

1987-A

Cod.083247584

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



Efectos de la Fibra Dietaria en la Función y  
Morfología del Intestino Delgado de Rata

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Licenciado en Biología

PRESENTA:

Mario García Ramírez

Guadalajara, Jalisco, Junio de 1993



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Sección .....  
 Expediente .....  
 Número .....

*(Handwritten signature)*  
 C. MARIO GARCIA RAMIREZ  
 P R E S E N T E . . -

Manifestamos a usted, que con esta fecha ha sido aprobado el tema de Tesis "EFECTOS DE LA FIBRA DIETARIA EN LA FUNCION Y MORFOLOGIA -- DEL INTESTINO DELGADO DE RATA" para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos a usted, que ha sido aceptada como Directora de dicha Tesis la M. en C. Esther Albarran Rodríguez.

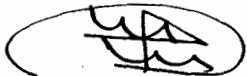
A T E N T A M E N T E  
 " PIENSA Y TRABAJA "  
 AÑO "LIC. JOSE GUADALUPE ZUNO HERNANDEZ"  
 Guadalajara, Jal. , 1º de Octubre de 1991.

EL DIRECTOR



*(Handwritten signature)*  
 M. EN C. CARLOS BEAS ZARATE

EL SECRETARIO



M. EN C. MARTIN PEDRO TENA MEZA

- ✓ c.c.p.- La Director de Tesis; M. en C. Esther Albarran Rodríguez.Pte.
- c.c.p.- El expediente del alumno.

CBZ/MPTM/cg1r.

C. M. EN C. JOSE LUIS CIFUENTES LEMUS  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
BIOLOGICAS DE LA UNIVERSIDAD DE  
GUADALAJARA  
P R E S E N T E . -

Apreciable Maestro Cifuentes:

Por este conducto me permito informarle que el Pasante de Licenciatura en Biología MARIO GARCIA RAMIREZ, ha concluido satisfactoriamente el trabajo de investigación: "EFECTOS DE LA FIBRA DIETARIA EN LA FUNCION Y MORFOLOGIA DEL INTESTINO DELGADO DE RATA" bajo mi dirección.

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

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

A T E N T A M E N T E  
Guadalajara, Jal., Febrero 9 de 1993



M. EN C. ESTHER ALBARRAN RODRIGUEZ  
PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FAC.  
DE MED. VET. Y ZOOT.

**DEDICATORIA**

**A MIS PADRES:**

**DOLORES RAMIREZ Y MARIO GARCIA**  
Por forjar mi futuro con apoyo,  
comprension y cariño.

**A MI ESPOSA:**

**TERESA Y A MI**  
**HIJA SAIRA MAYTE.**

**A MIS HERMANOS:**

**CAROL, CESAR, A. ANGELICA,**  
**MIGUEL A., RODOLFO, O. MARTIN**  
**Y DAVID S, Por escucharme**  
**y apoyarme siempre.**

**A MIS AMIGOS:**

**GLORIA Y AGUSTIN,**  
Por su amistad.

## AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Esther Albarran Rodríguez. Director de tesis, por las sugerencias y acertada asesoría brindada.

A la Dra. Mercedes González Hita. Asesor de tesis por su apoyo y facilidad brindada.

Al M. en C. Gerardo S. Estrada Michel por las sugerencias y acertadas observaciones.

Al M. en C. Adolfo de los Monteros Cardenas por motivarme a hacer tesis.

A la M. en C. Maricela Mendoza Meneses por brindarme su ayuda para seguir adelante.

Y especialmente agradezco a todas aquellas personas que de alguna manera me brindaron su ayuda, dedicación y comprensión.  
GRACIAS.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

"EFECTO DE LA FIBRA DIETARIA EN LA FUNCIÓN Y  
MORFOLOGÍA DEL INTESTINO DELGADO DE RATA"

TESIS PROFESIONAL.  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA  
P R E S E N T A :  
MARIO GARCIA RAMIREZ

Febrero 1993.

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

## I N D I C E

CONTENIDO -----	PAGINA
Resumen -----	1
Introducción -----	2-7
Justificación -----	8
Hipótesis -----	9
Objetivos -----	10
Materiales y Métodos -----	11-14
Resultados -----	15-39
Discusión -----	40-47
Conclusiones -----	48
Bibliografía -----	49-54



## RESUMEN

Con la finalidad de analizar el efecto de diferentes fibras de maiz sobre la morfología y parámetros cuantitativos del intestino delgado se utilizaron 89 ratas Swiss Wistar que se dividieron en dos fases experimentales: la primera fase con 39 ratas y la segunda con 50 ratas, se utilizaron como dietas control: basal, basal más colesterol, fibra de avena y la adición de un grupo de alimento comercial y como experimentales; fibra de maiz (7% de inclusión) sometidas a diversos tratamientos fisico-químicos. Se alimentaron durante 28 días, se registro el consumo de alimento y ganancia de peso periodicamente. Después del sacrificio se practicó una laparotomía media abdominal para extraer el tracto gastrointestinal y posteriormente separar duodeno, yeyuno e íleon. Se procesaron histológicamente muestras representativas de estos segmentos y se tiñeron con Hematoxilina-Eosina y P.A.S. Se realizó un estudio descriptivo y semicuantitativo en un microscopio Zeiss y con la ayuda de un micrómetro lineal. Al analizar el espesor de mucosa solo se encontró diferencia significativa en duodeno por efecto de las dietas suministradas. En cambio en el espesor de la muscular la región intestinal que presentó diferencias por efecto de la dieta fue íleon. El número de vellosidades fue mayor en los grupos fibra de maiz ácida alcalina, ácida alcalina extrusada y basal más colesterol para duodeno en la primer fase experimental, y en la fase dos íleon presentó valores más altos en los grupos basal más colesterol, fibra de maiz normal y alcalina ( $p < 0.05$ ). La longitud de las vellosidades también presentó cambios por efecto de la dieta, tanto en duodeno como yeyuno. El número y profundidad de criptas presentó variaciones en cuanto a región y dietas suministradas solo en duodeno en la segunda fase experimental. En el estudio descriptivo solo se observó una ligera infiltración de tipo zonal en algunos tejidos de los grupos experimentales.

Se puede concluir que solo algunas dietas experimentales causaron modificaciones en los parámetros analizados siendo más susceptibles las regiones anterior y distal del intestino delgado.

## INTRODUCCION

La fibra dietaria (FD) está constituida por paredes celulares de plantas; sus principales componentes son : celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas, gomas, ceras y minerales indigestibles (35,36,38,39).

La ración en la dieta humana y/o animal contiene una gran variedad de plantas alimenticias, incluyendo todos los elementos vegetales : tallos, raíces, flores, frutos y semillas (38).

Los cereales como el maíz, trigo, frijol, sorgo y avena, contienen grandes cantidades de fibra dietaria, y la cantidad de ésta, en un determinado tipo de cereal, depende considerablemente del grado de extracción es decir la proporción de la totalidad del grano presente en el alimento (38).

La cantidad de proteína en la avena es más alta que en el trigo, fundamentalmente porque contiene grandes cantidades de lisina. La grasa contiene una alta proporción de ácido oleico y linoleico y el contenido de los elementos minerales son más altos que en otros tipos de cereales. La composición de las fibras en las avenas es diferente de los otros cereales, ya que contiene una alta proporción de  $\beta$ -glucanos solubles (23). Esta fibra se ha demostrado que tiene efectos hipocolesterolémicos (16).

El colesterol se sintetiza en todos los tejidos animales. El anillo esteroide se sintetiza rápidamente en las plantas y en los animales. En los vertebrados, funciona

como el sustrato para las modificaciones complejas de las cadenas laterales y del sistema ciclico, para dar lugar a las hormonas: progesterona, andrógenos, estrógenos y corticoides (5).

El colesterol es fácilmente absorbido en el intestino y en la bilis, la absorción del colesterol es limitada en la porción distal del intestino delgado (6).

La FD no puede digerirse en los animales monogástricos por las secreciones endógenas del tracto digestivo. En los mamíferos las secreciones digestivas hidrolizan solamente los enlaces ( $\alpha$ -1,4 glucosidos) de los polisacáridos. Los polisacáridos estructurales presentes en la FD, por su parte contienen enlaces de tipo  $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4) (35, 38).

La FD apareció en las décadas pasadas como un factor nutritivo y en la medicina se le atribuyen diversos efectos de la fisiología y salud del hombre y animales (40).

Existen estudios que indican que en los países desarrollados un consumo alto de fibra dietaria provocó una disminución de hemorroides, hernia inguinal, hernia hiatal y venas varicosas (1).

Se ha reportado que la FD puede ser un factor de protección contra algunos tipos de enfermedades, por ejemplo: diverticulosis, cálculos biliares, diabetes y aterosclerosis (1).

En los países del occidente diversos autores han encontrado que una dieta pobre en fibra puede ocasionar

diverticulosis en el colon, y que altas cantidades de fibra alivian los síntomas de enfermedades diverticulares (1,24), además diversos datos epidemiológicos sugieren que la FD es un factor protector contra las enfermedades isquémicas del corazón (30), la FD puede influir en uno o más factores etiológicos de las enfermedades coronarias incluyendo plasma, lípidos y lipoproteínas, diabetes y obesidad (17, 34, 44).

Sin embargo, también existen estudios que indican efectos no deseables:

En Eire país del Africa, durante la segunda guerra mundial, el pan entero de grano fue considerado la causa de un incremento en la presencia de raquitismo (45).

Un buen número de cereales con niveles altos de fibra y ácido fítico pueden alterar el metabolismo del calcio, hierro y zinc (45).

El consumo excesivo de fibra se asocia, entre otros factores, con modificaciones de la mucosa gástrica y puede predisponer el cancer gástrico (1).

El maiz es el grano que más se cultiva en el mundo, en México ocupa el primer lugar en cultivo y en la alimentación del hombre y ocasionalmente se utiliza como alimento para animales (7).

El alimento base en la dieta de los mexicanos es la tortilla de maiz. Esta proporciona el 30 a 40 % de la energía de la dieta de la clase media en México (30).

La tortilla es una importante fuente de fibra dietaria,

y el grupo de sustancias que componen la fibra de maíz se deriva principalmente de las paredes celulares de las semillas (30). Se ha estimado que el consumo de FD en la población media y rural es de 25 a 32 g diarios (29).

La degradación de los productos alimenticios se lleva a cabo en el tracto gastrointestinal, en donde se presentan funciones tanto digestivas como absorptivas (11, 41).

Es en el tubo digestivo donde los diversos alimentos entran en contacto con la mucosa, y por lo tanto es la región más susceptibles a posibles cambios morfológicos y fisiológicos. Por lo que resulta interesante analizar la estructura normal del tracto gastrointestinal y ampliar los conocimientos de la respuesta del intestino a diversos estímulos alimenticios.

El aparato digestivo de los mamíferos es un tubo largo que se extiende de la boca al ano, y básicamente cada parte del tubo tiene estructuras semejantes. Existen cuatro capas en el tubo digestivo: mucosa (muscularis mucosae), submucosa (túnica submucosa), muscularis externa (túnica muscular), serosa o adventicia (túnica serosa o adventicia) (2, 14).

