UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EVALUACIONES BIOLOGICAS EN TORTILLAS ELABORADAS CON MEZCLAS DE MAIZ-SORGO (HIBRIDO Y TARASCO)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :

ANA LUISA ALARCON CHAVEZ

MEXICO, D. F. 1985

UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O .

		Pag.
I.-	Introducción	1
II.-	Objetivos	8
III.-	Generalidades	9
	III.1.1 Generalidades sobre maíz	9
	III.1.2 Descripción botánica	10
	III.1.3 Estructura de granos maduros	
	i.- Capa terminal	13
	ii.- Pericarpio	13
	iii.- Germen	13
	iv.- Endospermo	14
	III.1.4.- Características morfológicas de las diferentes variedades de maíz.	
	i.- Zea mays L. Var. Indentada	15
	ii.- Zea mays L. Var. Tunicata .	15
	iii.- Zea mays L. Var. Saccharata	16
	iv.- Zea mays L. Var. Everta ...	16
	III.1.5 Composición química	
	i.- Carbohidratos	17
	ii.- Grasas	18

Pag.

iii.- Proteína 19

iv.- Vitaminas 20

v.- Minerales 20

III.1.5.- Procesos que intervienen en el valor nutricional del maíz

a).- Maduración 22

b).- Almacenamiento 22

c).- Nixtamalización 24

III.2.- Generalidades sobre sorgo.

III.2.1.- Descripción botánica 27

III.2.2.- Estructura de granos maduros 30

i.- Cubierta externa 30

ii.- Embrión 31

iii.- Endospermo 32

III.2.3.- Composición química

i.- Carbohidratos 33

ii.- Lípidos 34

iii.- Minerales 34

iv.- Vitaminas 34

v.- Proteínas 35

III.2.4.- Aspectos que intervienen en el valor nutricional.

1).- Taninos.

a).- Definición 37

b).- Clasificación 38

pag.

c).- Interacción de los ta .. 39
ninos con las proteí-
nas.

ii.- Presencia de polifenoloxida . . 40
sa.

IV.- Diseño Experimental

IV.1.1.- Materiales 43

a).- Determinaciones químicas pa-
ra las pruebas biológicas 43

IV.12.- Tratamiento 44

a).- Preparación de las dietas 45

IV.13.- Estudios Biológicos

A.- Métodos Indirectos 48

a.1.- Determinación de la Relación
de Eficiencia Proteínica 49

B.- Métodos Directos 50

b.1.- Determinación de Utilización
Neta de Proteína 50

IV.1.4.- Métodos 52

V.- Resultados y Discusión

V.1.1.- Resultados 56

V.1.2.- Discusión 77

VI.1.1.- Evaluacion Económica 85

VII.- Conclusiones 87

VIII.- Bibliografía 90

LISTA DE CUADROS, TABLAS Y FIGURAS.

TABLAS Pag.

1 Producción de maíz y superficie cultivada en los Estados de la República durante los últimos años. 102

2 Producción de sorgo y superficie cultivada en -- los Estados de la República durante los últimos años. 103

CUADROS:

1 Análisis bromatológicos de los cereales 59

2 Porcentaje de Nitrógeno total y de proteína cruda en las harinas nixtamalizadas de maíz-sorgo a diferentes concentraciones. 60

3 Porcentaje de Nitrógeno total y de proteína cruda en las dietas preparadas con las harinas nixtamalizadas de maíz-sorgo a diferentes concentraciones. 61

4 Comparación entre el peso ganado y el alimento ingerido por ratas hembras y machos alimentadas con dietas de maíz-sorgo a diferentes concentraciones 64

5 Relación de Eficiencia Proteínica (REP) de los cereales maíz-sorgo a diferentes concentraciones para machos y hembras. 65

CUADROS Pag.

6 Relacion del peso final y concentración de nitrógeno en patas de las ratas hembras y machos alimentadas con dietas de maíz-sorgo y dieta libre de proteína durante 10 -- días. 66

7 Relación del nitrógeno total de rata y nitrógeno total ingerido por ratas machos y hembras alimentadas con dietas de maíz, -- sorgo, caseína y dieta libre de proteína - en 10 días de experimento. 67

8 Utilización neta de proteína UNP de los cereales maíz-sorgo (híbrido y tarasco) a diferentes concentraciones para machos y hembras. 68

9 Relación del peso del riñón a peso total -- del animal de machos y hembras alimentados con mezclas nixtamalizadas de maíz-sorgo a diferentes concentraciones. 69

FIGURAS

1 Proceso de nixtamalización 62

2 Diagrama de preparación de las harinas para las pruebas biológicas. 63

3 Comparación entre los valores de la REP a 66

FIGURAS Pag.

diferentes concentraciones de maíz-sorgo (híbrido y tarasco) para machos y hembras.

4 Comparación entre los valores promedios - de la REP a diferentes concentraciones de maíz-sorgo (híbrido y tarasco) para ma--- chos y hembras. 67

5 Comparación entre los valores de UNP de - los cereales maíz-sorgo (híbrido y tara- co) a diferentes concentraciones. 71

6 Comparación entre los valores promedios - de UNP de los cereales maíz-sorgo (híbri- do y tarasco) a diferentes concentracio-- nes. 72

7 Valores promedios del porciento en peso - del riñón de ratas Wistar machos y hem--- bras alimentadas con mezclas nixtamaliza- das de maíz-sorgo (híbrido y tarasco) a - diferentes concentraciones. 74

CAPITULO I

Introducción:

Desde su origen, nuestro país se ha caracterizado por su gran heterogeneidad económica, social, cultural, étnica y geográfica; de la multiplicidad de sus rasgos y de su ubicación en el contexto internacional ha surgido su historia, forjada cotidianamente por el empeño para alcanzar sus objetivos, unidad para el progreso independiente y autónomo; unidad sólo factible por la justicia interna y por la equidad en su interdependencia con el extranjero.

Así como el trigo es el cereal característico del viejo mundo, el maíz es su equivalente en el nuevo mundo, en donde no existe otro cereal que pueda compararsele en importancia, siendo el maíz factor de unidad y base alimenticia de sus pobladores en la noble forma de tortilla.

Este alimento básico se enraiza en nuestra cultura por encima de las diferencias económicas, sociales y regionales. Sin faltar a la verdad puede afirmarse que todos los mexicanos comemos tortillas de maíz (Del Valle y Pérez Villaseñor, 1974).

El consumo de tortillas es el punto final de un largo proceso que parte del cultivo de maíz, de ahí en masa de nixtamal, pasa a su transformación industrial en harina y desemboca en la manufactura de la tortilla.

De esta manera la tortilla no sólo constituye un ali--

mento fundamental de la población de bajos ingresos, sino - que originan un proceso económico de carácter agropecuario, industrial y comercial, convirtiéndose así en un punto de - inversión, en fuente de producción de empleos y en sistema de distribución y comercialización.

La amplitud del proceso, la gran cantidad de intereses que en él confluyen y su importancia para productores lo - convirtieron en influyente factor de conflicto o paz social, lo cual explica su gran relevancia económica y política para el país, no siempre debidamente ponderada.

A este propósito pueden contribuir las siguientes consideraciones (CONAIM, 1976):

i) El maíz es el principal cultivo nacional. Representa - el 23% del valor de la producción agrícola total; es una de las actividades con mayor peso en el producto - bruto nacional, absorbe el 45% de la superficie total destinada a la agricultura y genera ocupación para el 3% de la población total económicamente activa.

ii) De una producción total, el 81% se destina a consumo - humano, el 15% al forraje y semillas y el 4% restante se transforma en almidones, glucosa, dextrinas, féculas y otros derivados.

iii) Como materia prima representa el 46% de costo y producción de tortillas cuando la masa de nixtamal constituye el proceso intermedio y el 39% cuando se transforma previamente en harina de maíz nixtamalizada.

La insuficiencia de las cosechas de maíz de los últimos - ciclos agrícolas han determinado la necesidad de importar los volumenes complementarios que permitan hacer frente a los consumos previsibles y mantener una reserva suficiente, que facilite al estado el ejercicio adecuado de su - función de regulación del mercado. Sin embargo, las condiciones del mercado internacional obligan a realizar dichas importaciones fundamentalmente con maíz amarillo, el cual no presenta ninguna diferencia en cuanto al valor nutritivo con respecto al blanco, (Bressani y Elías, 1962), pero que después de transformarse de lugar a una tortilla con textura y apariencia que es generalmente considerada desagradable por los consumidores.

La gerencia comercial de maíz (CONASUPO) en su informe anual correspondiente a 1975 informó que, durante el año de 1975, este problema se agudizó ante el hecho de - que el requerimento de importación cercano a los 2.3 millones de toneladas representó casi el 75% del consumo para nixtamalización de las fábricas de harina; lo que significó que el remanente para comercialización de la cosecha nacional apenas fué suficiente para cubrir las necesidades del mercado de menudeo, de las fábricas de almidones y de otros derivados y de la producción de alimentos balanceados.

La escasez de maíz blanco y los precios de especula-

ción registrados en el mercado libre obligaron a la industria molinero del nixtamal a procesar prácticamente sólo maíz amarillo y por otra parte, dada la demanda del público consumidor, se propició la competencia desleal entre los industriales y se provocaron constantes presiones hacia el aumento de los precios de venta de las tortillas.

Por tanto, se estimó conveniente aplicar la política de que el maíz de producción nacional se destinara preferentemente al consumo humano, dado que las fábricas de alimentos balanceados ratificaron que no concurrían al mercado ante la posibilidad de disponer de sorgo en volumenes suficientes para satisfacer las necesidades de producción.

Por otro lado, la competencia entre el hombre y el animal por el consumo de maíz es uno de los factores contribuyentes a los problemas nutricionales del medio rural problema factible de resolver mediante un programa de extensión, utilizando mezclas de maíz con otros cereales.

En nuestro país el sorgo puede constituir un sustituto del maíz como fuente de proteína y calorías, tanto para la alimentación humana como animal. De hecho, en Centroamérica el sorgo ha sido usado en la preparación de tortillas, cuando no hay suficiente disponibilidad de maíz. Además, este cultivo manejado adecuadamente, produce mayores rendimientos que el maíz.

El cultivo de sorgo en México ha adquirido una gran

importancia en los últimos 25 años y ocupa actualmente el tercer lugar, respecto a la superficie cultivada por las siguientes razones:

i) La adaptación del sorgo radica en su buen rendimiento, en la facilidad para su cosecha mecanizada, por lo que ha desplazado a otros cultivos en los distritos de riego, principalmente en el Noroeste de la República Mexicana (Rachie y Muñoz, 1975).

ii) Si bien el sorgo tiene mejor desarrollo bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y fertilidad del suelo, posee un alto grado de tolerancia a condiciones de sequía y por esta razón se recomienda para siembra de temporal.

iii) Con respecto al ataque de enfermedades e insectos, la mayoría de las plagas comunes del maíz causa poco o ningún daño a los sorgos.

iv) Por último, el sorgo presenta un menor precio de garantía, siendo el precio por tonelada de sorgo --- $23,000.00 mientras que el precio por tonelada de maíz es de $33,450.00 (Gerencia Comercial CONASUPO, 1984), con lo cual se observa que para el comprador el precio por tonelada en su punto de origen favorece al sorgo.

Conocida la importancia que desempeñan los cereales en las dietas de grandes sectores de la población en el mundo. Debido a su alto consumo, aporta cantidades

consideradles de energía y representa una fuente adicional de proteína.

En base a las consideraciones citadas aquí, así como la escacez de maíz en los últimos ciclos agrícolas, aunado con el alza en los precios de garantía en los últimos meses; han dado lugar a la continuación de los trabajos iniciados por el INIA (Bazúa et al, 1978). Estudios encaminados a explorar dos líneas de investigación.

Una línea de investigación fué la de obtener tortillas a partir de mezclas de maíz con otros granos siguiendo el método tradicional de nixtamalización. Los cereales empleados fueron sorgo, cebada, avena y triticale. El análisis comparativo de la textura de las tortillas preparadas con masa de maíz y sorgo nixtamalizado, fué realizado empleando métodos de prueba de tensión, encontrandose que se producían tortillas semejantes a las elaboradas con maíz, aunque las condiciones de procesamiento (como son tiempo de nixtamalización y concentración de hidróxido de calcio) fueron modificadas para das tortillas organolépticamente aceptables. Dicha aceptación fué descrita en función de su flexibilidad, color y ausencia de granulosidad. Siendo las mezclas de maíz-sorgo, 85-15 y 80-20 las máximas permisibles desde un punto de vista organoléptico, ya que a estas concentraciones no se encontraron diferencias significativas entre

aceptabilidad de tortillas de sorgo y tortillas de maíz (Bazúa et al, 1979).

El presente trabajo se abocará específicamente a la tarea de realizar pruebas biológicas con harinas nixtamalizadas de maíz y sorgo y mezclas de ambos cereales, a diferentes concentraciones, empleando dos variedades diferentes de sorgo, se seleccionó el sorgo porque conociendo que la composición químicas del sorgo es similar a la del maíz, se sugiere la posibilidad de cierto reemplazo del segundo por el primero sin esperar un cambio en cuanto a valor nutritivo, (como fuente de calorías y proteínas).

Cierto es que poco se ha hecho en México para explorar la calidad alimenticia del sorgo, ante la posibilidad de mejorar su estado como fuente alimenticia. El éxito del sorgo como alimento dependerá principalmente de su habilidad para competir con el maíz de importación y los productos de éste, por lo que las nuevas posibilidades de uso para consumo humano son un desafío al ingenio imaginativo y creador de los investigadores.

CAPITULO II

Objetivos:

El presente trabajo tiene como objetivo los siguientes puntos:

1.- Seleccionar las mezclas de maíz-sorgo que dentro de un rango aceptable, mantengan el mismo valor nutritivo y características físicas que los productos de maíz, usando como puntos de referencia la relación de eficiencia proteínica, (REP) y la utilización neta de proteína (UNP).

2.- Señalar el comportamiento, en cuanto a diferencia en calidad nutricional, para las mezclas preparadas con sorgo blanco y sorgo colorido.

3.- Realizar un análisis económico con las mezclas seleccionadas, para definir su vialidad.

CAPITULO III

Generalidades

III.1. Maíz:

El cultivo del maíz a partir del descubrimiento de América en 1492, se ha difundido e incrementado en todo el mundo, siendo actualmente el cereal de mayor importancia económica después del trigo y del arroz.

En México, desempeña un papel de gran importancia dentro de la alimentación, cultivandose en casi todo el territorio de la República.

El maíz, como es bien sabido, constituye la base de la alimentación de grandes sectores de la población del país. Este cereal se emplea, transformado principalmente a tortillas, para lo cual tiene que ser procesado mediante un tratamiento térmico húmedo en medio alcalino denominado nixtamalización, seguido de una molienda para obtener la masa y posteriormente las tortillas.

El maíz es una planta anual originaria de América donde constituye el más importante de los cereales. Fué el único cereal cultivado por la mayoría de los indígenas del continente desde tiempo inmemorial. Los españoles lo llevaron a Europa, habiendo recibido en muchos lugares el nombre de trigo de turquía. También se le conoce por el nombre de: Abatí, panizo de indias, milho o tlaolli (Nan-

gelsdorf y Reeves, 1939).

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas, al género Zea mays. Cuenta con una especie pero se reconocen diferentes variedades, las que difieren principalmente en la estructura de la semilla (Strasburger, 1952):

Zea mays L. var. everta	Maíz palomero o esquite
Zea mays L. var. indurata	Maíz duro
Zea mays L. var. indentada	Maíz dentado
Zea mays L. var. amylacea	Maíz harinoso o suave
Zea mays L. var. saccharata	Maíz dulce
Zea mays L. var. tunicata	Maíz envainado o tunicado
Zea mays L. var. amylea-saccharata	Maíz harinoso dulce.

Se considera que el maíz se originó a través de mutaciones por un ancestro ahora extinto, que también dio lugar al teozinte (Euchlaena mexicana) y al género tripsacum, ambos pertenecen a la familia de las gramineas - (Wellhansen y Hernández, 1949).

III.1.1.- Morfología

Es una planta herbácea que generalmente alcanza de dos a cuatro metro de altura, con raíz fasciculada, tallo recto formado por canutos cilíndricos de mayor o menor diámetro unidos por nudos de los cuales

nacen las hojas a uno y otro lado (dísticas), clasificándose como alternas, envainantes, ásperas, velludas, cintiformes, con nervaduras sensiblemente paralela y mide aproximadamente un metro. Como en toda planta monoica sus flores son unisexuales, encontrándose en diferentes espigas. Las masculinas aparecen antes de las femeninas, y se localizan en la extremidad del tallo, denominándose panojas por la forma que adopta la inflorescencia, constituída por espigas unidas a un eje en orden alterno formando un ramillete. Las femeninas están formadas por una espiga gruesa que nace siempre en los nudos; las partes florales están insertadas de dos en dos en filas a lo largo del eje de la espiga y llevan seis envolturas que protegen al ovario el que se continúa con un largo estilo (cabellito de elote). Toda la espiga está cubierta por brácteas (Landaver, 1956).

La fecundación se realiza al caer el polen sobre los estilos, ya que éstos son huecos y hacen el papel de tubos capilares que dan paso al polen para fecundar el ovario. Terminada la fecundación los estilos se marchitan y caen, empezando a madurar los ovarios. En consecuencia, un grano de maíz no es una semilla solamente, sino un fruto completo, puesto que es el ovario desarrollado. Se le da el nombre de cariopsis por el hecho de que el peri

carpio sea delgado y esté intimamente ligado a la semi-- lla. Este fruto es de diferentes formas, dependiendo de la variedad. Un grano de maíz común tiene la forma de - un prisma rectángular terminado en una faceta oblonga - con un ligero hundimiento en la cresta. Pueden ser blancos, amarillos, rojos, azules y jaspeados, dependiendo - de la variedad; los mijos comunes son los dos últimos - (Wolf, 1953).

La mazorca está constituída por el carozo, los granos y las brácteas. El carozo (olote) es un eje cilíndrico cubierto de celdillas en hileras, entre las cuales se insertan los granos, las brácteas son hojas modificadas que envuelven a la mazorca y son ásperas, fibrosas, elásticas e impermeables, la primera capa que cubre a los - granos es muy fina y por grados va perdiendo elasticidad y finura.

III.1.2.- Estructura de granos maduros.

Los granos maduros de maíz dentado (o común) tiene un peso promedio de 350 mg en un rango de 150 a - 600 mg y están formados por cuatro partes principalmente (Wolf, 1951):

i.- Capa terminal

ii.- Pericarpio (cascarilla)

iii.- Germen

iv.- Endospermo

i).- Capa terminal.

