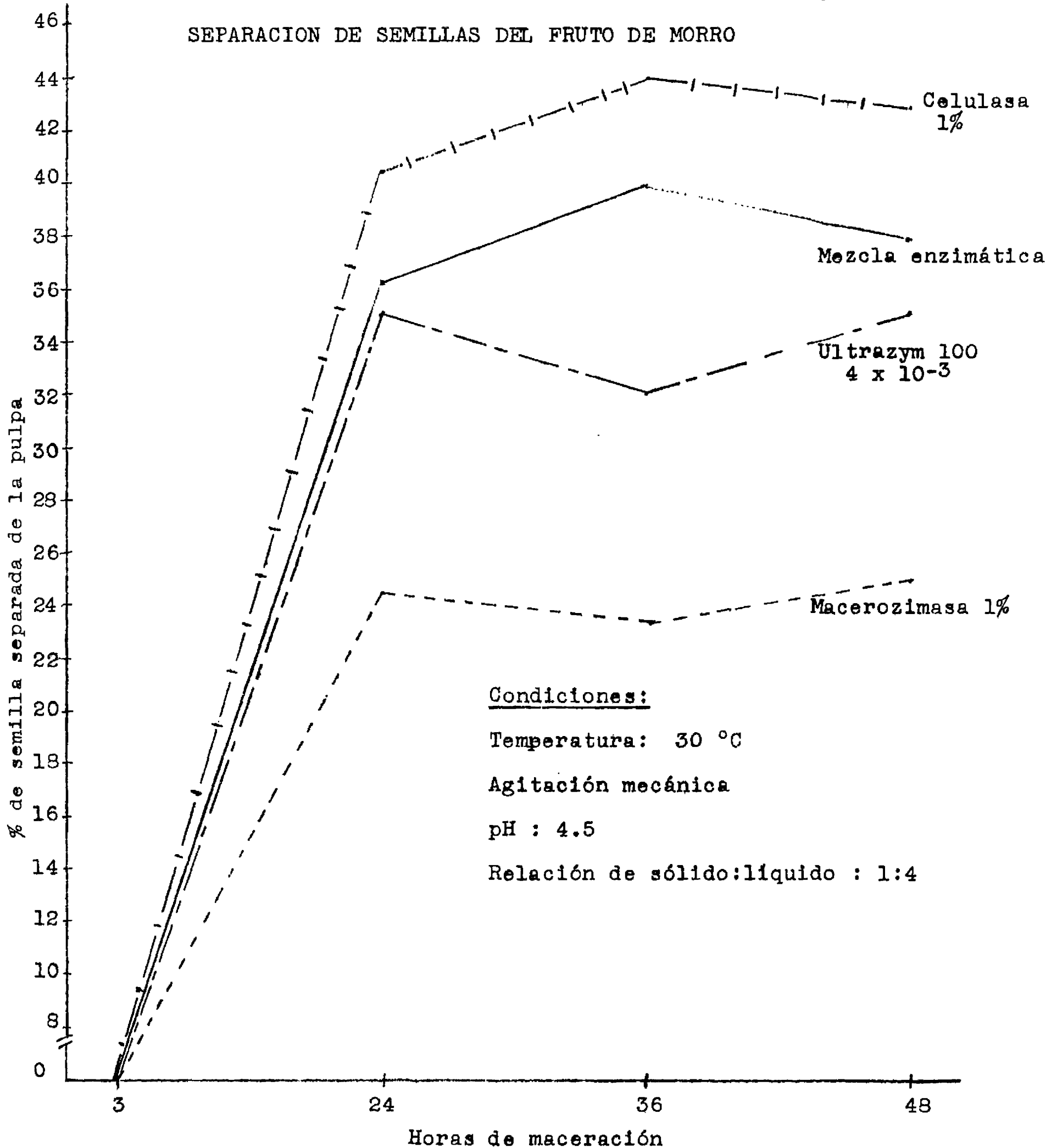
GRAFICA 3

EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES ENZIMATICAS SOBRE LA SEPARACION DE SEMILLAS DEL FRUTO DE MORRO



GRAFICA 4

EFFECTO DEL TIEMPO DE MACERACION CON DIFERENTES ENZIMAS SOBRE LA SEPARACION DE SEMILLAS DEL FRUTO DE MORRO



GRAFICA 5

EFEECTO DEL TIEMPO DE MACERACION DEL FRUTO DE MORRO CON
CELULASA O AGUA SOBRE EL PORCENTAJE DE RECUPERACION DE
SEMILLA CON EL PULPERO.