El intestino delgado de la rata, como en los demás mamíferos en general se extiende desde el orificio pilórico, en donde se une al estómago, hasta la unión ileocecal (14).

El intestino delgado está dividido en tres segmentos: duodeno, yeyuno e íleon (2).

El duodeno mide aproximadamente 25 cm de largo y es en gran parte retroperitoneal, está firmemente unido a la pared

del cuerpo dorsal.

La parte proximal de la porción libre del intestino es el yeyuno, que normalmente ocupa la porción superior izquierda de la cavidad abdominal. La porción distal, el ileon, está situada en el abdomen inferior (2).

La mucosa presenta pliegues y vellosidades que aumenta el área superficial de la absorción epitelial. El epitelio se invagina para formar criptas tubulares ó glándulas cuyas células producen moco, enzimas digestivas, y hormonas (2,14).

Las vellosidades intestinales son proyecciones en forma de dedos de la mucosa, tienen un diámetro de 0.5 a 1.5 mm, dependiendo de el grado de distención de la pared intestinal y el estado de contracción de el musculo liso (2,12,14). El número de vellosidades varia de 10 a 40 por milimetro cuadrado, éstas son más numerosos en el duodeno y en el yeyuno proximal (2).

Las criptas ó glándulas de Lieberkühn son estructuras tubulares que desembocan en la base de las vellosidades, su profundidad es de sólo 0.3 a 0.5 mm, y se extiende en sentido profundo por el espesor de la membrana mucosa, hasta alcanzar un punto cerca de la muscular mucosa (2,14,43).

En las ratas en desarrollo y adultas, normalmente las vellosidades presentes en el intestino delgado forman una capa amplia, por su parte las vellosidades en ratas adultas presentan una serie de crestas paralelas, estos cambios son bien marcados en yeyuno, pero están presentes también en

íleon. Se ha establecido que existen varios factores que afectan esta morfología, entre las más importantes están: factores de vellosidades, factores de secreción pancreática, población microbiológica del intestino delgado y la dieta (12). A pesar de que no se conoce el nivel óptimo de fibra dietaria para roedores se acepta como máximo un 5% para ratas y ratones de diversas cepas: 41B, 86, PRM, CDDM, CDDR, Heygates y MRC2 (3).

Los efectos fisiológicos de la FD en el tracto gastrointestinal se deben a múltiples interacciones de ésta con el contenido intestinal, cambios en la masa intestinal, velocidades de transporte y absorción de los nutrientes (11).

Al realizar una comparación de la mucosa de yeyuno e íleon en ratas a las que se les suministraron diferentes dietas: sin fibra, con celulosa y con pectina. Se encontró que las ratas que consumieron la dieta sin fibra y con celulosa, mantuvieron un modelo de vellosidades semejantes al de ratas inmaduras. Las ratas con una dieta con pectina, desarrollaron distintas crestas y cambios en la apariencia de la mucosa (42).

Por lo anteriormente señalado se hace necesario abordar los posibles efectos de diversas fibras de maíz, sometidas a tratamientos experimentales sobre el intestino delgado utilizando como modelo biológico la rata.

## JUSTIFICACION

La fibra de la dieta consiste principalmente de paredes celulares de vegetales. La cantidad y proporción de cada uno de sus componentes depende del origen de la fibra.

En México la mayor proporción de fibra que consume la población de clase media urbana y rural, se ha estimado en 25 a 32 g diarios (29), ésta proviene del frijol y maíz, sin embargo no existen estudios suficientes a nivel nacional o internacional que establezcan los efectos de la fibra de maíz sometida a diversos tratamientos fisico-químicos sobre la fisiología y morfología del tracto gastrointestinal. En el presente estudio se pretende establecer parámetros morfológicos cuantitativos del intestino delgado de ratas y sus posibles variaciones al someterlo a dietas con diferentes tipos de fibra de maíz.



## HIPOTESIS

La fibra de maiz sometida a diferentes tratamientos fisico-quimicos causa cambios en la estructura del tubo digestivo, que pueden ser fácilmente detectables a nivel de microscopio óptico.

## OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto de la fibra de maiz, sometida experimentalmente a diferentes tratamientos fisico-químicos, sobre la morfología del intestino delgado de monogástricos, utilizando la rata como modelo biológico.

## OBJETIVOS PARTICULARES

Establecer los parámetros cuantitativos de normalidad intestinal: número y longitud de vellosidades y número y profundidad de criptas, así como el espesor de capas intestinales.

Establecer las modificaciones que se presentan al agregar a la dieta fibra de maiz que ha sido sometida a diversos tratamientos fisico-químicos.

Comparar la respuesta en duodeno, yeyuno e íleon de ratas.

## MATERIAL Y METODO

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

Se utilizaron ochenta y nueve ratas Swiss Wistar machos de diez semanas de edad las cuales se separaron en dos fases experimentales.

La primera fase se llevó a cabo empleando treinta y nueve ratas las cuales se dividieron en seis grupos de la siguiente forma: tres grupos control de cinco ratas cada uno y tres grupos experimentales de ocho ratas, a las cuales se les suministraron los siguientes tipos de dietas; dieta basal, dieta basal más colesterol, dieta basal más colesterol más fibra de avena, dieta basal más colesterol más fibra de maiz extrusada, dieta basal más colesterol más fibra de maiz ácida alcalina extrusada y dieta basal más colesterol más fibra de maiz ácida alcalina.

En la segunda fase se utilizaron cincuenta ratas las cuales se dividieron en siete grupos, los tres primeros fueron similares a la fase anterior sólo se diferenció en las dietas de los grupos experimentales como sigue: dieta basal más colesterol más fibra de maiz normal, dieta basal más colesterol más fibra de maiz ácida, dieta basal más colesterol más fibra de maiz alcalina y un grupo control con alimento comercial (purina).

La fibra de maiz fué donada por el Department of

Science Food, University Illinois, Urbana Illinois que realiza diversos tratamientos fisico-químicos en la fibra de maiz. El resto de ingredientes para las dietas se obtuvieron del catálogo ICN.

Las dietas tuvieron una composición semejante en las cuales se sustituyó el contenido de fibra 7% (Cuadro No.1).

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

Para el estudio estructural se separaron las diferentes regiones del intestino delgado: duodeno, yeyuno e íleon, 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 h con agua corriente, enseguida se seccionaron las muestras de 1 cm cúbico, posteriormente se deshidrataron los fragmentos de tejido en serie creciente de etanol y se aclararon en xilol antes de incluir en parafina. Las muestras se orientaron en sentido longitudinal, para observar el arreglo del tubo intestinal en su mayor

extensión . De todos los bloques se obtuvieron cortes de 5 micras de espesor en un micrótopo American Optical.

Se utilizaron las técnicas de tinción Hematoxilina-Eosina y P.A.S.

Las muestras se observaron al microscopio (Zeiss) y se seleccionó el material para el estudio descriptivo de las tres regiones del intestino delgado.

El estudio cuantitativo se hizo utilizando el micrómetro lineal (Zeiss CPL w10X/18) y con ayuda del objetivo 10X y 40X, se cuantificó: espesor de capa mucosa y muscular, longitud de vellosidades, profundidad de criptas, y número de vellosidades y criptas.

Se realizó un estudio estadístico con un análisis de varianza para un diseño experimental factorial A X B (A=tratamientos o dietas y B=región intestinal). Las diferencias estadísticas se analizarón con prueba múltiple de DUNCAN.

CUADRO No.1

## INGREDIENTES DE LA DIETA

(%)

	INGREDIENTES *	BASAL	BASAL + COLESTEROL	BASAL + COLESTEROL + FIBRA
F	CASEINA	20.00	20.00	20.00
I	ACEITE	6.00	6.00	6.00
J	VITAMINAS	1.00	1.00	1.00
O	MINERALES	3.50	3.50	3.50
S	CLORURO COLINA	0.20	0.20	0.20
	DI METIONINA	0.30	0.30	0.30
	ALMIDON	41.30	40.50	40.50
	AZUCAR	20.70	20.30	20.30
	ALFACEL	7.00	7.00	0.00
	FIBRA	0.00	0.00	7.00
	COLESTEROL	0.00	1.00	1.00
	ACIDO COLICO	0.00	0.20	0.20

\* Se obtendrán de la empresa ICN.

**RESULTADOS:****PARAMETROS MORFOMETRICOS****PESO CORPORAL.**

Para la realización del presente trabajo se utilizaron ratas de la misma edad (diez semanas) y con un peso inicial similar,  $261 \pm 2$  g (Cuadro No.2).

Las fibras o dietas se probaron en dos fases con la finalidad de disminuir el posible error experimental por el manejo de un número elevado de ratas, en una sola fase.

Al finalizar el estudio se encontró para la primera fase experimental en el peso final, diferencias estadísticas importantes: los grupos alimentados con fibra de maíz ácida alcalina, fibra de maíz ácida alcalina extrusada y basal más colesterol presentaron el menor peso corporal, el grupo basal difiere con un valor de 343.80 g, los grupos restantes presentaron valores semejantes entre si, pero diferentes del resto con un rango de 354.00 a 358.81 g. (Cuadro No.2).

Al analizar el peso corporal final en la fase dos se encontró que estadísticamente los grupos alimentados con una dieta comercial y basal presentaron el menor peso corporal 324.00 y 330.56 g, respectivamente, el grupo basal más colesterol difiere del resto de grupos (343.40 g), los grupos con fibra de maíz ácida, fibra de maíz normal y fibra de maíz alcalina presentaron valores semejantes con un rango de 349.38 a 355.75 g, el grupo de fibra de avena presentó

el mayor valor 383 g con diferencias significativa (Cuadro No.2).

Al comparar los resultados de ambas fases se encontró que: El grupo de ratas alimentadas con la dieta comercial presentó el menor valor (324 g) diferente estadísticamente del resto de los grupos. Los grupos basal, basal más colesterol y las fibras experimentales presentaron valores medios en un rango de 330-358 g.

Por último, el grupo que recibió la fibra de avena en la dieta presentó en promedio (de ambas fases experimentales) el valor más alto 369 g, diferente estadísticamente del resto de los grupos (Cuadro No.2).

#### PESO DEL TRACTO GASTROINTESTINAL (TGI)

En la fase experimental uno, estadísticamente el grupo basal más colesterol presentó el menor peso del TGI (14.70 g), los grupos basal y fibra de maiz ácida alcalina extrusada presentaron valores semejantes con un rango de 16.20 a 16.21, los grupos restantes presentaron valores semejantes con un rango de 16.81 a 17.56 y sin diferencia significativa entre ellos (Cuadro No.2).

El peso del TGI en la fase dos es estadísticamente significativa en el grupo de fibra de maiz normal que presentó el valor más bajo (15.81 g), los grupos basal y fibra de maiz alcalina presentaron valores semejantes de 16.69 y 16.73 g, el grupo basal más colesterol tuvo un peso en el TGI de 16.90 g diferenciando de los demás, los grupos de fibra de maiz ácida y fibra de avena presentaron valores



semejantes con un rango de 17.63 a 18.30 g, el grupo que recibió alimento comercial presentó el valor más alto (20.19 g) sin diferencia significativa entre ellos (Cuadro No.2).

