



UNIVERSIDAD DE CHILE

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS**



**EVALUACIÓN RADIOGRÁFICA DE PARTÍCULAS
DEMARCADORAS RADIOOPACAS EN EL TRACTO
GASTROINTESTINAL FELINO.**

RICARDO ALEJANDRO DÍAZ SIÑA

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias Clínicas

PROFESOR GUÍA: JORGE MENDOZA ANTÚNEZ

**SANTIAGO, CHILE
2009**



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



**EVALUACIÓN RADIOGRÁFICA DE PARTÍCULAS
DEMARCADORAS RADIOOPACAS EN EL TRACTO
GASTROINTESTINAL FELINO.**

RICARDO ALEJANDRO DÍAZ SIÑA

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias Clínicas

	NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA : JORGE MENDOZA A.
PROFESOR CONSEJERO : GINO CATTANEO U.
PROFESOR CONSEJERO : RICARDO OLIVARES P-M.

SANTIAGO, CHILE
2009

DEDICATORIA

A mis padres
A mi hija Antonia
A mi mujer Yasna

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor guía Dr. Jorge Mendoza A., por su constante apoyo y calidad humana.

A mi mujer Yasna, por su ayuda en todos los procesos que involucró esta investigación.

A mi amigo Alfredo Soto, por su ayuda y disposición en todo momento.

A mi amigo Gonzalo Cid, por su aporte en la parte práctica de este trabajo.

ÍNDICE

Página

Resumen

Summary

1. Introducción

2. Revisión Bibliográfica

2.1. Anatomía y Fisiología Gástrica

2.2. Anatomía y Fisiología Intestinal

2.3. Fisiología de la Motilidad Gástrica

2.4. Motilidad del Intestino Delgado

2.5. Motilidad del Intestino Grueso

2.6. Fisiología del Vaciamiento Gástrico

2.7. Factores que Determinan el Tránsito Gastrointestinal

2.8. Evaluación Gastrointestinal Mediante Técnicas de Imágenes

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

3.2. Objetivos Específicos

4. Materiales y Métodos

4.1. Materiales

4.2. Métodos

5. Resultados y Discusión

6. Conclusiones

7. Bibliografía

RESUMEN

Se evaluó radiográficamente, el tiempo de tránsito gastroentérico de partículas demarcadoras radiopacas (PDRO), de 1 y 5 mm. de diámetro, construidas manualmente de acrílico autopolimerizante de uso odontológico, monómero líquido y sulfato de bario, en 20 gatos clínicamente sanos, basado en los resultados de la examinación física y el examen clínico. Los marcadores fueron administrados a los gatos junto a un alimento estándar y se tomaron radiografías abdominales durante el tiempo, hasta las 48 horas de estudio.

Se confeccionaron patrones de tiempo de vaciamiento gástrico y de tránsito intestinal de los marcadores radiopacos junto al alimento, además de establecer valores de referencia para el gastroéntero; es así que en estómago el tiempo necesario para el vaciamiento gástrico del 50% de los marcadores, se encuentra entre las 8 a 12 horas de ingeridas las esferas. La totalidad de los marcadores se eliminó desde estómago entre las 24 a 36 horas de estudio. Hubo diferencias estadísticamente significativas en el vaciamiento gástrico de las esferas pequeñas v/s las grandes en los tiempos 15 y 30 minutos, 4 y 8 horas respectivamente.

El tiempo requerido para el tránsito del 50% de los marcadores radiopacos a través de intestino delgado fue de 8 a 12 horas. El 100% ingresó a intestino grueso entre las 36 a 48 horas. Diferencias estadísticamente significativas de tránsito, fueron determinadas en los tiempos 15 y 30 minutos, 4 y 8 horas (mismos tiempos que en estómago), a favor de los marcadores pequeños. En el intestino grueso hubo diferencias estadísticamente significativas en la eliminación de los marcadores en el tiempo 36 horas, pero en este caso las diferencias son a favor de las PDRO grandes. El análisis de las fecas permitió recuperar la totalidad de las partículas demarcadoras ingeridas

por los gatos, las que no evidenciaron alteraciones en su estructura ni en sus características radiográficas.

No se observó signología de tipo digestiva o de otra índole que pudiese asociarse al uso de acrílico en los marcadores radiopacos, permitiendo concluir que la utilización de ellos es muy valiosa para fines diagnósticos de la motilidad gastrointestinal, y no habría inconvenientes en su utilización.

SUMMARY

Gastrointestinal transit time was evaluated using radio-opaque particles between 1 and 5 mm in diameter, constructed manually of acrylic odontologic, liquid monomer and barium sulphate in 20 clinically healthy cats (based on the results of a physical and clinical examination). The markers were administered to the cats alongside standard food and abdominal radio-graphics were taken during the 48 hour study period.

Patterns of gastric emptying and the intestinal transit times of the radio-opaque markers next to the food were noted. As a point of reference for gastro-enteric transit, it took between 8 and 12 hours for the stomach to empty 50% of the markers. It took between 24 and 36 hours for all markers to be eliminated from the stomach. There were significant differences in the time take in the gastric emptying of the small and the large spheres which took between 15 and 30 minutes and 4 and 8 hours.

The time required for the transit of 50% of the radio-opaque markers through the small intestine was between 8 and 12 hours. 100% entered the large intestine between 36 and 48 hours. Significant time differences of transit were determined in the stomach with small markers. In the large intestine there were significant differences, albeit favourable in the elimination of the markers, taking about 36 hours. The analysis of faeces enabled the recovery of all the demarcative particles ingested by the cats, those that did not demonstrate alterations in their structure or radiographic characteristics.

Digestive signs of other types that could be associated with the acrylic use of the radio-opaque markers were not observed, enabling the conclusion that markers would be valuable tools in aiding the diagnosis of gastro-intestinal motility especially as their would be no known disadvantages to use.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad no se dispone de un método de uso frecuente que sea expedito en la exploración funcional del tracto digestivo en gatos, y que permita realizar un adecuado diagnóstico en consideración a la alta prevalencia de patologías gástricas y entéricas, en esta especie.

La radiografía aporta a través de imágenes, importante información de la morfología gastrointestinal y de sus alteraciones. El conocimiento de la anatomía normal y de sus variaciones, constituyen la base en esta disciplina de gran valor en el diagnóstico, de seguimiento de patologías, y de las medidas terapéuticas que se implementen.

No todos los cuadros que afectan al gastroentero, son factibles de observar o evaluar en las radiografías simples, especialmente cuando éstos afectan la dinámica del tránsito gastrointestinal.

Los exámenes radiográficos contrastados del gastroentero están destinados a evidenciar lesiones estructurales o funcionales, mediante la introducción de elementos que modifican las imágenes radiográficas en donde estos se ubiquen. El abordaje por estas técnicas proporciona también un conocimiento sobre la motricidad normal del segmento gastrointestinal, permitiendo interpretar los hallazgos patológicos, que se asocian a estados de enfermedad.

En la actualidad varios métodos están disponibles para estimar el tránsito gastrointestinal del alimento. Tradicionalmente se ha usado el sulfato

de bario en suspensión, para el monitoreo del tránsito, pero este tipo de estudio no es cuantitativo y señala sólo el paso de la fracción líquida del alimento. Surge entonces la necesidad de contar con nuevos métodos de diagnóstico y que sean más específicos para este tema en cuestión.

El uso de las partículas demarcadoras radiopacas (PDRO), favorecen la visualización de alteraciones digestivas como obstrucciones parciales o totales, y disfunciones de la motilidad gastrointestinal.

La difusión de este nuevo medio de diagnóstico, permitirá a los Médicos Veterinarios, realizar diagnósticos más específicos, y por lo tanto llevar a cabo tratamientos más efectivos, contra las anomalías que afecten la motilidad gastrointestinal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Anatomía y Fisiología Gástrica.

El estómago felino es similar al de otras especies monogástricas, se describe como un reservorio localizado en el inicio del tubo gastroentérico, que actúa como almacenamiento temporal del alimento. Las funciones del estómago, además de lo indicado anteriormente, son la mezcla y molienda del alimento, y controlar el ritmo de evacuación de los contenidos (quimo) en dirección caudal, donde tienen lugar los estadios posteriores de la digestión y absorción final (Twedt y Magne, 1992; Twedt, 1994; Strombeck y Guilford, 1995).

Desde el punto de vista anatómico el estómago descansa en el abdomen craneal, caudal al diafragma y al hígado. Para propósitos de descripción éste se divide en cinco regiones: Cardias, Fondo, Cuerpo, Antro y Píloro (Twedt y Magne, 1992; Kealy y McAllister, 2000).

El cardias es el punto de entrada del segmento intraabdominal del esófago dentro del estómago e impide el reflujo gastroesofágico de la ingesta. El fondo es un segmento similar a un fondo de saco ciego voluminoso ubicado craneal, dorsal y sobre el lado izquierdo del cardias. El cuerpo forma la gran porción media entre el fondo y el antro, es la región más ancha del estómago y con mayor capacidad de dilatación (Wingfield y Twedt, 1989; Twedt y Magne, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

El antro es el tercio distal del estómago, funciona en la digestión mecánica de las partículas sólidas de alimento y en la secreción de sustancias que regulan la liberación de ácido clorhídrico. En su parte más terminal se

ubica el píloro, el cual consiste en un esfínter anatómico cuyo objetivo son el regular la entrada del alimento sólido en el intestino delgado, al limitar el tamaño de las partículas que ingresan al duodeno e impedir el reflujo de los contenidos intestinales hacia estómago (Wingfield y Twedt, 1989; Twedt, 1994; Strombeck y Guilford, 1995).

El fondo y cuerpo del estómago, son los segmentos que sufren los cambios adaptables necesarios para el ingreso y almacenamiento temporal del alimento. Esta capacidad de adaptación, conocida como relajación receptiva, ocasiona un cambio mínimo en la presión intragástrica (Wingfield y Twedt, 1989; Strombeck y Guilford, 1995).

El estómago del gato, tiene una forma semejante a una “J”, con una dirección longitudinal, a diferencia de otras especies, en que este descansa en un plano transversal (Twedt, 1994). La mayor parte del estómago está situado a la izquierda del plano medio de la cavidad abdominal (cardias, fondo y la mayor parte del cuerpo), con su zona antropilórica ubicada cercana a la línea media (Morgan, 1981; Kealy y McAllister, 2000).

El estómago posee dos curvaturas; la curvatura mayor, es la superficie convexa que constituye la parte más larga de la pared estomacal desde el cardias hasta el píloro y mira hacia caudal, ventral y a la izquierda. La curvatura menor es la superficie gástrica más corta entre el cardias y el píloro, y apunta en dirección opuesta (Strombeck y Guilford, 1995; Kealy y McAllister, 2000).

Los movimientos del estómago están restringidos por ligamentos, por ejemplo, en la unión gastroesofágica el movimiento se inhibe por el pasaje a

través del diafragma. El ligamento gastroesplénico es un derivado del omento mayor y une al bazo con la curvatura mayor. El omento menor une laxamente la curvatura menor del estómago al duodeno, y existe una porción del omento menor que pasa desde el estómago al hígado conformando el ligamento gastrohepático que limita el movimiento pilórico (Wingfield y Twedt, 1989).

Irrigación del estómago.

La sangre llega al estómago mediante ramas de la arteria celíaca, que es la primera rama visceral de la aorta abdominal. Estas ramas son la arteria hepática y esplénica, que dan origen a las gastroepiploicas derecha e izquierda, las que recorren la curvatura mayor. La curvatura menor alberga a las ramas anastomóticas de las arterias gástricas derecha e izquierda. Esta última, rama directa de la arteria celíaca (Strombeck y Guilford, 1995).

El drenaje venoso sucede mediante vasos (venas satélites) que se vacían en la vena gastroduodenal por el lado derecho, y en la vena gastroesplénica en el lado izquierdo. La sangre venosa fluye a través de la circulación portal hasta el hígado (Twedt y Magne, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

Inervación del estómago.

La inervación del estómago está suministrada por los nervios vagos y las fibras nerviosas que siguen a las ramas gástricas de la arteria celíaca. Los vagos a esa altura sólo contienen fibras parasimpáticas que estimulan la actividad motora y secretora en el estómago, ya que su función como par craneano (X) llega sólo hasta la laringe (Strombeck y Guilford, 1995).

Estructura macroscópica del estómago.

La pared estomacal está constituida por cuatro capas. Desde el exterior al interior consisten en una capa serosa delgada externa, una capa muscular media, submucosa y una mucosa interna (Hill, 1981).

El estrato muscular está conformado por una capa exterior de fibras longitudinales que se ubican fundamentalmente a lo largo de las curvaturas y el antro. La capa muscular interior está constituida por fibras circulares que es completa para todo el estómago excepto el fondo. Se extiende dentro de la unión gastroesofágica y forma parte del esfínter. En el antro está bien desarrollada, condición necesaria para los importantes requerimientos motores de esta zona, además de formar el esfínter pilórico (Strombeck y Guilford, 1995).

Una tercera capa de fibras musculares se localiza sobre el cuerpo gástrico. Estas fibras corren en forma oblicua respecto de las otras capas y se las encuentra entre la capa circular y la submucosa (Strombeck y Guilford, 1995).

En el estómago vacío, la mucosa y la submucosa forman pliegues. En la submucosa existe una capa delgada de músculo liso llamada muscular de la mucosa, la que facilita las plegaduras (Strombeck y Guilford, 1995).

Estructura microscópica del estómago.

La superficie interna del estómago está revestida con un estrato simple de células epiteliales mucosas la cual se refuerza por un moco de alta viscosidad que se mantiene sobre estas células, conformando una barrera que

las protege de la acción del ácido clorhídrico (HCl) y de las enzimas proteolíticas (T'wedt y Magne, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

El epitelio de la mucosa gástrica sufre invaginaciones, donde las células mucosas se organizan en algunas zonas originando las glándulas gástricas, las que secretan una variedad de sustancias, ya sea hacia la luz estomacal o a la circulación (Strombeck y Guilford, 1995).

Secreción gástrica.

Las secreciones gástricas cumplen una función vital en el inicio de la digestión proteica, en la absorción intestinal y en el mantenimiento de la microflora normal del tubo alimentario. Las secreciones son una combinación de componentes macromoleculares y electrolíticos (Strombeck y Guilford, 1995).

Los tipos de glándulas gástricas que se pueden diferenciar en las invaginaciones de la mucosa corresponden a las células oxínticas o parietales, células principales, células mucosas y células endocrinas. Estas varían en cantidad según la región del estómago, y es así como en el estómago proximal (fondo y cuerpo), se encuentra a las células parietales, que son responsables de secretar el ácido clorhídrico; células principales, que son la fuente de pepsinógeno, el precursor de pepsina; células mucosas, que son responsables de la secreción de mucus para proteger al epitelio gástrico de la acción de enzimas y del HCl; células endocrinas, las que su secreción la hacen hacia el espacio extracelular y luego hacia la circulación, en lugar del lumen glandular (Strombeck y Guilford, 1995).

En el estómago distal o parte pilórica (antro y canal pilórico), las células mucosas son el tipo predominante, no hay células principales y sólo se detectan unas pocas parietales. Las glándulas gástricas de este sector sintetizan la gastrina, que es el mediador endocrino en la secreción del HCl (Twedt y Magne, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

Secreción de enzimas.

La parte macromolecular de las secreciones contiene pepsinógeno (secretado por las células principales), que es el precursor inactivo de la principal enzima proteolítica presente en el jugo gástrico, la pepsina. El HCl actúa sobre este precursor, convirtiendo a la enzima en su forma activa (Strombeck y Guilford, 1995).

La secreción de pepsinógeno es estimulada por neurotransmisores, histamina y péptidos hormonales. Las rutas colinérgicas vagales que actúan en forma directa sobre las células principales estimulan la secreción de pepsinógeno (Wingfield y Twedt, 1989; Strombeck y Guilford, 1995).

