

89-A

Reg. No. 081370729

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ANÁLISIS MORFOLÓGICO CUANTITATIVO DE LOS CAMBIOS
EN INTESTINO GRUESO DE RATAS POR EFECTO
DE LA FIBRA DIETARIA

T E S I S P R O F E S I O N A L

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGIA

P R E S E N T A:

EMMA MARTINEZ LIRA

GUADALAJARA, JALISCO. 1993



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Sección
 Expediente
 Número

C. EMMA MARTINEZ LIRA
 P R E S E N T E . -

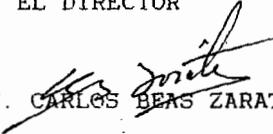
Manifestamos a usted, que con esta fecha ha sido aprobado el tema de Tesis "ANÁLISIS MORFOLÓGICO CUANTITATIVO DE LOS CAMBIOS EN INTESTINO GRUESO DE RATAS POR EFECTO DE LA FIBRA DIETARIA " para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Directora de dicha Tesis la M.en C. Esther Albarran



FACULTAD DE
 CIENCIAS BIOLÓGICAS

A T E N T A M E N T E
 " PIENSA Y TRABAJA "
 "AÑO DEL BICENTENARIO"
 Guadalajara, Jal., 14 Enero de 1992.
 EL DIRECTOR

M. EN C.  CARLOS BEAS ZARATE

EL SECRETARIO



M. EN C. MARTIN PEDRO TENA MEZA

c.c.p.- La M.en C. Esther Albarran R., Directora de tesis.pte.-
 c.c.p.- El expediente del alumno.
 CBZ>MPIM>Cglr.

Al contestar este oficio citese fecha y número

C. M en C. J. Luis Cifuentes Lemus
Director de la Facultad de Ciencias
Biológicas de la Universidad de
Guadalajara.

Apreciable Maestro Cifuentes; por este conducto me permito informarle que la P. de Biol. EMMA MARTINEZ LIRA ha concluido satisfactoriamente el trabajo de investigación: "ANALISIS MORFOLOGICO CUANTITATIVO DE LOS CAMBIOS EN INTESTINO GRUESO DE RATAS POR EFECTO DE LA FIBRA DIETARIA", bajo mi dirección.

Por lo anterior solicito a Ud. su autorización a fin de programar la presentación de su exámen de tesis y profesional.

Sin otro particular aprovecho esta oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE



M en C Esther Albarrán Rodríguez

Guadalajara Jal.; Enero de 1993

A G R A D E C I M I E N T O S

A mi Director de Tesis:

Por su constante apoyo y esfuerzo para que el presente trabajo se realizara adecuadamente.

A mis compañeros de la Facultad:

Quienes me brindaron su amistad para que mi estancia en la Facultad fuera mas agradable.

A mi familia:

Especialmente a mi padre Andres Martinez quien con su apoyo y confianza me dió una formacion profesional que aunque hoy no esté presente siempre guia mi camino.

A Felipe:

De quien he recibido sólo amor y comprensión en los momentos mas dificiles de mi vida.

EL PRESENTE TRABAJO SE DESARROLLO
EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION
CIENTIFICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA Y DE LA FACULTAD
DE MEDICINA BAJO LA DIRECCION DE LA
M en C. ESTHER ALBARRAN RODRIGUEZ Y LA
ASESORIA DE LA DRA. MERCEDES GONZALEZ
HITA.

T I T U L O

ANALISIS MORFOLOGICO CUANTITATIVO DE LOS CAMBIOS EN
INTESTINO GRUESO DE RATAS POR EFECTO DE LA FIBRA
DIETARIA.

I N D I C E

C O N T E N I D O	P A G I N A
Resumen _____	1
Introducción _____	2
Justificación _____	10
Hipótesis _____	11
Objetivos _____	12
Materiales y Metodos _____	13
Resultados _____	18
Discusión _____	43
Conclusiones _____	57
Referencias _____	59

RESUMEN

Con el propósito de evaluar las modificaciones morfológicas semicuantitativas en intestino grueso de ratas por efecto de la fibra dietaria se seleccionaron 89 ratas macho Swiss-Wistar de diez semanas de edad que se dividieron en dos fases experimentales para facilitar su manejo. Cada etapa experimental tuvo 3 grupos control (dietas basal, basal+colesterol y basal+colesterol+fibra de avena) y 3 grupos experimentales (dieta basal+colesterol y las fibras en un 7% : fibra de maíz extrusada, ácida/alcalina extrusada y ácida alcalina en la primera etapa y fibra de maíz normal, ácida y alcalina en la segunda etapa); además se incluyó un grupo con una dieta comercial. Se les acondicionó durante 7 días, posteriormente se les alimentó con la dieta experimental por cuatro semanas. Se sacrificaron por decapitación y se extrajo el tracto gastrointestinal de donde se obtuvo colon y ciego, se procesaron histológicamente y se tificaron con Hematoxilina-Eosina y PASS. Se realizó el análisis descriptivo y semicuantitativo. En el primer análisis no se observaron cambios en la morfología a excepción de los grupos con fibra de maíz ácida/alcalina extrusada y ácida/alcalina que presentaron infiltración linfocitaria. En el espesor de capas mucosa y muscular no se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$). En colon, el mayor número de criptas se dio en los grupos con fibra de maíz ácida/alcalina, fibra de maíz normal y el grupo con la dieta basal+colesterol mientras que en ciego los grupos basal, basal+colesterol, fibra de maíz normal y extrusada tuvieron valores altos. La mayor profundidad de criptas en colon se encontró en el grupo con fibra de maíz ácida/alcalina de la primera etapa ya que en la segunda etapa no hubo diferencia significativa; en ciego la mayor profundidad de criptas se encontró en los grupos con fibra de maíz ácida/alcalina extrusada y ácida/alcalina. La estirpe celular encontrada en mayor número fue de células caliciformes cuyo valor más alto se encontró en el grupo con fibra de maíz ácida/alcalina de la primera etapa experimental tanto en colon como en ciego ya que no hubo diferencia significativa en la segunda etapa. En cuanto a células columnares en colon se encontraron valores altos en todos los grupos experimentales así como en los grupos control con la dieta basal+colesterol y la dieta comercial. En ciego los valores más altos se encontraron en los grupos con fibra de maíz ácida/alcalina extrusada y alcalina. El grupo con mayor cantidad de figuras mitóticas fue el grupo con la dieta basal+colesterol tanto en ciego como en colon de la primera etapa experimental en tanto que en la segunda etapa no se encontró diferencia significativa. La fibra de maíz en un 7% con tratamientos físico-químicos afectó solo algunos parámetros estudiados.

I N T R O D U C C I O N

La fibra dietaria (FD) es la suma de lignina y de los polisacáridos de plantas que no son degradados por las secreciones enzimáticas del tracto digestivo de mamíferos (1, 39, 49, 50, 51, 54).

Entre los componentes de la fibra dietaria se encuentran la celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina, pectinas, gomas, mucilagos y sílice; elementos principales de la pared celular de plantas (7, 39, 51, 55).

La FD se encuentra en las paredes celulares de diferentes estructuras de plantas como tallos, hojas, raíces de tuberosas, frutas y semillas especialmente de cereales (55, 56).

Las propiedades de la fibra dietaria varían según su composición y origen (57). Entre las más importantes están: la de formar soluciones viscosas; tienen la capacidad de retener agua; son solubilizadas bajo tratamientos ácidos o básicos, no son degradadas por enzimas digestivas de mamíferos y contienen enlace β -glucosídico (17, 49, 55, 56).

Existen reportes que indican que debido a sus propiedades físicas y químicas algunas fibras son capaces de unirse a compuestos tales como ácidos biliares, minerales mono y divalentes y colesterol, disminuyendo así su absorción intestinal (1,58).

Este elemento (FD) ha estado presente en las dietas de nuestros ancestros y actualmente es consumida por habitantes de zonas rurales en Europa y por la mayoría de la población del tercer mundo (61).

El consumo de fibra por el hombre depende en gran parte de su estrato económico (39). Las dietas predominantes en los países desarrollados, así como en vías de desarrollo, consisten de alimentos con bajo contenido en fibra entre los que se incluyen: cereales refinados en forma de pan blanco, carne, grasas y sacarosa (39).

A partir de la década de los 50's la población de estos países ha aumentado el consumo de fibra, probablemente por las evidencias que se han encontrado en relación al efecto protector contra enfermedades como: cáncer de colon, diverticulosis de colon, diabetes, aterosclerosis, frecuencia de hemorroides, hernia inguinal, hernia hiática y piernas varicosas (21, 28, 53, 57).

Existen trabajos en los que al utilizar la rata como modelo biológico, y al suministrarle componentes de la fibra dietaria, específicamente celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina, se observó un efecto protector contra diverticulosis y cáncer de colon comparados con los animales que recibieron la dieta con bajo contenido en fibra (39, 57).

Los hallazgos también indican que los componentes de la dieta y otros factores externos influyen sobre el trac-

to gastrointestinal modificando su estructura morfológica y fisiología (1,60).

El tubo digestivo tiene cuatro capas (mucosa, submucosa, muscular y serosa) cuyo carácter y grosor varían según las necesidades funcionales en las distintas regiones (25).

a) La mucosa es una capa del epitelio superficial, húmeda, lubricada por moco, apoyada en la lámina basal y a su vez en la lámina propia con una capa delgada externa de musculatura lisa: la muscular interna que está dispuesta en dos capas circular interna y longitudinal externa. En el intestino delgado la mucosa es irregular y muestra proyecciones digitiformes, las vellosidades, que aumentan notablemente el área superficial, e invaginaciones profundas revestidas de epitelio, las glándulas intestinales o criptas. La lámina propia se clasifica como tejido laxo, con tendencia linfática y el material linfoide quizá actúe como una barrera de defensa contra infecciones bacterianas (3).

b) La submucosa se extiende desde la mucosa hasta la capa muscular externa y comprende tejido areolar grueso con algunas fibras elásticas por lo que permite la movilidad de la mucosa.

c) La muscular externa es una capa de fibras elásticas orientadas en sentido longitudinal y circular cuya función es desplazar hacia adelante el material alimenticio

en la luz del tubo digestivo.

d) La serosa o adventicia es la capa mas externa que comprende tejido areolar denso, con frecuencia unido al tejido conectivo de los órganos adyacentes. En muchas regiones se denomina serosa debido a que está cubierta por peritoneo, esto es por una capa única de células mesoteliales.

El intestino grueso de humanos incluye el ciego; el colon dividido en ascendente, transverso y descendente; colon sigmoide, recto y ano (3,25).

En la rata el colon está compuesto por dos porciones mayores; el ciego y el colon ascendente terminando en una flexión mayor seguida por el recto descendente. El ciego muestra una pequeña constricción cerca de la mitad del órgano la cual lo divide en la porción basal y un apéndice cecal. El apéndice cecal contiene en su pared una masa de tejido linfoide (11,48).

El interior del colon humano tiene una superficie lisa pero puede ser irregular en secciones debido a la contracción de la muscular. En ésta capa se observan criptas o glándulas de Lieberkhün, que poseen un epitelio con células caliciformes, células enterocromafines en proporciones pequeñas. La mayoría de las células en la porción media y superior de las criptas son células columnares por lo que representan el tipo principal de células en el epitelio superficial de la mucosa (3,25).

La muscular forma una capa continua de grosor uniforme, en donde las fibras longitudinales están agregadas en tres espacios de bandas longitudinales lisas llamadas "taenia coli". La serosa en el colon humano presenta acumulaciones de células adiposas debajo del mesotelio en forma de protuberancias pendulares llamadas apéndices epiploicos (3).

Las principales funciones del intestino grueso son: conservar agua y electrolitos secretados en el interior del intestino durante la digestión; la excreción de productos de desecho del metabolismo y sustancias tóxicas y contener los microorganismos que por fermentación concluyen algunos procesos digestivos (8).

Aunque la fibra no es atacada por las enzimas digestivas del mamífero; si se presenta una digestión parcial de ésta como resultado de la actividad de la flora intestinal (39).

En las especies monogástricas la digestión de los componentes de la fibra se lleva a cabo por acción de la microflora presente en ciego y colon (8).

La habilidad de los animales monogástricos para digerir la fibra está relacionada con la longitud y el grado de saculación del intestino grueso (39).

Los componentes de la fibra dietaria y otros elementos no asimilables de la dieta llegan al intestino grueso y se mezclan con la microflora, aquí los polisacáridos proveen una fuente de energía para la micro-

flora.