Al analizar el peso del TGI en ambas fases se encontró que el grupo del alimento comercial presentó estadísticamente el valor más alto 20.19 g, los grupos con fibra de avena, fibra de maíz ácida y fibra de maíz extrusada presentaron valores semejantes de 17.56 a 17.75 g, por otra parte los grupos de fibra de maíz ácida alcalina, fibra de maíz alcalina y basal presentaron valores estadísticamente similares entre ellos con un rango de 16.81 a 16.5 g difiriendo de los otros grupos; por último los grupos de fibra de maíz normal y basal más colesterol presentaron los valores más bajos de 15.81 y 15.8 g difiriendo estadísticamente del resto de grupos.

## ESTUDIO SEMICUANTITATIVO DEL INTESTINO DELGADO

### ESPESOR DE MUCOSA

En la primera fase experimental el espesor de mucosa solo fue significativa en el primer segmento intestinal, en donde, estadísticamente el grupo basal más colesterol y el grupo de fibra de maíz ácida alcalina extrusada presentaron valores más bajos, los grupos basal y fibra de maíz ácida alcalina presentaron valores semejantes con un rango de 601 a 612  $\mu\text{m}$  y los grupos con fibra de maíz extrusada y fibra de avena presentaron valores más altos con un rango de 671 a

686  $\mu\text{m}$  sin presentar diferencia significativa entre ellos.

En yeyuno y en íleon no se encontraron diferencias estadísticas y los rangos en el espesor de mucosa fueron de 589 a 669  $\mu\text{m}$  para yeyuno y de 508 a 583  $\mu\text{m}$  para íleon lo que muestra que este parámetro disminuyó en sentido proximo distal de duodeno a íleon (Gráfica No.1).

Al analizar el espesor de mucosa en la primera fase experimental en las tres regiones del intestino delgado, se observó que independientemente de la dieta suministrada duodeno y yeyuno presentaron valores semejantes entre si y mayores al de íleon con diferencias estadísticas.

En la segunda fase experimental el espesor de mucosa solo fue significativa en el primer segmento intestinal, en donde, estadísticamente el grupo basal y el basal más colesterol presentaron los valores más bajos, los grupos de fibra de avena, maíz alcalina, maíz ácida y de maíz normal presentaron valores semejantes con un rango de 553 a 626  $\mu\text{m}$  y el grupo de la dieta comercial presentó el valor más alto (746  $\mu\text{m}$ ) (Gráfica No.2).

En esta segunda fase se repite el fenómeno de disminución en el espesor de mucosa de la región proximal hacia la región distal, en yeyuno se presentaron valores con un rango de 553 a 633  $\mu\text{m}$  y para íleon el rango fue de 531 a 593  $\mu\text{m}$  sin diferencia significativa entre estos valores (Gráfica No.2).

## ESPESOR DE MUSCULAR

En la primera y segunda fase experimental el espesor de muscular solo fue significativa en el tercer segmento intestinal (íleon).

En la primera fase; el grupo basal y el grupo con fibra de maiz ácida alcalina presentaron el espesor menor de muscular, el grupo de fibra de avena tuvo el valor de 167  $\mu\text{m}$ , los grupos restantes tuvieron valores semejantes con un rango de 175 a 181  $\mu\text{m}$  y sin diferencia significativa entre ellos (Gráfica No.3).

Tanto en duodeno como en yeyuno no presentaron diferencias significativas y los rangos en el espesor de muscular fueron de 163 a 180  $\mu\text{m}$  para duodeno y de 128 a 164  $\mu\text{m}$  para yeyuno, lo que muestra que este parámetro disminuye de duodeno a yeyuno.

En la fase dos; los grupos de fibra de avena y basal presentaron estadísticamente el menor espesor de muscular (129  $\mu\text{m}$ ), los grupos fibra de maiz normal, fibra de maiz ácida, fibra de maiz alcalina y basal más colesterol presentaron valores semejantes entre si con un rango de 141 a 150  $\mu\text{m}$ , el grupo que recibió el alimento comercial presentó el valor más alto (185  $\mu\text{m}$ ) con diferencia significativa (Gráfica No.4).

En esta segunda fase se repite el fenómeno de disminución en el espesor de muscular de duodeno a yeyuno, en donde presentaron valores con un rango de 138 a 188  $\mu\text{m}$  para duodeno y para yeyuno el rango fue de 71 a 89  $\mu\text{m}$  sin

diferencia significativa entre los valores de la misma región (Cuadro No.4).

Al analizar ambas fases experimentales en el espesor de muscular se encontró un comportamiento similar ya que independientemente de la dieta suministrada este parámetro presentó en duodeno el valor más alto, íleon el valor medio y en yeyuno el valor más bajo con diferencias estadísticas (Gráfica No.3 y 4).

#### NUMERO DE VELLOSIDADES

En la primera fase el número de vellosidades solo fue significativa en la región duodenal, en donde, estadísticamente los grupos alimentados con la dieta basal y fibra de avena presentaron el menor número de vellosidades por mm de intestino (9.32 y 9.38 respectivamente); el grupo fibra de maíz extrusada presentó un valor de 10.79 y los grupos basal más colesterol, fibra de maíz ácida alcalina extrusada y fibra de maíz ácida alcalina presentaron valores semejantes con un rango de 10.98 a 11.44 sin diferencias significativas entre ellos (Gráfica No.5).

Tanto en yeyuno como en íleon no se encontraron diferencias significativas y los rangos en el número de vellosidades fueron de 13.16 a 14.54 para yeyuno y de 14.55 a 16.74 para íleon, lo que evidencia que este parámetro aumenta en sentido proximo distal (de duodeno a íleon). (Gráfica No.5).

En la segunda fase el número de vellosidades solo fue

significativa en íleon, en donde estadísticamente el grupo con alimento comercial presentó el menor número de vellosidades (11.74/mm), los grupos con fibra de maiz ácida, basal y fibra de avena presentan valores de 13.35, 15.11 y 17.52 con diferencias significativas entre si y con el resto de los grupos. Los promedios restantes, basal más colesterol, fibra de maiz normal y fibra de maiz alcalina presentan valores semejantes con un rango de 16.80 a 17.52 sin diferencias significativas entre ellos (Gráfica No.6).

En esta segunda fase se repite el fenómeno de aumento en el número de vellosidades de la región proximal hacia la región distal, en duodeno se presentaron valores con un rango de 9.76 a 12.23 y para yeyuno el rango fué de 12.56 a 14.34 sin diferencias significativas entre, los valores de la misma región (Gráfica No.5 y 6).

#### LONGITUD DE VELLOSIDADES

La longitud de vellosidades en la primera fase experimental solo fue significativa en duodeno, encontrando que, estadísticamente los grupos de fibra de maiz ácida alcalina extrusada, basal más colesterol y fibra de maiz ácida alcalina presentaron valores menores con un rango de 317 a 329  $\mu\text{m}$ , y los grupos basal y fibra de maiz extrusada obtuvieron promedios más altos (355 y 385  $\mu\text{m}$ ), y el grupo de fibra de avena presentó el valor más alto 424  $\mu\text{m}$  difiriendo del resto de los grupos (Gráfica No.7).

No presentaron diferencias significativas en las

regiones intestinales de yeyuno e ileon y los rangos en la longitud de vellosidades fuerdn de 359 a 405  $\mu\text{m}$  y de 263 a 305  $\mu\text{m}$ , respectivamente (Gráfica No.7).

En la fase uno al analizar la longitud de vellosidades en los diferentes regiones del intestino delgado, se observó que independientemente de la dieta suministrada este parámetro presentó el valor más alto en yeyuno, duodeno el valor medio e ileon el valor más bajo.

La longitud de vellosidades en la segunda fase experimental solo fué significativa en yeyuno, los grupos de fibra de maíz alcalina, fibra de maíz ácida y basal presentaron valores semejantes con un rango de 305 a 314  $\mu\text{m}$  siendo los valores más bajos, los grupos con fibra de avena, el grupo de alimento comercial y fibra de maíz normal obtuvieron un promedio mayor en la longitud de vellosidades con un rango de 364 a 369  $\mu\text{m}$  y el grupo basal más colesterol presentó un valor de 391  $\mu\text{m}$  difiriendo significativamente de los demás grupos (Gráfica No.8).

Los segmentos intestinales de duodeno y íleon no presentaron diferencias significativas y los valores en la longitud de vellosidades presentaron un rango de 347 a 433  $\mu\text{m}$  y de 263 a 312  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

En la segunda fase la longitud de las vellosidades disminuye en sentido antero posterior, por lo que duodeno presentó los valores más altos y en íleon los más bajos (Gráfica No.8).

## NUMERO DE CRIPTAS

Al analizar el número de criptas en la primer fase experimental no se presentaron diferencias significativas entre los tres segmentos intestinales por efecto de las dietas suministradas, sin embargo se observaron los siguientes elementos: para duodeno, los valores más pequeños fueron los del grupo basal y basal más colesterol y fibra de avena (27.72, 27.72 y 26.94/mm) y los grupos restantes presentaron promedios de 29.18 a 29.70 criptas por milimetro de tejido intestinal (Gráfica No.9).

En yeyuno los tres primeros grupos tuvieron el mismo número de criptas (32), para la dieta con fibra de maíz extrusada y fibra de maíz ácida-alcalina se observó una ligera disminución y finalmente el valor más alto se encontró en aquellos animales que recibieron la dieta con fibra de maíz ácida alcalina (34.14); En ileon el número de vellosidades presentó valores con un rango de 29.62 a 31.72 por mm, no se encontraron diferencias significativas en todos los grupos antes mencionados (Gráfica No.9).

Al analizar en la fase uno el número de criptas en los tres segmentos del intestino delgado se apreció que independientemente de la dieta suministrada, duodeno presentó el valor más bajo, yeyuno el valor más alto e ileon el valor medio.

En la segunda fase el número de criptas solo fue significativa en duodeno, en donde, estadísticamente los grupos de fibra de maíz ácida y alcalina tuvieron el menor

número de criptas (27.26 y 27.49), el grupo de alimento comercial y fibra de avena presentaron un número de criptas creciente y con diferencias estadísticas y los grupos siguientes presentaron valores semejantes en un rango de 31.05 a 30.78 sin diferencias significativas entre ellos pero si con el resto de grupos (Gráfica No.10).

Tanto en yeyuno como en ileon no se encontraron diferencias significativas entre sus respectivos promedios y los rangos en el número de criptas fueron 23.40 a 26.81 en yeyuno y para ileon de 30.15 a 33.66.

Al analizar en la fase dos el número de criptas en los diferentes segmentos del intestino delgado se apreció que independientemente de la dieta suministrada en este parámetro, el duodeno presentó un valor medio, yeyuno el valor más bajo y en ileon se observó el valor más alto en el número de criptas con diferencias estadísticas (Gráfica No.10).

#### PROFUNDIDAD DE CRIPTAS

En la primera fase experimental la profundidad de criptas no fue significativa en los tres segmentos intestinales, presentando las siguientes características:

En duodeno los valores menores fueron los del grupo basal, basal más colesterol y fibra de avena (248, 264 y 265  $\mu\text{m}$ ), y los grupos experimentales presentaron promedios de 270 y 286  $\mu\text{m}$ .

