



Universidad de Guadalajara

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS.**

**ANÁLISIS MORFOLÓGICO Y SEMICUANTITATIVO
DEL INTESTINO DE RATA POR EFECTO DE DIETAS
ALTAS EN LÍPIDOS Y FIBRA DIETARIA**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

ALFREDO PEÑA GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN. C. ESTHER ALBARRAN RODRIGUEZ

ASESOR DE TESIS:

DRA. MERCEDES GONZALEZ HITA

ZAPOCAN, JAL., FEBRERO DE 1996.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS

ANÁLISIS MORFOLÓGICO Y SEMICUANTITATIVO DEL INTESTINO DE RATA POR
EFECTO DE DIETAS ALTAS EN LÍPIDOS Y FIBRA DIETARIA.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

ALFREDO PEÑA GONZALEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN C. ESTHER ALBARRAN RODRIGUEZ

ASESOR DE TESIS:

DRA. MERCEDES GONZALEZ HITA

ZAPOPAN, JALISCO. FEBRERO DE 1996.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS Y A LA VIRGEN MARIA POR PRESTARME VIDA.

A MIS PADRES Y MIS HERMANOS POR TODO SU APOYO, CARIÑO Y COMPRENSION
A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA POR OFRECERME SUS CONOCIMIENTOS.
A LA MAESTRA ESTHER ALBARRAN Y USTED MAESTRO GERARDO POR HABERME
DADO ESTA GRAN OPORTUNIDAD.

A MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS DE CLASE POR INDICARME EL CAMINO.
A LAS PERSONAS CON QUIEN TRABAJE EN PURINA, PROMOVENTAS Y MUY EN
ESPECIAL A TODO EL PERSONAL DEL RANCHO COFRADIA POR SOSTENER MI
CARRERA.

A TI CLAUDIA POR SOPORTARME Y DARME MUCHOS MOMENTOS MUY FELICES EN
MI VIDA.

A TODOS AQUELLOS QUE DE ALGUNA MANERA INFLUYERON EN MI PROFESION Y A
TODOS LOS QUE ME DESALENTARON DE LA MISMA...

A LOS PRESENTES LES DEDICO MI TRABAJO Y ESFUERZO.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	X
INTRODUCCION.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
JUSTIFICACION.....	10
HIPOTESIS.....	11
OBJETIVOS.....	12
MATERIAL Y METODOS.....	13
RESULTADOS.....	17
DISCUSION.....	42
CONCLUSIONES.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	60

RESUMEN

Existen estudios experimentales que indican que ciertos componentes de la dieta modifican la morfología intestinal, además recientemente se ha sugerido que tanto la FD como los lípidos presentan un efecto sinérgico con cambios estructurales en intestino. Con la finalidad de analizar los cambios morfométricos de la mucosa intestinal por el consumo de dietas altas en lípidos y la subsecuente incorporación de fibras dietarias (FD) se utilizaron 42 ratas Swiss-Wistar machos, 21-25 días de edad, 110 ± 20 g. de peso inicial. Los animales se dividieron en 6 grupos. El estudio se desarrolló en dos fases: en la primera con duración de 16 días los animales recibieron una dieta hipercolesterolemica (HC) (1% colesterol y 15% de manteca vegetal), excepto el grupo control alimento comercial (C). En la segunda fase (30 días), los grupos recibieron diferentes dietas: comercial (C), basal + colesterol (BC), BC + fibra de avena (FA), BC + fibra de maíz ácida alcalina (FMAA), Y BC + fibra de maíz ácida alcalina extrusada (FMAAE). La fibra se incorporó al 7%. Al finalizar la prueba se sacrificaron los animales, se obtuvieron segmentos de yeyuno, ciego y colon, de 5 ratas por grupo, para procesar histológicamente segmentos representativos, obtener cortes, teñir con HE y PAS y proceder al estudio morfométrico. La mayor ganancia de peso corporal fue para el grupo HC (6.97 g). El peso del TGI fue mayor en el grupo C. El consumo de alimento presentó un valor de 18-21 g. sin diferencias importantes por efecto de los tratamientos. Se encontraron cambios importantes en el número de vellosidades y criptas, longitud de vellosidades y profundidad de criptas en las regiones intestinales analizadas y no así para el número y proporción de células columnares y caliciformes. En terminos generales el grupo C presentó valores menores. Los datos relevantes fueron: el mayor número de vellosidades (18.7/mm) fue para el grupo BC, la mayor longitud de vellosidades (472.91 μ m) para la FMAAE, el mayor número y profundidad de criptas (36.88/mm y 206.24 μ m) para la FA, y los cambios, no significativos, en la proporción de células columnares para la dieta BC (83.8/250 μ m) y células caliciformes (15.52/250 μ m) para la FMAAE. Los datos anteriores permiten establecer que tanto los lípidos como diferentes tipos de fibras causan cambios importantes en la morfología del tracto intestinal, además para algunos de los parametros se encontró un efecto regresivo por la incorporación de fibra a la dieta.



INTRODUCCION.

Desde hace 43 años el término fue publicado por Hipsley, quien utilizó la palabra "fibra dietaria" como evidencia epidemiológica del efecto protector contra la toxemia de la gestación por dietas ricas en paredes celulares de plantas (46, 47, 48).

Entre los componentes de la fibra dietaria se encuentran la celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina, pectinas, gomas, mucilagos y silice; elementos principales de la pared celular de plantas, sin embargo no todos estos componentes se encuentran en la totalidad del organismo vegetal (47, 50).

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 (46, 47, 49).

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 (50, 51).

Entre los efectos atribuibles a la FD se encuentra proteger contra enfermedades como: afecciones cardiacas, cáncer de colon, diverticulosis del colon, arterioesclerosis, frecuencias de hemorroides e hiperglicemia (5, 7, 24, 48, 54).

Evidencias de lo anterior se confirman en países africanos ya que al ser pueblos que consumen dietas altas en fibra (cereales) no presentan dichas lesiones que la población de países industrializados tiene (46, 50, 55).

Las propiedades de la fibra dietaria varían según su composición y origen. 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 enlaces β -glucosídicos (46, 47, 48, 50, 51).

Existen reportes que indican que debido a sus propiedades físicas y químicas algunas fibras son capaces de unirse a compuestos tales como ácidos biliares, algunas sales, agua, triglicéridos y colesterol; disminuyendo así su absorción intestinal (7, 11, 29, 36, 47, 52).

El colesterol ha sido motivo de alarma al atribuirle la responsabilidad de las afecciones coronarias y el cáncer del colon. Este compuesto es precursor de todos los esteroides que se sintetizan en el organismo, es un lípido derivado de los anillos del ciclopentanoperhidrofenantreno; típicamente es un producto del metabolismo animal (33, 41, 57).

Entre las muchas funciones del colesterol están: formar parte

de las paredes celulares, colaborar en la producción de hormonas sexuales, generar vitamina D, colaborar en la formación de jugos gástricos y formar parte de la protección de fibras nerviosas (34, 57).

Del total de colesterol que produce el organismo la mayor parte se encuentra presente en la sangre y en los tejidos, de esa cantidad aproximadamente 0.3 grs/día se suministran en la dieta; en ocasiones el colesterol se halla en la grasa saturada, pero no en grasas vegetales (34, 57).

El consumo de dietas ricas o altas en lípidos da como resultado afecciones cardiacas, arteriosclerosis, la aparición de cáncer y problemas necróticos a nivel de tejido adiposo (26, 41, 54).

El hígado controla la cantidad de colesterol circulante en sangre; sin embargo, la excesiva ingestión de este compuesto no puede ser regulada (7, 34, 57).

Algunos estudios han mostrado que los alimentos ricos en fibra, especialmente la que se encuentra en las frutas, verduras, legumbres y cereales, tienden a disminuir el colesterol en sangre (46, 47, 57).

Sin embargo es importante mencionar que los componentes de la

dieta y otros factores externos influyen sobre el tracto gastrointestinal modificando su estructura morfológica y fisiología (47, 52).

El intestino de los mamíferos se divide en intestino delgado (duodeno, yeyuno e ileon) y en intestino grueso (ciego, colon, recto y ano). En ambos el epitelio es columnar simple con un borde estratificado. Las células caliciformes aparecen por debajo de las células columnares. Su disposición incrementa en número de la parte anterior a la posterior, donde la mayor concentración de estas se sitúa en el intestino grueso (2, 3).

Las vellosidades están confinadas en el intestino delgado de los mamíferos; tienen forma de dedos y están alargadas. Hacia la base de las vellosidades están invaginaciones del epitelio conocidas como criptas de Lieberkühn que son glándulas intestinales (2, 3).

Una conformación tubuloacinar de glándulas submucosas (glándulas de Brünner) aparecen entre la mucosa y en ocasiones se extienden dentro de la lámina propia del duodeno (en cerdos, caballos y bovinos se introduce en el yeyuno). Acumulos de nódulos linfáticos (placas de Peyer) están presentes en la lámina propia y en la submucosa del intestino delgado y en especial del ileon (2, 3).

Una muscularis mucosae constituida por dos capas de músculo liso (una interna circular y otra externa longitudinal), separa las criptas por debajo de la submucosa; en seguida una capa de tejido conectivo laxo. La última pared de los intestinos esta compuesta de una capa muscular externa formada por músculo liso y una serosa de tejido conectivo aerolar denso (2, 3).

La mucosa del intestino grueso presenta una superficie plana, las vellosidades están ausentes y las criptas son más alargadas que las del intestino delgado. Bandas planas (taenia coli), de músculo liso y fibras elasticas acomodadas longitudinalmente aparecen en el colon del caballo y el cerdo; estructura similar (taenia cecii), aparece en el ciego. El recto es la porción terminal que se conecta al ano y ambos estan lineados por un epitelio escamoso estratificado no queratinizado, que tiende a queratinizarse en la porción posterior del canal anal continuado por piel y pelo. Glándulas anales tubuloacinosas se encuentran presentes en la submucosa y muscular del canal anal en carnivoros y cerdos (2, 3).

El intestino delgado en general tiene la función más importante del aparato digestivo, ya que es la porción donde se absorben la mayor cantidad de líquidos, electrolitos y nutrientes en general. Su actividad secretora (enzimas, hormonas) y su capacidad de absorción permite modificaciones para aumentar la superficie de contacto y asegurar que las enzimas digestivas entren en contacto con el alimento (3, 8, 45, 47).

En la rata el intestino delgado se divide en tres segmentos; duodeno, yeyuno e ileon. Este intestino delgado como el de los demás mamíferos en general se extiende desde el orificio pilórico, en donde se une al estómago, hasta la unión ileocecal. El intestino grueso 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 linfóide (45). En el colon se absorben agua, sales minerales y vitaminas; el ciego por su parte comparte las mismas funciones además de ser una cámara fermentadora que aloja gran cantidad de microflora y que absorbe ácidos grasos volátiles (AGV) (3, 45).

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 (7, 46, 47, 49, 51, 55).

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 (47, 50).

Las paredes celulares de frutas y vegetales son atacadas extensamente por la microflora (incluso esta llega a sufrir cambios

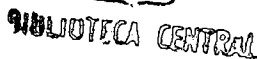
en su composición), así, los residuos fecales contienen sólo fragmentos de tejidos y semillas lignificadas junto con tejidos cutinizados aunque, la degradación de la pared celular depende del grado de lignificación (47, 51).

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, incrementa la excreción fecal de la grasa, es importante para la producción de energía (A.G.V.) y favorece el crecimiento del intestino delgado y colon (47, 52).

Cuando se hacen estudios de efectos de dieta o componentes de la dieta para medir las concentraciones del colesterol sérico, es importante usar un modelo animal que reaccione a los lípidos dietarios en forma similar a los cerdos o a la población humana: los roedores, en especial la rata; son un ejemplo adaptado de este tipo de experimentos (7, 8, 11, 24, 54, 55).

Dentro de los modelos experimentales utilizados se han usado una gran variedad de fibras (fibra de trigo, salvado de trigo, hojuelas de avena y de soya, alfalfa, etc.), al igual que sus componentes (celulosa, pectina, citosina y gomas); las cuales han dado lugar a importantes avances en el conocimiento del tracto gastrointestinal y en el mejoramiento de la salud animal (5, 7, 9,

11, 24, 36, 55).



Para poder determinar estos efectos los científicos se han ayudado con el uso de diversos tipos de grasas tanto vegetales como animales (24, 41, 54). Al igual que el porcentaje para las fibras dietarias, 7-15% en la dieta (7, 11, 24, 36).

Los efectos de la fibra dietaria que han sido registrados en la literatura reportan importantes cambios morfológicos en la porción distal del duodeno; porción media y distal del Yeyuno; en el ileon y en la porción distal del intestino grueso (Ciego y Colon) (7, 9, 16, 24, 36, 47, 55).