Las paredes celulares de frutas y vegetales son atacadas extensamente por la microflora, así, los residuos fecales contienen sólo fragmentos de tejidos y semillas lignificadas junto con tejidos cutinizados aunque, la degradación de la pared celular depende del grado de lignificación (53, 56, 57).

La hipótesis de que la fibra dietaria es un factor protector contra diversas enfermedades postula que tiene efectos a diferentes niveles del tracto gastrointestinal: acelera la motilidad intestinal y la velocidad de movimiento de los alimentos, es importante para la producción de energía y favorece el crecimiento del intestino delgado y colon; estos son debidos probablemente a diferencias en la estructura física y forma química de los componentes de la FD (29, 39, 40, 53, 57, 58). En Sudáfrica la población de adultos negros que consumen dietas altas en fibra tienen una proporción menor de osteoporosis (1/10) que la observada entre la población blanca (50, 62).

En México, país tradicionalista, la tortilla de maíz es uno de los principales elementos de la dieta que por su bajo costo se consume entre la población de la clase media urbana y rural. La tortilla representa una fuente importante de fibra dietaria que proporciona del 30-40% de la energía de la dieta (40).

Se han realizado estudios que indican que en las

familias mexicanas de la clase media el consumo de fibra es de 24 a 27 g/día, aunque existe otro reporte que indica que el consumo de fibra es de 94 g/día (47). Estos valores difieren de otros países como Iran en donde se consumen de 35 a 50 g/día mientras que en Estados Unidos sólo alcanza los 12 g/día (39, 43, 61).

El consumo de fibra es benéfico para mantener una buena función intestinal debido a que mantiene el peso fecal y la motilidad intestinal (40).

Sin embargo existen pocos estudios sobre los efectos que ejerce la fibra dietaria en la mucosa intestinal, específicamente de fibra de maíz tratada en forma química y/o física.

Actualmente se están investigando nuevas fibras tanto de origen natural como sintéticas para conocer su acción fisiológica en relación a su estructura y propiedades. En algunos laboratorios se somete a las fibras a tratamientos físicos y químicos buscando una estructura tal que posea la acción biológica deseada (hipocolestéremica, entre otras) con los mínimos efectos adversos (33).

Estos tratamientos se realizan con la base de que algunas fracciones de la fibra se solubilizan con tratamientos ácidos o alcalinos, por ejemplo al someter el material fibroso a ácido sulfúrico 1N se digiere la hemicelulosa modificándose la estructura total de la fibra remanente (49).

Por lo anteriormente señalado es necesario realizar estudios para observar las modificaciones histológicas en el intestino grueso de ratas alimentadas con dietas con la inclusión de fibra de maíz con diversos tratamientos fisicoquímicos y su posible interacción con el colesterol.

J U S T I F I C A C I O N

Actualmente en nuestro medio se ha generado información acerca de los beneficios de la fibra dietaria en la nutrición y salud tanto de animales como del hombre. El consumo de fibra está en relación al poder adquisitivo de la población por lo que se observa que en México entre la clase media y estratos sociales con un ingreso bajo el alimento base es la tortilla y el frijol los cuales son ricos en fibra.

Por lo anterior, se considera de gran importancia aumentar la información disponible acerca de los efectos de la fibra dietaria específicamente del maíz en el tracto digestivo, tomando en cuenta las funciones que desarrolla éste en la asimilación de nutrientes, utilizando para ello modelos animales como la rata.

Con la información que se genere será posible aumentar el conocimiento acerca de los efectos de la fibra dietaria sobre la morfología de ciego y colon y su acción hipocolesterolémica.

H I P O T E S I S

El suministro de una dieta con fibra de maiz tratada mediante procedimientos fisico-quimicos y además colesterol produce cambios en la morfologia del intestino grueso de ratas.

O B J E T I V O S

OBJETIVO GENERAL:

Valorar las modificaciones histológicas en el intestino grueso de ratas alimentadas con dietas adicionadas de fibra de maiz tratada fisicoquimicamente y de colesterol.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1.- Registrar y analizar las variaciones en el peso corporal durante el tiempo de administración de la dieta.
- 2.- Describir los cambios presentados en las capas mucosa y muscular de ciego y colon, por efecto del consumo de la fibra de maiz y colesterol.
- 3.- Cuantificar el espesor de capas, longitud y número de criptas por milimetro de intestino, en los grupos control y experimental.
- 4.- Determinar el número de células epiteliales (células columnares, caliciformes y mitóticas) por unidad de longitud en ciego y colon de los diversos grupos.

MATERIAL Y METODOS.

El presente trabajo se desarrolló en el Departamento de Investigación Científica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y en el Departamento de Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad de Guadalajara.

Se utilizaron ochenta y nueve ratas macho de la cepa Swiss-Wistar de diez semanas de edad y se separaron en dos fases experimentales para facilitar el manejo de las mismas.

En la primera fase se emplearon treinta y nueve ratas que se dividieron en seis grupos de los cuales los tres primeros sirvieron como grupos control y constaron de cinco ratas cada uno a los que se les suministró las siguientes dietas: basal, basal + colesterol (ya que todas las dietas experimentales llevaron este compuesto y se tuvo un grupo de referencia), dieta basal + colesterol + fibra de avena; los tres grupos restantes fueron los experimentales y constaron de ocho ratas cada uno a los que se les suministró las siguientes dietas: basal + colesterol + fibra de maíz extrusada, basal + colesterol + fibra de maíz ácida alcalina extrusada, y basal + colesterol + fibra de maíz ácida-alcalina (Estas dietas fueron elaboradas en el Laboratorio de acuerdo a los requerimientos para la especie) (Cuadro No. 1).

En la segunda fase experimental en los grupos

control se incluyó además un grupo con una dieta comercial y en las dietas de los grupos experimentales se les proporcionaron las siguientes dietas: basal + colesterol + fibra de maiz normal, basal + colesterol + fibra de maiz ácida y basal + colesterol + fibra de maiz alcalina (Cuadro No. 1).

La fibra de maiz fué proporcionada por una empresa estadounidense (Departamento de Ciencia de los Alimentos, Universidad de Illinois, Urbana Illinois) que realiza diversos tratamientos fisicoquímicos experimentales en la fibra. El resto de los ingredientes se obtuvo de la casa comercial ICN. Las dietas purificadas tuvieron una composición semejante en las cuales se sustituyó el contenido de fibra en un 7%. (Cuadro 1).

Se les suministró el alimento durante veintiocho días a libre acceso y se registró cada tercer día el peso corporal, consumo de alimento y ganancia de peso, posteriormente los animales fueron sacrificados. Inmediatamente después se practicó una laparotomía media abdominal extrayendo el tracto gastrointestinal completo y se registró su peso.

Para el estudio estructural se separaron las dos regiones del intestino grueso: ciego y colon. De la parte media de los segmentos se obtuvieron muestras que se lavaron en tres cambios rápidos de solución salina fisiológica a temperatura ambiente y posteriormente se fijaron por inmersión en solución Bouin durante 24

horas.

Después de haberse completado el tiempo de fijación se eliminó el exceso de fijador mediante un enjuague durante 12 horas con agua corriente, enseguida se seccionaron las muestras de un centímetro cúbico, posteriormente se deshidrataron los fragmentos de tejido en series crecientes de etanol y se aclararon en xilol antes de incluirse en parafina.

De todos los bloques se obtuvieron cortes de 5 μ m de espesor en un microtomo American Optical.

La orientación de los tejidos fué en un sentido longitudinal, ya que de ésta forma se observó el arreglo del tubo intestinal en su mayor extensión. Para la tinción de los cortes se utilizaron las técnicas de Hematoxilina-Eosina y PASS.

Las muestras se observaron en un microscopio Zeiss y se seleccionó el material para el estudio descriptivo de las dos regiones del intestino grueso.

El estudio cuantitativo se hizo utilizando un micrómetro lineal (Zeiss CPL W10/18) y con ayuda del objetivo 10X y 40X, se cuantificó espesor de capas, longitud y número de criptas por mm de intestino, así como el número de células columnares, caliciformes y mitóticas por cada 250 μ m lineales .

Para el análisis estadístico se realizó una prueba de varianza completamente aleatoria y en los casos con diferencia significativa se aplicó una prueba múltiple de Duncan.

CUADRO No. 1

		INGREDIENTES DE LA DIETA (%)		
	Ingredientes**	Basal	Basal + Colesterol	Basal + Colesterol + Fibra
F	Caseina	20	20	20
I	Aceite	6	6	6
J	Vitaminas	1	1	1
O	Minerales	3.5	3.5	3.5
S	Cloruro colina	0.2	0.2	0.2
	Di Metionina	0.3	0.3	0.3
	Almidon	41.3	40.5	40.5
	Azucar	20.7	20.3	20.3
	Alfacele®	7.0	7.0	-
	Fibra *	-	-	7.0
	Colesterol	-	1.0	1.0
	Acido cólico	-	0.2	0.2

** Se obtuvieron de la empresa ICN.

* Cantidad de cada uno de los tipos de fibras experimentadas.

® Celulosa refinada, solo para ajustar al 100% la dieta.

M O D E L O E X P E R I M E N T A L

89 machos adultos Swiss-Wistar de diez semanas de edad y peso de 262 g.

Etapas de acondicionamiento durante 7 días.

Fase Experimental 1		Fase Experimental 2	
Grupo	Dieta	Grupo	Dieta
		P	Alimento comercial
1	Basal	1	Basal
2	Basal+Colesterol	2	Basal+Colesterol
3	Basal+Colesterol+F de avena	3	Basal+Colesterol+F de avena
4	Basal + Colesterol + Fibra de maíz extrusada	4	Basal + Colesterol + Fibra de maíz normal
5	Basal + Colesterol + Fibra de maíz ácida-alcalina	5	Basal + Colesterol + Fibra de maíz ácida
6	Basal + Colesterol + Fibra de maíz ácida-alcalina	6	Basal + Colesterol + Fibra de maíz alcalina

Administración de la dieta durante 28 días.

Registro de peso corporal, consumo de alimento y ganancia de peso.

Registro de peso corporal y sacrificio por decapitación después de la administración de la dieta experimental.

Fijación del tracto gastrointestinal por inmersión en solución Bouin.

Deshidratación, inclusión en parafina y obtención de cortes de 5 micras de espesor.

Tinción con Hematoxilina-Eosina y PASS.

Observación al microscopio.

Cuantificación de espesor de capas, longitud y número de criptas por cm. de intestino.

Análisis estadístico.

R E S U L T A D O S

PESO CORPORAL

Para el presente estudio se utilizaron ratas jóvenes de la misma edad, por lo tanto no se encontraron diferencias importantes en cuanto al peso corporal y el valor promedio fue de 261 g.

Al finalizar el estudio se encontró que el peso corporal, para la primera etapa experimental, fué mayor para los grupos que recibieron fibra de avena, fibra de maíz extrusada (358 g) y basal, el resto de los grupos presentaron valores menores y diferentes estadísticamente (330-334 g). (Cuadro No. 2)

Para la segunda etapa se observó que el menor valor se presentó tanto en el grupo alimentado con la dieta comercial como en la dieta basal (330 y 324 g respectivamente) mientras que el mayor valor fue dado en el grupo con la dieta que contenía fibra de avena presentando en los grupos restantes valores intermedios, con diferencias estadísticas.

Es evidente que para ambas etapas los grupos de avena tuvieron un aumento mayor de peso y que el alimento comercial representó una menor ganancia de peso.

PESO DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

En la mayoría de los grupos analizados no se encontró una relación directa entre el peso corporal y el peso del tracto gastrointestinal. En la primera etapa experimental,

tanto el grupo de avena, maiz extrusado y ácida/alcalina presentó el mayor peso del tracto gastrointestinal (16.8 a 17.56 g), el resto de los grupos tuvieron pesos menores diferentes estadísticamente entre sí y con los demás grupos.

Para la segunda etapa el máximo valor se encontró en el grupo con alimento comercial (20.19 g) y el peso más pequeño se encontró en el grupo basal (16.69 g), los demás grupos tuvieron valores intermedios con diferencias estadísticas (Cuadro No.2).