Para yeyuno los valores más pequeños fueron los del



grupo de fibra de maiz ácida alcalina extrusada y basal más colesterol (212 y 221  $\mu\text{m}$ ), y los grupos de fibra de maiz extrusada, fibra de maiz ácida alcalina y fibra de avena presentaron valores semejantes de 240, 246 y 249  $\mu\text{m}$  y finalmente el valor más alto se encontró en los animales alimentados con la dieta basal (272  $\mu\text{m}$ ).

En íleon en la profundidad de criptas se encontraron valores con un rango de 243 a 318  $\mu\text{m}$  sin encontrarse diferencias significativas en los grupos (Grafica No.11).

En la segunda fase experimental la profundidad de criptas solo fue significativa en el primer segmento intestinal, en donde, estadísticamente los grupos de fibra de avena y basal más colesterol presentaron una menor profundidad de criptas con valores de 232 y 233  $\mu\text{m}$ , los grupos con fibra de maiz alcalina, fibra de maiz normal y basal presentaron valores semejantes con un rango de 241 a 255  $\mu\text{m}$ , el grupo con fibra de maiz ácida y el grupo comercial presentaron valores diferentes de 275 y 315  $\mu\text{m}$  (Gráfica No. 12).

Para yeyuno los valores más pequeños se presentaron en los grupos basal más colesterol y fibra de avena (213 y 215  $\mu\text{m}$ ), y los grupos con fibra de maiz normal, basal y fibra de maiz ácida presentaron valores medios de 227, 233 y 244  $\mu\text{m}$  respectivamente, los grupos fibra de maiz alcalina y el grupo comercial presentaron los valores más altos de 251 y 264  $\mu\text{m}$  sin diferencias significativas entre estos últimos.

En íleon, la profundidad de criptas presentaron valores

en un rango de 263 a 296  $\mu\text{m}$  sin encontrar diferencias significativas (Gráfica No. 12).

Al analizar la profundidad de criptas en ambas fases experimentales se presentó un comportamiento similar en los tres segmentos del intestino delgado, se observó que independientemente de la dieta suministrada el duodeno presentó el valor medio, yeyuno el valor más bajo e ileon el valor más alto con diferencias estadísticas.

#### ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL INTESTINO DELGADO.

En el estudio histológico del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) se encontró que los grupos control: purina, basal, basal más colesterol y avena tuvieron un aspecto normal. La mucosa se caracterizó por la presencia de pliegues intestinales, algunos de estos se proyectaron considerablemente hacia el lumen intestinal, con prolongaciones de la submucosa, numerosos vasos sanguíneos y linfáticos, además se observaron en algunas muestras prominentes nodulos linfáticos y en la zonas colaterales un moderado número de células linfoides. El epitelio se caracterizó por una proporción y citoarquitectura normal de las diversas estirpes celulares. La capa muscular presentó pocos cambios estructurales relacionados con la región y con la dieta suministrada (Figura 1 y 2).

Por otra parte en los grupos experimentales los tres segmentos del intestino delgado presentaron un aspecto normal en ambas etapas en los que el espesor y desposición

de las capas fue característico (Figura 4). Sin embargo, en algunas muestras de los grupos experimentales se observó la presencia de un número moderado de células linfoides en la mucosa, específicamente lámina propia (Figura 3).

Por último en un porcentaje reducido de muestras de los grupos experimentales (ácida-alcalina y ácida alcalina extrusada, principalmente) se apreció una descamación o pérdida de células epiteliales en la parte apical de las vellosidades y liberación del contenido celular. Estas características solo fueron zonales y no generalizadas (Figura 4). El resto de las estructuras en mucosa, submucosa y muscular presentaron un aspecto característico (Figura 5).

CUADRO No.2

## PESO CORPORAL Y DEL TRACTO GASTROINTESTINAL DE RATAS

TRATAMIENTOS	Num Anim	PESO CORPOR INICIAL	PESO CORPOR FINAL	PESO TGI
Basal	5.00	262.00 ±0.00	343.80 ± 21.16b	16.20 ±1.68b
Basal+Coolesterol	5.00	262.90 ±1.51	331.90 ± 22.02c	14.70 ±2.19c
Basal+Col+Fib Avena	5.00	262.00 ±1.58	354.00 ± 9.99a	17.20 ±1.15a
Basal+Col+Fib Maiz Extrud	8.00	261.63 ±0.51	358.81 ± 17.01a	17.56 ±1.61a
Basal+Col+Fib Maiz Ac/Al Extrud	8.00	262.00 ±1.13	334.50 ± 18.16c	16.21 ±2.48b
Basal+Col+Fib Maiz Ac/Al	8.00	262.00 ±1.69	330.38 ± 33.49c	16.81 ±3.01a
Purina	8.00	261.63 ±9.27	324.00 ± 31.44d	20.19 ±4.83a
Basal	8.00	261.50 ±5.65	330.56 ± 15.18d	16.69 ±1.73d
Basal+Coolesterol	5.00	261.40 ±1.34	343.40 ± 6.92c	16.90 ±2.13c
Basal+Col+Fib Avena	5.00	261.00 ±1.22	383.90 ± 11.49a	18.30 ±1.48b
Basal+Col+Fib Maiz Normal	8.00	261.75 ±1.16	350.63 ± 14.85b	15.81 ±1.03e
Basal+Col+Fib Maiz Acida	8.00	261.44 ±2.30	349.38 ± 26.58b	17.63 ±2.40b
Basal+Col+Fib Maiz Alcalina	8.00	260.13 ±2.03	355.75 ± 22.37b	16.73 ±1.90d

Valores = Media ± Desviación Estandar

a, b, c y d indican diferencias significativas  $p < 0.05$ .

DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS UTILIZADOS  
PARA EL ESTUDIO.

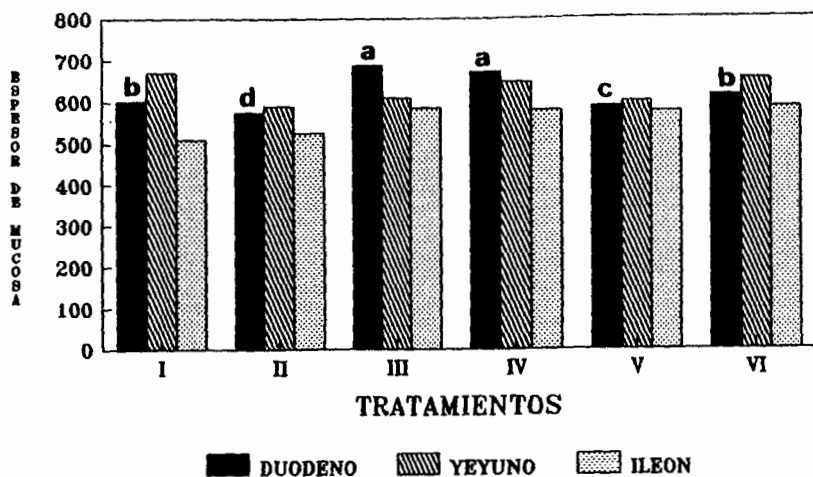
FASE EXPERIMENTAL I

GRUPO	TRATAMIENTO/CARACTERISTICAS
I	DIETA BASAL
II	DIETA BASAL + COLESTEROL
III	DIETA BASAL + COLESTEROL + FIBRA DE AVENA
IV	DIETA BASAL + COLESTEROL + FIBRA DE MAIZ EXTRUSADA
V	DIETA BASAL + COLESTEROL + FIBRA DE MAIZ ACIDA ALCALINA EXTRUSADA
VI	DIETA BASAL + COLESTEROL + FIBRA DE MAIZ ACIDA ALCALINA

FASE EXPERIMENTAL II

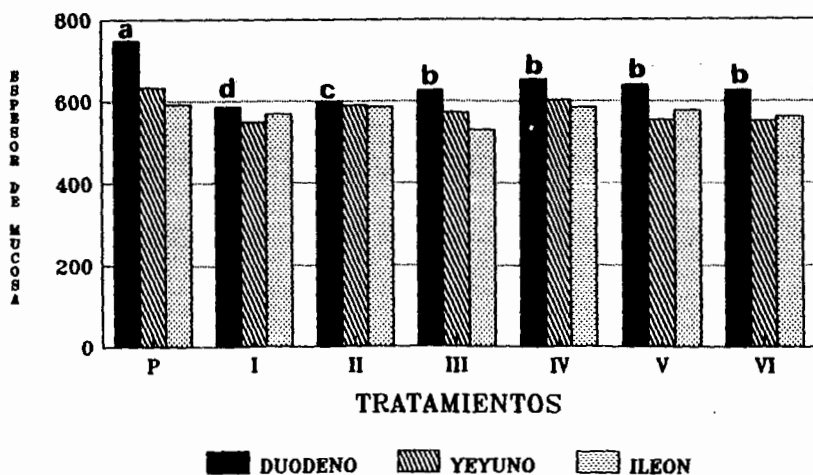
GRUPO	
P	DIETA COMERCIAL ALIMENTO PARA ROEDOR (PURINA)
I	DIETA BASAL
II	DIETA BASAL + COLESTEOL
III	DIETA BASAL + COLESTEROL + FIBRA DE AVENA
IV	DIETA BASAL + COLESTEROL + FIBRA DE MAIZ SIN TRATAMIENTO
V	DIETA BASAL + COLESTEROL + FIBRA DE MAIZ ACIDA
VI	DIETA BASAL + COLESTEROL + FIBRA DE MAIZ ALCALINA

GRAFICA #1 VARIACIONES EN EL ESPESOR DE MUCOSA ( $\mu\text{m}$ ) EN DUODENO, YEYUNO E ILEON DE RATAS. Fase I.



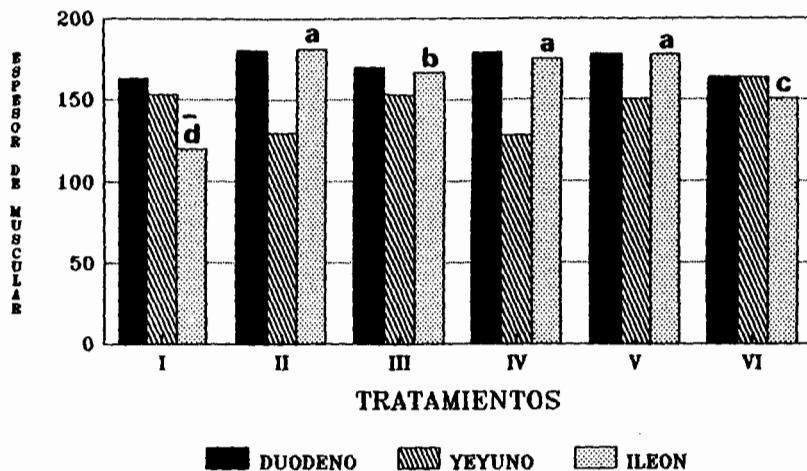
DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

GRAFICA #2 VARIACIONES EN EL ESPESOR DE MUCOSA ( $\mu\text{m}$ ) EN DUODENO YEYUNO E ILEON DE RATAS. Fase II.