Los cambios microscópicos son observados a nivel de vellosidades donde se contempla su regeneración, alargamiento e incluso engrosamiento; a nivel de criptas existe poco desarrollo, sin embargo, de aquí proceden las células que remplazan a las del epitelio regenerado; cambios ultraestructurales en las microvellosidades; aumento en la actividad de las células caliciformes (producción de mucina) y cambios en la constitución de la microflora (7, 9, 24, 36, 55).

Por lo anteriormente señalado es importante realizar estudios para aumentar el conocimiento de los cambios morfológicos en el intestino de la rata por efecto de inclusión de lípidos y fibra en la dieta.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el entorno pecuario existen un gran número de dietas que contienen diversas grasas animales y vegetales, así como diversos contenidos de fibras; las cuales son transformadas por los animales para formar parte de su estructura corporal y como fuente de energía alterna. Existen evidencias en rata, cerdo y ratón; de que diversos factores externos como la composición de la dieta y su presentación, modifican de manera significativa la estructura y morfología del tracto gastrointestinal.

Por lo anteriormente señalado resulta importante analizar los cambios morfológicos del intestino (yeyuno, ciego y colon), por efecto de la dieta (lípidos y fibra), utilizando a la rata como modelo biológico y experimental, ya que se conoce que del 60-70% de los hallazgos son aplicables a otros monogástricos incluyendo al hombre.



JUSTIFICACION.

La importancia del presente trabajo radica en la descripción y cuantificación de la morfología intestinal de la rata y su relación con el alimento (lípidos y fibra), ya que el aparato digestivo de este mamífero al igual que el de otras especies como el cerdo, humano y ratón; es capaz de adaptarse a las diversas dietas consumidas. Un aspecto importante consiste en que este modelo experimental al pertenecer a un animal monocavitario permite obtener información comparable con las especies anteriormente mencionadas.

Una vez establecida la relación dieta (lípidos y fibra) y cambios morfológicos en intestino, servirá para buscar alternativas en la modificación de dietas para la reducción de la absorción de lípidos con los beneficios posteriores.

Además, básicamente obtener un adelanto en la investigación morfo-fisiológica del tracto gastrointestinal al adaptarse a dietas altas en lípidos y fibras.

HIPOTESIS.

Si el intestino es capaz de adaptar su morfología de acuerdo con las dietas que consume el individuo, las dietas ricas en lípidos y fibras dan como resultado un cambio en la estructura intestinal; entonces, al incluir el 16% de lípidos y 7% de fibra en la dieta se encontrarán modificaciones evidentes en mucosa y epitelio intestinal.

OBJETIVOS GENERALES.

1.-Analizar los cambios morfológicos del intestino sometido a una dieta alta en lípidos y fibra.

2.-Determinar los cambios morfológicos por inclusión de fibra dietaria en una etapa posterior al suministro de una dieta alta en lípidos.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1.-Describir la morfología del intestino delgado y grueso de ratas alimentadas con dietas altas en lípidos y fibra, y a la relación entre estos dos factores.

2.-Determinar el número y longitud de vellosidades; número y profundidad de criptas; así como el número de células columnares y caliciformes (Yeyuno, Ciego y Colon).

3.-Establecer cual de las fibras dietarias produce cambios significativos en la morfología intestinal.

MATERIAL Y METODOS.

El presente trabajo se desarrolló en los Deptos. de Salud Pública y Medicina Veterinaria, División de Ciencias Veterinarias del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, en conjunto con el Lab. de Investigación del Centro Universitario de Ciencias de la Salud, de la Universidad de Guadalajara.

El estudio se dividió en dos etapas experimentales:

I FASE EXPERIMENTAL.

Se utilizaron 42 ratas macho de la cepa Swiss-Wistar de 21-25 días de edad, recién destetadas y de un peso aproximado de 110 ± 20 g. Los animales se dividieron en 6 grupos: uno control (alimento comercial) y 5 experimentales para reproducir un fenómeno de acumulo de lípidos, los grupos experimentales recibieron durante 16 días una dieta hipercolesterolemica (1% de colesterol y 15% de grasa vegetal) (cuadro # 1). Al final de esta fase se sacrificó el grupo IV para control hipercolesterolemico (HC).

II FASE EXPERIMENTAL.

Inmediatamente después se incluyó la fibra a la dieta en la siguiente relación:

Grupo I Control Alimento Comercial (C)

Grupo II Dieta Basal + Colesterol (BC)

Grupo III BC + Fibra de Avena 7% (FA)

Grupo V BC + Fibra de Maíz Acida Alcalina 7% (FMAA)

Grupo VI BC + Fibra de Maíz Acida Alcalina Extrusada 7%
(FMAAE)

Se les suministró el alimento durante 30 días y se registró el peso corporal y alimento ingerido para ambas fases experimentales.

La fibra de maíz fue proporcionada por el Depto. de Ciencias de los Alimentos, Universidad de Illinois, Urbana Illinois; que realiza diversos tratamientos físico-químicos experimentales en la fibra de maíz. El resto de ingredientes se obtuvo de la casa comercial ICN (cuadro # 1).

Al término de la segunda fase experimental (dieta con fibras), los animales fueron sacrificados, inmediatamente después se practicó una laparatomía media abdominal extrayendo el tracto gastrointestinal completo para registrar su peso.

Para el estudio estructural se utilizaron 5 ratas por grupo y se separaron las regiones del yeyuno, ciego y colon, de la parte media de los segmentos se obtuvieron muestras que se lavaron con 3 cambios rápidos de solución salina y posteriormente se fijaron por inmersión con solución Bouin.

Después de haberse completado el tiempo de fijación se eliminaron los excesos de fijador mediante lavado con agua corriente, enseguida se seccionaron las muestras de un centímetro cúbico, posteriormente se deshidrataron los fragmentos de tejido en series crecientes de etanol, se aclararon con xilol para inclusión 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 sera en un sentido longitudinal y transversal, ya que de ésta forma se observó el arreglo del tubo intestinal en su mayor extensión. Para la tinción de los cortes se utilizarón las técnicas de Hematoxilina-Eosina y PAS (30). Las muestras se observarón en un microscopio Zeiss y se seleccionó el material para el estudio descriptivo de las tres regiones del intestino.

El estudio cuantitativo se realizaró en un microscopio lineal (Zeiss CPL W10/18) y con ayuda del objetivo 10X y 40X (13), se cuantificarón longitud y número de criptas como de vellosidades por mm. de intestino así tambien el número de células columnares y caliciformes por cada 250 μm lineales. Como parametros normales se utilizarón aquellos del grupo control.

Para el análisis estadístico se realizó una prueba de varianza completamente aleatoria y en los casos con diferencias significativas se aplicó una prueba de Duncan a un nivel de 0.05 (41).

CUADRO # 1

INGREDIENTES DE LA DIETA (%)

INGREDIENTES**	BASAL+	BASAL+FIBRA+	DIETA
	COLESTEROL	COLESTERDL	HIPERCOLESTEROLEMICA
Caseína	20	20	20
Aceite de maíz	5	5	-
Manteca Vegetal*	-	-	15
Vitaminas	1	1	1
Cloruro			
de colina	0.2	0.2	0.2
DL Metionina	0.3	0.3	0.3
Minerales	3.5	3.5	3.5
Almidón	69	67.8	57.8
Celulosa	1	1	1
Colesterol	1	1	1
Ac. cólico	-	0.2	0.2
Fibra @	-	7	-

** Se obtuvieron de la empresa ICN.

* Manteca vegetal hidrogenada (ICN).

@ Cantidad de uno de los tipos de fibra experimentadas.



BIBLIOTECA CENTRAL

RESULTADOS.

PESO CORPORAL

Al finalizar la I fase el grupo HC resultó con un peso final al sacrificio de 242.5 g. Los grupos experimentales registrarón un rango de peso corporal al finalizar la I fase de 173-222 g. siendo el mayor peso para el grupo con FMAAE (222.85 g.) y el menor peso lo registró la dieta C con (173.34 g.). Con diferencias significativas entre los grupos resultarán semejantes con 208.33 g. las ratas alimentadas con la FA y la FMAA (Cuadro No. 2).

La II fase experimental tuvo un rango de pesos corporales de 287-364 g. siendo el mayor valor para el grupo alimentado con FMAAE con (364.66 g.) y el menor valor para el grupo C con (287.93 g.) (Cuadro No. 2).

GANANCIA DE PESO

En base al peso corporal y de acuerdo al número de días para los diferentes grupos, el mayor resultado obtenido para la ganancia de peso diaria fué registrado por la dieta HC con 6.97 g. y la menor cifra fue para el grupo C con 4.19 g. Los grupos restantes tuvieron diferencias mínimas mostrando un rango de 4.83 - 5.44 g. (Cuadro No.2).

PESO DEL TRACTO GASTROINTESTINAL (TGI)

Por lo que respecta al peso del TGI se observarán diferencias

mínimas, el grupo con el mayor peso del TGI fué para C con 19.80 g. mientras que resultaron semejantes con el menor peso los grupos experimentales con un rango de 16-17 g. presentando iguales valores los grupos con FMAA y HC (16.53 g.) (Cuadro No.2).

CONSUMO DE ALIMENTO

En este diseño el mayor consumo de alimento por día al finalizar la I fase experimental fue el registrado para la dieta con FMAA (20.50 g.) mientras que el menor consumo resultó de la dieta HC (18.97 g.); al grupo C se le administró la dieta ad libitum; sin embargo, su consumo fué de 20 g. (Cuadro No.3).

Para la II fase se observó que el mayor valor fue para la dieta con FMAAE con 22.67 g. mientras que el menor valor lo registró el grupo C con 20 g. (Cuadro No.3).

Al analizar los valores obtenidos para el total de alimento consumido en todo el estudio se observó que las diversas dietas resultaron semejantes sin haber mucha diferencia entre ellas, ya que su rango de consumo de alimento total fue de 18-21 g. (Cuadro No.3).

ESTUDIO MORFOLOGICO/DESCRIPTIVO

En el estudio histológico del tracto intestinal se determinó que el grupo C en ambas fases del trabajo experimental presentó un aspecto normal en el arreglo de las capas histológicas en las que la mucosa presenta células linfoides en vellosidades y criptas, dichas células presentan su forma característica rectangular; la submucosa

con proporciones normales y alojando a nódulos linfáticos; la capa muscular con aspecto característico y con un grosor moderado excepto en algunas ratas que presentaron una muscular engrosada, se presentó una reducción en el espesor de aquellas muestras con presencia de contenido intestinal. Por último, la serosa se observó como una capa delgada y en algunas muestras no se observó, sin embargo, se distinguía del tejido adiposo del mesenterio.

Por otra parte, los grupos experimentales (FMAA, FMAAE, FA, HC y BC), presentaron un aspecto normal; sin embargo, fueron ligeras las variaciones a nivel microscópico en cuanto a la proporción de células en descamación y células necróticas en el lumen intestinal, presencia de células linfocitarias tanto en mucosa, submucosa y lámina propia donde además se hacían notorios los nódulos linfoides de diversos tamaños y en algunas muestras invadían la capa muscular.

En yeyuno, para ambas etapas experimentales se observó un arreglo normal en las capas histológicas con presencia de pliegues intestinales de dimensiones variables, mucosa con características normales y presencia de vasos sanguíneos; moderado número de células linfoides (BC, FMAA y HC) ya que el resto de los grupos presentó una ligera cantidad de dichas células, ligera presencia de células necróticas en el material de descamación, excepto con la FMAA y HC, restos de fibra en el grupo C; submucosa con grosor normal y presencia de nódulos linfoides; la muscular y serosa de aspecto normal y pocas células linfoides. Las vellosidades presentaron aspecto digitiforme o de hojas (base delgada y polo

apical grueso), en los grupos BC, FA, C y HC. El epitelio columnar y las vellosidades presentaron una disposición normal y en algunos grupos (FA y HC) se observaron células más gruesas y largas. Las criptas presentaron aspecto normal con forma circular, rectangular, cúbica y predominantemente ovoide y para todos los grupos del estudio se observaron células epiteliales en diversas fases mitóticas (Figura 1, 2).

En ciego, se observó en ambas fases experimentales una disposición histológica normal con pliegues intestinales de diversas dimensiones; una capa mucosa con criptas características de esta porción intestinal (alargadas), con presencia de vasos sanguíneos, un ligero número de células linfoides excepto en la FMAA y presencia de células en necrosis con material de descamación, además de restos de fibras en el contenido intestinal; la capa submucosa de aspecto fibroso elástico excepto en los grupos BC y C donde fue ligeramente gruesa y aumentada de tamaño sólo en el grupo con FMAA; además de la presencia de nódulos linfáticos de moderado tamaño; la capa muscular con aspecto normal solo más gruesa en espesor para los grupos C, HC y BC. Las criptas presentaron aspecto normal con formas ovoides, cúbicas y predominantemente circulares y rectangulares, además de hacerse notar criptas piriformes en el grupo C. Fue ligera la cantidad de células mitóticas (Figura 3, 4).