ESTUDIO DESCRIPTIVO

En el estudio histológico de colon se encontró que los grupos control (basal, basal+colesterol, basal+colesterol+fibra de avena y purina) de ambas etapas experimentales presentaron un aspecto normal en el arreglo de las capas histológicas en las que en mucosa se aprecian células linfoides entre las criptas las cuales presentan forma rectangular principalmente; submucosa con proporciones normales y muscular con aspecto característico excepto en el grupo con fibra de maiz ácida y fibra de maiz alcalina que presentaron aspecto granuloso o reticular; se presentó una reducción en el espesor en aquellas muestras con presencia de contenido intestinal, no obstante el número y profundidad de criptas resultó adecuado con una proporción de células característica. (Fig. 1)

Por otra parte, los grupos experimentales presentan un aspecto normal en ambas etapas en los que el espesor y disposición de capas fue normal con un número moderado de

células en descamación y células necróticas en el lumen intestinal (Fig.2). Sin embargo, en los grupos experimentales de la primera etapa (basal+colesterol+fibra de maíz extrusada, basal+colesterol+fibra de maíz ácida/alcalina extrusada, y basal+colesterol+fibra de maíz ácida/alcalina) se observó una presencia abundante de linfocitos (infiltración linfocitaria) tanto en submucosa, mucosa y lámina propia y en menor cantidad en muscular. (Fig. 3)

En ciego, para ambas etapas experimentales se observó un arreglo en las capas histológicas normal con presencia de pliegues intestinales de dimensiones variables, mucosa con características normales con presencia de vasos sanguíneos, moderado número de células linfoides y presencia de células en necrosis con material en descamación en la parte apical de las criptas, submucosa de aspecto fibroso reticular en el grupo con fibra de maíz ácida/alcalina extrusada y fibra de maíz ácida/alcalina (Fig. 4). Tanto en los grupos control como en los experimentales se presentó un aspecto fibroso o reticular de la capa muscular. Las criptas presentan aspecto normal con formas ovoide, circular, cúbica y predominantemente rectangular (Fig. 5). Por último en un porcentaje reducido de muestras de los grupos basal+colesterol+fibra de avena y basal+colesterol+fibra de maíz alcalina se apreció de manera irregular (zonal) una descamación celular y algunos núcleos pignóticos en epitelio, por lo que estos hallazgos no podrían atribuirse a

los tratamientos o fibras suministradas. (Fig. 6)

ESTUDIO SEMICUANTITATIVO

Espesor de la capa mucosa.

El espesor de la capa mucosa no presentó diferencias importantes tanto en ciego como en colon de las dos fases experimentales ($p > 0.05$). (Cuadro No.3)

Para colon, en términos generales, se encontró un espesor de mucosa muy similar independientemente de la fase experimental, se aprecia una ligera disminución en los grupos alimentados con las dietas experimentales, específicamente en los grupos que recibieron fibra de maíz ácida/alcalina, ácida/alcalina extrusada, ácida y alcalina (310 a 330 μm).

Por lo que respecta a ciego, esta región presenta un menor espesor de mucosa, los valores tuvieron un rango de 200 a 250 μm , independientemente de la fase experimental y la dieta suministrada.

Espesor de la capa muscular.

En el espesor de la capa muscular no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) en ciego y colon en ninguna de las fases experimentales. (Cuadro No. 4)

Para colon se observó un mayor espesor en relación a ciego, independientemente de la fase experimental y dieta suministrada; los rangos fueron: para la primera etapa experimental 187 a 224 μm y de 89.4 a 149 para la segunda fase de 149 a 195 μm y 92.8 a 112 μm para colon y ciego

respectivamente.

Número de Criptas

En colon, en la primera fase experimental el mayor número de criptas se encontró en el grupo alimentado con la dieta con fibra de maíz ácida-alkalina (20.6/mm) mientras que en los grupos con una dieta control (basal, basal+colesterol) presentaron el menor número de criptas (15.48 y 15.54/mm respectivamente) encontrandose entre los grupos restantes valores intermedios. (Grafica 1a.)

En colon, en la segunda fase experimental, los valores mas altos se presentaron en el grupo con una dieta que contenia fibra de maíz normal (22.35/mm) y en la dieta basal + colesterol (22.08/mm) mientras que el menor número de criptas se observó en el grupo purina (18.53/mm). (Gráfica 1b)

En ciego, primera fase experimental, el mayor número de criptas se registró en uno de los grupos experimentales el cual recibió la fibra de maíz extrusada (18.33/mm) en tanto que el menor valor se dió en el grupo control alimentado con la dieta que contenia fibra de avena (15.32/mm). Los grupos restantes presentan valores de 16 a 17 criptas/mm con diferencias entre ellos. (Gráfica 1a)

En ciego, segunda fase experimental se presentó una situación similar ya que los mayores valores se dieron en los grupos alimentados con las dietas basal + colesterol, la que contiene la fibra de maíz normal y dieta basal (19.86, 19.81 y 19.62/mm respectivamente) mientras que el resto

presentó valores menores (17-18) observándose que el grupo purina fué el mas bajo con 17.12 criptas/mm. (Gráfica 1b)

Al analizar los valores en las dos regiones se observó que el mayor número de criptas se dió entre los grupos experimentales mientras que en los grupos control se registraron los valores menores.

Se observó que en colon en ambas fases experimentales los valores fueron en un rango de 15-22 criptas/mm destacando que los valores menores estuvieron presentes en los grupos basal y purina de las respectivas etapas experimentales. En ciego, el rango fué de 15-19 criptas/mm dandose valores parecidos pero con diferencia entre ellos. El menor valor estuvo en el grupo que recibió fibra de avena (15.32 criptas/mm) y el mayor con la dieta basal+colesterol y basal (19.86 y 19.62 criptas/mm respectivamente).

Profundidad de las Criptas

En colon, en la primera fase experimental la profundidad de las criptas presentó diferencias importantes ($p < 0.01$) ya que los valores mas altos se registraron en los grupos experimentales siendo el que recibió la fibra de maiz ácida/alcalina (199 μm) el que tuvo mayor dimensión de criptas en tanto que en los controles se observaron los valores mas bajos, siendo el grupo con fibra de avena (141.2 μm) el minimo. (Gráfica 2a)

En ciego, la profundidad de las criptas se observó con una relación semejante a la anterior en la que se presentó

el mayor valor en los grupos experimentales que recibieron la dieta con fibra de maiz ácida/alcalina extrusada (180.1 μm) y ácida/alcalina (178.1 μm). El resto de los grupos presentó valores menores sin diferencia estadística entre ellos y con un rango de 142 a 156 μm . (Gráfica 2a)

Al comparar la profundidad de las criptas en las dos regiones se observaron resultados similares ya que los valores mas altos se dieron en los grupos experimentales y los mas bajos en los controles.

En la segunda fase experimental no hubo diferencias significativas entre los grupos experimentales y control respecto a la profundidad de las criptas tanto en ciego como en colon ($p > 0.05$). Sin embargo los rangos encontrados son de 220-250 μm en colon y de 170-204 μm para ciego lo que hace evidente una menor profundidad de criptas para esta última región independientemente de la dieta suministrada (Gráfica 2b).

Número de células columnares

En colon, el número de células columnares en la primera fase experimental se observó casi uniforme en todos los grupos excepto en el que fué alimentado con una dieta basal que presentó el menor número de células columnares (10.62/250 μm) mientras que en los demás hubo valores semejantes estadísticamente siendo el grupo experimental que recibió fibra de maiz ácida/alcalina el de mayor valor (15.4/250 μm). (Gráfica 3a)

En colon en la segunda fase experimental se registraron

valores iguales en todos los grupos experimentales y purina (15.48/250 μm) mientras que el grupo control con una dieta basal presentó el menor número de células columnares (12.92/250 μm) y un valor intermedio (14.36/250 μm) en los grupos restantes. (Gráfica 3b)

En ciego el número de células columnares más alto se encontró en el grupo experimental que recibió fibra de maíz ácida/alcalina extrusada en su dieta (14.34/250 μm) y el menor en el grupo con la dieta basal (8.3/250 μm) por lo que se encontró diferencia significativa ($p < 0.01$). (Gráfica 3a)

En ciego, los resultados de la segunda fase experimental mostraron que el mayor número de células columnares corresponde al grupo con fibra de maíz alcalina (14.28/250 μm) en tanto que el menor número fue del grupo con la dieta basal + colesterol (11.54/250 μm). (Gráfica 3b)

Al comparar ambas regiones de la primera fase experimental se observó que hay un menor número de células columnares en los grupos control mientras los experimentales cuentan con los valores más altos.

Al analizar los datos de ambas regiones en la segunda fase experimental se observó que tanto en colon como en ciego los valores mayores se dieron en los grupos experimentales y el menor número de células columnares en los controles excepto en el grupo con dieta comercial.

Número de células caliciformes

En colon, el mayor número de células caliciformes en la primera fase experimental se presentó en el grupo

alimentado con la dieta que contenía fibra de maíz ácida /alcalina con un valor de 32.27/250 μm en tanto que el grupo control basal registró el menor valor (21.54/250 μm) y en los grupos restantes valores intermedios con un rango de 27 a 30 células/250 μm y con diferencias estadísticas. (Gráfica 4a)

En ciego se presentó una situación similar dado que el menor valor se registró en el grupo con una dieta basal (23.44 células/250 μm) y sin embargo se observaron valores altos en los grupos experimentales fibra de maíz ácida/alcalina extrusada y ácida/alcalina y en los grupos con la dieta basal + colesterol y fibra de avena con valores de 31.82-33.23 células/250 μm .

En la segunda fase experimental no se registró diferencia significativa en el número de células caliciformes de ciego y colon ($p > 0.05$). Los rangos observados fueron de 32 a 34 células/250 μm para colon y de 33 a 35 células/250 μm para ciego, no se apreció diversidad alguna por efecto de la dieta. (Gráfica 4b)

Número de Figuras Mitóticas.

En colon, el mayor número de células en mitosis en la primera fase experimental se registró en el grupo control alimentado con la dieta basal + colesterol (2.82 células/250 μm) mientras que el grupo que presentó el menor número fué el experimental alimentado con la dieta que contenía fibra de maíz ácida/alcalina (1.92/250 μm) y se encontraron valores intermedios en los grupos restantes con un rango de

1.97 a 2.52 células/250 μm). (Gráfica 5a)

En ciego, el número de figuras mitóticas en la primera fase experimental se presentó una situación similar al colon ya que el mayor número de figuras mitóticas fué el del grupo alimentado con la dieta basal + colesterol (3.38 células/250 μm) y en el experimental con la fibra de maiz ácida/alcalina (2.15 células/250 μm) se presentó el menor número.

Comparando las dos regiones en la primera etapa experimental se observó que hubo un mayor número de figuras mitóticas en ciego donde se observa un rango de 2.15-3.38 figuras mitóticas/250 μm mientras que en colon es de 1.92-2.82 células/250 μm .

En la segunda fase experimental no se registró diferencia significativa en el número de figuras mitóticas en ciego y colon ($p > 0.05$). Para colon el rango fué de 1.81 a 2.31 células en mitosis/250 μm y para ciego de 2.21 a 2.55 figuras mitóticas/250 μm por lo que se puede concluir que esta última región presenta una mayor actividad mitótica independientemente de la fase experimental y por lo tanto de la dieta suministrada. (Gráfica 5b)

CUADRO No. 2

PESO CORPORAL Y DEL TRACTO GASTROINTESTINAL
DE RATAS ALIMENTADAS CON DIVERSAS DIETAS.

PRIMERA FASE EXPERIMENTAL

Tratamientos	No. Anim	PESO CORPORAL		PESO TGI
		INICIAL	FINAL	
Basal	5	262.00 ± 0.00	343.80 ± 21.16b	16.20 ± 1.68b
Basal+Coolesterol	5	262.90 ± 1.51	331.90 ± 22.02c	14.70 ± 2.19c
Basal+Col+F de avena	5	262.00 ± 1.58	354.00 ± 9.99a	17.20 ± 1.15a
Basal+Col+Fib Maíz Extrusada	8	261.63 ± 0.51	358.81 ± 17.01a	17.56 ± 1.61a
Basal+Col+Fib Maíz Ac/Al Extr	7	262.00 ± 1.13	334.50 ± 18.16c	16.21 ± 2.48b
Basal+Col+Fib Maíz Ac/Al	8	262.00 ± 1.69	330.38 ± 33.49c	16.81 ± 3.01a

SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL

Tratamientos	No. Anim	PESO CORPORAL		PESO TGI
		INICIAL	FINAL	
Purina	8	261.63 ± 9.27	324.00 ± 31.44d	20.19 ± 4.83a
Basal	8	261.50 ± 5.65	330.56 ± 15.18d	16.69 ± 1.73d
Basal+Coolesterol	5	261.40 ± 1.34	343.40 ± 6.92c	16.90 ± 2.13c
Basal+Col+Fibra de avena	5	261.00 ± 1.22	383.90 ± 11.49a	18.30 ± 1.48b
Basal+Col+Fib Maíz Normal	8	261.75 ± 1.16	350.63 ± 14.85b	15.81 ± 1.03e
Basal+Col+Fib Maíz Acida	8	261.44 ± 2.30	349.38 ± 26.58b	17.63 ± 2.40b
Basal+Col+Fib Maíz Alcalina	8	260.13 ± 2.03	355.75 ± 22.37b	16.73 ± 1.90d

Valores = Media ± Desviación estándar.

a,b,c,d indican diferencia significativa a $P < 0.05$

CUADRO No. 3

ESPOSOR DE LA CAPA MUCOSA (μm) EN CIEGO Y COLON
DE RATAS ALIMENTADAS CON DIVERSAS DIETAS.

