



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INULINA EN LA  
DISMINUCIÓN DE ANALITOS NITROGENADOS SÉRICOS EN  
CARNÍVOROS DOMÉSTICOS”

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

**HÉCTOR PÉREZ MONTERDE**

TUTOR: DR. C CARLOS GUTIÉRREZ OLVERA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, UNAM

COMITÉ TUTOR: PHD MSC MVZ MARÍA ESTHER ORTEGA CERRILLA

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD Y DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL

DR. C MC MVZ YAZMÍN ALCALÁ CANTO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, UNAM

ACADÉMICO INVITADO:

BVSC MSC PHD DIPL ACVN ECVCN CECILIA VILLAVERDE HARO

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD Y DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL

MÉXICO, D.F. SEPTIEMBRE 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## ÍNDICE

	<i><b>Página</b></i>
I. Introducción	1
1. Antecedentes	1
1.1. Inulina y sus orígenes	5
1.1.1. Compuestos derivados de la inulina	6
1.1.2. Características físicas y químicas de la inulina y sus derivados	7
1.1.3. Usos de la inulina como ingrediente	8
1.1.4. La inulina y sus beneficios a la salud	9
1.2. Aparato gastrointestinal de perros, gatos y hurones	11
1.2.1. Cavidad bucal	12
1.2.2. Esófago	14
1.2.3. Estómago	14
1.2.4. Intestino delgado	18
1.2.5. Intestino grueso	19
1.3. Nutrición del perro	22
1.3.1. Necesidades nutricionales energéticas del perro durante el crecimiento	22
1.4. Nutrición del gato	23
1.4.1. Necesidades nutricionales energéticas del gato durante el crecimiento	24
1.5. Nutrición del hurón	24
1.5.1. Necesidades nutricionales energéticas del hurón durante el crecimiento	25
1.6. Compuestos nitrogenados	26
1.6.1. Creatinina	26
1.6.2. Urea	27
1.6.3. Amoniacó	27

III. Justificación	28
III. Hipótesis	28
IV. Objetivos	28
4.1. Objetivo general	28
4.2. Objetivos específicos	28
V. Material	29
5.1. Perros	29
5.2. Gatos	30
5.3. Hurones	31
5.4. Análisis de datos	31
VI. Métodos	32
6.1. Manejo de los perros	32
6.2. Manejo de los gatos	35
6.3. Manejo de los hurones	38
VII. Resultados y Discusión	41
7.1. Perros	41
7.1.1. Creatinina	41
7.1.2. Urea	42
7.1.3. Amoniaco	43
7.2. Gatos	44
7.2.1. Creatinina	44
7.2.2. Urea	45
7.2.3. Amoniaco	47
7.3. Hurones	48
7.3.1. Creatinina	48
7.3.2. Urea	48
7.3.3. Amoniaco	48
VIII. Conclusiones	51
IX. Referencias	52

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b><i>Página</i></b>
Cuadro 1. Índice de fermentación de fibras en el perro	2
Cuadro 2. Índice de fermentación de fibras en el gato	3
Cuadro 3. Ejemplos de plantas con su porcentaje de inulina	6
Cuadro 4. Propiedades funcionales de la inulina y sus derivados	9
Cuadro 5. Solubilidad y fermentabilidad de algunos tipos de fibra	17
Cuadro 6. Ejemplo del cálculo de inulina respecto a la cantidad de alimento ofrecido de acuerdo al peso de uno de los perros en crecimiento	33
Cuadro 7. Ejemplo del cálculo de inulina respecto a la cantidad de alimento ofrecido de acuerdo al peso de uno de los gatos en crecimiento	35
Cuadro 8. Ejemplo del cálculo de inulina respecto a la cantidad de alimento ofrecido de acuerdo al peso de uno de los hurones en crecimiento	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<i><b>Página</b></i>
Figura 1. Estructura química de la inulina con una molécula terminal de glucosa ( $\beta$ -D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa ( $\beta$ -D fructopiranosil) (B)	5
Figura 2. Aparato digestivo de: A. Perro ( <i>Canis familiaris</i> ), B. Gato ( <i>Felis catus</i> ), C. Mink ( <i>Mustela vison</i> ) miembro de la familia <i>Mustelidae</i> al igual que el Hurón ( <i>Mustela putorius furo</i> ) tomados de Stevens & Hums. 1995	21
Figura 3. Seis perros ( <i>Canis familiaris</i> ). Dos dacshund, cuatro schnauzers	29
Figura 4. Inulina de agave pura	29
Figura 5. Dos de los seis gatos ( <i>Felis catus</i> )	30
Figura 6. Inulina de agave pura	30
Figura 7. Hurón ( <i>Mustela putorius furo</i> )	31
Figura 8. Inulina de agave pura	31
Figura 9. Perro comiendo su dieta habitual complementada con inulina	33
Figura 10. Toma de sangre a través de la vena cefálica derecha de un perro	34
Figura 11. A. Microtainer sin anticoagulante (rojo), B. Microcentrífuga “Icxx StatSpin VT” C. Aparato de bioquímica “Icxx VetTest 8008” y D. Placas de creatinina, urea y amoniaco	34
Figura 12. Gato comiendo su dieta habitual complementada con inulina	36

Figura 13. Toma de sangre a través de la vena cefálica derecha de un gato	36
Figura 14. A. Microtainer sin anticoagulante (rojo), B. Microcentrífuga “Ibexx StatSpin VT” C. Aparato de bioquímica “Ibexx VetTest 8008” y D. Placas de creatinina, urea y amoniaco	37
Figura 15. Hurón comiendo su dieta habitual complementada con inulina	39
Figura 16. Toma de sangre a través de la vena cefálica izquierda de un hurón	39
Figura 17. A. Microtainer sin anticoagulante (rojo), B. Microcentrífuga “Ibexx StatSpin VT” C. Aparato de bioquímica “Ibexx VetTest 8008” y D. Placas de creatinina, urea y amoniaco	40
Figura 18. Diferencia contra basal en creatinina en perros	42
Figura 19. Diferencia contra basal en urea en perros	43
Figura 20. Diferencia contra basal en amoniaco en perros	44
Figura 21. Diferencia contra basal en creatinina en gatos	45
Figura 22. Diferencia contra basal en urea en gatos	46
Figura 23. Diferencia contra basal en amoniaco en gatos	47
Figura 24. Diferencia contra basal en creatinina en hurones	49
Figura 25. Diferencia contra basal en urea en hurones	49
Figura 26. Diferencia contra basal en amoniaco en hurones	50

## RESUMEN

**PÉREZ MONTERDE HÉCTOR MVZ.** Evaluación del efecto de la inulina en la disminución de analitos nitrogenados séricos en carnívoros domésticos.

Comité tutorial: Dr C MPA MVZ Carlos Gutiérrez Olvera, PhD MSC MVZ María Esther Ortega Cerrilla y Dr C MC MVZ Yazmín Alcalá Canto

Académico invitado: BVSc MSc PhD Dipl ACVN ECVCN Cecilia Villaverde Haro

Con el objetivo de evaluar si la complementación nutricional con inulina como prebiótico en carnívoros domésticos en crecimiento reduce los productos nitrogenados séricos se utilizaron 18 carnívoros domésticos: seis perros (*Canis familiaris*), seis gatos (*Felis catus*) y seis hurones (*Mustela putorius furo*); a los cuales, en sus dietas bases, se les complementó con el 1% de inulina con base a la ración diaria de alimento calculada para animales jóvenes en crecimiento durante un periodo de 90 días seguidos. Los animales fueron pesados cada 18 días para calcular la ración de alimento y por ende la cantidad de inulina complementada en ésta. Se tomaron muestras séricas de la vena cefálica al día 0 (basal), 30, 60 y al día 90 midiendo creatinina, urea y amoniaco para después comparar por analito y por especie la disminución esperada con respecto a la basal. Con un 95% de confiabilidad, en los perros se observó una significancia en la media poblacional en creatinina ( $P= 0.45$ ) mg/dl y amoniaco (0.15) mmol/l viendo una disminución en amoniaco, en los gatos hubo una significancia de creatinina (0.003) mg/dl y urea (0.001) mg/dl sin disminución, y en los hurones no se obtuvo significancia estadística. Ninguno de los analitos salió de los rangos de referencia para las especies.

Se concluye que la complementación con inulina en perros si disminuye el amoniaco sérico, mientras que en gatos tiene significancia estadística pero sin efecto benéfico y en los hurones no hubo cambio alguno.

**PALABRAS CLAVES:** Complementación, inulina, prebiótico, carnívoro doméstico, amoniaco.

## ABSTRACT

**PÉREZ MONTERDE HÉCTOR MVZ.** Inulin effect evaluation in the reduction of nitrogen serum analytes in domestic carnivores.

To evaluate the effect of the nutritional supplementation of inulin as a prebiotic reductor of nitrogen serum products in juvenile domestic carnivores, 18 domestic carnivores were used: six dogs (*Canis familiaris*), six cats (*Felis catus*) and six ferrets (*Mustela putorius furo*); within 1% inulin supplementation added in their daily feeding, calculated for juvenile domestic carnivores during a 90 day experiment. The animals were weighted every 18 days to recalculate their food and inulin supplementation. Blood samples were taken through cephalic vein at the day 0, 30, 60 and 90 to measure creatine, BUN and ammonium for a species and a nitrogen serum product comparison with the day zero. With a 95% reliability, the dogs had a statistic significance in the creatinine ( $P=0.45$ ) mg/dl and ammonium (0.15) mmol/l having a decrease at the day 90. In the cats the creatinine ( $P=0.003$ ) mg/dl and BUN (0.001) mmol/l were without a decrease. In the ferrets there was not statistic significance. Also, none of the nitrogen serum analytes went out of the normal values of the species.

In conclusion, the inulin supplementation reduces ammonium in dogs, meanwhile in cats it has significance but not a reduction effect and in the ferrets there wasn't an effect.

**KEYS WORDS:** supplementation, inulin, prebiotic, domestic carnivore, ammonium.

## **I. Introducción**

### **1. Antecedentes**

La salud del aparato gastrointestinal de los carnívoros se ve influenciada por enfermedades, estado fisiológico del individuo e ingredientes de la dieta en general. Un ingrediente dietario específico, la fibra, ha mostrado influir en la salud del aparato gastrointestinal en muchas especies.

Las fibras dietéticas se definen como el conjunto de todos los constituyentes de la dieta que no son digeridos por las enzimas endógenas de los mamíferos (Eastwood, 2005). Las fibras están compuestas por carbohidratos vegetales estructurales más lignina; las principales fibras incluidas en la dieta de los animales de compañía son celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, gomas y mucílagos. Históricamente, los beneficios percibidos a partir del uso de fibras se limitaban a sus efectos físicos sobre el tubo gastrointestinal sin diferenciar los distintos tipos de fibras. No se consideraban esenciales para la dieta de los carnívoros domésticos, pero si juegan un papel importante en la salud gastrointestinal. Sin embargo en los últimos 10 a 15 años, estudios *in vitro* e *in vivo* han demostrado que tienen efectos variables sobre la función y la salud animal. Hoy en día, se sabe que el tipo de fibras incluido en las dietas para carnívoros domésticos con enfermedades nutricionales es tan importante como el nivel de fibra.

Los carnívoros domésticos tienen bacterias colónicas activas y son capaces de fermentar la fibra dietética en perros (Cuadro 1) y en gatos (Cuadro 2) (Sunvold, 1994; Sunvold, 1995; Sunvold, 1995). El grado de fermentación depende del tipo de fibra, la cantidad y tiempo que éstas permanecen en el tubo digestivo, y la composición de la dieta.

<b>Cuadro 1. Índice de fermentación de fibras en el perro</b>	
<b>Fuente de fibras</b>	<b>Índice de fermentación*</b>
Celulosa	0.2
Fibra de avena	0.4
Goma karaya	0.6
Cáscara de maní	0.9
Goma xantana	1.0
Goma arábica	1.0
Goma talha	1.3
Goma de <i>Psyllium</i>	1.4
Cáscara de semillas de soya	1.4
Salvado de arroz	1.8
Pulpa de remolacha	2.5
Goma de algarrobo	3.4
Pulpa de cítricos	3.4
Fructooligosacáridos	5.7
Pectina de cítricos	5.9
Goma guar	7.3
Lactulosa	8.3

Información: Adaptada de Sunvold GD, Fahey GC Jr, Merchen NR. "Dietary fiber for dogs, IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dogs fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. J Anim Sci 73: 1099-1109; 1995.

\*Producción de ácidos grasos de cadena corta en un periodo total de 24 horas (mmol/g de sustrato de materia orgánica).

<b>Cuadro 2. Índice de fermentación de fibras en el gato</b>	
<b>Fuente de fibras</b>	<b>Índice de fermentación*</b>
Celulosa	0.1
Goma xantana	0.5
Goma karaya	0.9
Goma arábica	1.3
Goma talha	1.8
Pulpa de remolacha	2
Salvado de arroz	2.1
Goma de algarrobo	3.3
Residuo de caña de azúcar	3.4
Fructooligosacáridos	4.3
Goma guar	5.1
Pectina de cítricos	5.5

Adaptada de Sunvold GD, Fahey GC Jr, Merchen NR. "Dietary fiber for cats, IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by cat fecal inoculum and in vivo utilization of diet containing selected fiber sources and their blends. J Anim Sci 73: 2329-2339; 1995.

\*Producción de ácidos grasos de cadena corta en un periodo total de 24 horas (mmol/g de sustrato de materia orgánica).

Los productos finales más importantes de la fermentación de las fibras son los ácidos grasos de cadena corta. Estos compuestos (ácido acético, butírico y propiónico en su mayoría) son la fuente de energía preferida por los colonocitos, los cuales se estima que obtienen más del 70% de sus requerimientos energéticos a partir de los ácidos grasos de cadena corta de la luz del colon, por estudios realizados en roedores (Bergman, 1990; Hague, 1997). La presencia de ácidos grasos de cadena corta favorece la proliferación de las células colónicas, probablemente como resultado de un aumento de la disponibilidad de esta fuente de energía (Sakata, 1987).

Los prebióticos son ingredientes de la dieta no digeribles que afectan en forma benéficas al huésped al influir en el desarrollo y la actividad de colonias bacterianas selectivas en el intestino grueso (Macfarlane, 2006). La mayoría de los prebióticos son carbohidratos de cadena corta que se clasifican junto con las fibras debido a que son derivados vegetales, no son digeridos por las enzimas de los mamíferos, y son selectivamente fermentados por ciertos microorganismos intestinales.

Los ejemplos de prebióticos incluyen inulina, galactooligosacáridos, lactulosa, fructooligosacáridos (FOS) y mananooligosacáridos (MOS) (Macfarlane, 2006).

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento no digerible que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales. La inulina junto con sus derivados (oligofructosa, FOS) son generalmente llamados fructanos, que están constituidos básicamente por cadenas lineales de fructosa (Frank, 2006).

En la actualidad, la presencia de cantidades de inulina o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como alimento funcional, que por definición sería aquel que contiene un componente o nutriente con actividad benéfica, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional (Silveira, 2003). El efecto positivo a la salud se refiere a una mejoría de las funciones del organismo o la disminución del riesgo de una enfermedad (Aswell, 2004).