Constituye el puente que une el grano al carozo, y está constituído por células en forma de estrella acomodadas en una estructura esponjosa adaptada para la rápida absorción de humedad. Entre esta capa y la base del germen se encuentra un tejido negro conocido como capa hiliar la cual aparentemente funciona como un mecanismo sellante durante la maduración del grano.

ii).- Pericarpio.

Está formado por oquedades y células elongadas empacadas en un tejido duro y poco denso. Inmediatamente después se encuentra un tejido esponjoso de células tubulares cruzadas, que se considera con continuación de la capa terminal y su función es absorber agua. Directamente debajo de este tejido se encuentra una membrana conocida como testa o abrigo de la semilla y, finalmente, se encuentra una capa de tejido duro conocido como aleurona, la que constituye alrededor del 34% del peso total del grano (Wolf, 1951)

iii).- Germen.

El germen o embrión constituye aproximadamente el 11.5% del peso del grano pero éste varía de acuerdo a la clase de maíz. El germen está formado por un eje embrionario y el escutelo (cotiledón). Este último se encuentra en contacto directo con el endospermo y lo cu--

bre un epitelio secretorio, capa profundamente surcada - por canales y líneas de células elongadas secretorias, cuya función es producir enzimas en gran cantidad, como alfa amilasa, las cuales se difunden en el endospermo donde digieren el almidón y otros constituyentes para proveer alimento al embrión durante la germinación. El escutelo se encuentra adherido al endospermo por una sustancia aglutinante insoluble, que parece estar formada por productos de degradación de proteínas, células trituradas y pentosanas, (esta capa resiste muchos medios químicos y físicos utilizados para separar el germen del endospermo).

iv).- Endospermo.

Dos regiones forman esencialmente el endospermo; el endospermo harinoso o suave que constituye el 34% en - peso y el endospermo vítreo o duro que forma el 66% en peso. Dicha proporción varía considerablemente dependiendo de la variedad de maíz. Aunque la región que divide a los dos endospermos es indistinta morfologicamente. El endospermo harinoso se distingue por sus células grandes, donde se encuentran gránulos de almidón grandes y redondos y la matriz proteica, la cual se rompe durante el secado para formar cuadedades que dan una apariencia blanca. En cambio, en el - endospermo vítreo se encuentra una matriz proteica bastante densa que no se destruye con el secado, y el porciento de proteínas es mayor que en el harinoso de 1.5 - 2.0%. -

El llamado endospermo periferial o subaleurona está constituído por una capa compacta de células que contienen aproximadamente 28% de proteína, poca cantidad de almidón y que constituye más o menos el 5% del endospermo. El endospermo complementario contiene el 98.5 de almidón y el 73.6% de las proteínas totales. (Wolf, et al, 1951).

III. 1.3.- Características morfológicas de las diferentes variedades de maíz.

i).- Zea mays L. var. Indentata (maíz dentado).

Es la variedad más conocida y practicamente constituye lo que se denomina maíz común, se caracteriza porque sus granos tienen forma de dientes y por la hendedura que presenta la cresta. Los hay blancos, amarillos, rojos, azules y jaspeados, siendo estos dos últimos los menos comunes. En las variedades amarillas el color está localizado en el pericarpio y en el endospermo córneo; en las rojas unicamente en el pericarpio.

ii).- Zea mays L. var. Tunicata (maíz envainado o tunicado)

Como su nombre lo indica, el fruto de esta variedad es bastante duro, se considera que esto se debe a gruesas capas de almidón y de proteínas, que se encuentran directamente debajo del pericarpio. Se distingue del maíz dentado, por la forma redonda del grano y la ausencia de la hendidura en la cresta puede -

ser blanco, amarillo y rojo.

iii).- Zea mays L. var. Amylacea (maíz suave o harinoso).

Lo que caracteriza a esta variedad es el tamaño del grano, el cual es sumamente largo en comparación con las otras variedades, en promedio miden 2.15 cm x 1.00 cm. En esta variedad casi desaparece el endospermo vítreo y en el endospermo harinoso se observa la presencia de gránulos de almidón redondos, casi esféricos con la ausencia de granos poligonales. El endospermo es muy delgado y el pericarpio es menos resistente que el de la variedad dentada. Esta característica facilita la molienda para la conversión del grano en harina.

iv).- Zea mays L. var. Saccharata (maíz dulce).

El desplazamiento de azúcares solubles al endospermo, que restringe la cantidad de almidón en el mismo, es la característica fundamental de esta variedad. La apariencia de los granos es traslúcida, el pericarpio muy delgado, los granos arrugados y peculiarmente quebradizos, encontrándose en mucha mayor proporción el endospermo vítreo y el harinoso. Su periodo vegetativo es muy corto por lo cual se utiliza para la obtención del elote.

v).- Zea mays L. var. Everta (maíz palomero o esquite).

Los granos son pequeños y redondos, con un mini-

no de endospermo harinoso, siendo su principal carac terística el que al tostarlo revienta obteniéndose las muy conocidas "palomitas de maíz", llamadas también - esquites (Strasburger, 1953).

III. 1.4.- Composición química.

La estructura química de cualquier cereal tiene gran importancia en la alimentación, pues a través de ella es que se estima el valor nutritivo del mismo. - Los principales nutrientes del maíz son carbohidratos, grasas y proteínas.

1).- Carbohidratos:

Los carbohidratos se encuentran distribuídos principalmente en el embrión y el endospermo, el primero abarca más o menos las dos terceras partes del total de azúcares y el segundo el resto. Dichos azúcares están representados por: monosacáridos, disacáridos y - polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y almidón) (Wolf, 1951).

- Monosacáridos.- Son los azúcares más sencillos con - que cuenta el grano de maíz, en una proporción sumamente baja, ellos son; d-fructosa 0.1-0.4%, un quinto de la cantidad total se encuentra en el embrión y el resto en el endospermo, d-glucosa en una proporción - 0.2-0.5% en el grano.
- Disacáridos.- Son los azúcares más abundantes, toman-

do en cuenta a la sacarosa que es el que se encuentra en mayor proporción (0.9 - 1.9%), tres cuartas partes se encuentran en el embrión y el resto en el endosperm mo. La malosa aparece dos o tres días despues de la - fecundación y en muy poca cantidad.

- Polisacáridos.- El pericarpio comprende 40% de celulosa y 40% de hemicelulosa (pentosanas). Se encontró - que la hemicelulosa está constituída principalmente - por 43% de d-xilosa, 35% l-arabinosa, 7% d-galactosa y 10% de residuos de ácido glucurónico (Seckinger y - Wolf, 1953).

Almidones.- El almidón y la celulosa, son los carbohidratos que se encuentran en mayor cantidad en la planta, aunque los dos son polímeros de glucosa, juegan - papeles completamente diferentes. El almidón constituye la mayor reserva de carbohidratos y la celulosa - forma las paredes de las células. El almidón de maíz está constituído aproximadamente por 27% de amilosa y 73% de amilopectina.

ii).- Grasas.-

Durante el periodo de maduración, aumenta - el contenido de grasa, llegando a una proporción de 4.87% en el grano maduro, siendo los tejidos del embrión los que contienen más grasa que otras partes - del grano, aproximadamente el 84% de la cantidad to-

tal. El 98% de estas grasas se encuentran en forma de glicéridos. Baldwin (1951) encontró que las grasas del endospermo de maíz contienen menos ácido oleico y linoleico y mayor cantidad de ácidos saturados que las correspondientes al germen, gluten y fibra; éstas a su vez tuvieron cantidades similares de los ácidos antes mencionados.

Los lípidos contienen predominantemente ácido palmítico, oleico, linoleico, miristático, esteárido, hexadecanoico y saturados de C_{20} a C_{22}, apareciendo los ácidos insaturados en muy baja proporción. Un componente menor de las grasas del endospermo lo representan los pigmentos carotenoideos: xantofilas y carotenos, los que son responsables del color del maíz y están asociados a las proteínas del endospermo: por esta razón su concentración es mayor en el endospermo vítreo, que en el harinoso; los pigmentos que se encuentran en mayor proporción son, en orden decreciente: luteína, zeaxantina y βcaroteno y son destruídos gradualmente por oxidación en el maíz especialmente si éste es expuesto a la luz o a altas temperaturas durante su almacenamiento (Sánchez, 1956)

iii).- Proteínas.-

El maíz es un cereal pobre en proteínas.

El contenido medio de las proteínas de maíz es del 10% siendo estas proteínas de baja calidad si se comparan con otras proteínas como la de huevo y de leche. Esto se debe a que la proporción de los mismos no es equilibrada, ya que la proteína principal (zeína) solo contiene bajas cantidades de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano.
El maíz contiene cuatro tipos de proteínas. En la Tabla I se indica la solubilidad de los mismos.

Tabla I

Proteínas	Solubles en:
Albúminas	Agua
Globulinas	Sol. diluída de NaCl
Glutelinas	Sol. diluída de álcali
Prolaminas (Zeína)	Alcohol-agua

La mayor parte de la zeína se encuentra en el endosperno. Mertz y Bressani (1956) han estudiado ampliamente la composición de las proteínas en el maíz, la cual difiere ampliamente de una variedad a otra. Estas diferencias tienden a ser mayores entre variedades, que genéticamente se encuentran más alejadas. - En experimentos llevados a cabo, se ha demostrado -- que el maíz tiene un valor nutritivo muy bajo, como

consecuencia de su deficiencia en: lisina y triptófano. Este problema se ha tratado de solucionar genéticamente. Es decir, se ha buscado un gene que varíe - la codificación de los aminoácidos cuando están sintetizando las proteínas y que, a la vez, disminuya - la cantidad de zeína.

iv.- Minerales.-

El maíz cuenta con minerales tales como - sales de calcio, magnesio, fósforo, aluminio, hierro sodio, potasio y cloro (Sánchez, 1966).

v.- Vitaminas.-

En el maíz, las vitaminas están localizadas esencialmente en el embrión y la capa exterior - del endosperno donde se encuentra la aleurona (Sánchez, 1960). A continuación se indica la proporción media en que se encuentra en el grano de maíz.

Composición en mg por 100 mg de porción comestible.

MAIZ	VIT. A	TIAMINA	RIBOFLAVINA	NIACINA
	µg	mg	mg	mg
Amarillo	70	0.43	0.10	1.9
Blanco	5	0.43	0.10	1.9
Req. Mínimo Diario (FAO)	750 mg	1.3	1.8	5.0

Fuente: Composición de alimentos para uso de América Latina. INCAP-ICNND-Junio, 1961.

III 1.5.- Procesos que intervienen en el valor nutricional del maíz.

El valor nutricional del maíz se ve afectado por diversos factores que se refieren no sólo a la técnica usada en la preparación y el manejo del maíz, sino tambien a la actividad natural de las semillas. Por eso es conveniente estudiar la forma en que ese cereal se utilice a su máxima capacidad nutricional.

a)- Maduración.-

En experimentos llevados a cabo en ratas jóvenes se ha descubierto que el valor nutritivo del maíz disminuye conforme aumenta la madurez. Esto se ha corroborado por los datos obtenidos de proteínas, fibra cruda, hierro y fósforo disminuye, mientras que el de las grasas y carbohidratos se incrementa y, al fraccionar las proteínas, se ha encontrado un aumento en la proporción de zeínas; según avanza la maduración, y a la vez el contenido de lisina, triptófano y metionine disminuyen, incrementandose el de arginina (Bressani y Elías, 1976).

b)- Almacenamiento.-

El almacenamiento del maíz presenta proble

mas que son comunes a todos los cereales, los cambios químicos influyen considerablemente sobre su valor nutritivo (Kent, 1970). La mayor parte de estos cambios son de naturaleza enzimática y resultan de la acción de los fermentos sobre el propio grano. A pesar de que el maíz almacenado en condiciones favorables puede conservarse sin deterioro, ciertas condiciones adversas pueden producir una alteración casi completa en poco tiempo. Entre los factores determinantes que causan el daño del grano, se pueden citar el contenido de humedad, la temperatura de almacenamiento, el acceso al local de oxígeno y el grado de salubridad del grano. La disminución de humedad, temperatura y oxígeno, decrementan las actividades enzimáticas y respiratorias del maíz.

El cambio que experimentan los hidratos de carbono consiste esencialmente en la hidrólisis del almidón aumentando significativamente el contenido de azúcares reductores. Sin embargo, cuando las condiciones favorecen la actividad respiratoria, estos azúcares tienden a convertirse en agua y bióxido de carbono.

Las enzimas proteolíticas del grano, tienden a desnaturalizar las proteínas, convirtiendolas en polipéptidos y, finalmente, en aminoácidos, observándose tambien una disminución en la digestibilidad de

los mismos.

La cantidad de minerales no se modifica, en cambio, ocurren grandes pérdidas en la Vitamina A contenida en el maíz amarillo y en la vitamina E.

c)- Nixtamalización.-

Durante la nixtamalización los principales constituyentes del maíz sufren una serie de tranformaciones físicas y químicas que dependen en gran parte de la relación entre los tejidos y estructura interna de los mismos en donde se localizan dichos constituyentes así como del tipo de maíz empleado para la obtención de la masa o harina para tortillas (Illescas, 1943).- Debido a que las tortillas son el componente básico - de la dieta del mexicano, se consumen con la mayor -- parte de los alimentos y comidas y son el principal alimento de las familias de bajos ingresos (Del Valle y Pérez Villaseñor, 1974). De ahí que los cambios que pueda sufrir el valor nutritivo durante la preparación de las tortillas sean de suma importancia. Durante la elaboración de las tortillas (El proceso de la elaboración de las tortillas se encuentra esquematizado en la Fig. 1), la pérdida de nutrientes se lleva a cabo por dos caminos; primero, por cambios físicos y segundo, por cambios químicos, encontrándose para el primer caso una pérdida de sólidos durante el proceso de

nixtamalización que varía de 8-22% y para el segundo, según se ha dado a conocer, se producen varios cam-- bios significativos que afectan el valor nutritivo - del maíz; se aprecian pérdidas de tiamina, riboflavi na y niacina así, como el aumento en el contenido de carotenos son datos muy significativos.

Los componentes químicos que se pierden en ma-- yor proporción son; nitrógeno, fibra cruda, tiamina, riboflavina, niacina. Aumenta considerablemente el - contenido de calcio, constituyendo así una fuente a- provechable del mismo en la alimentación humana. Con el tratamiento alcalino ocurren pérdidas significa- tivas de tiamina y riboflavina del germen, y el en-- dospermo gana parte de estos nutrientes. Así mismo - el endospermo pierde el 19% de niacina y el germen - 56 %. Esta pérdida se debe a que la mayor proporción de niacina se encuentra bajo el pericarpio en la ca pa subaleurónica (Bressani y Paz, 1958).

III.2.- SORGO:

El sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench es uno de los principales cereales producidos en el mundo, originario de Africa y Asia fué introducido al continente Americano hace apenas unos 200 años. Actualmente más del 50% de la producción mundial corresponde a América.

El sorgo fue introducido a México en 1944, por la Oficina de Estudios Especiales de la S. A. G., utilizando variedades traídas de los Estados Unidos, para sustituir a otros cultivos con rendimientos deficientes, que no prosperaban en áreas con precipitación pluvial errática o escasa. En México el sorgo ocupa el tercer lugar en lo referente al área cosechada. Los trabajos de mejoramiento genético, así como el estudio de las condiciones óptimas para su cultivo se concentraron en la zona del Bajío, y fué ahí donde se seleccionaron variedades de polinización libre que contribuyeron al conocimiento del cultivo por el sector agrícola.

En 1956, la investigación se enfocó a la formación de híbridos regionales de sorgo, contando actualmente con 480 sorgos híbridos experimentales (SHE) (Anónimo, 1976). La evaluación de estos

híbridos en comparación con variedades comerciales producidos por empresas particulares, permitió en 1972 la liberación, por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA), de los primeros seis sorgos híbridos mexicanos y, en 1975, la selección de otro grupo de 29 sorgos para las diferentes zonas; templadas, cálidas húmedas y cálidas secas del país en donde se cultiva este cereal.

Actualmente, se tienen programas nacionales para generar germoplasma tolerante al frío, con capacidad para germinar, crear y producir semilla normalmente cuando se les cultiva en temperaturas bajas, pero arriba del punto de congelación. Las fuentes originales de los materiales utilizados provienen de Uganda y Etiopía, pero pueden ser utilizadas directamente fuera de su habitar normal debido a que las plantas son altas, sensibles al fotoperiodo y de maduración tardía (Anónimo ibid, 1976; INIA XV años de investigación agrícola 1976).

III.2.1.- Descripción botánica.

Las diferentes clases de sorgos fueron clasificadas por Lineo en 1753 en el género Holcus. En 1794, Moench le dió el nombre genérico de Sorghum y es como se le conoce actualmente.

Los sorgos son miembros de la familia Gramineae, dividida a su vez en dos subfamilias: panicoideas y - gestucoideas, la primera comprende a las andropogo-- neas, donde se agrupan los sorgos, las panícoas que comprenden a los mijos y las tripsíceas en la que el maíz es el principal representante.

La otra familia (festucoidea) abarca cereales tales como trigo, cebada y la avena (Hitchcock, 1950).

1.- El tallo de sorgo está constituido por nudos y entre nudos; las hojas en posición alterna y dística, es-- tán formadas por la lámina, con nervaduras paralelas y bordes enteros y por la vaina que envuelve al en-- tre nudo arriba del nudo inmediato superior, cubrien do así el tallo y dándole protección y soporte (Wall y Ross 1975).

ii.- La altura de la planta varía desde 50 cm hasta 5 m ó más, dependiendo de la variedad. En el extremo supe- rior del tallo se encuentra la inflorecencia en raci mos compuestos llamada panoja, la que puede variar - desde tipo herbáceos laxos, hasta tipos compactos.

La panoja presenta el mismo esquema dístico del ta-- llo, el eje central está dividido en nudos y entrenu dos en grupos, que se vuelven a dividir hasta dar ra

mificaciones de tercer orden, estos originan una o - varias espiguillas en donde se localizan los frutos llamados "semillas" o cariópsides.

iii.- La espiguilla es la unidad de la inflorescencia, y aparece de dos en dos, siendo una de ella fértil sin pedicelo y otra estéril pedicelada. Por lo general, este pedicelo se seca y se rompe antes de que la espiguilla fértil madure.

La espiguilla fértil consta de un raquis corto sobre el que aparecen una flor inferior estéril, que queda reducida a una escama, y otra flor esteril que contiene el endroceo, formado por tres estambres, y el gineceo, formado por el ovario, del que parten dos - estilos que terminan cada uno en un estigma plumoso, todo esto protegido por una lema, una palea y dos -- brácteas externas llamadas glumas (Wall y Roos 1975).

iv.- El color de las glumas varía desde amarillo pálido - hasta negro, pasando por tonos rojizos y morados, en donde se encuentra gran cantidad de pigmentos fenóli cos.

