

38

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

MANUAL DE NUTRICION DEL  
GATO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A :  
**EDGAR ISLAS CALDERON**



ASESORES: MVZ CARLOS ALBERTO GUTIERREZ VAZQUEZ  
MVZ JESUS MARIN HEREDIA

MEXICO, D.F.

2000



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.

# DEDICATORIA

## **A MI MADRE**

Hortensia Calderón de la Rosa, mi mayor ejemplo, amiga y guía.  
Gracias a la vida por darme una madre como tú.  
Realmente te admiro y te respeto.

## **A ANDREA**

Por el amor y amistad incondicionales.  
Gracias por ayudarme a crecer y a conocer lo hermoso de la vida.

## **A MIS FAMILIARES**

Agradezco su apoyo en todo momento y su interés genuino.  
Gracias a mis tíos y primos por su cariño.

## **A MIS AMIGOS**

Tesoro invaluable que constituyen una de mis mayores riquezas.  
En especial a Ciro Procuna , más que un amigo.

## **A LOS AUSENTES**

A pesar de que no están más conmigo, siempre vivirán en mi recuerdo y mi corazón.  
A mi abuelita Sara y mi abuelito Manuel.

## **A LOS HERMANOS MARISTAS**

Gracias por la formación recibida, parteaguas de mi existencia y andar.

## **A LA DRA. IRENE JOYCE BLANK HAMMER**

Gran maestra y formadora, un increíble ser humano.

## **A LA MÚSICA**

Mi más fiel compañera en todo momento.

## **A LOS GATOS**

Aunque al final, son mi principal motivación para ser un mejor Médico Veterinario Zootecnista. Gracias por la oportunidad de ser sorprendido constantemente con su forma única de ser y permitirme seguir adentrando en el enigma que cada uno encierra.

# AGRADECIMIENTOS

## A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

No tengo palabras para describir todo lo que agradezco de la Máxima Casa de Estudios del País.

*- Por mi raza hablará el espíritu -.*

## A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Gracias a todos los profesores y maestros, personal administrativo, personal de biblioteca y quienes intervienen en su funcionamiento para brindarnos todas las posibilidades de recibir una formación de primer nivel.

## A MIS ASESORES DE TESIS, MVZ CARLOS ALBERTO GUTIÉRREZ VÁZQUEZ Y MVZ JESÚS MARÍN HEREDIA

Gracias por la paciencia y atinados consejos.

## AL DR. GUSTAVO BOBADILLA

Gracias por el apoyo y la confianza depositada.

A pesar de la familiaridad en el trato, te considero un ejemplo y guía.

A aquellas personas de la industria de alimentos comerciales que a pesar de las barreras me proporcionaron los escasos datos para el capítulo de Alimentos Comerciales en México:

- Lic Verónica Alcántara – Ralston Purina México (material sobre Gatina® y Cat Chow®)
- Lic. Héctor Chaparro – Nestlé México (material sobre Friskies®)
- Lic. Adriana Moragrega – Effem México (material sobre Whiskas®, Kai Kan Optimum® y Sheba®)
- MVZ Esaú Peres – Kennels Pet Shop (material sobre Iams® y Eukanuba®)
- MVZ Ma. Elena Pumarejo – Ralston Purina México (material sobre Pro Plan®)
- MVZ Miguel Sierra – Distribuidora Palo Verde (material sobre Hill's®)

A todos aquellos que de alguna manera colaboraron con sus ideas y opiniones en la realización de este trabajo.

# ÍNDICE

◆	ÍNDICE	I
◆	AGRADECIMIENTOS	II
◆	RESUMEN	III
◆	INTRODUCCIÓN	IV
◆	<b>CAPÍTULO 1: GUÍA DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES</b>	<b>1</b>
	◦ AGUA	1
	◦ CARBOHIDRATOS	4
	◦ GRASAS	12
	◦ PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS	22
	◦ VITAMINAS	54
	◦ MINERALES	77
	◦ BIBLIOGRAFÍA	93
◆	<b>COMPORTAMIENTO ALIMENTICIO</b>	<b>109</b>
	◦ PALATABILIDAD	112
	◦ SENTIDO DEL GUSTO	139
	◦ SENTIDO DEL OLFATO	146
	◦ PROBLEMAS CON EL COMPORTAMIENTO ALIMENTICIO	154
	◦ BIBLIOGRAFÍA	162
	◦ MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE ENERGÍA	170
	◦ BIBLIOGRAFÍA	202
◆	<b>CAPÍTULO 2 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DEL TRACTO DIGESTIVO</b>	<b>203</b>
	◦ BIBLIOGRAFÍA	227
◆	<b>CAPÍTULO 3: ALIMENTACIÓN EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE VIDA</b>	<b>228</b>
	◦ GESTACIÓN Y LACTANCIA	228
	◦ DESTETE	233
	◦ CRECIMIENTO	234
	◦ GERIÁTRICOS	239
	◦ BIBLIOGRAFÍA	244
◆	<b>CAPÍTULO 4 ENFERMEDADES NUTRICIONALES</b>	<b>246</b>
	◦ BIBLIOGRAFÍA	261
◆	<b>CAPÍTULO 5 ALIMENTOS COMERCIALES EN MÉXICO</b>	<b>266</b>



## REQUERIMIENTOS DE LOS DIFERENTES NUTRIENTES NECESARIOS EN LA DIETA DE LOS GATOS, SIGNOS DE DEFICIENCIA Y TOXICIDAD

Es necesario un conocimiento básico de los fundamentos de nutrición para poder evaluar el estado nutricional de los gatos. El término nutrición se refiere al estudio del alimento, los nutrientes y otros componentes que contienen. Esto incluye la evaluación de las acciones de los nutrientes específicos, sus absorpciones y su balance dentro de la dieta. Además, la ciencia de la nutrición incluye una evaluación de la vía en la que el animal ingiere, digiere, absorbe y usa estos componentes. En este capítulo haremos una revisión de los nutrientes esenciales, como son el agua, carbohidratos, grasa, proteína, vitaminas y minerales.

### AGUA

En términos de supervivencia, el agua es el nutriente más importante para el cuerpo. Aunque los animales pueden vivir tras haber perdido casi toda su grasa corporal y más de la mitad de su proteína, una pérdida tan sólo del 10% del agua corporal da por resultado la muerte del animal<sup>1</sup>. Aproximadamente 70% del peso neto del cuerpo es agua y algunos tejidos corporales, como el tejido hematopoyético, se componen entre 70% y 90% de agua. El fluido intracelular es aproximadamente 40% a 45% del peso corporal y el fluido extracelular suma entre el 20% y 25%. La presencia de un medio acuoso entre las células y muchos tejidos es esencial para la ocurrencia de la mayoría de los procesos metabólicos y las reacciones químicas.

Dentro del cuerpo, la función del agua como solvente facilita las reacciones celulares y es un medio de transporte para los nutrientes y los productos finales del metabolismo celular. Por su alto calor específico, el agua es capaz de absorber el calor generado por reacciones metabólicas con un mínimo incremento en temperatura. Esta propiedad permite la continuación de la mayoría de las reacciones que generan calor



dentro del cuerpo con un cambio mínimo en la temperatura corporal. El agua contribuye a la regulación de la temperatura al transportar el calor desde los órganos a través de la sangre y evaporándolo en forma de sudor en la superficie externa del cuerpo. El agua es un componente esencial en la digestión normal y es necesaria para la hidrólisis, el rompimiento de moléculas grandes en moléculas más pequeñas por adición de agua. Las enzimas digestivas del tracto gastrointestinal son secretadas en solución. El medio acuoso facilita la interacción de los componentes del alimento con las enzimas digestivas. La eliminación de productos de desecho del riñón también requiere una gran cantidad de agua, la cual actúa como un solvente para los metabolitos tóxicos y como medio de transporte.

Todos los animales experimentan pérdidas diarias de agua. La excreción urinaria representa el mayor volumen de pérdidas en la mayoría de los animales. Las pérdidas de fluidos obligatorias del riñón representan el mínimo requerido por el cuerpo para deshacerse de la carga diaria de productos de desperdicio en la orina. Se necesita una cierta cantidad de agua para actuar como solvente para esos productos finales. La porción restante de las pérdidas urinarias de agua, llamadas pérdidas facultativas, es excretada en respuesta a la tasa normal de reabsorción de agua del riñón y a mecanismos responsables para mantener el adecuado balance de agua en el cuerpo. Las pérdidas fecales de agua cuentan una porción mucho más pequeña de la excreción de agua. La cantidad de agua que aparece en las heces es muy pequeña comparada con la cantidad que es absorbida a lo largo del tracto gastrointestinal y regresa al cuerpo durante la digestión. Las pérdidas de agua fecal llegan a ser sustanciales cuando ocurren aberraciones en la capacidad intestinal de absorber agua. Una tercera ruta de pérdidas de agua es la evaporación desde los pulmones durante la respiración. El jadeo incrementa substancialmente la pérdida respiratoria de agua y por lo tanto la pérdida de calor. Por estos mecanismos de regulación de temperatura, las pérdidas respiratorias de agua y la evaporación durante climas cálidos pueden ser muy altas en los gatos.

El consumo diario de agua debe compensar estas pérdidas de fluidos continuos. El consumo total de agua viene de tres posibles fuentes: agua presente en el alimento, agua metabólica y agua de bebida. La cantidad de agua presente en el alimento depende del tipo de dieta. Los alimentos comerciales



El tipo y composición de la dieta pueden afectar dramáticamente el consumo voluntario de agua. En los gatos, al incrementar el nivel de sal en la dieta causa un aumento en la respuesta de consumo de agua. Cuando el nivel de sal en la dieta en un grupo de gatos se incrementó de 1.3% a 4.6%, el consumo de agua casi se duplicó<sup>2</sup>. Este efecto puede tener significado práctico dado el alto nivel de sal presente en algunos alimentos comerciales para mascotas. Generalmente, si hay disponible agua fresca y palatable, y se suministran cantidades apropiadas de una dieta bien balanceada, los gatos son capaces de regular con bastante precisión su balance de agua a través del consumo voluntario de agua.

## CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son los mayores constituyentes que contienen energía en las plantas, sumando entre el 60% y 90% del peso de materia seca. Esta clase de nutrientes se compone de elementos como carbono, hidrógeno y oxígeno y pueden ser clasificados como monosacáridos, disacáridos o polisacáridos. Los monosacáridos generalmente son referidos como azúcares simples y son la forma más sencilla de carbohidrato. Un monosacárido se compone de una sola unidad que contiene entre tres y siete átomos de carbono. Las tres hexosas (monosacáridos de 6 carbonos) que son más importante nutricional y metabólicamente hablando son la glucosa, fructosa y galactosa (Figura 1).

La glucosa es un azúcar moderadamente dulce, un azúcar simple que se encuentra en el jarabe de maíz preparado comercialmente y en frutas dulces como las uvas y las moras. También es el principal producto final de la digestión del almidón y de la hidrólisis del glucógeno en el cuerpo. La glucosa es la forma de carbohidrato que se encuentra circulando en el torrente sanguíneo y es la forma primaria de carbohidrato usado por las células del cuerpo para obtener energía. La fructosa, generalmente referida como "azúcar de las frutas" es un azúcar muy dulce que se encuentra en la miel, las frutas maduras y algunos vegetales. También se forma después de la digestión o hidrólisis ácida del disacárido sacarosa. La galactosa no se encuentra en forma libre en los alimentos. Sin embargo, representa hasta 50% de



pueden contener tan poco como 7% de agua, pero algunas raciones enlatadas pueden contener hasta más de 80% de agua<sup>2,3</sup>. Dentro de los límites, incrementando el contenido de agua aumenta la aceptación de la dieta. Muchos propietarios son capaces de aumentar el consumo de su mascota de un alimento seco añadiendo una pequeña cantidad de agua inmediatamente antes de proporcionarlo. Se ha demostrado que los gatos son capaces de mantener su balance de agua sin ninguna fuente de agua para beber cuando son alimentados con dietas con más de 67% de humedad<sup>4,6</sup>. Parece que los gatos pueden compensar, aunque de manera no muy precisa, los cambios en la cantidad de agua presente en el alimento incrementando o disminuyendo el consumo voluntario de agua<sup>2,7,8</sup>

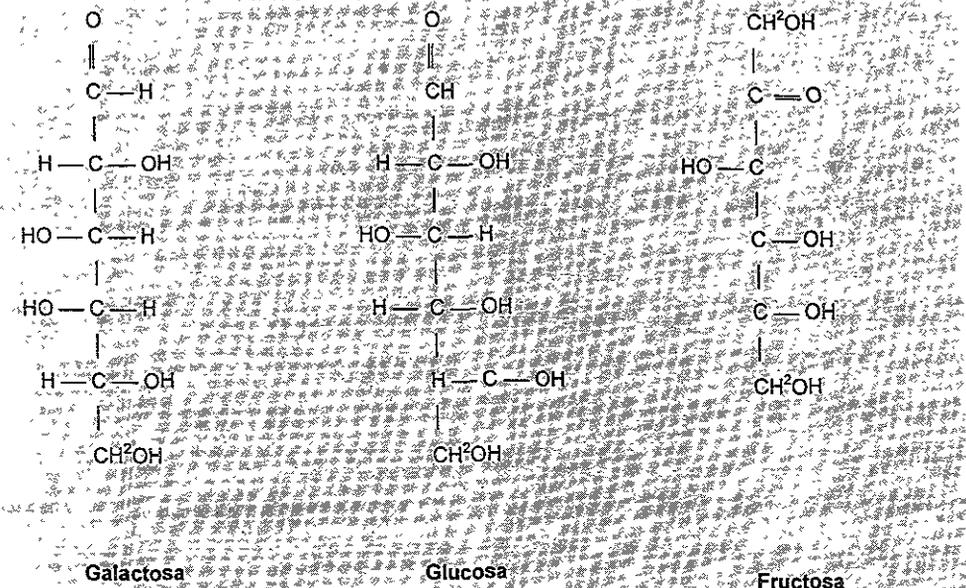
El agua metabólica es el agua que es producida durante la oxidación de los nutrientes. El oxígeno se combina con los átomos de hidrógenos contenidos en los carbohidratos, proteínas y grasas para producir moléculas de agua. El metabolismo de las grasas produce la mayor cantidad de agua metabólica en base al peso, y el catabolismo de proteínas produce la menor cantidad<sup>1</sup>. Por cada 100g de grasa, carbohidratos y proteínas oxidadas en el cuerpo se producen 107, 55 y 41 ml de agua metabólica, respectivamente. La tasa de producción de agua metabólica depende de la tasa metabólica del gato y del tipo de dieta. Independientemente de estos factores, el agua metabólica es hasta cierto punto insignificante pues sólo representa del 5 al 10% del total del consumo diario de agua de la mayoría de los animales