La propiedad de la inulina de interés es el de su comportamiento como prebiótico, definido por su capacidad selectiva de estimular el crecimiento de un grupo de bacterias en el colon (*Bifidobacteria* y *Lactobacillus*), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales (*E. coli*, *Salmonella* spp, *Clostridium* spp.) (Gibson, 1999).

## 1.1. Inulina y sus orígenes

La inulina es un carbohidrato de reserva energética presente en más de 36,000 especies de plantas, aislada por primera vez en 1804, a partir de la especie *Inula helenium*, por Rose (Alemania). En 1818, Thomson (Reino Unido) le dio el nombre actual (Frank, 2006). La inulina está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces  $\beta(2,1)$  fructosil-fructosa, siendo el término fructanos usado para denominar este tipo de compuestos (Watherhouse, 1993). Las cadenas de fructosa tienen la particularidad de terminar en una unidad de glucosa unida por un enlace  $\alpha(1,2)$  (residuo D-glucopiranosil), como en la sacarosa (Fig. 1A), pero también el monómero terminal de la cadena puede corresponder a un residuo de  $\beta$ -D-fructopiranosil (Fig. 1B) (Roberfroid, 1999; Flamm, 2001).

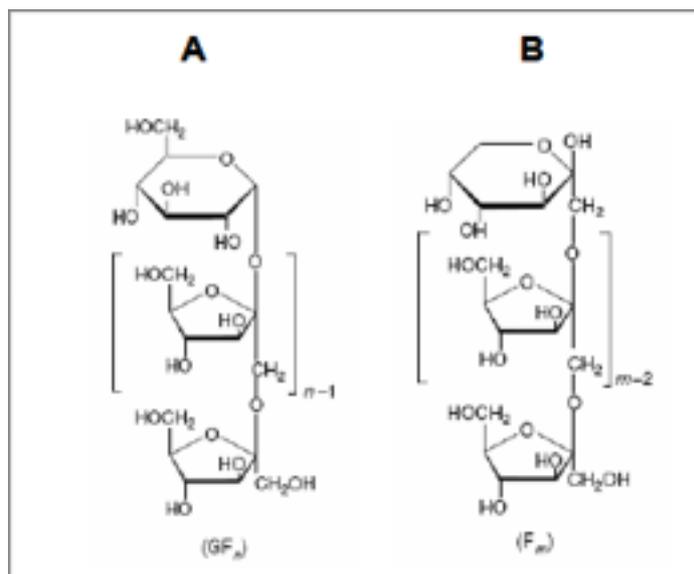


Fig. 1. Estructura química de la inulina con una molécula terminal de glucosa ( $\beta$ -D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa ( $\beta$ -D fructopiranosil) (B)

Después del almidón, los fructanos son los polisacáridos no estructurales más abundantes en la naturaleza, presentes en muchas especies de plantas, en hongos y en bacterias.

Entre las especies de plantas que producen fructanos se encuentran las agaváceas, de la cual se conocen aproximadamente 310 especies, 272 con presencia en México. Estas tienen un contenido importante de biomoléculas incluyendo la inulina. (Cuadro 3).

<b>Cuadro 3. Ejemplos de plantas con su porcentaje de inulina</b>	
<b>Planta</b>	<b>Inulina (%MS)</b>
Agave ( <i>Agave</i> spp.)	16 - 25
Ñame ( <i>Dioscorea</i> spp.)	19 - 20
Achicoria ( <i>Cichorium intybus</i> )	10 - 15
Alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> )	3 - 10

Tomado parcialmente Tomado de Madrigal y Sangronis (2007)

### **1.1.1. Compuestos derivados de la inulina**

Los fructanos más ampliamente estudiados y de mayor uso a nivel industrial son la inulina, la oligofructosa y los FOS (Biedrzycka, 2004), se caracterizan por sus enlaces tipo  $\beta(2,1)$  entre las unidades de fructosa, con un grado de polimerización que varía entre 2 y 60 unidades, se les considera carbohidratos de cadena corta o de bajo nivel de polimerización (Englyst, 1996; Roberfroid, 2000; Biedrzycka, 2004). Dependiendo de su origen (vegetal o microbiano), los fructanos pueden ser lineales, ramificados o cíclicos. Tanto la inulina, como la oligofructosa y los FOS presentan una estructura polimérica principalmente lineal. Las diferencias radican en el grado de polimerización, siendo la inulina el compuesto con el mayor promedio. Los FOS y la oligofructosa son muy similares, pero con diferencias estructurales asociadas a sus diferentes

orígenes (hidrólisis enzimática de inulina para la oligofructosa y transfructosilación de sacarosa para los FOS). Las cadenas de las moléculas de la oligofructosa son más largas que aquellas producidas por transfructosilación de la sacarosa.

### **1.1.2. Características físicas y químicas de la inulina y sus derivados**

Los fructanos por su configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas de los mamíferos, por lo que permanecen intactos en su camino por el aparato gastrointestinal superior, pero son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tubo gastrointestinal (intestino grueso y colon). Este tipo de compuestos se comportan como fibra dietética (Flamm, 2001; Slavin, 2003). Los fructanos aportan un valor calórico reducido (1.5 kcal/g) si se compara con los carbohidratos digeribles (4 kcal/g) por estudios realizados en roedores (Roberfroid, 1999).

A nivel industrial la inulina se presenta como un polvo blanco, sin olor, sin sabor y sin efecto residual pero algunas pueden contener azúcares libres (glucosa, fructosa, sacarosa), lo que le confiere un sabor dulce (Frank, 2002; Roberfroid, 2007).

La inulina también mejora la estabilidad de emulsiones y espumas, por lo que se usa como estabilizante en diversos productos alimenticios de consumo humano (helados, salsas, untables, postres, etc). Existe una sinergia entre la inulina y otros agentes gelantes como la gelatina, alginatos, carraginosos, gomas y maltodextrinas (Roberfroid, 2007).

A pH menores de cuatro, los enlaces tipo  $\beta$  de las unidades de fructosa, tanto en la inulina como la oligofructosa, se hidrolizan con la consecuente formación de fructosa, Por esta razón, estos compuestos no pueden ser usados en alimentos muy ácidos (Frank, 2002).

### **1.1.3. Usos de la inulina como ingrediente**

La inulina y sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos para consumo humano (Cuadro 4). La inulina tiene propiedades similares a las del almidón, mientras que la oligofruktosa presenta propiedades parecidas a la sacarosa (Roberfroid, 2002; Rodríguez, 2006). La inulina mejora la palatabilidad de yogurts elaborados con leche descremada, impartándole una mayor cremosidad, también actúa como agente espesante, retiene el agua y estabiliza geles (Kip, 2005). Estos se pueden formar por el efecto mecánico o térmico, y el resultado por calor hace que presenten mejor textura y firmeza (Kim, 2001).

En la elaboración de panes de trigo con adición de inulina para sustituir la grasa vegetal no se modifican las características reológicas de la masa antes de hornear y la calidad sensorial del producto terminado (O'Brien, 2002; Wang, 2002). El uso de la inulina en la formulación de pastas resulta para productos con propiedades sensoriales sin diferencias de aquellas elaboradas con solo trigo (Brennam, 2004). Se han logrado formulaciones a base de chocolate (Moscatto, 2006), barras energéticas (Aragon, 2007) y cereales (Frank, 2002) con un desempeño similar o incluso mejorado en sabor, color y textura.

<b>Cuadro 4. Propiedades funcionales de la inulina y sus derivados</b>	
<b>Aplicación</b>	<b>Funcionalidad</b>
Productos lácteos	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, emulsificantes, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes
Postres congelados	Textura, depresión en el punto de congelación, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes
Productos untables	Estabilidad de emulsión, textura y capacidad de ser untado, sustituto de grasa
Cereales de desayuno	Crujencia, capacidad de expansión
Preparación con frutas (no ácidas)	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, estabilidad de emulsión, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes
Aderezos de ensaladas	Cuerpo y palatabilidad, sustituto de grasas
Productos cárnicos	Textura, estabilidad de emulsión, sustituto de grasas
Chocolate	Sustituto de azúcares, humectante

Tomado de Madrigal y Sangronis (2007)

#### **1.1.4. La inulina y sus beneficios a la salud**

El uso de la inulina o sus derivados se usan para cumplir funciones tecnológicas, simultáneamente aporta beneficios a la salud, el primero de ellos es su función como fibra dietética, con los efectos fisiológicos atribuibles a este tipo de compuestos, como son la disminución de los niveles lipídicos y glucosa en sangre (Camire, 2001).

Con respecto al cáncer, se demostró que la administración de prebióticos (inulina y oligofruktosa) disminuye el crecimiento de cáncer de colon en ratas (Pietro, 2002). El mecanismo aún no está claro, pero los resultados parecen señalar como responsable a la acción combinada de dos factores: el aumento de los ácidos grasos de cadena corta (producto de la fermentación de los prebióticos) y la disminución de la proliferación de las enzimas involucradas en

la patogénesis del cáncer (Pietro, 2002). Se observó la inhibición del cáncer mamario en ratas cuya dieta fue complementada con inulina (Taper, 1999). También se ha informado un efecto antimelanoma por el consumo de la inulina (Delzenne, 2002).

Existen otras funciones de la inulina que aun están en estudio, entre ellas el aumento a la resistencia a infecciones intestinales, atenuación de enfermedades inflamatorias del intestino, estimulación del sistema inmune, con la consecuente resistencia a las infecciones (Roberfroid, 2007). Sin embargo, es importante considerar que estudios en seres humanos han demostrado que dosis mayores a 30 g/día de inulina y oligofructosa ocasionan efectos gastrointestinales adversos (Williams, 1999).

Puede ayudar también a evitar la formación de cristaluria y urolitiasis de estruvita ya que al reducir el amonio, que es esencial junto con el magnesio y el fosfato, evita la agregación mineral y por lo tanto su formación.

La inulina y sus derivados tienen un aporte calórico reducido, atribuibles a la resistencia a la digestión, posterior hidrólisis y fermentación por la flora intestinal selectiva del intestino grueso. Solo los ácidos grasos de cadena corta obtenidos como producto metabólico de la actividad bacteriana en el intestino grueso contribuyen a proveer energía al individuo (Roberfroid, 1999). La inulina se puede usar también como coadyuvante en pacientes con enfermedades renales o hepáticas ya que puede actuar como trampa de nitrógeno al aprovechar los productos nitrogenados que pasan a la luz intestinal por difusión facilitada. Dado que un mal funcionamiento en cualquiera de los órganos mencionados incrementa significativamente los valores séricos nitrogenados al hacer una complementación de la inulina, por el efecto prebiótico, reducirá dichas concentraciones dándole al paciente una mejor calidad de vida al evitar la intoxicación por sus propios productos de desecho. Otro beneficio comprobado, es la capacidad de la inulina de modular la flora intestinal (Roberfroid, 1998; Schaneman, 1999), esto se debe a su efecto prebiótico que aumenta a las bacterias benéficas para el organismo al producir ácidos grasos de cadena corta acidificando el pH que a su vez tiene una inhibición de las

bacterias patógenas. Estudios *in vivo* muestran que sólo 4 g de inulina o sus compuestos relacionados diarios son efectivas para incrementar el número de bacterias benéficas en el colon del humano (Jenkins, 1999; Rao, 1999).

La inulina y sus derivados han sido calificados como sustancias bioactivas que pueden ser incorporados en los productos alimenticios para dar origen a productos bioactivos, los cuales son aquellas que modifican positivamente la funcionalidad de procesos fisiológicos del organismo, tales como los prebióticos, los fotoquímicos y las vitaminas (López-Rubio, 2006).

## **1.2. Aparato gastrointestinal de perros, gatos y hurones**

El proceso de digestión desdobra las grandes y complejas molécula de muchos nutrientes en formas más simples y solubles de modo tal que el cuerpo pueda utilizarlas y absorberlas. Los dos mecanismos de acción involucrados en este proceso son la digestión mecánica y la química o enzimática. La digestión mecánica comprende la masticación, la mezcla y el movimiento de los alimentos a través del tracto gastrointestinal. La digestión química se ocupa de la ruptura de las uniones químicas de los nutrientes complejos a través de la hidrólisis catalizada por enzimas.

Los tres principales nutrientes que requieren en la digestión son las grasas, los carbohidratos y las proteínas. Antes de que ocurra la absorción, la mayor parte de las grasas presentes en el alimento se hidrolizan a glicerol, ácidos grasos libres y algunos mono y diglicéridos. Los carbohidratos complejos se desdoblan en los azúcares simples: glucosa, galactosa y fructosa. La moléculas proteicas se hidrolizan a unidades de aminoácidos y dipéptidos. A medida que se ingieren, los nutrientes son transportados a través del tracto digestivo por medio de contracciones de las paredes musculares del tracto gastrointestinal. El proceso de digestión y absorción comienza con el ingreso de alimento en la boca y finaliza con la excreción de los productos de desecho y las partículas de alimento no digeridas en la materia fecal.

### 1.2.1. Cavidad bucal

En todas las especies, la cavidad bucal lleva el alimento hacia el cuerpo, inicia la masticación física y mezcla el alimento con saliva. Esta última se secreta en respuesta a la observación y el olor del alimento; lo que puede conocerse como “condicionamiento operante” descrito por Pavlov. La saliva actúa como un lubricante para facilitar la masticación, la deglución y solubilización de los componentes del alimento que estimulan las papilas gustativas e imparten sabor a la comida.

Además de su función en la digestión, la saliva es importante en el perro (más que en el gato y el hurón) al ser comparado con muchos rumiantes y herbívoros que mastican completamente el alimento. Los perros, gatos y hurones degluten bolos alimenticios con poca o ninguna masticación. Sin embargo, hay importantes diferencias entre las tres especies.

Aunque tienen el mismo número de incisivos y caninos  $2(I^3_3 C^1_1)$ , los perros poseen más premolares y molares que los gatos. Estos dientes se asocian a una mayor capacidad de masticación y aplastamiento del alimento, que es indicativo de una dieta que contiene una mayor proporción de materia vegetal. De esta manera, la dentición de los perros sugiere una dieta más omnívora que la dentición de los gatos y hurones, las cuales son más típicas de carnívoros estrictos (Morris, 1989). Aunque los perros, los gatos y los hurones son considerados como “comedores de carne”, el perro ha evolucionado a consumir una dieta más omnívora que la del gato u hurón.

La dentición del hurón es de un carnívoro típico, consiste en caninos largos y curvos; molares y premolares resistentes. La dentición permanente sale entre los 50 y 74 días de edad. Hay 34 dientes en los adultos siendo la fórmula dental  $2(I^3_3 C^1_1 P^3_3 M^1_2)$  (Ivey, 1999; Lewington, 2005; Hrapkiewicz, 2007; Lewington, 2008). Los incisivos y caninos tienen una sola raíz. Los premolares tienen dos raíces cada uno a excepción de los carnasiales que tienen tres raíces. El molar superior y el primer molar inferior tienen tres raíces, y el molar pequeño segundo inferior tiene sólo uno (Evans, 1998).