La histamina estimula la secreción en forma indirecta cuando el HCl estimula un reflejo colinérgico local en la mucosa gástrica. La gastrina también estimula la secreción de pepsinógeno en forma indirecta. Esta hormona estimula la liberación de histamina, y ambas la secreción de HCl (Strombeck y Guilford, 1995).

Otras enzimas halladas en las secreciones gástricas comprenden las que exhiben actividad lipasa, gelatinasa, lisozima, ureasa, neuraminidasa y

anhidrasa carbónica. Ninguna de estas sería trascendente en las actividades estomacales normales (Strombeck y Guilford, 1995).

Secreción de mucus.

El mucus es un material gelatinoso, compuesto por glucoproteínas, proteínas y carbohidratos, el cual protege a la mucosa gástrica contra los efectos de la pepsina, HCl y digestión proteolítica. La estimulación para la secreción de mucus ocurre en respuesta a la irritación local y al estímulo colinérgico. En los gatos la secretina también es un estimulante a la secreción de moco gástrico (Wingfield y Twedt, 1989; Twedt y Magne, 1992).

Secreción de bicarbonato

Las células mucosas superficiales secretan el bicarbonato derivado del producido en las células parietales. Este es secretado hacia la capa de mucus por capilares que facilitan su difusión. La secreción de bicarbonato es estimulada por las prostaglandinas, agentes colinérgicos, además de péptidos hormonales como la colecistokinina y gastrina (Strombeck y Guilford, 1995).

Secreción de HCl

La secreción de ácido clorhídrico se realiza en las células oxínticas o parietales, la que es estimulada por neurotransmisores, péptidos hormonales e histamina. Tres receptores de la membrana celular interactúan para estimular la secreción de ácido clorhídrico; estos aceptan gastrina, histamina y

acetilcolina, las que son necesarias para una óptima estimulación de la secreción (Twedt y Magne, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

Los mecanismos que controlan la secreción de HCl, tienen su efecto en tres momentos secuenciales diferentes durante el proceso digestivo: la fase cefálica, la fase gástrica y la fase intestinal (Wingfield y Twedt, 1989).

Fase cefálica: Esta fase de la secreción gástrica se estimula por la visión, sabor, olfato y masticación del alimento. Las áreas corticales median esta fase a través de las fibras vagales eferentes que terminan sobre las células G (secretoras de gastrina), células parietales y principales. Así, la actividad de las fibras parasimpáticas en estas células estimula la secreción de gastrina, HCl y pepsinógeno (Twedt y Magne, 1992; Wingfield y Twedt, 1989).

En el SNC, existen otros receptores que estimulan la secreción gástrica mediante el vago. Los receptores centrales responden a la hipoglucemia y caída de los niveles intracelulares de glucosa (Strombeck y Guilford, 1995).

Fase gástrica: Los determinantes más importantes de la secreción gástrica son los fenómenos que suceden en el estómago. El factor más significativo en esta fase es la liberación de gastrina (desde las células G antrales), la cual es estimulada por sustancias químicas (proteínas digeridas) y por la distensión de la mucosa gástrica. El principal estímulo para la liberación de gastrina es la distensión mecánica del antro. Asimismo, la distensión del fondo y cuerpo también tienen la propiedad de liberar gastrina (Wingfield y Twedt, 1989; Twedt y Magne, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

La liberación de gastrina es inhibida cuando el pH de los contenidos antrales es menor o igual a 3. Este mecanismo de control es importante en la regulación de la secreción de HCl (Strombeck y Guilford, 1995).

Fase intestinal: El alimento en el intestino delgado estimula la secreción de HCl en el estómago, esto se debe a la distensión entérica, aminoácidos y péptidos (Wingfield y Twedt, 1989; Strombeck y Guilford, 1995).

En general los reflejos provenientes desde las partes más caudales del tubo gastroentérico son inhibidores. Por ello, los principales mecanismos entéricos en el control de la secreción estomacal son inhibidores, ya sea neurales o humorales. Los agentes humorales que son liberados por la mucosa intestinal y que inhiben la secreción gástrica pertenecen a la familia secretina, la cual abarca al GIP, VIP y glucagón. Todos inhiben la secreción de HCl y pepsinógeno, excepto la secretina que estimula la secreción del pepsinógeno. La secretina se libera por receptores que responden al ácido en el duodeno. Las grasas y los ácidos grasos en el duodeno, producen la liberación de una hormona procedente de la mucosa duodenal, la enterogastrona, que tiene un efecto inhibitor sobre los movimientos y la secreción gástrica (Hill, 1981; Strombeck y Guilford, 1995).

2.2 Anatomía y Fisiología Intestinal.

En los animales de compañía las diferencias son mínimas. El tubo entérico está constituido principalmente como un área para la digestión y absorción de alimento. Las funciones motoras colaboran en los procesos digestivos y absortivos y movilizan los contenidos hacia caudal (Strombeck y Guilford, 1995).

Dentro del canal intestinal, la función difiere entre el intestino delgado y grueso. El intestino delgado se encarga de la absorción de nutrientes y el movimiento constante de sus contenidos en dirección caudal. El intestino grueso actúa como reservorio, manteniendo sus contenidos durante períodos más prolongados, con absorción de líquidos y electrolitos (Strombeck y Guilford, 1995).

Estructura macroscópica del intestino delgado.

El intestino delgado se extiende desde el píloro a la unión ileocólica y se divide de forma arbitraria en tres sectores: duodeno, yeyuno e íleon; no existiendo límites anatómicos definidos que permitan una diferenciación entre los segmentos. Su extensión es de 3,5 veces el largo del cuerpo del animal, lo que en el gato tiene una medida aproximada de 1,30 m. (Strombeck y Guilford, 1995; Kealy y McAllister, 2000).

El duodeno es la porción más corta y proximal, comienza en el píloro y constituye casi el 10% del largo total del intestino delgado. Este segmento está fijado al hígado a través del ligamento hepatoduodenal, y con el mesenterio que contiene al páncreas, con el cual guarda estrecha relación. También existen fijaciones mesentéricas entre el duodeno y el colon en el pliegue duodenocólico (Scherding, 1992).

El yeyuno e íleon representan aproximadamente el 90% del largo total del intestino delgado. El yeyuno es la porción media y más larga del intestino delgado, sólo está fijado por el gran mesenterio que contiene los vasos y nervios que llegan hasta el intestino. Es por ello que se distribuye con

amplitud en toda la cavidad abdominal. El yeyuno puede palparse en todo su recorrido, y las superficies ventral y lateral de la masa yeyunal están cubiertas por el omento mayor (Franklin *et al.*, 1989; Scherding, 1992; Kealy y McAllister, 2000).

El íleon, el segmento más caudal del intestino delgado, está unido al colon por el pliegue ileocecal e irrigado por vasos que vienen desde el ciego y el colon. El íleon ingresa en el extremo proximal del colon ascendente mediante el orificio ileal, localizado al lado derecho del abdomen a nivel de la tercera o cuarta vertebra lumbar, donde se encuentra un esfínter anatómico distintivo: el esfínter ileocólico (Morgan, 1981; Strombeck y Guilford, 1995; Robertson y Burbidge, 2000).

Estructura microscópica del intestino delgado.

Los intestinos son similares en estructura al tracto digestivo en general porque poseen mucosa, submucosa, capas musculares circular y longitudinal, y serosa. La mucosa con funciones secretorias y absortivas, conforma una barrera entre el ambiente exterior y el interior del cuerpo. La capa muscular externa (longitudinal) se encarga de mover los contenidos intestinales a un ritmo lento en dirección caudal (Strombeck y Guilford, 1995).

La mucosa intestinal consiste en un estrato simple de células que descansan sobre una capa de tejido conectivo laxo, vasos y nervios que se denomina lámina propia. La mucosa intestinal forma pliegues, donde la superficie luminal está conformada por numerosos microvellos denominados ribete en cepillo, que tienen la función de aumentar el área de superficie

mucosa disponible para la digestión y absorción al igual que los pliegues mucosos y la estructura plegada del intestino (Scherding, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

La submucosa que aporta el sostén y contiene vasos sanguíneos, linfáticos y nervios, está separada de la mucosa por la muscular de la mucosa (Strombeck y Guilford, 1995).

El músculo liso de la pared intestinal es similar en estructura al que se encuentra en otras partes del cuerpo. Este está constituido por una delgada capa externa de músculo liso longitudinal y una capa interna más gruesa de músculo circular. Este músculo liso tiene la propiedad de propagar la actividad eléctrica de célula a célula a través de unnexo, una región de fusión de las membranas plasmáticas; particularidad que permite a las capas de músculo liso actuar como un sincicio (Strombeck y Guilford, 1995).

Estructura macroscópica del intestino grueso.

La anatomía y fisiología del colon son en esencia iguales a las que se conocen para el intestino delgado, con pocas excepciones. El colon actúa como reservorio y completa la absorción de líquido y electrolitos, contribuyendo a la homeostasis de éstos (Burrows, 1989).

Si bien el colon tiene semejanzas anatómicas con el intestino delgado, funcionalmente es más parecido al estómago porque ambos órganos poseen dos regiones con propósitos diferentes, además de su función de reservorio en la que retiene los contenidos y los libera de manera lenta en el momento propicio (Strombeck y Guilford, 1995).

El intestino grueso es relativamente corto en el perro y gato, junto al recto representa el 10 a 20% del largo del intestino delgado, lo cual equivale a una longitud de 0,2 m. (Richter, 1992). Este se extiende desde el esfínter ileocecal y se compone por el ciego, colon, recto y canal anal (Kealy y McAllister, 2000).

El ciego es un divertículo del colon proximal en el perro y gato ubicado a la derecha de la línea media, y comunicado a este a través de la válvula cecocólica que yace inmediatamente caudal a la unión ileocólica. En el gato esta estructura tiene un largo de 0,02 a 0,04 m. (Richter, 1992; Kealy y McAllister, 2000; Bertoy, 2002).

El colon se inicia en un segmento corto denominado colon ascendente que corre cranealmente, finalizando en la flexura colónica derecha. La porción siguiente es un segmento un poco más largo de colon transverso, cual es la porción más craneal del intestino grueso que corre de derecha a izquierda, terminando en la flexura colónica izquierda. Esta flexura conecta el colon transverso con la parte más terminal, el colon descendente. Este último es el segmento colónico más largo y se extiende hasta la entrada pélvica donde comienza el recto; se ubica a la izquierda del plano medio y se relaciona con el duodeno ascendente mediante conexiones a través del pliegue duodenocólico. El recto corre a través del canal pélvico, finalizando en el ano y el esfínter anal (Burrows, 1989; Kealy y McAllister, 2000; Bertoy, 2002).

Estructura microscópica del colon.

La superficie de la mucosa colónica es plana, lisa y no contiene vellos. Posee glándulas tubulares rectas que se extienden desde la superficie a través de todo el espesor de la mucosa, alcanzando la muscular de la mucosa. Estas

glándulas, llamadas criptas de Lieberkuhn, poseen células mucosas y epiteliales próximas a la superficie. El resto de la pared colónica tiene semejanzas histológicas con la del intestino delgado (Richter, 1992)

Circulación sanguínea y linfática.

La perfusión principal del intestino proviene de la arteria mesentérica craneal, aunque el duodeno también recibe irrigación de la arteria gastroduodenal que se origina de la arteria hepática. El flujo sanguíneo del intestino grueso se efectúa mediante vasos mesentéricos craneales y caudales (Franklin *et al.*, 1989; Richter, 1992).

El flujo venoso desde los intestinos ingresa en la vena porta por las venas mesentéricas craneal y caudal, y para una porción del duodeno, a través de la vena gastroduodenal (Franklin *et al.*, 1989; Sherding, 1992).

El drenaje linfático se produce mediante el enorme número de linfonódulos esparcidos a lo largo del mesenterio que contiene el tubo entérico. Luego se dirige a los grandes troncos linfáticos intestinales y finalmente es transportado por el conducto torácico a la circulación venosa (Sherding, 1992).

Inervación.

El control neural de la función entérica está mediado por nervios que hacen sinapsis en una serie de diferentes ganglios en la pared del intestino. Los ganglios con sus fibras aferentes están organizados en plexos. Uno de estos centros se ubica en el plexo subseroso, ubicado en la fijación del mesenterio.

Este es un punto de transmisión entre los nervios mesentéricos y los plexos alojados en profundidad dentro de la pared intestinal, como el plexo mientérico (Auerbach), entre las capas musculares y los plexos submucosos (Meissner), que se encuentran esparcidos en toda la submucosa. Las extensiones de los plexos submucosos hacia la mucosa se denominan plexos mucosos (Hill, 1981; Franklin *et al.*, 1989; Bertoy, 2002).

Los nervios eferentes intestinales son fibras parasimpáticas y simpáticas del sistema nervioso autónomo. Los parasimpáticos son importantes para la regulación de la función normal (actividad muscular). El vago lleva estas fibras hasta el intestino delgado y la región craneal del colon. Las fibras parasimpáticas para el resto del intestino grueso se originan en los núcleos del segmento sacral de la médula espinal, y llegan hasta el órgano mediante los nervios pélvicos. El simpático tiene un papel menor en la función entérica normal (Hill, 1981; Richter, 1992; Bertoy, 2002).

2.3 Fisiología de la Motilidad Gástrica.

Los músculos de este órgano están adaptados para colaborar en la digestión, de modo que el estómago se puede considerar como una unidad de mezclado y molienda (Wingfield y Twedt, 1989). Otra función de la motilidad gástrica es la de evacuar los contenidos de alimento.

Es posible dividir al estómago en dos regiones motoras (compartimentos funcionales). El estómago proximal corresponde al fondo gástrico y a la región superior del cuerpo, las que están encargadas de los cambios adaptables necesarios para el ingreso y reservorio temporal del

alimento . Este fenómeno se conoce como relajación receptiva, y es el responsable de que el estómago aumente en volumen a medida que entran los alimentos y los líquidos sin que se produzca un notable incremento en la presión intragástrica (Hill, 1981; Minami y McCallum, 1984; Allan *et al.*, 1996).

La motilidad del estómago proximal se caracteriza por contracciones sostenidas lentas (contracciones tónicas), que generan y mantienen una presión gástrica basal, la que promueve que los líquidos sean enviados al duodeno (Twedt, 1994).

El estómago distal que comprende al antro pilórico y la región inferior del cuerpo, es el principal encargado de la mezcla y trituración de los alimentos además del vaciado de los contenidos estomacales (Miyabayashi y Morgan, 1984; Twedt y Magne, 1992; Allan *et al.*, 1996). Esta región rompe las partículas sólidas del alimento a un tamaño pequeño de aproximadamente 2 mm. o menos y con fuertes contracciones peristálticas éstas se movilizan a través del píloro. Los sólidos de gran tamaño son retro impulsados al cuerpo estomacal para repetir este proceso (Twedt, 1994; Kikuchi *et al.*, 2000; Loreno *et al.*, 2004).

Un sector muscular, localizado en la mitad del cuerpo estomacal y a lo largo de la curvatura mayor, denominado marcapaso intrínseco del estómago, genera potenciales eléctricos, que se diseminan sobre el estómago finalizando en el píloro, y que representa el primer nivel de regulación de la función motora en el estómago (Twedt y Magne, 1992; Twedt, 1994).

Estos potenciales eléctricos producen la onda lenta, una actividad eléctrica continua, que en el gato ocurren a una frecuencia de 5 ciclos por minuto (Twedt, 1994). Los cambios en este potencial eléctrico cíclico son

propagados hacia distal como un evento despolarizante, y determinan la frecuencia y velocidad de las contracciones estomacales (Twedt y Magne, 1992).

Las contracciones del antro gástrico dependen de un segundo evento eléctrico que es la actividad de respuesta eléctrica, también llamada actividad de onda rápida, que son potenciales de acción generados por las ondas lentas causantes de la contracción muscular del antro (Strombeck y Guilford, 1995). De esta manera el número de contracciones antrales no corresponde al número de potenciales eléctricos generados por actividad del fondo (Wingfield y Twedt, 1989).