Basándose en caracteres morfológicos del grano, las glumas y la panoja, Harlan y de Wet (1972), hicieron una clasificación de los sorgos cultivados, agrupándo los en cinco razas básicas fácilmente distinguibles:

a).- Bicolor.- Con granos alargados, glumas largas que cu-

bren al grano y panoja generalmente cubierta.

b).- Guinea.- Granos aplanados dorso-neutralmente, glumas - muy abiertas del tamaño del grano o ligeramente más - largos, panoja abierta.

c).- Candatum.- Granos asimétricos, el lado próximo a la glu ma inferior es plano o cóncavo, la panoja es más o menos abierta.

d).- Kafir.- Granos asimétricos y esféricos, glumas del tamaño del grano envolviendolo completamente, panoja compacta.

Las combinaciones entre ellas dan origen a otras diez razas identificables con características intermedias.

III.2.2.- Estructuras de granos maduros.

El grano de sorgo o cariópside está formado por tres - estructuras: las cubiertas externas, el embrión y el - endospermo.

1).- Cubierta Externa.- Las cubiertas externas comprenden - dos capas: el pericarpio y la testa, los que se originan de los tegumentos que rodean al óvulo antes de la megasporogénesis. Esto fué observado por Sander en -- 1955, quien realizó un estudio minucioso del origen de la cubierta seminal.

El pericarpio en su parte externa, está formado por una capa de células de parenquima con paredes gruesas - cubiertas por una cutícula.

Las células de las dos o tres capas siguientes tie--

nen también paredes gruesas pero su tamaño es mayor y corresponden al epicarpio. En seguida aparece una zona ancha de células ricas en almidón, denominada - mesocarpio. Esta capa varía en grosor y su parte más ancha esta opuesta al embrión.

Las capas interiores del pericarpio (endocarpio) están formadas por las células de cruce, que son delgadas y largas. Perpendicularmente a éstas, se localizan las células tubulares. La función principal de estas dos capas es el transporte de agua durante la germinación.

La testa cuando existe, es de color café y la pigmentación puede propagarse hasta el pericarpio, dando - tonalidades crema, castaño-amarillento o rojizo. Hay granos blancos con testas oscuras y pericarpio no -- pigmentado que tiene un aspecto blanco azulado. La - testa siempre se encuentra en el ovario, pero en muchas variedades es absorbida antes del desarrollo total de los granos, desapareciendo en la etapa madura (Rooney, 1969).

ii).- Embrión.- Este se encuentra en la base del grano, y consta de coleóptilo, que es una vaina dura que protege a la plúmula, y de la coleorriza, que envuelve y protege a su vez a la radícula, éstas dos unidas - por el mesocotilo. Toda esta estructura que dará ori

gen a las partes aérea y subterránea de la planta -- respectivamente, se encuentran cubiertas por el escu telo, el que constituye la mayor parte del embrión.

iii).- Endospermo.- El endospermo forma el tejido de re-- serva del grano, y proporciona la energía necesaria para la germinación. El principal carbohidrato almacenado en el endospermo es el almidón, en forma de - gránulos.

III.2.3.- Composición química.

El valor nutritivo del sorgo es muy variable ya que las distintas variedades en el mercado poseen diferente composición química.

En México el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) ha puesto a disposición de los agricultores las primeras variedades mexicanas de -- sorgo, a partir de hace 5 años (1979) se ha iniciado un programa de mejoramiento de la calidad de la proteína de éste cereal con enfoque principalmente de - obtener sorgos ricos en lisina. (PRONASE, 1976).

Aún así en los programas de mejoramiento de las plantas cultivadas cuyos productos se emplean en la alimentación humana; han de tomarse en cuenta no solo - el contenido y la calidad de la proteína, sino otros componentes del grano como es su contenido de tani-- nos.

1.- Carbohidratos.-

El sorgo como todos los cereales, es importante por su contenido energético en forma de almidón. Los carbohidratos se encuentran distribuídos principalmente en el endosperma y el pericarpio, el primero abarca la mayor parte del total de azúcares. Dichos azúcares están representados por:

Monosacáridos.- Al igual que en el maíz la fructosa y la glucosa son los azúcares reductores predominantes en el grano; en el sorgo se encuentran en una proporción sumamente baja la fructosa 0.05-0.38% y la glucosa0.04-0.30%.

Disacáridos.- La sacarosa azúcar no reductor, es el principal disacárido en todas las variedades, también es el que más aumenta en los granos dulces. La cantidad de azúcar en el grano se encuentra constante hasta la maduración 0.25mg y se encuentran distribuídos principalmente en el pericarpio.

Polisacáridos.- El sorgo como todos los cereales es importante por el contenido energético siendo las hemicelulosas y el almidón los principales polisacáridos. El almidón constituye entre el 68 y el 73% del grano; y comprende el 83% del endosperma, el 13.4 del

germen y el 34.6% del pericarpio.

En el sorgo como en otros cereales hay diferentes tipos de almidón. Una clase de éste, la amilasa, es un polímero de unidades de glucosa ligados exclusivamente por enlaces α 1-4 dando una cadena lineal, la otra clase es la amilopectina en la que ademas de los enlaces α1-4 ésta tiene casi un 5% de enlaces α1-6 que dan una estructura ramificada.

Hemicelulosa (pentosanas). En el grano entero, las pentosanas representan del 2-5% del peso seco. Casi todas las pentosanas que tiene el grano de sorgo estan en el pericarpio, como sucede en el maíz.

ii).-Lípidos.- La distribución de lípidos no polares en el grano se asemeja mucho a la del maíz. El contenido medio de lípidos en el grano entero es de 3.6%, y las proporciones en el endosperma, germen y pericarpio son de 0.6, 28.14 y 4.9%. Análisis cromatográficos demostraron que estan compuestos por triglicéridos (la fracción mayor), tambien hallaron cantidades menores de ésteres de esteroles, monogliceridos, digliceridos, esteroles y fosfolípidos.

iii).-Minerales.-

Aunque se han realizado muchos estudios sobre la composición de minerales en el grano los datos más completos fueron publicados por Bunson (1950) --

siendo los principales el fósforo, calcio y sodio (Kirien et al, 1963).

iv).- Vitaminas.-

Comparado con el maíz el grano de sorgo contiene aproximadamente iguales cantidades de riboflavina y piridoxina, pero más ácido pantoténico, nicotínico y biotina (Tamer et al, 1947).

v).-Proteínas.-

El sorgo contiene muchas proteínas que presentan distintas propiedades físicas, actividad biológica y valor nutritivo.

Osborne observó que deben utilizarse sucesivamente varios solventes distintos para extraer casi todas las proteínas de los cereales, incluyendo el sorgo. Utilizando éste método clasificó a esas proteínas en 1) Albúminas, solubles en agua; 2) Globulinas, solubles en soluciones salinas; 3) Prolaminas, solubles en soluciones de alcohol etílico y 4) Glutelinas, solubles en álcalis diluídos.

Albúminas y Globulinas.- En las proteínas del sorgo las fracciones de albúmina y globulina se encuentran en menor proporción. Se localizan principalmente en la capa de aleurona del endospermo. En las proteínas del endospermo los niveles de lisina, treonina, argi-

nina, metionina y ácido aspártico son mucho más elevadas en la fracción globulina que en el total de la proteína del endospermo.

Prolaminas.- En el grano predominan las prolaminas o - proteínas solubles en alcohol, y se localizan en el endospermo, así como en el maíz están representadas por la zeína, en el sorgo las representa la kafirina, (Rooney y Clark, 1968). La kafirina tiene baja calidad nutritiva, dado que es deficiente en varios aminoácidos esenciales. Los niveles de lisina, arginina, histidina glisina, metionina y triptófano son bajos. El contenido de ácido glutámico y los aminoácidos no polares -- (leucina, prolina y alanina) se encuentran en gran cantidad en la kafirina.

Glutelinas.- Es la segunda fracción proteica en importancia. La insolubilidad de las glutelinas en solventes neutros se atribuye a sus altos pesos moleculares, debido a que los enlaces de disulfuro del aminoácido - cistina une químicamente distintas cadenas proteicas, las glutelinas tienen mas lisina, histidina, arginina y glicina que la kafirina.

Como la lisina, la treonina y la metionina son los aminoácidos esenciales más deficientes en el sorgo es evi

dente que las proteínas de la albúmina y la globulina son las mejores en valor nutritivo; la kafirina es la que contiene menor y la glutelina intermedio.

III.2.4.- Aspectos que intervienen en el valor nutricional.-

La calidad nutritiva, de las diferentes variedades de sorgo que actualmente se consumen, es pobre en comparación con otros cereales, debido a que el grano de sorgo presenta astringencia y color anormal, causado por los taninos (polifenoles), lo cual, lo hacen inapropiado para ser utilizado en la alimentación humana, de ahí la importancia de estos.

1).-Taninos.-

a).- Definición.- La palabra tanino abarca un gran número de sustancias, que presentan propiedades químicas en común, pero que no guardan relación estructural en sus fórmulas químicas. Así la palabra tanino se ha usado para designar a las sustancias con las propiedades generales de los fenoles, como es la de colorationes verdes u oscuras con sales de fierro. Lógicamente esta definición es muy amplia. Por tal motivo, Swain y Bate (1962) definen a los taninos como compuestos fenólicos con pesos moleculares entre 500 y 3000, con las propiedades químicas clásicas de los fenoles y con la capacidad de precipitar alcaloides y proteínas.

b).- Clasificación.- Químicamente los taninos son moléculas

heterogéneas, variando desde simples monómeros -- hasta grandes polímeros, cuyas estructuras son desconocidas en algunos casos. Los taninos generalmente - se dividen en:

1.- Taninos hidrosolubles.- Son ésteres de azúcares y ácidos fenólicos o de sus derivados, y a su vez se - subdividen en 1)- Galotaninos: los que por hidrólisis producen ácido gálico como único compuesto fenólico, más el azúcar con el cual forma el glucósido, y en 2)- Elagitaninos: los que bajo las mismas condiciones dan, además del ácido gálico otros de sus derivados, de los cuales el principal es el ácido elágico, más el azúcar del glucósido.

El principal representante de los galotaninos es el ácido tánico, el cual es una mezcla de derivados del ácido gálico. White (1958), analizó su composición - por cromatografía bidimencional encontrando 21% de - ácido gálico, 7% de ácido m-digálico, 3% de pentagaloil-glucosa, 1% de ácido trigálico y el resto en - forma de glucósido como galotaninos.

2.- Taninos condensados.- Son mezclas de productos de condensación de moléculas tipo flavan, combinadas en dímeros, trímeros o polímeros. Su estudio ha sido menor que el grupo anterior a pesar de ser económicamente - más importante que los hidrolizables, pero su comple-

jidad, aunada a la facilidad de formar complejos con las proteínas hace muy difícil su estudio.

Los únicos compuestos que pueden ser separados satisfactoriamente son los flavanes monómeros y algunos dímeros, pero es muy difícil obtenerlos puros, debido a la facilidad que tienen de formar puentes de hidrógeno con otras moléculas.

Los dos grupos más importantes de los flavonoides que forman los taninos condensados son: los flavan 3-oles ó catequinas y los flavan 3-4-dioles o leucoantocianidinas.

c).- Interacción de los taninos con las proteínas.

En el sorgo los taninos generalmente se encuentran asociados a vacuolas, protegiendo al protoplasto contra la desecación, putrefacción y destrucción por microorganismos como bacterias y hongos.

La propiedad esencial de los taninos de combinarse con las proteínas y otros polímeros, como la celulosa y la pectina, es importante para la inhibición enzimática producida. La sensación astringente que dan los polifenoles, es debida a la precipitación de glicoproteínas encontradas en la saliva reduciéndose su propiedad lubricante.

Loomis y Battaile (1966) indican que en la formación de complejos taninos-proteínas o tanino-otro polímero estén involucrados tres tipos de enlaces químicos:

- Enlace por puente de hidrógeno, entre el grupo fenólico de los taninos y grupos receptores del polímero o la proteína (-NH, -CO, -OH).
- Enlaces iónicos, entre los grupos aniónicos de los taninos (fenólicos ionizados y carboxil) y grupos catiónicos de las proteínas, como el ε-amino de la lisina.
- Enlaces covalentes, formados por la unión entre quinonas, las que pueden estar formando parte de la estructura del tanino o pueden ser producidas por oxidación y grupos reactivos en la proteína, dando gran estabilidad al complejo tanino-proteína.

ii).- Otro problema importante dentro de tecnología de alimentos es la retención del color original, así como la prevención del oscurecimiento. Cuando los cambios no son producidos por agentes físicos como es el caso de la reacción de Maillard, la formación de pigmentos se debe a la oxidación enzimática de compuestos fenólicos, siendo los catalizadores de estas reacciones las enzimas que se conocen con los nombres de fenolasas, tirosinasas, polifenoloxidasas o catecoloxidasas.

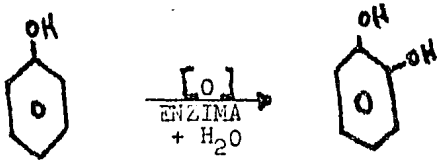
La unión internacional de bioquímicos indica que el nombre de la enzima es orto-difenol oxido reductasa. Se trata de una proteína que contiene cobre y que cataliza dos reacciones diferentes:

- La hidroxilación de monohidroxi-fenoles a o-dihidroxi

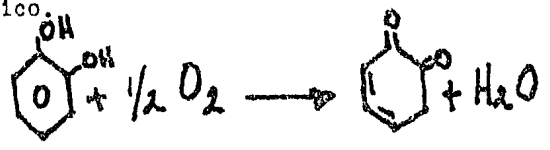
fenoles, lo que es conocido como actividad cresolasa.

- La oxidación de o-dihidroxi-fenoles a o-quinonas que sufren oxidación y polimerización para dar pigmentos oscuros llamados melaninas. Esto se conoce como actividad catecolasa.

La actividad cresolasa es la que influye para considerar a la enzima como oxigenasa, pues en este paso consume una molécula de oxígeno por una de sustrato, incorporando un átomo de oxígeno al producto y reduciendo el otro (Mason, 1957).



La actividad catecolasa es descrita como una función oxidasa, donde el oxígeno es reducido a agua sin llegar a ser fijado en el sustrato actuando como aceptor electrónico.



La separación de enzimas fenolasas es muy difícil debido a la presencia de muchas proteínas semejantes, además de las bajas concentraciones presentes en los tejidos donde se localizan.

Lo expuesto anteriormente da idea de la importancia que tienen tanto la enzima polifenoloxidasa como -

los sustratos fenólicos en las reacciones de oscurecimiento de alimentos, la actividad catecolasa es de - más importancia, puesto que muchos de los sustratos - presentes en forma natural son hidróxifenoles. En el grano de sorgo esta enzima interviene también en la - polimerización de los taninos, además de encontrarse en forma activa en el grano maduro.

CAPITULO IV

IV.- Diseño Experimental.

El trabajo practico se realizó de la siguiente forma:

IV.1.- Materiales y Métodos.

1).- Materiales.-

Los granos de maíz blanco cristalino COT-76 AR (M), sorgo blanco híbrido Zacapuiztle SHE. 2085 (H) y sorgo colorido Tarasco B-75R (T) utilizados en este estudio fueron proporcionados por el INIA, cultivados en sus campos experimentales dentro del ciclo agrícola correspondiente. Se seleccionaron estos dos tipos de sorgo (blanco y colorido) con el objeto de estudiar los problemas que presenta este cereal en la elaboración de productos alimenticios para consumo humano.

a).- Determinaciones químicas para las pruebas biológicas.

Todo el cereal (30 kg de maíz y 14 Kg de sorgo) se sometió a una selección visual, que consistió en eliminar granos rotos, granos pordridos, granos extraños y toda clase de basuras como pelor, olotes, piedras, -- etc.

Cada variedad de grano limpio se mezcló perfectamente para lograr homogeneidad en las muestras y, por consiguiente, en los experimentos. Posteriormente se realizaron los análisis bromatológicos o proximales de los granos siguiendo los métodos del AOAC (1970), descri--

tos en el Apéndice. Las determinaciones fueron:

1.A).- Humedad

1.B).- Cenizas

1.C).- Grasa cruda

1.D).- Proteína cruda

1.E).- Fibra cruda

1.F).- Carbohidratos asimilables por diferencia.

Los análisis bromatológicos se determinaron con el objeto de conocer la composición de los materiales de trabajo, cuyos resultados servirán de base para los experimentos posteriores.

2).- Tratamiento.-

Una vez teniendo los cereales limpios y homogéneos, se prepararon 12 lotes de 3000g cada uno con las siguientes proporciones:

100% maíz, 100% sorgo (H), 100% sorgo (T), 95-5% maíz-sorgo (H yT), 90-10% maíz-sorgo (H y T), 85-15% maíz-sorgo (H y T), 80-20% maíz-sorgo (H y T) y 50-50% (H y T).

A los lotes se les practicó el tratamiento tradicional de nixtamalización (siguiendo el diagrama Fig. 1). En recipientes de aluminio se colocaron, en una relación sólido-líquido 1:3, 3000g de cada lote y 1.5% de

$Ca(OH)_2$ (en relación al peso del grano). Se nixtamalizaron los cereales y al término de la nixtamalización, se dejó reposar el nixtamal durante 12 hs a temperatura ambiente.

Posteriormente se lavó el nixtamal, eliminándose el nejayote y agua de lavado. Se procedió a secar el nixtamal en un secador de charolas (J.P. Devin Co) con sistema de vacío y aire caliente a una temperatura de 60-70°C y 1 lb/pg^2 de presión por espacio de 5 hs.

Despues del secado se procedió a moler los granos en un molino Ce Co tipo SC-ES. Las harinas resultantes se tamizaron en una malla Duvesa No. 35.

A todas las harinas se les determinó su contenido de proteína total por el método de Macrokjeldahl citado en el Apéndice. Cada determinación se hizo por duplicado.

a.- Preparación de las dietas.

Para preparar las dietas isocalóricas e isoproteicas se siguió la formulación básica presentada en la Tabla I (Molina et al, 1975), dejando como única variable las mezclas de los cereales.

Tabla I. Composición de la dieta.

Material	Porcentaje
Mezcla de Vitaminas	1.0 % *
Mezcla de Minerales	4.0 % **
Aceite de maíz	4.0 %
Almidón	1.0 %
Mezcla de maíz-sorgo	90.0 %***

Tomada de Molina, De la Fuente y Bressani, 1975.

***90% en peso para formular una dieta de prueba con un nivel de 1.5% de nitrógeno, ya que el cereal contiene muy bajo contenido de proteína (9% aproximadamente). A pesar de que los cereales contienen un elevado contenido de carbohidratos se adicionó almidón (como fuente terciaria) a la dieta para que las ratas la empleen en cubrir sus necesidades calóricas, que aproximadamente son de 2200 cal.