La última fuente de agua es el consumo voluntario. Los factores que afectan el consumo voluntario de agua incluyen la temperatura ambiente, el tipo de dieta con que se alimenta al gato, el nivel de ejercicio, el estado fisiológico y la salud. El consumo de agua incrementa al aumentar la temperatura ambiental y al incrementar el ejercicio pues hay una mayor pérdida de agua evaporada como resultado de los mecanismos de enfriamiento del cuerpo. La cantidad de calorías que son consumidas también afecta el consumo voluntario de agua. Conforme aumenta el consumo energético, se producen más productos metabólicos de desecho y el calor producido por el metabolismo de los nutrientes incrementa. En estas circunstancias, el cuerpo requiere más agua para excretar los productos de desecho en la orina y además contribuye a la termoregulación.



carbónido lactosa, la cual está presente en la leche de todas las especies. Como la fructosa, la galactosa se absorbe durante la digestión. Dentro del cuerpo la galactosa se convierte a glucosa por el hígado y finalmente entra a la circulación en forma de glucosa.

Figura 1. Estructura básica de los carbohidratos.



Los disacáridos están constituidos por dos unidades de monosacáridos unidas. La lactosa, el azúcar encontrada en la leche de todos los mamíferos, contiene una molécula de glucosa y una molécula de galactosa. Es el único carbohidrato de origen animal que es de importancia en la dieta. La sacarosa, generalmente reconocida como azúcar de mesa, contiene una molécula de glucosa unida a una molécula de fructosa. Se encuentra en la caña, la remolacha y el jarabe de maple. La maltosa se constituye de dos moléculas de glucosa unidas. Este disacárido no se encuentra comúnmente en la mayoría de los alimentos, pero se forma como un producto intermedio en el cuerpo durante la digestión del almidón.



Los polisacáridos se componen de muchos monosacáridos, unidos en cadenas largas y complejas. El almidón, el glucógeno, las dextrinas y la fibra dietaria son polisacáridos. El almidón es la principal fuente de carbohidratos presente en la mayoría de los alimentos comerciales para mascotas. Los granos de cereal tales como el maíz, trigo y arroz son los ingredientes principales que proveen de este almidón. El glucógeno es la reserva de carbohidratos en el cuerpo. Se encuentra en el hígado y en el músculo, y sus funciones ayudan a mantener la homeostasis normal de glucosa en el cuerpo. Las dextrinas son compuestos de polisacáridos que son formados como productos intermedios en el metabolismo del almidón. Son creados durante los procesos normales de digestión en el cuerpo y a través del procesamiento de algunos alimentos comerciales. Las unidades de monosacáridos encontradas en las moléculas de almidón, glucógeno y dextrina tienen una configuración alfa y están unidas por uniones glicosídicas. Este tipo de enlaces puede ser fácilmente hidrolizado por las enzimas endógenas del tracto gastrointestinal y producen unidades de monosacáridos ya sea por la digestión o por hidrólisis química.

La fibra dietaria es el material de las plantas que está constituido principalmente de varias formas de carbohidratos. Los mayores componentes de la fibra dietaria incluyen a la celulosa, hemicelulosa, pectina y las gomas y mucilagos. La lignina, un gran polímero del fenilpropano, es el único componente de la fibra que no es un carbohidrato. La fibra vegetal difiere del almidón y del glucógeno en que sus unidades de monosacáridos tienen configuración beta y están unidas por enlaces beta. Estos enlaces resisten la digestión de las enzimas endógenas del tracto gastrointestinal. Como resultado la fibra dietaria no puede ser dividida en unidades de monosacáridos para su posterior absorción en el intestino delgado.

Aunque los gatos no digieren directamente fibra dietaria, ciertos microbios que se encuentran en el intestino grueso (colon) son capaces de romper la fibra en varios grados. Esta fermentación bacteriana produce ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y otros productos finales. Los AGCC que son producidos en mayor cantidad son el acetato, el propionato y el butirato. La magnitud de la digestión bacteriana depende de factores como el tipo de fibra presente en la dieta<sup>9</sup>, el tiempo de tránsito gastrointestinal y el consumo de otros constituyentes de la dieta. Por ejemplo en los gatos la pectina y otras fibras solubles



on altamente fermentables, la pulpa de remolacha es moderadamente fermentable y la celulosa no es fermentable. Los rumiantes y los animales herbívoros son capaces de derivar una cantidad significativa de energía a partir de los AGCC producidos por la fermentación bacteriana de la fibra. Sin embargo, los no herbívoros como los gatos, no pueden por la estructura relativamente simple y corta de su intestino grueso. Aunque los AGCC se producen en esta especie, no hay un mecanismo para su absorción en grandes cantidades en el intestino grueso. Por lo tanto el balance energético total de los gatos no se ve afectado significativamente por la producción de AGCC a partir de la fibra dietaria

Sin embargo, los AGCC que se producen en los gatos son una fuente de energía importante para las células epiteliales que se encuentran en el tracto gastrointestinal. Los enterocitos y las células del intestino grueso son muy activas y tienen una alta tasa de reemplazo y dependen de los AGCC como una fuente significativa de energía. Se ha demostrado que perros alimentados con dietas que contienen fibras moderadamente fermentables tienen un incremento en el peso del colon, en el área de la superficie de la mucosa e hipertrofia de la mucosa comparados con perros alimentados con una dieta con una fuente de fibra no fermentable<sup>10</sup>. Estos cambios dieron una medida de la capacidad de absorción del colon e indicaron una actividad celular incrementada y salud. Aunque una fuente de fibra altamente fermentable tiene efectos similares en el peso del colon y la morfología, las dietas que contienen este tipo de fibra dan por resultado heces de pobre calidad. Parece que las mejores fuentes de fibra para mascotas son aquellas moderadamente fermentables y que proveen adecuados niveles de AGCC para la mucosa intestinal<sup>10, 11</sup>. La fibra en la dieta de los gatos también funciona como una ayuda en el adecuado funcionamiento del tracto gastrointestinal y como un diluyente dietario que disminuye la densidad energética total de la dieta

En el cuerpo, los carbohidratos tienen varias funciones. La glucosa es una importante fuente energética para muchos tejidos. Es necesario un constante aporte de glucosa para el adecuado funcionamiento del sistema nervioso central, y el glucógeno presente en el músculo cardíaco es una importante fuente energética de emergencia para el corazón. El glucógeno en el hígado y en el músculo puede ser



hidrolizado cuando la glucosa circulante es muy baja para suplir combustible adicional en forma de carbohidratos a las células. Los carbohidratos también suplen de esqueletos de carbono para la formación de aminoácidos no esenciales y son necesarios para la síntesis de otros compuestos esenciales del cuerpo tales como el ácido glucurónico, heparina, condroitín sulfato, los inmunopolisacáridos, el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN). Cuando se conjugan con proteínas o lípidos algunos carbohidratos también llegan a ser importantes componentes estructurales en los tejidos corporales.

Los carbohidratos dietarios proveen a los animales de una fuente de energía y asisten en el adecuado funcionamiento del tracto gastrointestinal. Sólo se puede almacenar una cantidad limitada de carbohidratos en el cuerpo como glucógeno, así cuando los carbohidratos dietarios son consumidos en exceso de los requerimientos energéticos corporales, la mayoría se metabolizan como grasa corporal para almacenaje energético. Así que el consumo en exceso de carbohidratos dietarios pueden llevar a un incremento en la grasa corporal y a la obesidad. Además de su función de suplir energía al cuerpo los carbohidratos digestibles tienen un efecto "ahorrador" de proteínas. Cuando el animal come para alcanzar sus necesidades energéticas, el cuerpo satisface sus requerimientos energéticos antes de usar los nutrientes que contienen energía en la dieta para otros propósitos. Si se suplen de los carbohidratos adecuados en la dieta, la proteína no será usada para la energía y puede ser usada para la reparación de tejidos y el crecimiento. Aunque la fibra dietaria no contribuye apreciablemente al balance energético de los gatos, un nivel moderado en la dieta es benéfico. La fibra vegetal provee de AGCC a las células intestinales, ayuda a estimular la peristalsis normal, provee de volumen al contenido intestinal y reduce el tiempo de tránsito gastrointestinal.



## METABOLISMO DE CARBOHIDRATOS

Todos los animales tienen requerimientos metabólicos de glucosa. Este requerimiento puede ser suplido por la síntesis endógena o de fuentes dietarias de carbohidratos. Las vías gluconeogénicas en el hígado y el riñón utilizan ciertos aminoácidos, ácido propiónico, ácido láctico y glicerol para producir glucosa, la cual es entonces liberada al torrente sanguíneo para ser llevada a los tejidos corporales. Algunos datos sugieren que las vías gluconeogénicas son activas todo el tiempo en las especies carnívoras<sup>12, 13</sup>. Se ha comprobado que los gatos son capaces de mantener niveles normales de glucosa sanguínea aún durante períodos prolongados de ayuno<sup>12</sup>.

Aunque no se han realizado estudios específicos durante la gestación y la lactación en gatas, el patrón único de gluconeogénesis asociado con su naturaleza carnívora sugiere que puede sobrevivir en todas las etapas de su vida si consume una dieta libre de carbohidratos.

Comparado con el perro y otras especies de omnívoros, el gato tiene varios mecanismos únicos para metabolizar los carbohidratos dietarios. La capacidad del gato para mantener niveles normales de glucosa sanguínea y de salud cuando es alimentado con una dieta libre de carbohidratos es probable, al menos en parte, a su patrón diferente de gluconeogénesis.

En la mayoría de los animales, la máxima gluconeogénesis para mantenimiento de los niveles de glucosa sanguínea ocurren durante la etapa post-absorción, cuando ya no hay disponibles carbohidratos solubles dietarios. Sin embargo las especies carnívoras son similares a las especies rumiantes en que mantienen un estado constante de gluconeogénesis con un ligero aumento en la tasa de gluconeogénesis, inmediatamente después de comer<sup>14</sup>. Como el cuerpo es limitado en su capacidad de conservar los aminoácidos y una dieta carnívora contiene bajas cantidades de carbohidratos solubles, estos inmediatamente usan los aminoácidos gluconeogénicos para mantenimiento de los niveles de glucosa sanguínea.



Los valores de actividad enzimática en el hígado del gato indican que los aminoácidos gluconeogénicos dietarios son desaminados y convertidos en glucosa en lugar de ser oxidados directamente para producir energía<sup>15</sup>. La fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK), una enzima gluconeogénica importante, no cambia su nivel de actividad cuando los gatos que fueron alimentados previamente con dietas altas en proteína, son sujetos a ayuno<sup>12</sup>. Además no ocurren cambios significativos en la actividad hepática de la PEPCK cuando los gatos son introducidos de una dieta baja en proteína (17.5%) a una dieta alta en proteína (70%)<sup>16</sup>. Estos datos apoyan la suposición de que las enzimas gluconeogénicas hepáticas del gato tienen permanentemente una alta tasa de actividad, siendo necesaria la rápida conversión de un exceso de aminoácidos dietarios en glucosa.

También pueden haber diferencias entre los gatos y los omnívoros en la importancia relativa de varias vías metabólicas gluconeogénicas y de carbohidratos. Comparados con las especies omnívoras, el gato tiene un alto nivel de actividad hepática de la enzima *serinepiruvato aminotransferasa* y baja actividad de la enzima *serina dehidratasa*. Parece que el gato es capaz de convertir el aminoácido serina a glucosa por una ruta que no involucra ni al piruvato o a la serina dehidratasa<sup>16, 17</sup>. Se ha propuesto una vía alterna para la conversión de serina en glucosa<sup>18</sup>. Se ha observado que una alta actividad de la primera enzima de esta vía alterna, la *serina-piruvato aminotransferasa*, parece estar asociada con hábitos dietarios de consumo de carne en los mamíferos<sup>16</sup>.

Después de la absorción en el cuerpo, la glucosa debe ser fosforilada a glucosa 6-fosfato antes de que pueda ser metabolizada. El hígado de la mayoría de los animales tiene dos enzimas que catalizan esta reacción, la glucocinasa y la hexocinasa. La hexocinasa es muy activa cuando se liberan bajos niveles de glucosa al hígado, y la glucocinasa opera cuando el hígado recibe una gran carga de glucosa de la vena portal hepática. El hígado del gato tiene hexocinasa activa pero no tiene glucocinasa activa. Consecuentemente, la tasa de metabolismo de glucosa en el hígado del gato no puede incrementar en respuesta a niveles altos de carbohidratos solubles en la dieta del mismo modo que el hígado de especies



Se poseen ambas enzimas. Se puede postular que las especies que tienen ambas enzimas tienen una mayor capacidad de manejar dietas altas en glucosa que aquellas que solamente poseen hexocinasa.