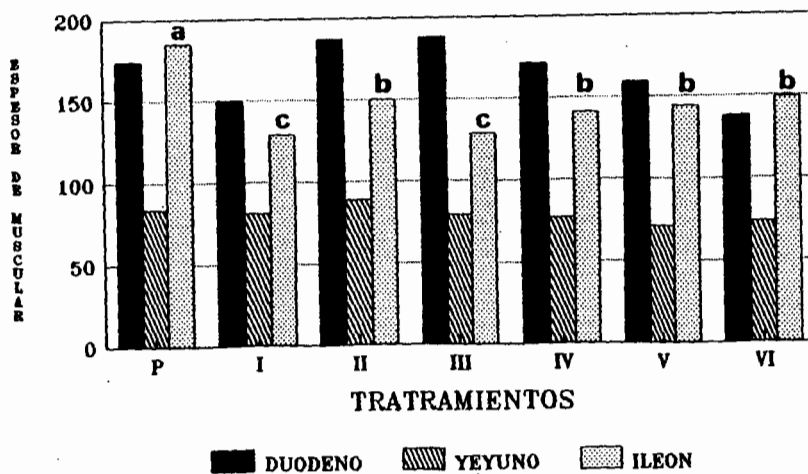
DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

GRAFICA #3 ESPESOR DE LA CAPA MUSCULAR  
( $\mu\text{m}$ ) INTESTINAL EN RATAS ALIMENTADAS  
CON DIVERSAS DIETAS. Fase I.



DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA  
SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

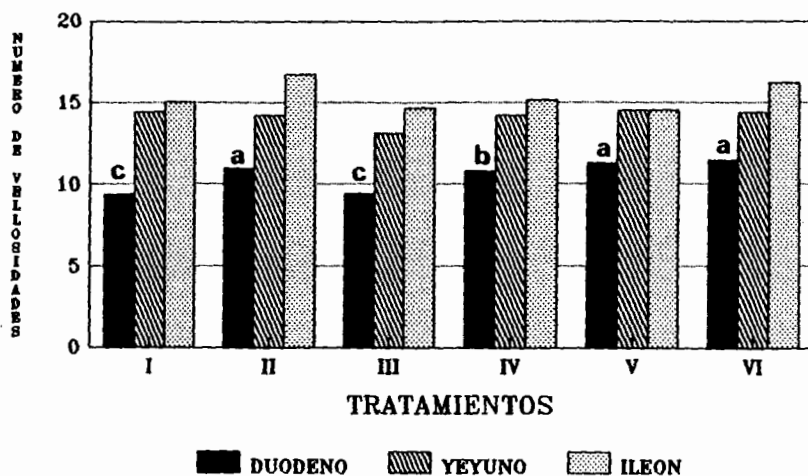
GRAFICA #4 ESPESOR DE LA CAPA MUSCULAR  
( $\mu\text{m}$ ) INTESTINAL EN RATAS ALIMENTADAS  
CON DIVERSAS DIETAS. Fase II.



DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA  
SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

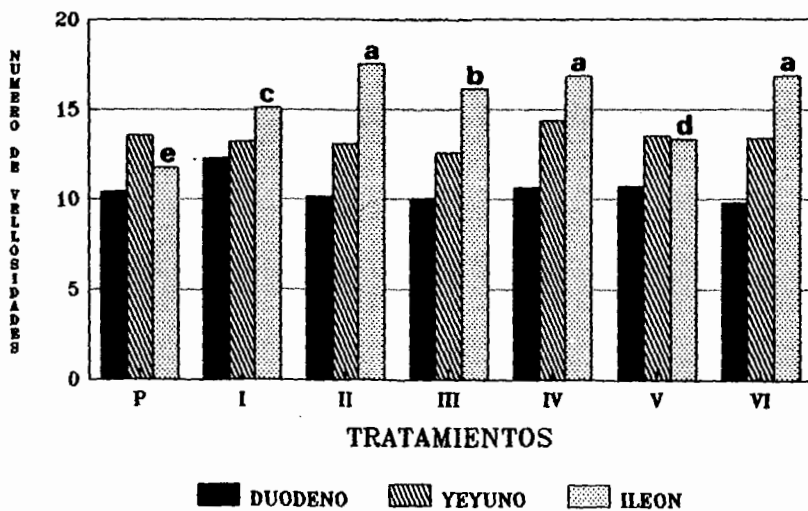
GRAFICA #5. NUMERO DE VELLOSIDADES POR  
mm DE INTESTINO DELGADO DE RATAS.

Fase I.



a, b, c y d INDICAN DIFERENCIA  
SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

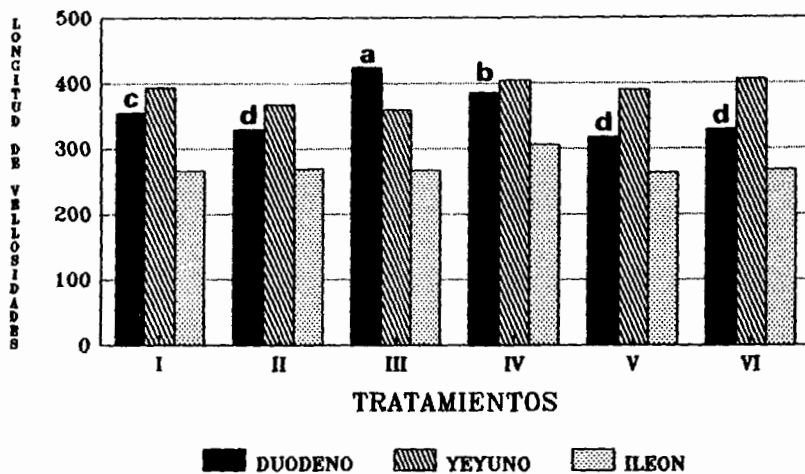
GRAFICA #6. NUMERO DE VELLOSIDADES POR  
mm EN INTESTINO DELGADO DE RATA Fase II.



a, b, c, y d INDICAN DIFERENCIA  
SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

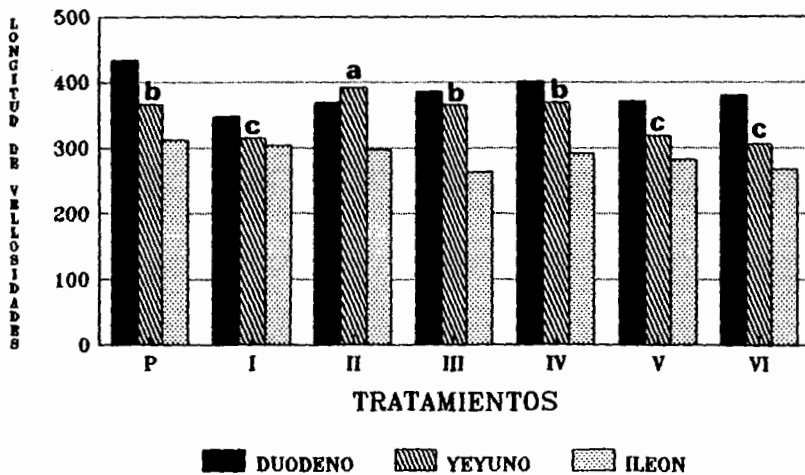


GRAFICA #7. VARIACIONES EN LA LONGITUD DE VELLOSIDADES ( $\mu\text{m}$ ) EN EL INTESTINO DELGADO DE RATA. Fase I.



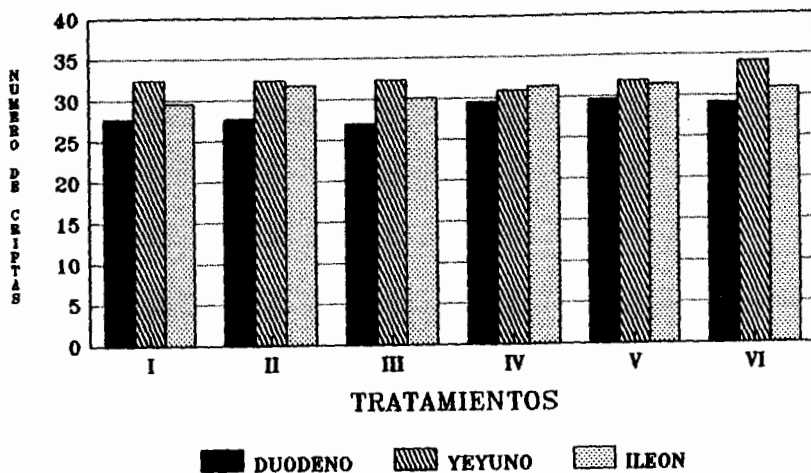
DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

GRAFICA #8. VARIACIONES EN LA LONGITUD DE VELLOSIDADES ( $\mu\text{m}$ ) EN EL INTESTINO DELGADO DE RATA. Fase II.



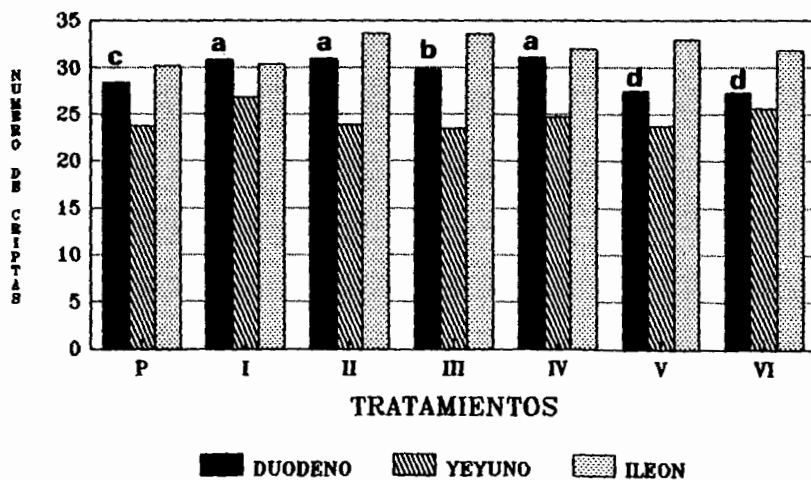
DIFERENTE LITERAL INDICAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

GRAFICA #9. NUMERO DE CRIPTAS POR mm  
EN LOS TRES SEGMENTOS DEL INTESTINO  
DELGADO DE RATA. Fase I.



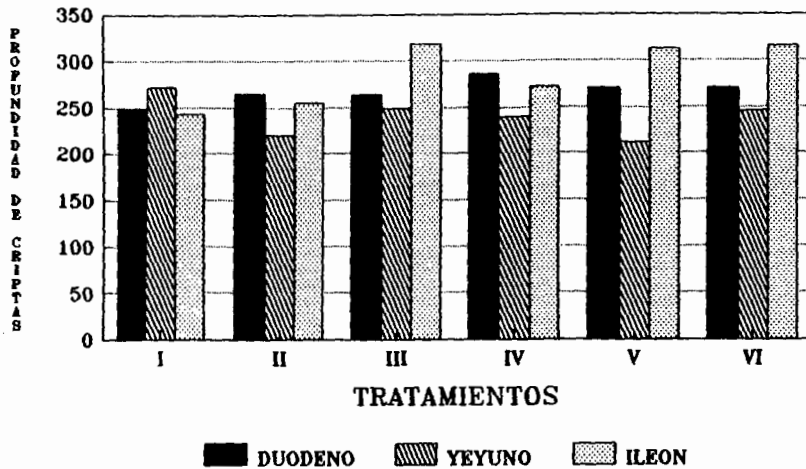
DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA  
SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

GRAFICA #10. NUMERO DE CRIPTAS POR mm  
EN LOS TRES SEGMENTOS DEL INTESTINO  
DELGADO DE RATA. Fase II.