* La mezcla de vitaminas "Tekland Test Diet" proporciona las vitaminas activas necesarias cuando se añaden en una proporción de 1% (Ver Tabla II).

Tabla II. Composición de la mezcla vitamínica.

Vitaminas	Cantidad
Acido p-amino benzoico	110.229 mg/Kg dieta
Acido ascórbico	1017.520 "
Pantotenato de calcio	66.137 "

TABLA II

Vitaminas	Cantidad
Vitamina B_{12} (0.1% en manitol)	29.762 mg/Kg dieta ó UI
Citrato de colina	3715.123 "
Acido fólico	1.984 "
i-inositol	110.229 "
Menadiona	49.603 "
Acido nicotínico	99.206 "
Clorhidrato de piridoxina	22.045 "
Riboflavina	22.045 UI
Clorhidrato de tiamina	22.045 "
Vitamina A seca (500 000 /g	1984.1 "
Vitamina D_2 seca (500 000 /g	220.4 "
Acetato de vitamina E	12.12 "

** La mezcla de minerales (Roger-Harper) proporciona las - sales de minerales presentadas en la Tabla III.

Tabla III. Mezcla de minerales.

Mineral	g/Kg dieta
Cloruro de magnesio	5.50
Fosfato tribásico de calcio	579.96
Cloruro de sodio	250.00
Cloruro de potasio	150.00
Citrato de fierro	6.00
Carbonato de cobre	5.50

Tabla III.

Mineral	g/Kg dieta
Carbonato de zinc	1.40
Iodato de sodio	1.60
Fluoruro de sodio	0.02

La dieta con proteína de referencia de preparó siguiendo - la formulación presentada en el siguiente Cuadro.

Tab. IV.

Material	Porcentaje
Mezcla de vitaminas	1.0 %
Mezcla de minerales	4.0
Aceite de maíz	5.0
Azúcar	10.0
Proteína	9.0
Almidón	69.0
Celulosa	1.0

Se utilizó como proteína de referencia la caseína con - 90% de proteína. A las dietas preparadas se les determinó su contenido proteico por el método de Macrokjeldahl.

IV.1.3.- Estudios biológicos.

Uno de los principales problemas concernientes a los estu-- dios nutricionales es la valoración de las proteínas en los alimentos. En general, todos los métodos biológicos empleados para la valoración de las proteínas miden su calidad ba jo condiciones experimentales controladas, en donde la pro-

teína de la dieta es el único factor limitante en la respuesta escogida para el estudio en cuestión La calidad proteica de las mezclas se evalúan mediante métodos biológicos, los cuales pueden agruparse en:

A).- Métodos indirectos

B).- Métodos directos

Los métodos empleados para determinar el valor - biológico de las proteínas en las mezclas fueron.

A.- Métodos indirectos.

a.1.- Determinación de la relación de eficiencia proteicas (PER) Campbell, J. et al, 1963) (Braham, J. E. et al, 1967).

El método fué propuesto por Osborne, Mendel y Ferry en 1919 y definido como un método que determina la ganancia en peso por gramo de proteína consumida.

a.1.2.- Factores que afectan al método.

Se ha encontrado que la edad inicial del animal, el nivel de proteína de la dieta, tiempo de experimentación, raza de las ratas empleadas y sexo influyen en los resultados.

a.1.3.- Críticas al método.

El método asume que no hay proteínas para mantenimiento, además a medida que se consumen mayores cantidades de proteína, hay mayor cantidad disponible pa

ra crecimiento y por consiguiente resulta una mayor eficiencia proteínica, así también asume que el incremento de peso corporal puede ser debido no sólo a síntesis de proteína, sino a deposición de grasa, agua y otros nutrientes en los tejidos del animal. - Las proteínas que no promueven crecimiento, no pueden ser evaluadas por este método.

Este método se seleccionó debido a su simplicidad y reproducibilidad en condiciones controladas.

b).- Métodos directos.

b.1.- Utilización neta de proteína (UNP) (Miller, J. et al 1963) y (Sotelo, L. et al, 1978).

Este método fué propuesto por Bender y Miller en 1953 y posteriormente fué ligeramente modificado por Bender y Doellen 1957.

El procedimiento consiste en medir el nitrógeno que se ha depositado en el carcas del animal, por el consumo de la dieta en estudio, con 10% de proteína, por 10 días y es necesario corregir por el nitrógeno endógeno que se mide en otro grupo que consume una dieta libre de nitrógeno. Este nitrógeno puede ser medido directamente en el carcas del animal.

b.1.2.- Factores que afectan al método.

El tiempo de experimentación influye en los resultados, así como el contenido de vitaminas y minerales -

en la dieta. Las calorías deben de estar presentes en cantidades suficientes para que el organismo no utilice la proteína como fuente calórica.

b.1.3.- Críticas al método.

Este método no es recomendable para efectuar análisis de rutina, ya que la determinación de nitrógeno en el cerdo toma demasiado tiempo, debido a que resulta tedioso el hecho de tener que secar, moler y homogenizar una rata entera se propuso el uso de la pierna trasera izquierda de las ratas con el objeto de simplificar el método en cuanto a tiempo y esfuerzo. Lo anterior se basa en el hecho de que la pierna trasera es representativa del contenido de nitrógeno del resto del cuerpo del animal.

IV.1.4.- Métodos.

a).- Determinación de la relación de eficiencia proteínica.

Para este ensayo biológico se seleccionaron 112 ratas blancas machos y hembras de raza wistar, recién destetadas de 21-23 días de nacidas, obtenidas de la colonia del Bioterio de la Facultad de Química de la UNAM, cuyo peso oscilaba entre 40-50g.

Para este ensayo fueron divididas en 14 grupos de ocho ratas cada uno (4 hembras y 4 machos), cada

grupo de ratas fué alimentado a diferentes dietas. - Las ratas se colocaron en jaulas individuales en un cuarto con temperatura controlada (16-21°C), humedad relativa 65% y con una iluminación de (12 h de luz y 12 h de oscuridad). Se igualó la distribución de las ratas por sexo y peso procurando que la diferencia - de peso entre grupo y grupo no excediera de ± 5g.

Las ratas se alimentaron con las dietas de prueba y agua en cantidades ad-libitum durante 21 días. El alimento consumido fué registrado cada tercer día y las ratas fueron pesadas 2 veces por semana durante todo el estudio, teniendo al final del estudio la ganancia total del peso y el consumo total de proteínas.

En forma paralela se trabajó con un grupo de ratas pero usando dieta de caseína como fuente de proteína al fín de tener una dieta de referencia (ver - Tabla IV).

La REP fué calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$REP = \frac{\text{Peso ganado en g}}{\text{Proteína ingerida en g.}}$$

La variabilidad de los resultados, entre animales se expresó como error estándar en cada caso.

b).- Determinación de la utilización neta de proteína - (UNP).

Para este ensayo se utilizaron las mismas ratas empleadas en la determinación de la relación de eficiencia proteínica. Al término de los 21 días que duró la REP, se sacrificaron la mitad de las ratas de cada grupo, es decir dos machos y dos hembras, el sacrificio se realizó en una cámara saturada de éter. Posteriormente se pesaron los animales y se procedió a extraer los riñones. Este ensayo se practicó con el objeto de confirmar los estudios realizados por Sternberg (1975), sobre nefrocitomegalia encontrada en ratas alimentadas con soya aislada y cereales que han sido tratados con álcali.

En continuación con el experimento a las 4 ratas - restantes se le dieron las dietas a evaluar (de cereales y caseína) y el agua en cantidades ad-libitum durante 10 días más.

Al mismo tiempo se alimentó a un grupo de ratas con con una dieta libre de nitrógeno.

Durante este lapso se cuantificó la cantidad - de dieta ingerida y una vez transcurridos los 10 - días se sacrificaron las ratas con éter, posteriormente se pesaron los animales y a cada rata se le corto la pierna trasera izquierda, las patas fueron

llevadas en una charola a una estufa MPSA con vacío y aire caliente a 105°C durante 8 h. Una vez secas y frías se molieron en un mortero tratando de que quedaran lo más homogéneas posibles. Del polvo seco se tomaron muestras a las que se les determinó por duplicado el nitrógeno total por el método de microkjeldahl citado en el Apéndice.

De esta manera, al finalizar el experimento se tuvo el nitrógeno ingerido y el nitrógeno retenido por cada grupo de ratas.

La UNP se calculó a partir de la fórmula siguiente:

$$UNP = \frac{\text{Nt del gpo.exp.} - (\text{Nt del gpo. testigo} + \text{Ning. por el gpo. testigo})}{\text{N ing. por el gpo. experimental}}$$

donde:

Nt del gpo. experimental = Nitrógeno total de la rata -- problema.

N_t del gpo. testigo = Nitrógeno total de la rata alimentada con la dieta libre de nitrógeno.

N ing. por el gpo. testigo = Nitrógeno consumido en la - dieta libre de nitrógeno.

$$\text{N ing. por el gpo. experimental} = \left(\frac{\text{g de alimento consumido} \times \text{Nitrógeno de la dieta}}{100}\right.$$

(los cálculos aparecen en el Apéndice).

Con los resultados se hizo el análisis estadístico para conocer la variabilidad entre animales.

Generalmente se utilizan estos dos métodos (REP y - UNP), para mayor seguridad en la interpretación de resultados y se le confiere mayor valor a la UNP porque mide directamente la retención de nitrógeno, ya que el incremento de peso es un índice en la síntesis proteica en la REP, no necesariamente válida, ya que hay proteínas que no producen crecimiento por usarse para el mantenimiento tienen una REP de cero. En cambio la UNP al dar valores bastante precisos de la medición de la eficiencia - proteínica absorbida para las funciones de crecimiento y mantenimiento se le confiere mayor validez (Fisher y Bender, 1980).

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION:

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los experimentos biológicos.

En el Cuadro I se muestran los análisis bromatológicos proximales de los cereales, empleados para las pruebas biológicas.

El Cuadro 2 informa el resultado del nitrógeno total y de la proteína cruda de las harinas nixtamalizadas, las cuales serían posteriormente empleadas para las pruebas biológicas.

En el Cuadro 3 se informa el nivel proteico de las dietas preparadas con las harinas de maíz-sorgo nixtamalizadas. Estas determinaciones se hicieron con el objeto de verificar que las dietas cumplieran con el nivel correcto de la proteína (9.0 ± 0.3%).

La Figura 1 muestra el proceso de nixtamalización y la Figura 2 presenta el diagrama de preparación de las harinas para las pruebas biológicas.

El Cuadro 4 informa los datos de peso total ganado y del alimento total ingerido por las ratas alimentadas con las dietas de maíz-sorgo (híbrido y tarasco).

El Cuadro 5 reporta los valores de la calidad nutricional REP. En la Figura 3 se hace una representación gráfica de la relación de eficiencia proteínico (REP). Con el objeto de dar mayor claridad objetiva en la Figura 4 se graficaron valores promedios de la REP de machos y hembras.

El Cuadro 6 presenta los resultados de la concentración de nitrógeno en las patas de las ratas y el peso de de las ratas al finalizar los diez días de experimento.

El Cuadro 7 informa los valores de nitrógeno total de la rata problema y nitrógeno total consumido por ratas machos y hembras alimentadas con las dietas asignadas durante un periodo de 10 días.

El Cuadro 8 reporta los valores de la calidad nutricional de las XIII mezclas medida como UNP. Estos estudios se realizaron con el objeto de corroborar el efecto de la REP.

En las Figuras 5 y 6 se hace una representación gráfica de la calidad nutricional de las mezclas maíz-sorgo (blanco y colorido) medida como utilización neta de proteína (UNP) con lo que se corrobora el efecto de la REP.

En el Cuadro 9 y la Figura 7 se informa los resulta-

dos de las alteraciones renales, y se realiza una demostración gráfica de dichas alteraciones.

CUADRO 1. ANALISIS BROMATOLOGICOS DE LOS CEREALES.

% DE	MAIZ	SORGO (T)	SORGO (H)
Humedad	10.80	12.00	11.30
Cenizas	1.09	1.36	1.25
Grasa cruda	4.17	3.61	3.78
Fibra cruda	1.71	2.00	2.70
Proteína cruda	11.20	12.40	10.72
Carbohidratos	71.03	68.63	70.25

SORGO (T) ____ SORGO TARASCO

SORGO (H) ____ SORGO HIBRIDO

CUADRO 2 PORCENTAJE DE NITROGENO TOTAL Y DE PROTEINA CRUDA EN HARINAS NIXTAMALIZADAS DE MAIZ-SORGO (HIBRIDO Y TARASCO) A DIFERENTES CONCENTRACIONES - DETERMINADAS POR EL METODO DE MACROKJELDAHL.

LOTES	MAIZ + SORGO HIBRIDO		MAIZ + SORGO TARASCO	
Conc.%	$\%N_2$	%Prot.	$\% N_2$	%Prot.
M-100	1.60	9.99	-	-
M95-5 S	1.60	9.99	1.60	9.99
M90-10S	1.60	9.99	1.60	9.99
M85-15S	1.59	9.92	1.62	10.12
M80-20S	1.59	9.92	1.62	10.12
M50-50S	1.58	9.86	1.64	10.25
S-100	1.54	9.61	1.66	10.39

Factor de conversión de Nitrógeno a proteína ___ 6.25

CUADRO 3 PORCENTAJE DE NITROGENO TOTAL Y DE PROTEINA CRUDA EN LAS DIETAS PREPARADAS CON LAS HARINAS NIXTAMALIZADAS DE MAIZ-SORGO (HIBRIDO Y TARASCO) A DIFERENTES CONCENTRACIONES. DETERMINADAS POR EL METODO DE MACROKJELDAHL.

LOTES	MAIZ + SORGO HIBRIDO		MAIZ + SORGO TARASCO	
CONC.	% N_2	% PROT.	% N_2	% PROT.
M-100	1.44	9.0	-	-
M95- 5S	1.44	9.0	1.44	9.0
M90-10S	1.44	9.0	1.44	9.0
M85-15S	1.43	8.94	1.46	9.12
M80-20S	1.43	8.94	1.47	9.18
M50-50S	1.41	8.81	1.47	9.18
S-100	1.40	8.75	1.50	9.30

Factor de conversión de N_2 a proteína 6.25

FIG. 1

PROCESO DE NIXTAMALIZACION

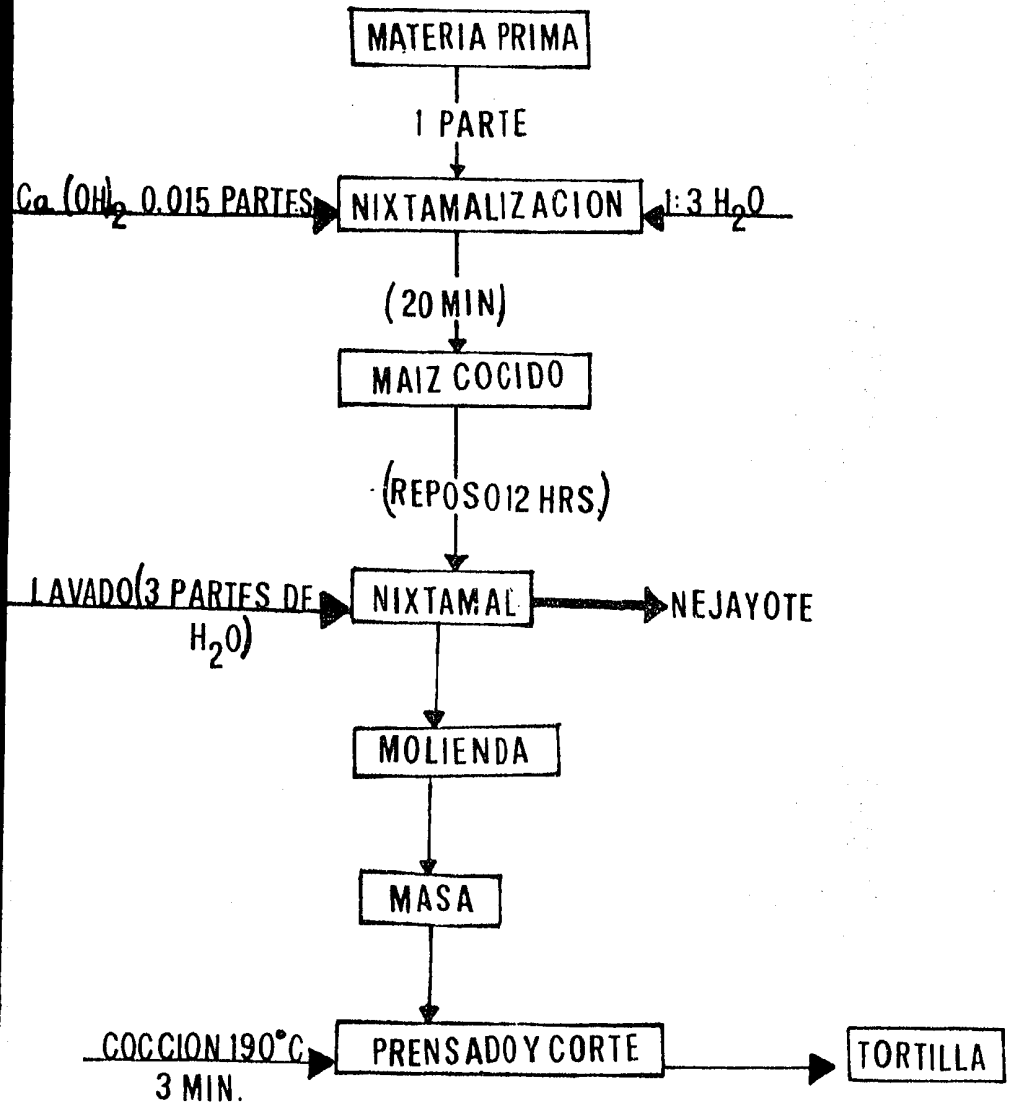
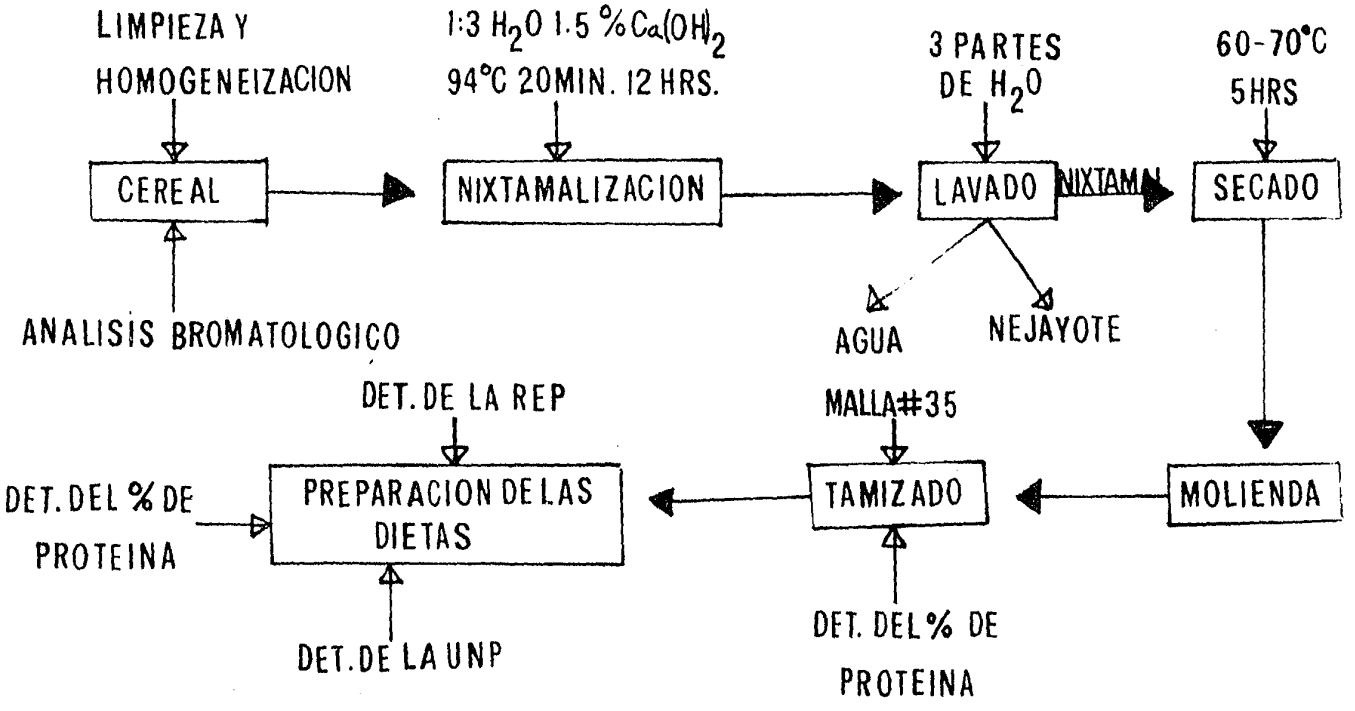