El hecho de que los gatos no requieran carbohidratos en su dieta es indistinto pues el contenido nutricional de la mayoría de los alimentos comerciales incluyen al menos un nivel moderado de este nutriente. En general, los alimentos para mascotas secos contienen la mayor cantidad de carbohidratos. Los alimentos comerciales secos pueden incluir entre 30% y 60% de carbohidratos, un alimento enlatado contiene entre 0% y 30%<sup>20</sup>. La mayor proporción de carbohidratos en los alimentos para mascota la provee el almidón. El almidón procesado es digestible por los gatos<sup>21, 22, 23</sup>. Provee una fuente digestible y económica de energía, y también es esencial para el proceso de extrusión que se utiliza en la preparación de la mayoría de los alimentos para mascota secos. La digestibilidad del almidón dietario en los gatos se ve afectada por el tratamiento térmico y el tamaño de los gránulos de almidón. El calentamiento aumenta considerablemente la digestibilidad, y el almidón molido finamente es más digestible que los gránulos grandes o secos<sup>20, 24</sup>.

Aunque el almidón procesado provee de una excelente fuente de energía, ciertos disacáridos individuales, como la sacarosa y la lactosa, no son bien tolerados por las mascotas<sup>25</sup>. La capacidad de una mascota de digerir y usar estos azúcares está controlada por los niveles de sacarasa (beta-fructo-furanidasa) y de lactasa (beta-galactosidasa) encontradas en las células con borde de cepillo del lumen intestinal. Como en la mayoría de las especies, la actividad de la lactasa en los gatos tiende a disminuir con la edad. La leche de las gatas contiene aproximadamente de 3% a 5% de lactosa, la cual comprende aproximadamente el 10% de su energía metabolizable<sup>26</sup>. Aunque los gatitos pueden digerir este alto nivel de lactosa, algunos gatos adultos pueden mostrar diarrea cuando consumen altos niveles de lactosa.

Como resultado de la pérdida de actividad de la lactasa por la edad, alimentar a las mascotas con grandes cantidades de leche u otros productos lácteos a menudo da por resultado una falla en su digestión<sup>27</sup>. Pequeñas cantidades de estos alimentos pueden ser digeridos por la mayoría de los gatos, pero grandes



cantidades causan diarrea por el efecto osmótico del azúcar que escapa de la digestión y los ácidos grasos volátiles que se producen por fermentación bacteriana en el intestino grueso. Aunque no ha sido demostrado en gatos, datos de otras especies indican que los animales muy jóvenes tienen bajos niveles de actividad de la sucrasa durante las primeras semanas de vida. Por esta razón, las soluciones de sacarosa no se deberán de emplear como fuentes energéticas para gatitos muy jóvenes o que tengan que ser criados artificialmente<sup>29</sup>.

Aunque la fibra dietaria no es un nutriente requerido por sí misma, la inclusión de pequeñas cantidades de fibra en las dietas de animales de compañía es necesaria para el funcionamiento normal del tracto gastrointestinal. La fibra insoluble, la cual es el tipo de fibra que se incluye en la mayoría de los alimentos para mascotas, funciona incrementando el volumen de la dieta, contribuye a crear una sensación de saciedad, y mantiene un tiempo de tránsito y motilidad intestinal normales. Las fuentes más comunes de fibra dietaria en los alimentos para mascotas incluyen salvado de trigo, pulpa de tomate, pulpa de cítricos y uva, pulpa de remolacha, y cascarilla de frijol y cacahuate. El maíz, arroz, trigo y la cebada contribuyen como carbohidratos digeribles y también suplen pequeñas cantidades de fibra.

Además las fuentes de proteína en los alimentos basados en cereales agregan varias cantidades de fibra dietaria a la ración. La cantidad de fibra en los alimentos para gato varía con el tipo de alimento y los ingredientes que incluyen. En general, el contenido garantizado máximo de fibra cruda de la mayoría de los alimentos comerciales para mascotas varía entre 3% y 6% de la materia seca de la dieta<sup>29 30</sup>.

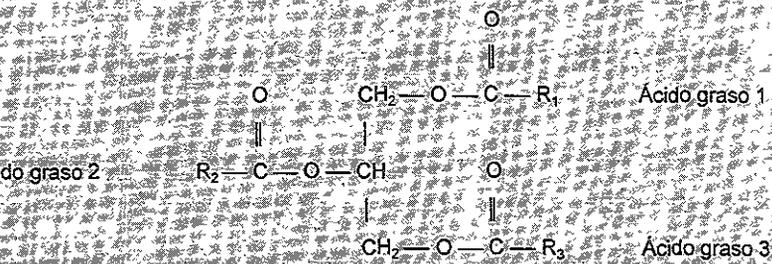
## GRASAS

La grasa dietaria es parte de un grupo heterogéneo de compuestos conocidos como lípidos. Estos compuestos se clasifican juntos por su solubilidad en solventes orgánicos y su insolubilidad en el agua. Pueden ser clasificados en lípidos simples, lípidos compuestos y lípidos derivados. Los lípidos simples incluyen a los triglicéridos, los cuales son la forma más común de grasa presente en la dieta, y los ácidos grasos. Los triglicéridos están formados por tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol. (F



Las grasas contienen un mayor número de ácidos grasos unidos a una larga cadena de una molécula de alcohol. Los lípidos compuestos están compuestos de un lípido, como un ácido graso, unido a una molécula no lipídica. Las lipoproteína, cuya función es transportar grasa en el torrente sanguíneo, son el tipo de lípidos compuestos. Los lípidos derivados incluyen compuestos como el colesterol y las vitaminas liposolubles (solubles en grasa).

Figura 2. Estructura de un triglicérido



Los triglicéridos son el tipo de grasa más importante en la dieta y que puede ser diferenciado en los alimentos dependiendo del tipo de ácidos grasos que contiene cada uno. Los ácidos grasos varían en la longitud de la cadena de carbono y pueden ser saturados, monoinsaturados o polinsaturados.

La mayoría de los triglicéridos de los alimentos contienen predominantemente ácidos grasos de cadena larga (con un número de átomos de carbono de entre 16 y 26). Las dos excepciones son la mantequilla y el aceite de coco, que contienen considerables cantidades de ácidos grasos de cadena corta. Los ácidos grasos saturados no contienen enlaces dobles entre los átomos de carbono, por lo que están "saturados" con átomos de hidrógeno.

Los ácidos grasos monoinsaturados tienen un doble enlace, y los ácidos grasos polinsaturados tienen dos o más enlaces dobles (Figura 3).

En general, los triglicéridos en las grasas animales contiene un mayor porcentaje de ácidos grasos saturados que aquellos en los aceites vegetales. La mayoría de los aceites vegetales, con excepción de los de palma, olivo y coco, contienen entre 80% y 90% de grasas insaturadas; las grasas animales contienen entre 50% y 60% de grasa insaturada<sup>31</sup>.

**Figura 3. Tipos de ácidos grasos**

**Saturados**

**Ácido láurico**



**Monosaturado**

**Ácido palmítico**



**Polinsaturado**

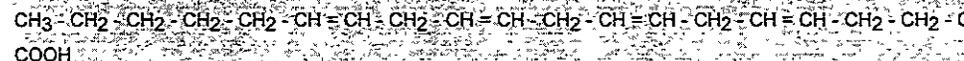
**Ácido linoléico**



**Ácido alfa-linolénico**



**Ácido araquidónico**



Las grasas tienen muchas funciones en el organismo. Los triglicéridos son la principal forma de energía almacenada en el cuerpo. Los mayores depósitos de grasa están presentes bajo la piel como grasa subcutánea, alrededor de los órganos vitales, y en las membranas que rodean los intestinos. Algunos de estos depósitos pueden ser fácilmente observados en gatos obesos. Los depósitos de grasa tienen un extenso aporte sanguíneo y nervioso y están en un constante estado de flujo, proveyendo energía cuando es necesaria y almacenándola cuando hay un exceso. También sirven como aislantes protegiendo el cuerpo de la pérdida de calor, y como una capa protectora que resguarda contra los daños físicos a los órganos vitales. Aunque los animales tienen una capacidad muy limitada para almacenar carbohidratos en forma de glucógeno, tienen capacidades prácticamente sin límite para almacenar el excedente de energía en forma de grasa.

Además de proveer energía, la grasa tiene numerosas funciones metabólicas y estructurales. La grasa rodea y aísla las fibras nerviosas con mielina y ayuda en la transmisión de los impulsos nerviosos. Los fosfolípidos y los glucolípidos sirven como componentes estructurales para las membranas celulares y participan en el transporte de nutrientes y metabolitos a través de estas membranas. Las lipoproteínas proveen de transporte a las grasas a través del torrente sanguíneo. El colesterol se usa para formar sales biliares que son necesarias para la adecuada digestión y absorción de grasas, y también es precursor de las hormonas esteroideas. Junto con otros lípidos, el colesterol forma una capa protectora en la piel que previene una pérdida de humedad excesiva y de la invasión de sustancias extrañas. El ácido araquidónico que es un ácido graso esencial, es precursor de un grupo de compuestos fisiológica y farmacológicamente activos llamados prostaciclina, prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos. Estos compuestos tienen muchas acciones similares a las de las hormonas en el cuerpo, y están relacionados con procesos como la vasodilatación y la vasoconstricción, la contracción muscular, la homeostasis en la presión sanguínea, la secreción ácida en el estómago, la regulación de la temperatura corporal, regulación de los mecanismos de coagulación sanguínea, y control de la inflamación.

En la dieta, la grasa provee de la forma más concentrada de energía de todos los nutrientes. Aunque la energía bruta de la proteína y los carbohidratos es aproximadamente de 5.65 y 4.15 kilocalorías por gramo (kcal/g), la energía bruta de la grasa es de 9.4 kcal/g. Además de contener más energía, la digestibilidad de las grasas es usualmente mayor que las de las proteínas y los carbohidratos. La grasa dietaria también provee de una fuente de ácidos grasos esenciales y actúa como un transportador que permite la absorción de las vitaminas solubles. El cuerpo tiene un requerimiento fisiológico de dos distintas familias de ácidos grasos esenciales, los n-6 y los n-3<sup>32</sup>. Esta terminología indica la posición del primer enlace doble en la molécula contando desde el extremo terminal (metil) de la cadena. Los ácidos grasos más importantes de las series n-6 es el ácido linoléico (Figura 3). En la mayoría de los animales el ácido gamma linoléico y el ácido araquidónico pueden ser sintetizados a partir del ácido linoléico alternando las reacciones de desaturación y elongación. Por lo tanto si se provee de la cantidad adecuada de ácido



linoléico en la dieta, no hay un requerimiento dietario para los ácidos gamma linoléico y araquidónico. El gato es una de las pocas especies que requiere de una fuente dietaria de ácido araquidónico, aún cuando esté presente la cantidad adecuada de ácido linoléico en la dieta. En la familia n-3, parece que el ácido alfa linoléico también tiene propiedades de ácido graso esencial<sup>33</sup>. Sin embargo, es difícil inducir una deficiencia de este ácido graso así que aún no se descubre su papel exacto en la nutrición de los gatos.

Todos los ácidos grasos esenciales son poliinsaturados. El ácido linoléico y el ácido linolénico contienen 18 átomos de carbono y 2 o 3 enlaces dobles, respectivamente. El ácido araquidónico contiene 20 átomos de carbono y 4 dobles ligaduras (Figura 3). En la mayoría de los animales las mejores fuentes de ácido linoléico son los aceites vegetales como los del maíz, soya y semilla de girasol. La grasa de ave y la manteca también contienen cantidades considerables de ácido linoléico, pero el sebo de res y la grasa de mantequilla contienen muy poco. El ácido araquidónico, por otro lado, sólo se encuentra en las grasas animales. Algunos aceites de pescados son ricos en este ácido graso esencial, el sebo de res y la grasa de ave contienen una cantidad muy pequeña<sup>31</sup>.

La grasa en las dietas de los gatos juega un papel importante para contribuir a la palatabilidad y la aceptación de la textura del alimento. Esto es una función crítica pues ningún alimento comercial, si importar que tan bien formulado esté, no puede ser nutritivo si no es consumido. Un estudio llevado a cabo con gatos encontró que las dietas que contenían de 25% a 40% de grasa eran preferidas a dietas bajas en grasa, pero al incrementar el nivel de grasa más allá de estas cantidades tendía a disminuir la aceptación de la dieta<sup>34</sup>. El efecto de la grasa dietaria es complicado por el hecho de que al incrementar el contenido de grasa en la dieta, también lo hace la densidad energética. Los animales requieren cantidades menores de alimentos densos energéticamente hablando para poder satisfacer sus requerimientos de energía. Sin embargo, el incremento en la palatabilidad de los alimentos altos en grasa puede estimular en algunos casos un consumo excesivo. Por lo tanto, aunque la grasa incrementa la palatabilidad de la dieta, este efecto puede llevar a un consumo excesivo al mismo tiempo que se eleva la densidad energética de la dieta. Por esta razón, los alimentos bien balanceados que son densos



energéticamente, y contienen niveles de moderados a altos de grasa, deben ser ofrecidos a menudo en base a una porción controlada.

## **LAS GRASAS COMO UNA FUENTE ENERGÉTICA**

El requerimiento de grasa de los gatos depende de la necesidad del animal de ácidos grasos y de una dieta densa calóricamente. En los alimentos para mascotas, la grasa dietaria aporta aproximadamente 8.5 kcal de energía metabolizable por gramo, y las proteínas y los carbohidratos aportan aproximadamente 3.5 kcal/g. Además de su alto contenido energético, la grasa es un nutriente altamente digestible. La digestibilidad aparente de las grasas encontradas en los alimentos para mascotas de alta calidad es usualmente mayor al 90%<sup>35, 36</sup>. Por su digestibilidad y su alto contenido energético, al incrementar el nivel de grasa en una dieta, incrementa apreciablemente la densidad energética. Los gatos son capaces de mantenerse sanos cuando consumen dietas que contienen amplios rangos de contenido de grasa<sup>37, 38, 39</sup>. Como los gatos comen normalmente o son alimentados para cubrir sus necesidades energéticas, el consumo de una ración más densa en energía, resultará en un menor consumo de volumen total de alimento. Por lo tanto, si los nutrientes no son ajustados en relación con la grasa, pueden ocurrir múltiples deficiencias nutricionales.