En colon, se observaron al finalizar el estudio que las capas histológicas tuvieron dimensiones variables, siendo las capas más gruesas o moderadamente gruesas del tracto intestinal. La mucosa

con criptas alargadas de aspecto normal, presencia de vasos sanguíneos, una tendencia moderada de células linfoides, presencia de células en necrosis con material en descamación y restos de fibra; submucosa de aspecto fibroso elástico y reticular aun más notorio por su espesor en los grupos con FA y FMAA; por último, presencia de nódulos linfoides en abundancia; muscular de espesor moderado excepto para la dieta HC donde resultó ser gruesa y aun más gruesa con aspecto granuloso a reticular para el grupo C; la serosa sólo fue abundante en tejido adiposo en el grupo HC para los demás grupos resultó con morfología normal. Las criptas presentan formas ovoides, cúbicas, circulares y predominantemente rectangulares. Por último, se observó un proceso normal de descamación celular en el lumen del colon y algunos núcleos en mitosis encontrados en la porción basal del epitelio (Figura 5, 6).

ESTUDIO SEMICUANTITATIVO

NUMERO DE VELLOSIDADES

En yeyuno, al finalizar las fases experimentales el mayor número de vellosidades se encontró en el grupo EC con 18.7/mm mientras que el grupo C y la dieta HC presentaron el menor valor 12.5 y 13.3/mm respectivamente, encontrandose entre los grupos restantes valores intermedios con un rango de 12-18 vellosidades/mm de intestino delgado (Gráfica No.1).

LONGITUD DE VELLOSIDADES

En yeyuno, se observaron valores semejantes estadísticamente entre los grupos con un rango de 358-472 μm ; siendo el valor mayor el grupo con FMAAE con 472.91 μm mientras que el grupo con menor longitud y estadísticamente diferente fue el C con 358.72 μm (Gráfica No.2).

NUMERO DE CRIPTAS

En yeyuno, el mayor número de criptas se encontró en el grupo alimentado con FA (36.82/mm) mientras quien presentó el menor número de criptas fue el grupo C (28.38/mm); para los demás grupos hubo diferencias significativas parciales (Gráfica No.3).

En ciego, el valor más alto se presentó con la FMAA (26.3/mm) en tanto el menor número de criptas se observó en el grupo C (14.24/mm); mientras el resto de los grupos resultaron con diferencias entre ellos (Gráfica No.3).

En colon, los mayores valores se obtuvieron en los grupos alimentados con FMAA y con FA (31.98 y 30.66/mm respectivamente) con valor intermedio resultó la dieta BC (27.02/mm) mientras que el resto presentó un rango de 23-21 criptas/mm observandose que el grupo FMAAE fue el más bajo (21.48/mm) pero similar estadísticamente (Gráfica No.3).

Al analizar los valores en las tres regiones se observó que el mayor número de criptas se dió entre grupos experimentales (FA y FMAA), mientras que en el grupo C se registraron los valores menores excepto para el colon donde resultó más bajo el valor mostrado por la FMAAE.

Se observó en yeyuno un rango de 28-36 criptas/mm destacando el valor menor fue para el grupo C. En ciego, el rango fue de 14-26 criptas/mm el valor menor en el grupo C. Para colon, se presentaron semejanzas en dos grupos experimentales (FMAA y FA), con el mayor rango; un valor intermedio con la dieta BC y el resto de los grupos con valores más bajos; el rango general fue de 21-31 criptas/mm.

PROFUNDIDAD DE CRIPTAS

En yeyuno, la profundidad de criptas presentó diferencias importantes ($p < 0.05$) ya que el valor más alto se registró en el grupo que recibió la dieta HC (209.76 μm), en tanto, que resultaron con valores semejantes estadísticamente la dieta BC (180.5 μm) y el grupo C (167.58 μm) (Gráfica No.4).

En ciego, la profundidad de las criptas presentó valores semejantes entre los grupos experimentales, sin embargo, el mayor valor fue para la dieta con FMAA (206.15 μm), observándose un rango de 185-206 μm . El grupo con menor valor y estadísticamente diferente fue el C (128.06 μm) (Gráfica No.4).

En colon, los mayores valores para la profundidad de las criptas se presentaron en el grupo FA (265.24 μm) y la dieta HC (252.32 μm), resultando un valor intermedio registrado por la dieta BC (238.07 μm) mientras que los menores valores resultaron semejantes estadísticamente con un rango de 183-204 μm de profundidad de criptas; siendo el más bajo el observado en el grupo con FMAAE (183.54 μm) (Gráfica No.4).

Al comparar la profundidad de las criptas en las tres regiones

se observaron resultados diferentes ya que los valores más altos se dieron en grupos experimentales (HC, FMAA y FA) y los más bajos en el grupo C; caso contrario fue en colon donde el valor más bajo lo registró una dieta experimental (FMAAE).

NUMERO DE CELULAS COLUMNARES

En yeyuno, en la porción de las vellosidades se registraron valores con diferencias significativas en el número de células columnares siendo el de mayor valor el obtenido por la dieta FMAA (82.02/250 μm) y resultando el de menor valor el grupo alimentado con la FMAAE (71.32/250 μm), entre los grupos se presentó diferencia estadística (Gráfica No.5).

En yeyuno, para la porción de las criptas no hubo diferencias significativas entre los grupos experimentales y el grupo control respecto al número de células columnares; sin embargo, el grupo BC resultó ligeramente mayor (83.8/250 μm) mientras el menor número de células columnares lo presentó la FA (75.08/250 μm) (Gráfica No.6).

En ciego, se presentó una situación similar a la anterior ya que tampoco se encontró diferencia estadística resultando un ligero aumento en el número de células columnares con la FA (73.16/250 μm) mientras el menor número lo presentó la dieta HC (65.44/250 μm) (Gráfica No.6).

En colon, el grupo que mostró el mayor número de células columnares correspondió al alimentado con FMAAE seguido del grupo con FA (57.84 y 54.28/250 μm respectivamente). Se presentaron valores intermedios para los grupos C, BC y FMAA. En tanto que el

menor número fue del grupo con la dieta HC (46.42/250 μm), con diferencias significativas entre ellos (Gráfica No.6).

Se observó que en yeyuno la población de células columnares por vellosidad tuvo un rango de 71-82 células/250 μm , destacando que el menor valor fue para una dieta experimental (FMAA). Para la región de las criptas del yeyuno los valores fueron en un rango de 75-83 células columnares/250 μm destacando que el valor menor estuvo presente en la FA. En ciego, el rango fue de 65-73 células columnares/250 μm dándose el mayor valor en FA. Para el colon, se presentó diferencia estadística resultando un rango de 46-57 células columnares/250 μm encontrando en los grupos experimentales tanto la mayor (FMAAE) como la menor (HC) población celular.

NUMERO DE CELULAS CALICIFORMES

En yeyuno, en la porción de las vellosidades el valor más alto fue para el grupo C con (11.42/250 μm) mientras que el menor valor resultó de la FMAAE (6.44/250 μm), para los demás grupos también se presentó diferencias estadísticas (Gráfica No.5).

En yeyuno, para la porción de las criptas el mayor número de células caliciformes se presentó en el grupo C con un valor de 12.24/250 μm en tanto que el grupo alimentado con FMAAE registró el menor valor con 7.58/250 μm siendo semejante a la dieta BC y a FA (8.5 y 9.68/250 μm respectivamente) en los grupos restantes se presentaron valores intermedios con un rango de 10-11 células caliciformes/250 μm . Todos los grupos presentaron una ligera diferencia estadística (Gráfica No.7).

En ciego, no se encontraron diferencias significativas; hubo un ligero aumento en el número de células caliciformes por parte del grupo C (13.78/250 μm) y el menor valor se registró en el grupo con FA (10.66/250 μm) (Gráfica No.7).

En colon, se presentaron dos grupos con valores estadísticamente semejantes siendo el mayor de ellos el registrado por el grupo con FMAAE (15.52/250 μm) seguido de la dieta HC (15.2/250 μm), mientras el menor número de células caliciformes lo reportó la dieta FA (10.58/250 μm). Encontrándose entre los grupos restantes valores con diferencias significativas (Gráfica No.7).

Al analizar el número de células caliciformes en las tres regiones se observó que el mayor valor lo registró el grupo C, excepto para el colon donde el mayor valor lo presentaron dos dietas experimentales (FMAAE y HC) y para ambas regiones del intestino grueso el menor valor lo mostró la FA; excepto para la región del yeyuno donde el más bajo conteo fue para el grupo con FMAAE en ambas porciones (vellosidades y criptas).

Los rangos observados fueron de 6-11 células caliciformes/250 μm para el yeyuno porción de vellosidades; de 7-12 células/250 μm para el yeyuno en su porción de criptas; de 10-13 células/250 μm para el ciego y de 10-15 células/250 μm para el colon, donde destacan los mayores valores registrados.

**CUADRO No. 2 PESOS CORPORALES, PESO DEL TRACTO GASTROINTESTINAL
Y GANACIA DE PESO (Gramos)**

GRUPO No.	TRATAMIENTO	No. DE ANIMALES	PESO INICIAL	PESO AL FINALIZAR I FASE	PESO AL FINALIZAR II FASE	GANANCIA DE PESO DIARIA	PESO T. G. I.
I	CONTROL ALIMENTO COMERCIAL	11	95.00909 ± 11.99 d	173.3455 ± 11.35d	287.9364 ± 27.34c	4.1940	19.80909 ± 2.03a
II	DIETA BASAL + COLESTEROL	6	108.4167 ± 6.62 bc	218.8333 ± 9.82 bc	330.6667 ± 25.08 b	4.8315	17.25 ± 1.88 b
III	BASAL + FIBRA DE AVENA	6	114.3333 ± 4.19 b	208.3333 ± 10.46 c	344.6667 ± 19.42 ab	5.0072	17.85 ± 1.86 b
IV	DIETA HIPER-COLESTEROLEMICA	7	130.8572 ± 2.11 a	242.5 ± 13.23 a	VALOR NO DETERMINADO	6.9776	16.53333 ± 1.23 b
V	BASAL + FIBRA DE MAIZ ACIDA ALCALINA	6	100.8333 ± 4.57 cd	208.3333 ± 7.09 c	325.0834 ± 23.31 b	4.8750	16.53333 ± 2.48 b
VI	BASAL + FIBRA DE MAIZ ACIDA ALCALINA EXTRUSADA	6	114.3333 ± 4.19 b	222.85 ± 12.40 b	364.6667 ± 20.70 a	5.4420	17.36667 ± 0.45 b

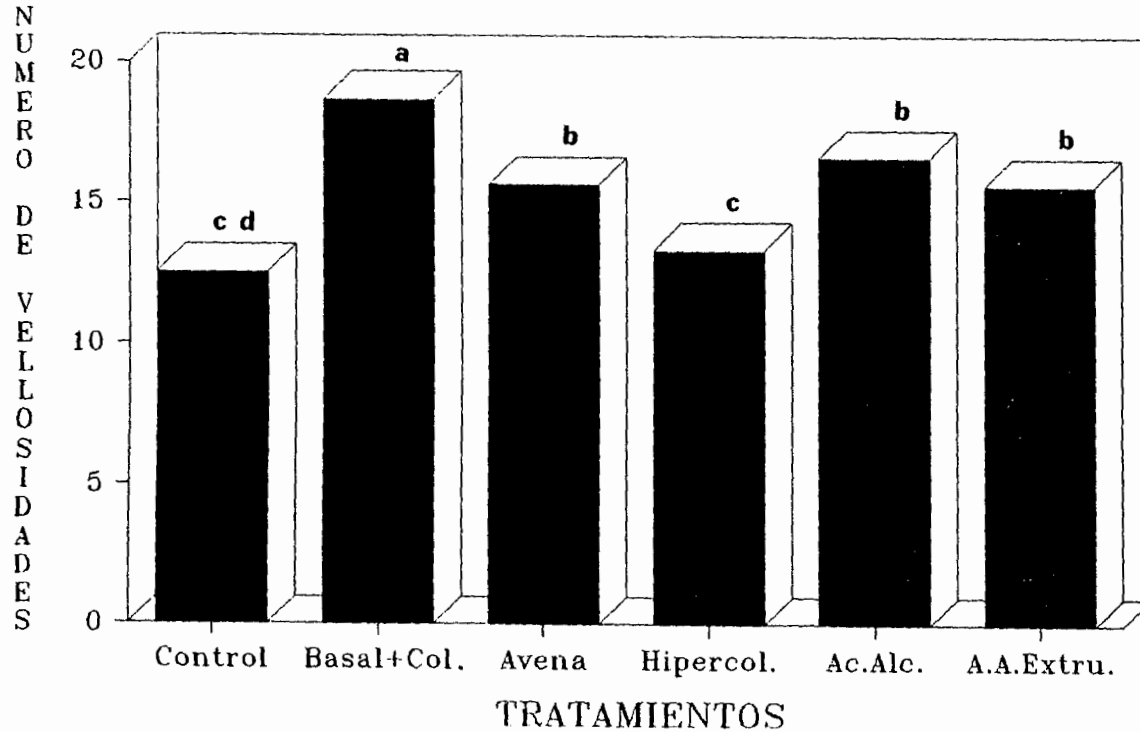
VALORES = MEDIA ± DESVIACION ESTANDAR

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

CUADRO No. 3 CONSUMOS DE ALIMENTO (Gramos)