DIAGRAMA DE PREPARACION DE LAS HARINAS PARA LAS PRUEBAS BIOLOGICAS



CUADRO 4. COMPARACION ENTRE EL PESO GANADO Y EL ALIMENTO INGERIDO, POR RATAS MACHOS Y HEMBRAS ALIMENTADAS CON DIETA DE MAIZ-SORGO (HIBRIDO Y TARASCO) A DIFERENTES CONCENTRACIONES/

DIETA	Ganancia en Peso (g)	E.E	ALIMENTO (g)	E.E.	Ganancia en Peso (g)	E.E.	ALIMENTO (g)	E.E.
	HEMBRAS				MACHOS			
100-M	23.0	± 0.05	215.0	± 0.16	17.6	± 0.07	210.0	± 0.18
95M-5(S.H)	21.5	0.16	212.0	0.10	17.3	0.14	200.0	0.10
90M-10(S.H)	18.3	0.10	208.0	0.09	15.0	0.17	205.0	0.08
85M-15(S.H)	12.0	0.15	185.0	0.10	9.5	0.11	184.0	0.13
80M-20(S.H)	8.6	0.10	179.0	0.09	9.1	0.07	180.0	0.28
50M-50(S.H)	6.3	0.04	195.0	0.17	5.3	0.05	173.0	0.10
100S.H	4.0	0.09	175.0	0.13	3.7	0.15	155.0	0.13
95M-5(S.T)	20.7	± 0.14	218.0	± 0.16	21.9	± 0.09	206.0	± 0.07
90M-10(S.T)	15.8	0.20	210.0	0.22	14.6	0.13	202.0	0.14
85M-15(S.T)	10.9	0.09	195.0	0.10	10.0	0.24	195.0	0.25
80M-20(S.T)	7.7	0.04	186.0	0.11	9.0	0.11	178.0	0.09
50M-50(S.T)	3.8	0.06	155.0	0.05	3.7	0.04	130.0	0.05
100-S.T	2.6	0.11	140.0	0.09	2.0	0.19	136.0	0.17
Caseína	76.05	± 0.14	246.5	± 0.09	70.3	± 0.05	253.4	± 0.18

M-(S.H) —— Maíz-Sorgo Híbrido

M-(S.T) —— Maíz-Sorgo Tarasco

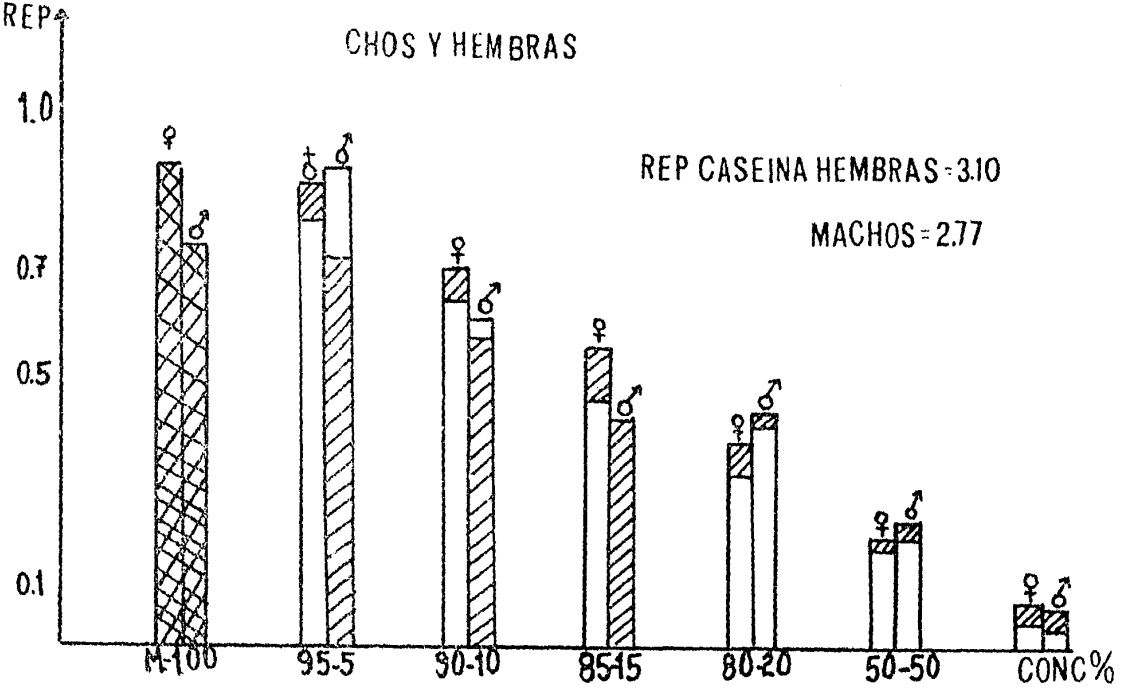
E.E. —— Error Estándar.

CUADRO 5 RELACION DE EFICIENCIA PROTEINICA (REP) DE LOS CEREALES MAIZ, SORGO Y MEZCLAS DE AMBOS CEREALES.

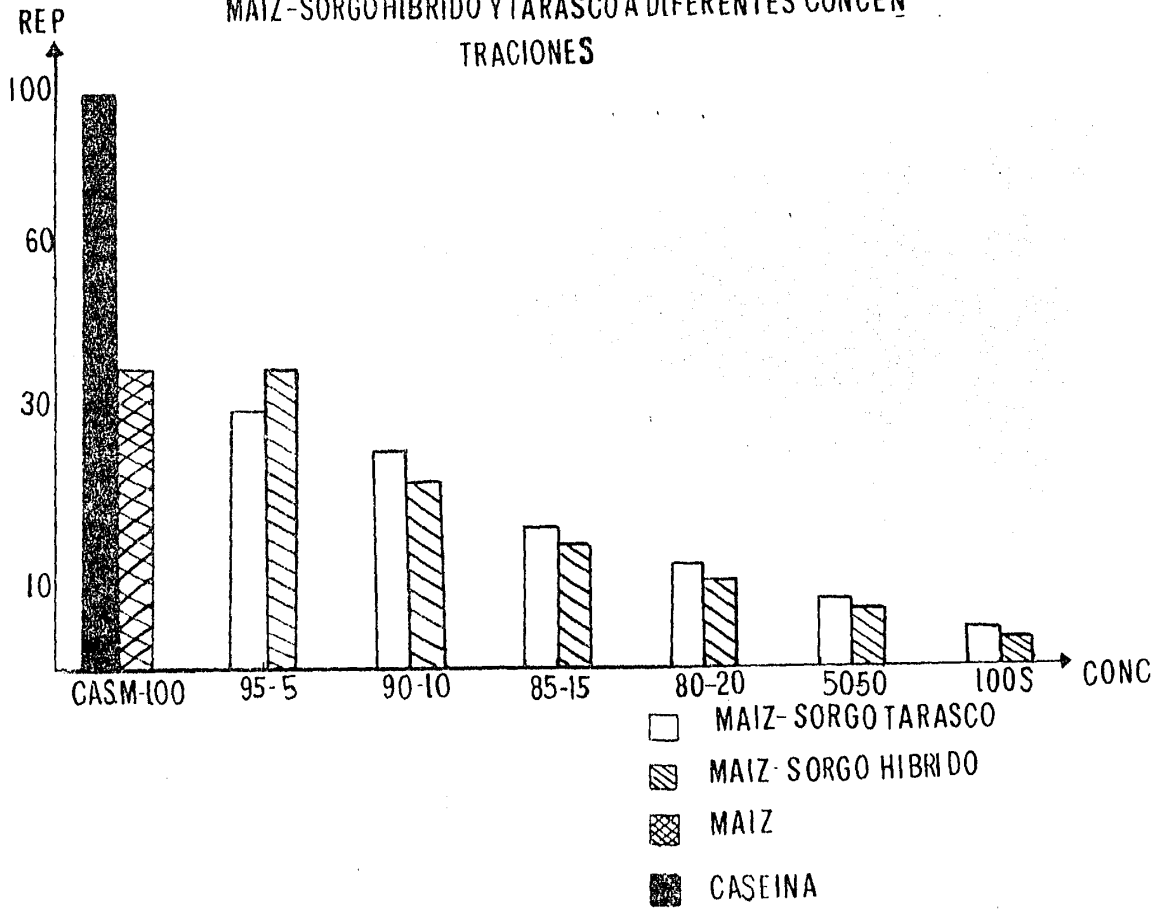
No. de Mezcla	Dieta	REP de Hembras	REP de machos	REP promedio	E.E.	REP como % de REP de caseína
	Caseína	3.01	2.67	2.89	± 0.21	100.00
I	MAIZ-100	0.94	0.86	0.90	0.20	30.44
II	95M-5 (S.H)	0.89	0.75	0.82	0.15	28.37
III	90M-10(S.H)	0.76	0.65	0.70	0.19	24.22
IV	85M-15(S.H)	0.58	0.44	0.51	0.19	17.68
V	80M-20(S.H)	0.41	0.44	0.42	0.15	14.54
VI	50M-50(S.H)	0.27	0.25	0.26	0.11	9.0
VII	SORGO H 100	0.16	0.18	0.17	0.13	5.9
VIII	95M-5 (S.T)	0.87	0.93	0.88	± 0.11	30.44
IX	90M-10(S.T)	0.65	0.61	0.63	0.13	21.29
X	85M-15(S.T)	0.49	0.44	0.47	0.11	16.26
XI	80M-20(S.T)	0.36	0.45	0.40	0.20	13.86
XII	50M-50(S.T)	0.21	0.25	0.23	0.15	8.0
XIII	SORGO T 100	0.16	0.12	0.14	0.19	4.8

E.E. = Error Estándar.
(S.H)= Sorgo híbrido.
(S.T)= Sorgo terasco.

COMPARACION ENTRE LOS VALORES DE REP DE LOS CE-
REALES MAIZ SORGO HIBRIDO Y TARASCO PARA MA-
CHOS Y HEMBRAS



COMPARACION ENTRE VALORES PROMEDIO DE REP DE MAIZ-SORGO HIBRIDO Y TARASCO A DIFERENTES CONCENTRACIONES



CUADRO 6 RELACION DEL PESO FINAL Y CONCENTRACION DE NITROGENO EN PATAS DE LAS RATAS HEMBRAS Y MACHOS ALIMENTADAS CON DIETAS DE MAIZ, SORGO, CASEINA Y DIETA LIBRE DE - PROTEINA DURANTE 10 DIAS.

	HEMBRAS				MACHOS			
DIETA	PESO (g) FINAL	E.E.	% N_2 EN PATAS	E.E.	PESO (g) FINAL	E.E.	% N_2 EN PATAS	E.E
100-M	71.2	± 0.15	2.59	± 0.12	70.0	± 0.18	2.58	± 0.11
95M-5 (S.H)	70.5	0.18	2.59	0.15	69.1	0.10	2.59	0.10
90M-10(S.H)	65.8	0.08	2.58	0.18	64.3	0.17	2.56	0.17
85M-15(S.H)	59.5	0.12	2.58	0.11	58.4	0.11	2.57	0.15
80M-20(S,H)	58.5	0.11	2.57	0.20	56.2	0.09	2.56	0.10
50M-50(S.H)	55.1	0.10	2.55	0.18	53.3	0.11	2.55	0.12
100(S.H)	48.0	0.09	2.53	0.20	50.0	0.15	2.51	0.10
95M-5 (S.T)	70.5	± 0.08	2.58	± 0.20	68.1	± 0.13	2.59	± 0.09
90M-10(S.T)	67.4	0.22	2.57	0.09	64.0	0.08	2.55	0.10
85M-15(S.T)	60.2	0.17	2.57	0.19	56.0	0.13	2.56	0.13
80M-20(S.T)	55.0	0.20	2.54	0.17	52.5	0.09	2.56	0.16
50M-50(S.T)	51.5	0.19	2.54	0.15	47.8	0.19	2.53	0.09
100-(S.T)	44.8	0.18	2.51	0.14	45.0	0.22	2.52	0.16
Caseína	146.85	± 0.06	2.71	± 0.08	137.50	± 0.10	2.66	± 0.17
Dieta Libre	34.5	0.19	2.53	0.18				

E.E. = Error Estándard.

CUADRO 7 RELACION DEL NITROGENO TOTAL DE RATAS PROBLEMA Y NITROGENO TOTAL INGERIDO POR RATAS MACHOS Y HEMBRAS ALIMENTADAS CON DIETAS DE MAIZ, SORGO, CASEINA, MEZCLAS DE MAIZ -SORGO Y DIETA LIBRE DE PROTEINA DURANTE 10 DIAS DE EXPERIMENTO.

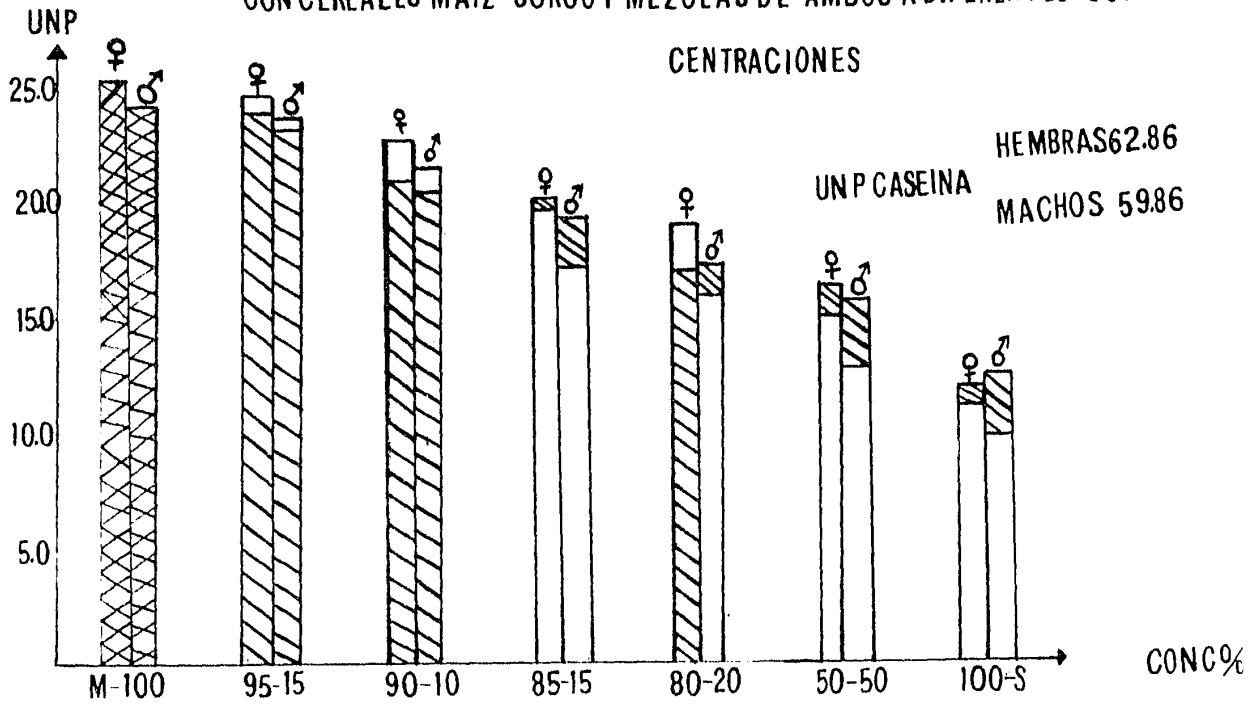
DIETA	N_2 Total Problema de Hembras	N_2 Total Ingerido por machos	N_2 Total Problema de Machos	N_2 Total Ingerido por machos
100-M	164.40	3.83	180.6	3.73
95M-5 (S.H)	182.59	3.83	178.9	3.76
90M-10(S.H)	169.60	3.66	165.6	3.54
85M-15(S.H)	153.5	3.25	150.4	3.17
80M-20(S.H)	150.30	3.27	143.8	3.16
50M-50(S.H)	140.5	3.24	135.9	3.03
100-(S.H)	121.9	2.75	126.5	2.98
95M-5 (S.T)	181.89	3.78	176.3	3.58
90M-10(S.T)	173.1	3.56	163.2	3.29
85M-15(S.T)	154.8	3.39	143.3	3.15
80M-20(S.T)	139.7	3.13	134.4	2.92
50M-50(S.T)	130.8	2.96	120.9	2.50
100(S.T)	112.4	2.24	112.1	2.43
Caseína	397.96	4.94	365.75	4.65
Dieta Libre	87.40			

CUADRO 8 UTILIZACION NETA DE PROTEINA (UNP) DE LOS CEREALES MAIZ, SORGO Y MEZCLAS DE AMBOS CEREALES.