Los períodos de alta demanda energética ocurren durante el crecimiento, la gestación, la lactancia y períodos prolongados de actividad física. Alimentando a un gato con una dieta densa energéticamente, alta en grasa durante estos períodos permite al animal consumir el número adecuado de calorías sin tener que ingerir cantidades excesivas de materia seca. Además proporcionando una dieta alta en grasa durante un período de mucha actividad física puede tener beneficios metabólicos.

La mayoría de las mascotas adultas que tienen una vida relativamente sedentaria no necesitan alimentos con altos niveles de grasa. Aunque los alimentos altos en grasa son capaces de proveer una buena nutrición y apoyar un óptimo estado de salud, los animales sedentarios pueden tender a consumir en



exceso estas dietas, se deberá usar un estricto método de alimentación basado en la porción para prevenir un consumo excesivo de energía y aumento de peso corporal.

## LA GRASA COMO UNA FUENTE DE ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

Además de proveer energía, las grasas son necesarias en la dieta de los gatos como una fuente de ácidos grasos esenciales (AGE). Los ácidos grasos que son necesarios para el metabolismo normal son el ácido linoléico y el ácido araquidónico de la serie n-6 y posiblemente el ácido alfa linolénico de la serie n-3. Todos éstos poseen largas cadenas y son ácidos grasos polinsaturados. El gato es incapaz de sintetizar ácido araquidónico por la falta de la delta 6 desaturasa y una baja actividad de la delta 5 desaturasa en el hígado<sup>40-43</sup>. Recientemente se ha demostrado que los gatos también tienen bajos niveles de las enzimas delta 8, delta 5 y delta 4 desaturasas<sup>44,45</sup>. Cuando el ácido linoléico está presente en la dieta, pero no el araquidónico, los gatos desarrollan agregación plaquetaria dispareja y trombocitopenia, las gatas tienen problemas al liberar gatitos viables<sup>46,47</sup>. Curiosamente el desarrollo reproductivo del macho no está asociado con una deficiencia de ácido araquidónico, lo cual parece ser por la capacidad de los testículos de producir ácido araquidónico a partir de linoleato para su propio uso. Además, los gatos que tienen deficiencias de ácido araquidónico muestran ligeros incrementos en el contenido graso neutral hepático y mineralización generalizada de los riñones. Otros signos clínicos pueden incluir un pelaje en pobres condiciones, retraso en el crecimiento, fallas en la reparación de heridas y el desarrollo de heridas en la piel<sup>42,48</sup>. La adición de 0.04% de ácido araquidónico en energía metabolizable a dietas purificadas que contienen el nivel adecuado de ácido linoléico da por resultado un desempeño reproductivo normal en hembras. El ácido linoléico sólo se requiere en la dieta de los perros, pero la dieta de los gatos debe contener tanto el ácido linoléico como el ácido araquidónico. Un ácido graso similar, el linoleato, es esencial para el mantenimiento de las funciones normales de la piel, como lo son la regulación de la permeabilidad del agua<sup>49</sup>. El ácido linoléico también funciona como un precursor para varios ácidos grasos derivados que son esenciales para el cuerpo, pues forman parte de la estructura de las membranas, par



crecimiento normal, mantenimiento de la condición de piel y pelo, y para el transporte de lípidos en la sangre. El ácido araquidónico dietario es requerido por el gato para funciones que dependen principalmente de la formación de eicosanoides a partir del ácido araquidónico para funciones como la reproductiva y la agregación plaquetaria<sup>47</sup>

## REQUERIMIENTOS DE GRASA DIETARIA Y ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES (ÁGE)

Es difícil dar estimados exactos de los requerimientos en los gatos pues niveles adecuados de ácido linoléico en la dieta disminuirán el requerimiento de ácido araquidónico y altos niveles de ácido araquidónico pueden alcanzar a cubrir algunas de las necesidades de ácido linoléico<sup>50</sup>. Un estudio demostró que el ácido linoléico dietario en un nivel de 6.7% de las calorías de la dieta es adecuado para prevenir signos de deficiencia en el gato<sup>45</sup>. La extrapolación de datos en el índice de desaturación de los lípidos del hígado y la comparación de datos reportados en la rata se usaron para determinar un requerimiento de ácido linoléico de 2.5% de las calorías en la dieta<sup>51,52,53</sup>. Otros datos demostraron que el 0.4% de la energía proporcionada como ácido araquidónico sería adecuada para soportar la producción en las hembras, siempre que la dieta no incluyese otros ácidos grasos polinsaturados<sup>47</sup>. Muchos aceites de pescados contienen ácidos grasos n-3 que inhiben la capacidad del cuerpo de usar el ácido araquidónico. Las recomendaciones del N.R.C. son suplir 0.02% del peso seco de una dieta con una densidad energética de 5000 kcal de energía metabolizable por kilogramo, en forma de ácido araquidónico<sup>54</sup>. Esta cantidad recomendada es equivalente al 0.04% de las calorías metabolizables. El mismo grupo recomienda que el ácido linoléico se supla en un mínimo de 1.0% de las calorías metabolizables en la dieta seca para cubrir las necesidades de todas las etapas de vida del gato<sup>54</sup>. El Perfil de Nutrientes de la AAFCO recomienda 0.5% de ácido linoléico y 0.02% de ácido araquidónico en dietas que contengan 4000 kcal/kg de energía metabolizable<sup>55</sup>



## DEFICIENCIAS Y EXCESOS

Pequeñas cantidades de grasa en la dieta pueden llevar a deficiencias tanto en la energía total como en los AGE. La palatabilidad de las dietas para gato está fuertemente afectada por el contenido de grasas. Hasta cierto límite, la grasa resulta un promotor de la palatabilidad. Similarmente, disminuyendo la grasa por debajo de cierto nivel también se ve afectada negativamente la aceptación de la dieta. Se cree que este efecto es el resultado de la consistencia y el sabor que la grasa añade a los alimentos comerciales. Como las dietas bajas en grasa pueden no ser aceptadas fácilmente, su potencial para causar una deficiencia de energía o AGE es exacerbada al causar una disminución en el consumo de alimento.

En los perros, la deficiencia de AGE da por resultado un pelaje seco, opaco, pérdida de pelo y el eventual desarrollo de lesiones cutáneas. Con el paso del tiempo la piel se torna prurítica, grasosa y susceptible a infecciones. Un cambio en la superficie de lípidos en la piel altera la flora bacteriana normal y puede predisponer de nuevo al animal a infecciones bacterianas secundarias<sup>56</sup>. La deficiencia de ácido linoléico en los gatos da por resultado signos dermatológicos similares. Además los gatitos tendrán problemas de crecimiento y pueden desarrollar degeneración grasa del hígado y deposición grasa en los riñones<sup>50,57,58</sup>.

Las deficiencias de AGE no son comunes en los gatos, estas deficiencias se desarrollan solamente cuando un período de tiempo largo. Cuando ocurren, están asociadas generalmente al consumo de dietas que tienen una pobre formulación o que no han sido almacenadas adecuadamente. La mayoría de las dietas contienen las cantidades suficientes de AGE pero su exposición a altas temperaturas ambientales y humedad por largos períodos de tiempo pueden promover la oxidación de los ácidos grasos insaturados en el alimento. Este proceso es llamado generalmente como rancidez. Si hay una cantidad insuficiente de antioxidantes la actividad de los AGE es destruida. Al ser destruidos por la oxidación no sólo disminuye la actividad de los AGE, también lo hace la de las vitaminas D, E y la biotina. Las deficiencias de AGE también pueden ocurrir en los gatos como complicación de otras enfermedades como la pancreatitis, enfermedad biliar, enfermedad hepática y malabsorción<sup>56</sup>.

que los alimentos comerciales generalmente no causan deficiencias de AGE o grasas, muchos propietarios creen que suplementar la dieta de su mascota con aceite de maíz o algún otro tipo de grasa mejorará la calidad del pelaje. Este suplemento será efectivo solamente si la mascota realmente sufre de deficiencia de AGE o grasa. Si este es el caso, basta con cambiar totalmente la dieta a una que esté balanceada y que aporte todos los nutrientes esenciales en las proporciones correctas, incluyendo a AGE y la grasa. El añadir de una fuente de grasa y/o AGE a la dieta deficiente puede o no resolver el déficit de AGE y tiene el potencial de desbalancear más adelante la ración que de por sí ya es adecuada. En algunos casos la suplementación de ácidos grasos puede ser efectiva para tratar algunas enfermedades inflamatorias e hiperproliferativas en la piel. Estudios recientes indican que el proveer de ciertos tipos de ácidos grasos poliinsaturados promueve la formación de un menor número de agentes inflamatorios, dando por resultado una disminución en los síntomas clínicos.

Un exceso de grasa también puede ser dañino para la salud de los gatos. Pues aunque son capaces de digerir y asimilar dietas que contengan altos niveles de grasa<sup>59,60</sup>, no hay que pasar por alto que al añadir más grasa de la que el tracto gastrointestinal puede digerir y absorber efectivamente, dará por resultado heces grasosas (esteatorrea) y diarrea. Este problema es comúnmente observado cuando los propietarios proveen a su gato con sobras de la mesa que están compuestas principalmente de alimentos grasosos. Además el consumo a largo plazo de dietas que son muy altas en grasa puede llevar a una ganancia de peso y obesidad por la alta palatabilidad y densidad energética de la dieta. El dar dietas que son muy altas en grasa y no tienen a los demás nutrientes balanceados respecto a la grasa puede dar por resultado el desarrollo de deficiencias de otros nutrientes esenciales.

Niveles excesivos de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta causa un incremento en el requerimiento de vitamina E por parte del animal. La vitamina E funciona como un antioxidante en el cuerpo, protegiendo a los lípidos de la membrana celular de la peroxidación. Las vitaminas serán ionizadas preferencialmente antes de los ácidos grasos insaturados, así los protegen de la rancidez. Sin embargo, la vitamina E es destruida en este proceso. Por lo tanto si el nivel de ácidos grasos insaturados en la dieta

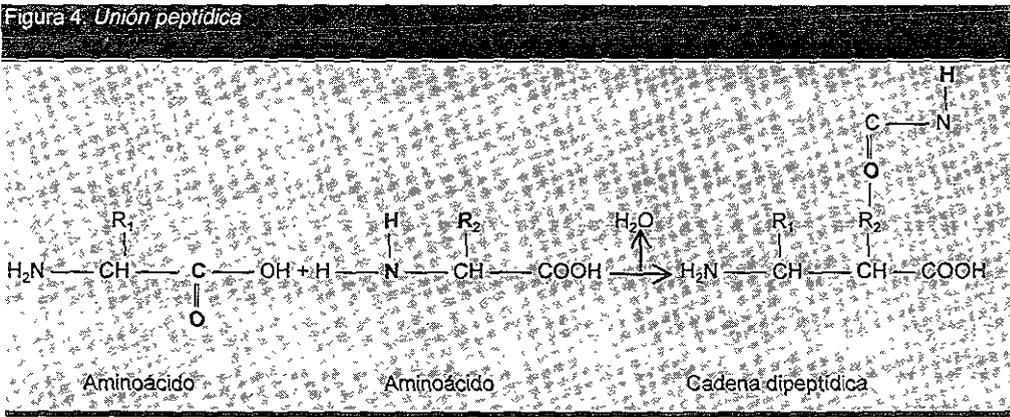
aumenta, también lo hará el requerimiento de vitamina E. Si un alimento para gatos contiene niveles altos de ácidos grasos polinsaturados o si el propietario suplementa una dieta balanceada con grandes cantidades de aceite de maíz o aceite vegetal, la vitamina E debe ser aumentada también. En los gatos existe una condición llamada pansteatitis o "enfermedad de la grasa amarilla" que ocurre cuando las dietas son altas en ácidos grasos insaturados y hay un bajo nivel de vitamina E.

## PROTEÍNA Y AMINOÁCIDOS

Las proteínas son moléculas complejas que, como los carbohidratos y las grasas, contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Además, todas las proteínas contienen nitrógeno y la mayoría contienen azufre. Todas las proteínas contienen aproximadamente 16% de nitrógeno. Esto ha dado por resultado el desarrollo del examen del balance de nitrógeno, el cual es usado para estimar el estado proteico del cuerpo del animal. Los exámenes de balance de nitrógeno miden el consumo y la excreción de nitrógeno en los animales que reciben una dieta experimental. La pérdida o ganancia neta de nitrógeno indica aumentos o decrementos en las reservas totales de proteína en el cuerpo. Los aminoácidos son las unidades básicas de las proteínas y están unidas por uniones peptídicas que forman grandes cadenas proteicas (Figuras 4 y 5). Las proteínas pueden cambiar de tamaño desde varios aminoácidos hasta grandes y complejas moléculas constituidas de cadenas de péptidos dobladas intrincadamente, y pueden clasificarse como de forma simple o compleja. Cuando la hidrólisis comienza las proteínas simples liberan aminoácidos o sus derivados. Los ejemplos incluyen a la albúmina en el plasma sanguíneo, la lactoalbúmina en la leche, la zeína en el maíz y las proteínas estructurales queratina, colágeno y elastina. Las proteínas complejas o conjugadas están constituidas de moléculas de proteínas simples combinadas con una molécula no proteica. Algunos tipos de proteínas complejas incluyen a las nucleoproteínas, glucoproteínas y fosfoproteínas. Las proteínas en el cuerpo tienen numerosas funciones. Son los mayores componentes estructurales del pelo, plumas, piel, uñas, tendones, ligamentos y cartílagos. La proteína fibrosa colágeno es un material básico que forma la mayoría del tejido conectivo en el cuerpo.