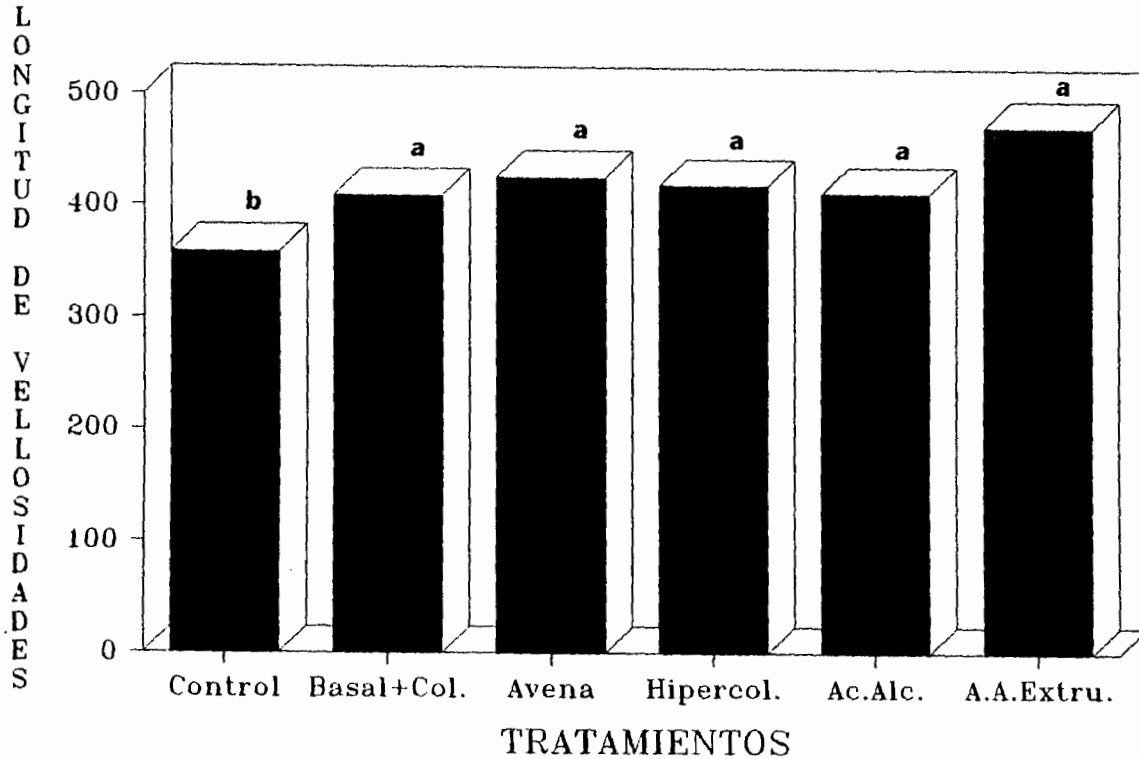
GRUPO No.	TRATAMIENTO	No. DE ANIMALES	I FASE		II FASE		CONSUMO TOTAL	CONSUMO RATA / DIA
			CONSUMO POR FASE	CONSUMO RATA / DIA	CONSUMO POR FASE	CONSUMO RATA / DIA		
I	CONTROL ALIMENTO COMERCIAL.	11	3,520	20	6,600	20	10,120	20
II	DIETA BASAL I- COLESTEROL.	6	1,914.6	19.90	3,687.2	20.48	5,601.8	20.29
III	BASAL I- FIBRA DE AVENA	6	1,860.8	19.38	3,792.2	21.06	5,653	20.48
IV	DIETA HIPER COLESTEROLEMICA	7	2,125.5	18.97	VALOR NO DETERMINADO	VALOR NO DETERMINADO	2,125.5	18.97
V	BASAL I- FIBRA DE MAIZ ACIDA ALCALINA	6	1,972.2	20.50	3,750.7	20.83	5,722.9	20.73
VI	BASAL I- FIBRA DE MAIZ ACIDA ALCALINA EXTRUSADA	6	1,940.4	19.02	4,080.6	22.67	6,021	21.81

GRAFICA No. 1 NUMERO DE VELLOSIDADES
POR mm DE YEYUNO



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

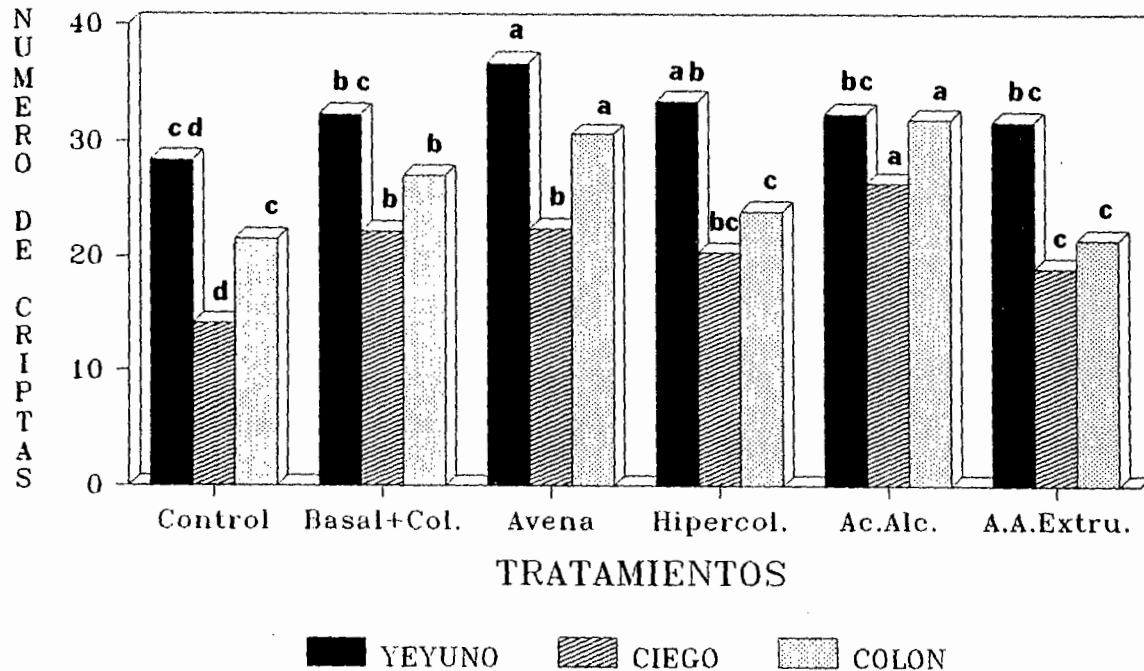
GRAFICA No. 2 LONGITUD DE VELLOSIDADES
(um) EN EL YEYUNO



a,b INDICAN DIFERENCIA
SIGNIFICATIVA ($p < 0.05$)

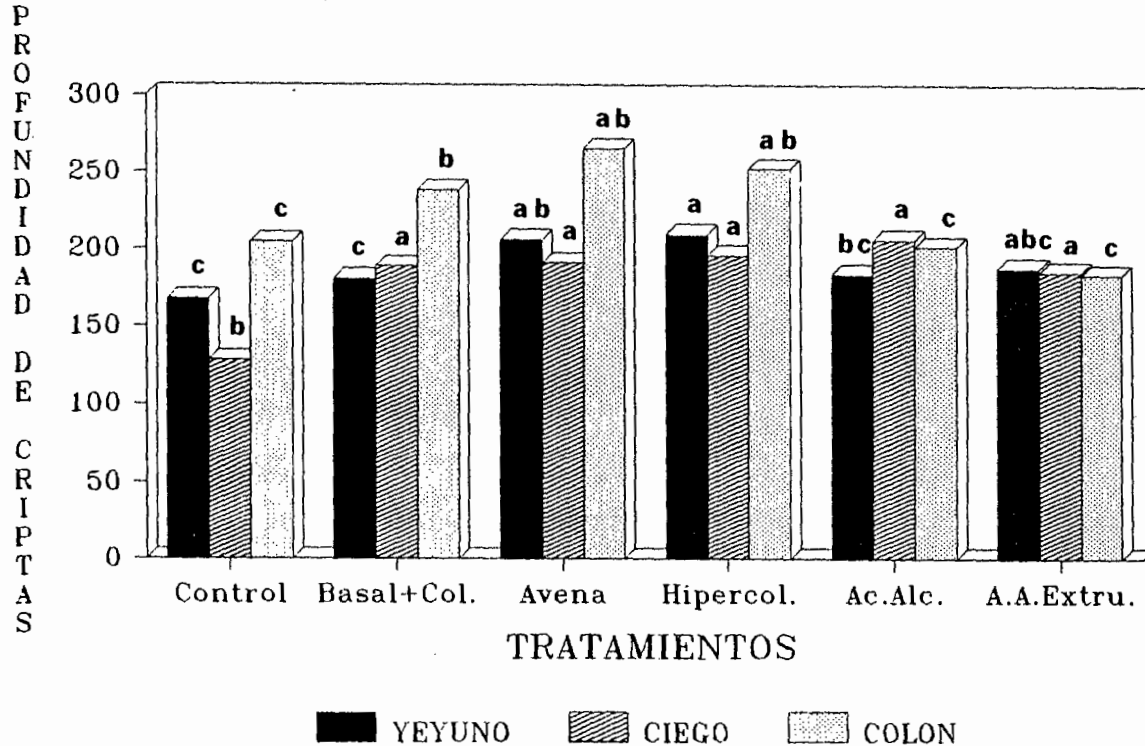
BIOTICA CENTRAL

GRAFICA No. 3 NUMERO DE CRIPTAS
POR mm EN EL INTESTINO DE RATA



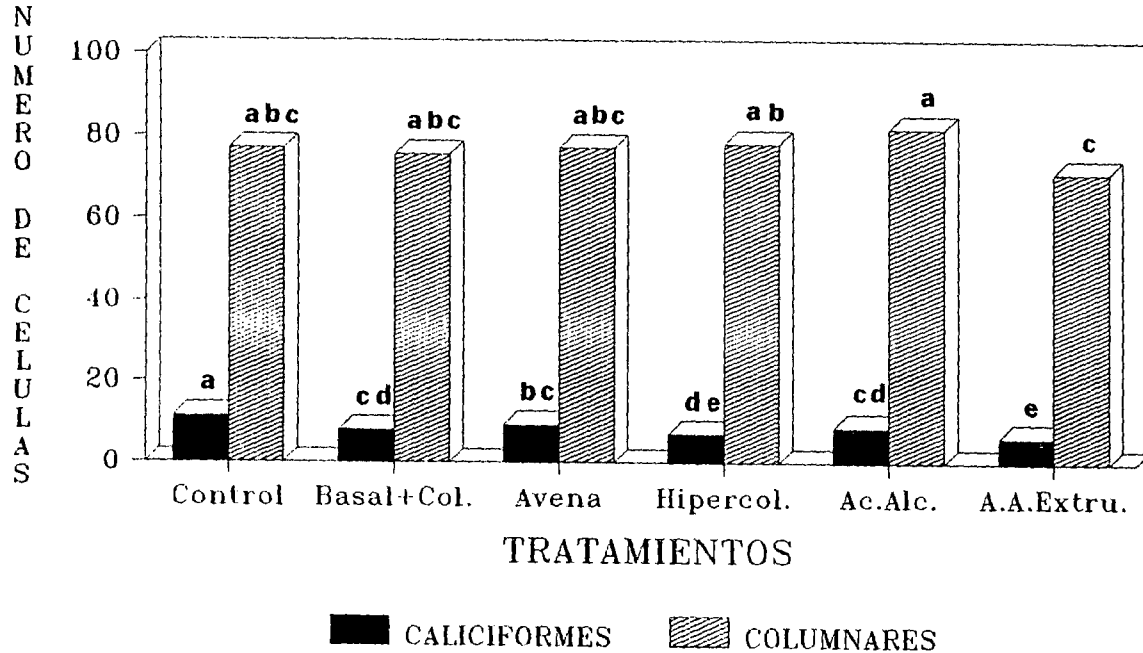
a,b,c,d INDICAN DIFERENCIA
SIGNIFICATIVA ($p < 0.05$)