Otro importante papel de la cavidad bucal es la percepción del gusto, el cual es la sensación que se origina a partir de la estimulación de los bulbos gustativos, cúmulos esféricos u ovoides de papilas que se localizan sobre la superficie de la lengua. Las células receptoras del gusto se sitúan en la punta de cada papila y se clasifican en cinco tipos de receptores generales: dulces (azúcares), agrios (ácidos), salados, amargos (alcaloides, péptidos) y umami (glutamato monosódico, guanilito disódico, sabores “carnosos”). Los perros, gatos y hurones poseen sistemas gustativos compatibles con el patrón general de otras especies carnívoras.

Por lo general los carnívoros domésticos son muy sensibles a los sabores de los aminoácidos y a varios tipos de ácidos y nucleótidos orgánicos. Todas estas sustancias se encuentran en abundancia en los tejidos animales (Kumazawa, 1991). Otra similitud es que ninguna de estas especies muestra una fuerte preferencia por las soluciones saladas (Yu, 1997). Aunque hay evidencia de que los gustos salados pueden aumentar la atracción de los perros por algunos alimentos y que los gatos tiene una ligera preferencia por las sales en concentraciones relativamente altas, pero no se tiene conocimiento si sucede de misma forma con los hurones.

Los perros y los gatos también tiene varias diferencias interesantes al respecto de los receptores del gusto. Una de las más marcadas es su predicción por lo dulce. Los perros, a diferencia de los gatos (no se sabe de los hurones), son sensibles y muestran preferencias por los alimentos dulces (Haupt, 1979; Ferrel, 1984). Estudios recientes demostraron que uno de los dos genes que codifican los receptores del gusto dulce en las papilas gustativas no se expresa en los gatos (Li, 2006). Este defecto puede ser el responsable de la falta de respuesta a los sabores dulces que se observa en los gatos domésticos y otras especies felinas. En lugar de estos receptores, los gatos poseen un receptor que es muy sensible a la quitina, el ácido tánico y los alcaloides, sabores que son amargos (Bradshaw, 2006). Por el contrario, es típico que los perros rechacen la mayoría de los sabores amargos. Se ha especulado que las diferencias en el sistema gustativo de los perros y gatos refleja la evolución de

los últimos a un patrón de alimentación más estrictamente carnívoro, que condujo a la preferencia de sabores derivados sólo de tejido animal y a la pérdida de capacidad para percibir los sabores presentes más típicamente en las frutas y verduras; se puede inferir que pasa lo mismo en los hurones. Por el contrario, el perro evolucionó a partir de un cánido que también era un depredador, aunque de naturaleza más omnívora. Además, el proceso de domesticación de los perros los llevó a adoptar una dieta omnívora más variada, a medida que la actividad carroñera reemplazó a la cazadora cooperativa como principal conducta alimenticia (Macdonald, 1995).

### **1.2.2. Esófago**

El alimento pasa desde la boca hacia el estómago a través del esófago. En respuesta a su presencia, las células de la mucosa que tapiza el esófago, el cardias se relaja para permitir que el alimento ingrese en el estómago. Este anillo se relaja en respuesta a los movimientos peristálticos del esófago. Inmediatamente después de pasar el alimento, este esfínter se contrae, a efecto de evitar el reflujo del contenido gástrico hacia la porción terminal del esófago.

En los hurones el músculo del esófago es estriado esquelético y corre a lo largo para incrustarse en el diafragma (Ivey, 1999). No existe realmente un esfínter esofagico-estomacal por lo que los hurones pueden vomitar (Ivey, 1999; Lewington, 2005; Lewington, 2008). Sin embargo, en contraste con otros carnívoros, las obstrucciones gastrointestinales en los hurones usualmente no se presentan con vómito (Lewington, 2008).

### **1.2.3. Estómago**

El estómago actúa como un depósito corporal, lo que permite ingerir el alimento como una ración, en lugar de tener que hacerlo continuamente a lo largo del día. La sección proximal del estómago es capaz de expandirse y almacenar

una gran cantidad de alimento; se presume que esto es de gran importancia para los perros, quienes tienden a comer grandes cantidades de comida en un tiempo determinado, a diferencia de los gatos y hurones que prefieren comer pequeñas cantidades a lo largo del día. Además de su función de almacenamiento, el estómago inicia la digestión química de las proteínas, mezcla el alimento con las secreciones gástricas y regula la entrada de este en el intestino delgado. Las glándulas gástricas localizadas en la mucosa que tapiza el cuerpo del estómago, secretan moco, ácido clorhídrico y al zimógeno proteolítico pepsinógeno. En los perros, la lipasa gástrica se secreta a través del estómago, pero parece ser mucho menos importante para la digestión de las grasas que la lipasa pancreática (Carriere, 1993). Por esta razón se cree que la mayor parte de la digestión de las grasas ocurre en el intestino delgado. Las secreciones mucosas protegen la mucosa gástrica y lubrican el alimento ingerido. El ácido clorhídrico es necesario para mantener un pH ácido para que ocurra la acción enzimática. Esto altera ligeramente la composición de las grasas y las proteínas ingeridas, y las prepara para la acción de las enzimas digestivas en el intestino delgado. Junto con la pepsina el ácido clorhídrico también convierte el pepsinógeno en pepsina. Esta enzima inicia la hidrólisis de las moléculas proteicas a unidades polipéptidas más pequeñas en el estómago. La actividad de la pepsina es mayor en el ambiente ácido del estómago, y se reduce, y eventualmente inactiva, cuando el alimento deja el estómago y se expone al pH neutro del intestino delgado (Smeets-Peeters, 1998).

Tanto estímulos neurológicos como hormonales son importantes para la secreción de ácido clorhídrico en el estómago. Los estímulos neurológicos se producen en respuesta a la anticipación del acto de comer, la percepción visual y olfativa del alimento, y la presencia de éste en el estómago. Además de estímulos psicológicos como el miedo, el estrés y la ansiedad pueden afectar las secreciones gástricas y el funcionamiento gastrointestinal en los animales. La hormona gastrina se libera en respuesta a la presencia de alimento y la distensión del estómago. Es producida por las glándulas de la mucosa del

antro del estómago. La gastrina estimula la secreción de ácido clorhídrico y moco, y también aumenta la motilidad gástrica. Otra hormona local, la enterogastrona, es producida por las glándulas de la mucosa duodenal. Ella se secreta en respuesta a las grasas que ingresan en el duodeno y contrarresta la actividad de la gastrina al inhibir la producción de ácido y la motilidad gástrica.

Los movimientos peristálticos del estómago mezclan lentamente el alimento ingerido con las secreciones gástricas y lo preparan para su ingreso en el intestino delgado. Las células de la mucosa gástrica antral secretan moco, el cual tiene un pH más alcalino y pocas enzimas digestivas. La mezcla que se realiza en esta porción da lugar a la producción de una masa semilíquida de alimento llamada quimo. Éste debe pasar a través del esfínter pilórico para ingresar al intestino delgado y continuar con la digestión. Al igual que el cardias, el esfínter pilórico es un anillo muscular que en general está contraído y se relaja en respuesta a las fuertes contracciones peristálticas que se originan en el estómago y viajan hacia el intestino. Mientras está abierto, este esfínter permite que pequeñas cantidades de quimo ingresen en el duodeno. El esfínter pilórico controla la velocidad del pasaje de alimento desde el estómago hacia el intestino delgado. La velocidad de vaciado gástrico depende de varios factores, incluidos la presión osmótica, el tamaño de las partículas y la viscosidad del quimo, además del grado de acidez y el volumen gástrico. Por lo general, la velocidad de vaciado de grandes comidas es menor que la de las pequeñas raciones, los líquidos dejan el estómago con mayor rapidez que los sólidos, y las comidas con alto contenido de grasas pueden causar una disminución de la velocidad de vaciado gástrico. Las dietas que contienen fibras solubles como fuente de fibra causan una disminución en la velocidad de vaciado gástrico, si se las compara con las dietas que contienen fibras insolubles (Cuadro 5).

<b>Cuadro 5. Solubilidad y fermentabilidad de algunos tipos de fibra</b>		
<b>Tipo de fibra</b>	<b>Solubilidad</b>	<b>Fermentabilidad</b>
Pulpa de Remolacha	Baja	Moderada
Celulosa	Baja	Baja
Afrecho de arroz	Baja	Moderada
Goma arábica	Alta	Moderada
Pectina	Alta	Alta
Carboximetilcelulosa	Alta	Baja
Metilcelulosa	Alta	Baja
Goma guar	Alta	Alta
Goma de algarroba	Alta	Baja
Goma de xantano	Alta	Baja

Además hay evidencia de que en los gatos el alimento seco tiene un tiempo de tránsito gástrico más lento que el alimento húmedo enlatado, excepto cuando se consume en muy pequeña cantidad (Goggin, 1998). La forma de las croquetas del alimento seco para gatos también puede influir en la velocidad de vaciado gástrico, y se ha probado que las piezas triangulares son más lentas que las redondas (Ambrust, 2003).

En los hurones el estómago es relativamente simple, teniendo su forma curva típica y se encuentra dividida en cardias, cuerpo, antro pilórico y fondo (Hrapkiewicz, 2007; Lewington, 2008). El estómago está separado del hígado por el omento menor (Evans, 1998). El estómago tiene una capacidad enorme de distenderse y fácilmente puede almacenar 50 ml/kg de alimento o más (Lewington, 2005; Lewington, 2008).

#### **1.2.4. Intestino delgado**

Antes de alcanzar al intestino delgado, la mayor parte del proceso digestivo que ocurre en los perros, gatos y hurones tiene una naturaleza mecánica. El quimo que se libera a través del esfínter pilórico hacia el duodeno es una masa semilíquida de partículas alimenticias mezcladas con las secreciones gástricas. Los carbohidratos y las grasas casi no sufren cambios en su composición, pero las proteínas de la dieta son parcialmente hidrolizadas a polipéptidos más pequeños. Sin embargo, esta digestión aún no es definitiva porque las enzimas del intestino delgado son capaces de digerir por completo la proteína intacta de la dieta. Por lo tanto, la principal tarea de la digestión química y la absorción de nutrientes consecuente se lleva a cabo en el intestino delgado.

Este órgano también promueve una mayor digestión mecánica gracias a las contracciones coordinadas de sus capas musculares. Estos movimientos mezclan por completo la masa alimenticia con las secreciones intestinales, aumentan la exposición de las partículas alimenticias digeridas a la superficie de la mucosa, y propulsan lentamente el bolo alimenticio a través del tracto intestinal. Los constantes movimientos de barrido de las vellosidades intestinales que tapizan la superficie de la mucosa mezclan el quimo que está en contacto con la pared intestinal y aumentan la eficiencia de la absorción de las partículas digeridas. Una vez que el alimento ingresó en el intestino delgado, las glándulas de Brunner, las cuales se localizan en el duodeno, secretan grandes cantidades de moco. Éste protege la mucosa intestinal de la irritación y la erosión por parte del ácido gástrico que ingresa desde el estómago, y lubrica aun más la masa alimenticia.

El intestino delgado en hurones es comparativamente corto, con medidas de 182 a 198 cm en adultos y con una relación de la longitud intestinal con la longitud total del cuerpo de 5:1 (Poddar, 1976; Evans, 1998; Ivey, 1999; Lewington, 2005). La longitud del intestino delgado contribuye con el tiempo corto del tránsito gastrointestinal de 3 a 4 horas en hurones adultos.

El duodeno es de aproximadamente 10 cm de largo y consiste en tres porciones: la craneal (2 cm), la descendiente (5 cm), y la ascendente (3 cm). El mesodermo incluye el lóbulo derecho del páncreas y una porción del omento menor (Evans, 1998). El yeyuno y el ileo no son diferenciables entre sí por lo que se les conoce como yeyunoileo (Ivey, 1999).

### **1.2.5. Intestino grueso**

El contenido del intestino delgado ingresa en el intestino grueso a través de la válvula ileocecal. El ciego es un saco intestinal que se localiza cerca de la unión del colon con el intestino delgado. Esta porción varía en cuanto a tamaño y capacidad funcional entre las diferentes especies de mamíferos. El ciego de los mamíferos no rumiantes, como el caballo y el conejo, es relativamente grande y tiene una gran capacidad digestiva. De igual forma, tanto el ciego como el intestino grueso de los cerdos omnívoros son grandes cuando se les compara con los de las especies carnívoras. La digestión microbiana de las fibras dietéticas en el ciego y el colon de los herbívoros no rumiantes contribuye significativamente con la obtención y el equilibrio de nutrientes en estos animales. Los gatos tienen en comparación un vestigio de ciego y un intestino grueso relativamente más corto. En relación con el tamaño de su cuerpo, el ciego del perro no es tan grande como el del cerdo, pero es algo mayor que el del gato (Figura 2). Esta observación es compatible con el hecho de que el perro se adaptó a consumir una dieta de naturaleza más omnívora que la del gato. En estas especies, la digestión bacteriana de las fibras de la dieta en el ciego y el colon contribuye en menor medida con el equilibrio energético, si se la compara con la correspondiente a los herbívoros no rumiantes. Sin embargo los ácidos grasos de cadena corta producto de la fermentación bacteriana de las fibras son una importante fuente de energía para los colonocitos y contribuyen con la salud intestinal (Drackley, 1998). Además, las bacterias adherentes en el intestino grueso influyen en la función de la mucosa intestinal y ayudan a regular el sistema inmune entérico (Buddington, 2000).

Una de las principales funciones del intestino grueso de los perros y gatos es la absorción de agua y ciertos electrolitos. A diferencia del intestino delgado, el intestino grueso carece de vellosidades y, por lo tanto tiene una menor capacidad de absorción. Aunque es capaz de absorber agua y electrolitos, con eficiencia, no posee mecanismos de transporte activo. Junto con un gran volumen de agua, se absorbe sodio desde el intestino grueso. Las bacterias del colon son capaces de digerir parte de las fibras no digeribles y otros nutrientes de la dieta que escapan a la digestión del intestino grueso. Los productos de esta digestión bacteriana contribuyen con el olor y el color característico de las heces de los carnívoros domésticos. Los residuos alimenticios que no se digieren, las células que se desprenden, las bacterias y las concentraciones endógenas que no se absorben constituyen la materia fecal, que oportunamente alcanza el recto para ser excretada por el cuerpo.