Para que el flujo del quimo tenga continuidad, debe existir una coordinación motora entre estómago y duodeno, la que en ayunas se debe al complejo motor migratorio (CMM) o contracciones interdigestivas, el cual está bajo control del complejo mioeléctrico interdigestivo. Las ondas peristálticas de movimiento lento del CMM pasan sobre el antro y píloro, y migran a través del intestino delgado a intervalos regulares (Twedt y Magne, 1992). Con las ondas más fuertes de la peristálsis antral, el píloro se relaja hasta el grado máximo. Estos cambios son para la evacuación gástrica de material particulado indigestible residual después del vaciamiento de una comida. Estas modificaciones posibilitan que el material extraño o los residuos de una ingesta abandonen el estómago, lo que no es posible durante el vaciamiento habitual del alimento al mantenerse el píloro muy contraído. El CMM, también limpia en forma intermitente al estómago e intestino de bacterias, ya sea de agentes deglutidos u organismos capaces de multiplicarse en un ambiente ácido (Minami y McCallum, 1984; Wingfield y Twedt, 1989; Twedt, 1994; Kikuchi *et al*, 2000; Lorenzo *et al*, 2004).

Este complejo motor migratorio no ocurre en gatos, pero existe un patrón eléctrico análogo a este complejo de ondas migratorias que impulsan fuera del estómago los sólidos indigestibles, cual es seguido por una contracción tónica larga (Chandler *et al.*, 1997).

2.4 Motilidad del Intestino Delgado.

El intestino delgado tiene un músculo liso que realiza dos funciones básicas: mezcla y retarda el pasaje de los contenidos a través del tubo, lo que permite un contacto óptimo de la ingesta con las secreciones y la superficie mucosa, asegurando que se complete la digestión del material alimenticio y ocurra la absorción de los productos finales de la digestión. También moviliza los contenidos de forma continua en dirección caudal (Hill, 1981; Sherding, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

Se reconocen tres tipos de actividad motora en el intestino delgado: segmentación, peristalsis y la motilidad interdigestiva o complejo motor migratorio (Sherding, 1992).

La segmentación rítmica es un tipo de motilidad intestinal caracterizado por contracciones aleatorias localizadas en los músculos circulares. Esta motilidad es mínima cuando el intestino está vacío y se incrementa cuando éste se distiende por el ingreso de alimento. Las contracciones segmentadas dividen el contenido en forma repetida realizando una acción de mezcla del alimento con las enzimas digestivas, favoreciendo el contacto de los nutrientes con las superficies absorptivas de la mucosa (Hill, 1981; Sherding, 1992).

La otra función de estas contracciones es la de aumentar la resistencia al pasaje de los nutrientes, y así brindar tiempo para que se completen los procesos de digestión y absorción (Franklin *et al.*, 1989; Strombeck y Guilford, 1995).

La velocidad de las contracciones musculares que producen la segmentación rítmica, está determinada por actividad eléctrica, una propiedad básica del músculo en la capa longitudinal. El ritmo de la actividad motora es más alto en el duodeno y va disminuyendo en dirección caudal (Strombeck y Guilford, 1995).

La frecuencia de las contracciones segmentadas varía según la especie, en el caso del gato se producen de 28 a 30 contracciones por minuto (Sherding, 1992).

El segundo tipo de motilidad intestinal importante que moviliza los contenidos en dirección caudal es la peristalsis. Una onda peristáltica se describe como un anillo de constricción que se mueve en dirección caudal sobre un segmento intestinal corto. En cada uno de estos segmentos entéricos, las ondas peristálticas se desarrollan en la misma frecuencia que las contracciones de la segmentación rítmica, con una velocidad para las dos determinada por la actividad de control eléctrico. En consecuencia, la velocidad de generación de ondas peristálticas es diferente en cada nivel del tubo intestinal. El ritmo de generación de ondas peristálticas es máximo en el duodeno y su reducción en los segmentos caudales es responsable por el movimiento de los contenidos en la dirección adecuada (Sherding, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

De esta forma el movimiento de los contenidos a través del intestino delgado es el resultado neto de la acción frenadora de la segmentación y el efecto acelerador de la peristalsis (Strombeck y Guilford, 1995).

Durante la alimentación y el ayuno existe una actividad propulsiva. En el ayuno esta actividad es periódica con intervalos inactivos que duran 1 hora entre las ondas propulsivas. Estas ondas peristálticas que ocurren durante el ayuno constituyen el complejo de motilidad migratoria interdigestiva (contracciones interdigestivas), que se caracteriza por contracciones intensas y recurrentes que comienzan en el estómago y continúan a lo largo de toda la longitud del intestino delgado (Franklin *et al.*, 1989; Sherding, 1992).

El propósito de estas contracciones interdigestivas es el de limpiar el conducto como preparación para la próxima ingesta, además de mantener el intestino libre de bacterias y detritos (Franklin *et al.*, 1989; Sherding, 1992).

Las mediciones mioeléctricas muestran tres patrones diferentes de este complejo de motilidad, que corresponden a la fase 1 de inactividad, la fase 2 de actividad propulsiva que es similar a las ondas peristálticas observadas durante la ingesta y la fase 3 que corresponde a la actividad propulsiva máxima cuando opera la función limpiadora. Las contracciones interdigestivas pueden iniciarse en cualquier punto del intestino, la fase 1 de inactividad tiene una duración aproximada de 60 minutos, seguida por 15 a 40 minutos de la fase 2 y luego 4 a 8 minutos de la intensa actividad contráctil en la fase 3. El intervalo entre cada ciclo y el tiempo para la migración desde el intestino delgado anterior a posterior es de 2 a 3 horas (Strombeck y Guilford, 1995).

El patrón de motilidad cambia con la ingestión de alimento, del complejo de motilidad interdigestiva al patrón prandial de las contracciones de la fase 2 después del consumo de una comida (Strombeck y Guilford, 1995).

Regulación de la motilidad.

Onda lenta o actividad de control eléctrico.

Los principales determinantes en la frecuencia de las contracciones (segmentación rítmica y ondas peristálticas) del intestino delgado, son las propiedades mioeléctricas inherentes al músculo liso y su onda de despolarización lenta, actividad de control eléctrico o ritmo eléctrico básico. Sin embargo, las ondas lentas están influidas y/o moduladas por hormonas, actividad neural, ingesta y estados de enfermedad (Franklin *et al.*, 1989; Sherding, 1992).

Los efectos neurales en la motilidad gastrointestinal están regulados por el sistema nervioso autónomo. El parasimpático aumenta la motricidad mientras que el simpático la disminuye. Los quimiorreceptores y los mecanorreceptores son los receptores sensitivos para la motilidad intestinal. Los quimiorreceptores se estimulan por la osmolaridad, el pH y los productos digestivos, mientras que los mecanorreceptores lo hacen por la presión, el volumen o distensión y el movimiento (Franklin *et al.*, 1989).

Actividad de respuesta eléctrica.

La actividad de onda lenta gobierna el ritmo de la contracción muscular que promueve la segmentación o movimiento peristáltico; no inicia la contracción. La estimulación del músculo liso intestinal para la contracción deriva de la actividad de respuesta eléctrica o potenciales espiga, que se generan por una serie de medios diferentes. Esta actividad se inicia por estímulos originados dentro o fuera del intestino, como la distensión con alimento y estímulos psíquicos generados durante el proceso de la ingesta (Strombeck y Guilford, 1995).

2.5 Motilidad del Intestino Grueso.

La actividad motora a lo largo del colon es similar a la del intestino delgado. En ambos sectores se encuentran los movimientos de propulsión (peristalsis) y las contracciones segmentarias rítmicas. Estas últimas ocurren a lo largo del colon movilizando los contenidos por cortas distancias, tanto en dirección craneal como caudal, mientras que el material se dirige con lentitud hacia el recto. De esta manera se retarda el pasaje y enlentece el tránsito de los contenidos colónicos, favoreciendo la absorción de agua y electrolitos por parte de la mucosa (Burrows, 1989; Richter, 1992).

Cabe mencionar que los patrones de motilidad son diferentes en colon proximal y distal, además que la mayoría de las observaciones sobre la motilidad colónica provienen de estudios realizados en felinos (Richter, 1992).

Las funciones motoras del colon están determinadas por actividad de ondas lentas o control eléctrico del músculo liso colónico. A diferencia del estómago e intestino delgado, la actividad de onda es generada por la capa muscular circular más que longitudinal. Las ondas lentas se originan en un sitio ubicado en la parte más caudal del tercio proximal del colon donde existe un marcapasos que las genera a una frecuencia de casi 6 ciclos por minuto. Estas ondas lentas se mueven hacia craneal hasta el extremo anterior del colon, el cual tiene una frecuencia de onda lenta de 4,5 ciclos por minuto (Richter, 1992; Strombeck y Guilford, 1995; Bertoy, 2002).

Es por esto que la mayoría de la actividad motora que exhibe el colon proximal son contracciones peristálticas retrógradas. Estos anillos de contracción contribuyen a la resistencia en el tubo, de manera que los contenidos líquidos son incapaces de atravesarlo con rapidez, y así el material puede permanecer durante periodos largos de tiempo en el colon anterior. Los anillos de contracción son equivalentes a la segmentación; tienen la función de mezclar el contenido colónico e impedir su pasaje demorando el tránsito, favoreciendo al igual que la segmentación rítmica la absorción de agua y electrolitos (Burrows, 1989; Richter, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

El colon distal posee otro tipo de actividad eléctrica caracterizada por salvas prolongadas en espiga. Esta actividad eléctrica se origina en la zona media del colon y genera grandes ondas migratorias (movimientos de masa), que progresan en dirección caudal. Esta actividad es responsable de la movilización rápida de los contenidos colónicos hacia el recto, preparando así la defecación (Richter, 1992; Bruce *et al.*, 1999; Bertoy, 2002).

El control de la actividad eléctrica está afectado por estímulos neurológicos, factores humorales, drogas y contenidos intraluminales (Richter, 1992). El principal estímulo para la motilidad en el intestino grueso es la distensión mediada por los contenidos que ingresan desde el ileon. Esta masa estimulará las contracciones de segmentación y de esa forma se limitará el tránsito del material a través del colon. La distensión también estimula la actividad propulsiva de la masa que permite la evacuación del colon (Richter, 1992; Strombeck y Guilford, 1995).

2.6 Fisiología del Vaciamiento Gástrico.

Es un hecho conocido que el vaciamiento gástrico en animales es un proceso fisiológico complejo, donde la fase líquida y la sólida del alimento son expulsadas de forma diferente y a distintos tiempos, a pesar de haber sido ingeridas de manera conjunta (Minami y McCallum, 1984; Miyabayashi y Morgan, 1984). Es por esto que la evaluación de la motilidad gástrica requiere la investigación del vaciamiento de las fases sólida y líquida del alimento (Sparkes *et al.*, 1997; Lorenzo *et al.*, 2004).

El vaciamiento del alimento desde el estómago se inicia con una fase de contracciones sostenidas lentas (fase lenta), que ha sido demostrada por estudios de cintigrafía, la cual tiene una duración aproximada de 2 horas. Esta fase lenta representa el tiempo que toma la mayor parte de los líquidos en vaciarse, y el tiempo durante el cual ocurre la trituración del alimento (a partículas lo bastante más pequeñas, suficiente para su paso al duodeno) y el movimiento de los contenidos gástricos desde el fondo a la zona antropilórica (Allan *et al.*, 1996; Goggin *et al.*, 1998).

Vaciamiento gástrico de líquidos.

El vaciamiento de los líquidos desde el estómago a duodeno ocurre principalmente por un gradiente de presiones entre estas dos estructuras. Los líquidos son vaciados entonces cuando la presión intraluminal del estómago supera a la del duodeno y donde el píloro permanece abierto (Minami y McCallum, 1984). Esta presión dentro del estómago es generada por las contracciones tónicas del estómago proximal, principalmente del fondo gástrico (Miyabayashi y Morgan, 1984; Twedt y Magne, 1992).

La actividad eléctrica del estómago proximal tiene regulación tanto neural como hormonal. La principal influencia de esta actividad eléctrica se debe al estímulo vagal, que media estímulos inhibitorios sobre la actividad gástrica (Strombeck y Guilford, 1995).

El antro y píloro son partes de un mecanismo discriminatorio que permite que los líquidos sean vaciados y los sólidos sean retenidos por más tiempo en estómago. Cuando el antro y píloro comienzan a contraerse, el píloro que tiene un lumen más estrecho, se contrae primero, cerrándose antes de que el antro complete su contracción. Se mantiene cerrado de forma incompleta, no regulando el movimiento de líquidos hacia el duodeno, y controlando el ritmo de evacuación de los sólidos del antro, impulsándolos de un modo forzado en dirección retrógrada. De esta forma el píloro tiene una importante función en la regulación de la evacuación de sólidos (Strombeck y Guilford, 1995).

Vaciamiento de sólidos digestibles.

Los sólidos digestibles y no digestibles se evacuan por mecanismos gástricos diferentes. El vaciamiento de los sólidos es función principal del estómago distal (antro y píloro), que con sus contracciones reducen el tamaño del alimento a finas partículas por mezcla y molienda. Estas partículas se suspenden en fluidos y son posteriormente expulsadas por el esfínter pilórico (Miyabayashi y Morgan, 1984; Sparkes *et al.*, 1997).

Los sólidos digestibles para seguir su tránsito por el gastroéntero, son retenidos en estómago hasta que sus tamaños esencialmente sean menores a 2 mm. de diámetro. De esta manera los sólidos digestibles son vaciados desde el estómago hacia duodeno cuando estos han sido transformados a una forma casi líquida. (Minami y McCallum, 1984; Wingfield y Twedt, 1989; Hall *et al.*, 1992).

Hay tres factores cruciales en este proceso: ondas de presión de mezcla del antro distal, un mecanismo discriminatorio que permite la suspensión de pequeñas partículas que salen con líquidos y se retienen partículas grandes para ser molidas o pulverizadas en el estómago, y fuerzas de propulsión que llevan los fluidos al duodeno (Wingfield y Twedt, 1989).

El vaciado de los sólidos digestibles proviene de la actividad eléctrica distal del estómago, que se caracteriza por fluctuaciones eléctricas débiles que se conocen como ondas lentas, originadas del marcapaso gástrico (Minami y McCallum, 1984). Estas ondas peristálticas gástricas distales, aumentan en amplitud y velocidad a medida que se desplazan en dirección aboral (Twedt y Magne, 1992).

Igual como ocurre en el segmento proximal del estómago, el segmento distal también es controlado por mecanismos nerviosos y hormonales. La regulación es mediada tanto por la vía vagal como por la vía simpática. El control hormonal está dado principalmente por la gastrina, la cual influye aumentando la frecuencia de generación de potenciales de acción por parte del marcapaso gástrico (Minami y McCallum, 1984).

Vaciamiento de sólidos indigestibles.

La evacuación las partículas sólidas del alimento que no son reducidas a un tamaño lo suficientemente menor a 2 mm., son eliminadas del estómago por un mecanismo diferente al de los sólidos digestibles. Estas partículas de mayor tamaño abandonan el estómago impulsadas por una fuerte actividad de contracciones peristálticas denominada complejo motor migratorio o contracciones interdigestivas, que comienzan en el estómago y migran a través del intestino delgado (Twedt y Magne, 1992; Kikuchi *et al*, 2000). Esta evacuación ocurre durante el estado de ayuno posterior al vaciamiento gástrico de los líquidos y de las partículas sólidas del alimento que poseen un tamaño inferior a 2 mm. de diámetro, llamada fase interdigestiva (Minami y McCallum, 1984; Wingfield y Twedt, 1989; Hall *et al*, 1992; Sparkes *et al*, 1997).

Estos ciclos suceden aproximadamente cada 2 horas y pueden estar mediados por la hormona motilina (Wingfield y Twedt, 1989; Twedt y Magne, 1992).