GRAFICA No. 4 PROFUNDIDAD DE CRIPTAS
(um) EN EL INTESTINO DE RATA



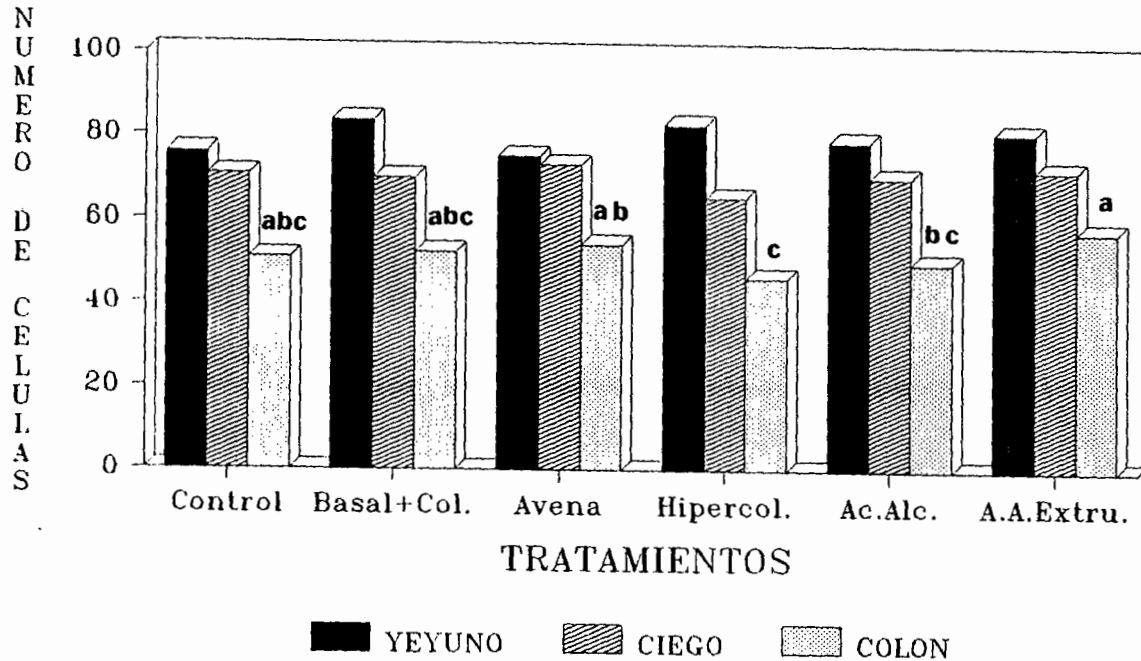
a,b,c INIDICAN DIFERENCIA
SIGNIFICATIVA ($p < 0.05$)

GRAFICA No. 5 NUMERO DE CELULAS
COLUMNARES Y CALICIFORMES POR 250 um
EN VELLOSIDAD (YEYUNO)



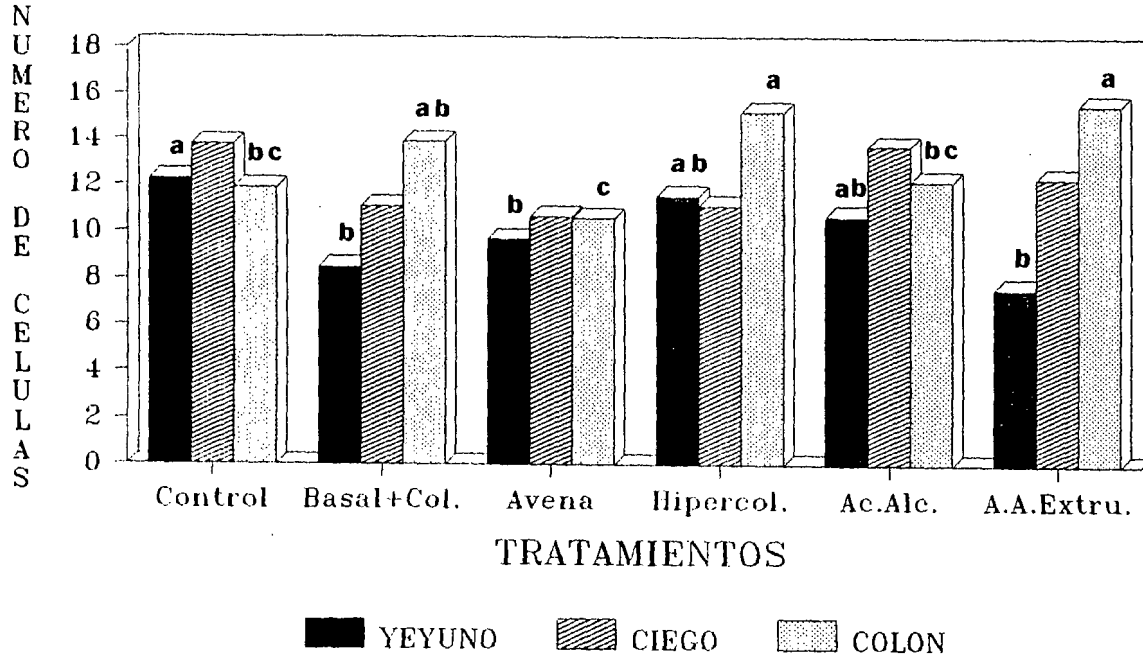
a,b,c,d,e INDICAN DIFERENCIA
SIGNIFICATIVA ($p < 0.05$)

GRAFICA No. 6 NUMERO DE CELULAS
COLUMNARES EN 250 μ m DE CRIPTA
EN EL INTESTINO DE RATAS



a,b,c INDICAN DIFERENTE
SIGNIFICATIVA ($p < 0.05$)

GRAFICA No. 7 NUMERO DE CELULAS
CALICIFORMES EN 250 μ m DE CRIPTA
EN EL INTESTINO DE RATAS



a,b,c INDICAN DIFERENTE
SIGNIFICATIVA ($p < 0.05$)

Figura 1

Fotografía de yeyuno de rata que recibió fibra de maíz ácida alcalina extrusada en la dieta. Se observan vellosidades (**V**) de forma característica (digitiforme), población caliciforme (\longrightarrow) y columnar (\oplus), así como diversas células linfoides (\blacktriangledown) y lamina propia en el centro de las vellosidades (**LP**). HE. 480X

Figura 2

Imagen de la zona de criptas del yeyuno de rata control alimento comercial donde resulta evidente el número de células en mitosis (\blacktriangleright), así como la población característica columnar (\oplus) y caliciforme (\longrightarrow). HE. 538X

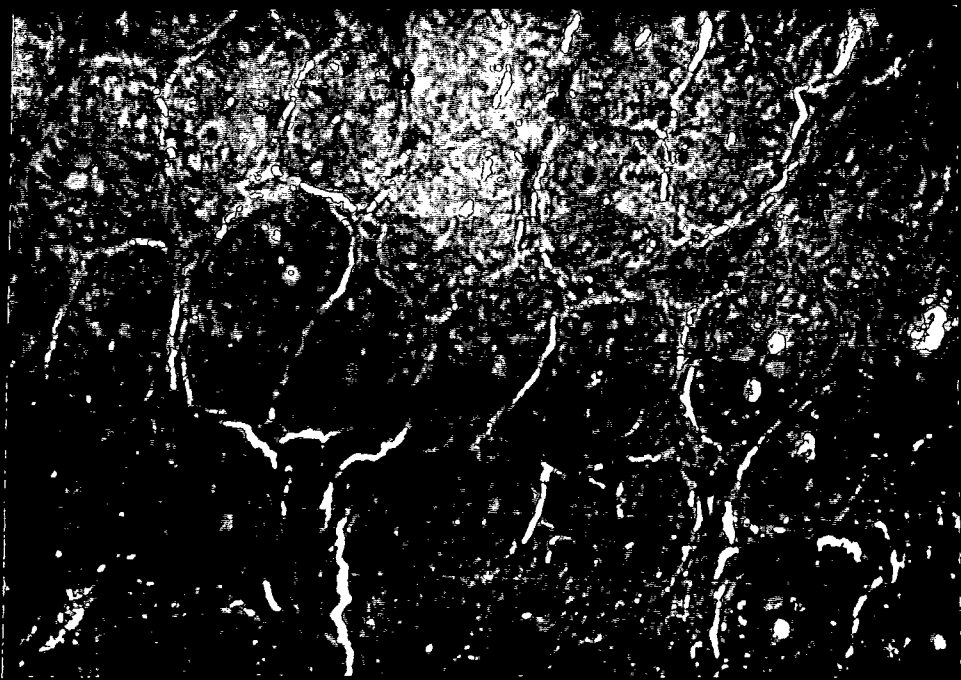
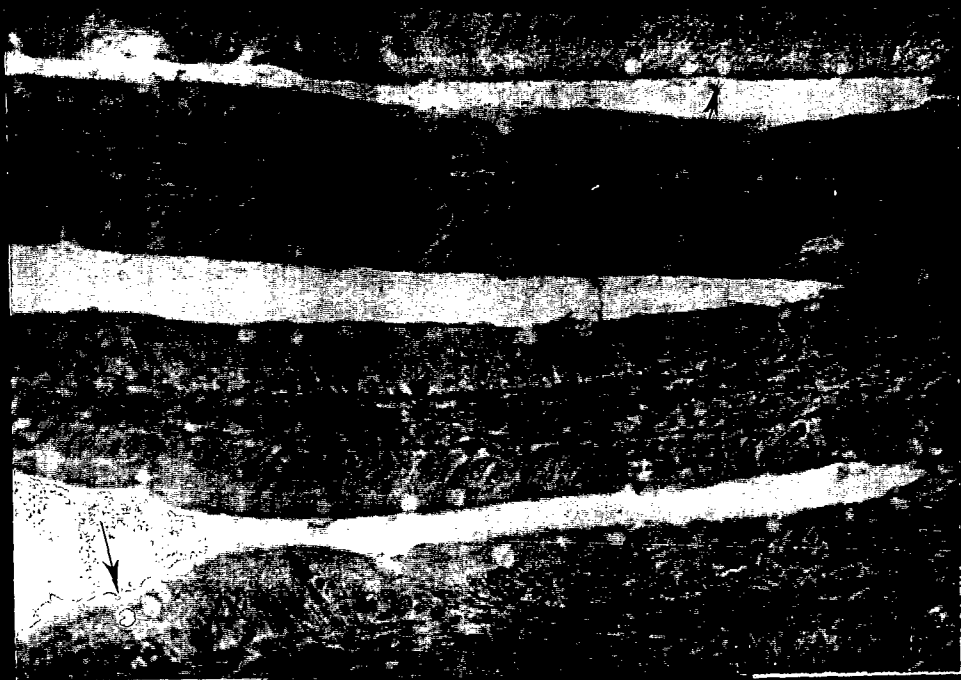
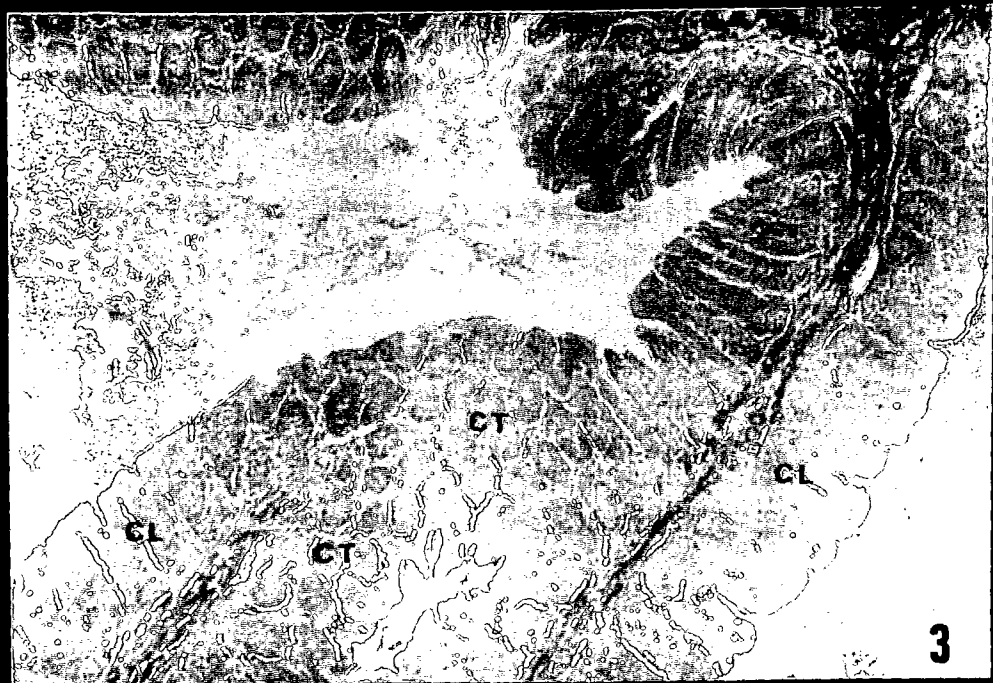