Las proteínas contráctiles como la miosina y la actina están involucradas en la regulación de la contracción muscular. Todas las enzimas que catalizan las reacciones metabólicas esenciales del cuerpo que son esenciales para la digestión de los nutrientes y su asimilación, también son moléculas de proteína. Muchas hormonas que controlan los mecanismos homeostáticos de varios sistemas en el cuerpo están compuestas de proteínas. Por ejemplo, la insulina y el glucagón son dos hormonas involucradas en el control de los niveles normales de glucosa. Las proteínas encontradas en la sangre actúan como acarreadores de sustancias. Estas incluyen a la hemoglobina, que lleva el oxígeno a los tejidos; la transferrina, que transporta hierro, y la proteína unida al retinol, que transporta a la vitamina A. Además a sus funciones de transporte, las proteínas plasmáticas también contribuyen a la regulación del balance ácido - base. Por último, el sistema inmune se basa en sustancias proteicas. Los anticuerpos que mantienen la resistencia del cuerpo hacia enfermedades están compuestos de grandes moléculas de proteína.



Las proteínas presentes en el cuerpo no están estáticas, más bien están en un constante estado de flujo que involucra la degradación y la síntesis. Aunque los tejidos varían grandemente en su tasa de conversión, todas las moléculas proteicas en el cuerpo son eventualmente catabolizadas y repuestas. Durante el crecimiento y la reproducción se necesita proteína adicional para la creación de nuevos tejidos. Un in flujo regular de proteína y nitrógeno, provisto por la dieta, es necesario para mantener los procesos

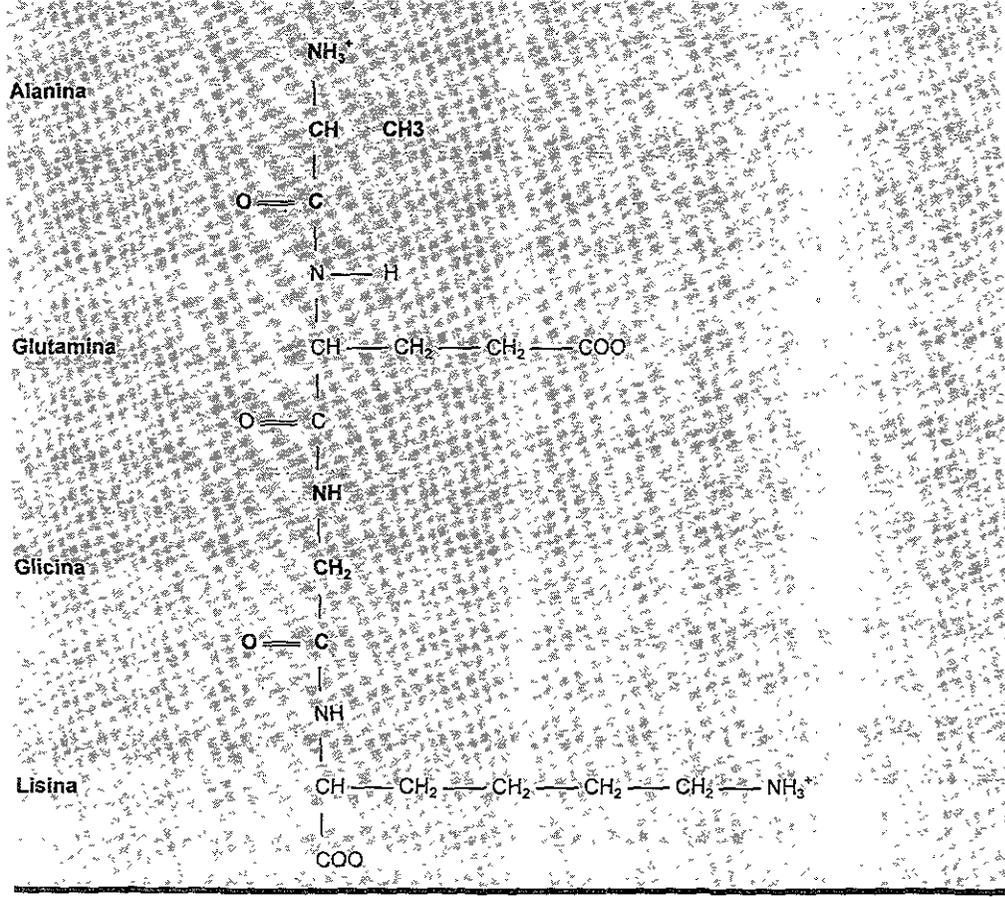
metabólicos normales y para proveer a los tejidos de mantenimiento y crecimiento. El cuerpo tiene la capacidad de sintetizar nuevas proteínas a partir de aminoácidos, proporcionando así a los tejidos celulares los aminoácidos disponibles. A los niveles celular y tisular no importa si los aminoácidos que están presentes fueron sintetizados por el cuerpo, aportados en la dieta como unidades de aminoácido individuales o aportados por la dieta en forma de proteínas intactas. Por lo tanto es correcto mencionar que el cuerpo no tiene un requerimiento real de proteína per se, pero si tiene un requerimiento de ciertos aminoácidos y un cierto nivel de nitrógeno. Este requerimiento todavía se etiqueta como requerimiento de proteína en la dieta porque la mayoría de las dietas contienen fuentes de proteínas intactas y no de aminoácidos individuales.

En las cadenas proteicas se encuentran 22 diferentes alfa-aminoácidos. El término "alfa" denota la unión del grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) al primer carbón (alfa-) en la molécula. De estos 22 alfa-aminoácidos, si el cuerpo recibe una adecuada fuente de nitrógeno en la dieta, puede sintetizar 12 en un nivel suficiente para cubrir los requerimientos corporales de crecimiento, desarrollo y mantenimiento. A éstos se les llama aminoácidos no esenciales o dispensables y pueden ser aportados por la dieta o sintetizados por el cuerpo. Los restantes 10 aminoácidos no pueden ser sintetizados en un nivel suficiente para cubrir los requerimientos del cuerpo. Estos son los aminoácidos esenciales, y deben ser aportados por la dieta del gato. Además de estos 10, el gato tiene un requerimiento adicional de taurina, un ácido beta-sulfónico. (Ver Tabla 1).

La proteína de la dieta cumple importantes funciones. Provee de los aminoácidos esenciales, los cuales son utilizados para la síntesis de proteína para el crecimiento y reparación de los tejidos y es la principal fuente de energía del cuerpo. El nitrógeno es esencial para la síntesis de los aminoácidos no esenciales y otras moléculas que contienen nitrógeno, como los ácidos nucleicos, las purinas, las pirimidinas y ciertas sustancias neurotransmisoras. Los aminoácidos aportados por la proteína de la dieta también pueden ser metabolizados para producir energía. La energía bruta de los aminoácidos es de 5.65 kilocalorías por gramo (kcal/g). Cuando se suman las pérdidas fecales y urinarias, la energía metabolizable de la proteína

en las dietas de gato es aproximadamente de 3.5 kcal/g, aproximadamente la misma cantidad de energía que es aportada por los carbohidratos de la dieta. Los animales son incapaces de almacenar el exceso de aminoácidos. Los excedentes de aminoácidos son usados directamente para producir energía o son convertidos a glucógeno o grasa para almacenar energía. Una función extra de las proteínas en las dietas para gato es la de funcionar como una fuente de sabor. Los diferentes sabores son creados cuando las proteínas son procesadas en la presencia de carbohidratos y grasas. En general, conforme incrementa el contenido de proteína de una dieta, también lo hacen la palatabilidad y la aceptación.

**Figura 5. Cadena proteica simple**



El grado al cual un gato es capaz de usar la proteína de la dieta como una fuente de aminoácidos y nitrógeno, se ve afectado por la digestibilidad y la calidad de la proteína incluida en la dita. Las proteínas que son altamente digestibles y contienen todos los aminoácidos esenciales en las proporciones correctas de acuerdo a las necesidades del animal, se consideran proteínas de alta calidad.

**Tabla 1. Aminoácidos esenciales y no esenciales para los gatos.**

<b>Aminoácidos Esenciales</b>	<b>Aminoácidos No Esenciales</b>
Arginina	Alanina
Histidina	Asparagina
Isoleucina	Aspartato
Leucina	Cisteína
Lisina	Glutamato
Metionina	Glutamina
Fenilalanina	Glicina
Triptofano	Hidroxilisina
Treonina	Hidroxiprolina
Valina	Prolina
Taurina	Serina
	Tirosina

En contraste, aquellas que tienen baja digestibilidad o están limitadas en uno o más de los aminoácidos esenciales son de baja calidad. Entre mayor sea la calidad de la proteína en una dieta, menor será la cantidad necesaria por el gato para alcanzar sus necesidades de aminoácidos esenciales. Se han desarrollado varios métodos para evaluar la calidad de la proteína (Figura 6). Cada uno de estos métodos tiene ventajas y desventajas específicas respecto a la eficacia para evaluar la calidad general de las fuentes de proteína que se incluyen en los alimentos formulados para gatos.

Requerimientos mínimos de aminoácidos para crecimiento de gatos

Aminoácido	Mg/kcal de Energía Metabolizable
Arginina	2.5
Histidina	0.6
Isoleucina	1.1
Leucina	<2.6
Lisina	1.7
Metionina o Metionina + Cisteína	0.8 o 1.6
Fenilalanina o Fenilalanina + Tirosina	1.1 o 2.2
Taurina	0.1
Treonina	1.5
Triptofano	0.25
Valina	<1.3

Varias pruebas analíticas predicen la calidad de la proteína basadas completamente en la composición de los aminoácidos esenciales de las proteínas

La puntuación química es un índice que involucra la comparación de la composición de aminoácidos de una fuente dada de proteína con el patrón de aminoácidos de una proteína de referencia de muy alta calidad.

**Figura 6. Métodos para determinar la calidad de la proteína.**

**Puntuación Química**

$$\frac{\text{Aminoácido limitante en la prueba de proteína (\%)}}{\text{Aminoácido en particular en la proteína de referencia (\%)}}$$

**Índice de Aminoácidos Esenciales (IAAE)**

$$\frac{\text{Aminoácido en la prueba de proteína (\%)}}{\text{Mismo aminoácido en la proteína de referencia (\%)}} \times \text{Suma de todos los aminoácidos esenciales}$$

**Contenido Total de Aminoácidos Esenciales (E/T)**

$$\frac{\text{Cantidad de nitrógeno aportada por aminoácidos esenciales en la fuente de proteína}}{\text{Cantidad total de nitrógeno en la fuente de proteína}}$$

**Tasa de Eficiencia de Proteína (TEP)**

$$\frac{\text{Peso ganado por el animal (g)}}{\text{Proteína consumida por el animal (total de g)}}$$

**Valor Biológico (VB)**

$$\frac{\text{Nitrógeno del alimento} - (\text{Nitrógeno fecal} + \text{Nitrógeno urinario})}{\text{Nitrógeno del alimento} - \text{Nitrógeno fecal}}$$

**Utilización Neta de Proteína (UNP)**

$$\text{VB de la proteína} \times \text{Digestibilidad de la proteína}$$

La proteína de huevo se usa comúnmente como la proteína de referencia y se le da una puntuación química de 100. Los aminoácidos esenciales de los que se encuentra un déficit en el examen de proteína se les llama aminoácidos limitantes porque limitarán la capacidad del cuerpo para usar dicha proteína. El porcentaje presente de ese aminoácido en el valor de la proteína evaluada en correspondencia con

valor en la proteína de referencia, determina la puntuación química del examen de proteína. Los tres aminoácidos en los alimentos que generalmente son aminoácidos limitantes son la metionina, el triptofano y la lisina. En algunos alimentos comerciales, se han reportado como limitantes la arginina y la isoleucina, de acuerdo al análisis por puntuación química<sup>61</sup>.

Valor Biológico de algunos ingredientes proteicos comunes en alimentos para mascotas.	
Alimento	Valor Biológico
Huevo	100
Harina de pescado	92
Leche	92
Hígado	79
Carne de res	78
Caseína	78
Caseína + Metionina	100
Harina de soya	67
Carne y harina de hueso	50 (variable)
Trigo entero	48
Maíz entero	45
Gelatina	0*

\*No contiene al aminoácido esencial triptofano

Aunque la puntuación química brinda información útil acerca de las deficiencias de la fuente de proteína, su valor se basa completamente en el nivel del aminoácido más limitante en la proteína y no toma en cuenta las proporciones de los aminoácidos esenciales restantes.

Una versión modificada de la puntuación química, llamada Índice de aminoácidos esenciales (IAAE), mide la contribución que una proteína hace al total de aminoácidos esenciales, más que considerar solamente el que presenta el mayor déficit. El IAAE de una proteína se calcula como la razón geométrica de las proporciones de cada uno de los aminoácidos esencial en la proteína a evaluar entre sus valores correspondientes en la proteína de referencia<sup>62</sup>. Por último, el contenido total de aminoácidos esenciales (E/T) se calcula como la proporción del nitrógeno total en una fuente de proteína que es aportado por los

aminoácidos esenciales. Aunque la puntuación química y el IAAE indican la calidad del perfil de aminoácidos, el EIT mide la cantidad total de aminoácidos esenciales dentro de una fuente de proteína en particular.