2.7 Factores que Determinan el Tránsito Gastrointestinal.

El vaciamiento gástrico y el tránsito intestinal están influenciados por diversos factores. Para entenderlos de mejor forma, se dividen en dos grandes grupos, los factores que atañen en forma específica al alimento y las entidades patológicas que afectan la funcionalidad y estructura del tracto gastrointestinal (Goggin *et al.*, 1998).

Con respecto a los primeros, el volumen y su contenido de agua son los primeros factores determinantes en el vaciamiento gástrico de líquidos. Otro factor de importancia que influye en el vaciamiento es la composición nutritiva de la ingesta, ya sea el contenido de grasas o aminoácidos. También son importantes la osmolaridad, la densidad calórica, acidez, el tamaño de las partículas y el stress (Minami y McCallum, 1984; Allan *et al.*, 1996; Nelson *et al.*, 1996; Goggin *et al.*, 1998; Nelson *et al.*, 2001). Inclusive en un estudio realizado por Hall *et al.* (1992), enuncian que el tiempo de vaciado gástrico se puede predecir sobre la base de la densidad energética y volumen inicial del alimento empleado en el estudio.

Dentro de las patologías estructurales y funcionales del gastoéntero, hay algunas que actúan (la mayoría), disminuyendo el tiempo de tránsito del alimento; otras son causantes de retención gástrica o intestinal. En estas entidades patológicas podemos mencionar a los cuerpos extraños, donde los gatos son susceptibles a obstrucciones por diversos tipos de estos, siendo claramente los cuerpos extraños lineales los más comunes (Bebchuk, 2002). Otras entidades patológicas corresponden a neoplasias tanto intra como extra lumbinales, lesiones de la zona antropilórica del estómago como una hipertrofia de ésta, enfermedades inflamatorias o úlceras gastrointestinales, posterior a

una cirugía gástrica e intestinal, intususcepciones, megacolon, dilatación y vólvulo gástrico. También se menciona a los desequilibrios ácido-base y a los disturbios metabólicos que afectan en forma secundaria al vaciamiento y tránsito como diabetes *mellitus*, pancreatitis, hipotiroidismo y uremia. Estas anormalidades en el vaciamiento gástrico y en el tránsito intestinal son comúnmente encontradas en la práctica veterinaria (Tams, 1992; Twedt, 1994; Allan *et al.*, 1996; Nelson *et al.*, 1996).

La interrupción o el retardo en el tránsito del gastroéntero de los gatos provoca importantes consecuencias clínicas que no siempre son específicas y donde se incluyen el discomfort abdominal, anorexia, pérdida de peso, deshidratación, vómito, náusea, cambios en la frecuencia de defecación o diarrea, constipación, y alteraciones en la absorción de drogas. Estos signos clínicos varían dependiendo de la ubicación, grado de alteración y cronicidad de la noxa que afecta al tracto gastrointestinal (Bellenger y Beck, 1994; Bebchuk, 2002).

Menos reconocido es el vaciamiento gástrico exageradamente rápido (dumping), que puede resultar en náusea, o diarrea (Bruce *et al.*, 1999; Allan *et al.*, 1996).

2.8 Evaluación Gastrointestinal Mediante Técnicas de Imágenes.

Determinaciones del tiempo de vaciamiento gástrico y de tránsito intestinal son útiles para determinar desórdenes de motilidad

gastrointestinal y obstrucciones parciales del píloro o intestino delgado (Chandler *et al.*, 1997; Iida *et al.*, 2000).

A pesar de la alta prevalencia de condiciones que causan anomalías en el vaciamiento gástrico y tránsito intestinal, aún no hay un método disponible que sea práctico para cuantificarlos (Chandler y Guilford, 1995; Allan *et al.*, 1996), pero existen técnicas de imágenes que son herramientas muy útiles en la investigación del tránsito gastrointestinal del alimento en perros y gatos, como son la cintigrafía, radiografía y estudios contrastados del tracto gastroentérico (Goggin *et al.*, 1998). Otras técnicas comprenden a la ultrasonografía, y tomografía axial computarizada (TAC).

Aunque existe cierta superposición entre estas disciplinas, ninguna de éstas por sí sola es capaz de medir todos los aspectos de este fenómeno, sin embargo cada técnica ocupa un nicho particular en el espectro de aplicación de estas modalidades diagnósticas (Hall *et al.*, 1992; Nelson *et al.*, 1996).

Dentro de estas disciplinas, la cintigrafía es la técnica recomendada para monitorear y diagnosticar desórdenes en el grado de vaciamiento gástrico, pero su uso no es habitual en la práctica veterinaria debido a su alto costo, además que su acceso es limitado al estar sólo disponible en algunas clínicas o en centros de referencia para uso en humanos; en cambio los veterinarios en la práctica privada están obligados a confiar en estudios realizados con sulfato de bario en suspensión (Allan *et al.*, 1996; Chandler *et al.*, 1997; Guilford *et al.*, 1997; Iida *et al.*, 2000; Lorenzo *et al.*, 2004).

La radiografía gastrointestinal es adecuada para la detección de las anormalidades morfológicas que alteran el tamaño o posición de un órgano; la fluoroscopia se utiliza para descubrir trastornos motores; la ecografía reconoce alteraciones morfológicas resultantes de modificaciones en la densidad de los tejidos, tamaño y posición del órgano; la gammagrafía examina la integridad de las funciones fisiológicas gastroentéricas, como la evacuación gástrica, excreción biliar y permeabilidad de mucosa; la TAC es una técnica sensible para el diagnóstico de afecciones anatómicas (Strombeck y Guilford, 1995).

Endoscopia.

Esta es una técnica sensible y confiable para la diagnosis de enfermedades lumbinales y de mucosa del tracto gastrointestinal anterior que pueden inducir emesis (Kantrowitz y Biller, 1992). La endoscopia ofrece una ventaja importante para el diagnóstico definitivo mediante el muestreo endoscópico, donde se pueden identificar por ejemplo gastritis hipertrófica o atrófica, gastritis o enteritis de causas variadas (eosinofílica o linfocítica/plasmocítica), erosiones estomacales, úlceras, granulomas, parasitosis, neoplasia o piloroestenosis. Sin embargo, la endoscopia no permite el diagnóstico de los problemas motores del tracto gastroentérico (no valora motilidad), y puede pasar por alto lesiones murales alojadas en la submucosa o *muscularis* (Tams, 1992; Twedt, 1994; Strombeck y Guilford, 1995).

Ultrasonografía abdominal

La ultrasonografía abdominal registra con precisión el tamaño, forma, posición y relaciones espaciales de los órganos abdominales. Además puede

delinear tejidos de densidades variables, y aporta información sobre la arquitectura de éstos (Kealy y McAllister, 2000).

El ultrasonido es más sensible que la radiografía para la detección de masas abdominales, incluidas lesiones miliares intra orgánicas (por ejemplo, neoplasia metastásica), líquido abdominal, abscesos, quistes, engrosamientos murales, linfadenopatía mesentérica, pancreatitis, obstrucción biliar, y cálculos biliares o urinarios radiolúcidos (Strombeck y Guilford, 1995).

Cintigrafía

La cintigrafía se indica para el diagnóstico de los trastornos morfológicos y motores gastroentéricos que no pueden ser determinados por otras técnicas. Es así como es valiosa en determinar pacientes con obstrucciones pilóricas y que exhiben un vaciamiento gástrico normal de líquidos (Hornof *et al.*, 1989). Sólo mediante la cintigrafía por ser un proceso dinámico, es posible valorar la velocidad de la motilidad gastrointestinal, la coordinación del movimiento peristáltico y la manera en que el medio de contraste es impulsado a través del conducto alimentario (Hornof *et al.*, 1989; Strombeck y Guilford, 1995).

Radiografías abdominales simples.

Las radiografías abdominales simples se indican para la evaluación de variados problemas gastrointestinales. Si bien en algunos casos no rinden un diagnóstico definitivo, con frecuencia se las indica en la investigación inicial de muchos casos al colaborar en la exclusión tentativa de alteraciones como la obstrucción, cuerpos extraños gastrointestinales como tricobezoares (etiologías comunes de vómito), e intususcepciones o masas tumorales

(Kantrowitz y Biller, 1992); además de íleo adinámico, perforación o peritonitis, que tienen consecuencias serias cuando el diagnóstico se demora. Esto es posible al determinar el diseño o contorno de las estructuras en forma individual que están presentes en el abdomen (Carlson, 1967).

La radiografía es una herramienta diagnóstica importante en la evaluación del gastroéntero en gatos; puede demostrar el tamaño, la forma y la localización gástrica, así como, cuerpos extraños intraluminales, anormalidades de la pared y del vaciado gástrico (Twedt y Magne, 1992; Twedt, 1994).

Los cuerpos extraños radiopacos se observan con facilidad y no ofrecen un mayor problema en las radiografías simples, sin embargo muchos de estos objetos extraños son radiolúcidos por lo que son más dificultosos en ser identificados (Bebchuk, 2002). Para estos últimos se debe optar por un estudio con medio de contraste, al igual que para realizar una evaluación completa de la superficie luminal del gastroéntero (Carlson, 1967). Mención especial para los cuerpos lineales que son los más comunes en los gatos y que la mayoría de las veces no pueden ser identificados en las radiografías simples (Kantrowitz y Biller, 1992).

En general estos estudios se deben realizar en animales con signos crónicos de enfermedad gástrica y cuyas imágenes de rutina sean normales, identificar la posición del estómago o evaluar el vaciado gástrico (Wingfield y Twedt, 1989; Twedt y Magne, 1992).

Las radiografías abdominales simples por lo común son de escaso valor en el monitoreo de los desórdenes del intestino grueso. Las patologías que pueden dar anormalidades radiológicas incluyen megacolon, ciertos casos de neoplasias, o la compresión y/o desplazamientos del colon por estructuras

extra entéricas (huesos pélvicos, prostatomegalia, etc.). Debido a que muchos procesos de este sector generan anomalías de la mucosa, resulta necesario el estudio radiográfico contrastado (Sherding, 1992; Twedt, 1994).

Examen radiográfico contrastado.

En muchas ocasiones, las anomalías o enfermedades que afectan al sistema gastrointestinal, no pueden ser confirmadas o evaluadas mediante el estudio de imágenes radiográficas simples (Kantrowitz y Biller, 1992). Es por esto que se utilizan exámenes contrastados para evaluar la integridad de su estructura y funcionalidad, a través de la introducción de elementos que poseen un peso atómico superior (contraste positivo) o inferior (contraste negativo) a la región en estudio (Mendoza, 1999).

El examen radiográfico contrastado es un procedimiento que no requiere anestesia y se utiliza para confirmar las anomalías vistas en la radiografía simple, para evaluar la funcionalidad motora gástrica e intestinal determinando el tiempo de vaciamiento gástrico y de tránsito intestinal (Kantrowitz y Biller, 1992; Nelson *et al.*, 1996). Además brinda una mejor estimación del diámetro luminal, masas murales, lesiones compresivas extramurales, cuerpos extraños, obstrucciones parciales, es decir, este examen es necesario para un estudio detallado del tracto gastrointestinal (Kealy y McAllister, 2000).

Estudio de contraste negativo.

Un estudio de contraste negativo del estómago se realiza con la introducción de aire o dióxido de carbono en el órgano a través de una sonda, de manera de lograr una distensión moderada. Este método de contraste es económico y fácil para delinear muchos cuerpos extraños intraluminales o para señalar el engrosamiento de la pared gástrica, así como también el diámetro luminal del colon (Wingfield y Twedt, 1989; Twedt y Magne, 1992; Kealy y McAllister, 2000).

Estudio de contraste positivo.

Con la aparición de la endoscopía y ultrasonografía, el empleo de la radiografía gastrointestinal contrastada enfocó los métodos que determinan la motilidad o detectan obstrucciones. Estos estudios proporcionan un método grosero de evaluación de la motilidad y el vaciado gástrico; estos se realizan mediante el uso de material de contraste radiopaco, que en la mayoría de los casos emplea el sulfato de bario micropulverizado en suspensión (Kealy y McAllister, 2000).

Estudios de doble contraste.

Estos estudios implican el uso de agentes de contraste tanto negativos como positivos. Esta técnica es útil para delinear cuerpos extraños gástricos, el contorno de la pared gástrica, evaluar la superficie de la mucosa y sus contenidos, y pueden ser convenientes si la endoscopía no es accesible (Twedt y Magne, 1992; Steyn y Twedt, 1994; Twedt, 1994).

Agentes de contraste positivos.

Dentro de los medios de contraste positivos se encuentra el Sulfato de Bario en dos formas: como USP y micropulverizado; el segundo permite una adecuada suspensión de agua y dibuja un contorno de mejor definición (Mendoza, 1999). Sumado a esto, las suspensiones micropulverizadas inclusive generan patrones de mucosa que se manifiestan como bordes delicadamente franjeados; además no sufren fragmentación que se traduce en una óptima definición de continuidad en la columna de medio de contraste intraluminal (Root y Morgan, 1969).

Por muchos años los veterinarios han utilizado el bario líquido como agente de contraste de elección para estudios gastrointestinales en la práctica clínica (Robertson y Burbidge, 2000). Este es útil en la detección de grandes anomalías en la mucosa gástrica, pero no es un buen indicador del vaciamiento gástrico, por no ser un estudio cuantitativo y por las características heterogéneas del alimento (Nelson *et al.*, 1996); pero la mayor desventaja es que permite determinar sólo el vaciamiento gástrico de líquidos y no de sólidos, los cuales están controlados por diferentes mecanismos. Además, la experiencia clínica en gatos y humanos sugiere que la regulación del vaciado gástrico de sólidos es lo que más se modifica a causa de una enfermedad (Steyn y Twedt, 1994; Chandler *et al.*, 1997; Guilford *et al.*, 1997).

Como una forma de mejorar esta desventaja, la suspensión de bario puede ser mezclada con alimento para evaluar la motilidad y vaciado gástrico, pero surge el problema de que el agente de contraste puede disociarse desde el alimento, redistribuirse y vaciar en la fase líquida de los contenidos gástricos, aportando una información imprecisa sobre el vaciamiento de la fase sólida de un alimento (Hall *et al.*, 1992; Tams, 1992; Nelson *et al.*, 1996; Chandler *et al.*, 1997).

Otra característica que juega en contra del sulfato de bario en suspensión, son los errores en su dosificación, esto debido a que mucha cantidad del contraste o suspensiones muy concentradas pueden ocultar fácilmente la visualización de estructuras como los objetos extraños y los patrones patológicos (Carlson, 1967; Root y Morgan, 1969).

Dentro de los agentes de contraste positivos también están los compuestos Triyodados caracterizados por su hiperosmolaridad; es por esto que no se pueden utilizar en pacientes con una alteración moderada o grave de su equilibrio hidrosalino (Kantrowitz y Biller, 1992; Williams *et al.*, 1993; Mendoza, 1999).

Históricamente el uso de sulfato de bario ha sido contraindicado si se sospecha de una perforación del tracto gastrointestinal, esto por la reacción peritoneal severa que sigue al escape de sulfato de bario hacia esta cavidad. Cuando existe una sospecha de esta índole se debe utilizar un agente de contraste yodado no iónico como alternativa al sulfato de bario, debido a que son fácilmente solubles en agua, con lo cual al salir del tracto gastrointestinal son rápidamente absorbidos, disminuyendo la posibilidad, y de por sí, no son irritantes (Williams *et al.*, 1993; Twedt, 1994; Bebchuk, 2002).

Otra alternativa de agente de contraste positivo para estudios radiográficos gastrointestinales son las partículas demarcadoras radiopacas, las que presentan determinadas ventajas sobre el sulfato de bario en suspensión y los triyodados hidrosolubles para estudios de cuadros que afectan la dinámica de tránsito gastrointestinal (Nelson *et al.*, 1996; Mendoza, 1999; Nelson *et al.*, 2001). Estas han sido desarrolladas para ayudar en el diagnóstico de desórdenes de motilidad gastrointestinal y

obstrucciones parciales en la práctica privada (Robertson y Burbidge, 2000). Investigaciones realizadas han demostrado que el movimiento de estas partículas radiopacas indigestibles desde el estómago, ocurre en forma conjunta con el vaciamiento de partículas sólidas de alimento, permitiendo evaluar las fases gástricas involucradas en su vaciamiento (Chandler y Guilford, 1995; Nelson *et al.*, 2001).