Las características fecales pueden ser significativamente afectadas por la cantidad y el tipo de materia no digerible que se presenta en la dieta. La digestión bacteriana de estos materiales produce diversos gases, ácidos grasos de cadena corta y otros subproductos. Cuando las proteínas no digeribles alcanzan el intestino grueso, la degradación bacteriana produce las aminas, indoles y escatol. Además se produce sulfuro de hidrógeno a partir de los aminoácidos sulfurados de las proteínas no digeridas o mal digeridas. El sulfuro de hidrógeno, los indoles y los escatoles dan un fuerte olor a la materia fecal y el gas intestinal. Ciertos tipos de carbohidratos presentes en las legumbres, como la soya, son resistentes a la digestión por parte de las enzimas endógenas del intestino delgado. Estos carbohidratos alcanzan el colon y son metabolizados por bacterias, con la resultante producción de gas. El hidrógeno, el dióxido de carbono y el gas metano son producto de la digestión bacteriana de los carbohidratos. Un efecto similar ocurre con ciertos tipos de fibras. Mientras que las fibras no fermentables resisten la digestión en el intestino delgado y la fermentación en el intestino grueso, las fibras fermentables son usadas como fuente de energía por las bacterias intestinales para la producción de gases y ácidos grasos de cadena corta. El grado de

desarrollo de flatulencias y fuerte olor fecal en los perros, gatos y hurones que son alimentados con sustancias poco digeribles varía de acuerdo con la cantidad y el tipo de alimento administrado y la microbiota colónica de cada animal. Los hurones carecen de ciego y apéndice. El intestino grueso consiste en colon, recto y ano. (Evans, 1998).

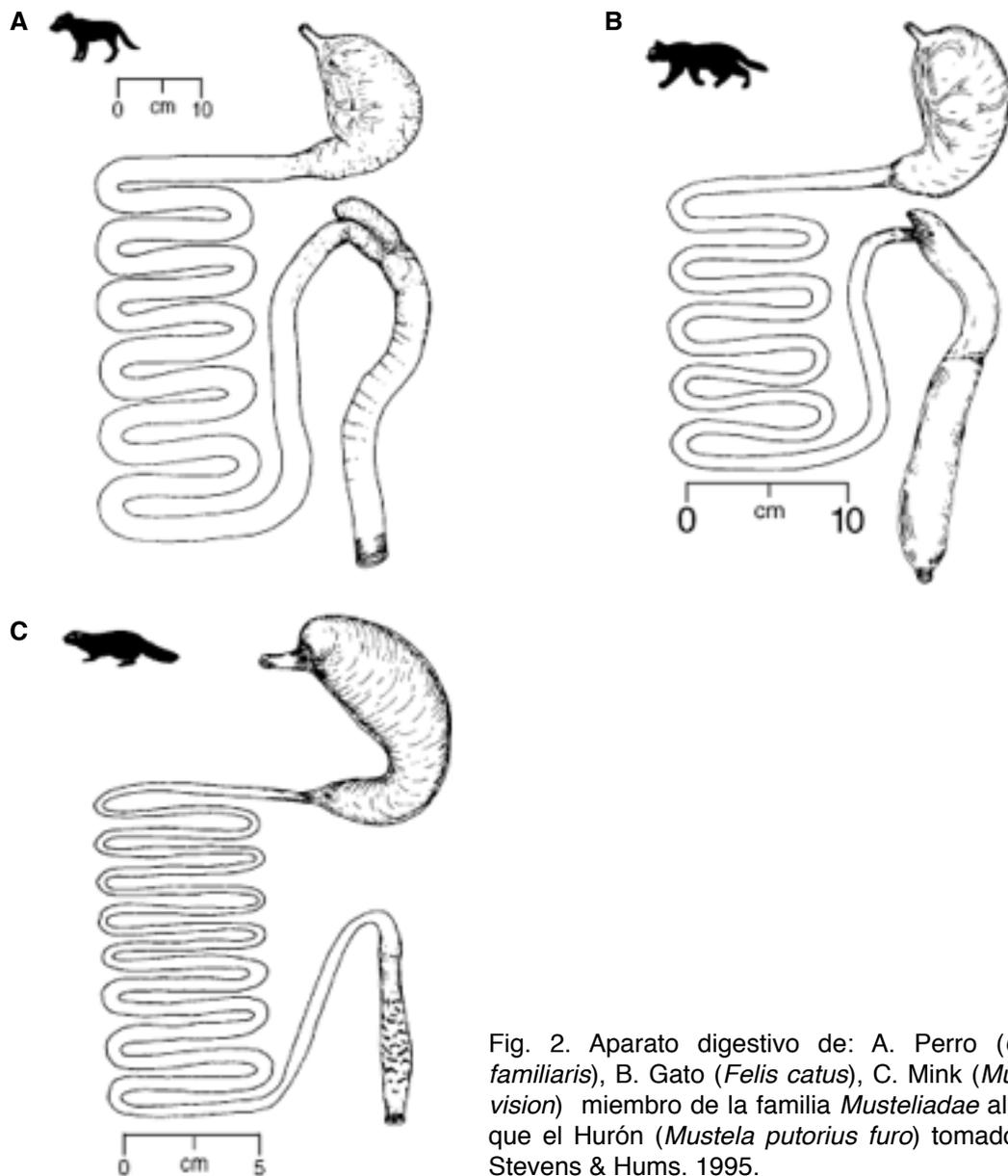


Fig. 2. Aparato digestivo de: A. Perro (*Canis familiaris*), B. Gato (*Felis catus*), C. Mink (*Mustela vison*) miembro de la familia *Musteliadae* al igual que el Hurón (*Mustela putorius furo*) tomados de Stevens & Hums. 1995. Se pueden observar las diferencias entre los ciegos de las especies

### **1.3. Nutrición del perro**

Los perros son carnívoros oportunistas debido a sus hábitos omnívoros por su anatomía única y características metabólicas distintas a las que presentaría un carnívoro estricto o verdadero. Como sus ancestros, los perros domésticos tienen la tendencia a comer vorazmente.

Diversos estudios han demostrado que los hábitos alimenticios de los lobos (*Canis lupus*), como el de los coyotes (*Canis latrans*) son muy similares al del perro doméstico. Ambos son predadores oportunistas, cazando y comiendo lo que está disponible según la temporada (Sheldon, 1992). Los coyotes comen carroña y cazan roedores y otros pequeños mamíferos, aves, reptiles u anfibios de temporada. Adicionalmente, ha sido informado el consumo de heces de presas herbívoras; los perros domésticos también llegan a presentar este comportamiento. Ungulados regionales tales como búfalos, venados, alces, antílopes o cebras son presas naturales para los lobos. Las vísceras son comúnmente consumidas por lo que la materia vegetal se encuentra normalmente en la dieta de los lobos. Tanto los coyotes como los lobos consumen comúnmente materia vegetal tal como frutas, vayas, hongos o melocotones. De igual forma, los perros domésticos se comportan como carnívoros oportunistas y han desarrollado características anatómicas y fisiológicas que les permiten aprovechar y usar gran variedad de dietas.

#### **1.3.1. Necesidades nutricionales energéticas del perro durante el crecimiento**

Más allá del tamaño o la raza, las necesidades nutricionales y energéticas de todos los perros durante el crecimiento exceden las de cualquier otro estadio de la vida, a excepción de las de lactancia. Durante el período de rápido crecimiento, las necesidades energéticas de los cachorros son aproximadamente el doble de las que corresponden a los perros adultos del mismo tamaño. Después de los 6 meses de edad, estas necesidades comienzan a declinar a medida que la velocidad de crecimiento disminuye.

Luego del destete, los cachorros en crecimiento requieren el doble de energía que los perros adultos del mismo peso.

Cuando los cachorros alcanzan alrededor del 40-50% de su peso adulto, este requerimiento disminuye a 1.6 veces el nivel de mantenimiento. Cuando se alcanza el 80% del peso adulto, las necesidades energéticas equivalen aproximadamente a 1.2 veces el nivel de mantenimiento (Case, 2011).

#### **1.4. Nutrición del gato**

Taxonómicamente, los gatos al igual que los perros son miembros del orden carnívora. Los gatos domésticos son estrictos o carnívoros verdaderos lo que quiere decir que el consumo proteico es muy elevado, pero en las dietas comerciales, la proteína puede no aportar la mayoría de la energía. La excreción de nitrógeno es muy alta y los gatos no son capaces de conservarlo, por lo que necesitan el consumo constante de energía de forma proteica.

Los gatos domésticos comparten muchos comportamientos con sus parientes silvestres, ellos no tiene patrones en el sueño, actividad, bebida y comida. Comen de entre 10 y 20 pequeñas porciones a lo largo de todo el día. Este patrón de alimentación probablemente refleja la relación evolutiva de los felinos. Con la excepción de los leones africanos, todos los felinos son cazadores solitarios. Pequeñas presas como ratones pueden hacer hasta el 40% o mas del consumo feral; el ratón promedio aporta aproximadamente 30 kcal de energía metabolizable. Esta cantidad va del 12 al 13% de la requerimiento de energía diaria de un gato feral (Armstrong, 2010).

#### **1.4.1. Necesidades nutricionales energéticas del gato durante el crecimiento**

Los gatos en crecimiento tienen necesidades energéticas significativamente más altas que las necesidades de mantenimiento de los adultos. Los requerimientos de energía y nutrientes de los gatitos en crecimiento son más altos por unidad de peso a las 5 semanas de edad, aproximadamente. Los gatitos jóvenes en rápido crecimiento necesitan alrededor de 200-250 kcal de EM/kg de peso. Este requerimiento disminuye a 130 kcal/kg a las 20 semanas y 100 kcal/kg a las 30 semanas (Case, 2011).

#### **1.5. Nutrición del hurón**

Los hurones son carnívoros estrictos destinados a comer presas enteras tales como pequeños mamíferos, aves, huevos, ranas, crustáceos, peces, lombrices e insectos. Tienen un aparato gastrointestinal con poca cantidad de flora por lo que no pueden usar los carbohidratos de forma eficiente o la fibra digerible (Bell, 1999). En vida libre, los hurones, sólo consumen carbohidratos que se encuentran en los estómagos de sus presas. Como muchos otros carnívoros estrictos, las crías de los hurones se improntan a la comida por su aroma a muy temprana edad y desarrollan preferencias muy fuertes cuando ya son mayores.

Los hurones deben de ser alimentados con una dieta alta en grasa animal, proteína alta y de buena calidad y un mínimo de carbohidratos y fibras. La presentación más común de alimento para hurón es el pellet en el alimento comercial; el cual, a pesar del avance en la formulación, la dieta todavía contiene cereales, los cuales son necesarios para que el pellet tenga su forma sólida. Una cantidad elevada de proteína de origen vegetal puede ocasionar urolitiasis (Bell, 1999). También, el exceso en carbohidratos puede afectar el páncreas y puede contribuir en la falla de las células beta. Desafortunadamente, a los hurones les agrada los alimentos dulces, y algunos alimentos comerciales, en especial los premios, basan sus

formulaciones en cantidad altas de azúcares. Estos alimentos son particularmente peligrosos para la salud de los hurones.

El alimento comercial ideal debe contener un 30 a 35% MS de proteína de alta calidad de origen animal, la grasa entre 15 y 20% MS para adultos; para crías debe contener 35% MS de proteína del mismo origen y 20% MS de grasa; y madres lactantes 20% MS de grasa y el doble de calorías que las no lactantes (Bell, 1999).

Debido al tránsito gastrointestinal tan corto, ayunar al hurón por más de 3 horas no es necesario para chequeos sanguíneos o para el vaciado gástrico para procedimientos quirúrgicos.

#### **1.5.1. Necesidades nutricionales energéticas del hurón durante el crecimiento**

Los hurones en crecimiento tienen necesidades energéticas mucho mayores que las necesidades de mantenimiento de los hurones adultos. Los hurones jóvenes en rápido crecimiento necesitan alrededor de 300 kcal de EM/kg de peso, comparativamente con el requerimiento en los adultos que puede bajar hasta 200 kcal. La gran mayoría de los alimentos comerciales para hurones, anuncia en la etiqueta hasta el doble de cantidad ofrecida para hurones en crecimiento comparada con la de adultos en mantenimiento, en la cual podría repercutir en problemas de obesidad.

## **1.6. Compuestos nitrogenados**

### **1.6.1. Creatinina**

La creatinina es un compuesto orgánico generado a partir de la degradación de la creatina. Es un producto de desecho del metabolismo normal de los músculos que usualmente es producida por el cuerpo en una tasa muy constante, la cual depende de la masa muscular, y normalmente filtrada por los riñones y excretada en la orina. Si la creatinina muscular desciende puede indicar pérdida muscular o alguna enfermedad que afecte a los músculos, pero cuando se encuentra elevada la medición en sangre, puede indicar desgaste muscular o incluso rhabdomiolisis (Gregory, 2003).

La creatinina se filtra libremente por los glomérulos, no habiendo una reabsorción tubular. Una pequeña cantidad es secretada por los túbulos proximales. La medición de la creatinina es la manera más simple de monitorear la correcta función de los riñones. La creatinina sérica es más precisa para la medición de la tasa de filtración glomerular que la medición de BUN por sus siglas en inglés (Blood Urea Nitrogen) debido a la falta de reabsorción tubular y la mínima secreción tubular (Gregory, 2003).

La creatinina no se afecta directamente por la dieta, pero si por la masa muscular. En cuanto a la excreción gastrointestinal, la creatinina se degrada por bacterias colónicas (Gregory, 2003) por lo que se vería un aumento a nivel fecal.

### **1.6.2. Urea**

Es el principal producto terminal del metabolismo de las proteínas en los mamíferos y su excreción es directamente proporcional al consumo alimentario. La urea se sintetiza gracias al ciclo de ésta que se lleva a cabo en el hígado por el amoniaco como precursor. La urea no se encuentra en las heces de manera cotidiana debido a la utilización de ésta por las bacterias ureasas positivas para la formación de amoniaco (Gregory, 2003). La excreción es principalmente renal y se puede incrementar en sangre debido a una baja en la filtración glomerular (Gregory, 2003).

Dietas proteicas incrementan la urea sérica en animales sanos, pero se puede incrementar exponencialmente en animales que aún no están diagnosticados con insuficiencia renal, mientras que la creatinina no se ve incrementada a menos que la insuficiencia renal esté presente (Gregory, 2003).

Algunas causas por las que la urea sérica puede disminuir es por insuficiencia hepática, dietas bajas en proteína, y la administración de esteroides; pero también debido a reducción en el catabolismo proteico dando consecuencia a la habilidad de la síntesis de la urea (Gregory, 2003).

### **1.6.3. Amoniaco**

El amoniaco es producido por el tracto gastrointestinal por la microflora entérica y es transportado al hígado por la circulación portal. La mayoría del amoniaco es convertido a urea en el hígado. Esta urea pasa a la circulación y es excretada por la orina. Cuando los animales presentan puentes portosistemicos la urea pasa del hígado a la circulación resultando una hiperamonemia (Gregory, 2003).

El amoniaco es producido en el tubo gastrointestinal por el rompimiento de aminoácidos y urea por la microflora gastrointestinal. En los mamíferos, el amoniaco es convertido a urea por el ciclo de ésta llevado a cabo en el hígado (Gregory, 2003).

## **II. Justificación**

De manera comercial existen infinidad de alimentos procesados para perros, gatos y hurones cuyas fórmulas tienen ingredientes prebióticos incluso algunos usan fructooligosacáridos o específicamente inulina. Con la complementación de la inulina en las dietas habituales se quiere evaluar si este producto puede funcionar como trampa de nitrógeno.

## **III. Hipótesis**

La complementación nutricional con inulina en las dietas habituales de carnívoros domésticos (perro, gato y hurón) reducirá las concentraciones séricas de productos nitrogenados.

## **IV. Objetivos**

### **4.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la complementación nutricional con inulina en carnívoros domésticos (perro, gato y hurón) sobre la disminución de productos nitrogenados séricos.