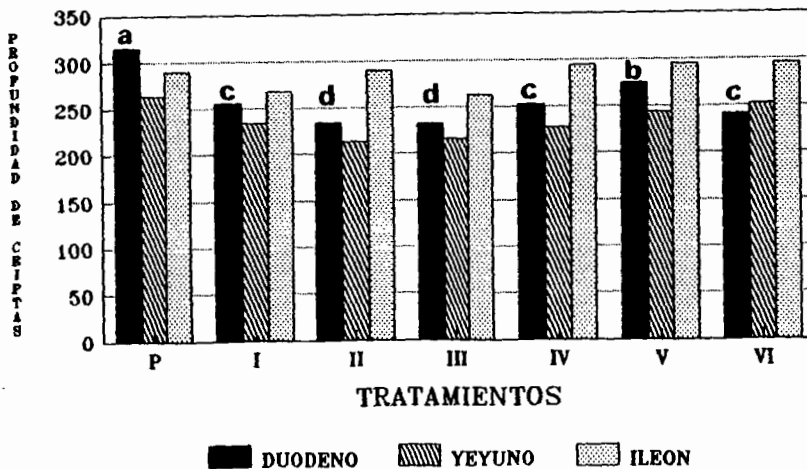
DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA  
SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

GRAFICA #11. PROFUNDIDAD DE CRIPTAS ( $\mu\text{m}$ )  
EN LAS REGIONES DEL INTESTINO DELGADO DE  
RATA. Fase I.



DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA  
SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

GRAFICA #12. PROFUNDIDAD DE CRIPTAS ( $\mu\text{m}$ )  
EN LOS SEGMENTOS DEL INTESTINO DELGADO  
DE RATA. Fase II.



DIFERENTE LITERAL INDICA DIFERENCIA  
SIGNIFICATIVA ( $p < 0.05$ ).

FIGURA 1.

Fotomicrografía de yeyuno (grupo alimento comercial) que muestra un aspecto normal, en el que se distingue la submucosa ( ☆ ), criptas ( C ), vellosidades ( V ), prominentes nodulos linfáticos ( N ). Además de una proporción moderada de células linfoides en lámina propia ( \* ). Hematoxilina Eosina. 816X.

FIGURA 2.

Corte longitudinal del íleon de ratas del grupo basal, en la cual se observa parte de la capa muscular ( ★ ), submucosa ( ☆ ), criptas ( C ), parte media y basal de vellosidades ( V ), con células caliciformes ( ➡ ), columnares ( → ) y mitóticas ( ► ). Hematoxilina Eosina. 388X.

FIGURA 3.

Se muestra un segmento de la mucosa del íleon de ratas en el grupo fibra de maiz alcalina, se observan varias criptas ( C ) y la parte media y basal de vellosidades ( V ). Con un número moderado de células linfoides ( \* ) entre estas estructuras. Hematoxilina Eosina. 599X.

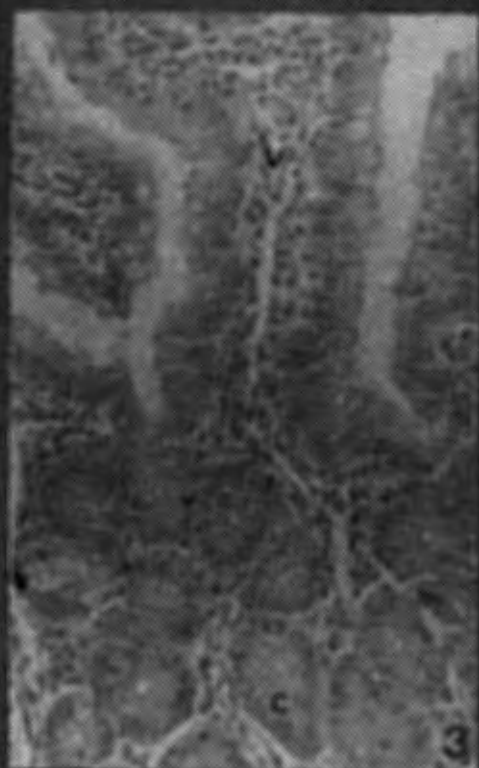
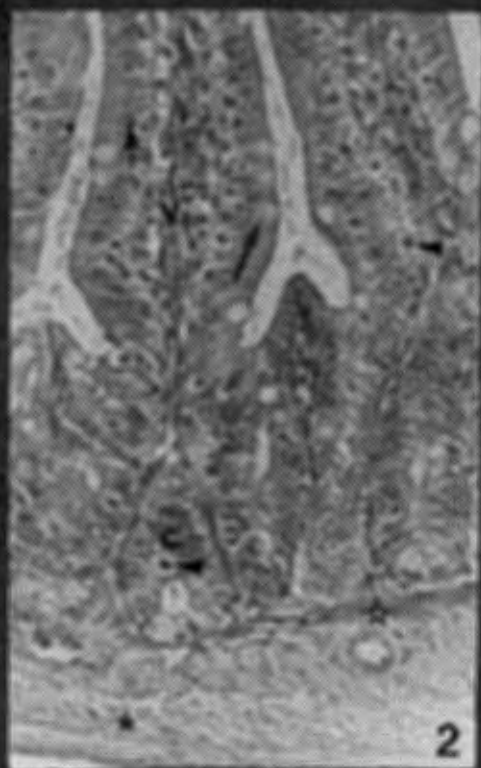
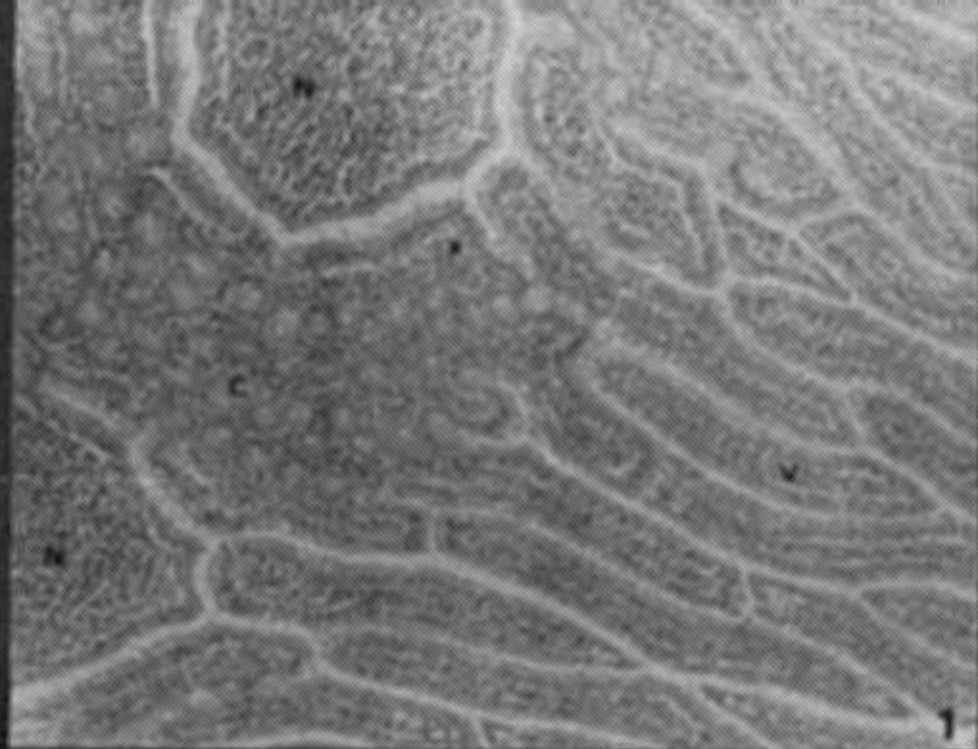
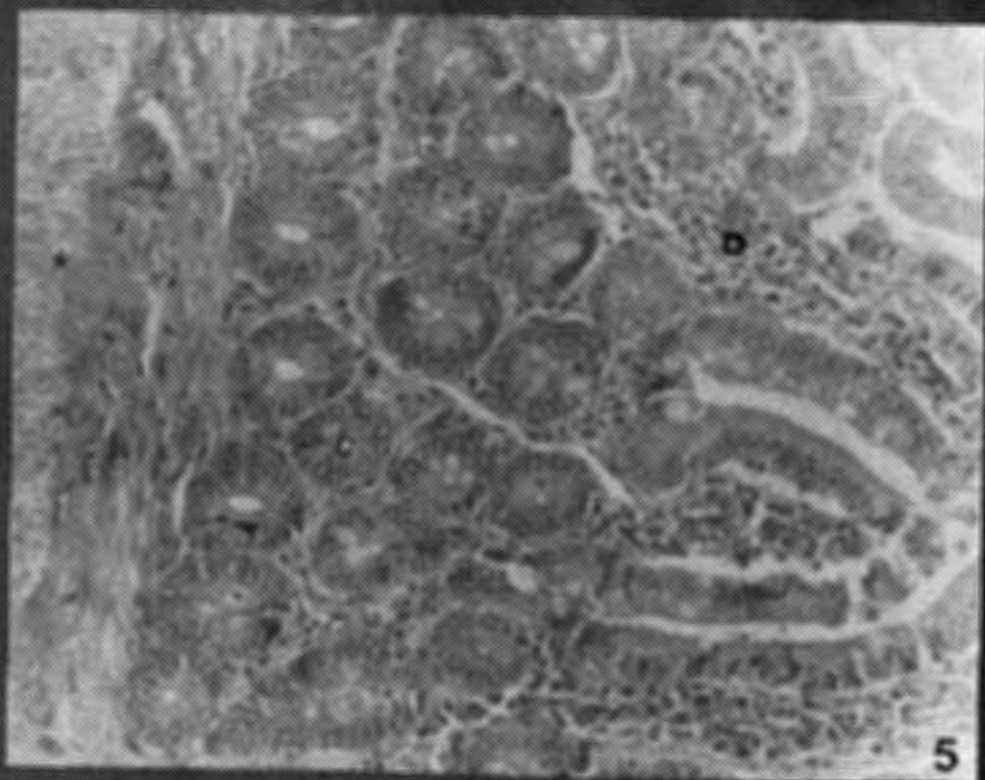
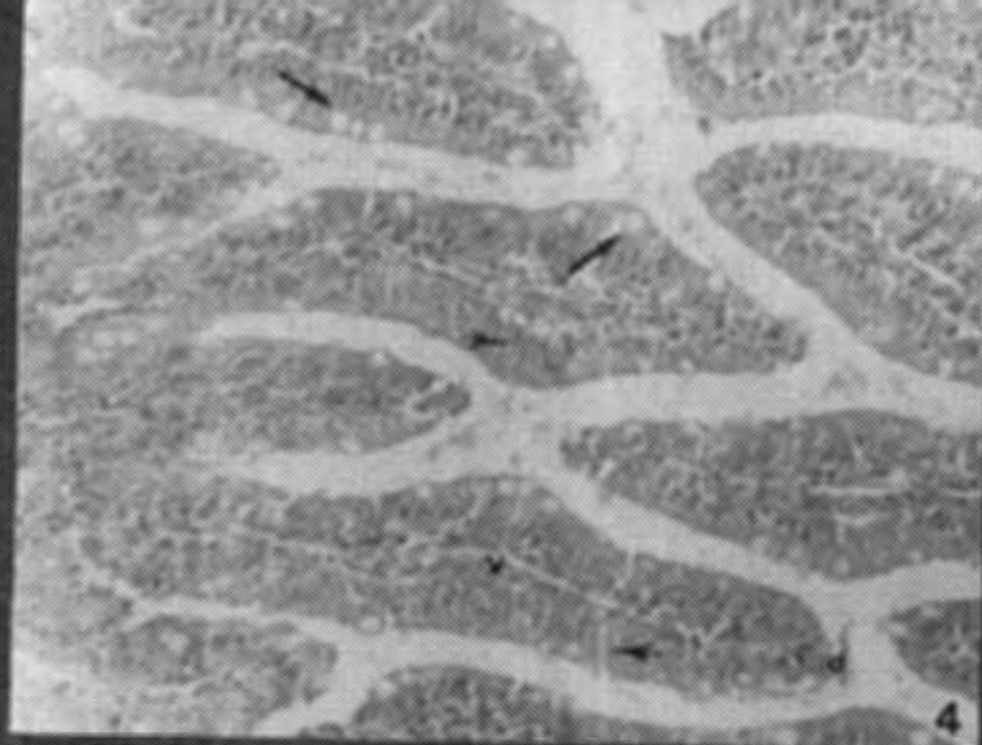