En la última década, investigadores han utilizado partículas demarcadoras radiopacas para registrar los tiempos de vaciamiento gástrico y de tránsito intestinal en personas sospechosas de tener defectos de motilidad (Allan *et al.*, 1996; Nelson *et al.*, 1996). Esta es una técnica cuantitativa, segura, no invasiva que provee una alternativa al uso de sulfato de bario en suspensión, pero es necesario que sea probada en pacientes clínicos antes que su valor como método diagnóstico pueda ser determinado (Allan *et al.*, 1996; Chandler *et al.*, 1997).

Las primeras indicaciones para el uso de partículas demarcadoras radiopacas en los pequeños animales, son el estudio del vómito crónico postprandial, además de náusea, anorexia, pica y pérdida de peso, signos asociados a la disfunción motora gástrica e intestinal (Nelson *et al.*, 1996).

Partículas Demarcadoras Radiopacas (PDRO).

Los marcadores radiopacos generan una baja densidad radiográfica, pero suficientemente radiodensas como para aparecer claramente en las radiografías abdominales (Chemstock, 1994).

Existen dos tipos de partículas demarcadoras. Las primeras consisten en esferas de polietileno impregnadas con bario (Robertson y Burbidge, 2000), y el segundo tipo son esferas de acrílico impregnadas con bario (Soto, 1999).

Las partículas radiopacas son un método simple, efectivo y mejoran el contraste radiográfico para una mayor seguridad en el diagnóstico de obstrucciones gastrointestinales y desórdenes de motilidad en perros y gatos, además de proporcionar información cuantitativa en comparación a las suspensiones de bario (Chandler *et al.*, 1997; Bruce *et al.*, 1999; Soto, 1999). Sin embargo, es necesario mencionar que los marcadores no reemplazan los estudios más tradicionales con sulfato de bario como medio de contraste. Estos entregan más información acerca del funcionamiento gastrointestinal que de anatomía, por esto no puede ser usado como sustituto directo de otros agentes de contraste que entregan información principal sobre anatomía y estructura (Robertson y Burbidge, 2000).

Las PDRO presentan algunas ventajas frente a otros medios de contraste, como por ejemplo, su fácil administración, ya sea libremente en el alimento o bien en cápsulas de gelatina; no existiendo pérdida del producto, puesto que al finalizar el estudio todos los marcadores son recuperados (Soto, 1999). Unido a esto se suma la capacidad de evaluar diferentes áreas del intestino con radiografías abdominales seriadas, factibilidad de ser usadas en la práctica privada y no oscurecer la visualización de las estructuras abdominales como es el caso de otros agentes de contraste gastrointestinal (Fucci *et al.*, 1995; Robertson y Burbidge, 2000).

Específicamente las partículas son útiles en ayudar a detectar obstrucciones físicas (parciales o totales), y obstrucciones funcionales (ileo); también alteraciones del vaciamiento gástrico, como retardo producto de estenosis pilóricas, disturbios del ritmo gástrico, vaciamiento rápido y exagerado (dumping) y alteraciones de la motilidad intestinal. (Chemstock, 1994).

Existen dos tamaños de partículas demarcadoras: las pequeñas de 1.5 mm. determinan la velocidad de tránsito al comportarse de manera similar a las pequeñas partículas de alimento, y las grandes de 5 mm. determinan obstrucciones gastrointestinales al imitar el paso de grandes partículas indigestibles (Chandler *et al.*, 1997; Sparkes *et al.*, 1997; Nelson *et al.*, 2001), lo que da un sentido fisiológico a las mediciones. Además, éstas pueden ser contadas y monitoreadas, y el tiempo de tránsito intestinal puede ser comparado a un promedio de velocidad en animales sanos, lo que mejora mucho la seguridad en el diagnóstico (Chemstock, 1994).

Es preciso mencionar que las PDRO presentan ciertas limitaciones en cuanto a su uso. Es así que éstas son de poco valor en animales que cursan con vómito frecuente, y no están indicadas para la detección de alteraciones gástricas o intestinales no obstructivas como úlceras, enfermedades inflamatorias o infiltrativas intestinales, aunque pueden demostrar alteraciones de motilidad secundarias a estos problemas (Chemstock, 1994).

En resumen, los estudios con marcadores radio opacos involucran tres principios básicos, los cuales son la detección de alguna agrupación focal o no de esferas, cálculo del tiempo de vaciamiento gástrico y tránsito intestinal, y la confirmación de que las esferas de mayor tamaño alcanzaron el colon (Robertson y Burbidge, 2000).

Procedimiento de contraste para la evaluación del tránsito gastrointestinal.

Si no existen lesiones obstructivas, la velocidad de pasaje del material de contraste a través del canal digestivo es una función de la frecuencia de contracciones peristálticas y segmentarias del estómago e intestino, estado funcional del píloro, y la cantidad y viscosidad del medio de contraste. Como resultado de estas variables, el tiempo de tránsito gastrointestinal no es la medida más adecuada de la motilidad intestinal (Strombeck y Guilford, 1995).

Tradicionalmente la función gastrointestinal en gatos ha sido evaluada radiográficamente, siguiendo la administración de sulfato de bario líquido o mezclado con alimento. Sin embargo la reciente introducción de los marcadores radiopacos ha permitido tener una herramienta más para monitorear los desórdenes de motilidad gastrointestinal (Sparkes et al., 1997). Esta motilidad entonces se puede evaluar determinando el tiempo de tránsito o el tiempo que demanda a un marcador atravesar el tubo entérico en un estudio radiográfico gastrointestinal (Iida *et al*, 2000)

La evacuación estomacal en general debe comenzar dentro de los 30 a 60 minutos de la administración de sulfato de bario líquido. El tiempo de vaciamiento gástrico normal de las mezclas de sulfato de bario y alimento sólido, varía de 6 a 17 horas en gatos sanos (Steyn y Twedt, 1994; Twedt, 1994; Goggin *et al.*, 1998). El tránsito por intestino delgado usualmente demora 3 a 5 horas de iniciado el vaciamiento gástrico. Este tiempo aumenta por anomalías obstructivas y pueden ser más rápidos debido a lesiones inflamatorias y de mala digestión (Kantrowitz y Biller, 1992; Steyn y Twedt, 1994).

Afectan el tiempo de vaciamiento la densidad calórica, cantidad de alimento, composición de nutrientes, osmolalidad y tamaño de las partículas del alimento de prueba. Es por esto, que el tiempo promedio de vaciamiento gástrico completo en gatos en estudios anteriores, ha tenido tanta variación en horas. Por esta razón los alimentos de prueba deben estandarizarse para obtener resultados constantes (Chandler *et al.*, 1999; Nelson *et al.*, 2001).

La retención total de material de contraste en el estómago durante más de 5 horas después de su administración, generalmente indica algún grado de oclusión pilórica o un desorden en la motilidad estomacal (Carlson, 1967; Tams, 1992).

Pueden alterar considerablemente el tiempo de vaciado gástrico y por ende el tránsito gastrointestinal, condiciones tales como el dolor, el miedo (inhibición nerviosa), la excitación, los disturbios metabólicos, agentes anestésicos y ciertos tranquilizantes (Wingfield y Twedt, 1989; Twedt y Magne, 1992; Kealy y McAllister, 2000).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluación radiográfica de partículas demarcadoras radiopacas en tracto gastrointestinal de gatos.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar radiográficamente los tiempos de vaciamiento gástrico y del tránsito intestinal de las partículas demarcadoras en felinos sanos.
- Elaborar patrones de tiempos de tránsito y vaciamiento de la porción sólida del alimento.
- Elaborar patrones de tiempos de tránsito y vaciamiento de la porción líquida del alimento.
- Evaluar las características físicas de las partículas recuperadas desde las fecas.
- Evaluar las características físicas de las fecas recuperadas.
- Establecer la inocuidad del acrílico baritado como partículas demarcadoras, mediante la observación de signos clínicos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1 MATERIALES.

Implementos Utilizados.

Equipo radiográfico móvil marca General Electric, modelo Mobile 225. Este cuenta con un rendimiento de 40 a 115 KVP y 200 MA, y un rango de tiempo de exposición de 0.02 a 5 segundos.

Película radiográfica Kodak TMG de 24 x 30 cm.

Chasis con pantalla reforzadora tipo regular, sensible al verde, marca Kodak de 24 x 30 cm.

Máquina reveladora automática marca AGFA-GEVAERT, modelo Gevomatic 60.

Líquidos revelador y fijador radiográficos marca Tecnoimagen para máquina reveladora automática.

Elementos para protección radiológica consistente en delantales y guantes plomados, con un espesor equivalente a 0.5 mm. de plomo.

Negatoscopio para la observación de placas radiográficas.

Sulfato de bario micropulverizado para suspensión.

Monómero líquido autocurable marca Marfil.

Acrílico autopolimerizante de uso odontológico marca Veracril.

Cera dental marca Michident.

Esferas metálicas de 1.5 mm. y 5 mm. de diámetro.

Pié de metro.

Material biológico.

En este estudio se utilizaron 20 gatos mestizos escogidos aleatoriamente, cuyas edades eran superiores a 6 meses de edad, sin importar su sexo, con pesos que variaron entre 1,5 a 3 kilos. Ninguno tenía historial de enfermedad gastrointestinal anterior y todos habían sido vacunados y tratados para endoparásitos con anterioridad.

Alimento.

Con el objeto de evitar variaciones en el vaciamiento gástrico y/o en el tránsito gastrointestinal que pudiesen ser atribuidas al efecto alimento, se utilizó en el estudio la dieta comercial húmeda Feline Prescription Diet d/d de Hill's.

Partículas demarcadoras radiopacas (PDRO).

Las partículas demarcadoras radiopacas en base a acrílico y sulfato de bario de 1,5 y 5 mm. de diámetro respectivamente, son el medio de contraste positivo utilizado en este estudio.

4.2 MÉTODOS.

El estudio se realizó en las dependencias del Servicio de Radiología e Imagenología, “Profesor Dr. Fernando Bosh Bosh”, perteneciente al Departamento de Ciencias Clínicas de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile.

Los pacientes una vez que ingresaron a las dependencias del servicio de Radiología, se sometieron a un examen clínico general por medio del cual ninguna anormalidad fue detectada. Posteriormente los gatos fueron pesados y confinados en jaulas individuales para mejorar la observación de cada uno, por separado.

Estos ejemplares fueron mantenidos en ayuno de alimento por 24 horas, con disponibilidad de agua en todo momento. Durante este periodo de ayuno, los pacientes fueron manipulados a tiempos variables desde sus jaulas de confinamiento a la mesa de toma radiográfica, y ubicados en la misma posición en que se obtuvieron las radiografías, es decir, en proyección latero lateral derecha y dorso ventral, como una forma de acostumbramiento a la manipulación y poder así disminuir la ansiedad y el stress posterior del ensayo y del medio al cual no estaban acostumbrados.

El alimento comercial Hill's Feline Prescription diet d/d, garantizó que el aporte nutritivo fuera el mismo para todos los individuos. Además, como esta dieta es indicada en el manejo médico de enfermedades digestivas y como su estructura es libre de material particulado radio opaco, la hizo una dieta muy apropiada para el estudio gastrointestinal.

La fórmula $132 \times [\text{peso vivo}]^{0.75}$ descrita por Allan y col. (1996), permitió determinar la cantidad de alimento a ofrecer a cada individuo y estimar una cantidad tal que cubriera $\frac{1}{4}$ de los requerimientos energéticos diarios para cada uno, con la finalidad de facilitar la ingestión de los marcadores radiopacos, y medir su tránsito y comportamiento junto al alimento.

Al inicio de las tomas radiográficas, a cada paciente se le administró mezclado en forma homogénea con el alimento un set de PDRO, el que consistió en 10 partículas demarcadoras grandes de 5.0 mm. y 30 pequeñas de 1.5 mm. de diámetro, fabricadas de forma manual según técnica descrita por Soto (1999).

La mayoría de los gatos consumieron con facilidad el alimento mezclado con las pequeñas esferas, sin embargo algunos rehusaron ingerir las de mayor tamaño. Estas fueron administradas de forma forzada después de consumido el alimento, al no poder utilizar estimulantes del apetito dentro del proceso.

La alimentación se repitió 24 horas de iniciado el estudio, sin PDRO y en la misma cantidad que la inicial.

El estudio radiográfico del tránsito digestivo consistió en la obtención de radiografías abdominales seriadas en el tiempo (tabla N° 1), comenzando con una radiografía control antes de la administración de las PDRO, considerada tiempo 0, la que dió inicio al protocolo radiográfico.

Tabla N° 1: Protocolo Radiográfico. ¹.

N° de placa	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tiempo [h]	0,25	0,5	4	8	12	18	24	36	48
Tiempo [min]	15	30	240	480	720	1080	1440	2160	2880

¹ En cada tiempo radiográfico se realizaron dos vistas radiográficas, latero-lateral derecha y dorso ventral.

Para facilitar el análisis y la interpretación de las imágenes radiográficas, el tracto gastrointestinal fue dividido en los segmentos estómago, intestino delgado e intestino grueso. De esta manera el recuento de las PDRO, tanto pequeñas como grandes fueron ubicadas en un área del gastroéntero en cada una de las vistas y tiempos radiográficos para cada individuo.

El número total de esferas de 1,5 y 5 mm. respectivamente presentes en cada gato, fueron contabilizadas en el tiempo 15 minutos, tal cantidad se designó como 100% para ese individuo.

Análisis de los datos.

Se estimó el porcentaje de vaciamiento gástrico en cada tiempo radiográfico y para cada tamaño de PDRO, mediante una fórmula simple:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ PDRO presentes en estómago}}{\text{N}^\circ \text{ PDRO ingeridas por el individuo}} \times 100$$

Esta consiste en el conteo de las PDRO que abandonaron el estómago en cada tiempo, dividido por el número total de PDRO del mismo tamaño, y convirtiendo el resultado de esta fracción en porcentaje. Esta misma estimación se hizo para el tránsito de los marcadores en intestino delgado y grueso.

Estos porcentajes fueron graficados en el tiempo para cada sector del gastroéntero, con la finalidad de establecer curvas de vaciamiento gástrico.

Para estómago sólo se realiza el análisis de vaciamiento. En los segmentos intestinales se midió el tránsito, lo que involucra los conceptos de entrada y salida de los marcadores.

Los porcentajes de cada tiempo radiográfico, tuvieron que ser transformados antes de realizar el análisis estadístico de comparación, utilizando la “transformación angular de Bliss”. Esto debido a, que los porcentajes provenían de un número desigual de marcadores, tanto para el tamaño de las partículas demarcadoras, como del número de marcadores ingeridos por cada uno de los individuos (que seleccionaron el alimento a consumir). Luego de esta transformación los datos quedaron distribuidos normalmente con los promedios, lo que permitió calcular una varianza y una distribución de t común.

La comparación de porcentajes se realizó, mediante la prueba de la diferencia entre dos medias aritméticas muestrales: muestras asociadas o muestras pareadas, utilizando la “distribución de t de Student”.

Para evitar posibles errores de cálculo, los resultados obtenidos por la “distribución de t” fueron confirmados posteriormente utilizando el programa computacional “Primer of Biostatistics: the program, versión 3.0, 1992 by McGraw – Hill, Inc.”

Se confeccionaron gráficos de comportamiento de los marcadores radiopacos grandes y pequeños respecto al tiempo en intestino delgado y se estableció la línea de regresión que se ajusta a los datos y su correspondiente R^2 .

Finalmente se hizo un seguimiento descriptivo sobre la aparición de signos clínicos de tipo digestivo y nervioso, a fin de determinar la inocuidad del acrílico baritado como partícula demarcadora.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Tabla N° 2: Cantidad de partículas demarcadoras ingeridas por cada paciente.