### **4.2. Objetivos específicos**

Evaluar la disminución de los niveles de urea, creatinina y amoniaco en perros, hurones y gatos en crecimiento.

## V. Material

### 5.1. Perros

Seis perros (*Canis familiaris*) (3 machos: 3 hembras) de ocho meses de edad de las razas schnauzer y dachshund (Figura 3), alojados en 6 jaulas plegables individuales de acero pintado con pintura negra no tóxica con doble puerta con cerrojo individual y charola contenedora de heces/orina con medidas en centímetros de 74x50x58 (LxAxH); seis comederos redondos de acero inoxidable grandes (20 cm de diámetro); seis bebederos de acero inoxidable grandes y seis juguetes de hilo. Alimento superpremium para perro en crecimiento (análisis garantizado en porcentaje en base húmeda (BH) : Proteína Cruda (PC) (mín) 29.5%, Grasa Cruda (GC) (mín) 18.5%, Fibra Cruda (FC) (máx) 3.6% Húmedad (H) (máx) 10% Energía Metabolizable (EM) 391.2 kcal/100g calculada según NRC85) e inulina de agave pura (Figura 4).



Fig.3. Seis perros (*Canis familiaris*). Dos dachshund, cuatro schnauzers



Fig.4. Inulina de agave pura

## 5.2. Gatos

Seis gatos (*Felis catus*) (2 machos: 4 hembras) de seis meses de edad (Figura 5) alojados en seis jaulas plegables individuales de acero pintado con pintura negra no tóxica con puerta con cerrojo individual y charola contenedora de heces/orina con medidas en centímetros de 37x50x58 (LxAxH); un arenero grande (62x32x15); seis comederos redondos de acero inoxidable chicos; seis bebederos de acero inoxidable chicos (10 cm de diámetro); un bebedero sin fin grande; seis juguetes de hilo y seis pelotas. Alimento superpremium para gato en crecimiento (análisis garantizado en porcentaje en base húmeda (BH): PC (mín) 33.0%, GC (mín) 19.0%, FC (máx) 3.8% H (máx) 8% EM 492.15 kcal/100g calculada según NRC86) e inulina de agave pura (Figura 6).



Fig.5. Dos de los seis gatos (*Felis catus*)



Fig.6. Inulina de agave pura

### 5.3. Hurones

Seis hurones (*Mustela putorius furo*) (4 machos : 2 hembras) de seis meses de edad (Figura 7) en alojados en seis jaulas individuales de acero pintado con pintura blanca no tóxica con puerta de seguridad y bandeja de plástico azul no tóxica con medidas en centímetros de 62x32x37 (LxAxH); sustrato de arena para gato; seis comederos redondos de acero inoxidable chicos (10 cm de diámetro); seis bebederos externos de plástico no tóxico con balín; seis hamacas; seis pelotas y seis juguetes. Alimento superpremium para hurón en crecimiento (análisis garantizado en porcentaje en base húmeda (BH): PC (mín) 38.0%, GC (mín) 20.5%, FC (máx) 4% H (máx) 12% EM 411 kcal/100g reverenciado según NRC 85 para perros y NRC 86 para gatos) e inulina de agave pura (Figura 8).



Fig.7. Hurón (*Mustela putorius furo*)



Fig.8. Inulina de agave pura

### 5.4. Análisis de datos

El diseño experimental corresponde a un diseño de un sólo factor comparado con una sola observación a través del tiempo para las medias poblacionales de los perros, gatos y hurones de creatinina, urea y amoniaco midiendo su diferencia contra el valor basal. Se realizó un análisis de “t” pareada fijando un nivel alfa de significancia 0.05; usando el programa estadístico SSPS Version 16.0.

## **VI. Métodos**

### **6.1. Manejo de los perros**

Los perros estaban ubicados en un espacio cerrado de aproximadamente 6 x 12 m con acceso a sol y sombra, aislados del clima extremo donde permanecieron más de 90 días. Se mantuvieron en jaulas individuales para ser alimentados por separado con periodos de juego y convivencia entre ellos de aproximadamente 1.5 hrs / día por la tarde. Tuvieron un periodo de adaptación previo a su espacio, al alimento y a las condiciones de trabajo de dos semanas. A partir del día 0 se les ofreció por vía oral la inulina al 1% (Figura 9) calculada con respecto a la cantidad de alimento ofrecida (Cuadro 6); se les tomo muestra sanguínea de las venas cefálicas con jeringas de 3 ml con agujas 23G estériles (Figura 10) para poder obtener la sangre que posteriormente se vació a tubos microtainers sin anticoagulante (rojos) donde se etiquetaban para distinguir entre individuos. Las muestras se analizaban inmediatamente ya que el amoniaco es volátil (Gregory, 2003).

Posteriormente las muestras se procesaron en una microcentrífuga a una velocidad de 1,500 rpm durante 5 minutos para separar suero de sangre. Una vez obtenido el suero se analizaba en el aparato de bioquímica Idexx VetTest 8008 para la determinación de creatinina, urea y amoniaco séricos (Figura 11). El procedimiento antes mencionado se repitió del mismo modo a los días 30, 60 y 90.

**Cuadro 6. Ejemplo del cálculo de inulina respecto a la cantidad de alimento ofrecido de acuerdo al peso a través del tiempo de uno de los perros en crecimiento**

Peso (Kg)	Kcal/día (130(PV) <sup>0.75</sup> )1.2	Gramos/día Alimento superpremium cachorros 391.2 Kcal/100 g	Gramos/día Inulina al 1%
7.14	681.39	174	1.74
7.00	671.35	172	1.72
7.20	685.68	175	1.75
8.20	755.94	193	1.93
8.95	807.22	206	2.06



Fig.9. Perro comiendo su dieta habitual complementada con inulina

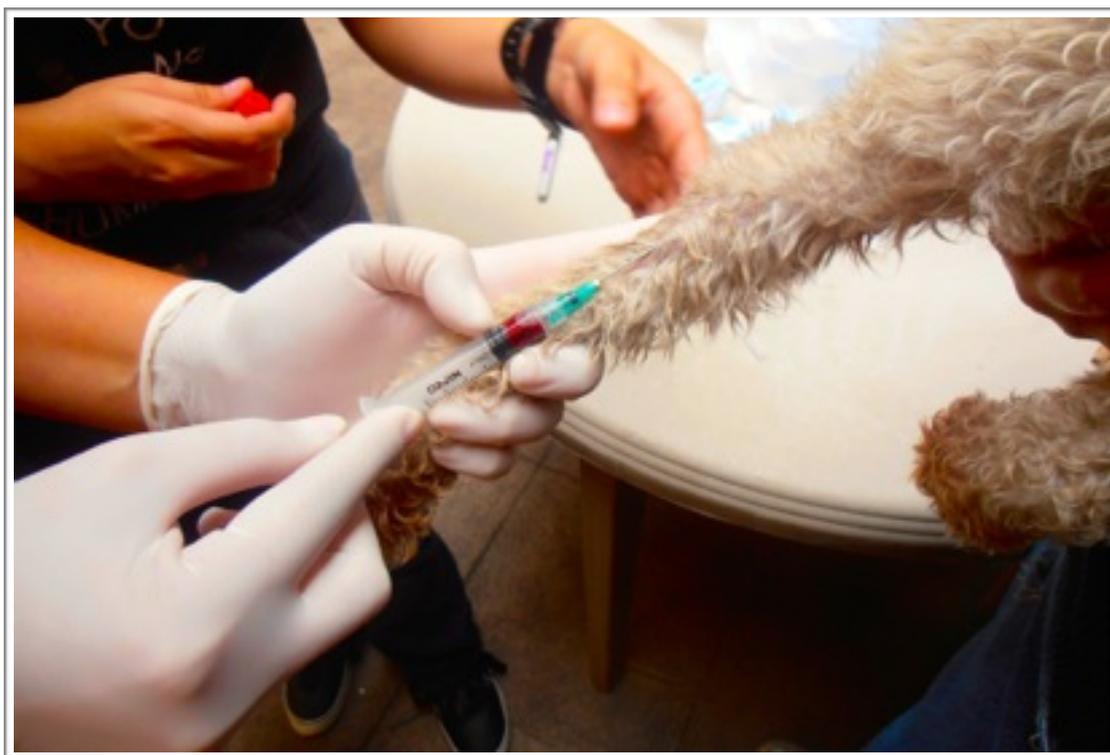


Fig.10. Toma de sangre a través de la vena cefálica derecha de un perro

Fig.11. A Microtainer sin anticoagulante (rojo), B Microcentrífuga "Ilexx StatSpin VT", C Aparato de bioquímica "Ilexx VetTest 8008" y D Placas de creatinina, urea y amoniaco



## 6.2. Manejo de los gatos

Los gatos fueron ubicados en un cuarto de 3 x 3 m<sup>2</sup> con acceso al sol y sombra, aislados del clima extremo donde permanecieron más de 60 días. Se alimentaban por separado con periodos de juego y convivencia entre ellos de aproximadamente 1.5 hrs / día por la tarde. Tuvieron un periodo de adaptación previo a su espacio, al alimento y a las condiciones de trabajo de 2 semanas. A partir del día 0 se les ofreció por vía oral la inulina al 1% (Figura 12) calculada con respecto al la cantidad de alimento ofrecida (Cuadro 7); se les tomo muestra sanguínea de las venas cefálicas con jeringas de 3 ml con agujas 23G estériles (Figura 13) para poder obtener la sangre que posteriormente se vació a tubos microtainers sin anticoagulante (rojos) donde se etiquetaban para distinguir entre individuos. Las muestras se analizaban inmediatamente ya que el amoniaco es volátil (Gregory, 2003).

Posteriormente se procesaron en una microcentrífuga a una velocidad de 1,500 rpm durante 5 minutos para separar suero de sangre completa. Una vez obtenido el suero se analizaba en el aparato de bioquímica Idexx VetTest 8008 para la determinación de creatinina, urea y amoniaco séricos (Figura 14). El procedimiento antes mencionado se repitió del mismo modo a los días 30, 60 y 90.

<b>Cuadro 7. Ejemplo del cálculo de inulina respecto a la cantidad de alimento ofrecido de acuerdo al peso a través del tiempo de uno de los gatos en crecimiento</b>			
<b>Peso (Kg)</b>	<b>Kcal/día 100 (PV)</b>	<b>Gramos/día Alimento superpremium gatitos 492.15 Kcal/100 g</b>	<b>Gramos/día Inulina al 1%</b>
1.75	175	36	0.36
1.96	196	40	0.40
2.04	204	41	0.41
2.16	216	44	0.44
2.30	230	47	0.47

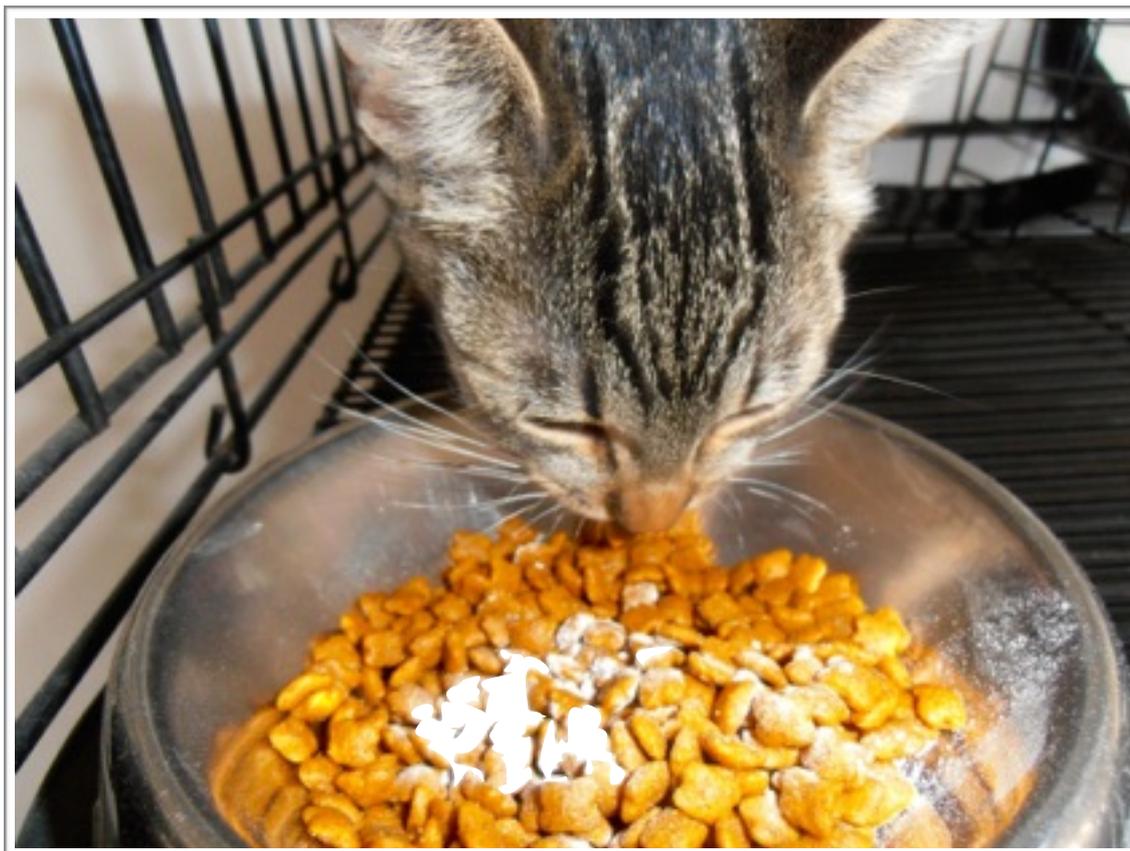
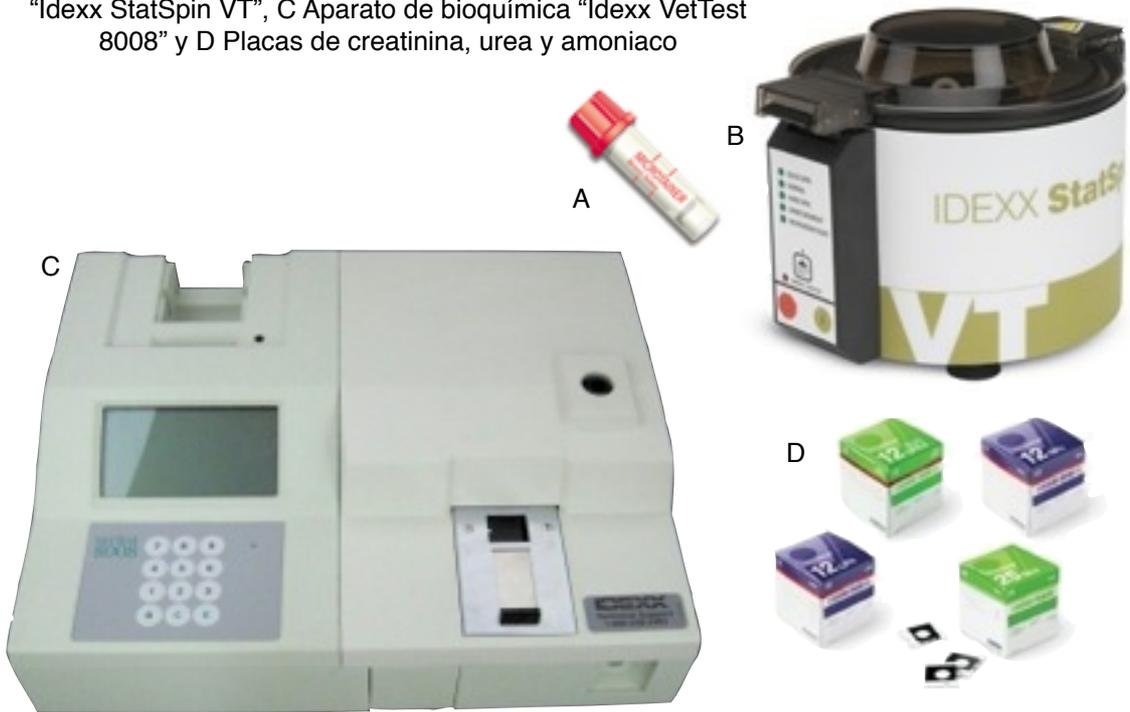