PRIMERA FASE EXPERIMENTAL			
		COLON	CIEGO
Tratamiento	No.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Basal	5	350.4 \pm 4.29	245.8 \pm 4.74
Basal+Coolesterol	5	361.2 \pm 8.25	219.2 \pm 2.47
Basal+Coolesterol+F de avena	5	345.8 \pm 9.23	244 \pm 2.47
Basal+Coolesterol+Fibra de maiz extrusada	8	380.1 \pm 4.98	250.1 \pm 5.32
Basal+Coolesterol+Fibra de maiz Ac-Al/extrusada	7	332.8 \pm 4.95	227.8 \pm 2.76
Basal+Coolesterol+Fibra de maiz ácida-alcalina	8	315.8 \pm 4.02	221.7 \pm 3.53
SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL			
		COLON	CIEGO
Tratamiento	No.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Purina	8	354 \pm 6.51	228.6 \pm 4.74
Basal	8	361.3 \pm 2.64	234.2 \pm 3.15
Basal+Coolesterol	5	342.2 \pm 6.78	253 \pm 3.06
Basal+Coolesterol+F de avena	5	348.8 \pm 3.75	216.4 \pm 4.03
Basal+Coolesterol+Fibra de maiz normal	8	343.1 \pm 4.04	225.7 \pm 2.61
Basal+Coolesterol+Fibra de maiz ácida	8	312.2 \pm 5.65	204.2 \pm 2.22
Basal+Coolesterol+Fibra de maiz alcalina	8	325.6 \pm 4.35	219.3 \pm 2.49

CUADRO No. 4

ESPESOR DE LA CAPA MUSCULAR (μm) EN
INTESTINO GUESO DE RATAS.

PRIMERA FASE EXPERIMENTAL			
Tratamiento	No.	COLON	CIEGO
		Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Basal	5	218.6 \pm 4.44	149.8 \pm 1.98
Basal + Colesterol	5	179.4 \pm 3.83	95.6 \pm 1.95
Basal+Colesterol+F de avena	5	171.6 \pm 6.62	89.4 \pm 3.76
Basal+Colesterol+ Fibra de maíz extrusada	8	224.8 \pm 2.94	125.1 \pm 5.87
Basal+Colesterol+Fibra de maíz Ac-Al/extrusada	7	191.8 \pm 5.97	114.2 \pm 2.23
Basal+Colesterol+Fibra de maíz ácida-alkalina	8	187.7 \pm 4.43	114.7 \pm 2.10
SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL			
Tratamiento	No.	COLON	CIEGO
		Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Purina	8	179.5 \pm 6.85	110.1 \pm 4.02
Basal	8	195 \pm 3.22	112 \pm 3.08
Basal+Colesterol	5	186.8 \pm 3.59	101.8 \pm 1.92
Basal+Colesterol+F de avena	5	169.4 \pm 2.85	92.8 \pm 1.45
Basal+Colesterol+Fibra de maíz normal	8	179.3 \pm 2.22	100.8 \pm 2.12
Basal+Colesterol+Fibra de maíz ácida	8	149.8 \pm 3.68	92.8 \pm 1.87
Basal+Colesterol+Fibra de maíz alkalina	8	169.6 \pm 3.46	108.2 \pm 2.78

DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS
DE LAS GRAFICAS 1 A 5.

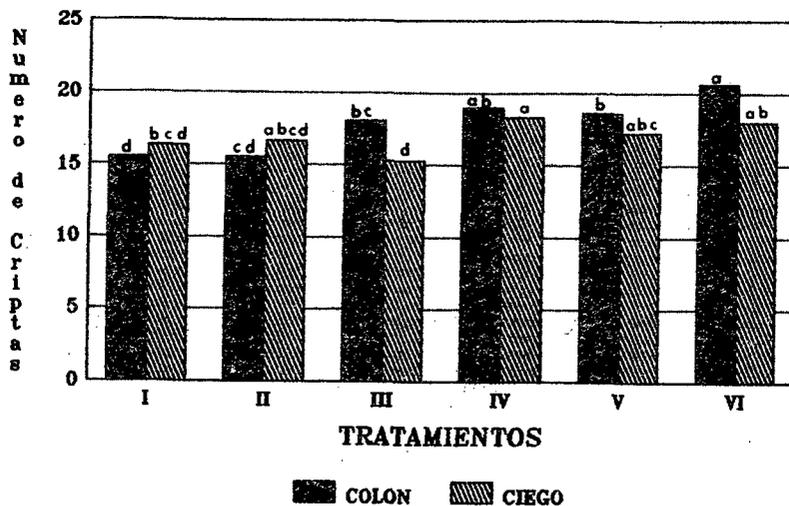
FASE EXPERIMENTAL I

- I Basal
- II Basal + Colesterol
- III Basal + Colesterol + Fibra de avena
- IV Basal + Colesterol + Fibra de maiz extrusada
- V Basal + Colesterol + Fibra de maiz ac/al extrusada
- VI Basal + Colesterol + Fibra de maiz ácida/alcalina

FASE EXPERIMENTAL II

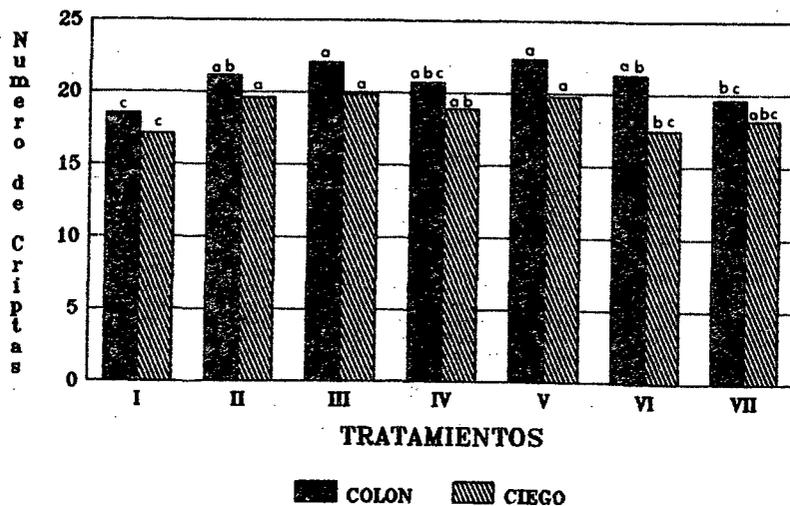
- I Purina
- II Basal
- III Basal + Colesterol
- IV Basal + Colesterol + Fibra de avena
- V Basal + Colesterol + Fibra de maiz normal
- VI Basal + Colesterol + Fibra de maiz ácida
- VII Basal + Colesterol + Fibra de maiz alcalina