FIGURA # 4.

Fotomicrografía que muestra una zona del extremo apical de la mucosa de íleon (grupo fibra de maiz ácida alcalina extrusada), se aprecian las vellosidades ( **V** ) con una proporción normal de células columnares (  $\rightarrow$  ), caliciformes (  $\blackrightarrow$  ) y moderado número de células en descamación ( **d** ). Hematoxilina Eosina. 332X.

FIGURA 5.

Corte longitudinal del duodeno en el grupo fibra de maiz ácida alcalina en la que se hace evidente la complejidad estructural de la pared de este segmento. Están presentes las capas muscular ( **★** ), parte basal de mucosa ( **⊕** ) en donde se distingue las criptas ( **C** ), así como algunas figuras mitóticas en la parte basal de algunas criptas ( **▶** ). Hematoxilina Eosina. 336X.



#### DISCUSION:

En el presente trabajo se utilizaron diversos grupos control: alimento comercial, dieta basal, dieta basal más colesterol y por último una dieta con colesterol más fibra de avena, la cual se ha reportado como un ingrediente hipocolesterolémico, sin que esté completamente caracterizado su efecto en la morfología y fisiología intestinal (16,32).

El experimento se realizó en dos fases con la finalidad de facilitar el manejo de las ratas y disminuir el posible error experimental que se presenta al trabajar con un número grande de animales (33).

Al final de los 28 días de alimentación a libre acceso los pesos corporales de ambas fases experimentales, presentaron una diferencia notoria entre las dietas control y las experimentales (Cuadro No. 2).

Las ganancias de peso del presente trabajo (4g/día) difieren de las reportadas en estudios previos, donde utilizaron ratas machos que fueron alimentadas con tres dietas diferentes; una dieta purificada por vía intragástrica, una dieta líquida intravenosa y una dieta control (Purina). Se obtuvieron ganancias de 17.5-34.1 g en un lapso de 8 días, (6g/día) (20).

En nuestro estudio solo el grupo con fibra de avena tuvo la mayor ganancia de peso debido probablemente a la composición de la avena, ya que es de una alta calidad proteica, contiene una alta proporción de B-glucano y de



ácidos oleico y linoleico (23).

Los grupos control basal más colesterol y basal presentaron una ganancia de peso intermedio, el grupo de alimento comercial fue el más bajo posiblemente debido a la calidad de los ingredientes de este alimento o a una pobre palatabilidad, lo cual difiere con lo reportado por otro autor, que al utilizar una dieta comercial (Chow purina) como grupo control y dietas purificadas experimentales encontró que con la primera se tenía la mayor ganancia de peso (20).

Las ganancias de peso más bajas en nuestro estudio para las dietas experimentales fueron las de fibra de maíz ácida alcalina extrusada y fibra de maíz ácida alcalina (68.38 g y 72.50 g), lo cual podría explicarse en base a las características de las fibras (22), ya que en otro estudio se ha encontrado, que una dieta alta en fibra (40 %) reduce la ganancia de peso (27).

Por lo que respecta al peso del tracto gastrointestinal en nuestro estudio, tanto los grupos control como experimentales presentan valores que oscilan entre 14 y 20 g debido probablemente a la eficiencia de digestión y absorción de los nutrientes en los diferentes tipos de dietas. Al comparar el peso corporal y del T.G.I. se encontró que en los grupos control el porcentaje fué de 4 a 6 %, mientras que los grupos experimentales representó el 4 y 5 % respectivamente (26).

## ESPESOR DE MUSCULAR

En la primera fase experimental, en duodeno, no se presentó diferencias significativas en los grupos control y los experimentales y el promedio en el espesor de muscular fué de 164.24  $\mu\text{m}$ . En yeyuno el promedio fue de 78.34  $\mu\text{m}$ , sin presentar diferencias por efecto de las dietas suministradas. En cambio para íleon si se presentaron diferencias significativa ( $p < 0.05$ ) por efecto del tratamiento, el grupo control purina tuvo el valor más alto (185  $\mu\text{m}$ ), los grupos control basal y fibra de avena, los valores más bajos (129  $\mu\text{m}$ ), en un estudio con monos verdes (Cercopithecus aethiops) que fueron alimentados con dos dietas experimentales: celulosa y mucilago (10 %), se reportó que la dieta con celulosa presentó los siguientes valores: para duodeno 141  $\mu\text{m}$ , yeyuno 91  $\mu\text{m}$  e ileon 135  $\mu\text{m}$ , en cambio la dieta con mucilago presentó valores en duodeno de (143.5  $\mu\text{m}$ ), yeyuno (118.66  $\mu\text{m}$ ) e íleon (162.5  $\mu\text{m}$ ), lo cual puede sugerir que dependiendo del tipo de fibra y la porporción de ésta en la dieta se presentan modificaciones cualitativas y cuantitativas del intestino delgado (25).

En la segunda fase en nuestro estudio encontramos que tanto duodeno como yeyuno no presentaron diferencia significativa por efecto de la fibra dietaria y tuvieron valores de 172.6 y 146.7  $\mu\text{m}$ , en cambio en íleon si fué significativa ( $p < 0.05$ ) encontrando los valores más altos en las dietas experimentales con fibra de maiz ácida alcalina extrusada, fibra de maiz extrusada (178 y 175  $\mu\text{m}$ ), y el

grupo control basal más colesterol ( $181\mu\text{m}$ ), el valor más bajo se encontro en la dieta basal, al compararlos con el estudio con monos verdes se encontró que los valores difieren de los reportados con nuestro estudio, nosotros tuvimos valores más altos en los tres segmentos del intestino delgado en comparación con las dietas de celulosa y mucilago, sin embargo se debe señalar que en ambos estudios se encontrarón los valores más altos en duodeno, en íleon los valores intermedios y los más bajos en yeyuno, independientemente de las fibras estudiadas (25).

#### LONGITUD DE VELLOSIDADES

La longitud de vellosidades fue mayor en duodeno, siendo menor en las dos regiones restantes durante la primer fase experimental, tanto los grupos control como los que recibieron diferentes fibras presentaron valores semejantes, por lo que el factor dieta no provocó cambios en cuanto a este parámetro, éstos resultados difieren de otro experimento donde utilizarón dietas: control y experimentales con la adición de diferentes fuentes de grasas como mantequilla, aceite de oliva y con aceite de maiz, encontrando que en los grupos experimentales hubo un aumento en el número de vellosidades, además la dieta con aceite de maiz aumentó la concentración de tejido en el segmento proximal del intestino delgado (duodeno).

A nivel bioquímico se han realizado estudios para analizar el factor dieta sobre el intestino, reportando que

la ingestión de fibra, específicamente pectina, no afecta la síntesis de colesterol en yeyuno e íleon (31,32).

En la segunda fase experimental la longitud de vellosidades fue similar en yeyuno e íleon tanto en los grupos control como en los experimentales, solo se encontró diferencias significativa en duodeno, lo cual no coincide con la literatura ya que en un estudio que utilizó como control una dieta sin fibra y como experimentales dietas con salvado de avena, pectina y gomas, se encontraron diferencias en yeyuno: la longitud de vellosidades en la dieta sin fibra y la experimental con gomas presentaron un valor de 102.1  $\mu\text{m}$ , la dieta experimental con salvado de avena presentó el valor más alto de 103  $\mu\text{m}$ , y la dieta con pectina fue la más baja con 94.3  $\mu\text{m}$ , lo que significa que la cantidad y tipo de fibra consumida determina la naturaleza de las alteraciones que se desarrollan en el crecimiento y morfología de las vellosidades (11).

#### NUMERO DE CRIPTAS

Se observó que el número de criptas se modifica en relación a las dietas suministradas (fibras de maíz sometidas a diversos tratamientos), y probablemente también se presenten efectos fisiológicos colaterales como modificación en la cantidad de secreciones enzimáticas (43). En un estudio se cuantificó el número de criptas en yeyuno, se utilizarón dieta: sin fibra como control y como experimentales dietas con salvado de avena, pectina y gomas,

se encontró que la dieta con salvado de avena redujo el número de criptas produciendo una hipoplasia, el mayor número lo presentó la dieta con gomas (20.1), lo cual indica que algunas fibras dietarias específicas tienen la capacidad de estimular el crecimiento de la población celular y modificar el número de criptas (8).

Por lo que respecta a la segunda fase experimental en duodeno, yeyuno e íleon, el número de criptas no presentó diferencias significativas, los valores más altos los presentaron las fibras experimentales (fibra de maíz ácida alcalina extrusada y ácida alcalina (31.5 y 34.14 mm), lo cual nos señala que las fibras sometidas a tratamientos fisico-químicos pueden modificar el número de criptas que secretan las enzimas intestinales. En otro estudio se encontró que el mayor número de criptas lo presentó una dieta experimental con gomas (20.1) (11).

#### PROFUNDIDAD DE CRIPTAS

En la primera fase experimental la profundidad de criptas en duodeno, yeyuno e íleon, fueron muy similares tanto en los grupos control como en los experimentales, aumentando de yeyuno a íleon. Sin embargo, en otro estudio se reportó que el factor dieta, con diferentes fuentes de grasas, modifica la profundidad de las criptas, evidente por que las dietas con mantequilla y aceite de maíz presentaron los valores mas altos (141  $\mu$ m) en duodeno, además se señala una disminución de la profundidad de las criptas de duodeno

a ileon (31). Lo cual sugiere que al utilizar estímulos externos como la dieta, con diferentes tipos de fibra o de grasas, se presentan modificaciones en la profundidad de las criptas y en su actividad fisiológica como síntesis de enzimas o colesterol (31,32).