No. de Mezcla	Dieta	UNP de Hembras	UNP de Machos	UNP Promedio	E.E.	UNP como % de UNP de caseína
	Caseína	62.86	59.86	61.36	± 0.23	100.00
I	100-M	25.32	24.98	25.15	0.13	40.98
II	95M-5 (S.H)	24.85	24.33	24.59	0.20	40.07
III	90M-10(S.H)	22.50	22.10	22.30	0.16	36.34
IV	85M-15(S.H)	20.33	19.87	20.10	0.26	32.75
V	80M-20(S.H)	19.24	17.87	18.55	0.17	30.23
VI	50M-50(S.H)	16.39	16.00	16.19	0.26	26.38
VII	100-(S.H)	12.55	13.12	12.83	0.15	20.90
VIII	95M-5 (S.T)	25.0	24.83	24.91	± 0.11	40.59
IX	90M-10(S.T)	24.07	23.03	23.55	0.23	38.30
X	85M-15(S.T)	19.88	17.76	18.82	0.20	30.67
XI	80M-20(S.T)	16.70	16.09	16.39	0.19	26.71
XII	50M-50(S.T)	14.66	13.41	14.03	0.14	22.86
XIII	100-(S.T)	11.18	10.23	10.65	0.09	17.35

E.E. ___ Error estándar
(S.H) ___ Sorgo híbrido
(S.T) ___ Sorgo tarahaco.

COMPARACION DE LOS VALORES DE UNP DE MACHO Y HEMBRAS ALIMENTADOS CON CEREALES MAIZ-SORGO Y MEZCLAS DE AMBOS A DIFERENTES CONCENTRACIONES

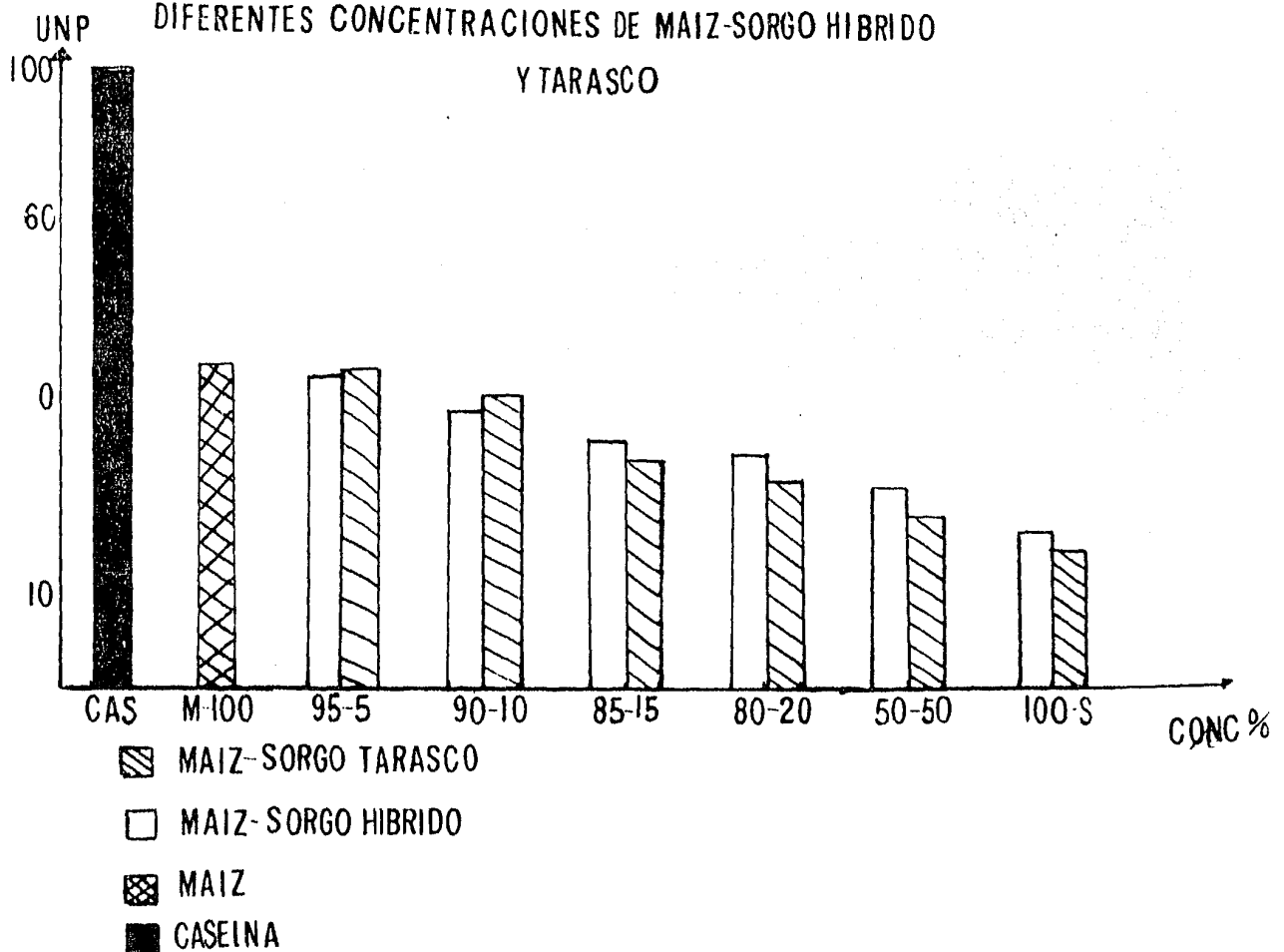


☐ H Y M-MAIZ S.TARASCO

▨ HYM-MAIZ S.HIBRIDO

▩ HYM MAIZ

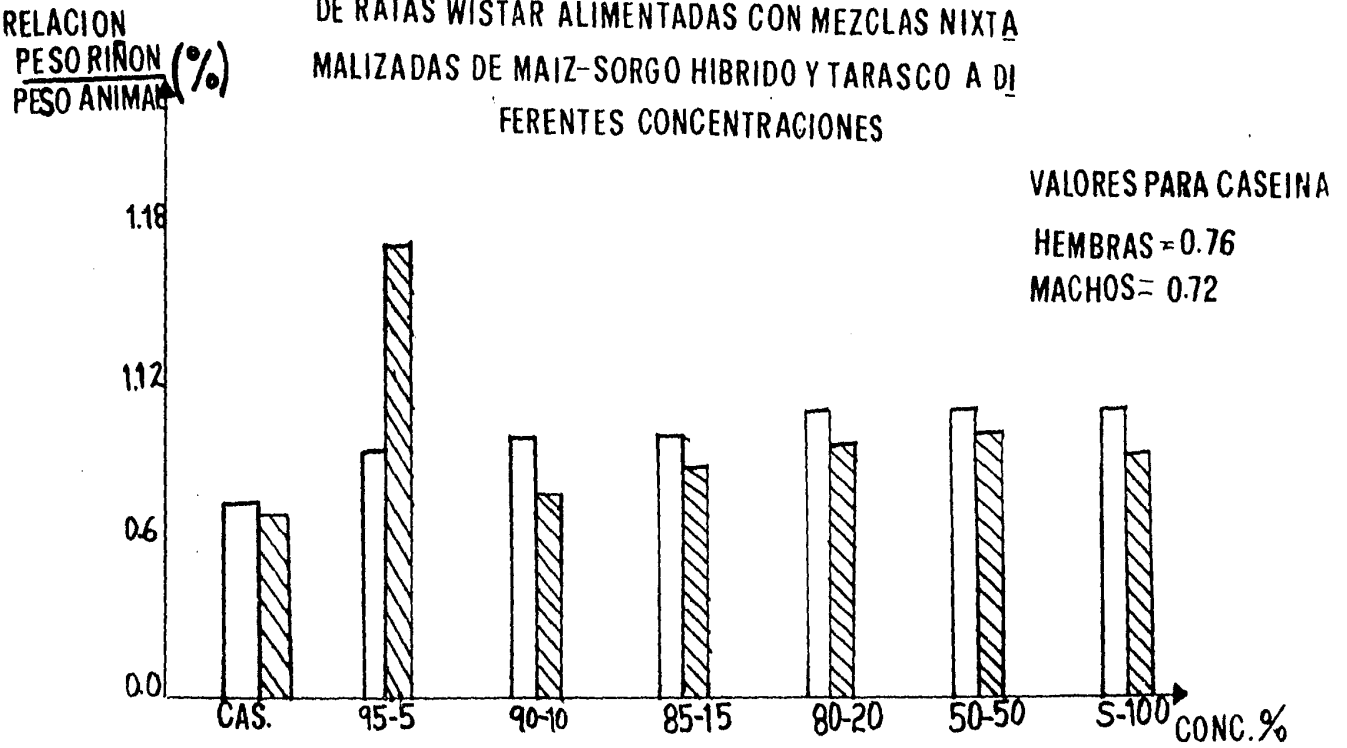
COMPARACION ENTRE LOS VALORES PROMEDIOS DE UNPA DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MAIZ-SORGO HIBRIDO Y TARASCO



CUADRO 9 RELACION DEL PESO DEL RIÑON AL PESO TOTAL DEL ANIMAL DE MACHOS Y HEMBRAS ALIMENTADAS CON DIETAS NIXTAMALIZADAS DE MAIZ-SORGO A DIFERENTES CONCENTRACIONES.

DIETA	PESO TOTAL DEL ANIMAL g.	PESO DEL RIÑON	(RELACION DE PESO RIÑON g/PESO TOTAL DEL ANIMAL g)x 100	PESO TOTAL DEL ANIMAL g.	PESO DEL RIÑON	(RELACION DE - PESO DEL RIÑON g/PESO TOTAL - DEL ANIMAL)x10
	HEMBRAS			MACHOS		
M-100	65.0	0.5	0.76	60.0	0.5	0.81
95M-5 (S.H)	63.0	0.6	0.95	55.0	0.5	0.91
90M-10(S.H)	61.0	0.6	0.98	58.0	0.6	1.01
85M-15(S.H)	52.0	0.4	0.76	50.0	0.6	1.21
80M-20(S.H)	51.0	0.6	1.15	49.0	0.5	1.02
50M-50(S.H)	49.0	0.5	1.10	46.5	0.5	1.07
S.H-100	46.0	0.5	1.08	45.5	0.5	1.09
95M-5 (S.T)	65.0	0.6	0.90	62.0	0.9	1.44
90M-10(S.T)	66.0	0.5	0.71	59.0	0.5	0.84
85M-15(S.T)	50.0	0.4	0.81	53.0	0.5	0.93
80M-20(S.T)	49.0	0.5	1.01	44.5	0.4	0.90
50M-50(S.T)	47.0	0.5	1.06	43.0	0.4	0.93
S.T-100	43.0	0.4	0.92	43.5	0.4	0.90
Caseína.	120.0	0.9	0.76	111.5	0.8	0.72

VALORES PROMEDIO DEL PORCIENTO EN PESO DEL RIÑON DE RATAS WISTAR ALIMENTADAS CON MEZCLAS NIXTAMALIZADAS DE MAIZ-SORGO HIBRIDO Y TARASCO A DIFERENTES CONCENTRACIONES



☐ RATAS WISTAR HEMBRAS ALIMENTADAS CON MAIZ-SORGO

▨ RATAS WISTAR MACHOS ALIMENTADAS CON MAIZ-SORGO

V.I.- DISCUSION.-

Los resultados obtenidos al realizar el análisis bromatológico se presentan en el Cuadro 1. Respecto a la composición química, los análisis de maíz y sorgo presentan diferencias menores en composición. Los valores que presenta el maíz tanto de cenizas como de fibra cruda son bajos al igual que el contenido de proteína cruda. El valor de la humedad cae dentro de los correspondientes a los cereales, y el contenido de los carbohidratos es evidentemente grande.

Respecto al sorgo, se reporta que tanto para el sorgo tarasco como híbrido, el contenido de fibra cruda y cenizas es bajo en ambas variedades, ya que las glumas se desprenden fácilmente en la mayoría de las variedades. El nivel proteico para el sorgo tarasco es un poco más elevado tanto para el sorgo híbrido como para el maíz.

El contenido de los carbohidratos indica que entre los cereales más comunes, despues del maíz es el que tiene mayor cantidad de energía total. El valor de humedad se encuentra dentro de los valores correspondientes a los cereales. Se observa que en la variedad de sorgo híbrido el grano aumento ligeramente de tamaño, al igual que de acuerdo al análi-

sis realizado aumento el contenido amiláceo y disminuyó el contenido proteico.

En términos generales puede observarse que los valores encontrados caen dentro del rango reportado en la literatura. Este análisis se realizó con el objeto de conocer la composición del material con el cual se iba a trabajar.

En el Cuadro 2 se observa que para el maíz, el contenido de proteína varía de 11.20 a 9.99; para la muestra de sorgo tarasco varía de 12.40 a 10.39 y la del sorgo híbrido de 10.72 a 9.61. La pérdida en el contenido proteico de las harinas, se explica porque al ser nixtamalizado el grano, se pierden de 12-18% de nutrientes de las partes externas del grano, en general, vitaminas del complejo B, hierro, proteínas y azúcares (Martz, 1969). Las alteraciones provocadas por el tratamiento alcalino se pueden resumir como sigue.

1.- La pérdida de carbohidratos se debe a que las hemicelulosas son solubles en álcali y lo primero que ocurre al ponerse el grano en contacto con la lechada de cal caliente es que las hemicelulosas del pericarpio adquieren una coloración amarilla y en algunas zonas casi anaranjada (para el caso del maíz). A los 15 min se observa ya un desprendimiento del -

pericarpio, el cual queda adherido al grano única-- mente a nivel de la cofia. Su consistencia es ligeramente gelatinosa debido tal vez a una parcial digestión de polisacáridos y a su conversión en hidratos de carbono más sencillos.

A los 20 min. algunos granos carecen de pericarpio pero la mayoría los conservan aunque se ve ligera-- mente desgarrado sobre todo en la zona agerminal. - Su consistencia geletinosa es mayor. En algunas muestras se vió una parcial destrucción de la envoltura de la semilla (en el caso del sorgo).

ii.- La pérdida del contenido proteico puede deberse a la solubilidad de las proteínas. Las proteínas que su-- fren más alteraciones como consecuencia del trata--- miento son las de la zona subaleurónica y de las células de aleuronas, las primeras debido a su solubilidad en álcalis y las segundas por rompimiento de las membranas de las mismas células.

El Cuadro 4 reporta el peso ganado y el alimento ingerido por las ratas alimentadas con las dietas asignadas durante un periodo de 21 días. Se observa que la ingesta de alimento va disminuyendo a medida que aumenta la concentración de sorgo en las dietas. Esto puede deberse por un lado al bajo contenido de aminoácidos esenciales lisina y triptófano en las --

dietas, debido a que el maíz tiene deficiencia de - lisina y tritófano y el sorgo tambien tiene defi--- ciencia de lisina y en éste el contenido de tritófano apenas se acerca a los niveles mínimos (FAO, - 1970). Por lo que conforme aumenta la concentración de sorgo baja la calidad de las mezclas. Otra causa de la disminución de ingesta de alimento es el sa-- bor, tanto para el sorgo blanco como colorido, debi do a la presencia de taninos, ya que desde un punto de vista organoléptico dan una sensación astringente. Esa astringencia es debida a la precipitación - de glicoporteínas encontradas en la saliva por lo - que se reduce su propiedad lubricante. En el caso - del sorgo blanco, aunque los granos se supone estén relativamente libres de taninos contienen precurso- res de compuestos coloridos los cuales producen cam bios de sabor y color en medio alcalino.

Otro punto a discutir en la Tabla 4 es la ganancia de peso. Se observa que fué mayor para las ratas hem bras alimentadas con las dietas asignadas, no obs-- tante que el consumo de alimento fué similar tanto de hembras como de machos. Esto se explica porque el metabolismo basal de las hembras es sólo el 85% del de los machos. Esto se debe a que las hembras tienen una tendencia de rápida ganancia de peso corporal -

por tener mayor cantidad de grasa y menor cantidad de masa muscular (Fisher y Bender, 1979). Por lo - tanto el crecimiento no siempre se refleja en au-- mento en la cantidad de masa muscular, sino que -- tambien puede ser un incremento en las porciones - de agua o tejido adiposo, sin ser una incorpora--- ción de proteína.

Con respecto a la ganancia de peso, en general se observa que a mayor concentración se sorgo en las mezclas, la ganancia de peso es menor. Por un lado esto es de esperarse porque el consumo de alimento fué menor, pero por otro la presencia de varieda-- des con un alto contenido de taninos (sorgo colori do) ocasionan un retraso en crecimiento (Suárez, - 1977). Este efecto puede deberse primero al meca-- nismo de reacción entre las proteínas y el ácido - tánico ya que forman complejos insolubles, lo cual hace que las proteínas sean menos disponibles para los humanos.

Segundo a que los taninos disminuyen la digestibi- lidad de materia orgánica proteica y no proteica ó reducen la eficiencia metabólica, debido a que pue de haber inhibición de enzimas digestivas en espe- cial tripsina, alfa amilasa y lipasa y, al no ha-- ber enzimas digestivas para seleccionar el alimen-

to a una determinada síntesis, el animal empieza a echar mano de sus reservas, lo cual se observa en la disminución de su curva ponderal durante los primeros días no realizando sus funciones digestivas en forma adecuada.

El Cuadro 5 presenta los resultados de la evaluación biológica de la calidad de la proteína medida como REP de los cereales maíz, sorgo y mezclas de maíz-sorgo y de la caseína que se utiliza como patrón de comparación.

En primer término puede observarse que los valores de la REP de las hembras son mayores que los valores de los machos. Esto resulta lógico ya que REP se define como el cociente de ganancia en peso entre proteína ingerida y dado que las hembras tuvieron una mayor ganancia en peso que los machos, es de esperarse que los valores de la REP sean mayores.

En general puede observarse que los valores de la REP decrecen a medida que aumenta la concentración de sorgo en las mezclas; observandose los valores más bajos de REP para las mezclas 100% sorgo, esto es de esperarse debido a que las proteínas del sorgo son deficientes en lisina y triptófano (al igual que el maíz), y esto aunado a la pre-

sencia de taninos en las dietas hacen que el alimento sea poco aprovechable.

Puede decirse que los valores reportados de REP - para las mezclas I, II, III, VIII y IX tuvieron mínimas variaciones, observándose que la mezcla VIII reporta - el valor máximo de REP de todas las mezclas (30.10% -- con respecto a la caseína); siendo ligeramente superior a la mezcla I (Maíz 100%).