Grafica 1a. NUMERO DE CRIPTAS/mm EN
INTESTINO GRUESO DE RATAS. Fase I

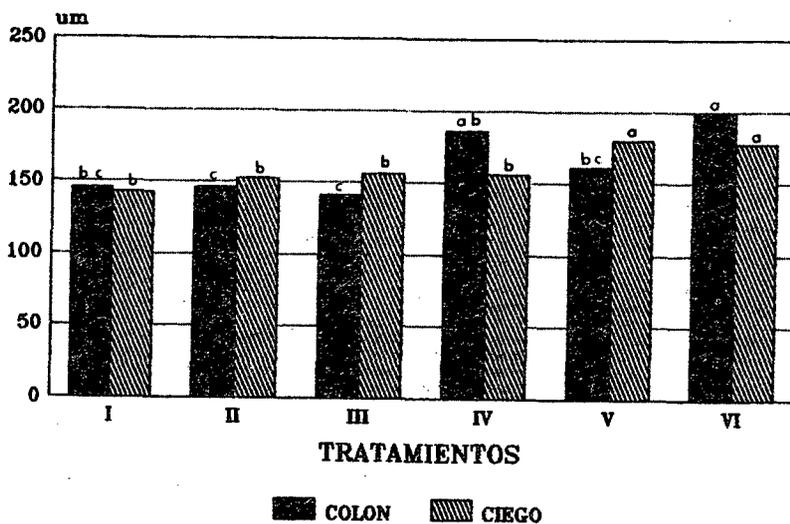


a,b,c,d Diferencia estadística a $P < 0.05$

Grafica 1b. NUMERO DE CRIPTAS/mm EN
INTESTINO GRUESO DE RATAS. Fase II

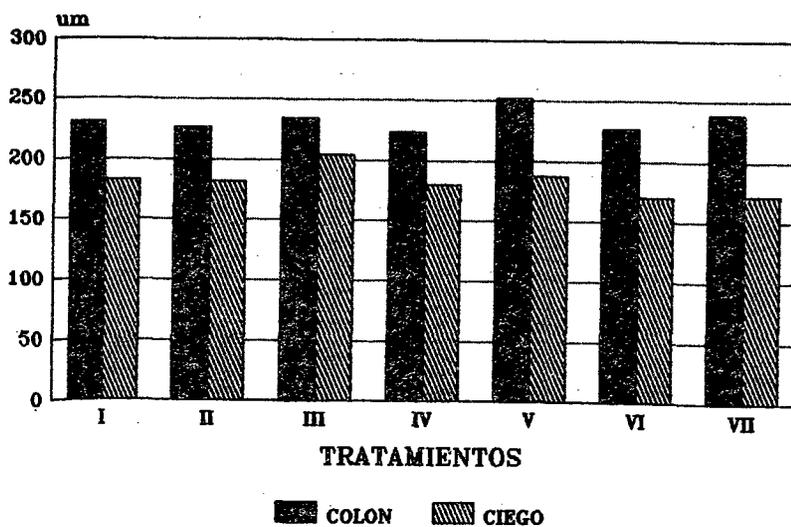


Grafica 2a. PROFUNDIDAD DE CRIPTAS (μm)
EN INTESTINO GRUESO DE RATAS. Fase I

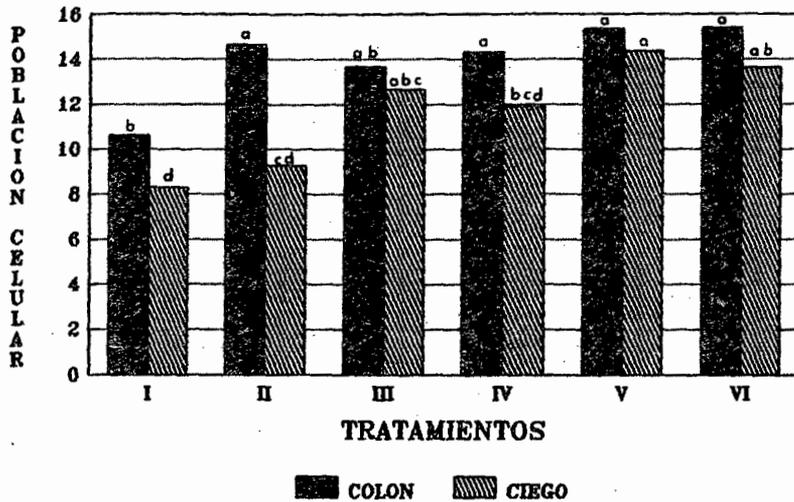


a,b,c Diferencia significativa a $P < 0.01$

Grafica 2b. PROFUNDIDAD DE CRIPTAS (μm)
EN INTESTINO GRUESO DE RATAS. Fase II

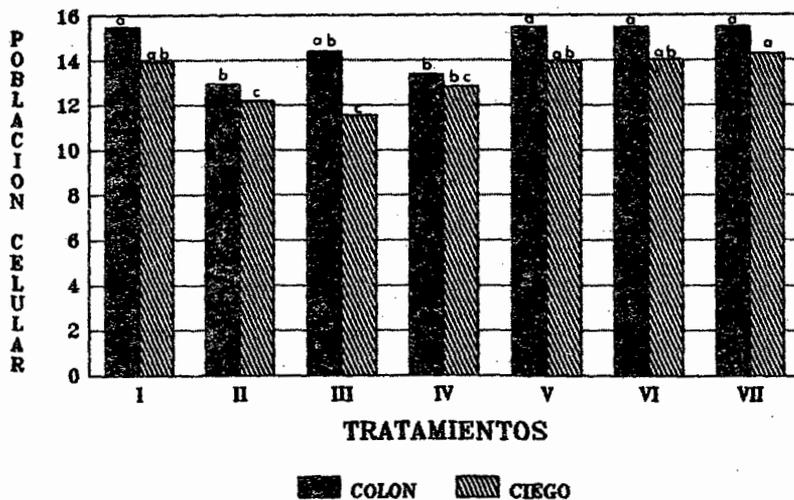


Grafica 3a. CELULAS COLUMNARES/250 μ m
EN INTESTINO GRUESO DE RATAS. Fase I



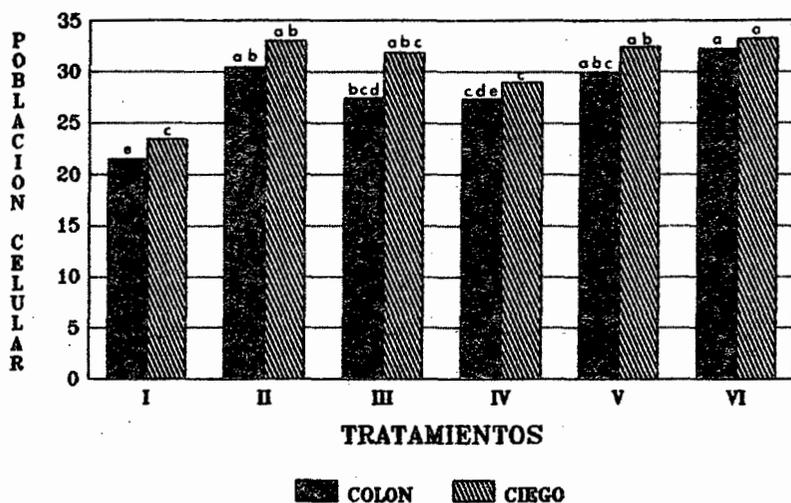
a,b,c,d Diferencia significativa $P < 0.01$

Grafica 3b. CELULAS COLUMNARES/250 μ m
EN INTESTINO GRUESO DE RATAS. Fase II



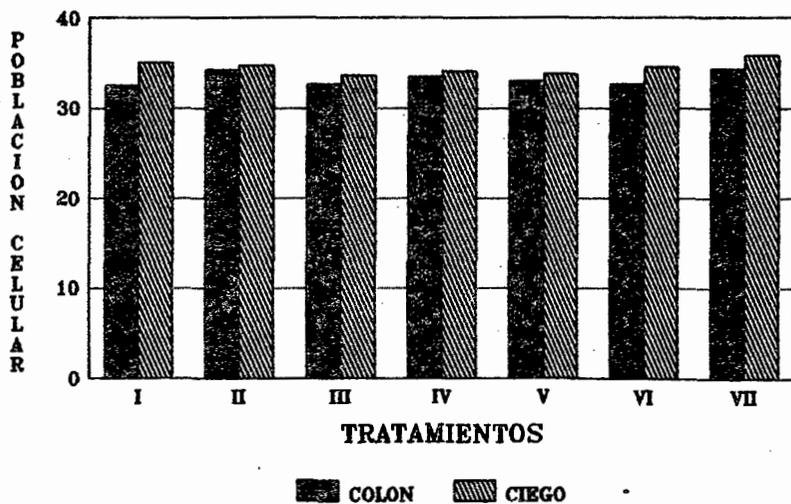
a,b,c Diferencia significativa a $P < 0.01$

Grafica 4a. POBLACION DE CELULAS
CALICIFORMES/250 μ m. Fase I

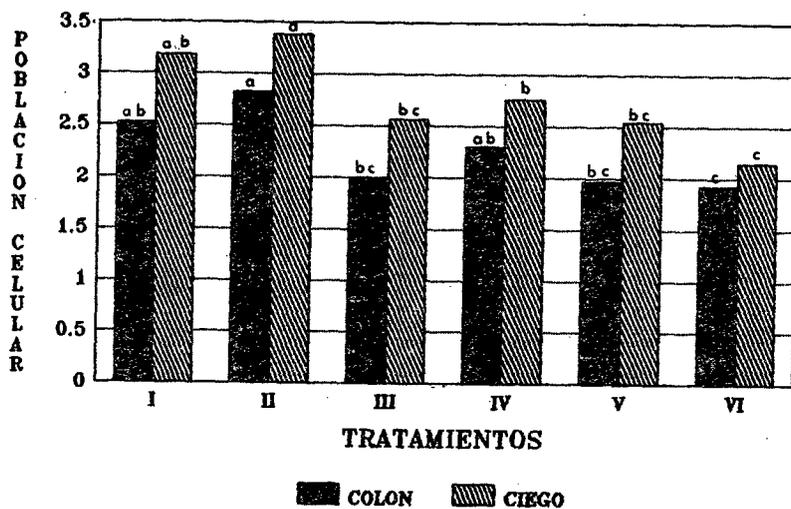


a,b,c,d,e Dif. significativa a $P < 0.05$

Grafica 4b. POBLACION DE CELULAS
CALICIFORMES/250 μ m. Fase II



Grafica 5a. FIGURAS MITOTICAS/250 μ m
Fase I



a,b,c Diferencia significativa a $P < 0.05$

Grafica 5b. FIGURAS MITOTICAS/250 μ m
Fase II

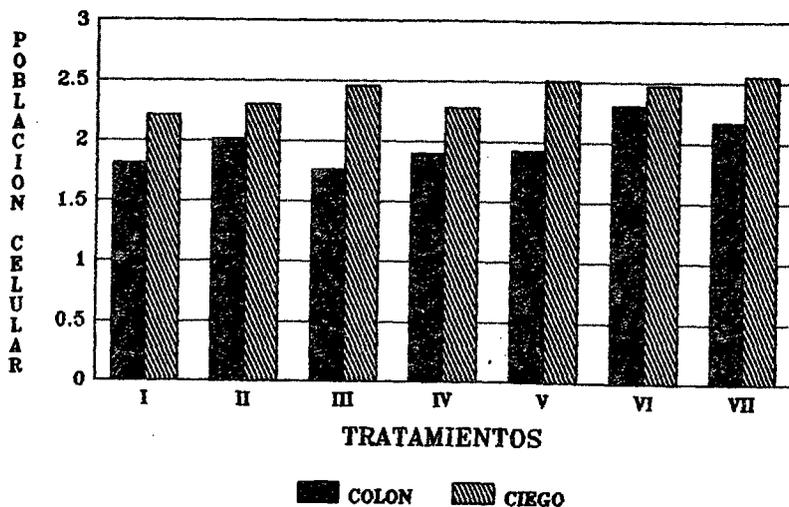


FIGURA # 1

Fotomicrografía de colon de ratas alimentadas con una dieta comercial (Purina) en la que se observan criptas de forma rectangular (▶) con una proporción adecuada de células columnares (□), caliciformes (↔) y moderado número de células linfoides (▲).
Hematoxilina-Eosina 541X

FIGURA # 2

Corte longitudinal de un pliegue intestinal de colon de ratas alimentadas con una dieta con fibra de maiz normal en donde se observa moderado número de células linfoides en lámina propia y submucosa (▲), epitelio con mayor proporción de células caliciformes (↔), células columnares (□) y una capa de muscular interna de estructura característica (↔). Hematoxilina-Eosina 336X

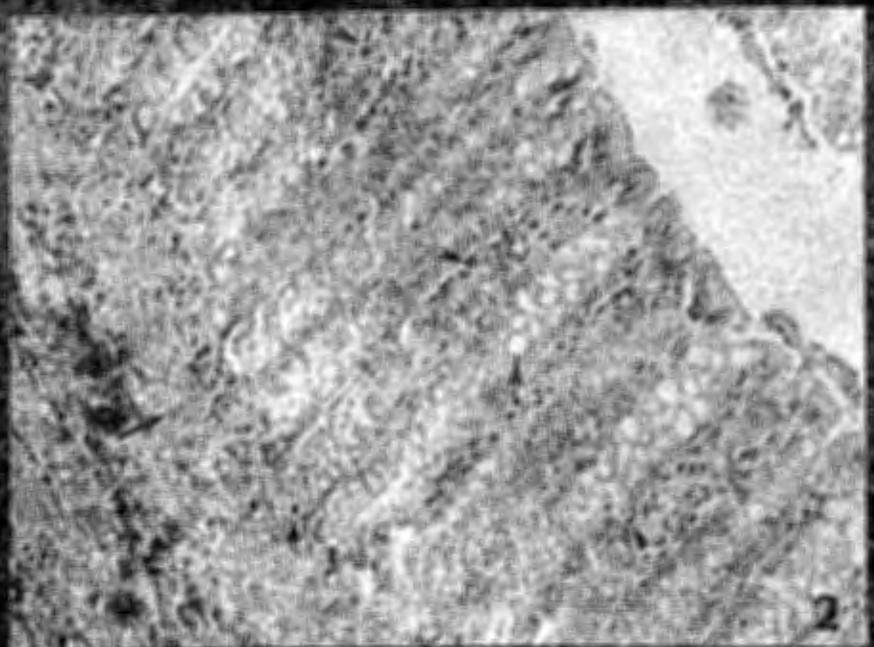
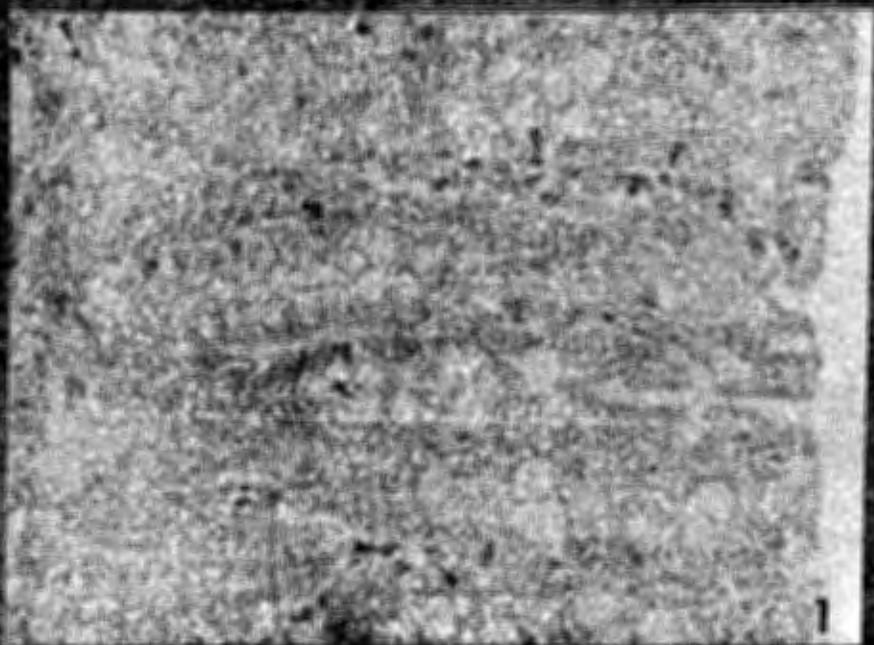


FIGURA # 3

Fotomicrografía de colon de ratas alimentadas con fibra de maíz ácida/alcalina extrusada que muestra un pliegue de la mucosa intestinal con criptas ovoides (⊕) y rectangulares (➡) donde se muestran núcleos de células linfoides (▶). Hematoxilina-Eosina 256X

FIGURA # 4

Se muestra una área de tejido de ciego de ratas alimentadas con una dieta basal con criptas de forma rectangular (➡) con epitelio íntegro y un moderado número de células linfoides (▶) así como muscular de aspecto fibroso reticular (M). Hematoxilina-Eosina 399X