Fig. 12. Gato comiendo su dieta habitual complementada con inulina



Fig. 13. Toma de sangre a través de la vena cefálica derecha de un gato

Fig.14. A Microtainer sin anticoagulante (rojo), B Microcentrífuga "Ibexx StatSpin VT", C Aparato de bioquímica "Ibexx VetTest 8008" y D Placas de creatinina, urea y amoniaco



### 6.3. Manejo de los hurones

Los hurones fueron ubicados en sus jaulas individuales con acceso al sol y sombra, aislados del clima extremo donde permanecieron más de 60 días. Se alimentaban por separado con periodos de juego y convivencia entre ellos de aproximadamente 1.5 hrs / día por la tarde. Tuvieron un periodo de adaptación previo a su espacio, al alimento y a las condiciones de trabajo de 2 semanas. A partir del día 0 se les ofreció por vía oral la inulina al 1% (Figura 15) calculada con respecto al la cantidad de alimento ofrecida (Cuadro 8); se les tomo muestra sanguínea de las venas cefálicas con jeringas de 3 ml con agujas 23G estériles (Figura 16) para poder obtener la sangre que posteriormente se vació a tubos microtainers sin anticoagulante (rojos) donde se etiquetaban para distinguir entre individuos. Las muestras se analizaban inmediatamente ya que el amoniaco es volátil (Gregory, 2003).

Posteriormente se procesaron en una microcentrífuga a una velocidad de 1,500 rpm durante 5 minutos para separar suero de sangre completa. Una vez obtenido el suero se analizaba en el aparato de bioquímica Idexx VetTest 8008 para la determinación de creatinina, urea y amoniaco séricos (Figura 17). El procedimiento antes mencionado se repitió del mismo modo a los días 30, 60 y 90.

<b>Cuadro 8. Ejemplo del cálculo de inulina respecto a la cantidad de alimento ofrecido de acuerdo al peso a través del tiempo de uno de los hurones en crecimiento</b>			
<b>Peso (Kg)</b>	<b>Kcal/día 300 (PV)</b>	<b>Gramos/día Alimento superpremium hurones 411 Kcal/100 g</b>	<b>Gramos/día Inulina al 1%</b>
0.60	180	44	0.44
0.61	183	45	0.45
0.80	240	58	0.58
0.89	267	65	0.65
0.92	276	67	0.67

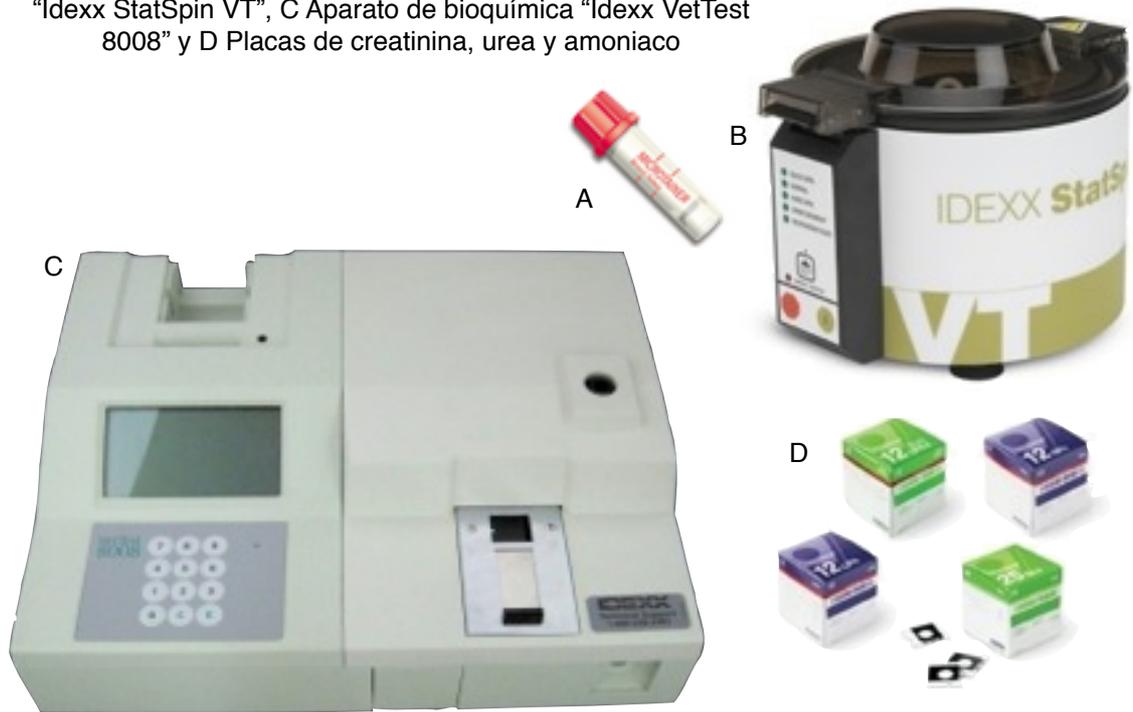


Fig. 15. Hurón comiendo su dieta habitual complementada con inulina



Fig. 16. Toma de sangre a través de la vena cefálica izquierda de un hurón

Fig.17. A Microtainer sin anticoagulante (rojo), B Microcentrífuga "Iddex StatSpin VT", C Aparato de bioquímica "Iddex VetTest 8008" y D Placas de creatinina, urea y amoniaco



## VII. Resultados y Discusión

### 7.1. Perros

#### 7.1.1. Creatinina

En los perros se pudo observar una diferencia significativa en los niveles promedio de creatinina entre el día basal y el día 90 ( $P= 0.045$ ); mostrando un incremento al día 90 (Figura 22). Este resultado se incrementó debido a que el analito se ve alterado en relación a la masa muscular como lo menciona Trobridge *et al;* (1983) en un estudio realizado en niños, que la creatinina está directamente relacionada con la fosfocreatina muscular. También le hace mención Van Deursen *et al;* (1993) en el estudio realizado en ratones donde ve la relación entre la creatinin kinasa con la masa muscular. Los perros involucrados en el estudio estaban en crecimiento por lo que se puede suponer que las concentraciones de creatinina aumentaron paralelamente junto con su crecimiento y los cuales consumieron la misma cantidad de alimento correspondiente a su peso.

Cabe recalcar que las medias poblacionales de los animales se mantuvieron en los rangos de referencia para perros (*Canis familiaris*), con valores entre 0.5 y 1.8 mg/dl (Latimer, 2003), las medias poblaciones estuvieron entre 0.51 y 0.88.

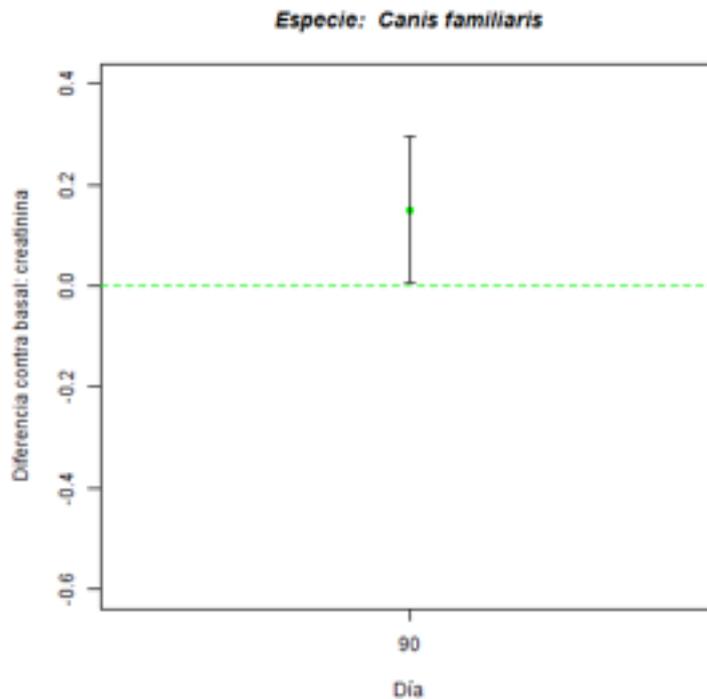


Fig. 18. Diferencia contra basal en creatinina en perros

### 7.1.2. Urea

La urea no muestra una significancia estadística respecto a la basal contra el día 90 ( $P= 0.304$ ) como lo muestra la Figura 23. De acuerdo con Moran, (1999) la urea sólo se puede eliminar en forma de amoníaco por vía renal. Por lo que aunque exista una buena cantidad de bacterias benéficas en el colon, éstas no la pueden aprovechar como tal ya que no es de fácil difusión como su producto final. Esto pudo haber sido la causa del porque no hubo significancia estadística en el estudio.

Cabe recalcar que las medias poblacionales de los animales se mantuvieron en los rangos de referencia para perros (*Canis familiaris*), con valores entre 7 y 27 mg/dl (Latimer, 2003), las medias poblaciones estuvieron entre 16.40 y 18.60.

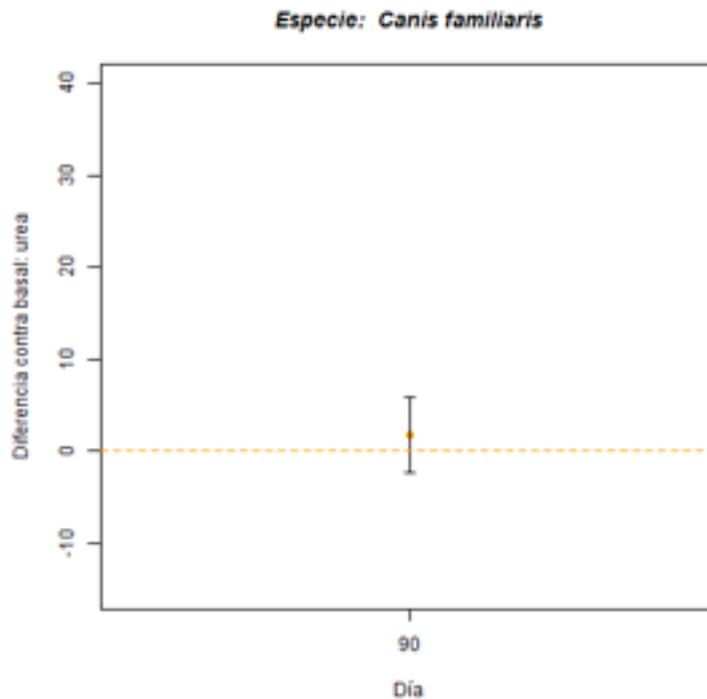


Fig. 19. Diferencia contra basal en urea en perros

### 7.1.3. Amoniaco

El amoniaco presenta una diferencia estadística entre la basal y el día 90 ( $P=0.015$ ) mostrando un descenso al día 90 (Figura 24). Samanta (2013) informa que al dar una complementación en perros con prebióticos en un periodo de 50 días promueve el crecimiento de bacterias acidófilas a nivel colónico como es el caso de los géneros *Lactobacillus spp* y *Bifidobacterium spp*. Jenkins *et al*; (1999) menciona también que el efecto se asocia a que las bacterias son capaces de aprovechar el complemento como sustrato para su adecuado crecimiento, confiriéndoles la capacidad de aprovechar compuestos nitrogenados de fácil difusión como el amoniaco. Dicho efecto puede explicar la reducción del amoniaco en el presente estudio, siendo la inulina una fuente fermentable para las bacterias colónicas, que posteriormente emplearon el amoniaco como fuente de nitrógeno para la producción de proteína microbiana.

Cabe recalcar que las medias poblacionales de los animales se mantuvieron en los rangos de referencia para perros (*Canis familiaris*), con valores entre 0 y 98 mmol/l (Latimer, 2003), las medias poblaciones estuvieron entre 32.97 y 58.69.

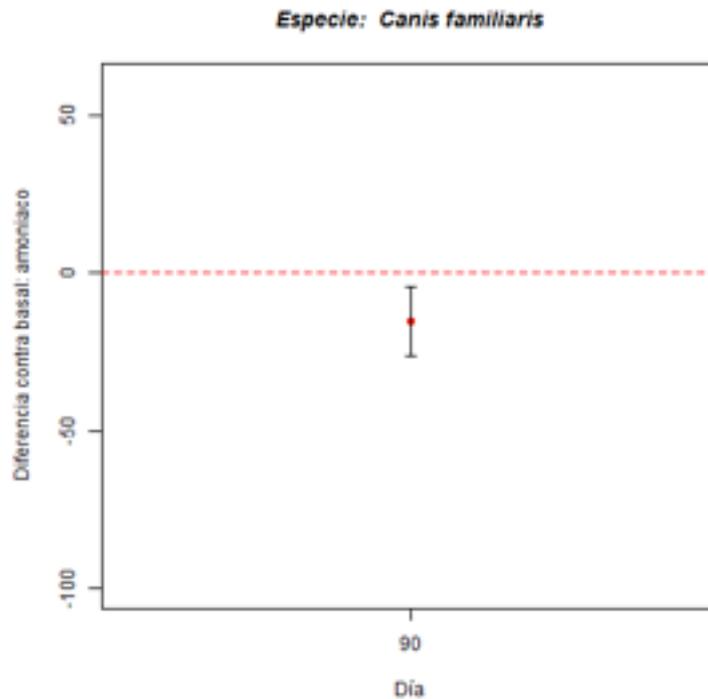


Fig. 20. Diferencia contra basal en amoníaco en perros

## 7.2. Gatos

### 7.2.1. Creatinina

A pesar de presentar valor estadístico ( $P= 0.003$ ) comparando la toma basal contra el día 90 (Figura 25), al igual que en perros el analito se ve alterado en relación a la masa muscular como lo menciona Trobridge *et al;* (1983) y Van Deursen *et al;* (1993) en el estudio antes mencionado. Al igual que los perros, los gatos involucrados en el estudio estaban en crecimiento por lo que se presupone que las concentraciones de creatinina aumentaron paralelamente junto con su crecimiento. La tasa de recambio muscular en los gatos en crecimiento es acelerada por lo que también puede explicar la elevación de la creatinina sérica.