Las estimaciones de la calidad de la proteína a partir de la composición de aminoácidos es de ayuda al asegurar la calidad de proteína cuando se usan combinaciones de diferentes proteínas en el alimento y para asegurar las fuentes de proteína que han sido suplementadas con aminoácidos purificados. Sin embargo, estos exámenes están limitados por el hecho de que no proveen información acerca de la digestibilidad de la proteína o la disponibilidad de sus aminoácidos. Por ejemplo, el calor usado en el procesamiento puede dañar la proteína del alimento, dando por resultado una disminución en la disponibilidad de ciertos aminoácidos. Usando un simple análisis analítico basado en la composición de los aminoácidos, no revelaría algún cambio. Por lo tanto el aseguramiento de una fuente de proteína requiere que las pruebas de alimentación sean conducidas, alimentando a un número predeterminado de animales de prueba, con la proteína en cuestión .

La tasa de eficiencia de la proteína (TEP) es una de las pruebas de alimentación más simples y comunes, utilizadas para medir la calidad de la proteína. Se miden los cambios de peso y la TEP se calcula como los gramos de peso ganados, divididos entre el total de gramos de proteína consumida. El valor de la TEP indica la capacidad de la fuente de proteína para ser convertida a tejido en el animal en crecimiento. Una falla de esta prueba para medir la calidad de la proteína en los alimentos para gato, es que ésta asume que el peso ganado en los animales en crecimiento está directamente relacionado con la retención de nitrógeno. Aunque esto ha sido probado como cierto en ratas, algunos investigadores creen que esto no pueda aplicarse de igual modo a otras especies. Además, cualquier factor que influya la tasa de crecimiento del animal durante el estudio, sin importar si está relacionado con la calidad de la proteína, afectará el valor calculado de la TEP. Un método para tomar en cuenta estos problemas es incluir un grupo control positivo y otro negativo en el estudio de la TEP. El grupo de control positivo se alimenta con una dieta con una proteína de referencia (huevo), y el grupo negativo se alimenta con una dieta libre



proteína. Los efectos del grupo sin proteína se sustraen de los efectos en el examen de proteína del grupo cuando el estudio se ha terminado.

El valor biológico y la utilización neta de la proteína proveen medidas confiables de la calidad de la proteína, pero requieren más tiempo y trabajo que en el caso de las pruebas de TEP. El valor biológico (VB) se define como el porcentaje de la proteína absorbida que es retenido por el cuerpo. Es una medida de la capacidad del cuerpo de convertir los aminoácidos absorbidos a tejido. Se deben realizar estudios del balance de nitrógeno, donde se junten y se midan el nitrógeno del alimento, el fecal y el urinario. Los animales deben estar en un estado fisiológico de mantenimiento, y la dieta debe contener niveles adecuados de carbohidratos y grasa para asegurar que la proteína en la dieta no es metabolizada para producir energía. El VB verdadero puede ser determinado registrando las pérdidas fecales y urinarias de nitrógeno endógeno cuando el animal consume una dieta sin proteína. Un problema usando el VB como una medida de la calidad de la proteína es que no considera la digestibilidad de la proteína. Teóricamente, si se absorbe una pequeña porción de una proteína muy poco digestible, y se usa eficientemente en el cuerpo, se le podría asignar un VB muy alto.

La utilización neta de proteína (UNP) se calcula como el producto de el VB de una proteína y su digestibilidad. La UNP mide la proporción de la proteína consumida que es retenida por el cuerpo. Una proteína que es 100% digestible podría tener valores de VB y UNP que fueran iguales. Por otro lado, una proteína pobremente digestible podría tener un valor de UNP mucho menor que el VB. Aunque el VB y la UNP se consideran como indicadores muy importantes de la calidad de la proteína, los datos registrados en experimentos de balance de nitrógeno pueden ser afectados por el nivel de proteína en la dieta, el consumo energético y el estado fisiológico del animal. Además de esto, aunado a una o más de las pruebas descritas anteriormente, la calidad de la proteína en un alimento para gato deberá ser asegurada siempre a través de pruebas de alimentación donde el alimento sea probado con los animales para los cuales fue desarrollado. Los efectos a largo plazo en la salud y vitalidad también se deben evaluar para



determinar por completo la calidad de una proteína en particular o de una mezcla de proteínas en un alimento.

### REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA

El requerimiento proteico de un animal se define como el consumo mínimo de proteína de la dieta que promueve un desempeño óptimo<sup>63</sup>. Los criterios utilizados con más frecuencia para evaluar el desempeño cuando se determinan los requerimientos proteico de los gatos son el balance de nitrógeno y la tasa de crecimiento. Los estudios de balance de nitrógeno utilizan como hecho que la proteína, en promedio, contiene 16% de nitrógeno. El contenido de nitrógeno del alimento y la materia excretada se mide generalmente usando un examen analítico llamado método Kjeldahl<sup>64</sup>. Una medida del consumo de nitrógeno y la excreción del cuerpo, provee un estimado del estado de proteína del cuerpo. El balance de nitrógeno se calcula así:

$$\text{Balance de Nitrógeno} = \text{Consumo de nitrógeno} - \text{Excreción de nitrógeno en orina y heces.}$$

El nitrógeno en las heces está constituido por la proteína de la dieta sin absorber y el nitrógeno de fuentes endógenas. El nitrógeno de la orina se compone principalmente de urea, la cual es un producto final del catabolismo de las proteínas. Otras pérdidas de nitrógeno ocurren a partir de las células de descamación de la superficie de la piel, del pelo y las uñas. Sin embargo, estas pérdidas son muy difíciles de medir y generalmente no son consideradas cuando se mide en balance de nitrógeno en estudios experimentales. Los estudios con animales en crecimiento utilizan el máximo balance positivo de nitrógeno o la máxima tasa de crecimiento para indicar un nivel de proteína en la dieta que sea adecuado; los estudios para animales adultos usan un balance de nitrógeno igual a cero para indicar la adecuación de la proteína de la dieta. Un balance de nitrógeno igual a cero significa que la pérdida total de proteína del cuerpo es reemplazada con el consumo, sin ganancia o pérdida de peso en la proteína total del cuerpo. Aunque la mayoría de los estudios de requerimientos han usado un balance de nitrógeno igual a cero para asegurar el requerimiento de proteína de los animales adultos, es importante reconocer que las dietas q

contienen este nivel de proteína podrían no ser adecuadas para promover un desempeño óptimo y un estado de salud.

El equilibrio de nitrógeno (balance cero) es el estado normal para los animales adultos saludables durante el mantenimiento. Un animal es descrito como en estado de balance positivo de nitrógeno cuando se está sintetizando nuevos tejidos en el cuerpo, como durante las etapas fisiológicas del crecimiento y la gestación, o durante la fase de recuperación después de una enfermedad prolongada o un traumatismo severo. El balance negativo de nitrógeno resulta cuando la excreción de proteína excede al consumo. Un animal que exhibe un balance negativo está perdiendo nitrógeno de los tejidos más rápido de lo que lo reemplaza. Esta pérdida de nitrógeno puede ocurrir por diversas razones. Si el animal está consumiendo una cantidad insuficiente de energía, los tejidos corporales deben ser catabolizados para proveer de energía al cuerpo. Si se dan niveles inadecuados de proteína disponible y/o aminoácidos, el reemplazo de los tejidos no se puede llevar a cabo. Las enfermedades severas o prolongadas o los traumatismos dan por resultado un estado catabólico en los animales que es evidenciado por el excesivo uso de los tejidos corporales y un balance negativo de nitrógeno. Las pérdidas de nitrógeno en exceso en la orina durante falla renal o del tracto gastrointestinal durante algunos tipos de enfermedades gastrointestinales pueden causar también un balance negativo de nitrógeno (Tabla 2)

## FACTORES QUE AFECTAN EL REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA

La determinación de los requerimientos exactos de proteína para los gatos es difícil de calcular debido a muchos factores que pueden afectar las necesidades individuales de los animales para este nutriente. Los factores de la dieta que afectan el balance de nitrógeno incluyen calidad de proteína y composición de aminoácidos, digestibilidad de la proteína y la densidad energética de la dieta. Además, el nivel de actividad de un animal, el estado fisiológico y el estado nutricional previo pueden influenciar los requerimientos de proteína que son determinados mediante pruebas de balance de nitrógeno o de la tasa de crecimiento (Figura 7)



**Tabla 2. Estados del balance de nitrógeno**

Estado	Balance	Etapa Fisiológica
Cero	Consumo de N* = Excreción de N	Mantenimiento
Positivo	Consumo de N > Excreción de N	Crecimiento, gestación, recuperación de enfermedad
Negativo	Consumo de N < Excreción de N	Nutrición inapropiada, enfermedad severa o traumatismo, pérdidas urinarias en falla renal, pérdidas del tracto gastrointestinal durante ciertas enfermedades

N\* = Nitrógeno

Los requerimientos de proteína de un gato varían inversamente respecto a la digestibilidad de la fuente de proteína y con su capacidad de proveer de todos los aminoácidos esenciales en sus correctas cantidades y proporciones. Conforme aumente la digestibilidad y la calidad de la proteína, el nivel de proteína que debe ser incluido en la dieta para cubrir los requerimientos del animal, disminuirán. La mayoría de los estudios de requerimientos de proteína que se han realizado en gatos han usado dietas purificadas o bien semipurificadas.

Las proteínas y los aminoácidos en estas dietas son altamente digestibles y disponibles. Sin embargo, la mayoría de las fuentes de proteína que son utilizadas hoy en día en los alimentos comerciales para mascotas, comparativamente tienen bajos coeficientes de digestibilidad. Por ejemplo, la digestibilidad de la proteína en una dieta semipurificada se aproxima al 95%, pero la proveniente de alimentos comerciales de alta calidad varía entre 80% y 90%. Por otra parte, los alimentos comerciales de baja calidad tienen porcentajes de digestibilidad menores al 75%<sup>65</sup>. Como resultado de estas diferencias, los estudios de requerimientos con dietas purificadas o semipurificadas, tienden a subestimar los requerimientos de proteína de los animales que consumen dietas con proteínas mezcladas que contienen menos nutrientes disponibles.



Figura 7. Factores que afectan los requerimientos de proteína.

**Calidad de la proteína:** conforme aumenta la calidad de la proteína, disminuyen los requerimientos de proteína.

**Composición de aminoácidos:** conforme mejora la composición de los aminoácidos, disminuye el requerimiento de proteína.

**Digestibilidad de la proteína:** conforme aumenta la digestibilidad de la proteína, disminuyen los requerimientos de proteína.

**Densidad energética:** conforme aumenta la densidad energética, el requerimiento de proteína expresado en porcentaje de la dieta disminuye.

La calidad de la proteína también influye el requerimiento de proteína de un animal, entre mayor sea el valor biológico de una proteína, se requerirá una menor cantidad para cubrir todas las necesidades de aminoácidos esenciales. Por lo tanto, conforme la calidad de la proteína en la dieta aumenta, los requerimientos estimados disminuyen. De nuevo, las dietas que fueron usadas en la mayoría de los estudios de requerimientos de aminoácidos y proteínas, tenían contenidos de aminoácidos que fueron ajustados cuidadosamente para ajustarse a las necesidades de los experimentos. Pocas son las fuentes de proteína naturales que tienen la composición e aminoácidos que se ajustan específicamente a los requerimientos de los animales de compañía. Las fuentes más prácticas de proteína contienen excesos de algunos aminoácidos y deficiencias o excesos de otros, dependiendo de los requerimientos del animal. Los alimentos comerciales para mascotas corrigen todas estas fallas de adecuación usando mezclas de fuentes de proteína que tienen perfiles complementarios de aminoácidos esenciales

Se pueden aplicar factores de corrección a los estimados de los requerimientos que fueron determinados usando dietas purificadas o fuentes de proteína de alta calidad. Estos factores consideran las diferencias en la digestibilidad de la proteína y la calidad en las fuentes incluidas en los alimentos comerciales para mascotas<sup>66, 67</sup> Sin embargo, los ingredientes que son usados<sup>67</sup> en la formulación de las raciones comerciales pueden variar grandemente en la digestibilidad y calidad de la proteína<sup>68, 69</sup> Por lo tanto se



deberá tener mucho cuidado cuando se interpretan y se usan los datos de requerimientos que han sido derivados de estudios que usan dietas purificadas. Al final, la única proporción totalmente efectiva para evaluar el contenido de aminoácidos o proteína de una dieta en particular es utilizar esa dieta para alimentar a los animales y evaluar minuciosamente los resultados.

La densidad calórica de una dieta usada en un estudio de requerimiento, afecta significativamente el requerimiento estimado de proteína. La presencia de calorías de origen no proteico en una ración tiene un efecto de ahorro de proteína. Una dieta debe cubrir primero los requerimientos energéticos de un animal antes que los nutrientes que contienen energía puedan ser usados para otros propósitos. Por lo tanto una presencia suficiente de calorías de origen no protéico en forma de carbohidratos o grasas evitarán que la proteína de la dieta sea metabolizada para producir energía. Si no se aportan suficientes calorías de origen no proteico, al menos una porción de la proteína de la dieta será metabolizada como fuente energética. Cuando ocurren consumos calóricos que son menores que los requerimientos energéticos del animal, la proteína no estará disponible para la construcción o reemplazo de tejidos corporales porque será utilizada para producir energía. Así tenemos que cuando una dieta está limitada tanto en energía y proteína, resultan luego pérdidas de peso y pérdidas de tejidos corporales. Los estudios de balance de nitrógeno han mostrado que cuando el nivel de la proteína de la dieta es constante, la retención de nitrógeno aumenta conforme el consumo calórico aumenta y se acerca a los requerimientos de energía del animal<sup>70</sup>.