Figura 3

Panorámica de la mucosa de rata experimental (fibra de maíz ácida alcalina extrusada) donde se observan pliegues (**P**) con criptas tanto longitudinales (**CL**) como transversales (**CT**). HE. 213X

Figura 4

Imagen de ciego de rata que recibió fibra de maíz ácida alcalina en la dieta. Se observa la mucosa con criptas (**C**) características, así como células columnares (**⊕**) y caliciformes (**→**). HE. 580X



3

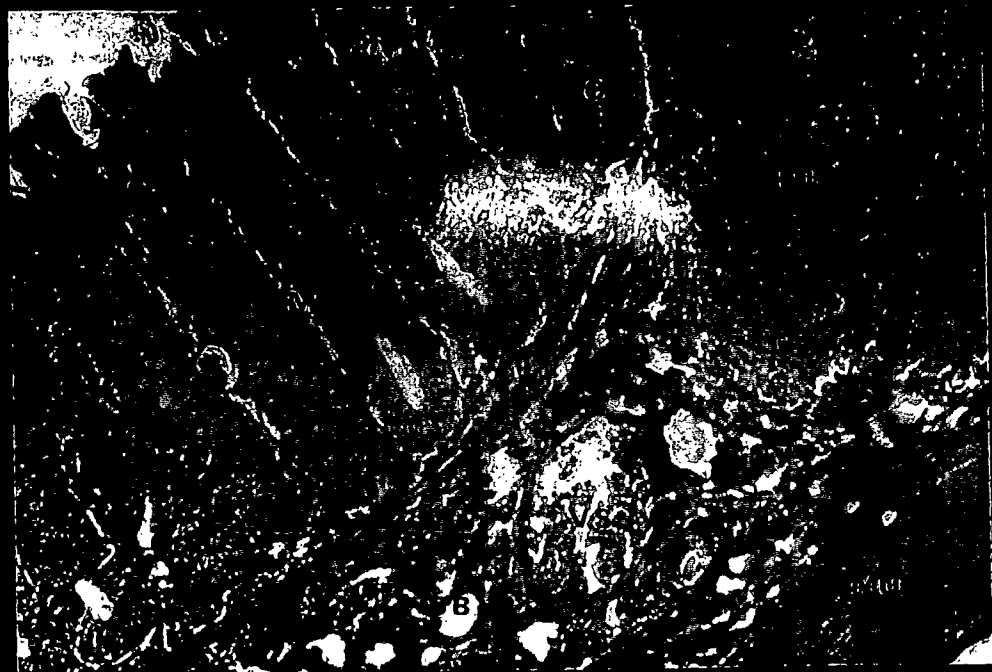


Figura 5

Fotografía de colon de rata que recibió la dieta con fibra de maíz ácida alcalina. Se observaron las capas intestinales con arreglo característico: mucosa (**M**), submucosa (**SB**) y muscular (**MU**), además se distinguen vasos sanguíneos (**VS**), nodulos linfoides (**NL**) y criptas (**C**) con población característica. HE. 300X

Figura 6

Imagen de colon de rata del grupo control alimento comercial donde se observa la parte media y superior de las criptas (**C**), con células en proceso de descamación (**▼**), acúmulo de células necróticas (**★**) en el lumen intestinal. HE. 400X



DISCUSION.

Para el presente trabajo se obtuvieron muestras de intestino de ratas alimentadas con dietas formuladas de acuerdo a los requerimientos para la especie (25).

En terminos generales, se observó un adecuado peso corporal y ganancia de peso ya que se cubrieron los requerimientos de energia y aminoácidos, ésto permite controlar las funciones orgánicas y el crecimiento del animal, no se encontro efecto adverso de la fibra en este lapso de tiempo, algunos autores indican que se debe controlar la inhibición en la absorción energética por parte de la fibra (4, 21, 25, 53).

En el presente estudio para contar con valores de referencia de animales alimentados con altos niveles de lípidos (HC), fue necesario su sacrificio a los 16 dias, periodo en el cual no se exhibe un balance negativo en su comportamiento (10, 15, 56).

En este estudio se empleó a la rata como modelo animal (biológico) ya que posee características morfo-fisiológicas de importancia en medicina comparada, representando esta última una de las muchas áreas de la salud pública veterinaria (15, 19, 21, 39, 43, 56).

Es importante determinar que cepa de rata utilizar, en un estudio nutricional, ya que existen ratas con tendencia a formar colesterol endogeno a partir de la dieta (Sprague-Dawley ExHC) y así desarrollar una hipercolesterolemia endogena, por lo que se

podrían alterar los resultados esperados, además se debe controlar el tiempo de administración de las dietas modificadas para no provocar daños patológicos al animal (20).

Para el presente estudio resultaron significativos los datos obtenidos para los grupos que recibieron las fibras, el mayor peso corporal lo registró la FMAAE (364.6 g.) y el menor peso fue para el grupo C (287.9364 g.), valores semejantes se han encontrado en estudios anteriores (14, 35).

Estos resultados no coinciden con la literatura, ya que en un estudio realizado por Tasman-Jones y col. se encontró que el grupo alimentado con la dieta control (comercial, Purina Chow) presentó el mayor peso corporal a diferencia de los grupos alimentados con dietas experimentales (56).

En cuanto a la ganancia de peso, se encontró que los valores más altos corresponden a las dietas experimentales con un rango de 4.8 - 6.9 g.). Ganancias de pesos similares han sido publicados por otros trabajos con diferentes ingredientes y similares períodos de prueba: Pell, J.D. y col. en ratas Wistar macho de 160 g. de peso inicial y con diferentes niveles de inclusión de aceite de maíz (4 y 8%) encontraron un peso corporal de 316 y 343 g. respectivamente en 28 días de prueba y ganancias de peso de 5.571 y 6.535 g. respectivamente (40). Tasman-Jones y col. publicaron ganancia de peso de 5.753 g. en un estudio con duración de 12 semanas (56).

Por lo que respecta a la ganancia diaria de peso, era de esperarse el valor registrado por la HC (6.97 g.), ya que se ha encontrado que con aumento en la inclusión de lípidos en la dieta,

aumenta la ganancia de peso como se demuestra con diversos trabajos realizados con ratas alimentadas a base de dietas control y un porcentaje considerable de lípidos. Las ganancias de peso fueron de 2.721 g. con 5% de lípidos (15); 3.357 g. (21), 6.5 g. (22) y 5.471 g. con 8% (6) y de 5.92 g. con 14.3% (58).

En el presente estudio al analizar el peso del TGI se encontró un rango de 16-19 g. donde el menor peso se presentó en los grupos con HC y FMAA (16.53 g.), mientras que el grupo C tuvo el mayor peso 19.8 g.

Valores semejantes se han obtenido en estudios previos realizados en el Depto. de Salud Pública, Div. Ciencias Veterinarias del C.U.C.B.A. (14, 35); sin embargo en la literatura no se menciona dicho parámetro. Las mediciones realizadas son en base a segmentos específicos del TGI así por ejemplo Lundin, J.E. y col. realizaron un estudio con diferentes niveles de inclusión de fibra entre ellas la de avena (12%) y dieta baja en fibra (< 0.5%), donde encontraron un peso del intestino delgado de 1.01 y 1.20 g. respectivamente después de un tiempo de administración de las dietas de 6 semanas en hamsters (32).

Otro estudio presentado por Yoshioka, M. y col. quienes revisaron durante 52 y 92 días diversas pesadas de regiones intestinales en ratas utilizando varias fibras dietaria (celulosa 5 y 10% entre otras) encontraron pesos en ciego y colon donde el comportamiento fue un aumento de peso de estos segmentos con la edad y con el nivel de inclusión de la fibra (5, 10 y 20%), para el nivel más alto de fibra (20%) se encontró un peso del ciego de 5.3

g. mientras que la dieta control (sin fibra) tuvo un peso del ciego de 1.3 g. (58).

Edwards, C.A. y col. encontraron pesos del ciego y colon de 1.17 y 1.4 g. respectivamente con una dieta baja en fibra (17 g/kg) mientras que su dieta alta en fibra (133 g/kg) registró un peso del ciego y colon de 1.28 y 2.05 g. respectivamente (11).

Tomando en cuenta los tiempos de exposición a las dietas se vió un menor consumo de alimento por parte de las ratas del grupo hipercolesterolemico de acuerdo a la duración de esa fase y a la edad de los animales (18.97 g.). Para la II fase el mayor consumo fue para la FMAAE (22.67 g.) y el menor consumo para el grupo C (20 g.).

La respuesta al menor consumo se debe probablemente a que los lípidos aportan más calorías (balance energético) y por lo tanto reducen el consumo de alimento; además de que son reguiados por el hígado (53).

En comparación con otros estudios no parece haber muchas diferencias en el consumo de alimento del presente trabajo ya que todas las pruebas citadas presentan valores similares; Pell 22.607 g; Jacobs 20.8 g; Yoshioka 18-19 g; Boffa 20-21 y 15-16 g.

ESTUDIO MORFOLOGICO/DESCRIPTIVO

En el presente trabajo se encontró un aspecto histológico característico del intestino delgado y grueso en la mayoría de los grupos tanto control como experimentales; sin embargo, en estos últimos se observaron ligeros cambios en el contenido luminal por

la presencia de células necróticas y en descamación, con la presencia de restos de fibra. Notorios son los nódulos linfoides de diversos tamaños y células linfocitarias entre las capas histológicas, además de células epiteliales en diversas fases mitóticas.

No obstante el número, longitud y/o profundidad de vellosidades y/o criptas respectivamente resultó adecuado con una proporción de células características de las diversas regiones intestinales.

En diversos estudios utilizando la fibra dietaria como variable independiente se han encontrado una serie de hallazgos relacionados con la morfología y citoarquitectura del tracto gastrointestinal utilizando a la rata, hamster y cerdo como modelo de estudio. Estos hallazgos se pueden resumir de los siguientes apartados:

1) Alteraciones no significativas en el peso y espesor de las capas muscular y serosa (22, 32, 58).

2) Estimula el crecimiento de la mucosa y la proliferación celular en criptas (12, 21).

3) Cambios en la forma de las vellosidades de aspecto digitiforme a formas alargadas y encorvadas (56 ..

4) Infiltración de células inflamatorias (10, 15, 28, 38, 58).

5) Ligero aumento de neutrofilos y linfocitos (15, 28, 38).

6) Diversos grados de descamación o pérdida celular (10, 15, 21, 25).

7) Incremento de la síntesis de RNA:DNA y alteración de las

actividades enzimáticas con una disminución en la síntesis de proteínas (10, 15, 22, 25, 27, 31, 32).

ESTUDIO SEMICUANTITATIVO

La fibra dietaria fue considerada durante largo tiempo como "polisacáridos de las paredes celulares de plantas y con lignina, que son resistentes a la digestión de las enzimas del intestino del humano" (27).

El concepto inicial se ha modificado y se propone que se considere a la fibra dietaria (FD) como el conjunto de polisacáridos no almidones, no digeribles; se ha subdividido en: celulósicos (que se caracterizan por ser de baja solubilidad y fermentación); no celulósicos (elevada solubilidad y fermentación) y de matriz (gomas y mucilagos). Por lo que actualmente diversos estudios se enfocan en determinar la proporción y cualidad de los diversos elementos de la FD provenientes de diferentes alimentos (Koruda 1993; Van Soest y col. 1991).

Diversas acciones tiene la fibra dietaria especialmente en el intestino grueso, atribuibles de manera particular a la fermentación de la fibra y a sus metabolitos, ácidos grasos volátiles de cadena corta (AGV), siendo los más importantes ácido acético, propiónico y butírico, conformando el 30% de todos los AGV producidos en el organismo (6, 12, 23, 27, 32, 33, 40, 44, 58, 56).

Los efectos fisiológicos de los AGV son numerosos: incrementar el flujo sanguíneo para la colonización celular; estimulan la absorción de Na y agua a nivel de mucosa; estimular la colonización

y proliferación de mucosa; fuente energía primaria para la población epitelial y la microflora; facilitan un pH ácido (1, 6, 10, 12, 27, 31, 33, 58).

El bajo pH luminal estimula el crecimiento de la mucosa junto con otros factores como: ácidos biliares, jugo pancreático, prostaglandinas, mecanismos neurovasculares y hormonas (10, 21, 23, 33, 40, 56, 58).

En mamíferos y específicamente en roedores la ingestión de dietas ricas en lípidos da como resultado varios metabolitos y como respuesta a estos la aparición de altas concentraciones de colesterol sérico (18).