Cabe recalcar que las medias poblacionales de los gatos se mantuvieron en los rangos de referencia para gatos (*Felis catus*), con valores entre 0.6 y 1.6 mg/dl (Latimer, 2003), las medias poblaciones estuvieron entre 0.80 y 1.06.

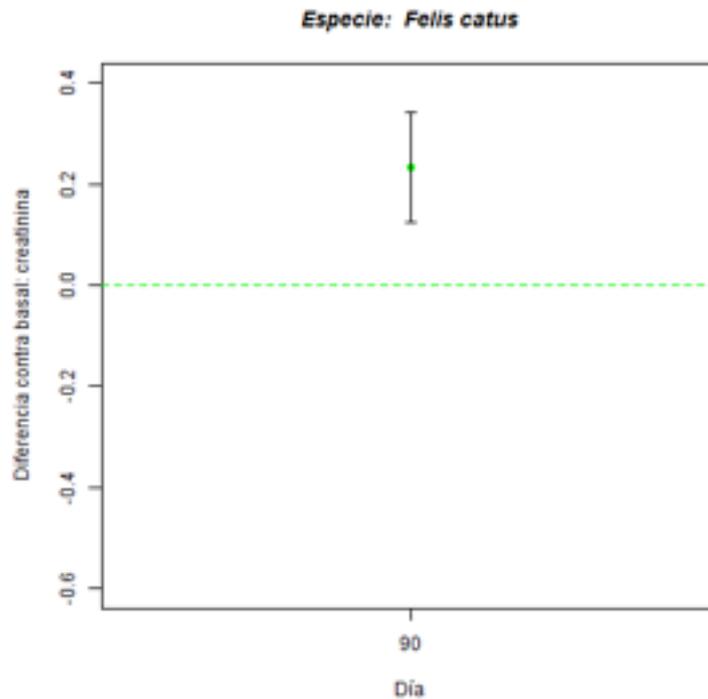


Fig. 21. Diferencia contra basal en creatinina en gatos

### 7.2.2. Urea

En la urea si hubo un cambio estadísticamente significativo ( $P= 0.001$ ) tras la complementación de inulina al 1%. Hesta (2001) hace mención de una fermentación a nivel colónica en gatos complementados con inulina y oligofruktosa, por lo que se podría aplicar el concepto de trampa de nitrógeno, pero el resultado obtenido en el estudio a lo largo de 90 días muestra un incremento final con respecto a la basal (Figura 26). Debido a que se habla de esta fermentación, las bacterias incrementaron la utilización de residuos de la digestión de las proteínas proveniente del alto contenido proteico del alimento,

y los gatos al ser eficientes en el aprovechamiento de las proteínas y la eliminación del amoniacos los niveles plasmáticos de urea se elevan.

También, debido a que la urea es sintetizada a partir del amoniacos es posible pensar que existió un incremento transitorio en la concentración sérica del amoniacos que fue compensado por un incremento sanguíneo.

Posiblemente al incorporar el prebiótico a la dieta se estimuló el crecimiento de bacterias ureasas positivas provocando un aumento en los niveles de amoniacos a partir de la degradación de una parte del alimento.

El alimento ofrecido promete una digestibilidad del 95% de la proteína, sin embargo el 5% restante de alimento pudo haber llegado a tracto inferior como eliminación normal, pudiendo volverse un sustrato disponible para bacterias cecales que dentro de su metabolismo generan amoniacos que al pasar a sangre se elimina de forma compensatoria como urea.

Cabe recalcar que las medias poblacionales de los animales se mantuvieron en los rangos de referencia para gatos (*Felis catus*), con valores entre 16 y 33 mg/dl (Latimer, 2003), las medias poblaciones estuvieron entre 17.40 y 22.94.

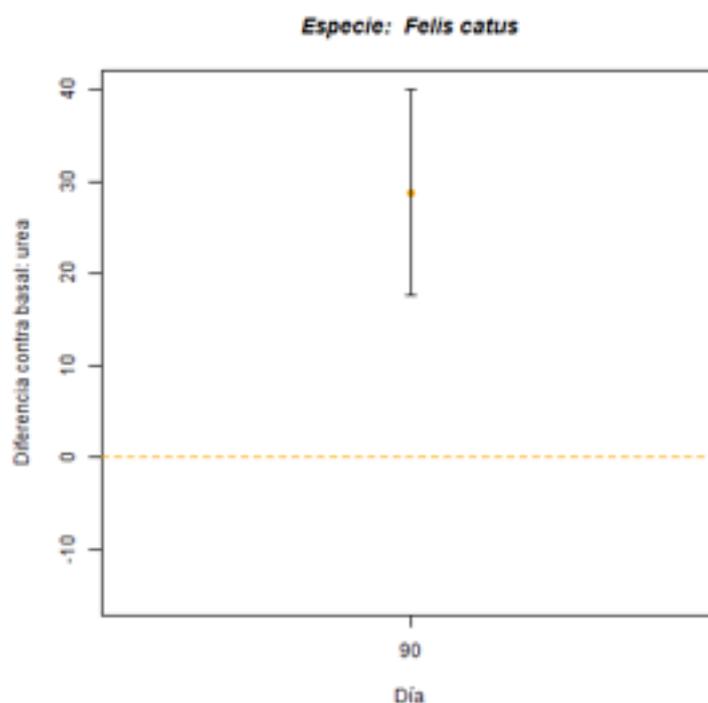


Fig. 22. Diferencia contra basal en urea en gatos

### 7.2.3. Amoniaco

En los gatos estudiados no se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la concentración sérica de amoniaco comparando el resultado final con respecto a la toma basal ( $P= 0.905$ ) como se muestra en la Figura 27. Verbrugghe, (2010), informa fermentación colónica en gatos complementados con oligosacáridos e inulina pero sin que el nitrógeno sérico disminuya a lo largo del estudio, lo que es similar a los resultados obtenidos en el presente estudio. Los gatos son más eficientes en la utilización del amoniaco, pero al consumir siempre su misma ración correspondiente al peso los niveles se mantuvieron sin cambios.

Cabe recalcar que las medias poblacionales de los animales se mantuvieron en los rangos de referencia para gatos (*Felis catus*), con valores entre 0 y 95 mmol/l (Latimer, 2003), las medias poblaciones estuvieron entre 23.57 y 77.09.

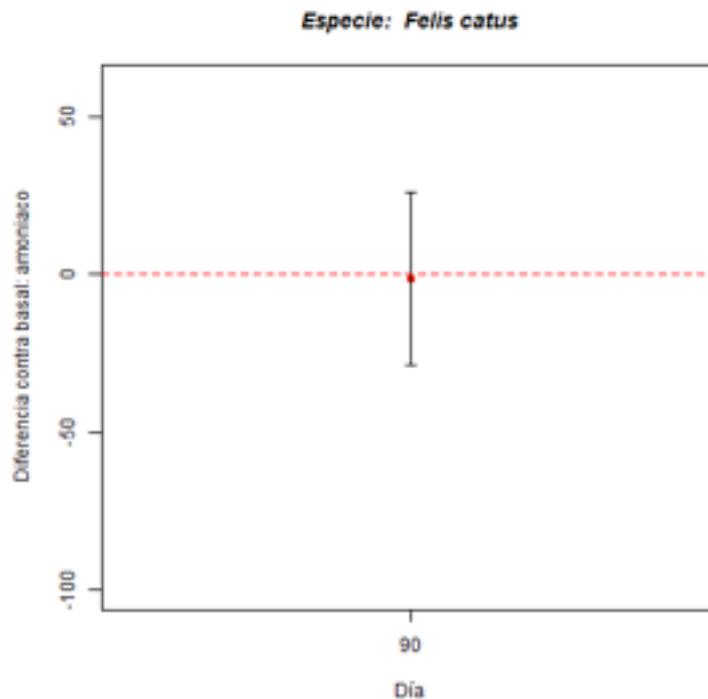


Fig. 23. Diferencia contra basal en amoniaco en gatos

### **7.3. Hurones**

#### **7.3.1. Creatinina**

#### **7.3.2. Urea**

#### **7.3.3. Amoniaco**

La inulina y los oligosacaridos tienen la capacidad de llegar intactos al ciego después de ser consumidos para su fermentación por bacterias benéficas para el organismo como lo mencionan Samanta, (2013), Rosi *et al*; (2010) y Jenkins *et al*; (1999), en sus estudios referentes a fermentación de fibras.

Los hurones al ser carnívoros estrictos tienen una anatomía digestiva simple, conformada por un tubo digestivo ausente de cámaras fermentativas haciéndolos incapaces de fermentar los carbohidratos, por lo que la adición de la inulina, no importando la dosis, no hará posible el trabajo de trampa de nitrógeno, reduciendo los productos nitrogenados séricos.

En las figuras 28, 29 y 30 se puede apreciar que la complementación con inulina al 1% no es de relevancia estadística. Siendo en creatinina (P= 0.203) (Figura 34), en urea (P= 0.890) (Figura 35) y en amoniaco (P= 0.553) (Figura 36).

Cabe recalcar que las medias poblacionales de los animales se mantuvieron en los rangos de referencia para hurones (*Mustela putorius furo*).

En creatinina, con valores de referencia entre 0.2 y 0.7 mg/dl (Latimer, 2003), las medias poblaciones estuvieron entre 0.27 y 0.66.

En urea, con valores de referencia entre 16 y 43 mg/dl (Latimer, 2003), las medias poblaciones estuvieron entre 18.90 y 29.10.

En amoniaco, no hay con valores de referencia reportados, las medias poblaciones estuvieron entre 33.10 y 92.57.

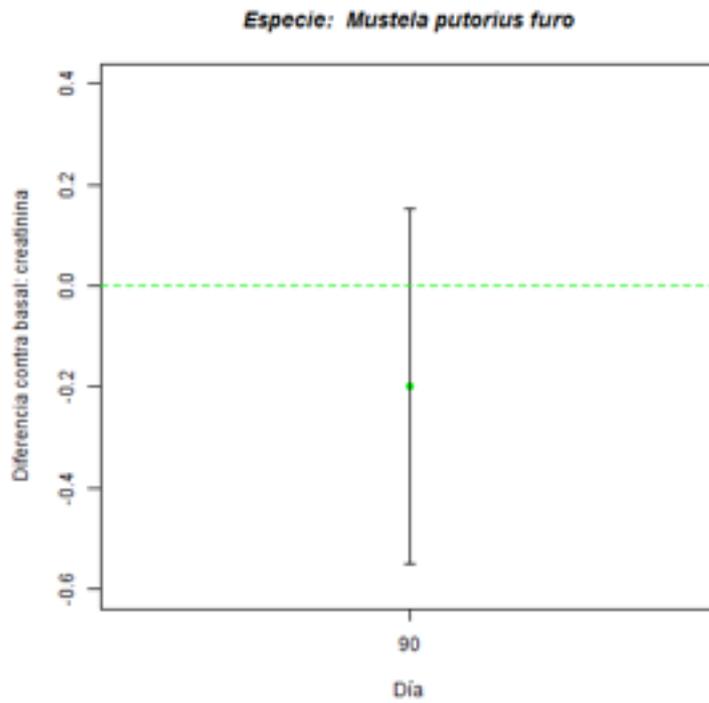


Fig. 24. Diferencia contra basal en creatinina en hurones

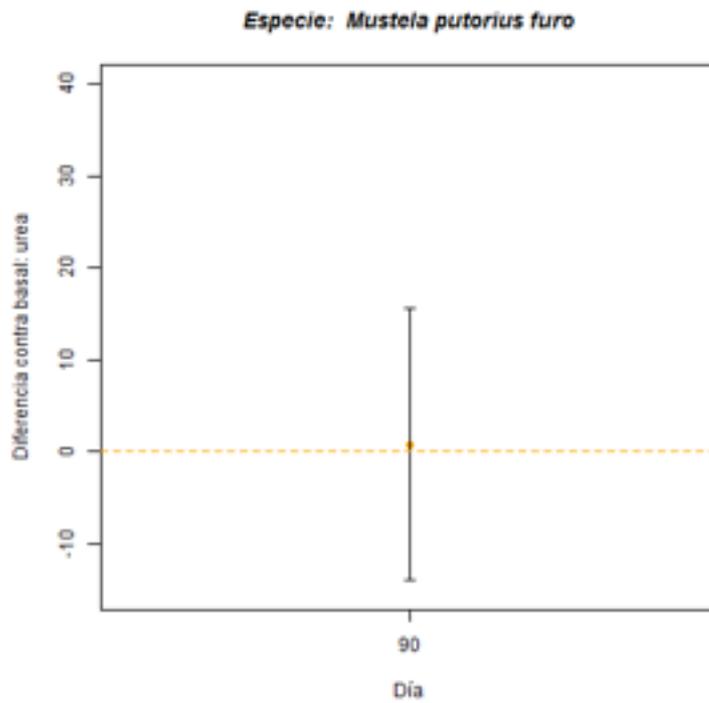


Fig. 25. Diferencia contra basal en urea en hurones

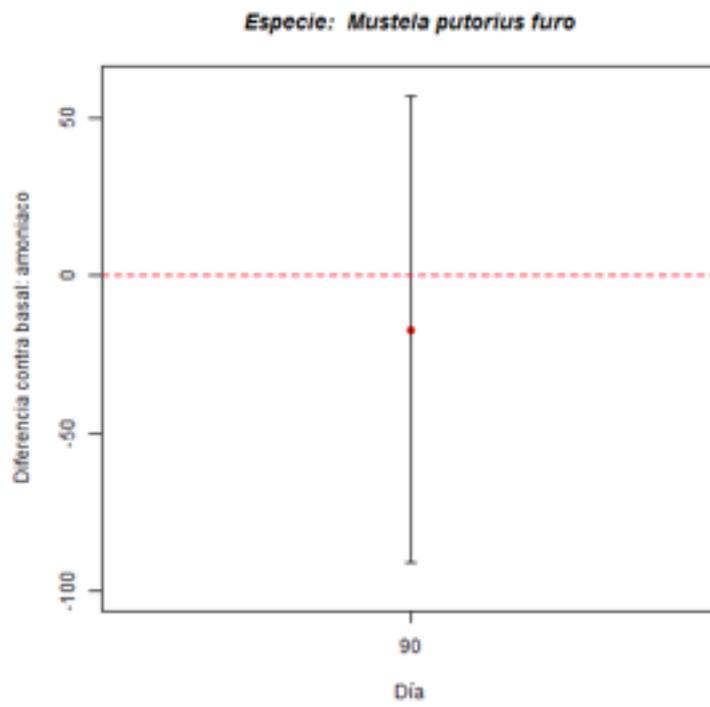


Fig. 26. Diferencia contra basal en amoniaco en hurones

## **VIII. Conclusiones**

Se concluye que la complementación con 1% de inulina en las dietas de los perros (*Canis familiaris*) es estadísticamente significativa en los niveles de amoniaco al disminuir éste a través del tiempo, mientras que en los gatos (*Felis catus*) son estadísticamente significativos los niveles de creatinina y amoniaco pero sin disminuirlos. En los hurones (*Mustela putorius furo*) no disminuye ninguno de los analitos nitrogenados séricos estudiados.