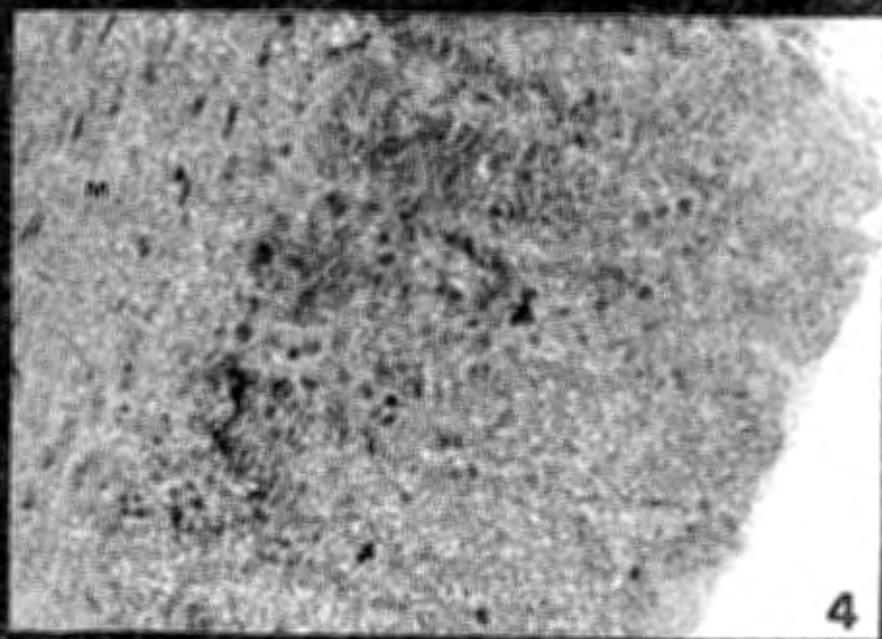
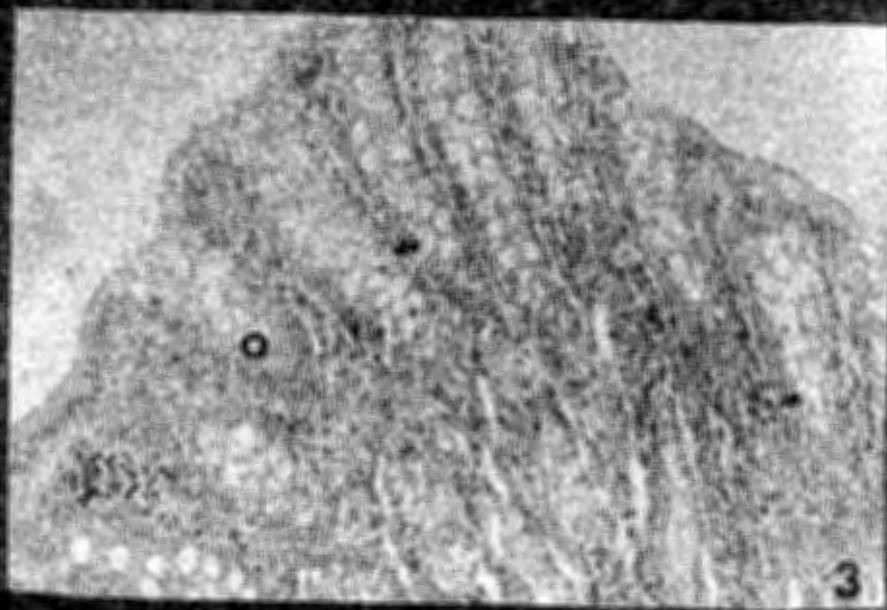
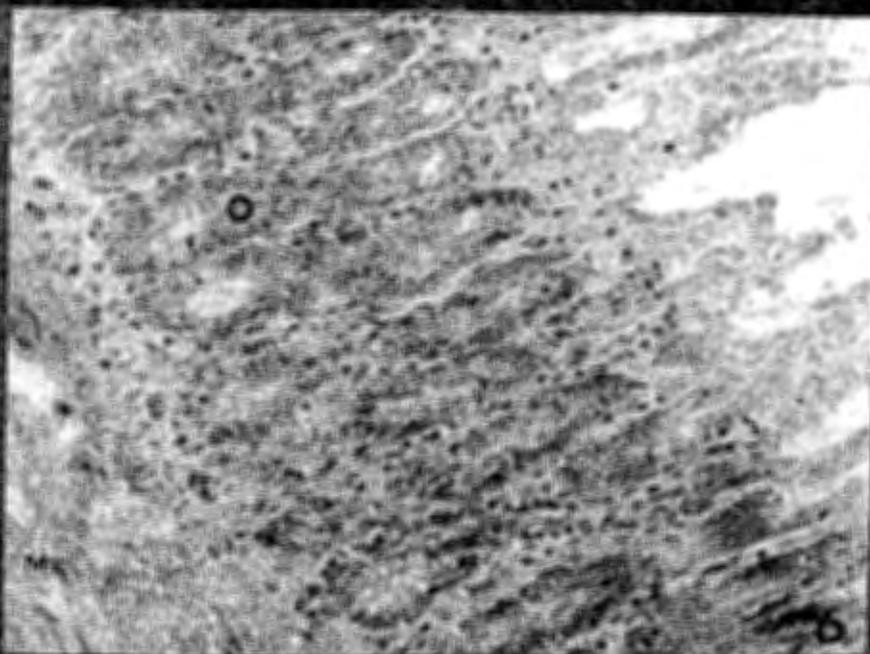
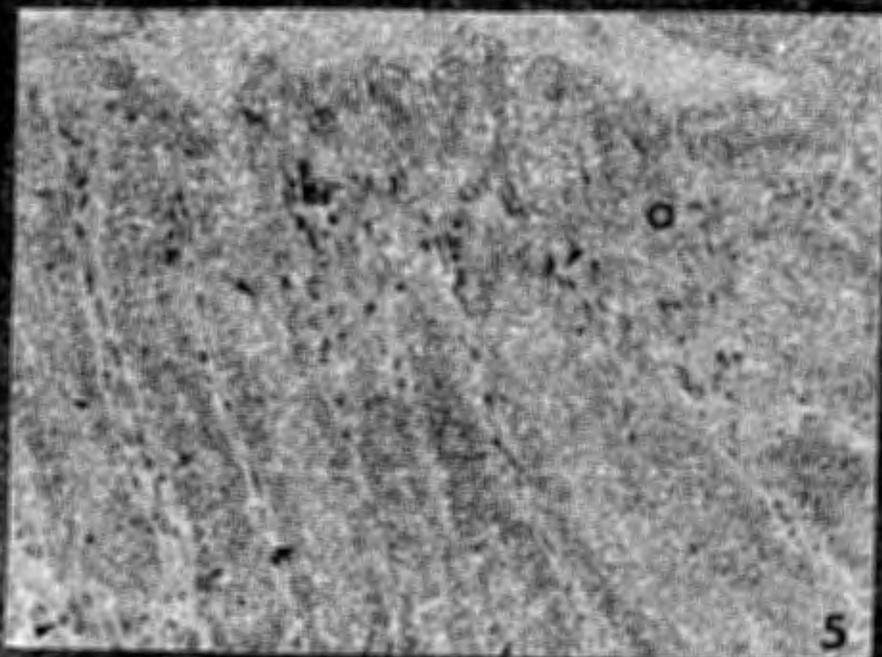


FIGURA # 5

Fotomicrografía de ciego de ratas alimentadas con fibra de maiz ácida en donde se aprecian numerosas criptas (▶) de variada forma con un gran número de células columnares (□) y células caliciformes en menor proporción (↔) además de figuras mitóticas (○) y células linfoides (▲). Hematoxilina-Eosina 348X.

FIGURA # 6

Corte longitudinal de ciego de ratas alimentadas con fibra de maiz alcalina donde se observa muscular (M), submucosa (sm) y mucosa con criptas de forma ovoide (⊕) en las que se observan núcleos pignóticos en la parte apical (→) y abundante descamación celular (★). Hematoxilina-Eosina 494X.



D I S C U S I O N

Para el presente trabajo se obtuvieron muestras de intestino de ratas alimentadas con dietas formuladas de acuerdo a los requerimientos para la especie y que reunian las condiciones necesarias para establecer los efectos de la fibra sobre la morfología del intestino grueso.

Con respecto a los ingredientes de la dieta estos fueron principalmente energéticos y proteicos por lo que se observó una ganancia de peso adecuado.

En nuestro estudio (con duración de 4 semanas) al analizar las dos fases experimentales se encontró una ganancia de peso con un rango de 63- 122 g donde la ganancia mínima se presentó en los grupos con la dieta comercial y basal (63 y 69 g respectivamente) mientras que el grupo con fibra de avena tuvo la ganancia de peso mas alta (122 g).

Esto en contraste con los resultados presentados por Young EA y col. quienes realizaron un estudio con dietas comerciales durante dos semanas en el que la dieta comercial Purina (Chow) presenta la mayor ganancia de peso (52 g) lo que nos da referencia que podría ser por la calidad de los ingredientes del alimento comercial en relación a nuestras dietas (63).

Un estudio realizado en ratas alimentadas por dos semanas con una dieta conteniendo 20% de salvado de trigo reporta una ganancia de peso de 95.5 g (20).

Gordon DT realizó otro estudio con diferentes niveles de inclusión de celulosa en la dieta (0, 5, 10 y 20%) y reporta una ganancia de peso de 62, 67, 65, y 58 g respectivamente después de un tiempo de administración de la dieta de 23 días (14).

Estos estudios difieren de los nuestros probablemente por el periodo de tiempo de administración de la dieta, por el tipo de fibra y/o nivel de inclusión en la dieta.

En cuanto al peso corporal los valores difirieron con un rango de 324-383 g estas variaciones en el peso corporal probablemente se deben a los tratamientos realizados a la fibra ya que se modifica su estructura y por lo tanto su disposición e interrelaciones con los elementos de la dieta en el intestino (18, 33,45).

Estudio Descriptivo

En el presente trabajo se encontró un aspecto histológico característico en colon en la mayoría de los grupos tanto control como experimentales excepto en los grupos con fibra de maíz extrusada, ácida/alcalina extrusada y ácida/alcalina que presentaron un gran número de linfocitos (infiltración linfocitaria) probablemente como respuesta a un estímulo químico por efecto de la dieta (3,6,16).

Estudios realizados en monos alimentados con dietas conteniendo 10% de celulosa o mucilago muestran a nivel de microscopia de luz una estructura intestinal normal de colon muy similar a la de humanos y ratas (37).

Otro estudio realizado en ratas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de celulosa en la dieta (0,5,10 y 20%) establece que la FD puede alterar la morfología intestinal de acuerdo a las diferentes secciones del intestino y estos cambios pueden ser transitorios debido a la posible adaptación a la dieta y su contenido en fibra dietaria (14).

En lo que a ciego se refiere se encontró un aspecto histológico normal en cuanto a espesor de capas mucosa, submucosa y muscular con criptas de variada forma y población celular con un número adecuado de células columnares, caliciformes y mitóticas.

Snipes realizó un estudio anatómico del ciego de rata y reporta una superficie morfológica homogénea en esta región donde las criptas son profundas, mucosa cubierta de epitelio, con abundantes células goblet (caliciformes) y acumulación de material linfático en submucosa (48).

Estudio Cuantitativo

La fibra dietaria se clasifica según sus propiedades fisicoquímicas en soluble (pectinas, gomas, mucilagos) e insoluble (hemicelulosa, celulosa, lignina); de tal manera que su efecto fisiológico en el organismo es diferente (49).

El consumo de fibra dietaria produce varios efectos fisiológicos y metabólicos en intestino grueso de varias especies animales entre los que destaca el metabolismo de lípidos y la fermentación (31,46).

Existen evidencias de la fermentación microbiana de la

FD llevada a cabo por microorganismos presentes en el intestino grueso de varias especies animales. Este proceso de singular importancia para los rumiantes también se presenta en los animales monogástricos entre ellos la rata (31).

En algunos estudios realizados en ratas se ha demostrado que la fibra es fermentada por acción de las bacterias presentes en ciego y colon y según la cantidad y tipo de fibra empleada llega a modificar la actividad enzimática (8, 26, 34, 35, 62).

Los productos terminales de la fermentación de la fibra son principalmente ácido acético, propiónico y butírico, estos pueden afectar directamente la función celular por moderar la inducción de enzimas ornitindescarboxilasa y timidinkinasa envueltas en los procesos proliferativos que pueden alterar la morfología del epitelio (8, 9, 26, 44).

Presumiblemente el butirato está considerado como un factor trófico en el crecimiento de la mucosa (26).

Existen ciertos estudios que indican que algunos tipos de fibra (pectina o goma) pueden unirse a ácidos biliares en el lumen intestinal disminuyendo su reabsorción y aumentando la excreción fecal o efecto mecánico (26, 45).

La fibra dietaria puede interferir con la solubilidad micelar de lípidos y disminuir la absorción de colesterol y lípidos de la dieta o posiblemente alterar la proporción y sitio de absorción (46).

En nuestro estudio debido a que los tratamientos

realizados a la fibra proporcionan un porcentaje elevado de fibra insoluble, se observó un efecto mínimo sobre la disminución de colesterol en suero (datos sin publicar).

Espesor de la capa mucosa

En nuestro estudio al cuantificar el espesor de la capa mucosa en colon en ambas fases se observó que no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los grupos control y experimentales.