Hay un segundo aspecto de la relación entre la proteína y la energía que se debe examinar; suponiendo que haya una cantidad adecuada de energía de origen no protéico presente en la dieta, al aumentar la densidad energética de la dieta, se requerirá una mayor concentración total de proteína para una mayor retención de nitrógeno. Los factores más importantes que afectan la densidad energética de los alimentos comerciales para mascotas son la concentración de grasa de la dieta y la digestibilidad de la dieta. La relación entre la densidad energética y el contenido de proteína se ilustra por el resultado de un experimento con cachorros en crecimiento, cuando la dieta contenía 25% de proteína y 20% de grasa,



obtenía una tasa máxima de crecimiento<sup>71</sup>. Sin embargo, cuando el contenido de grasa de la dieta era incrementado a 30%, era necesario un 29% de proteína cruda para mantener el máximo crecimiento. La razón para este cambio se debe a una tendencia del animal para comer hasta satisfacer sus necesidades de energía. Con tal que estos controles estén en su lugar, un animal consumirá naturalmente menos de una ración más densa en energía. Los propietarios que usan métodos de alimentación de porción controlada usualmente ajustan la cantidad de acuerdo con el peso de la mascota y/o la tasa de crecimiento. Por lo tanto los métodos de alimentación de porción controlada se regulan todavía de acuerdo a los requerimientos de energía del animal. Cuando se proveen menores cantidades de alimento, la proteína debe contribuir en una mayor proporción de la dieta, así el animal todavía será capaz de alcanzar sus necesidades totales de proteína. Aunque la proteína es el ejemplo usado más comúnmente, esta relación con la energía también se aplica a todos los otros nutrientes esenciales<sup>72</sup>.

Los estudios de requerimientos de proteína también toman en cuenta el estado nutricional previo y el estado fisiológico del animal. La cantidad de proteína absorbida necesaria para producir un equilibrio de nitrógeno depende del grado de depleción de proteína. El estado fisiológico también afecta directamente el balance de nitrógeno y por lo tanto afectarán los resultados de los estudios de requerimientos que usan el balance de nitrógeno. En los gatitos en crecimiento, la tasa de crecimiento y por lo tanto, el requerimiento de proteína, disminuyen gradualmente con la edad<sup>68,73-76</sup>.

## REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA EN EL GATO

Estudios recientes de los requerimientos de nutrientes en el gato mostraron que el gato tiene un requerimiento de proteína que es sustancialmente mayor a los de otros mamíferos, incluyendo el perro<sup>74,77,78</sup>. Cuando los gatitos en crecimiento fueron alimentados con diferentes niveles de proteína de la dieta suplida en forma de arenque picado e hígado picado, se reportó que el crecimiento era satisfactorio solamente cuando la proteína excedía el 30% del peso seco de la dieta<sup>74</sup>. Estos resultados fueron comparados con los estudios de requerimientos en los cachorros en crecimiento que mostraron que los



cachorros en crecimiento alimentados con dietas mezcladas requerían solamente 20% de proteína para un adecuado crecimiento y desarrollo. Uno de los primeros estudios de los requerimientos de proteína en el gato adulto reportó que el 21% de proteína de la dieta era necesaria para mantener a los gatos en balance de nitrógeno cuando eran alimentados con una dieta hecha de la mezcla de hígado y pescadillo blanco como fuentes primarias de proteína<sup>79</sup>

Más recientemente, experimentos utilizando aminoácidos cristalinos y proteínas aisladas han permitido una definición más precisa de los requerimientos mínimos de proteína de los gatitos en crecimiento y de los gatos adultos. Un estudio reportó requerimientos de 18% a 20% (por peso) en los gatitos en crecimiento, alimentados con dietas de aminoácidos cristalizados o dietas de caseína suplementadas con metionina<sup>80</sup>. Un segundo estudio reportó requerimientos de tan sólo 16% de calorías de EM cuando los gatitos en crecimiento eran alimentados con una dieta purificada que contenía todos los aminoácidos esenciales en las concentraciones y proporciones correctas<sup>75</sup>. Usando una dieta semipurificada similar, se determinó el requerimiento de proteína de los gatos adultos en 12.5% de EM<sup>81</sup>. El profundo efecto que tienen la digestibilidad de las proteínas, el balance de aminoácidos y la disponibilidad de los mismos, es ilustrado por los valores sustancialmente menores que fueron obtenidos cuando se usaron dietas purificadas y semipurificadas para determinar los requerimientos. Sin embargo, la comparación de estos valores con los requerimientos mínimos ideales de proteína de otros mamíferos demuestra que el gato, junto con otros carnívoros obligados como el zorro y el mink, tienen un mayor requerimiento de proteína en la dieta. Por ejemplo, aunque el gato requiere de 20% a 100% de proteína disponible, bien balanceada ideal para el crecimiento y 12% para el mantenimiento, el perro requiere solamente 12% y 4% respectivamente<sup>73</sup>. Debe notarse que estos valores son sustancialmente menores que el requerimiento de proteína del gato cuando es alimentado con una dieta que contiene fuentes de proteína que no están perfectamente balanceadas o 100% disponibles

Las recomendaciones de 1986 del NRC para gatos sugieren un mínimo de 240 g/kg. de proteína en dietas de gatitos en crecimiento y de 140 g/kg. en dietas de gatos adultos. Estos valores son calculados



asumiendo densidades energéticas de la dieta de 5 kcal/g. Esta cantidad equivale a 24% de proteína, o solamente 17% de calorías de EM para gatitos en crecimiento y 14% de proteína, o 10% de las calorías de EM, para adultos (Tabla 3) Estos valores asumen fuentes de proteína altamente disponibles y bien balanceadas. Las recomendaciones del NRC notan que una proporción variable de la proteína incluida en los alimentos comerciales preparados para gatos no es digestible y que los métodos de procesamiento pueden dar como resultado cambios en la disponibilidad de ciertos aminoácidos.

A raíz de esto se sugiere que las compañías de alimentos para mascotas toman en cuenta la composición de los aminoácidos de las proteínas incluidas en sus alimentos y para la digestibilidad de la proteína. Se sugiere un valor de 80% a 90% de disponibilidad para los ingredientes de alta calidad y de 60% a 70% para los de baja calidad<sup>67</sup>.

**Tabla 3. Niveles mínimos sugeridos de proteína en las dietas de gatos como porcentaje de EM**

Tipo de dieta	NRC	AAFCO
Mantenimiento de adultos	10% de EM	23% de EM
Crecimiento y reproducción	17% de EM	26% de EM

El NRC provee recomendaciones para los requerimientos mínimos de nutrientes para gatos y perros, no cantidades permitidas para su inclusión en los alimentos para mascotas. Los perfiles de la AAFCO fueron establecidos por los Comités de Expertos de Nutrición Felina y Canina, y se usan en la formulación actual de los alimentos para mascotas. Por lo tanto, no es de sorprender que el Perfil de Nutrientes para Gatos de la AAFCO sugiera un nivel sustancialmente mayor de inclusión de proteína en los alimentos para gato preparados comercialmente<sup>82</sup>. Se sugiere un nivel de 30% de proteína (en base de materia seca) para el crecimiento y la reproducción en dietas que contengan 4 kcal de EM por gramo de alimento. Este valor es equivalente al 26% de las calorías de EM. Se sugiere un nivel de 26% de la dieta para el mantenimiento de adultos. Este nivel es equivalente a cerca del 23% de las calorías (Tabla 3)



Otros investigadores sugieren un nivel mínimo de 15% de calorías de EM aportadas por una dieta de alta calidad para mantenimiento de adulto en gatos. Este nivel corresponde a un nivel de 17% (por peso) de una dieta que contenga 4 kcal/kg<sup>63</sup>

Los altos requerimientos de proteína en la dieta de los gatos es el resultado de un aumento en las necesidades para mantenimiento normal del tejido corporal más que para un aumento en las necesidades de crecimiento. Aproximadamente 60% del requerimiento de proteína de un gatito en crecimiento es usado para el mantenimiento de los tejidos corporales, y solo el 40% es usado para el crecimiento<sup>76</sup>. Lo contrario es cierto en la mayoría de las otras especies que se han estudiado. Por ejemplo, la rata en crecimiento requiere solo 35% de su proteína de la dieta para mantenimiento y 65% para crecimiento<sup>63</sup>. Similarmente, el perro en crecimiento usa solo 33% de su requerimiento de proteína para mantenimiento y 66% para crecimiento<sup>73</sup>.

Los elevados requerimientos de proteína para mantenimiento de los gatos ocurren como resultado de la incapacidad de las enzimas catabolizadoras de nitrógeno en el hígado del gato para adaptarse a cambios en el consumo de proteína en la dieta<sup>64</sup>. Cuando la mayoría de los mamíferos son alimentados con dietas que son altas en proteína, las enzimas involucradas en el catabolismo de aminoácidos, utilización de nitrógeno y gluconeogénesis, incrementan su actividad para usar el excedente de aminoácidos para convertir el exceso de nitrógeno en urea. De otro modo, cuando se proporcionan dietas bajas en proteína la actividad de esas enzimas declina, dando por resultado la conservación del nitrógeno<sup>85 87</sup>. Este mecanismo de adaptación es una ventaja distintiva porque permite a los animales conservar aminoácidos cuando consumen dietas bajas en proteína, también se genera un mecanismo para catabolizar el exceso de aminoácidos cuando se consume una dieta alta en proteína. Un estudio donde se alimentaban dos grupos de gatos adultos con dos dietas, una dieta alta en proteína (70%) o una dieta baja en proteína (17.5) por un mes<sup>84</sup>.



Las actividades de tres enzimas del ciclo de la urea y de siete enzimas catabólicas de nitrógeno del hígado fueron medidas. Con excepción de una transaminasa, no fueron detectadas diferencias significativas en la actividad enzimática de los gatos alimentados con la dieta baja en proteína y los alimentados con la dieta alta en proteína. Varias enzimas gluconeogénicas y lipogénicas también fueron medidas, ninguna mostró cambios en su actividad como respuesta a los cambios a los niveles de proteína en la dieta. Por otro lado, hay un incremento en la actividad enzimática de enzimas del hígado de las ratas en niveles desde 2.75 a 13 veces después de que eran cambiadas de una dieta baja en proteína a otra alta en proteína<sup>88</sup>.

Adunado a la incapacidad de las enzimas del gato encargadas de catabolizar la proteína, a adaptarse a los cambios en los niveles de proteína en la dieta, las enzimas involucradas en el catabolismo de nitrógeno funcionan en rangos de actividad relativamente altos<sup>84</sup>. Este estado metabólico le causa al gato catabolizar una cantidad sustancial de proteína después de cada comida, sin importar su contenido de proteína. Por lo tanto el gato no tiene la capacidad de conservar el nitrógeno de su pozo general de nitrógeno. La única alternativa que asegura la adecuada conservación de las reservas corporales de nitrógeno es el consumo consistente de una dieta con altos niveles de proteína<sup>76</sup>.

Puede especularse que a causa de la estricta adherencia del gato a una dieta carnívora, experimentó una presión de selección a lo largo de su historia evolutiva hasta desarrollar adaptaciones a dietas bajas en proteína. Como resultado, el gato está ahora obligado a consumir siempre comidas que contienen altas cantidades de proteína.

Otro factor que contribuye al requerimiento dietario del animal es su necesidad de aminoácidos esenciales. Cuando la proteína en la nutrición de los gatos por primera vez, se pensó que su alto requerimiento podría ser el resultado de un requerimiento inusualmente alto de uno o más de los aminoácidos esenciales. Los resultados de varios estudios experimentales mostraron que con excepción de requerimientos ligeramente mayores de leucina, treonina, metionina y arginina y un requerimiento en



la dieta único de taurina, los requerimientos de aminoácidos esenciales específicos no son significativamente mayores en el gato que en la rata, el perro o el cerdo<sup>76,89</sup>. Por lo tanto, los requerimientos de aminoácidos esenciales no son la causa del alto requerimiento de proteína del gato. Sin embargo, el gato doméstico tiene dos requerimientos únicos de aminoácidos esenciales. El primero involucra la incapacidad del gato para sintetizar la cantidad adecuada de arginina para el funcionamiento normal del ciclo de la urea y la síntesis de proteína, y el segundo tiene que ver con el requerimiento en la dieta de taurina, un ácido amino - sulfónico.

## ARGININA

El aminoácido arginina no se considera como esencial en la mayoría de los animales adultos porque la mayoría de las especies pueden sintetizar cantidades adecuadas para cubrir sus requerimientos metabólicos. Sin embargo, la arginina ha probado ser indispensable tanto para los gatos como para los perros<sup>90,91</sup>. La arginina es necesaria para la síntesis normal de proteína y es un componente esencial del ciclo de la urea. Las funciones de la arginina en el ciclo de la urea son las de un precursor de la ornitina y un intermediario en el ciclo de la urea. Esta capacidad permite que la arginina tolere las grandes cantidades de amonio generado tras el consumo de una comida alta en proteína, para ser convertida en urea para su excreción del cuerpo.

La falta de arginina en la dieta causa una respuesta inmediata y severa deficiencia en el gato. Los gatos desarrollan hiperamonemia severa tras pocas horas después de consumir una sola comida libre de arginina<sup>92</sup>. Los síntomas incluyen emesis (vómito), espasmos musculares, ataxia, hiperestesia (sensibilidad aumentada al tacto), y espasmos tetánicos. Estos síntomas pueden llegar hasta el coma y la muerte. Parece que hay dos razones básicas para la sensibilidad extrema de los gatos a la deficiencia de arginina. En primer lugar, el gato es incapaz de sintetizar de novo ornitina. La ornitina es un precursor de la arginina dentro del ciclo de la urea. En la mayoría de los animales, los aminoácidos glutamato y prolinea actúan como precursores para la síntesis de ornitina en la mucosa intestinal. Sin embargo las células



la mucosa intestinal del gato tienen niveles extremadamente bajos de la pirrolina-5-carboxilato sintetasa, la enzima esencial en esta vía metabólica. El gato también tiene baja actividad de otra enzima esencial, la ornitina aminotransferasa<sup>93</sup>. Además de ser incapaz de sintetizar ornitina, el gato también es incapaz de sintetizar arginina a partir de ornitina para ser usada por los tejidos extrahepáticos, aun cuando haya ornitina en la dieta. Trabajos realizados en ratas demostraron que la ruta normal para la síntesis de arginina para uso de los tejidos extrahepáticos involucra tanto al hígado como al riñón<sup>94</sup>.