La mezcla II reporta una REP de 28.37% de la caseína y comparada con la mezcla I 29.75% de la caseína resulta moderadamente inferior.

Las mezclas III y IX reportan valores de 22.8% y 21.89% de los de la caseína respectivamente dichos valores - comparados con las mezclas II y VIII resultaron ser inferiores, igualmente la mezcla III y la IX son inferiores con respecto a la mezcla I.

Las Figuras 3 y 4 son una representación gráfica de -- los resultados del Cuadro 5, representan los valores - de la REP de los animales alimentados con dietas basadas en caseína, maíz, sorgo y mezclas de maíz-sorgo.

El Cuadro 6 reporta los pesos de las ratas y el - contenido de nitrógeno en las piernas de las ratas alimentadas con las dietas de caseína, maíz, sorgo, mezclas de maíz-sorgo y dieta libre de proteína durante - 10 días.

El Cuadro 6 demuestre que no hay diferencias significativas en las concentraciones de nitrógeno entre - los grupos alimentados con las diferentes dietas, sin embargo se observa que los pesos de las ratas se incrementan a medida que disminuye la concentración de sorgo. Esto significa que solamente los pesos de las ratas fueron afectados por la calidad de las dietas.

El Cuadro 8 se presenta los resultados de la evaluación de la calidad de la proteína medida como UNP - de los cereales maíz, sorgo, mezclas de maíz-sorgo y - de caseína que se utiliza como patrón de comparación. Como puede observarse estos resultados concuerdan con la calificación proteica que se había calculado para - la REP.

Al igual que en la REP se observa un decremento en los valores de UNP para los animales alimentados con maíz-sorgo tarasco, al compararlos con los animales alimentados con maíz-sorgo híbrido con lo que se vino a demostrar que la presencia de taninos influye en la digestibilidad de las proteínas disponibles; lo cual produce un efecto negativo sobre el aprovechamiento de - las mezclas.

Respecto a las mezclas, la II reporta un UNP de 40.07% respecto a la caseína que comparada con la mezcla I - 40.98% resulta ligeramente inferior .

La mezcla VIII dió un valor de 40.59% respecto a la caseína dicho valor comparado con la mezcla I (40.98%) fué muy semejante.

Como se observa las mezcla III y IX reportan valores de - 36.34 y 38.30% con respecto a la caseína, estos valores - comparados con las mezclas II y VIII son inferiores, i--- gualmente los valores de las mezclas III y IX resultaron ser inferiores con respecto a la mezcla I.

En general en ambas pruebas los resultados reportaron poca variabilidad entre animales lo que confiere a estos datos mayor valor estadístico. Como se observa estos resultados concuerdan con la calificación proteica que se había calculado para la REP. La mezcla I (Maíz 100%) tuvo una REP de 30.44 y una UNP de 40.98% de los de la caseína respectivamente la mezcla VIII (que es la máxima permisible 90-10%) tuvo una REP de 24.22 y una UNP de 38.40% con respecto a la caseína, es decir que ambas pruebas indican que es inferior a la mezcla I la diferencia es estadisticamente significativa, tanto para la PER ($P < 0.005$) como para UNP ($P < 0.05$).

Por lo tanto el UNP vino a demostrar que la determinación de REP era tan válida como aquel. Por lo que en vista de lo realizado, se deduce que los resultados de la REP aunados a los de UNP principalmente, contribuyen a formar - un criterio seguro y válido en la calificación del valor nutritivo de loscereales maíz-sorgo.

Las Figuras 5 y 6 son una representación gráfica de los valores de UNP y muestra los resultados de la Tabla 8.

El Cuadro 9 muestra la relación del peso del riñón a peso total de las ratas alimentadas con dietas nixtamalizadas asignadas y la Figura 7 es una representación gráfica, y sirve para mostrar los resultados de la Tabla 9.

Los resultados concuerdan con lo reportado en la literatura (Woodard y Short, 1973). Como se observa todas las mezclas reportan valores mayores de peso de riñón de la rata, comparada con la dieta patrón (caseína); por lo que podría decirse que la nixtamalización produce toxicidad, la cual da como resultado una reacción nefrocitomegalica (aumento de las células del riñón).

Además se observa que conforme aumenta la concentración de sorgo en las dietas, aumenta el valor de la relación en peso del riñón a peso total de la rata, esto podría explicarse porque todas las mezclas maíz-sorgo fueron nixtamalizadas con 1.5% de $Ca(OH)_2$ (peso de hidróxido de calcio a peso de grano seco) y podría suponerse que a estas condiciones la hidrólisis en el grano de sorgo es alta, lo que trae como consecuencia una mayor absorción de calcio dentro del grano; y al haber un exceso de consumo se forman compuestos insolubles (acumulativos) que afectan al riñón a nivel de las nefronas, produciéndose una nefrocalcinosis interna, lo que trae como consecuencia un incremento en el valor de la relación en peso del riñón a peso total de la rata.

CAPITULO VI

VI.1.- Evaluación Económica.

Una vez seleccionadas las mezclas cuyos valores en las pruebas biológicas (PER y NPU) mantienen un rango aceptable en el aspecto nutricional con respecto al maíz; se realizó en ellas una Evaluación Económica con el objeto de tener un parámetro de referencia en cuanto ahorro en el producto y de esta forma poder definir su viabilidad.

A continuación se presenta un bosquejo de la Evaluación Económica para las mezclas 95-5 y 90-10% maíz-sorgo.

Los precios por tonelada son:

33,450 ^{00}/ T maíz

23,000 ^{00}/ T sorgo

Para la mezcla 95-5% maíz-sorgo.

Si 1 Ton __ Nixtamal

950 Kg ___ Maíz x 33,450 ^{00}/ T

50 Kg ___ Sorgo x 23,000 ^{00}/ T

31,777 ^{00} + 1150 ^{00} = 32,927 ^{00} será el precio por tonelada.

Para la mezcla 90-10% maíz-sorgo.

Si 1 Ton ___ Nixtamal

900 Kg ___ Maíz x 33,450 ^{00}/ T

100 Kg ____ Sorgo x 23,000 $\frac{00}{T}$

Maíz Sorgo

30,105 $\frac{00}{}$ + 2300 $\frac{00}{}$ =32,405 $\frac{00}{}$ se-

rá el precio por tonelada.

Considerando que las supuestas pérdidas de peso durante la nixtamalización en las mezclas 95-5 y 90-10 son de un 5% más que en la nixtamalización de maíz puro, estas pérdidas no implican un aumento en el costo por tonelada apreciable.

Para la mezcla 95-5% Maíz-Sorgo

$$\frac{32,925 \frac{00}{}}{33,450 \frac{00}{}} = 1.5\ \%$$

Para la mezcla 90-10% Maíz-Sorgo

$$\frac{32,405 \frac{00}{}}{33,450 \frac{00}{}} = 3\ \%$$

El ahorro real por "extender" la masa de tortillas usando sorgo a una concentración del 95-5% es del 1.5% y para la concentración 90-10% es del 3% obteniendose un ahorro mínimo.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES:

De estos experimentos pueden concluirse los siguientes puntos:

1.- Al verificar el experimento se vió que, la alternativa del uso del sorgo en la elaboración de tortillas tiene un efecto negativo sobre la calidad nutritiva de estas, como se observa el PER obtenido para el maíz 100% no se vió mejorado con la adición de ningún porciento de sorgo en la mezcla.

2.- En general los valores de REP y NPU son muy bajos debido a la baja calidad y cantidad de la proteína de los cereales maíz y sorgo. Como se observa existen diferencias significativas entre los valores de la REP y UNP de maíz y sorgo, no así entre las dos variedades de sorgo (híbrido y tarasco), una probable explicación a esto pudiera ser la presencia de taninos (no se determinó) que dé un efecto negativo sobre el aprovechamiento de la proteína de sorgo.

3.- Desde un punto de vista nutricional y organoléptico, sería posible considerar que la concentración óptima permisible sería 90-10% para ambos tipos de sorgo, -

sin observarse un menosprecio significativo de la calidad del maíz; debido a que si se adiciona un mayor porcentaje vendría a redundar en la calidad nutricional deficiente de la tortilla manufacturada con la mezcla.

4.- Puede concluirse en base a los estudios realizados, que una de las alternativas a la problemática alimentaria del país, como es la de abatir en forma económica el déficit nacional, mediante la adición de nutrientes a la tortilla con el objeto de disminuir costos "extendiéndola" con otros productos más baratos, sería innecesario realizar una completa evaluación económica, ya que por los resultados obtenidos se observa una disminución en el valor nutritivo del producto final (para la conc. óptima), y desde un punto de vista económico el ahorro real por extender la tortilla con un 10% de sorgo sería de un 3% resultando un ahorro mínimo.

5.- Con respecto a las alteraciones observadas sobre riñón por algunos autores (Woodard y Short, 1973), los resultados de éste estudio concuerdan por lo visto por ellos. Sin embargo no nos quedó claro si el incremento de la relación en peso del riñón a peso total de la rata conforme aumenta la concentración de sorgo en la dieta, se deba a un exceso de hidróxido de calcio empleado en la nixtamalización ó a la presencia de sustancias que pro-

voquen alteraciones renales por parte del sorgo. Por - lo que sugiere profundisar en éste estudio ya sea disminuyendo la concentración de hidróxido de calcio a un 0.9-1.2% con el objeto de minimizar los problemas asociados con el exceso de hidróxido de calcio, y asegurarnos de que la hidrólisis en el grano de sorgo ocurra en una proporción más baja y reducir la posibilidad de absorción dentro del grano; y de esta manera poder sacar una conclusión.

B I B L I O G R A F I A .

1.- Anónimo 1976. "La industria del maíz en México". CONAIN, México.

2.- Armstrong, W., Fea Thereton W. y Rogler, J. 1973. Influence of methionine and other dietary additions on the performance of chickens fed resistant sorghum grain diets Pultry Sci 52: 1592.

3.- Association of official Analytical Chemists. 1970. "Official Methods of Analysis" 11th. Ed. AOAC Washington, D.C.

4.- Bazúa C. D. Guerra, R. y Rodríguez, A. 1976. High-lysine corn traditional mexican products. Presented at the First International Congress on Engineering and Food, Boston, M.A. August 13-20.

5.- Bazúa C. D. 1978. Análisis de procesos alternativos a la nixtamalización, en la preparación de productos tradicionales a partir de materiales de alto valor nutricional. Presentado en el Primer Seminario del Depertamento de Maíz y Sorgo del INIA-Chapingo, México. Marzo 10.

6.- Bender, A. & Miller, D. 1953. Constancy of the N/H_2O ratio of the rat and its use in the determination of the net protein value. Biochem J. 53:VII.

7.- Braham, J.; L. C. Elísa, Zaghi, S., y Bressani, R. 1967. Effect of protein level and duration of test on carcass composition, net protein utilization (NPU) and on protein efficiency ratio (PER). Nutr. Dieta, 9:99-111.

8.- Bressani, R., Elías, G. y Guzmán, M. 1962 Nutritive Value of Central American Corn. VI Varietal influence on the nitrogen, essential amino acid, and fat content of ten varieties. Cereal Chem., 39: 59.

9.- Bressani, R. y Elías, G. 1976. Valor nutritivo del maíz. Revista Centroamericana de Nutrición y Ciencias de Alimentos. INCAP. Vol I: 17.

10.- Bressani, R. y Mertz, E. 1958. Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. Cereal Chem., 35: 227.

11.- Bressani, R., Paz, P. y Scrimshaw, N. 1958. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. J, Agr. Food Chem. 6: 770-774.

12.- Bressani, R., Scrimshaw, S., Béhar, M. y Viteri, F. 1958. Suplementation of cereal proteins with amino acids. II. Effect of amino acid supplementation of corn masa at high levels of protein in take on the nitrogen retention of young children. J. Nut., 66: 485.

13.- Bressani, R., Wilson, D., Chung, M. and Scrimshaw, N. 1963. Suplementation of cereal proteins with amino acids. V. Effect of supplementing lime-treated corn with different levels of lysine, tryptophan, and isoleucine on the nitrogen retention of young children. J. Nut,, 80: 80.

14.- Del Busto, J. 1973. Desarrollo y aplicación de un método para la evaluación proteica de alimentos: Indice

de nitrógeno a crecimiento. Tesis de M. C. Universidad de San Carlos, INCAP. P-7 Guatemala, Guatemala.

15.- Campbell, J, A. Method for Determination of PER and - NPU: Evaluation of Protein Quality. National Academy of Science. National Research. Washington D. C., 1963

16.- CONASUPO - 1982. Distribución mensual de las cosechas de maíz en la República, ritmo de salida al mercado y variación mensual de los precios. Gerencia Comercial de maíz y otros cereales.

17.- Conde, A., Elías, L., Bressani, R. y Plant, A. 1976. Valor Nutritivo de 57 variedades de sorgo (Sorghum -- vulgare) Rev. Centroamericana de Nutrición y Ciencias de Alimentos. Vol. I: 25 (INCAP), Guatemala, Guatemala.

18.- Cheng, S. y Fuller, H. 1964. Effect of tannin content of grain sorghums on their feeding value for growing chicks. PoultrySci. 43: 30

19.- Deatherage, F. y Mac Masters, R. 1955. A partial survey of amilose content in starch from domestic and foreing varieties of corn, wheat, and sorghum and from - some other starch-bearing plants. American Assoc. Cereal Chem. Trans. 8: 31.

20.- Duvick, D. 1951. Protein granules of maizes endosperm cells. Cereal Chem. 38: 374.

21.- Fisher, P. y Bender, A. 1980. Valor nutritivo de los - Alimentos. 4: 74 Ed. LIMUSA. México D. F.

22.- Foster, J. 1965. Physical properties of amilose and amylopectin in solution. En Starch Chemistry and Technology. I. Fundamental Aspect. R. L. Whither y E. P. Paschall (Editores). Academic Press, New York.

23.- Hegarty, P. 1975.Some biological considerations in -- the nutritional evaluation of foods, J. Food Technol. 29 (4): 52.

24.- Hensdens, W. y King, J. 1963. Influence of environment and storage on gelatinization of grain sorghum starch Cereal Chem. 23: 492.

25.- Hubbard, J. y Earle, F. 1950. Composition of the component parts of the sorghum kernel. Cereal Chem. 28: 59.

26.- Kent, N, 1970. Technology of Cereals, Pergamon Press. Oxford-London. p-244.

27.- Kies, C., Williams, E. y Fox, H. 1965.Determination - of first limiting nitrogeous factor in corn protein - for nitrogen retention in human adults. J. Nut. 86: - 350.

28.- Kurien, P. y Subrahmanyan, V. 1960. The distribution - of protein, calcium, and phosphorus between the fibrous seed coat and endosperm of jowar (sorghum vulgare). J. Food Sci. 9, No. 10-334.

29.- Leach, H. 1965. Gelatinization of starch. In Starch Chemistry and Technology. I. Fundamental Aspects. R. L. - Whistler y E. F. Paschall. (Editores). Academic Press -

New York.

30.- Loomis, W., Battaille, J. 1966. Plant phenolic compound and the isolation of plant enzymes. Phytochem. J. 5: - 423.

31.- Maxson, E., Rooney L. Lewis, R. y Clark, L. 1973. The - relationship between tannin content, enzyme inhibition. rat performence, and characteristics of sorghum grain. Nutrition Reports. International. 8 (2): 145.

32.- Mertz, E., Bates L. y Nelson, O. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. Science. 145: 1741.

33.- Miller, D. S. 1963. A procedure for Determination of - NPU using, Rats body nitrogen technique. Evaluation of Protein Quality. National Academy of Science. Publication 1100. Washinton, D. C.

34.- Molina, R., de la Fuente, G. y Bressani, R. 1975. In-- terrelation ships between storage, soaking time, coo-- king time, nutritive value and other characteristics of the black bean (Phaseolus vulgaris). J. Food Science 40: 587.

35.- PRONASE. 1976 Reunión de trabajo. Octubre 18 y 19 México D. F.

36.- Rooney, L. 1971. Utilization of sorghum grain: food and industrial. Grain sorghum research in Texas (1970). The Texas Agricultural Experiment Station. p-71.

37.- Rooney, L. y Clark, L. 1968. The Chemistry and proce--

sing of sorghum grain. Cereal Sci. Today. 13 (7): 258.

38.- Rundle, R. y Baldwin, R. 1953. The Configurations of - starch and the starch-iodine complex. J. American Chem. Soc. 65. 1: 554.

39.- Rundle, R. y French, D. 1953. The configurations of - starch and starch-iodine complex optical properties of cristalline starch fractions. J. American Chem. Soc. - 65. I: 142.

40.- Sanders, E. 1935. Developmental morphology of the kernel of grain sorghum. Cereal Chem. 32: 12.

41.- Sánchez Campos, R. 1966. El maíz: composición química y utilización. Tesis.profesional. Escuela Nal. de Ciencias Biológicas. IPN. México.

42.- Schoch, T. y Maywald, E. 1956. Microscopic examination of modified starches. Anal. Chem. 28: 382.

43.- Sotelo L., A. and Lucas B., F. 1978. Determination of - Net Protein Utilization using whole carcass, Hind leg or liver of the Rat and its Relationship with Protein Efficiency Ratio Determination. J, Nutrition, 108 (1): 81-86, 1978.

44.- Sternberg, M.; Kim, C. Y. and Schwende, F. J. (1975). Lysinoalanine: Presence in foods and food ingredients. Science, 190:992.

45.- Tovar, J. T. y Carpenter, K. J. (1981). The effect of - alkali-cooking of corn and supplementation with amaranth seed on its deficiencies in lysine and tryptophan. Jo--

municación personal.

46.- Truswell, A. y Brook, J. 1962. The nutritive value - of maize protein for man. Amer. J. Clin. Nut. 10: 142

47.- Wall, J. y Ross, W 1975. Producción y usos del sorgo Ed. Centro Regional de Ayuda Técnica. Buenos Aires, - Argentina.

48.- Wall, J. y Blessin, C. 1969, Composition and structure of sorghum grains, Cereal Sci. Today. 14 (8): 264.

49.- Watson, S., Sander, E. y Williams, C. 1955. Peripheral cells of the endosperms of grain sorghums, and - their influence on starch purification. Creal Chem. 32: 165.

50.- Wolf, M. 1951. Structure of the mature corn kernel. II Microscopic structure of pericarp, seed, coat and layer of dent corn. Cereal Chem, 29: 334.

51.- J. C. Woodard and D. D. Short. 1973. Toxicity of alkali-treated Soyprotein in Rats, J. Nutr. 103: 569-574.