Al analizar la segunda fase experimental se encontraron diferencia significativa en duodeno, la profundidad de las criptas fue mayor en el grupo control (dieta comercial) y la más baja lo presentaron los grupos control (basal más colesterol y fibra de avena), estos resultados sugieren que las dietas experimentales no tuvieron un efecto notorio sobre este parámetro. Sin embargo estudios a nivel bioquímico indican que la fibra contenida en la dieta afecta las criptas y síntesis de colesterol (32).

#### ESTUDIO DESCRIPTIVO

En el presente trabajo además del análisis cuantitativo se realizó un estudio histológico de las diferentes regiones del intestino delgado, en donde los datos más importantes fueron: descamación abundante en la parte apical de algunas vellosidades e infiltración linfocitaria en mucosa, específicamente lámina propia, estos hallazgos solo fueron zonales. No se encontraron cambios aparentes en la distribución y morfología de las diversas estructuras de la pared intestinal.

Sin embargo, existen evidencias de que diversos tipos de fibras pueden provocar cambios en el tamaño y forma

tanto de vellosidades como de criptas, así como en la proporción de figuras mitóticas o en la actividad proliferativa del epitelio (4,25).

Por lo anteriormente señalado, el intestino delgado de rata resulta ser un modelo biológico de gran importancia para estudios experimentales en respuesta a diferentes tipos de estímulos externos como diversos ingredientes de la dieta, fármacos, etc.

## CONCLUSIONES

1.- El peso corporal y del tracto gastrointestinal en ambas fases experimentales presentaron diferencias importantes por efecto de las dietas suministradas.

2.- No hubo cambios morfológicos aparentes en los tejidos del intestino delgado por efecto de las fibras sometidas a diversos tratamientos fisico-químicos, solo se identificó una ligera descamación epitelial celular y presencia moderada de células linfoides en mucosa, características de tipo zonal.

3.- Las fibras suministradas provocaron modificaciones en la mayoría de los parámetros analizados (espesor de mucosa, muscular, número y longitud de vellosidades), principalmente en duodeno e íleon.

4.- El número y profundidad de criptas solo presentó diferencias significativas en la segunda fase experimental, exclusivamente en la región proximal del intestino.

5.- En algunos parámetros el grupo basal más colesterol presentó variaciones semejantes a los grupos experimentales.



## BIBLIOGRAFIA

- 1.-Almy, T.P.1981. Fiber and Gut. The American Journal of Medicine.71:193-195.
- 2.-Bloom W., Fawcett W.D. Histology. Ed. W. B. Saunder Company 11th ed. Philadelphia, U.S.A. 1986. p.p. 641-660.
- 3.-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 standards for laboratory animals: report of the Laboratory Animals Centre Diets Avisor y Committee. Laboratory Animals. 11:1-28.
- 4.-Clarke, R.M. and Hardy. R.N. 1971.Histological changes in the small intestine of the young pig and their relation to macromolecular uptake. J. Anat. 108(1): p.p. 63-77.
- 5.-Conn, E. E. y Stumpf, P. K. Bioquimica fundamental. Ed. LIMUSA. 3a. ed. México. 1982. p.p.350-352.
- 6.-Ebihara, Kigoshi and Schneeman, B.O. 1989.Interaction of Bile Acids, Phospholipids, Cholesterol and Triglyceride with Dietary Fibers in the Small Intestine of rats. J. Nutr. 119:1100-1106.
- 7.-Flores, J.A.M. Bromatologia animal. Ed. LIMUSA. 2a ed. México. 1981.p.p. 739-741.
- 8.-Harland, B.F. and Oberleas D. 1977. A modified method for phytate analysis using an ion-exchange procedures: Application to textured vegetable proteins. American Association of Cereal Chemists. 54(4):827-832.
- 9.-Heaton, K.W., Emmett, P.M., Henry, C.L., Thornton, J.R.,

Manhire, A. and Hartog, M. 1983. Not Just Fibre. The Nutritional Consequences of Refined Carbohydrate Foods Human Nutrition: Clinical Nutrition. 37C: 31-35.

10.-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 Science. 42(2): 436-439.

11.-Jacobs, L.R. 1983. Effects of dietary fiber on mucosal growth and cell proliferation in the small intestine of the rat: a comparison of oat bran, pectin, and guar with total fiber deprivation. The American Journal of Clinical Nutrition. 37:954-960.

12.-Jones, C.T., Owen, R. and Jones, A.L. 1982. Semipurified Dietary Fiber and Small Bowel Morphology in Rats. Digestive Diseases and Sciences. 27(6):519-524.

13.-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 excretions, and apparent digestibilities. The American Journal of Clinical Nutrition. 34:1849-1852.

14.-Leeson, C.R. y Leeson, T.S. Histologia. Ed. Interamericana. 3a. ed. México, D.F. 1977. p.p. 331-333.

15.-Leineweber, J.P. 1981. Fiber Toxicology. Journal of Occupational Medicine. 23(6):431-434.

16.-Mälkki, Y.A., Hänninen, O.M., Olavi, M., Pelkonen, K., Suortti, T. and Törränen. 1992. Oat Bran Concentrates: Physical Properties of  $\beta$ -Glucan and Hypocholesterolemic Effects in Rats. Cereal Chem. 69(6):647-653.

- 17.-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.
- 18.-Marlett, J.A., Slavin, J.L. and Brauer, P.M. 1981. Compararison of Dye and Pellet Gastrointestinal transit time during Controlled Diets Differing in Protein and Fiber Levels. *Digestive Diseases and Sciences*. 26(3):208-213.
- 19.-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.
- 20.-Morin, C. L., Ling, V., and Bourassa , Diana. 1980.Small intestinal and colonic changes induced by a chemically definet diet. *Diet Digestive Diseases and Sciencies*. 25(2):123-128.
- 21.-National Academy of Science-National Research Council. Nutrient Requirements of the Laboratory Rat in: Nutriet Requirements of Laboratory Animals. Washington, D. C.;NAC-NRC, 1972. 56-93.
- 22.-Ning, L. Villota, R. and Artz, W. E. 1991. Modification of corn fiber through chemical treatments in combination with twin-screw extrusion. *Cereal Chem*. 68(6):632-636.
- 23.-Nyman. M. and Asp, N-G. 1988.Fermentation of oat fiber in the rat intestinal tract: a study of different cellular areas. *Am. J. Clin. Nutr*. 48:274-8.
- 24.-Ornstein, H.M., Littlewood, E.R., Baird, I.Mc., Fowler, J. 1981. Are fibre supplements really necessary in

- diverticular disease of the colon? A controlled clinical trial. *British Medical Journal*. 282:1353-1361.
- 25.-Paulini, I., Mehta, T. and Hargis, Ann. 1987. Intestinal structural changes in African green monkeys after long term psyllium or cellulose feeding. *J. Nutr.* 117:253-266.
- 26.-Pekas, J. C., PhD. 1986. Morphometry of the intestine of the pig. II. Circumsection response to feeding schedules. *Digestive Diseases and Sciences*. 31(1):90-96.
- 27.-Pond, W. G., Varel, V. H., Dickson, J. S. and Haschek, W. M. 1989. Comparative response of swine and rats to high-fiber or high-protein diets. *J. Anim. Sci.* 67:716-723.
- 28.-Reinhold, J.G., Garcia, J.S.L. and Garzon, P. 1981. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 34:1384-1391.
- 29.-Reinhold, J.G., Garcia, P.M., Arias-Amado, L., and Garzon, P. 1982. Dietary Fiber-Iron Interactions. Fiber Modified Uptakes of Iron by Segments of Rat Intestine. *Dietary Fiber in Health and Disease*. p.p. 67-74.
- 30.-Reinhold, J.G. 1979. Fiber of the maize tortilla. *Am. J. Clin. Nutr.* 32:1326-1329.
- 31.-Sagher, F. A., Dodge, J. A., Johnston, C. F., Shaw, C., Buchanan, K. D. and Carr, K. F. 1990. Rat small intestinal morphology and tissue regulatory peptides: effects of high dietary fat. *Br. J. Nutr.* 65(1):21-8.
- 32.-Schwartz, S. E., Starr, C., Bachman, S. and Holtzapple P. G. 1983. Dietary fiber decreases cholesterol and phospholipid synthesis in rat intestine. *J. Lipid Res.*

24:746-752.

33.-Sotto, A. Victor y Rosales, T. Neyra. 1985. Diseño aplicado a la investigación animal. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de Buyamo, Facultad de pecuaria, Departamento de Genetica animal. p.p. 7-16.

34.-Southgate, D.A.T. 1981. Role of Carbohydrates in the Diet of Industrialised Countries. *Bibltca Nutr. Dieta*. 30: 124-130.

35.-Southgate, D.A.T. and White, M.A. 1981. Special Report. No.3. Definition and analysis of dietary fibre. ARC Food Research Institute, Norwich, Biennial. p.p. 14-17.

36.-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. p.p. 219-222.

37.-Southgate, D.A.T. 1984. What is Dietary Fibre? 1. Fibre Forum. Keeping the Medical Profession Abreast of Developments in Dietary Fibre. Head, Nutrition and Food Quality Division, ARC Food Research Institute, Colney Lane, Norwich. p.p. 1-4.

38.-Southgate, D.A.T. 1984. What is Dietary Fibre? 2. Sources and Properties Fibre Forum. Keeping the Medical Profession Abreast of Developments in Dietary Fibre. Head, Nutrition and Food Quality Division, ARC Food Research Institute, Colney Lane, Norwich. p.p. 1-4.

39.-Southgate, D.A.T. 1981. What is 'dietary fibre'? *Food Technology in Australia*. 33(1): 24-25.

- 40.-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.
- 41.-Staub, H.W., Mardones, B. and Shah, N. *Dietary Fibre*. Ed. G.G. Bircht, K.J. Parker. Applied Science Publishers, London, 1983. p.p. 37-60.
- 42.-Tasman, C.J. 1980. Effects of Dietary Fiber on the Structure and Function of the Small Intestine. *Medical Aspects of Dietary Fiber*. p.p. 67-74.
- 43.-Tortora, G.J. y Anagnostakos, N.P. *Principios de anatomía y fisiología*. Ed. Harla. 3a. ed. México. 1984. p.p. 725-783.
- 44.-Vahouny, V.G. 1982. Dietary Fibers and Intestinal Absorption of Lipids. *Dietary Fiber in Health and Disease*. p.p. 203-227.
- 45.-Walker, A.R.P. and Burkitt, D.P. 1982. Plant Fiber Intakes in the Pediatric Diet. *Pediatric*. 69(1): 130-131.
- 46.-Weaver, L. T. and Lucas, A. 1987. Upper intestinal mucosal proliferation in the newborn Guinea pig: Effect of composition of milk feeds. *Pediatr Res*. 22:675-678.
- 47.-Young, A. E., Cipletti, A. L., Winborn, W. B., Taylor, B. J., Weser, E. 1980. Comparative study of nutritional adaptation to defined formula diets in rats. *American J. Clinical Nutr.* 33:2106-2118.