	Paciente																			
Tamaño	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5 mm.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1,5 mm.	30	30	28	28	30	29	30	28	30	30	28	28	30	28	28	30	28	26	18	25

En cada radiografía se contabilizaron las PDRO. El conteo se realizó en relación al área del tracto gastrointestinal en que se ubicaron: estómago, intestino delgado y colon, lográndose determinar en la imagen de 15 minutos el total de partículas ingeridas (Tabla N° 2).

El número desigual de PDRO de 1,5 mm. entre los ejemplares, se debe exclusivamente a la forma en que los gatos se alimentan, los que tienen un carácter muy selectivo del alimento a consumir. Al percibir las esferas de mayor tamaño, las eliminaban con un fuerte y repetido movimiento de la cabeza, perdiéndose algunas esferas pequeñas durante este proceso, no así las de mayor tamaño que al ser recuperadas fueron administradas de forma forzada una vez consumido el alimento.

Al analizar el pasaje de las partículas baritadas de ambos tamaños en conjunto, se tabularon los ejemplares según su tiempo de tránsito para cada segmento gastrointestinal. De esta manera se estableció tiempos de tránsito y se hizo un seguimiento a través del tiempo.

Tabla N° 3: Número de animales en cada segmento del gastroéntero, según tiempo de tránsito de las PDRO.

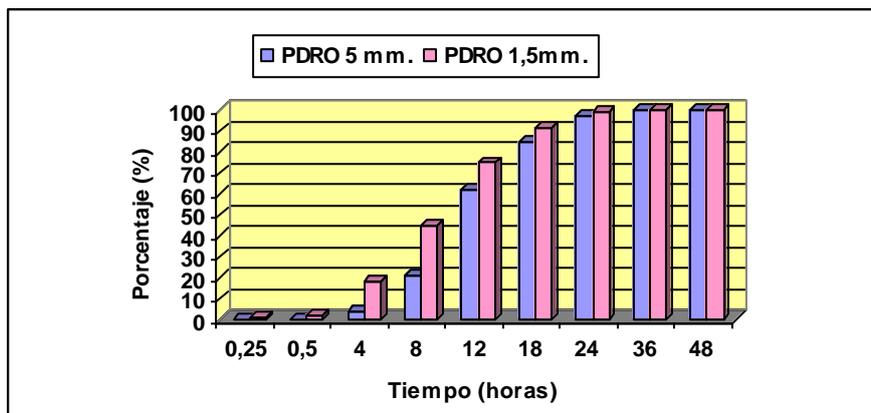
Segmento	Tiempo (h)					
	8 - 12	12 - 18	18 - 24	24 - 36	36 - 48	>48
Estómago	2	11	5	2	0	0
Int. Delgado	0	5	9	5	1	0
Int. Grueso	0	0	1	2	11	6

El conteo de las PDRO realizado en las imágenes radiográficas, determinó que existe una gran variación en los tiempos de tránsito entre los individuos de este ensayo, ya que los tiempos de tránsito, por segmento para cada ejemplar en particular, no presentaron una progresión fija, en el sentido que si hubo un menor tiempo en un segmento anterior, el que sigue no necesariamente evidencia un pasaje en bajo tiempo. Esta situación también la describió Chandler *et al.* (1997) en sus estudios, determinando que en la variación de tiempos en el tránsito gastrointestinal, no existía una relación directa entre la velocidad de pasaje intestinal y la velocidad de vaciamiento gástrico.

Tabla N° 4: Cantidad de PDRO grandes y pequeñas respecto a su salida de estómago, según tiempo.

PDRO		Tiempo [h]								
		0,25	0,5	4	8	12	18	24	36	48
Sumatoria	5 [mm]	200	200	193	158	76	30	6	0	0
	1,5 [mm]	555	553	461	309	142	48	4	0	0
Salida (%)	5 [mm]	0	0	3,5	21	62	85	97	100	100
	1,5 [mm]	1,25	1,60	17,97	45,02	74,73	91,46	99,29	100	100

Gráfico N° 1: Salida de PDRO de ambos tamaños desde estómago.

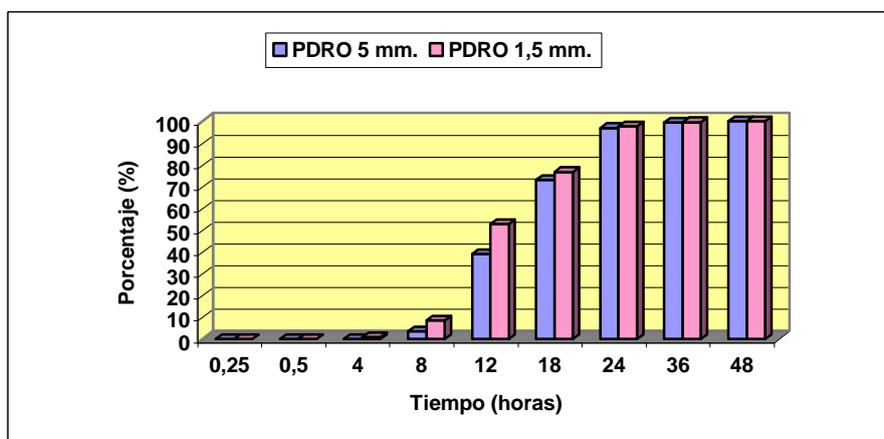


Los valores sobre el ingreso de las esferas radiopacas al intestino delgado, son los mismos del vaciamiento gástrico (Tabla N° 4).

Tabla N° 5: Cantidad de PDRO grandes y pequeñas respecto a su egreso de intestino delgado, según tiempo.

PDRO		Tiempo [hrs]								
		0,25	0,5	4	8	12	18	24	36	48
Sumatoria	5 [mm]	0	0	0	7	78	146	194	199	200
	1,5 [mm]	0	0	5	48	297	431	549	560	562
Salida (%)	5 [mm]	0	0	0	3,5	39	73	97	99,5	100
	1,5 [mm]	0	0	0,89	8,54	52,85	76,69	97,69	99,64	100

Gráfico N° 2: Salida de PDRO de ambos tamaños desde intestino delgado.

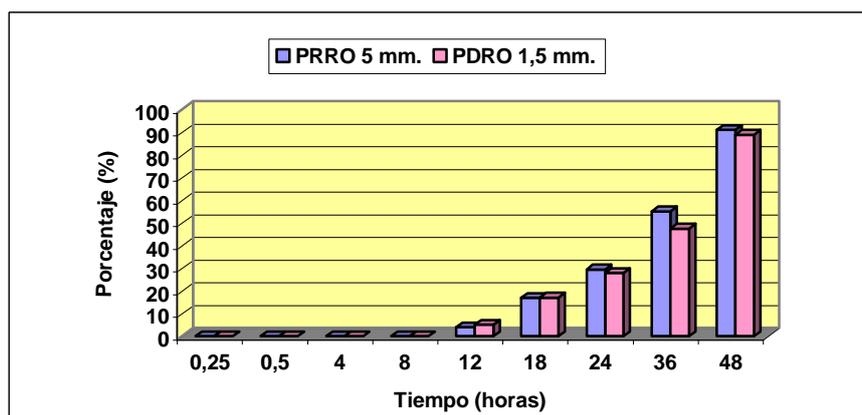


Los valores sobre el ingreso de las esferas radiopacas al intestino grueso, son los mismos de la eliminación de los marcadores desde intestino delgado (Tabla N° 5).

Tabla N°6: Cantidad de PDRO grandes y pequeñas respecto su salida de intestino grueso, según tiempo.

PDRO		Tiempo [hrs]								
		0,25	0,5	4	8	12	18	24	36	48
Sumatoria	5 [mm]	0	0	0	0	8	34	59	110	182
	1,5 [mm]	0	0	0	0	29	96	157	267	499
Salida (%)	5 [mm]	0	0	0	0	4	17	29,5	55	91
	1,5 [mm]	0	0	0	0	5,16	17,08	27,94	47,51	88,79

Gráfico N° 3: Salida de PDRO de ambos tamaños desde intestino grueso.



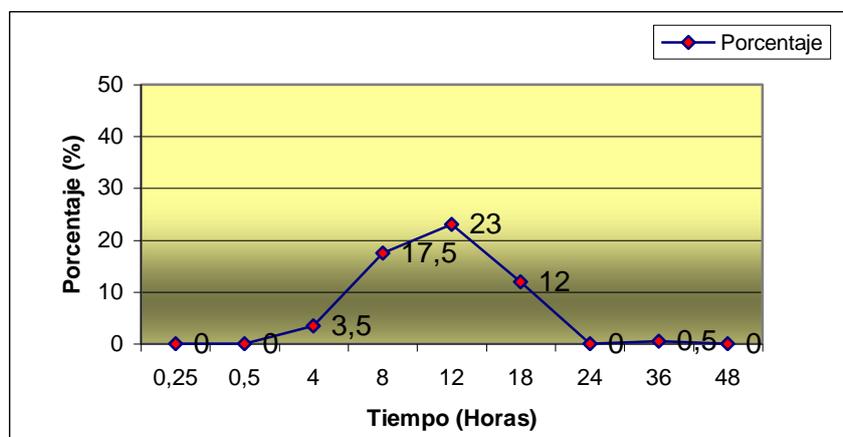
En base a los datos obtenidos se puede determinar el porcentaje de vaciamiento gástrico y del tránsito intestinal para cada paciente en cada tiempo radiográfico, bajo la siguiente fórmula:

$$\text{Tránsito por segmento} = \frac{\text{Nº esferas grandes por segmento según tiempo}}{\text{Total esferas grandes ingeridas}} \times 100$$

El mismo cálculo se repitió para las esferas de pequeño tamaño.

Tránsito de las PDRO en intestino delgado.

Gráfico N° 4: Tránsito de las PDRO grandes en el intestino delgado.



El ingreso de los marcadores de mayor tamaño a este segmento comenzó a las 4 horas de haberlos ingerido junto al alimento, y con un porcentaje de participación del 3,5% de ellos. El 50% de las esferas grandes transitó entre las 12 a 18 horas. El pasaje total de los marcadores por este segmento del gastroéntero sucedió entre las 36 a 48 horas de iniciado el estudio.

La mayor cantidad de PDRO grandes que fue posible de observar correspondió a un 23% de ellas, detectadas a las 12 horas de iniciado el estudio.

Es importante hacer hincapié, sobre la no observación de marcadores radiopacos a las 24 horas, debido a que aún en este tiempo algunos permanecían retenidos en estómago. Este resultado concuerda con lo descrito por Chandler *et al.* (1997), referido a que el tiempo que demora el vaciamiento gástrico es la mayor variable que afecta al tiempo de tránsito gastrointestinal.

Asociada a la gráfica anterior, se buscó la función de regresión que mejor se ajustara a los puntos, con lo cual se obtuvo una curva de forma polinómica que tiene la siguiente ecuación:

$$y = 27,583 - 46,319x + 22,316x^2 - 3,5972x^3 + 0,1837x^4 \quad (\text{Gráfico N}^\circ 5).$$

De igual forma se logró un $R^2 = 0,8787$ correspondiente a la curva de regresión.

Gráfico N° 5: Curva de mejor ajuste al tránsito de PDRO grandes en el intestino delgado.

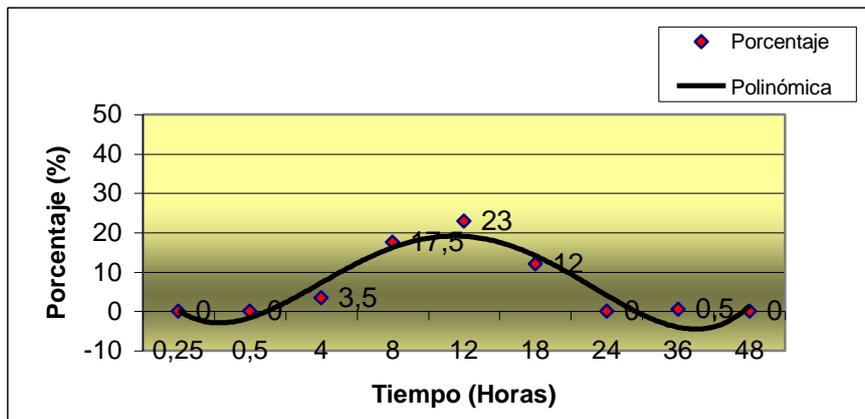
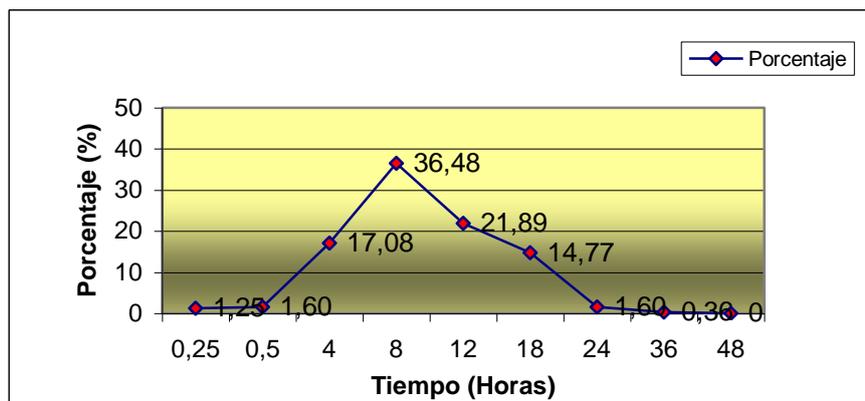


Gráfico N° 6: Tránsito de las PDRO pequeñas en el intestino delgado.



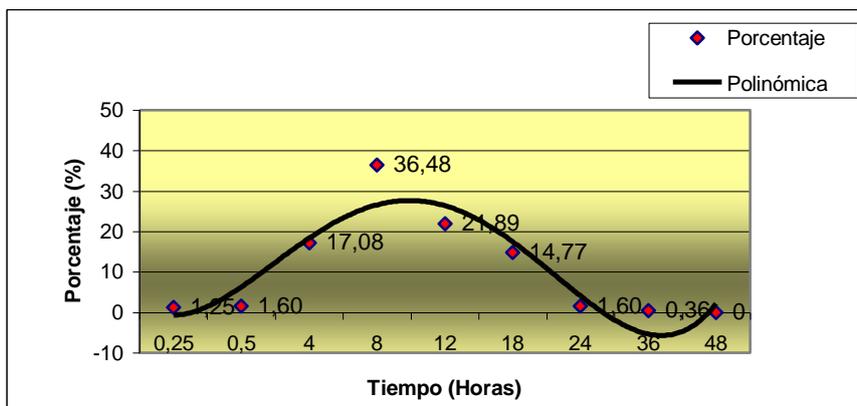
El ingreso de las partículas radiopacas pequeñas al segmento intestinal comenzó inmediatamente de administrado el alimento junto al medio de contraste, encontrándose ya a los 15 minutos un 1,25% de estos marcadores en el intestino. El 50% de ellos transitó entre las 8 a 12 horas, lo cual indica que el tránsito de las PDRO pequeñas fue más rápido que las de 5 mm. en tamaño. El pasaje total de los marcadores por intestino delgado ocurrió entre las 36 a 48 horas, al igual que los marcadores grandes, pero con la diferencia de que la cantidad de esferas rezagadas era menor (menor porcentaje). La diferencia en los tiempos es muy simple, y radica en que los líquidos poseen mayor velocidad de vaciamiento y de tránsito que los sólidos, sean estos digestibles o indigestibles.

El porcentaje mayor de PDRO pequeñas presentes en un tiempo radiográfico fue de 36,48% a las 8 horas de consumido el alimento.

Al buscar la función que mejor se ajustara a los puntos de la gráfica, se obtuvo una curva de forma polinómica que tiene como fórmula matemática:
$$y = 10,864 - 26,362x + 17,939x^2 - 3,3214x^3 + 0,1824x^4 \quad (\text{Gráfico N}^\circ 7).$$

De igual forma se logró un $R^2 = 0,8522$ correspondiente a la línea de regresión.