Condiciones:

Temperatura: ambiente 22°C

pH : 4.5

Relación de sólido: líquido \approx 1:4

Concentración de la
enzima celulasa \approx 1% p/p

Velocidad del pulpero: 2000 rpm.

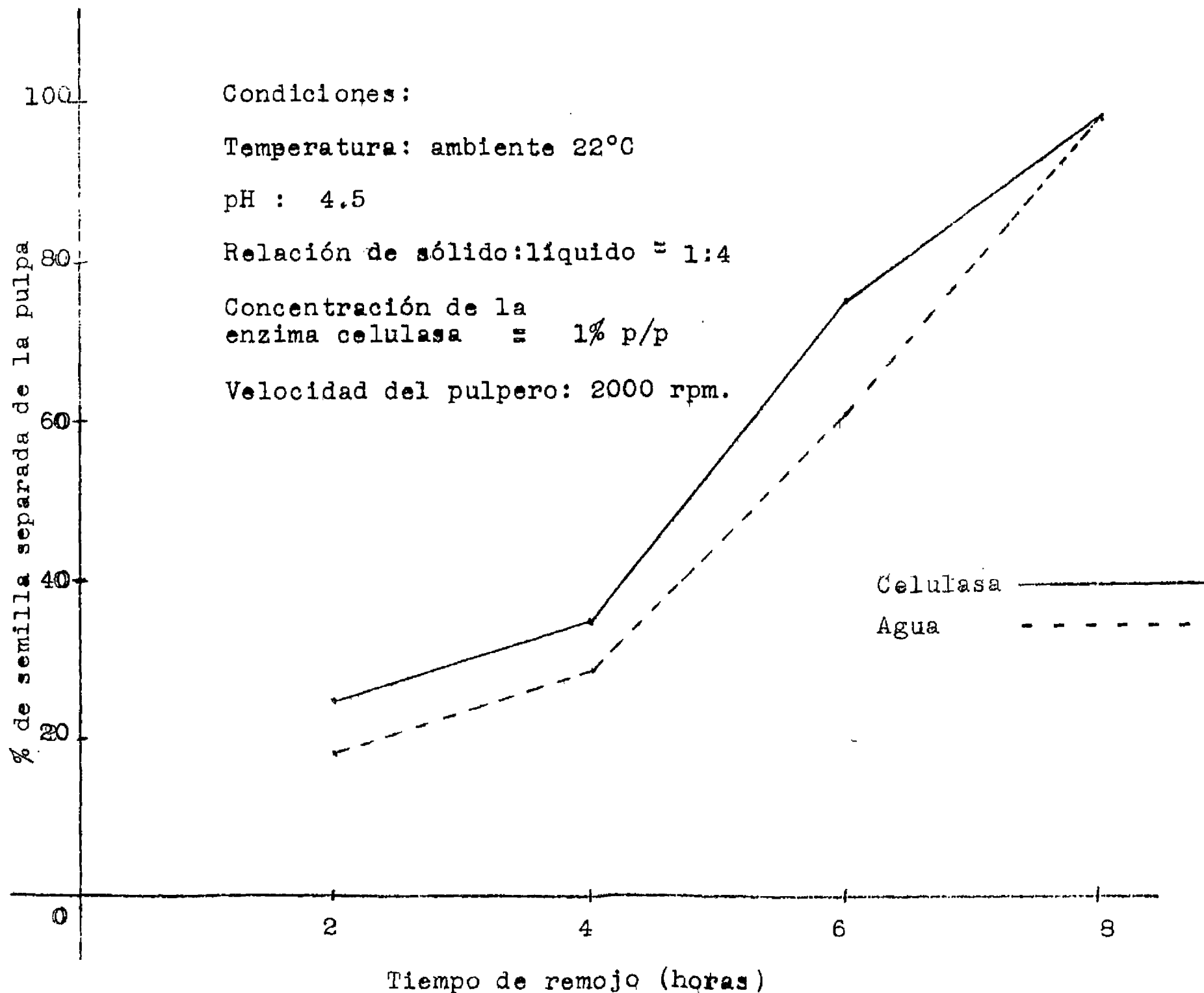


DIAGRAMA 1

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SEPARACION DE LA SEMILLA

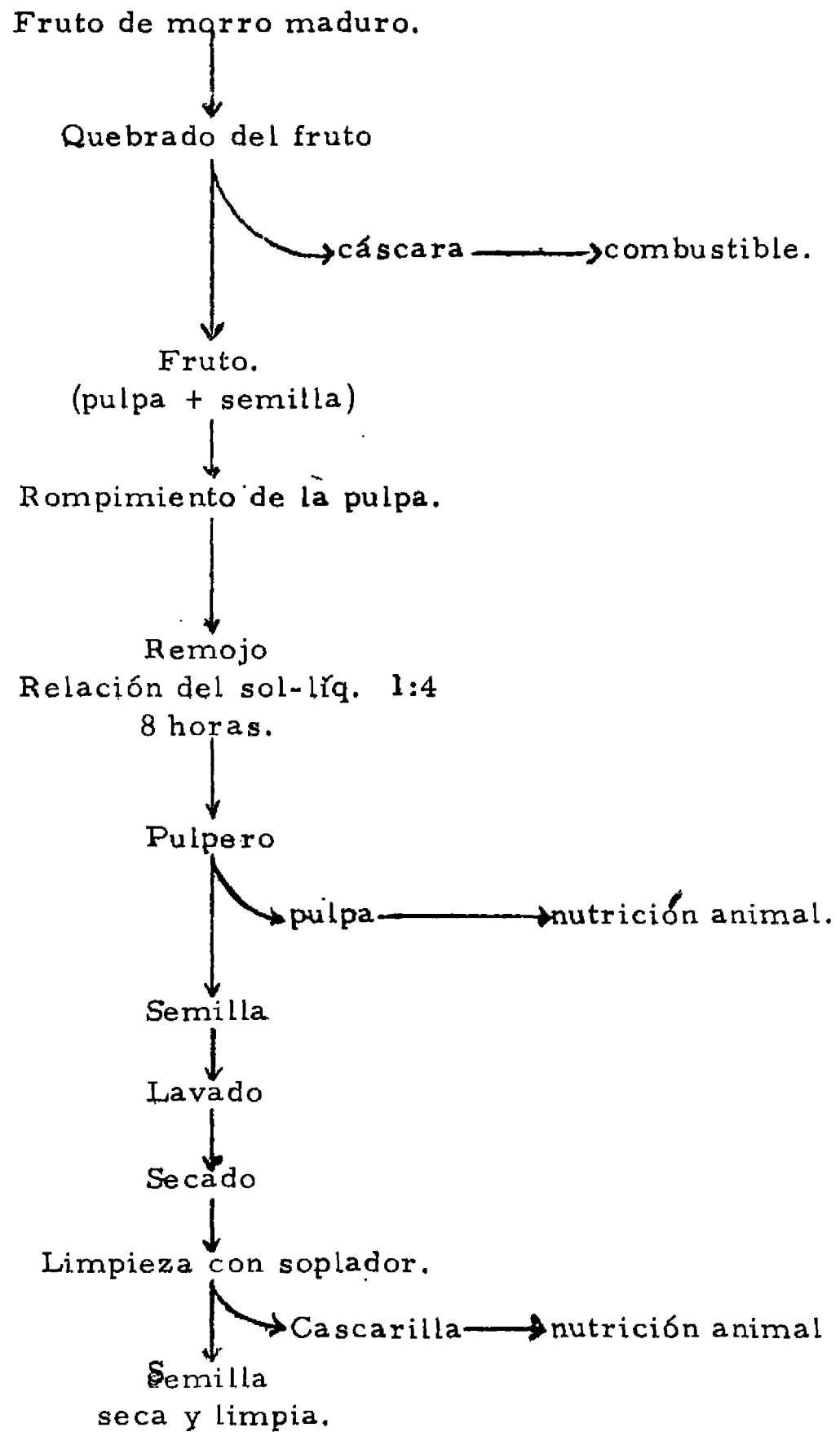
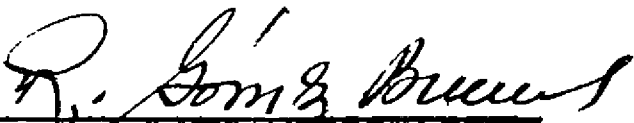


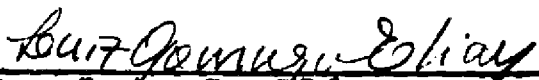
FIGURA 1




Vo. Bo. Comité de Tesis


Irma Contreras Mercado



Dr. Roberto Gómez Brenes
Asesor



Dr. Luiz G. Elias
Asesor


Dr. Mario R. Molina
Asesor


Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Ing. Roberto Jarquín
Asesor


Dr. J. Edgar Bráham
Asesor


Dr. Miguel Guzmán
Asesor

Imprimase:

Lic. Leonel Carrillo
Facultad de Ciencias Químicas
y Farmacia