Al comparar los diferentes grupos se notó que hay valores similares estadísticamente presentándose el mayor ($380.1 \mu\text{m}$) en el grupo alimentado con la fibra de maíz extrusada y el menor ($312.2 \mu\text{m}$) en el grupo con fibra de maíz ácida.

Esto nos permite inferir que la fibra extrusada fué la que mayor efecto tuvo al aumentar el espesor de la capa mucosa probablemente por las propiedades que le confieren el tratamiento físico y químico.

En otros estudios realizados sobre mucosa gástrica de ratas se establecen valores para una dieta libre de fibra de $626.2 \mu\text{m}$, 20% de salvado de avena $608 \mu\text{m}$, 10% de pectina $659.2 \mu\text{m}$ y 10% de goma $578 \mu\text{m}$; valores muy diferentes a nuestros resultados (27).

Esta diferencia podría atribuirse a la región estudiada ya que otros autores realizaron un estudio en ratas con diversas dietas conteniendo 4.5 o 9% de hemicelulosa, pectina y celulosa observando un aumento en el espesor de la mucosa a lo largo del intestino grueso y delgado de acuerdo

al tipo de fibra administrada (10).

Paulini y col. realizaron un estudio en monos (Cercopithecus aethiops ssp) por un espacio de tres años y presentan valores promedio de 370 y 240 μm en colon con dietas conteniendo celulosa y mucilago respectivamente (37).

El valor reportado para celulosa (370 μm) es semejante a los obtenidos en nuestros resultados no obstante son presentados en diferente especie. Este efecto probablemente se explica por la microflora presente en el tracto gastrointestinal de ratas, monos y humanos (2).

Por lo que a ciego se refiere en cuanto a espesor de la capa mucosa los resultados presentaron valores semejantes estadísticamente ($p > 0.05$) en un rango de 204.2 a 253 μm .

Al comparar el espesor de la mucosa en ambas regiones se observó que dicha capa fue mas delgada en ciego. Este rasgo fue apreciado desde el inicio de la deshidratación y al momento del corte ya que se presentó mas frágil el ciego. Espesor de la Capa Muscular.

Los resultados del presente trabajo demuestran en colon que en las dos fases experimentales se encuentran valores semejantes presentándose el mayor valor (224.8 μm) en el grupo alimentado con la dieta con fibra de maiz extrusada correspondiente a los grupos experimentales de la primera etapa lo que difiere con lo reportado por otros autores que señalan un valor de 393 μm en el control y hasta 511 μm en los experimentales. Esta diferencia de aproximadamente el 100% probablemente se deba al tipo de fibra utilizada

(fibra de trigo) y al tiempo de administración de la dieta (dos semanas) (20). El menor espesor de la capa muscular se presentó en la segunda fase experimental en el grupo alimentado con la dieta con fibra de maíz ácida (149.8 μm).

En un trabajo realizado en monos (Cercopithecus aethiops ssp. vervets) alimentados con un 10% de celulosa o mucilago como parte de la dieta presentan valores promedio de 279.5 y 237.8 μm respectivamente en el espesor muscular en colon (37) lo que demuestra que el efecto sobre el espesor de la capa muscular varía de acuerdo al tipo de fibra utilizada.

Probablemente la diferencia entre estos valores se debió al efecto de los tratamientos de la fibra sobre el metabolismo microbiano y hormonas tróficas (37).

Con respecto al espesor de la capa muscular en ciego no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) ya que los grupos señalan valores similares entre los controles y experimentales aunque es necesario hacer notar que el grupo con mayor espesor fue el alimentado con la dieta basal (149.8 μm) en tanto que el valor menor se dió en el alimentado con la dieta con fibra de avena (89.4 μm) ambos pertenecientes a los grupos control de la primera fase experimental.

Debido a que no se han realizado estudios sobre el efecto de la fibra (específicamente de maíz) sobre el espesor de la capa muscular en ciego de rata no hay datos comparativos para el presente parámetro.

Al comparar el espesor de esta capa en ciego y colon se observó que es mas alto en colon debido probablemente a las necesidades funcionales de esta región (4, 20, 25).

Número de criptas.

Al cuantificar el número de criptas se observó que en colon los grupos experimentales presentaron el valor mas alto (20.6), incluso el grupo control con fibra de avena presentó un valor cercano (18.08) por lo que se puede suponer que la fibra ejerce algun efecto sobre este parámetro.

Los resultados obtenidos en la segunda etapa en colon no muestran el mismo efecto probablemente por la interaccion de los ingredientes con la fibra, o por el tipo de fibra de maiz utilizado ya que los grupos que recibieron las dietas experimentales presentan de 19.63 a 22.35 criptas/ 250 μ m y en cambio el grupo con la dieta comercial solo tuvo 18.53 criptas/250 μ m.

En lo que a ciego se refiere, el valor mayor (18.33) fué dado en la dieta con fibra de maiz extrusada mientras que el valor menor (15.32) se presentó en el grupo con fibra de avena por lo que se observó que la fibra no tuvo el mismo efecto .

Profundidad de Criptas.

Las criptas son glándulas tubulares simples localizadas en la membrana mucosa de intestino grueso que contienen principalmente células cilíndricas de absorción y células caliciformes, cuya función es absorber el agua contenida

en los alimentos y secreción de sustancias mucosas para facilitar el desplazamiento de las heces (6,16).

De acuerdo a la literatura las criptas o glándulas de Lieberkhün en el intestino delgado humano tienen una profundidad de 300 μm mientras que en el intestino grueso la capa mucosa es mas espesa por lo que éstas se hacen mas profundas (sin embargo no se especifican dimensiones) (25).

En el presente trabajo, para colon solo se observó diferencia significativa en la primera fase experimental en la cual se dió un aumento del 38% en la profundidad de las criptas del grupo con fibra de maiz ácida/alcalina con respecto a los controles, esto pudiera indicar que la fibra de maiz tratada fisico-quimicamente posee algun efecto sobre el crecimiento de las criptas.

Está previamente demostrado el aumento en longitud o profundidad de las criptas en colon en ratas alimentadas conteniendo 20% de salvado de trigo (20), 4.5 o 9% de celulosa o pectina (10).

En nuestro estudio se observó que la inclusión de un 7% de fibra de maiz ácida/alcalina en la dieta reporta un crecimiento en la primera etapa experimental de un 38% en la profundidad de las criptas mientras que en la segunda fase experimental no hubo diferencia significativa dandose valores con un rango de 226 a 251 μm .

Jacobs y col. realizaron un estudio en ratas con un peso inicial de 90-110 g y reportan valores promedio de 241

y 257 μm en la longitud de las criptas en colon para una dieta libre de fibra y salvado de trigo respectivamente con una diferencia en la profundidad de las criptas de 9.9% (22).

Por lo que a ciego se refiere se observó una situación similar al colon solo que el grupo alimentado con la fibra de maiz ácida/alcalina extrusada fue el que mayor profundidad presentó (180.1 μm) en tanto que el grupo alimentado con la fibra extrusada tuvo valores semejantes a los controles.

Estas observaciones son importantes al considerar tambien la proliferación celular ya que es en las criptas donde se lleva a cabo la renovación de células epiteliales (6).

Población Celular

En nuestro estudio la mayor densidad poblacional encontrada fué de células caliciformes tanto en ciego como en colon de los diversos grupos. Estos hallazgos son similares a los reportados por otros autores que señalan que hay un mayor número de células caliciformes en intestino grueso (16,25).

Las células caliciformes presentes en las criptas del intestino grueso tienen la función de secretar una sustancia mucosa que cubre la superficie. Algunos autores señalan que en este tipo celular se lleva a cabo una síntesis de carbohidratos y proteínas en retículo endoplásmico rugoso y aparato de Golgi (6, 16).

En nuestro estudio en colon se encontraron valores con un rango de 21.54 a 32.27 células caliciformes/250 μm con diferencia significativa ($p < 0.01$) ya que el número más pequeño se dió en el grupo con la dieta basal en tanto que el mayor en el grupo con la dieta con fibra de maiz ácida/alcalina.

En colon en la segunda fase experimental no hubo diferencia significativa y se presentaron valores de 32.55 a 34.31 células/250 μm .

Por lo que a ciego se refiere se observa una situación semejante al colon ya que los valores con un rango de 23.44 a 33.23 células/250 μm tuvieron diferencia significativa en la primera etapa, sin embargo en la segunda etapa los valores son semejantes ($p > 0.05$).

Estas diferencias podrian deberse a factores tales como ingredientes de la dieta, tipo de fibra suministrada o liberación de hormonas tróficas por efecto de la fibra dietaria (37).

El epitelio intestinal está formado por una singular capa de células columnares (cilíndricas) que en intestino grueso absorben el agua del contenido alimenticio dándole la consistencia de heces (16,19).

La segunda estirpe en importancia numérica fué dada por las células columnares las cuales presentaron diferencia significativa ($p < 0.01$) en ciego y colon de ambas fases experimentales.

En colon se presentó un fenómeno semejante en las dos

etapas experimentales destacando que el menor número celular se dió en los grupos con la dieta basal y con fibra de avena (10.62 y 13.68 células/250 μm respectivamente) y en los grupos restantes valores semejantes con un rango de 14.32 a 15.48 células/250 μm ($p < 0.01$).

En lo que a ciego se refiere en la primera etapa experimental se pudo observar que los grupos con fibra presentan valores mas altos que los controles basal y basal+colesterol. En la segunda etapa se presentó una situación similar solo que el grupo con la dieta comercial presenta un valor semejante a los grupos con fibra.

En cuanto a este parámetro se pudo observar que la fibra posee algún efecto sobre la densidad poblacional de esta estirpe celular por algún mecanismo no establecido, esto concuerda con algunos estudios en los que se experimenta con factores externos (fármacos, hormonas, etc) y se han encontrado cambios en la población de células columnares y caliciformes (15).

Al comparar el número de células en mitosis en las dos regiones se encontró que el mayor número fué dado en el grupo control basal+colesterol en tanto que el menor se encontró en el experimental con la fibra de maíz ácida/alcalina. Tambien se pudo observar que el mayor número se encontró en ciego (3.38 células en mitosis/250 μm) mientras que en colon el mas alto fue de 2.82 células/250 μm .

Existen controversias en cuanto a este parámetro ya que

algunos autores señalan un aumento en la actividad mitótica con respecto a la presencia de fibra en la dieta (10,13,22) en tanto que otros trabajos indican que no hay modificación (37).

En base a nuestros resultados y de acuerdo con otros autores los posibles efectos de la fibra dependen de la cantidad, fuente de fibra y región intestinal sobre la que actúan ya que los procesos de renovación del epitelio pueden ser alterados por un número de influencias internas (hormonas) además del ambiente externo (temperatura, alimentación) (19).

Los resultados obtenidos en nuestro estudio son representativos de lo que sucede en la totalidad del intestino grueso ya que se eligieron completamente al azar las zonas de estudio y se analizaron a una $p < 0.05$.

Por otra parte, el intestino grueso de la rata resulta ser un modelo biológico adecuado ya que comparte características similares con otros animales monogástricos, por ejemplo: los coeficientes de digestibilidad con respecto a la fibra son similares en el hombre y en la rata (31).

Los resultados de este estudio se pueden utilizar como referencia cuando se realicen estudios similares en relación al consumo de otras fibras dietarias, factores alimenticios o fármacos.

Sin embargo se sugiere continuar con estudios estructurales del tracto digestivo con el objeto de apreciar los cambios en las diferentes capas histológicas

por efecto de la fibra de maiz, de otros tipos de fibras comunes en la dieta mexicana, diferente tiempo de suministro, etc.

CONCLUSIONES

1.- No se observaron efectos de la fibra de maiz con tratamientos fisico-quimicos sobre el espesor de mucosa y muscular.

2.- El número de criptas presentó una distribución irregular entre los grupos tanto controles como experimentales.

3.- La profundidad de las criptas en colon se observó mas alta en los grupos experimentales mientras que en ciego solo el tratamiento ácido/alcalino fue el que mayor efecto tuvo al aumentar la profundidad de las criptas.

4.- Los valores mas altos de actividad mitótica se presentaron en ciego independientemente de la dieta suministrada y la etapa experimental.

5.- No se observaron los mismos valores en los grupos control homólogos de ambas fases a pesar de que tenían las mismas condiciones experimentales debido probablemente a la respuesta individual de los organismos; sin embargo, se apreció un comportamiento semejante en relación a los grupos experimentales.

6.- La inclusión de colesterol en un porcentaje de 1% en la dieta afectó de manera significativa solo algunos parámetros (número de criptas, población celular de columnares y mitóticas).