Gráfico N° 7: Curva de mejor ajuste al tránsito de PDRO pequeñas en el intestino delgado.



Los datos presentados indican que el tránsito gastrointestinal de las PDRO se caracteriza por poseer dos etapas bien definidas según la pendiente de la línea graficada. La primera etapa consiste en el ingreso de los marcadores al Intestino Delgado y la segunda etapa del gráfico corresponde a la salida de los mismos hacia el Intestino Grueso. Ambas etapas están separadas por un punto de inflexión, donde la curva cambia su pendiente. Este punto corresponde a la hora en que se observó el mayor número de PDRO presentes en el tracto intestinal. Esto sucede a las 12 horas para las esferas grandes, y a las 8 horas para las esferas de menor tamaño.

Como el tránsito gastrointestinal es un proceso dinámico, a medida que van ingresando marcadores radiopacos al segmento intestinal, simultáneamente también ocurre la salida de estos hacia el colon; de esta manera la totalidad de las partículas demarcadoras radiopacas administradas inicialmente, nunca estarán presentes en este segmento.

Comparación en la rapidez de tránsito gastrointestinal entre ambos tamaños de PDRO.

A los datos de cada paciente en cada tiempo radiográfico se les realizó una transformación angular, la cual consiste en hallar para cada dato del estudio, el seno del arco. Afortunadamente este proceso que podría ser engorroso, se puede realizar fácilmente con tablas que entregan los valores angulares para porcentajes comprendidos entre 0 y 100%. Esto cobra sentido al tener datos porcentuales sin un denominador común, tanto por la cantidad de PDRO ingeridas por cada ejemplar, como por el número desigual de PDRO grandes y pequeñas.

Los valores obtenidos de este análisis, se confirmaron mediante el programa estadístico computacional “Primer of Biostatistics: the program, versión 3.0, de McGraw – Hill, Inc.”

Estómago

Tabla N° 7: Comparación en el comportamiento de salida de PDRO grandes y pequeñas desde estómago a través del tiempo.

Tiempo (Horas)	PDRO Grandes	Porcentaje Acumulado	PDRO Pequeñas	Porcentaje Acumulado	Valor de t	Significancia
0.25	0	0	7	1.25	2.48	Significativo
0.5	0	0	9	1.60	2.81	Significativo
4	7	3.5	101	17.97	4.98	Significativo
8	42	21	253	45.02	5.22	Significativo
12	124	62	420	74.73	1.83	No
18	170	85	514	91.46	1.39	No
24	194	97	558	99.29	1.45	No
36	200	100	562	100	0	0
48	200	100	562	100	0	0

($p < 0,05$; $t \geq 2,093$)

El vaciamiento gástrico de las pequeñas esferas se comenzó antes que las de mayor tamaño en los primeros cuatro tiempos de medición, iniciándose casi inmediatamente después de haber sido consumidas por los ejemplares, donde ya a los 15 minutos un 1,25% de los marcadores hizo su ingreso al segmento intestinal. En contraste a lo anterior, sólo a las 4 horas comenzó la salida desde estómago de las partículas de mayor tamaño, en un 3,5% de participación. Estas diferencias son estadísticamente significativas.

A los 15 y 30 minutos, si bien la cantidad de PDRO pequeñas que abandonaron el estómago es bastante pequeña, la diferencia es estadísticamente significativa. Esto se debe a que la prueba estadística utilizada posee una alta sensibilidad en los valores extremos, como se aprecia en la tabla N° 7.

A las 12 y 18 horas la medición continuó siendo favorable en cantidad a las PDRO de menor tamaño, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Avanzado el estudio, sólo a las 24 horas la eliminación de los marcadores se igualan en porcentaje

A las 36 horas de medición la totalidad de los marcadores radiopacos para ambos tamaños abandonaron el estómago, tornándose esta hora como límite máximo de tiempo para el estudio de este segmento en gatos sanos.

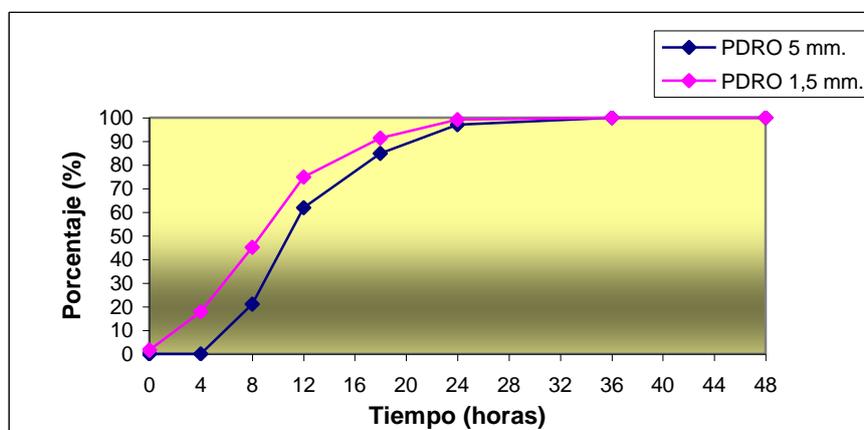
Una explicación al tiempo que tarda el inicio del vaciamiento gástrico de los marcadores es lo que algunos autores como Allan *et al.* (1996) llaman “fase de retardo”, que se denomina al tiempo que demora el componente líquido de la dieta en ser vaciado, y el tiempo que toma el componente sólido en reducirse a un tamaño lo suficientemente pequeño para pasar a duodeno.

Esta fase de demora según Chandler *et al.* (1997), en las esferas de mayor tamaño es frecuentemente visto en gatos sanos y en perros de razas toys.

Los resultados en este segmento del gastroéntero sugieren que los grandes marcadores abandonaron el estómago durante los patrones de motilidad alimenticia y no durante la fase 3 de actividad del complejo de motilidad migratoria como lo describe Allan *et al.* (1996). El mismo autor informa que el “modelo hidrodinámico del vaciamiento gástrico” de sólidos indigestibles, puede explicar estos hallazgos. En este modelo el grado de vaciamiento de sólidos indigestibles es una función del tamaño y densidad de los sólidos, y de la densidad y viscosidad del quimo en que los sólidos están suspendidos. Cuando la densidad de las partículas es similar a la del quimo, el modelo predictivo de los sólidos indigestibles no se cumple y abandonan rápido e independientemente del tamaño de los marcadores.

El modelo hidrodinámico se ha demostrado que es aplicable sólo en los sólidos indigestibles cuyos diámetros fluctúan entre 1 y menos de 7 mm. Sobre los 7 mm. requieren del complejo de motilidad migratoria para abandonar el estómago (Allan *et al.*, 1996).

Gráfico N° 8: Vaciamiento de PDRO grandes y pequeñas desde estómago.



El patrón de vaciamiento gástrico para los datos de este estudio, fue bien descrito por un modelo no lineal. Goggin et al. (1998), indica que existe controversia en la literatura acerca de la forma y representación matemática de las curvas de vaciamiento gástrico; algunos autores describen el vaciamiento de la fase sólida del alimento como una función lineal.

Los modelos lineales de vaciamiento gástrico son imprecisos e inexactos, y asumen un grado o tasa constante de vaciamiento ignorando la “fase lenta”, durante la cual ocurre la trituración del alimento y el transporte de los contenidos gástricos desde la zona proximal a distal del estómago (Goggin *et al.*, 1998; Nelson *et al.*, 2001).

Intestino delgado

Tabla N° 8: Porcentaje de PDRO grandes y pequeñas que ingresan a intestino delgado, según tiempo.

Tiempo (horas)	0.25	0.5	4	8	12	18	24	36	48
% Ingreso PDRO Grandes	0	0	3.5	21	62	85	97	100	100
% Ingreso PDRO Pequeñas	1.25	1.60	17.97	45.02	74.73	91.46	99.29	100	100

Tabla N° 9: Porcentaje de PDRO grandes y pequeñas que egresan de intestino delgado, según tiempo.

Tiempo (horas)	0.25	0.5	4	8	12	18	24	36	48
% Eliminación PDRO Grandes	0	0	0	3.5	39	73	97	99.5	100
% Eliminación PDRO Pequeñas	0	0	0.89	8.54	52.85	76.69	97.69	99.64	100

Tabla N° 10: Comparación en el comportamiento del tránsito de las PDRO grandes y pequeñas en intestino delgado a través del tiempo.

Tiempo (Horas)	PDRO Grandes	Porcentaje Acumulado	PDRO Pequeñas	Porcentaje Acumulado	Valor de t	Significancia
0.25	0	0	7	1.25	-2.48	Significativo
0.5	0	0	9	1.60	-2.81	Significativo
4	7	3.5	96	17.08	-4.46	Significativo
8	35	17.5	205	36.48	-4.29	Significativo
12	46	23	123	21.89	-0.10	No
18	24	12	83	14.77	-0.56	No
24	0	0	9	1.60	-2.79	Significativo
36	1	0.5	2	0.36	1.00	No
48	0	0	0	0	0	0

($p < 0,05$; $t \geq 2,093$)

Del análisis de la Tabla N° 10 se puede inferir que el tránsito en intestino delgado de las PDRO es más rápido en las de pequeño tamaño, siendo estadísticamente significativo en los tiempos 15 y 30 minutos, además de los tiempos radiográficos 4, 8 y 12 horas. Las diferencias en los tiempos restantes no fue significativa.

Estos resultados son obra del análisis en conjunto de los valores de entrada y salida de los marcadores radiopacos en este segmento. No es necesario analizar el ingreso y salida de las PDRO en forma separada para este segmento del tracto gastrointestinal, por tener menor valor al estudio hecho, y también debido a que este análisis puede ser inferido del vaciamiento gástrico para el ingreso intestinal, y el de salida de intestino delgado puede ser extraído del ingreso al intestino grueso.

El ingreso de las partículas demarcadoras comienza desde su administración para los marcadores de menor tamaño y desde los 30 minutos a 4 horas para los marcadores grandes. La entrada de los marcadores

radiopacos se completó pasadas las 24 horas de iniciado el estudio para ambos tamaños, las que aún estaban retenidas en estómago hasta este tiempo.

Las diferencias en la salida de las PDRO desde intestino delgado en los tiempos 8, 12 y 24 horas resultaron estadísticamente significativas, mientras que en los tiempos restantes los resultados para la prueba de t, resultaron estadísticamente no significativos.

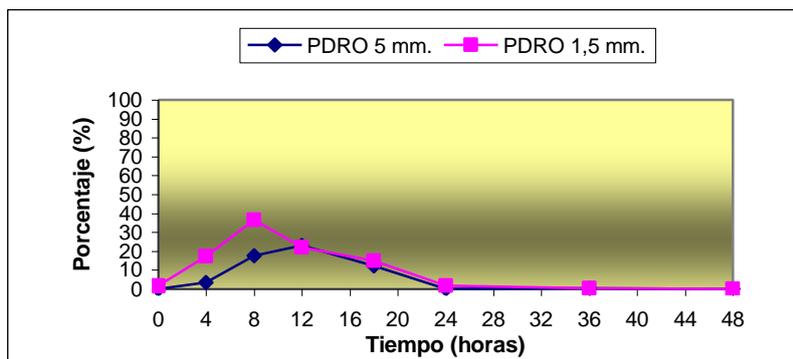
La salida de los marcadores comenzó a las 4 horas de estudio, con una participación de 0,89% para las PDRO pequeñas, y entre este tiempo y las 8 horas ocurre la salida para los marcadores de mayor tamaño, existiendo un 3,5% de ellos fuera del segmento delgado a las 8 horas de ensayo.

A las 48 horas de estudio, la totalidad de los marcadores baritados abandonaron el intestino delgado para ubicarse en el siguiente tramo del gastroéntero o Colon.

Al igual a lo ocurrido en el vaciamiento de estómago, el tiempo de tránsito intestinal fue favorablemente más rápido en las PDRO pequeñas versus las grandes, tanto en el ingreso como en la eliminación de este segmento. Estos resultados tienen una estrecha relación entre la velocidad de pasaje del alimento (en su tamaño), respecto al tiempo que demora ese alimento en abandonar el estómago.

Es importante destacar que algunas esferas que alcanzaron el intestino delgado, progresaron de manera similar, sin considerar el tamaño. Esto apoya la idea que el control del tránsito orocólico es ejercido por el estómago, y no por el intestino delgado (Chandler *et al.*, 1997).

Gráfico N° 9: Tránsito de PDRO grandes y pequeñas por intestino delgado.



Intestino grueso

Tabla N° 11: Comparación en el comportamiento del ingreso al intestino grueso de las PDRO grandes y pequeñas a través del tiempo.

Tiempo (Horas)	PDRO Grandes	Porcentaje Acumulado	PDRO Pequeñas	Porcentaje Acumulado	Valor de t	Significancia
0.25	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0	0	0
4	0	0	5	0.89	-1.78	No
8	7	3.5	48	8.54	-3.14	Significativo
12	78	39	297	52.85	-2.83	Significativo
18	146	73	431	76.69	-1.17	No
24	194	97	549	97.69	2.65	Significativo
36	199	99.5	560	99.64	-1.00	No
48	200	100	562	100	0	No

($p < 0,05$; $t \geq 2,093$)

El ingreso de las PDRO a colon, al igual que en los segmentos gastrointestinales anteriores favorecieron en rapidez a las partículas pequeñas de 1,5 mm., pero no en todos los tiempos de medición.

La entrada a colon (Gráfico N° 10) comienza antes de las 4 horas con un 0,89% de participación, mientras que los marcadores de mayor tamaño inician su ingreso entre las 4 a 8 horas. En este último tiempo radiográfico existe un 3,5% del total de marcadores de 5 mm. en el intestino grueso en comparación a un 8,54% de partículas de menor tamaño. En la medición de 12 horas se presenta la mayor diferencia en el ingreso entre ambos tamaños de marcadores, con un 39% para los de 5 mm. versus 52,85% para los de 1,5 mm. Sólo en la medición de estos tiempos, el ingreso de los marcadores presentó una diferencia estadísticamente significativa a favor de los pequeños.

En las mediciones restantes las entradas favorecieron a las PDRO grandes, por haber un mayor porcentaje de ellas transitando por el gastroéntero, sobretodo en el tiempo de medición 24 horas.

El ingreso de las partículas demarcadoras radiopacas a este segmento intestinal se completó a las 48 horas de ensayo.

Gráfico N° 10: Ingreso PDRO grandes y pequeñas a intestino grueso.

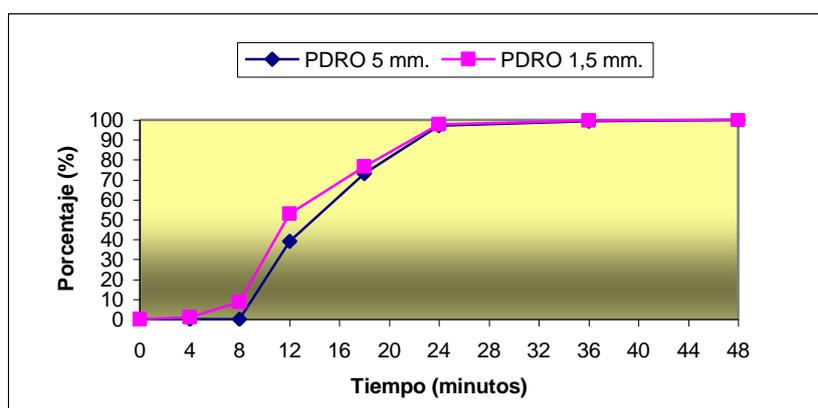
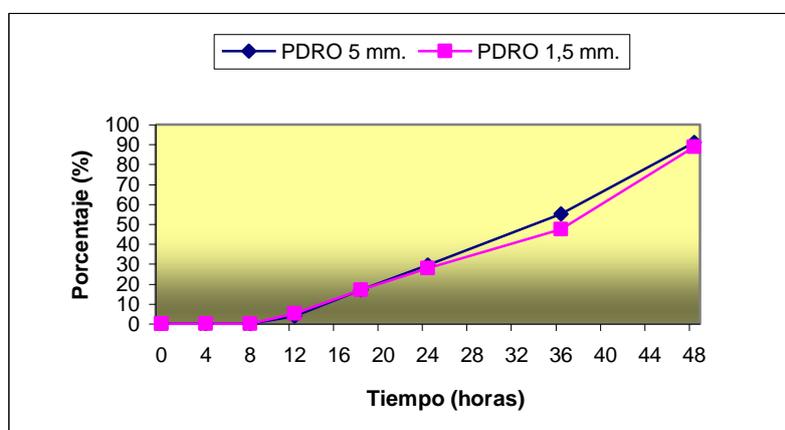


Tabla N° 12: Eliminación de PDRO de intestino grueso – defecación.