Aunado a los resultados obtenidos, la complementación con inulina al 1% no afecta directamente los valores normales de referencia informados para las especies estudiadas.

## IX. Referencias

- Ambrust LJ, Hoskinson JJ, Lora-Michiels M, Milliken GA. “Gastric emptying in cats using foods varying in fiber content and kibble shapes”. *Vet Radiol Ultrasound* 44: 339-343, 2003.
- Aragon L, Alarcón J, Cardarelli H, Chiu M, Isay S. Potentially probiotic and symbiotic chocolate mousse. *Food Sci Technol*. 2007; 40: 669-675.
- Armstrong, Jane “Introduction to Feeding Normal Cats” in “Hand, Michael *et al.* “Small Animal Clinical Nutrition” Mark Morris Institute. 5th edition. Topeka, Kansas, USA. 2010.
- Aswell M. Conceptos sobre Alimentos Funcionales. Edición en Español. Washington, USA: International Life Science Institute Press; 2004. 48 pp.
- Bell JA. Ferret Nutrition. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*. 1999; 2: 169-192.
- Bergman EN. “Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species”. *Physiol Rev* 70: 567-590, 1990.
- Biedrzycka E. Bielecka M. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. *Trends Food Sci Technol*. 2004; 15: 170-175.
- Bleavins MR, Aulerich RJ. Feed consumption and food passage time in mink (*Mustela vison*) and European ferrets (*Mustela putorius furo*). *Lab Anim Sci*. 1981; 31: 268-269.
- Bradshaw JWS. “The evolutionary basis for the feeding behavior of domestic dogs (*Canis familiaris*) and cats (*Felis catus*). *J Nutr* 136: 1927S-1931S, 2006.
- Brennam C, Kuri V, Tudorica C. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chem* 2004; 86: 189-193.
- Buddington RK, Buddington KK, Sunvold GD. “The use of fermentable fibers to manage the gastrointestinal tract”. In Reinhart GA, Carey DP. “Recent advances in canine and feline nutritional research, lams nutrition symposium proceedings, vol 3, Wilmington Ohio 2000, Orange Frazer Press, pp 169-179.

- Camire M, Cho S, Craig S, Devrie J, Gordon D, Jones J, Li B, Lineback D, Prosky L, Tunglund B. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 2001; 46: 112-126.
- Carriere F, Laugier R, Barrowman JA. "Gastric and pancreatic lipase levels during a test meal in dogs". *Scand J Gastroenterol* 28: 443-454, 1993.
- Case, Linda. "Man and Wolf: The Process of Domestication" in Case, Linda. "The Dog. It's Behavior, Nutrition & Health". Iowa State University Press. Iowa, USA. 1999.
- Case, Linda "Growth" in Case, Linda *et al* "Canine and Feline Nutrition, A Resource for Companion Animal Professionals". Elsevier Mosby, 3th Edition. USA. 2011.
- Church. Ferret-polecat domestication: genetic, taxonomic and phylogenetic relationships. In: Lewington JH, ed *Ferret husbandry, medicine and surgery*. Philadelphia: WB Saunders; 2008: 122-150.
- Delzenne N, Williams C. Prebiotics and lipid metabolism. *Curr Opin Lipidol* 2002; 13: 61-67.
- Drackley JK, Beaulieu AD, Sunvold GD. "Energetic substrates for intestinal cells." In Reinhart GA, Carey DP. "Recent advances in canine and feline nutritional research, feline nutrition symposium proceedings, vol 2 Wilmington, Ohio, 1998, Orange Frazer Press, pp 563-472.
- Eastwood M, Kritchevsky D. "Dietary fiber: how did we get where we are?" *Annu Rev Nutr* 25: 1-8, 2005.
- Englyst H, Hudson G. The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chem* 1996; 57: 15-21.
- Evans HE, An NQ. Anatomy of the ferret. In: Fox JG, ed. *Biology and disease of the ferret*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1998: 19-69.
- Ferrel F. "Preference for sugar and nonnutritive sweeteners in young Beagles". *Neurosci Biobehav Rev* 8: 199-2003, 1984.

- Flamm G, Glinsmann W, Kritchevsky D, Prosky L, Roberfroid M. Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Crit. Rev Food Sci Nutr* 2001; 41: 353-362.
- Flickinger E, Van Loo J, Fahey G. Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diet of domesticated animals: A review. *Crit. Rev Food Sci Nutr* 2003; 43: 19-60.
- Fox JG. Taxonomy, history, and use. In: Fox JG, ed *Biology and disease of the ferret*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1998: 3-18.
- Frank, A. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British J Nutr.* 2002; 87: 287-291.
- Frank A. Inulin in: *Food Polysaccharides and Their Applications*. Stephen A. Segunda Edición. Nueva York, USA: Marcel Dekker; 2006. 733 pp.
- Gentry A, Clutton-Brock J, Groves CP. The naming of wild animal species and their domestic derivatives. *J Archaeol Sci.* 2004; 31: 645-651.
- Gibson G. Dietary modulation of the human gut microflora using the prebiotics oligofructose and inulin. *J Nutr* 1999; 129: 1438-1441.
- Goggin JM, Hoskinson JJ, Butine MD. "Scintigraphic assessment of gastric emptying of canned and dry diets in healthy cats". *Am J Vet Res* 59: 388-392, 1998.
- Gómez-Ayala R. Aprovechamiento integral del agave americana L. UAM Reynosa-Aztlan. Centro de Biotecnología Genómica.
- Gregory, C. "Urinary System" in Latimer K.S., Mahaffey E.A., and Prasse K.W., "Duncan & Prasse's Veterinary Laboratory Medicine: Clinical Pathology". 4th ed., Wiley-Blackwell, 2003.
- Hague S, Singh B, Parskeva C. "Butyrate acts as a survival factor for colonic epithelial cells: further fuel for the in vivo versus in vitro debate. *Gastroenterology* 112: 1036-1040, 1997.

- Hesta M *et al.* “The effect of oligofructose and inulin on faecal characteristics and nutrient digestibility in healthy cats”. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 85 (5.6): 135-41. 2001.
- Houpt KA, Coren B, Hintz HF, Hilderbrant JE. “Effect of sex and reproductive status on sucrose preference, food intake, and body weight of dogs”. *J Am Vet Med Assoc* 174: 1084-1085, 1979.
- Hrapkiewicz K, Medina L. *Clinical laboratory animal medicine: an introduction*. 3rd ed. Ames, Iowa: Blackwell Publishing; 2007.
- Hussein H, Flickinger E, Fahey G. Petfood applications of inulin and oligofructose. *J Nutr* 1999; 129: 1454-1456.
- Ivey E, Morrisey J. Ferrets: examination and preventive medicine. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*. 1999; 2: 471-494.
- Jenkins D, Kendall C, Vuksan W. Inulin, oligofructose and intestinal function. *J Nutr* 1999; 129: 1431-1433.
- Kim Y, Faqih M, Wang S. Factor affecting gel formation of inulin. *Carb Polym* 2001; 46: 135-145.
- Kip P, Meyer D, Jellema R. Inulin improve sensoric and textural properties of low fat yogurts. *Int Dairly J* 2005; 16: 1098-1103.
- Kumazawa T, Nakamura M, Kurihara K. “Canine taste nerve response to umami substances”. *Physiol Behav* 49: 875-881, 1991.
- Latimer K.S., Mahaffey E.A., and Prasse K.W., Duncan and Prasse's *Veterinary Laboratory Medicine: Clinical Pathology*, 4th ed., Wiley-Blackwell, 2003. Valores de Referencia tomados de [http://www.merckmanuals.com/vet/appendixes/reference\\_guides/serum\\_biochemical\\_reference\\_ranges.html](http://www.merckmanuals.com/vet/appendixes/reference_guides/serum_biochemical_reference_ranges.html). Adapted, with permission.
- Lewington JH. Ferrets. In: O'Malley B, ed. *Clinical anatomy and physiology of exotic species: structure and function of mammals, birds, reptiles and amphibians*. Philadelphia: WB Saunders; 2005: 237-261.

- Lewington, JH. External features and anatomy profile, chapter 2 in “Ferret Husbandry, Medicine and Surgery”. Saunders. 2007, USA.
- Lewington JH. Classification, history and current status of ferrets. In Lewington JH, ed Ferret husbandry, medicine and surgery. Philadelphia: WB Saunders; 2008: 3-14.
- Lewington JH. External features and anatomy profile. In: Lewington JH, ed. Ferret husbandry, medicine and surgery. Philadelphia: WB Saunders; 2008: 15-33.
- Li X, Li W, Wang H. “Cats lack a sweet taste receptor”. J Nutr 136: 1932S-1934S, 2006.
- López-Rubio A, Gavara R, Lagaron J. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. Trends Food Sci Technol 2006; 17: 567-575.
- Macdonald DW, Carr GM. “Variation in dog society: between resource dispersion and social flux. In Serpell J. “The domestic dog: its evolution, behavior and interactions with people”. Cambridge, England, 1995, Cambridge University Press, pp 199-216.
- Macfarlane S, Macfarlane GT, Cummings JH. “Review article: prebiotics in the gastrointestinal tract”. Aliment Pharmacol 24: 701-714, 2006.
- Madrigal L, Sangronis E. “La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales”. ALAN (Archivos Latinoamericanos de Nutrición), 57: 4, 2007.
- Moran BJ, Jackson AA. “<sup>15</sup>N-urea metabolism in the functioning human colon luminal hydrolysis and mucosal permeability”. Gut, 1990, 31, 454-457.
- Morris JG, Rogers QR. “Comparative dog and cat nutrition”. In Burger IH, Rivers JPW. “Nutrition of the dog and the cat”. Cambridge, England, 1989, Cambridge University Press.

- Moscatto J, Borsato D, Bona E, De Oliviera A, D Oliviera M. The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. *Int J Food Sci Technol* 2006; 41: 181-188.
- O'Brien C, Mueller A, Scannell A, Arendt E. Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. *J Food Chem* 2002; 79; 221-226.
- Pietro A, Luceri C, Dolara P, Giannini A, Biggeri A, Salvadori M, Clune Y, Collins K, Paglienari M, Caderni G. Antitumorigenic activity of the prebiotics *Lactobacillus rhamnosus* and *Bifidobacterium lactis* on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. *Carcinogenesis* 2002; 23: 1953-1960.
- Poddar S, Murgatroyd L. Morphological and histological study of the gastrointestinal tract of the ferret. *Acta Anat.* 1976; 96: 321-334.
- Powers, L. "Basic Anatomy, Physiology, and Husbandry, Chapter 1" in Quesenberry, K. *et al.* "Ferrets, Rabbits, and Rodents Clinical Medicine and Surgery". Elsevier. 3 edition. USA. 2012.
- Rao A. Dose response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects. *J Nutr* 1999-, 129: 1442-1445.
- Roberfroid M, Van Loo J, Gibson G. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *J Nutr* 1998; 128: 11-19.
- Roberfroid M. Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. *J Nutr* 1999; 129: 1398-1401.
- Roberfroid M. Caloric value of inulin and oligofructose. *J Nutr* 1999; 129: 1436-1437.
- Roberfroid M. Non digestible oligosaccharides. *Crit. Rev Food Sci Nutr.* 2000; 40; 461-480.
- Roberfroid M. Functional foods: concepts and applications to inulin and oligofructose. *Brit J Nutr.* 2002; 87: 139-143.

- Roberfroid M, Inulin-type fructans: Functional Food Ingredients. J. Nutr. 2007; 137: 11.
- Rodríguez R, Jiménez A, Fernández J, Guillén R, Heredia A. Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients. Trends Food Sci Technol 2006; 17: 3-15.
- Rossi M, *et al.* "Fermentation of Fructooligosaccharides and Inulin by Bifidobacteria: a Comparative Study of Puse and Fecal Cultures". Applied and Enviromental Microbiology. Vol 71, No 10. 6150 - 6158. 2005.
- Sakata T. "Stimulatory effect of short-chain fatty acids on epithelial cell proliferation in the rat intestine: a possible explanation for trophic effect of fermentable fiber, gut microbes and luminal trophic factor. Br J Nutr 58: 95-103, 1987.
- Samanta AK. "Prebiotic Inulin: Useful dietary adjuncts to manipulate the livestock gut microflora". Braz J Miceobiol. 7; 44(1). 2013.
- Schneeman B. Fiber, inulin and oligofructose: similarities and differences. J Nutr 1999; 129: 1424-1427.
- Sheldon JW. Genus Canis. In: Wild Dogs: The Natural History of the Nondomestic Canidae. San Diego, CA: Academic Press Inc, 1992; 23-61.
- Silveira M, Monereo S, Molina B. Alimentos funcionales y nutrición óptima. ¿Cerca o lejos?. Rev Esp Salud Pub 2003; 77; 317-331.
- Sim IM "In vitro fermentation of prebiotic oligasaccharides by Bifidobacterium lactis HN019 and Lactobacillus spp."Anaerobe, 25: 11-7. 2014.
- Slavin J. Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrients data bases. J Food Com Anal. 2003; 16: 287-291.
- Smeets-Peeters M, Watson T, Minekus M, Havenaar R. "A review of the physiology of the canine digestive tract related to the development of in vitro systems". Nutr Res Rev 11: 45-69, 1998.

- Sunvold GD, Titgemeyer EC, Bourquin LD. "Fermentability of selected fibrous substrates by cat fecal microflora. J Nutr 124(Suppl): 2721S-2722S, 1994.
- Sunvold GD, Fahey GC Jr, Merchen NR. "Dietary fiber for cats: in vitro fermentation of selected fiber source by cat fecal inoculum and in vivo utilization of diets containing selected fiber sources and their blends. J Anim Sci 73: 2329-2339, 1995.
- Sunvold GD, Fahey GC Jr, Merchen NR. "Dietary fiber for dogs. IV. in vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. J Anim Sci 73: 1099-1099, 1995.
- Taper H, Roberfroid M. Influence of inulin and oligofructose on breast cancer and tumor growth. J Nutr 1999; 129: 1488-1491.
- Trowbridge F, *et al.* Arm muscle indicators and creatinine excretion in children. Am J Clin Nutr 1982; 36: 691-696.
- Van Deursen J, Heersap A, Oerlemans F, Rultenbeek W, Jap P, ter Laak H, Wieringa B. "Skeletal muscles of mice deficient in muscular creatine kinase lack burst activity". Elsevier Cell. Volume 74, Issue 4, p621-631, 1993.
- Wang J, Rosell C, Benedito C. Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. Food Chem 2002; 79: 221-226.
- Watherhouse A. Chatterton N. Glossary of fructans terms. In: Science and Technology of Fructans. Suzuki M, Chatterton N. Boca Raton, USA: CRC Press; 1993. 369 pp.
- Williams C. Effects of inulin on lipids parameters in humans. J Nutr 1999; 129: 1471-1473.
- Yu S, Rogers QR, Morris JG. "Absence of salt (NaCl) preference of appetite in sodium-replete or depleted kittens". Appetite 29:1-10, 1997.