7.- No se observaron cambios morfológicos por efecto de la dieta excepto en los grupos con fibra de maíz ácida/alcalina extrusada y extrusada que presentaron infiltración linfocitaria.

R E F E R E N C I A S

- 1.- Almy, T.P. 1981. Fiber and the gut. *The American Journal of Medicine*. 71:193-195.
- 2.- Balows, A., Hausler, J.W., Herrman, L.K., Isenberg, D.H., and Shadom, H.J.1991. *Manual of clinical microbiology*. Fifth Edition. Editorial American Society for Microbiology. Washington D. C. pp 5-7.
- 3.- Bloom, W. Fawcett, W.D. 1986. *Histology*. Ed.W.B. Saunder Company 11th. ed. Philadelphia, U.S.A. pp 660-678.
- 4.- Borysenko M., Borysenko, J., Beringer, T., Gustafson A.1979. *Functional Histology. A core text*. First Edition. Little Brown and Company pp 141-148.
- 5.- Clarke, H.E., Coates, M.E., Eva, J.K., Ford, D.J. Milnes, C.K., O'Donoghoe, P.N., Scott, P.P. and Ward, R.J. 1977. *Dietary standard for laboratory animals. Report of the Laboratory Animals Centre Advisor and Committee Laboratory Animals*. 11:1-28.
- 6.- Copenhaver, W. M.1981. *Tratado de Histología*. 17a. Edición. Editorial Interamericana pp 436-443.
- 7.- Cronquist, A. 1984. *Introducción a la Botánica*. Ed. CECSA. 7a. impresión, México, D.F. pp 38-40.
- 8.- Cummings, J.H. 1983. Fermentation in the human large intestine: Evidence and implications for health. *The Lancet*, 28:1206-1208.
- 9.- Demigné C. and Rémésy C.1985. Stimulation of absorption of volatile fatty acids and minerals in the cecum of rats adapted to a very high fiber diet. *Journal of Nutrition* 115:53-60.
- 10.- Dirks P. and Freeman J.H.1987. Effects of differing purified cellulose, pectin and hemicellulose fiber diets on mucosal morphology in the rat small and large intestine. *Clin. Invest. Med*. 10(1):32-38.
- 11.- Farris, E.J. and Griffith, J.Q. 1949. *The rat in the Laboratory Investigation*. Ed. Hafner Press New York U.S.A. pp 33.
- 12.- Garcia J.S. and Lee, K. 1985. Iron binding by fiber is influenced by competing minerals. *Journal of Food Sciences* 50:424-425, 428.
- 13.- Goodlad R.A., Ratcliff B., Fordham J.P. and Wright N.A.

1989. Does dietary fibre stimulate intestinal epithelial cell proliferation in germ free rats? *Gut* 30:820-825.

14.- Gordon D.T., Besch-Williford C., and Hellersieck R.M. 1983. The action of cellulose on the intestinal mucosa and absorption by the rat. *Journal of Nutrition* 113:2545-2556.

15.- Gottfried, S.; Vine, R.S., and Wan, Y.C. 1985. A quantitative morphological study of the effects of carbenoxolone sodium on duodenal goblet cells of rat. *Genetics and Pharmacology*. 16:297.

16.- Ham W.A. 1983. *Tratado de Histología*. 8a. Edición. Editorial Interamericana pp 746-775.

17.- Heller, S.N., Rivers, J.M. and Hackler, L.R. 1977. Dietary fiber: The effect of particle size and pH on its measurement. *Journal of Food Sciences* 42:436-439.

18.- Merkelman K.L., Rodhouse S.L., Veum T.L. and Ellersieck M.R. 1990. Effects of extrusion on the ileal and fecal digestibilities of lysine in yellow corn diets for young pigs. *Journal of Animal Science* 68: 2414-2424.

19.- Hooper C.E. 1956. Cell turnover in epithelial populations. *Journal of Histochem and Cytochem* 4:531-540.

20.- Jacobs L.R. and Schneeman B.O. 1981. Effects of dietary wheat bran on rat colonic structure and mucosal cell growth. *Journal of Nutrition* 111:798-803.

21.- Jacobs, L.R. 1983. Effects of dietary fiber on mucosal growth and cell proliferation in the small intestine of the rat: a comparison oat bran, pectin, and guar gum with total fiber deprivation. *American Journal of Clinical Nutrition*. 34:954-960.

22.- Jacobs L.R. and White A.F. 1983. Modulation of mucosal cell proliferation in the intestine of rats fed a wheat bran diet. *American Journal of Clinical Nutrition* 37: 945-953.

23.- Kelsay, J.L., Goering, H.F., Behall, K.M. and Prather, E.S. 1981. Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects. Fiber intakes, fecal excretion and apparent digestibilities. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 34:1849-1852.

24.- Kelsay, J.L. Update on fiber and mineral availability. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service Beltsville Human Nutrition Research Center Carbohydrate Nutrition Laboratory. pp 2-21.

25.- Lesson, C.R. y Lesson, T.S. 1977. *Histologia*. Ed Interamericana. 3a. ed. México, D.F. pp 339-344.

26.- Levrat M.A., Behr R.S., Rémésy C. and Demigné C. 1991. Effects of soybean fiber on cecal digestion in rats previously adapted to a fiber-free diet. *Journal of Nutrition* 121:672-678.

27.- Lupton J.R. and Jacobs L.R. 1987. Fiber supplementation results in expanded proliferative zones in rat gastric mucosa. *American Journal of Clinical Nutrition* 46:980-984.

28.- Manhire, A., Henry, C.L., Hartog, M. and Heaton, K.W. 1981. Unrefined carbohydrate and fibre in treatment of diabetes mellitus. *Journal of Human Nutrition*. 35:99-101.

29.- Marlett J.A., Slavin, J.L. and Brauer, P.M. 1981. Comparison of dye pellet gastrointestinal transit time during controlled diets differing in protein and fiber levels. *Digestive Diseases and Sciences*. 26:208-212.

30.- Marlett J.A. and Bokram, R.L. 1981. Relationship between calculated dietary and crude fiber intakes of 200 college students. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 34:335-342.

31.- Maynard A.L., Loosli, K.J., Hintz, F.H., Warner G.R. 1981. *Nutricion Animal*. 4a. Edición. Editorial Interamericana pp 22-48.

32.- National Academy of Science - National Research Council. *Nutrient Requirements of the Laboratory rat*. In: *Nutrient Requirements of Laboratory Animals* Washington, D.C.; NAC-NRC, 1972 p56-93.

33.- Ning L., Villota R. and Artz W.E. 1991. Modification of corn fiber through chemical treatments in combination with twin-screw extrusion. *Cereal Chemistry* 1991 68(6):632-636

34.- Nyman M. and Asp N.G. 1985. Dietary fibre fermentation in the rat intestinal tract: effect of adaption period, protein and fibre levels, and particle size. *British Journal of Nutrition* 54(3):635-643.

35.- Nyman M. and Asp N.G. 1986. Fermentation of dietary fibre in the intestinal tract: comparison between man and rat. *British Journal of Nutrition* 55:487-496.

36.- OrNSTEIN, M.H., Littlewood, E.R., Baird, J.Mc., Fowler, J. 1981. Are fibre supplements really necessary in diverticular disease of the colon? A controlled trial. *British Medical Journal*. 282:1353-1361.

- 37.- Paulini I., Mehta T., and Hargis A. 1987. Intestinal structural changes in African Green monkeys after long term psyllium or cellulose feeding. *Journal of Nutrition* 117:253-266.
- 38.- Park, Y.W., Mahoney, A.W. and Hendricks, D.G. 1983. Bioavailability of different sources of ferrous sulfate iron fed to anemic rats. *J. Nutr.* 113:2223-2228.
- 39.- Partida, D.Y. 1980. La fibra en la dieta como nutriente de los animales y el hombre. *Ciencias Agropecuarias* 2:22-31.
- 40.- Reinhold, J.G., Garcia L.J.S. 1979. Fiber of the maize tortilla. *The American Journal of Clinical Nutrition* 32:1326-1329.
- 41.- Reinhold, J.G., Garcia, J.L.S. and Garzón, P. 1981. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 34:1383-1391.
- 42.- Reinhold J.G., Garcia, P.M., Arias-Amado, L., and Garzón P. 1982. Dietary fiber-iron interactions fiber modified uptakes of iron by segments of rat intestine. *Dietary Fiber in Health and Diseases*. Edited by George V. Vahouny and David Kritchevsky (Plenum Publishing Corporation) pp 67-74.
- 43.- Reinhold J.G., Garcia P.M., and Garzón, P. 1984. Solubility of ferrous and ferric iron as affected by constituents of the maize tortilla. *Nutrition Reports International* 30:603-615.
- 44.- Ryan P.G., Dudrick J.S., Copeland M.E. and Johnson R.L. 1979. Effects of various diets on colonic growth in rats. *Gastroenterology* 77:658-663.
- 45.- Sandberg A.S., Andersson H., Kivisto B., and Sandstrom B. 1986. Extrusion cooking of a high-fibre cereal product. 1. Effects on digestibility and absorption of protein, fat, starch, dietary fibre and phytate in the small intestine. *British Journal of Nutrition* 55(2):245-54.
- 46.- Schweizer T.F. and Wursch P. 1991. The physiological and nutritional importance of dietary fibre. *Experientia* 47:181-186.
- 47.- Slavin, J.L. 1987. Dietary fiber: Classification, chemical analyses, and food sources. *Journal of American Dietetic Association* 87(9):1164-1171.
- 48.- Snipes, L.R. 1981. Anatomy of the cecum of the laboratory mouse and rat. *Anatomy and Embryology*. Vol. 162(4):465-474.

- 49.- Soest Van. 1982. Concepts of Dietary Fiber. Nutritional Ecology Ruminant. Edited by Durham and Downey Inc. pp 32-38.
- 50.- Southgate, D.A.T. 1981. What is dietary fibre? Food Technology in Australia 33:24-25.
- 51.- Southgate, D.A.T. 1981. Characteristics of dietary fibre. Head, Division of Nutrition and Food Quality Research Institute Agricultural Research Council Norwich/uk pp 1-3.
- 52.- Southgate, D.A.T. and Kritchevsky, D, 1981. Terminology of dietary fiber. Nutrition in Health and Disease and International Development: Symposia from the XII International Congress of Nutrition pp 219-222.
- 53.- Southgate, D.A.T., 1981. Role of carbohydrates in the diet of industrialised countries. Bibliotheca Nutrition Dieta, No. 30, pp 124-130.
- 54.- Southgate D.A.T., and White, M.A. 1981. Special Report No. 3 . Definition and Analysis of dietary fiber. ARC Food Research Institute, Norwich, Biennial Report pp 14-17.
- 55.- Southgate D.A.T. 1984a. What is dietary fibre? The evolution of a concept. 1. Fibre Forum. Keeping the Medical Profession a Breast of Developments in Dietary Fibre. Head, Nutrition and Food Quality Division, Arch Food Research Institute, Colney Lane Norwich. pp 1-4.
- 56.- Southgate, D.A.T. 1984b. What is dietary fibre? 2. Sources and Properties. Fibre Forum. Head Nutrition and Food Quality Division, ARC Food Research Institute, Colney Lane, Norwich, pp 1-4.
- 57.- Spiller, G.A. and Freeman, H.J. 1981. Recent advances in dietary fiber and colorectal diseases. The American Journal of Clinical Nutrition. 34:1145-1152.
- 58.- Staub, H.W., Mardones, B. and Shah, N. 1983. Modern dietary fibre product development and nutrient bioavailability. Dietary Fibre. Edited by G.G. Birch., Parker, K.J. Applied Science Publishers, pp 37-60.
- 59.- Tasman C.J. 1980. Effects of dietary fiber on the structure and function of the small intestine. Medical Aspects of Dietary Fiber. pp 67-74.
- 60.- Vahouny, G.V. 1982. Dietary fibers and intestinal absorption of lipids. Dietary Fiber in Health and Disease. pp 203-227.
- 61.- Walker, A.R.P. and Burkitt, D.P. 1982. Plant fiber intake in the pediatric diet. Pediatrics 69:130-131.

62.- Wise, A., Mallet, A.K., and Rowland, I.R. 1986. Effect of mixture of dietary fibres on the enzyme activity of the rat caecal microflora. *Toxicology* 38(2):241-248.

63.- Young, A.E., Cioletti, A.L., Winborn, W.B., Traylor, B.J., Weser E. 1980. Comparative study of nutritional adaptation to defined formula diets in rats. *American Journal of Clinical Nutrition* 33:2106-2118.