Tiempo (Horas)	PDRO Grandes	Porcentaje Acumulado	PDRO Pequeñas	Porcentaje Acumulado	Valor de t	Significancia
0.25	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
12	8	4	29	5,16	-0,54	No
18	34	17	96	17,08	-0,19	No
24	59	29,5	157	27,94	0,61	No
36	110	55	267	47,51	2,75	Significativo
48	182	91	499	88,79	-1,35	No

($p < 0,05$; $t \geq 2,093$)

Gráfico N° 11: Eliminación de PDRO grandes y pequeños de intestino grueso.



El análisis de los datos de eliminación de las partículas baritadas desde el intestino grueso, indica que el ingreso de las PDRO pequeñas a este segmento ocurre antes que las de mayor tamaño, sin embargo, estas no son las más rápidas en ser eliminadas junto a las fecas. La salida siguió el comportamiento observado en los segmentos gastrointestinales sólo en el tiempo 12 hrs., pero en los siguientes tiempos radiográficos la defecación de las PDRO grandes se vuelve mayor a la observada para las de menor tamaño. Esta diferencia con respecto al tránsito gastrointestinal ocurre en los tiempos 18, 24, 36 y 48 horas, diferencia estadísticamente significativa a favor de los marcadores radiopacos grandes para el tiempo 36 hrs.

Este resultado se debería a la motilidad particular que ocurre en el intestino grueso, donde la actividad predominante del colon proximal son contracciones antiperistálticas. Bruce *et al.* (1999), por tanto especulan, que las partículas de menor diámetro tienen mayor probabilidad de reflujo en dirección oral, lográndose un retardo en la salida de éstas, siendo esto ratificado en las últimas observaciones radiográficas del estudio.

La evacuación de todos los marcadores se completó en las 48 horas de estudio radiográfico en el 70% de los individuos, pero sólo bastó el estímulo de una nueva alimentación a las 48 horas, para que en los minutos posteriores los pacientes que se comportaron de esta forma eliminaran los marcadores radiopacos restantes en las fecas, y así recuperar la totalidad de ellos.

Recuperación de las PDRO

Se logró recuperar la totalidad de los marcadores radiopacos, tanto grandes como pequeños, ingeridos por los gatos de este estudio, mediante tamizado de fecas. Las PDRO recuperadas fueron examinadas, determinándose que no presentaron cambios en su estructura, consistencia, forma y/o tamaño. Sus características radiográficas también se mantuvieron intactas al ser evaluadas luego de su observación.

Análisis de las fecas

A la vez que se recuperaban los marcadores por tamización de las heces, se observaba la coloración y consistencia de las fecas, que se presentaron normales para ambas características.

Cabe mencionar que a pesar de haber realizado un ayuno de 24 horas (12 horas controladas en el lugar del estudio), además de haber tomado una radiografía control al inicio del estudio, sin encontrar fecas acumuladas ni material radiopaco en el tracto gastrointestinal de los pacientes que pudiesen alterar la visualización de las PDRO utilizadas, e inducir a error en el conteo de estos, de todas formas se observaron restos en las fecas que no pertenecen a una alimentación normal de felinos, los cuales están mantenidos en un canil, privados de un deambular libre por el medio ambiente.

Observación de los pacientes

A fin de estimar posibles efectos secundarios en los pacientes por el uso de estas partículas demarcadoras radiopacas fabricadas con una mezcla de acrílico de uso dental y sulfato de bario, se llevó a cabo un seguimiento clínico a cada gato durante el tiempo que demoró el estudio. Básicamente el seguimiento consistió en la pesquisa de signos clínicos principalmente digestivos, como vómito o diarrea, o dolor abdominal; como también signos de toxicosis como decaimiento, sialorrea, ataxia, temblores musculares, o la aparición de convulsiones que pudiesen ser atribuibles a estas partículas demarcadoras.

Los pacientes no presentaron signología de enfermedad de ningún tipo mientras fueron mantenidos en las dependencias donde se realizó este estudio, inclusive se mantuvo contacto con la propietaria de los ejemplares por 48 horas más de finalizado el estudio, obteniendo los mismos resultados a lo descrito anteriormente.

6. CONCLUSIONES

1. Las esferas elaboradas en base a acrílico y sulfato de bario, fueron claramente evidenciables en cada imagen radiográfica, generada en este estudio. Por tanto, la evaluación radiográfica de vaciamiento gástrico y de tránsito intestinal utilizando estas PDRO, permiten una adecuada estimación de éstos parámetros fisiológicos a través del tiempo.

2. Fue posible establecer patrones de tiempos de vaciamiento gástrico y tránsito intestinal, determinando el comportamiento de las PDRO a través del tiempo, en gatos clínicamente sanos.

3. Mediante una evaluación radiográfica de las esferas recuperadas de los ensayos, se puede concluir que las PDRO recuperadas no presentaron alteraciones en su forma, estructura, ni en sus características de radiopacidad radiográfica.

4. Las fecas recuperadas durante el tiempo que duró el estudio, mantuvieron sus características físicas de consistencia, humedad y de coloración, respecto a aquellas observadas, antes del inicio de este.

5. No se observó la aparición de sintomatología clínica de tipo digestiva que pudiese ser atribuida al uso de PDRO como partícula demarcadora radiográfica, lo que permite concluir, que este medio de contraste puede ser utilizable para fines diagnósticos en el estudio de la motilidad gastrointestinal.

6. Los resultados de este estudio no deben ser generalizados a otras dietas que no sea la usada en este trabajo; debido a que la viscosidad o densidad de estas, pueden influir de forma significativa sobre el tránsito de las PDRO.

7. Este estudio demuestra que las PDRO son una herramienta fiable para el estudio de vaciamiento gástrico y de tránsito entérico. El procedimiento diagnóstico no presentó impedimentos en su aplicación, recomendándose su uso como un procedimiento diagnóstico de rutina.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALLAN, F. J.; GUILFORD, W. G.; ROBERTSON, I. D.; JONES, B. R. 1996. Gastric emptying of solid radiopaque markers in healthy dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 37(5) : 336 – 344.

BELLENGER, C. R.; BECK, J. A. 1994. Intussusception in 12 cats. *J Small Anim Pract*. 35(6) : 295 – 298.

BEBCHUK, T. N. 2002. Feline gastrointestinal foreign bodies. *The Vet Clin Small Anim*. 32(4) : 861 – 880.

BERTOY, R. W. 2002. Megacolon in the cat. *Vet Clin Small Anim Pract*. 32(4) : 901 – 915.

BRUCE, S. J.; GUILFORD, W. G.; HEDDERLEY, D. I.; McCAULEY, M. 1999. Development of reference intervals for the large intestinal transit of radiopaque markers in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 40(4) : 472 – 476.

BURROWS, C. F. 1989. Enfermedades médicas del colon. **In:** Jones, B. D. *Gastroenterología canina y felina*. Inter-médica. Buenos Aires, Argentina. pp. 211 – 243.

CARLSON, W. D. 1967. *Veterinary Radiology*. Second edition. Lea and Febiger. Philadelphia, Estados Unidos. 649 pp.

CHANDLER, M. L.; GUILFORD, W. G. 1995. Assessment of gastric emptying and small intestinal transit in cats using radiopaque markers. *J Vet Int Med*. 9 : 192 – 195.

CHANDLER, M. L.; GUILFORD, G.; LAWOKO, C. R. 1997. Radiopaque markers to evaluate gastric emptying and small intestinal transit time in healthy cats. *J Vet Int Med*. 11(6) : 361 – 364.

CHANDLER, M. L.; GUILFORD, G.; LAWOKO, C. R.; WHITTEM, T. 1999. Gastric emptying and intestinal transit times of radiopaque markers in cats fed a high-fiber diet with and without low-dose intravenous diazepam. *Vet Radiol Ultrasound*. 40(1): 3 – 8.

CHEMSTOCK ANIMAL HEALTH INTERNATIONAL DIVISION. 1994. Catálogo de producto comercial “BIPS” de Chemstock. New Zealand, Christchurch. 27 p.

FRANKLIN, R. T.; JONES, B. D.; FELDMAN, B.F. 1989. Enfermedades médicas del intestino delgado. **In:** Jones, B. D. *Gastroenterología canina y felina*. Intermédica. Buenos Aires, Argentina. pp. 155 – 192.

FUCCI, V.; PECHMAN, R. D.; HEDLUND, C. S.; VENUGOPALAN, C. S. 1995. Large bowel transit times using radiopaque markers in normal cats. *J Am Anim Hosp Assoc*. 31(6) : 473 – 477.

GUILFORD, W. G.; LAWOKO, C. R.; ALLAN, F. J. 1997. Accuracy of localizing radiopaque markers by abdominal radiography and correlation between their gastric emptying rate and that of a canned food in dogs. *Am J Vet Res*. 58(12) : 1359 – 1363.

GOGGIN, J. M.; HOSKINSON, J. J.; BUTINE, M. D.; FOSTER, L. A.; MYERS, N. C. 1998. Scintigraphic assessment of gastric emptying of canned and dry diets in healthy cats. *Am J Vet Res*. 59(4): 388 – 392.

HALL, J. A.; WILLER, R. L.; SEIM, H. B.; LEBEL, J. L. 1992. Gastric emptying of nondigestible radiopaque markers after circumcostal gastropexy in clinically normal dogs and dogs with gastric dilatation-volvulus. *Am J Vet Res*. 53(10): 1961 – 1965.

HILL, K. J. 1981. Motilidad gastrointestinal. **In:** Dukes, H. H.; Swenson. M. J. *Fisiología de los animales domésticos*. Cuarta edición. Volumen 1. Editorial Aguilar. Mexico, D. F. pp. 459 – 474.

- HORNOF, W. J.; KOBLIK, P. D.; STROMBECK, D. R.; MORGAN, J. P.; HANSEN, G.** 1989. Scintigraphic evaluation of solid-phase gastric emptying in the dog. *Vet Radiol.* 30(6) : 242 – 248.
- IIDA, M.; IKEDA, M.; KISHIMOTO, M.; TSUJINO, T.; KANETO, H.; MATSUHISA, M.; KAJIMOYO, Y.; WATARAI, T.; YAMASAKI, Y.; HORI, M.** 2000. Evaluation of gut motility in type II diabetes by the radiopaque marker method. *J Gastroenterol Hepatol.* 15(4): 381 – 385.
- KANTROWITZ, B.; BILLER, D.** 1992. Using radiography to evaluate vomiting in dogs and cats. *Vet Med.* 87(8) : 806 – 813.
- KEALY, J. K.; McALLISTER, H.** 2000. *Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat.* Third edition. W. B. Saunders company. Philadelphia, Estados Unidos. 429 pp.
- KIKUCHI, K.; KUSANO, M.; KAWAMURA, O.; MORI, M.; SEKIGUCHI, T.** 2000. Measurement and evaluation of gastric emptying using radiopaque barium markers. *Dig Dis Sci.* 45(2): 242 – 247.
- LORENO, M.; BUCCERI, A.; CATALANO, F.; BLASI, A.; BROGNA, A.** 2004. Gastric clearance of radiopaque markers in the evaluation of gastric emptying rate. *Scan J Gastroenterol.* 39(12): 1215 – 1218.
- MENDOZA, J.** 1999. *Conceptos básicos de radiología veterinaria.* Segunda Edición. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 61 p.
- MINAMI, H.; McCALLUM, W. R.** 1984. The physiology and pathophysiology of gastric emptying in humans. *Gastroenterology* 86 : 1592 – 1610.
- MIYABAYASHI, T.; MORGAN, J. P.** 1984. Gastric emptying in the normal dog. *Vet Radiol.* 25(4) : 187 – 191.

- MORGAN, J. P.** 1981. The upper gastrointestinal examination in the cat: normal radiographic appearance using positive contrast medium. *Vet Radiol.* 22(4) : 159 – 169.
- NELSON, O. L.; JERGENS, A. E.; MILES, K. G.** 1996. Using barium-impregnated polyethylene spheres to document delayed gastric emptying. *Vet Med.* 91(11): 984 – 998.
- NELSON, O. L.; JERGENS, A. E.; MILES, K. G.; CHRISTENSEN, W. F.** 2001. Gastric emptying as assessed by barium-impregnated polyethylene spheres in healthy dogs consuming a commercial kibble ration. *J Am Anim Hosp Assoc.* 37(5): 444 – 452.
- RICHTER, K. P.** 1992. Enfermedades del intestino grueso. **In:** Ettinger, S. J. *Tratado de medicina interna veterinaria.* Tercera edición. Intermedica. Buenos Aires, Argentina. pp. 1468 – 1492.
- ROBERTSON, I. D.; BURBIDGE, H. M.** 2000. Pros and cons of barium-impregnated polyethylene spheres in gastrointestinal disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 30(2) : 449 – 465.
- ROOT, C. R.; MORGAN, J. P.** 1969. Contrast radiography of the upper gastrointestinal tract in the dog. *J Small Anim Pract.* 10(5) : 279 – 286.
- SHERDING, R. G.** 1992. Enfermedades del intestino delgado. **In:** Ettinger, S. J. *Tratado de medicina interna veterinaria.* Tercera edición. Intermedica. Buenos Aires, Argentina. pp. 1392 – 1467.
- SOTO, A.** 1999. Evaluación radiográfica de partículas demarcadoras radiopacas en el gastroéntero canino. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 76 pp.
- SPARKES, A. H.; PAPASOULIOTIS, K.; BARR, F. J.; GRUFFYDD-JONES, T. J.** 1997. Reference ranges for gastrointestinal transit of barium-impregnated polyethylene spheres in healthy cats. *J Small Anim Pract.* 38(8) : 340 – 343.

- STEYN, P. F.; TWEDT, D. C.** 1994. Gastric emptying in the normal cat: a radiographic study. *J Am Anim Hosp Assoc.* 30(1) : 78 – 80.
- STROMBECK, D. M.; GUILFORD, W. G.** 1995. Enfermedades digestivas de los animales pequeños. Segunda edición. Intermedica. Buenos Aires, Argentina. 796 pp.
- TAMS, T. R.** 1992. A diagnostic approach to vomiting in dogs and cats. *Vet Med.* 87(8) : 785 – 793.
- TWEDT, D. C.; MAGNE, M. L.** 1992. Enfermedades del estómago. **In:** Ettinger, S. J. Tratado de medicina interna veterinaria. Tercera edición. Intermedica. Buenos Aires, Argentina. pp. 1357 – 1391.
- TWEDT, D. C.** 1994. Enfermedades del estómago. **In:** Sherding, R. G. The Cat Diseases and Clinical Management. Second edition. Volume 2. Churchill Livingstone. New York, Estados Unidos. pp. 1181 – 1210.
- WILLIAMS, J.; BILLER, D. S.; MYERS, C. W.; MIYABAYASHI, T.; LEVEILLE, R.** 1993. Use of iohexol as a gastrointestinal contrast agent in three dogs, five cats and one bird. *J Am Vet Med Assoc.* 202(4) : 624 – 627.
- WINGFIELD, W. E.; TWEDT, D. C.** 1989. Enfermedades médicas del estómago. **In:** Jones, B. D. Gastroenterología canina y felina. Intermedica. Buenos Aires, Argentina. pp. 97 – 127.