El efecto farmacológico de la FD rica en polisacáridos solubles consiste en disminuir las concentraciones séricas de colesterol, triglicéridos y glucosa (37), y de contribuir a la salud corporal (31, 33).

La fibra de avena y la cebada tienen un efecto hipocolesterolemico en ratas; en especial la avena reduce las concentraciones de colesterol sérico sobre todo en pacientes hipercolesterolemicos gracias a que incrementa la viscosidad intraluminal por presencia de β -glucagon (31).

La tendencia actual en la investigación de FD sobre la salud humana y animal, busca indagar el efecto de procesamientos químicos y físicos industriales y experimentales de la FD sobre parámetros fisiológicos en diversos organismos.

Así por ejemplo se tiene que el proceso de extrusión aplicado a la fibra de maíz incrementa la gelatinización, superficie de los

granulos de almidón sin alterar su composición haciendolos más digestibles, proporciona palatabilidad, incrementa la energía y digestibilidad del nitrógeno y aminoácidos. (17, 37, 44). El proceso de extrusión del maíz esta considerado como una fuente alterna para modificar la funcionalidad de la FD (37).

Además de la extrusión se han probado diversos procesamientos químicos (hidrolisis ácidas y alcalinas) sobre cereales para incrementar la biodisponibilidad y fermentabilidad de la FD (incrementando la fracción soluble de la FD) (37).

NUMERO DE VELLOSIDADES

En la mucosa del intestino delgado y particularmente las vellosidades se lleva a cabo parte de la función más importante del tracto gastrointestinal; la absorción (3, 8, 45, 47).

Al cuantificar el número de vellosidades se observó que en yeyuno el grupo BC presento el más alto valor (18.7/mm), el valor más bajo fue para el grupo C (12.5/mm), el grupo HC presentó un valor cercano (13.3/mm).

Estos resultados coinciden con lo publicado por Tasman-Jones y col. quienes encontraron un aumentando en el número de vellosidades por unidad de superficie por la presencia de FD (56).

LONGITUD DE VELLOSIDADES

En el presente trabajo se observó una diferencia entre dieta C (358.72/ μ m) y los grupos experimentales, siendo el valor más alto (472.91/ μ m) para la FMAAE.

Existen datos contradictorios del efecto de la FD sobre la longitud de las vellosidades. Así tenemos que Jacobs, L.R. y col. que probaron dietas: sin fibra y con fibra de avena (20%) reportaron una longitud de vellosidades similar (21).

Por otra parte Jin, L. y col. al incluir 10% de fibra de trigo en la dieta de cerdos en crecimiento reportan una longitud de vellosidades de 350 μm , mayor que la del grupo control (300-325 μm) (25).

Estos cambios en el número y longitud de vellosidades pueden estar asociados a cambios en la morfología, al nacimiento las ratas presentan vellosidades digitiformes, conforme el animal crece las vellosidades adquieren forma de hoja delgada y gradualmente se ensanchan. Dichos cambios están asociados a: factor reductor o amplificador de las vellosidades, secreción pancreaticobiliar, dieta misma y flora del intestino delgado (32).

En cuanto a la dieta, la pectina se asocia con vellosidades en forma de cadenas continuas e irregulares. La máxima altura de vellosidades se registró en yeyuno con dietas a base de fibras (32).

NUMERO DE CRIPTAS

Las criptas tienen la función de absorber el agua contenida en los alimentos y secretan sustancias mucosas para facilitar el desplazamiento de heces fecales (35).

Al cuantificar el número de criptas se observó que en yeyuno el grupo con FA presentó el valor más alto (36.83/mm) mientras que

el menor fue para la dieta C (28.38/mm).

Por lo contrario la FA en otros estudios demostró un hipotrofismo en el intestino delgado porción proximal y distal. La FA reduce la población de células en cripta por decremento de la replicación y migración celular (21, 32).

En ciego se observó un mayor número de criptas en el grupo FMAA (26.3/mm) y el menor valor en el grupo C (14.4/mm). Lupton, J.R. y Kurtz, P.P. reportaron un número de criptas similar en dietas control y con 8% fibra de trigo (8.4 y 7.9 /0.5 mm) (33).

Suplementos de FD aumentan la anchura de las criptas como resultado de la proliferación celular, incluso el manejo de los patrones de fermentación y AGV por diversos tipos de FD modifican la proliferación celular (33).

En nuestro estudio el mayor número de criptas en el colon se encontró con la FMAA y la FA (31.98 y 30.66/mm respectivamente) mientras que la FMAAE resultó con el menor valor (21.48/mm). Sin embargo Lupton y Kurtz reportaron un número similar de criptas en colon proximal con dietas sin fibra y con 8% de fibra de trigo (10.9 y 9.9/0.5mm) (33).

PROFUNDIDAD DE CRIPTAS

En el presente trabajo se observó en yeyuno una profundidad de criptas mayor para la HC (209.76 μ m) y con menor para BC y C (180.5 y 167.58 μ m respectivamente).

Valores semejantes se han reportado en otros trabajos al utilizar diversas fibras (150-250 μ m) (31), o bien combinación de

fibras y lípidos a niveles de inclusión de 40 y 80 g/kg de aceite de maíz, y 10% de celulosa (150 y 134-147 μm respectivamente) (40).

Algunos autores presentan valores semejantes en cuanto a la profundidad de las criptas, sin efecto aparente por el factor FD (21). Sin embargo en cerdos, al incluir el 10% de fibra de trigo se encontró una mayor profundidad de criptas en relación con el grupo control (350-380 y 300 μm respectivamente) (25).

Los lípidos influyen de manera importante sobre la proliferación celular del intestino delgado, lo cual está asociado con la profundidad de criptas. Por su parte los polisacáridos solubles tienen cierto efecto proliferativo en el epitelio del intestino delgado (40). Dichos cambios están acompañados por modificaciones en la diferenciación a lo largo del eje criptas-apice de las vellosidades (10, 31).

Para este trabajo la profundidad de las criptas del ciego tuvo valores similares entre los grupos experimentales, el mayor valor lo registró la FMAA (206.15 μm) y el menor valor el grupo C (128.06 μm). Otros estudios reportan valores menores y sin efecto por la presencia de FD; Yoshioka y col. reportan con 5% y 10% de celulosa una profundidad de criptas en ciego de 117 y 107 μm respectivamente, con un período experimental semejante al del presente trabajo (58). Lupton y Kurtz reportaron una profundidad de criptas similar con 0% de fibra y 8% de fibra de trigo respectivamente (33).

Las criptas son más profundas, anchas y contienen más células con suplementos de pectina en relación con la fibra de trigo o sin

fibra (33).

Peil y col. reportaron una profundidad de criptas de 157 y 168 μm en ciego, con una dieta sin fibra adicionada con 40 y 80 g/kg de aceite de maiz respectivamente, mientras que con 10% de celulosa y la misma cantidad de aceite registraron 158 y 174-184 μm respectivamente (40).

En colon los grupos que presentaron mayor profundidad de criptas fueron los alimentados con FA y HC (265.24 y 252.32 μm respectivamente), mientras que la menor profundidad fue para la FMAAE (133.54 μm). Valores inferiores se han publicado, así por ejemplo Yoshioka y col. encontraron una profundidad de criptas en colon de 153 y 161 μm durante 52 días con dietas a base de 5 y 10% de celulosa respectivamente (58). Sin embargo otros autores como Jacobs, L.R. y Schneeman, B.O. reportan una profundidad de criptas de 237 y 262 μm en el colon con dietas sin fibra y 20% de fibra de trigo (22). Jin y col. reportan en cerdos una profundidad de criptas de 500-550 y de 400-450 μm con dietas a base de 10% de fibra de trigo y sin fibra respectivamente (25).

Algunos autores encuentran que la FD tiene un efecto diferencial en la profundidad de las criptas para colon proximal y distal, en el primero no se encuentra cambios importantes y en cambio el colon distal a mayor nivel de inclusión de FD es mayor la profundidad de las criptas, sin embargo al adicionar lípidos a la dieta no se encuentra este comportamiento (33, 40).

Las dietas altas en lípidos estimulan la proliferación de criptas tanto en intestino delgado como en colon, pero no en ciego.

Lo cual esta asociado con la tasa de proliferación celular. Además se establece un efecto sinérgico entre lípidos y fibra dietaria y otros factores que influyen en este fenomeno son la fermentación y las hormonas (40).

NUMERO DE CELULAS COLUMNARES

En el presente estudio la mayor población de células columnares en vellosidades del yeyuno fue para la dieta FMAA (82.02/250 μ m) y el menor valor con FMAAE (71.32/250 μ m).

Para la región de las criptas del yeyuno y ciego no hubo diferencias significativas entre los grupos control y experimentales.

Jin y col. registraron que el número de células por cripta aumenta por la presencia de FD (10% fibra de trigo) tanto en yeyuno como en colon de cerdo (25). Además, Jacobs y col. reportan resultados semejantes al incluir en la dieta 20% de fibra de avena (21).

En colon el mayor número de células columnares lo registró la FMAAE y FA (57.84 y 54.28/250 μ m respectivamente) mientras que el menor número fue para HC (46.42/250 μ m).

Boffa, L.C. y col. reportan una disminución en el número de células columnares por efecto de diversas inclusiones de fibra de trigo 0.5 y 10% respectivamente (6). Sin embargo otros autores encuentran un aumento importante en el número de células por la presencia de FD tanto en ratas como en cerdo, provando diferentes fuentes de fibra como salvado de trigo 10% y 20%, polisacáridos no

almidones 133g/Kg (12, 22, 25).

El número de células marcadas con BrdUrd aumenta con una dieta alta en fibra como evidencia de la proliferación celular en intestino de rata. La proliferación es marcada para colon proximal pero no en el colon distal, dicha proliferación celular se asocia con la presencia de los AGV (12).

Las fibras purificadas como la goma arábica tienen mayor efecto proliferativo que las fibras completas (40).

Lupton y Kurtz reportan un número de células por cripta de 391 y 471 en el colon proximal con una dieta sin fibra y otra con 8% de fibra de trigo respectivamente; en el colon distal registraron 459 y 593 células respectivamente (33).

Cabe destacar que en yeyuno se observaron los valores más significativos del conteo de células columnares en ambas porciones (vellosidades y criptas). Al comparar las tres regiones se observó que las diversas dietas experimentales tuvieron un efecto significativo ya que cada una actuó de manera diferente en las tres regiones analizadas.

NUMERO DE CELULAS CALICIFORMES

En yeyuno tanto para la región de las vellosidades y criptas, el mayor número de células caliciformes fue observado para la dieta C con 11.42 y 12.24/250 μm , mientras que el menor número de células se registró con FMAAE 6.44 y 7.58/250 μm respectivamente.

Las células caliciformes son mucosecretoras, el moco o mucina tiene capacidad citoprotectora y lubricante de la mucosa

intestinal. Además dichas células participan en la absorción de agua y nutrientes. Algunas fibras tanto purificadas como completas incrementan la actividad secretora de las células caliciformes (32).

Existen células madres (stem) que después de la división celular se diferencian en columnares, caliciformes y enteroendocrinas; dependiendo del estímulo presente, cada una de ellas con diferente tasa de migración (10, 32).

Lundin, E. y col. reportan un aumento en el número total de células caliciformes por la presencia del 12% de fibra de avena (32).

En ciego no se encontró diferencia significativa en el número de células caliciformes registrando el mayor número el grupo C (13.78/250 μ m) y el menor número la FA (10.66/250 μ m).

En este estudio el mayor número de células caliciformes en el colon se dió con la FMAAE y HC (15.62 y 15.2/250 μ m respectivamente) mientras que el menor número fue para la FA (10.58/250 μ m).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son representativos de lo que sucede en la totalidad del tracto gastrointestinal ya que se eligieron completamente al azar tanto las zonas de estudio como las mismas ratas problema y se analizaron con un margen de error de $p < 0.05$.

Por otra parte, el tracto gastrointestinal de la rata resulta un modelo biológico adecuado ya que comparte características similares con otros animales monocavitarios.

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 gastrointestinal con el objeto de apreciar los cambios en las diferentes capas histológicas por efecto de las fibras dietarias utilizadas en este estudio, de otro tipo de fibras comunes a las nuestras, de fibras purificadas o de diferentes tiempos de suministro.

CONCLUSIONES.

1-Tanto peso corporal como ganancia de peso fueron mayores en los grupos que recibieron las dietas experimentales sobre todo la dieta HC.

2-No hubo diferencias estadísticas entre los grupos experimentales en cuanto al peso del TGI; sin embargo, el grupo C resultó con el mayor peso.

3-Se observó una ligera diferencia entre los consumos de alimento en todos los grupos, sin embargo el tratamiento FMAAE fue el de mayor consumo.