CAPITULO IX

Apéndice:

El análisis bromatológico, llamado análisis aproximado de los alimentos, fué iniciado por Hanue-- berg y Stohman, en Alemania en 1850 (AOAC, 1970). Com prende las siguientes determinaciones:

1.- Determinación de Humedad.

Fundamento:

La humedad se obtiene por diferencia de peso al someter la muestra a una temperatura alta liberando el contenido de agua.

Material:

Estufa de vacío Telco

Pesafiltros

Balanza analítica

Desecador.

Técnica:

En un pesafiltro, puesto a peso constante, se pesan de 2-3g de muestra aproximadamente; se seca en la estufa de 100-110°C, durante 3h; se coloca el pesa filtro en un desecador; se deja enfriar y se pesa de nuevo. Se vuelve a meter en la estufa hasta que no varíe en la segunda cifra decimal las dos últimas pesadas.

Cálculos:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(A - B)\ 100}{C}$$

A = Peso del pesafiltro más muestra húmeda.

B = Peso del pesafiltro más muestra seca.

C = Peso de la muestra.

2.- Determinación de cenizas.

Fundamento:

La muestra se incinera para destruir toda la materia orgánica y se debe de evitar elevar la temperatura por arriba de 550°C para que no se volatilicen los cloruros.

Material:

Balanza analítica

Mechero Bunsen

Crisoles de porcelana

Desecador

Mufla.

Técnica:

Pesar aproximadamente de 3-5g de muestra en los crisoles de porcelana. Los crisoles con la muestra se ponen en un tripie con triángulo de porcelana, calentando poco a poco con un mechero para lograr la carbonización completa de la muestra, luego se lleva a la mufla a una temperatura de 550°C por dos hs ó más hasta que se obtengan cenizas blancas o grises homogéneas (si se observan puntos negros, se humedecen con unas gotas de agua destilada, se secan y se vuelven a

calcinar). Se enfría en desecador, y a continuación se pesan los crisoles y la diferencia entre el peso del crisol vacio y el peso final (con las cenizas) indica el contenido de cenizas.

Se calcula el peso de las cenizas como porciento en la relación a la muestra.

Cálculos:

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{(P - R)\ 100}{M}$$

P = Peso del crisol más muestra calcinada.

R = Peso del crisol

M = Peso de la muestra.

3.- Determinación de Grasa Cruda (Método de Soxhlet).

En esta determinación no sólo se obtiene grasa sino todo lo soluble en éter sulfúrico (u otro solvente orgánico), como aceites esenciales, esteroles, ceras etc. Para esta determinación se usa un extractor, un matraz, y un refrigerante unidos por juntas esmeriladas. La muestra se pesa en un cartucho especial que se encuentra en el comercio, o bien, en papel filtro; se pesa primero el cartucho, despues se coloca la muestra (2-5g) dentro del mismo, y se vuelve a pesar. Se coloca el cartucho en el extractor tomando la precaución de colocar asbesto preparado sobre la muestra o cerrando los extremos del cartucho. Por otro lado se pone a peso constante el

matraz con unas piedras porosas para regular la ebu-- llición. Se conecta el matraz al extractor y éste al refrigerante (no debe de ponerse grasa en las juntas). Se agrega el solvente por el refrigerante en cantidades de 3 cargas y se calienta el matraz con parrilla cerrada o con un foco. Generalmente son suficientes - 6hs para extraer toda la grasa, pero puede hacerse una prueba dejando caer las últimas gotas de la descarga sobre un vidrio de reloj o sobre un papel filtro. - Al evaporarse el solvente no debe de dejar residuo de grasa. Se calienta bajo la campana el matraz con el - extracto hasta la total evaporación del solvente y se lleva a la estufa a 100°C hasta peso constante.

4.- Determinación de fibra Cruda.

Fundamento:

La fibra cruda se define como el componente orgánico de los alimentos insolubles en ácido sulfúrico y sosa hirviente al 1.25%.

Material:

Resistencia con agitador magnético
Matraces erlenmeyer de 500 y 100ml
Vidrios de reloj
Matraz kitazato
Embudo buchner
Paño de lino

Crisoles de porcelana

Estufa de vacío

Mufla a 900°C

Solución de H_2SO_4 al 1.25%

Solución de NaOH al 1.25%

Asbesto preparado

Alcohol etílico.

Técnica:

Se pesan de 2-5g de muestra desengrasada (se puede usar la muestra que quedó en el cartucho en la determinación de grasa cruda). Se coloca la muestra en el vaso del digestor; se añaden 0.5g de asbesto - preparado y 200 ml de solución de ácido sulfúrico - hirviente al 1.25%. Se calienta de inmediato (debe - de empezar a hervir antes de un minuto). se refluja durante 30 min se filtra a través de una tela de algodón o de lino, previamente lavada para quitarle el apresto, y se lava con agua destilada caliente hasta que no de reacción ácida al rojo de metilo. El residuo que quedó sobre la tela se pasa con una espátula al vaso digestor ya limpio, y se repite la operación con solución hirviente de sosa al 1.25%. Despues de reflujar durante los 30 minutos, se filtra en un -- gooch que ha sido preparado con asbesto digerido y ca. calcinado y se lava con agua destilada caliente hasta que no de reacción alcalina. Se lava con alcohol

y se lleva a la estufa a 100°C durante dos horas, se filtra y se pesa. Se lleva a la mufla y se calcina a 900°C, se enfría y se pesa. La diferencia de pesos - nos da el contenido de fibra cruda.

Cálculos:

$$\% \text{ de fibra Cruda} = \frac{(A - B)}{M} \times 100$$

A = Peso del crisol despues de secado

B = Peso del crisol despues de calcinado

M = Peso de la muestra.

5.- Determinación de Proteína Cruda.

Fundamento:

Las proteínas y demas materias orgánicas son oxidadas por el ácido sulfúrico; el nitrógeno - que se encuentra en forma orgánica, se fija como sulfato de amonio. Al hacer reaccionar esta sal con una base fuerte se desprende amoniaco que se destila y - se recibe en un volumen conocido de ácido valorado. Por titulación de ácido no neutralizado se calcula - la cantidad de nitrógeno de la muestra. El porcentaje de nitrógeno multiplicado por el factor de 6.25 da el porcentaje de proteína.

Material:

Balanza analítica

Aparato de digestión y destilación macrokjel

dahl

Matraces Kjeldahl de 500 ml

Piedras para ebullición (lavadas)

Solución de HCl 0.1N

Solución de NaOH 50%

Mezcla digestora.

Técnica:

a).- Método de MacroKjeldahl.

Se pesan en balanza analítica alrededor de 2g de muestra en papel glassine y con todo y papel se introduce en un matraz de kjeldahl; se agregan 0.3g de sulfato $CuSO_4.5H_2O$, 10g K_2SO_4 y 25 ml de H_2SO_4 conc. y se añaden pedazos de plato poroso para regular la ebullición en la destilación. Se coloca el matraz en posición inclinada mediante soporte y pinzas y se calienta bajo la campana con mechero, primero lentamente hasta que cesen los humos blancos. Se coloca un embudo de cola corta en la boca del matraz, y se sigue calentando aumentando la llama del mechero, hasta la total destrucción de la materia orgánica. La solución debe de quedar completamente clara. Se enfría y se diluye con 200 ml de agua destilada y se enfría sobre hielo. Se añade una solución conentrada de sosa (40g en 40 ml de agua) que tambien ha sido enfriada sobre hielo, haciendola resbalar lentamente por la pared del matraz,

de manera que se estratifiquen las dos soluciones. Se conecta inmediatamente el matraz a la alargadera de Kjeldahl, unida al refrigerante, que a su vez va conectado a una alargadera que va introducida en la solución de ácido clorhídrico valorado (50ml de HCl - 0.1N). Las conexiones deben de ser de hule para dar un ajuste perfecto y evitar las fugas. Una vez conectado el matraz, se agita para mezclar las dos capas e inmediatamente se calienta. Se destilan aproximadamente 150ml . Se suspende la destilación retirando primero el matraz con el destilado antes de retirar el mechero para evitar el sifoneo. Se titula el exceso de ácido con solución de sosa 0.1N, usando rojo de metilo como indicador hasta vire amarillo. Se corrige mediante una determinación en blanco de los reactivos usados empleando sacarosa (1g) en lugar de muestra. Se calcula el porcentaje de proteína mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml blanco} - \text{ml problema}) \times N_{NaOH} \times 0.014}{\text{g de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$$

b.- Método de MicroKjeldahl.- Primeramente se preparan los siguientes reactivos:

A.- Mezcla digestora.

Acido sulfúrico conc. 300 ml

Acido fosfórico conc.	100 ml
Sulfato de cobre	3 g
Dioxido de selenio	3 g

B.- Solución de Indicador:

Se pesan 100 mg de fenoftaleína y se afora a 100 ml con alcohol etílico.

A parte se pesan 33mg de verde de bromocresol y 66 mg de rojo de metilo que se afora a 100 ml con etanol.

C.- Solución de Acido Bórico.

Se disuelven 10g de ác. Bórico en aproximadamente 400 ml de agua destilada; se añaden 70 ml de la solución de fenoftaleína y 20 ml de la solución de verde de bromocresol y rojo de metilo; se afora a 2 litros con agua destilada y se ajusta el color a café rojizo con hidróxido de sodio diluido (aproximadamente 1 gota de sosa 2M).

D.- Hidróxido de Sodio al 60%.

E.- Ac. Clorhídrico 0.01N.

Se toman de 0.2 a 0.4 ml de muestra si es líquida ó 15-30 mg si es sólida. Se coloca en un matraz de Kjelhahl y se añaden de 1-2 ml de mezcla digestora.

Si la muestra es sólida se ponen dos perlas de vidrio. Se lleva a digerir hasta que la digestión -

sea completa (aproximadamente una hora). Se deja enfriar y se procede a la destilación, para lo cual se agrega a la muestra digerida alrededor de 10 ml de agua destilada. A continuación se vacía ésa por la copa de adición del aparato y se enjuaga el matraz con uno ó dos ml de agua destilada varias veces. En seguida se añade lentamente pero continua 5 ml de hidróxido de sodio al 60% y el destilado se recibe en un matraz erlenmeyer que contenga 10 ml de la solución de ác. bórico, hasta completar un volumen aproximado de 50ml , al irse recibiendo el nitrógeno amoniacal sobre el ácido bórico el indicador que este contiene vira del café rojizo al verde esmeralda. Finalmente el complejo nitrogenado formado se titula con el ácido clorhídrico valorado hasta que el indicador vire de verde esmeralda a rosa claro. Si la muestra es líquida no se hace el blanco de los reactivos, pero sí es sólida sí se hace. Con la fórmula siguiente se calcula el porcentaje de proteína:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml problema} - \text{ml blanco}) \times N_{HCl} \times 0.014}{\text{g muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25$$

5.- Determinación de Carbohidratos:

Esta determinación es absolutamente teórica, ya que para obtener este dato se procede de la siguiente forma:

Se suman los porcentajes de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína cruda y fibra cruda y se le restan a 100, reportandose la diferencia como por ciento de carbohidratos totales en la muestra.

PROGRAMA AGRICOLA DEL AÑO 1982 Y SU COMPARATIVO CON LOS RESULTADOS DEL AÑO 1981

SORGO GRANO

ENTIDAD	RESULTADOS 1981 HAS.	RESULTADOS 1981 TONS.	PROGRAMA 1982 HAS.	PROGRAMA 1982 TONS.
TOTAL	1 767 258	6 295 467	1 939 019	6 457 767
BAJA CALIFORNIA NTE.	797	1 916	1 562	4 727
BAJA CALIFORNIA SUR	10 076	44 477	2 294	11 151
SONORA	11 787	46 794	19 897	74 648
SINALOA	253 578	962 631	277 592	755 739
NAYARIT	27 725	98 076	33 603	125 627
CHIHUAHUA	18 444	73 776	24 972	107 307
DURANGO	10 617	42 882	10 986	34 204
COAHUILA	12 893	42 313	13 693	34 802
NUEVO LEON	60 688	188 535	63 894	164 060
TAMAULIPAS	699 070	2 453 991	729 052	2 235 641
ZACATECAS	4 058	12 165	6 075	19 142
AGUASCALIENTES	848	6 572	848	3 392
SAN LUIS POTOSI	16 040	24 627	32 179	48 834
JALISCO	186 487	797 372	202 547	868 193
COLIMA	3 021	10 677	4 810	15 273
MICHOACAN	146 939	616 992	179 375	693 879
MEXICO	40	120	99	299
QUERETARO	8 873	65 341	9 825	75 750
GUANAJUATO	267 626	1 073 616	264 102	1 030 062
HIDALGO	---	---	200	760
PUEBLA	5 313	12 667	9 498	15 421
MORELOS	20 742	68 569	26 274	92 370
VERACRUZ	8 535	13 123	10 936	37 002
GUERRERO	7 041	20 610	12 792	45 145
OAXACA	3 594	10 689	600	2 101
CHIAPAS	1 643	5 517	2 016	5 772
TABASCO	793	758	1 300	4 500
QUINTANA ROO	70	49	4 707	10 738
CAMPECHE	380	792	1 141	3 244

PROGRAMA AGRICOLA DEL AÑO 1982 Y SU COMPARATIVO CON LOS RESULTADOS DEL AÑO 1981

MAIZ

ENTIDAD	RESULTADOS 1981 HAS.	RESULTADOS 1981 TONS.	PROGRAMA 1982 HAS.	PROGRAMA 1982 TONS.
TOTAL	8 150 179	14 765 760	8 742 596	15 268 207
BAJA CALIFORNIA NTE.	3 212	12 077	6 162	19 325
BAJA CALIFORNIA SUR	1 407	3 553	2 348	6 860
SONORA	50 644	214 192	52 013	130 636
SINALOA	147 959	194 725	155 403	211 693
NAYARIT	79 815	191 055	97 067	235 970
CHIHUAHUA	444 692	528 311	471 380	560 942
DURANGO	234 364	257 512	228 849	251 276
COAHUILA	60 817	95 794	74 430	117 227
NUEVO LEON	76 352	91 696	119 310	132 246
TAMAULIPAS	269 264	638 651	311 295	708 479
ZACATECAS	491 454	387 890	498 519	422 357
AGUASCALIENTES	105 127	86 600	106 500	86 904
SAN LUIS POTOSI	146 211	186 523	151 086	192 404
JALISCO	873 215	2 305 712	903 035	2 387 028
COLIMA	44 594	105 875	42 869	101 313
MICHOACAN	516 010	980 351	533 283	1 005 772
MEXICO	707 634	2 002 604	695 745	1 749 814
QUERETARO	84 580	164 581	139 278	169 081
GUANAJUATO	357 982	502 913	477 562	667 651
HIDALGO	274 750	366 384	296 979	370 011
PUEBLA	618 328	1 151 747	623 561	1 165 934
TLAXCALA	149 170	246 173	158 372	261 313
MORELOS	48 338	96 892	56 195	110 929
VERACRUZ	577 726	874 729	604 640	895 471
DISTRITO FEDERAL	14 342	38 721	13 894	27 630
GUERRERO	456 370	698 476	494 372	688 827
OAXACA	448 274	500 222	472 032	513 099
CHIAPAS	578 170	1 475 911	625 954	1 675 500
TABASCO	30 092	71 697	43 742	105 200
QUINTANA ROO	61 154	53 423	86 108	56 659
YUCATAN	182 146	164 021	175 084	175 805
CAMPECHE	46 840	56 767	68 725	88 511

RELACION DEL PORCENTAJE DE NITROGENO DE LAS PATAS OBTENIDO POR EL METODO DE MICROKJELDAHL DE MACHOS Y HEMBRAS ALIMENTADOS CON DIETAS DE MAIZ, SORGO Y DIETA LIBRE DE PROTEINA.

DIETA	HEMBRAS		MACHOS	
MAIZ	8.66	± 0.15	8.62	± 0.11
95M- 5 S.H.	8.65	0.18	8.64	0.10
90M-10 S.H.	8.61	0.18	8.56	0.17
85M-15 S.H.	8.60	0.11	8.55	0.15
80M-20 S.H.	8.57	0.20	8.53	0.10
50M-50 S.H.	8.53	0.18	8.52	0.12
100- S.H.	8.46	0.20	8.38	0.10
95M- 5 S.T.	8.63	± 0.20	8.60	± 0.09
90M-10 S.T.	8.57	0.09	8.50	0.10
85M-15 S.T.	8.57	0.19	8.52	0.13
80M-20 S.T.	8.47	0.17	8.54	0.16
50M-50 S.T.	8.47	0.15	8.42	0.09
100- S.T.	8.38	0.14	8.42	0.16
Caseína	9.05	0.08	8.87	0.17
Dieta Libre	8.45	0.18		

Cálculos de NPU:

$$\text{fórmula} = \frac{N_2 \text{ Total de la rata Problema} - \left(N_2 \text{ Total del gpo Testigo} + N_2 \text{ ing} \times \text{el gpo Testigo}\right)}{N_2 \text{ Total ingerido}}$$

Cálculo del N_2 Total de la rata problema:

N_2 Total = Peso final de la rata (g) × % N_2 de la rata.

Cal. del % N_2 de la rata problema en base seca.

Considerando que las ratas tienen 70% de humedad.

$$B.H = \frac{\%\ N_2 \text{ obtenido en las patas por el Método de Microkjeldahl}}{100} \times 30$$

Cal. del % de N_2 de la rata del gpo testigo

$$B.H = \frac{\%\ N_2 \text{ obtenido en las patas por el Método de Microkjeldahl}}{100} \times 30$$

[Cálculo del N_2 Total del gpo experimental] = Peso final (g) × % N_2 de la rata

[N_2 Total de la rata del gpo Testigo] = Peso final × % N_2 de la rata.

[N_2 de la dieta Libre] = 0

$$\left[\text{Cal. del } N_2 \text{ Total ingerido}\right] = \frac{(g)\ \text{alimento consumido} \times N_2 \text{ de la dieta}}{100}$$

Ej: Cálculo para caseína (hembras).

$$NPU = \left[\frac{N_2 \text{ Total del gpo experimental} - \left(N_2 \text{ Total del gpo testigo} + N_2 \text{ del gpo testigo}^{\circ\text{ Dieta L.}}\right)}{N_2 \text{ Total ingerido.}}\right]$$

Problema.

$$B.H = \frac{9.05 \times 30}{100} = 2.71$$

Dieta Libre

$$B.H = \frac{8.45 \times 30}{100} = 2.53$$

$$NPU = \frac{146.85 \times 2.71 \left(-35.5 \times 2.53 + 0\right)}{4.94}$$

(N_2 Total del gpo experimental; N_2 Total del gpo testigo; N_2 de dieta L.)

alimento total ingerido

$$NPU = \frac{397.96 - 87.4}{4.94} = 62.86$$