4-El aspecto morfológico del tracto gastrointestinal muestra ligeros cambios, sobre todo en los grupos HC y FMAA.

5-El número de vellosidades en yeyuno fue mayor por la dieta BC.

6-La mayor longitud de vellosidades en yeyuno fue para la FMAAE.

7-El número de criptas en las tres regiones intestinales fue mayor para las dietas con fibras, en especial la FMAA y la FA.

8-Las dietas experimentales modifican la morfometría intestinal aumentando la profundidad de la criptas.

9-La FMAAE registra los valores más bajos en el número y profundidad de criptas en colon.

10-El número de células columnares se vió aumentado por las dietas experimentales, sin diferencia estadística.

11-El mayor número de células caliciformes se registró en el grupo C en yeyuno y ciego.

12-La FA disminuye el número de células caliciformes en las tres regiones intestinales.

13-La presencia de dietas altas en lípidos y fibra dietaria afecta de manera significativa el tracto gastrointestinal.

14-Resulta más importante el efecto de la FMAAE sobre todos los parámetros evaluados en el estudio.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.-Alessandri, J-M.; Guesnet, Ph.; Arfi, T.S. & Durand G. Changes in fatty acid composition during cell differentiation in the small intestine of suckling piglets. Biochem Biophys Acta (Lipid and lipid metabolism). 1086: 340-348 (1991).
- 2.-Bacha, Jr. W.J. and Wood, L.M. Color Atlas of Veterinary Histology. Edit. Lea & Febiger. U.S.A. pp. 112-138. 1990.
- 3.-Banks, W.J. Histología Veterinaria Aplicada. Edit. Manual Moderno. México, D.F. pp. 493-507. 1986.
- 4.-Benevenga, N.J.; Gahl, M.J.; Crenshaw, T.D. & Finke, M.D. Protein and amino acid requirements for maintenance and amino acid requirements for growth of laboratory rats. J. Nutr. 124: 451-453 (1994).
- 5.-Blaxter, A.C.; Cripps, P.J. and Gruffydd-Jones, T.J. Dietary fibre post prandial hyperglycaemia in normal and diabetic dogs. J. Small Anim. Prac. 31 (5): 229-233 (1990).
- 6.-Boffa, L.C. Lupton, R.J. Miriai, R.M., & col. Modulation of colonic epithelial cell proliferation, histone acetylation, and luminal short chain fatty acids by variation of dietary fiber (wheat bran) in rats. Cancer Research 52: 5906-5912 (1992).

- 7.-Cassidy, M.M. & col. Effect of chronic intake of dietary fibers on the ultrastructural topography of rat jejunum and colon: a scanning electron microscopy study. Amer. J. Clin. Nutr. 34: 218-228 (1981).
- 8.-Church, D.C. y Pond, W.G. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de animales. Edit. Limusa. México, D.F. pp. 119-122. 1990.
- 9.-Dunsford, B.R.; Haensly, W.E.; Knabe, D.A. Effects of diet on acidic and neutral goblet cell populations in small intestine of early weaned pigs. Amer. J. Vet. Res. 52 (10): 1743-1746 (1991).
- 10.-Eastwood, G.L. Progress in gastroenterology. Gastrointestinal epithelial renewal. Gastroenterology 72: 962-975 (1977).
- 11.-Ebihara, K. and Schneeman, B.O. Interaction of Bile Acids, Phospholipids, Cholesterol and Triglycerides with Dietary Fibers in the Small Intestine of rats. Amer. Ins. of Nutr. 1100-1106 (1989).
- 12.-Edwards, C.A.; Wilson, R.G.; Hanlon, L. & Eastwood, M.A. Effect of dietary fibre content of lifelong diet on colonic cellular proliferation in the rat. Gut 33: 1076-1079 (1992).
- 13.-Foreyt, W.J. Veterinary parasitology. Reference Manual. 2da. Edi. Pullma. WA. USA. pp. 8-11. 1990.



- 14.-García,R.M. Efecto de la fibra dietaria en la función y morfología del intestino delgado de la rata. Tesis de Licenciatura. Fac. de Cien. Biol. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. 1993.
- 15.-Gordon,D.T.;Besch-Willford,C & Ellersieck,M.R. The action of cellulose on the intestinal mucosa and element absorption by the rat. Amer. Ins. Nutr. 4: 2545-2556 (1983).
- 16.-Hammad,S.;Siegel,H.S.;Marks,H.L. and Barbato,G.F. A fast HPLC analysis of cholesterol and cholesteryl esters in avian plasma. J. Liq. Chromat. 15 (11): 2005-2014 (1992).
- 17.-Herkelman,K.L.;Rodhouse,S.L.;Veum,T.L. & Ellersieck,M.R. Effect of extrusion on the ileal and fecal digestibilities of lysine in yellow corn in diets for young pigs. J. Anim. Sci. 68: 2414-2424 (1990).
- 18.-Hermier,D. and Dillon,J-C. Characterization of dietary-induced hypercholesterolemia in the chicken. Biochem Biophys Acta (Lipid and lipid metabolism). 1124: 178-184 (1992).
- 19.-Howard-Jones,N. El código del COICM sobre los experimentos con animales. Crónica de la OMS. 39 (2): 55-60 (1985).
- 20.-Imaizumi,K. & col. Cholesterol metabolism in ExHC (exogenous

- hypercholesterolemic) rats. Biochem Biophys Acta (Lipid and lipid metabolism). 1123: 101-109 (1992).
- 21.-Jacobs,L.R. 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. J. Nutr. 954-960 (1983).
- 22.-Jacobs,L.R. and Schneeman,B.O. Effect of dietary wheat bran on rat colonic structure and mucosal cell growth. J. Nutr. 789-803 (1980).
- 23.-Jenkins,A.P. and Thompson,R.P.H. Mechanisms of small intestinal adaptation. Dig Dis 12: 15-27 (1994).
- 24.-Jenning,C.D.; Boleyn,K.; Bridges,S.R.; Wood,P.J. and Anderson,J.W. A Comparison of the Lipid-Lowering and Intestinal Morphological Effects of Cholestyramine, Chitosan, and Oat Gum in Rats. P.S.E.B.M. 169: 13-20 (1988).
- 25.-Jin,L. et al. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. J. Anim. Sci. 72: 2270-2278 (1994).
- 26.-Katamoto,H.; Kurihuara,S.; Shimada,Y. Effects of isoprothiolane and phytosterol on lipogenesis and lipolysis in adipocytes from

- rats of dietary fat necrosis. Japan. J. Vet. Sci. 52 (6): 1196-1197 (1990).
- 27.-Koruda, M.J. and Hill, C. Dietary fiber and gastrointestinal disease. Surg. Gynecol. Obstet. 177 (2): 209-14 (1993).
- 28.-Lee, E.; Schiller, L.R. and Fordtran, J.S. Quantification of colonic lamina propria cells by means of a morphometric point-counting method. Gastroenterology 94: 409-418 (1988).
- 29.-Leineweber, J.P. Fiber Toxicology. J. Occupa. Med. 23 (6): 431-434 (1981).
- 30.-Luna, L.G. Manual of histologic methods of the armed forces of pathology. Edi. McGraw-Hill USA. pp. 34-39, 158-159. 1968.
- 31.-Lund, E.K.; Salf, K.L. and Johnson, I.T. Baked rye products modify cholesterol metabolism and crypt cell proliferation rates in rats. J. Nutr. 123: 1834-1843 (1993).
- 32.-Lundin, E.; Zhang, J.X.; Huang, C.B., & col. Oat bran, rye bran, and soybean hull increase goblet cell volume density in the small intestine of the golden hamster. A histochemical and stereologic high-microscopic study. Scand. J. Gastroenterol. 28 (1): 15-22 (1992).

- 33.-Lupton, J.R. and Kurtz, P.P. Relationship of colonic luminal short-chain fatty acids and pH to in vivo cell proliferation in rats. J. Nutr. 123: 1522-1530 (1993).
- 34.-Martín, D.W.; Mayers, P.A.; Rodwell, V.W. and Granner, D.K. Bioquímica de Harper. Edit. Manual Moderno. México, D.F. pp. 204, 236 y 261. 1986.
- 35.-Martínez, L.E. Análisis morfológico cuantitativo de los cambios en intestino grueso de ratas por efecto de la fibra dietaria. Tesis Licenciatura. Fac. Cien. Biol. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. 1993.
- 36.-Moore, R.L.; Kornegay, E.T.; Grayson, R.L. and Lindemann, M.D. Growth, Nutrient Utilization and Intestinal Morphology of Pigs Fed High-Fiber Diets. J. Anim. Sci. 66: 1570-1579 (1988).
- 37.-Ning, L.; Villota, R. and Artz, W.E. Modification of corn fiber through chemical treatments in combination with twin-screw extrusion. Cereal Chem. 68 (6): 632-636 (1991).
- 38.-Orlic, D.; Gray, B.A.; Carmichael, R.D. & Baron, P. Lymphocyte infiltration of gut epithelium in fetal and neonatal rabbits. Biol. Neonate 40: 91-98 (1981).
- 39.-Pedley, K.C. and Naftalin, R.J. Evidence from fluorescences

microscopy and comparative studies that rat, ovine and bovine colonic crypts are absorptive. J. Phys. 460: 525-547 (1993).

40.-Pell, J.D. et. al. Dietary corn oil and guar gum stimulate intestinal crypt cell proliferation in rats by independent but potentially synergistic mechanisms. J. Nutr. 122: 2447-2456 (1992).

41.-Ray, P.A.; Thatcher, C.D. and Snecker Jr. W.S. Nutritional management of dog and cats with cancer. Vet. Med. 87 (12): 1185-1194 (1992).

42.-Reyes, C.P. Biestadística aplicada. Edit. Trillas. México, D.F. pp.36-40, 113-116. 1985.

43.-Ruiz, A. y Estupiñán, J. Organización de los servicios de la Salud Pública Veterinaria en América Latina y el Caribe. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz., 11 (1): 117-146 (1992).

44.-Sanberg, A-S. et. al. 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. Br. J. Nutr. 55 (2): 245-254 (1985).

45.-Snipes, L.R. Anatomy of cecum of the laboratory mouse and rat. Anal. and Embrio. 162 (4): 465-474 (1981).

- 46.-Southgate,D.A.T. What is dietary fibre? Food Technology in Australia. ARC Norwich UK. 33: 24-25. (1981).
- 47.-Southgate,D.A.T. Characteristics of dietary fibre. Head, Division of Nutrition and Food Quality Research Intitute, Agricultural Research Council Norwich/UK. pp. 1-3. (1981).
- 48.-Southgate,D.A.T. and Kritchevsky,D. Terminology of dietary fiber. Nutrition in Health and Disease and International Development: Symposia from the XII International Congress of Nutrition. pp. 219-222. (1981).
- 49.-Southgate,D.A.T. and White,M.A. Special Report N°3. Definition and Analysis of dietary fiber. ARC Food Research Institute, Norwich. Biennial Report. pp. 14-17. (1981).
- 50.-Southgate,D.A.T. What is a dietary fibre? 1.-The evolution of a concept. Fibre Forum. Keeping the Medical Profession a Breast of Development in Dietary Fibre. Head Nutrition and Food Quality Division, ARC Food Research Institute, Colney Lane Norwich. pp. 1-4. 1984a.
- 51.-Southgate,D.A.T. What is a dietary fibre? 2.-Sources and Properties. Fibre Forum. Keeping the Medical Profession a Breast Developments in Dietary Fibre. Head Nutrition and Food Quality Division, ARC Food Research Institute, Colney Lane Norwich.

pp. 1-4. 1984b.

52.-Staub,H.W.; Mardones,B. and Shah,N. Modern dietary fibre product development and nutrient bioavailability. J. Nutr. 37-60. (1983).

53.-Steinbach,G.;Kumar,P.S.;Reddy,S.B. & col. Effects of caloric restriction and dietary fat on epithelial cell proliferation in rat colon. Cancer Research 53: 2745-2749 (1993).

54.-Sullivan,M.P.; Cerda,J.J.; Robbins,F.L.; Burgin,C.W. and Beatty,R.J. The Gerbil, Hamster and Guinea Pig as Rodent Models for Hyperlipidemia. Lab. Anim. Sci. 43 (6): 575-578 (1993).

55.-Tasman,C.J. Effects of dietary fiber on the structure and function of the small intestine. Med. Aspec. Diet. Fiber. 67-74 (1980).

56.-Tasman,C.J. et al. Semipurified dietary fiber and small-bowel morphology in rats. Dig. Dis. Sci. 27 (6): 519-524 (1982).

57.-Unión Nacional de Avicultores. Los mitos del colesterol. Sin. Avic. 5 (3): 17-21 (1987).

58.-Yoshioka,M. & col. Dietary polydextrose affects the large intestine in rats. Amer. Inst. Nutr. 539-547 (1994).