La arginina no puede dejar el hígado para ir a otros tejidos porque la alta actividad de la arginasa hepática previene su acumulación a una concentración por abajo de la del flujo sanguíneo. Sin embargo, la citrulina, que es producida a partir de la ornitina ya sea en la mucosa intestinal o en el hígado como un intermediano del ciclo de la urea, puede viajar al riñón, donde es convertida después a arginina. Esta arginina provee al riñón y otros tejidos del cuerpo de las necesidades para crecimiento normal y mantenimiento tisular. En el gato, la citrulina no es producida en la mucosa intestinal (por la incapacidad de producir ornitina), y la citrulina producida en el hígado parece ser incapaz de dejar el hepatocito para ser convertida a arginina por el riñón<sup>76,95</sup>. Como resultado directo de estas dos deficiencias metabólicas, la arginina se convierte en un aminoácido esencial tanto para el funcionamiento del ciclo de la urea y para el crecimiento normal y el mantenimiento en el gato (Tabla 4).

La importancia de la arginina para el funcionamiento normal del ciclo de la urea, aunado a la alta e inalterable tasa de catabolismo de proteína, causa que el gato sea extremadamente sensible a la deficiencia de arginina.

Los requerimientos de arginina del gatito en crecimiento se estima en aproximadamente 1.1% de una dieta seca con un contenido de EM de aproximadamente 4.7 kcal/g<sup>89,90</sup>. Como la arginina se encuentra en cantidades adecuadas en la mayoría de fuentes protéicas, la deficiencia de arginina no es un problema general en los gatos, partiendo de que son alimentados con dietas que contienen adecuados niveles de proteína.



**Tabla 4. Síntesis de arginina**

Reacción	Mayoría de los animales	Gatos
Glutamato + Prolina $\xrightarrow{\text{(Intestino)}}$ Ornitina	Normal	Baja
Ornitina $\xrightarrow{\text{(Intestino)}}$ Citrulina	Normal	Poca actividad
La citrulina viaja hacia el riñón	Ocurre	No ocurre
Citrulina $\xrightarrow{\text{(Riñón)}}$ Arginina	Ocurre	No ocurre

## TAURINA

La taurina es un ácido beta-aminosulfónico que no se incorpora en las proteínas pero se encuentra en forma de aminoácido en los tejidos. Es sintetizado por la mayoría de los mamíferos a partir de metionina y la cisteína durante el metabolismo normal de los aminoácidos azufrados. El miocardio y la retina contienen altas concentraciones de taurina libre y estos dos tejidos son capaces de concentrar taurina a niveles que son de 100 a 400 veces mayores que aquellos del plasma<sup>96</sup>. Aunque la taurina puede estar involucrada en muchos aspectos del metabolismo, se sabe que tiene un papel importante en la conjugación de ácidos biliares, la función de la retina y el funcionamiento normal del miocardio<sup>96,98</sup>. La taurina también es necesaria para el desempeño reproductivo normal en las gatas<sup>99</sup>.

Los gatos son capaces de sintetizar solamente pequeñas cantidades de taurina<sup>100</sup>. Esta incapacidad se cree que es el resultado de la baja actividad de una enzima en el gato que es esencial para la síntesis de taurina, el ácido decarboxilasa cisteinesulfínico. Además, existe una vía competitiva del metabolismo de la cisteína en el gato y da por resultado la producción de piruvato en lugar de taurina a partir de metionina y cisteína<sup>101</sup>. El gato no es único en su capacidad limitada para sintetizar taurina. También se han reportado bajos niveles de taurina sintetizada en los humanos, los monos del viejo mundo, conejos y cerdos.



guinea<sup>102</sup>. Sin embargo, el gato es la única especie en la que ocurren deficiencias de taurina. Este es el resultado de la alta demanda metabólica inusual de taurina. El gato doméstico usa la taurina para la formación de sales biliares y, en contraste con otros animales, no puede convertir la conjugación de los ácidos biliares con glicina cuando el aporte de taurina es limitado<sup>97</sup>. Como resultado, el gato tiene un requerimiento continuo de taurina para reemplazar las pérdidas fecales que ocurren de la recuperación incompleta por la circulación enterohepática. Aunque los humanos y los monos del viejo mundo también tienen una capacidad limitada para sintetizar taurina, y prefieren conjugar los ácidos biliares con taurina, ellos pueden cambiar a conjugación con glicina cuando la taurina de la dieta se encuentra en un nivel bajo.

La degeneración central retiniana (DCRF) fue el primer signo clínico detectado en gatos causado por la deficiencia de taurina. El papel primario de la taurina en el adecuado funcionamiento de la retina involucra a las células fotorreceptoras, donde regula el flujo de iones de calcio y potasio a lo largo de la barrera de células epiteliales y pigmento fotorreceptor<sup>98</sup>. Cuando la taurina está ausente, la membrana de la célula fotorreceptora pierde su funcionalidad, llevando a una muerte celular y pérdida de las células. Una degeneración concomitante del tapetum lucidum subyacente también puede ocurrir<sup>103</sup>. Aunque se pueden observar anomalías en electroretinogramas entre los 5 y 6 meses de consumir una dieta deficiente en taurina, el deterioro visual se observa clínicamente solo cuando los gatos se encuentran en las últimas etapas de la degeneración retinal<sup>104,106</sup>. En este punto, ocurre la ceguera irreversible en la mayoría de los gatos.

La taurina también es necesaria para el funcionamiento normal del miocardio. Una deficiencia da por resultado el desarrollo de la cardiomiopatía dilatada (CMD)<sup>96</sup>. Esta enfermedad degenerativa se ha reportado en muchas especies y causa contractilidad disminuida del miocardio, lo cual lleva a una falla cardíaca. Junto con la retina, el miocardio es uno de los tejidos corporales que es capaz de concentrar la taurina en niveles mayores a aquellos encontrados en el plasma<sup>107</sup>. Estudios del corazón indican que la



taurina puede conferir un efecto estabilizador del calcio y el potasio en el tejido cardíaco y por lo tanto puede asegurar la estabilidad catiónica y la integridad de la membrana<sup>108</sup>.

Un estudio reportó datos de 21 casos clínicos de CMD en gatos que eran mantenidos como mascotas<sup>96</sup>. En todos se encontraron niveles plasmáticos significativamente menores cuando se hacían comparaciones con gatos clínicamente normales. Cuando a los gatos afectados se les suplementó con taurina (0.5 g dos veces al día), todos los gatos mejoraron clínicamente en un período de 2 semanas. A las semanas 3 y 4, los gatos mostraron ecocardiografías que dieron por resultado una normalización por completo de la función del ventrículo izquierdo. Cuando el estudio fue publicado, todos los gatos sobrevivientes se catalogaron como clínicamente normales al igual que sus ecocardiografías. Además dos gatos que fueron sometidos a una dieta experimental con niveles bajos de taurina durante 4 años desarrollaron CMD. Estos gatos también mostraron una completa recuperación como resultado de la suplementación con taurina. Los autores del estudio propusieron que los bajos niveles de taurina en el plasma y en el tejido del miocardio es una causa para el desarrollo de CMD en gatos.

Los requerimientos de la dieta de taurina en el gato son de algún modo dependientes del nivel de aminoácidos azufrados en la dieta. Diversas investigaciones han mostrado que los requerimientos de taurina del gato aumentan cuando el contenido de aminoácidos azufrados de la dieta es menor a 1.55%<sup>109</sup>. Otros estudios encontraron que cuando los gatitos destetados eran alimentados con una dieta deficiente en taurina que contenía niveles de aminoácidos azufrados cercanos al requerimiento mínimo todos los gatitos desarrollaban degeneración central de la retina. Sin embargo, cuando el nivel de aminoácidos azufrados era elevado al doble en la dieta, ninguno de los gatitos desarrolló degeneración central de la retina durante los 12 meses que duraba el período del estudio<sup>95</sup>. Estos resultados son relevantes respecto a los reportes de ocurrencia de degeneración central de la retina en gatos que han sido alimentados exclusivamente con alimento comercial para perro<sup>110</sup>. En general, los alimentos para perro tienen menores niveles de proteína y un menor contenido de aminoácidos azufrados que las dietas comerciales que han sido formuladas para los gatos



El NRC recomendó en 1986 un nivel de taurina de 500 a 700 partes por millón en las dietas secas para gatos, a fin de prevenir la deficiencia de taurina y para maximizar el almacenaje en los tejidos<sup>67</sup>. Sin embargo, las dietas formuladas con esos niveles parecen ser inadecuadas<sup>101</sup>. Un reporte más reciente sugiere la adición de un factor de seguridad a los requerimientos establecidos previamente para proveer un estimado más prudente de 1000 mg/kg. en las dietas secas y de 2500 mg/kg. en las dietas enlatadas, todo esto en base de materia seca<sup>111-113</sup>. Se debe incluir un mayor nivel de taurina en las dietas enlatadas ya que en estudios recientes se ha encontrado que el requerimiento de taurina de los gatos que consumen alimentos enlatados es sustancialmente mayor que el de los gatos que se alimentan de dietas secas<sup>114,115</sup>. Esto parece ser el resultado de los incrementos en las pérdidas de taurina a través una circulación enterohepática aumentada y de la degradación bacteriana del ácido taurocólico en el intestino<sup>115</sup>. Tanto el procesamiento térmico que se usa para preparar las dietas enlatadas y el tipo de proteína que se incluye en el alimento son factores que contribuyen al aumento en el intercambio de la reserva de taurina en el cuerpo del gato, cuando los gatos son alimentados con dietas enlatadas. Los Perfiles de Nutrientes de Alimentos para Gatos de la AAFCO señalan que los alimentos enlatados deben contener un mínimo de 2000 mg/kg. y que para los alimentos secos debe ser de 1000 mg/kg de alimento<sup>82</sup>.

La taurina está presente solo en tejidos animales. Se encuentran altas concentraciones (200 a 400 mg/kg de peso seco) en la carne de res, aves y pescados. Los mariscos son fuentes muy ricas de taurina, que contienen hasta 2500 mg/kg<sup>89</sup>. Aunque una dieta carnívora asegura un consumo de taurina adecuado, el consumo de una dieta que contienen altos niveles de productos vegetales y cereales puede no proveer de la cantidad adecuada de taurina. De especial cuidado son los alimentos para perro que tienen un gran contenido de cereales pues contienen menores cantidades de proteína y taurina<sup>116</sup>. A diferencia del gato, el perro no requiere taurina en la dieta. Por lo tanto, mientras estas dietas son adecuadas para los perros, la práctica de alimentar a gatos con alimentos para perros puede tener por resultado una deficiencia de taurina y el desarrollo de una degeneración central de la retina<sup>110</sup>.



**Contenido de Taurina de algunos alimentos (mg/kg. de alimento como se ofrece)\*.**

Alimento	Sin Procesar		Procesado o cocinado	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Mamífero				
Músculo	444	150-690	203	96-390
Hígado	181	110-270	113	68-184
Riñón	232	128-440	146	81-290
Ave				
Músculo	337	300-380	229	140-310
Harina de subproducto		-	969	962-975
Bacalao	314	233-396	294	260-328
Atún				
Enlatado (agua)			681	329-1004
Enlatado (aceite)			572	440-588
Ostras	698	390-1238	264	217-308
Marisco	2400	1450-3700	1017	587-1700
Huevo (deshidratado)*		-	57	-
Leche	151	104-200	-	-
Harina de Soya*		-	Trazas	-

\*Valores tomados de la referencia 95 excepto en los artículos marcados con asterisco.

\*\*Generalmente la cocción reduce el contenido de taurina de los alimentos aproximadamente un 50%, a menos que el fluido con que se cocieron permanezca con el alimento.

### AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE CONSIDERACIÓN ESPECIAL

Los siguientes aminoácidos han sido identificados como esenciales para los gatitos en crecimiento: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, taurina, treonina, triptofano y valina.

El gato tiene un requerimiento inusual de arginina. Los otros aminoácidos que son de consideración especial en la alimentación de gatos son los aminoácidos azufrados cisteína y metionina. De menor

interés práctico, pero de interés académico, es la incapacidad del gato en convertir el aminoácido triptofano en niacina, vitamina del complejo B

## METIONINA Y CISTEÍNA

El aminoácido azufrado metionina es esencial para los gatos, pero la cisteína es dispensable. Sin embargo, como la metionina se usa para sintetizar la cisteína en el cuerpo, aproximadamente la mitad del requerimiento de metionina del gato se puede alcanzar mediante niveles adecuados de cisteína<sup>117,118</sup>. Por lo tanto es preferible marcar un requerimiento total de aminoácidos azufrados más que un requerimiento específico de metionina. Aunque los perros en crecimiento requieren un mínimo de 1.06 g/1000 kcal de EM, el requerimiento mínimo de gatitos en crecimiento es aproximadamente 1.5 veces esta cantidad<sup>66,67</sup>. Este alto requerimiento puede ser resultado de varios factores. Primero, el gato es único en la producción de un compuesto llamado felinina. la felinina es sintetizada de la cisteína y se excreta en la orina de todos los gatos. Se encuentra en mayores concentraciones en la orina de los adultos machos enteros<sup>119</sup>.

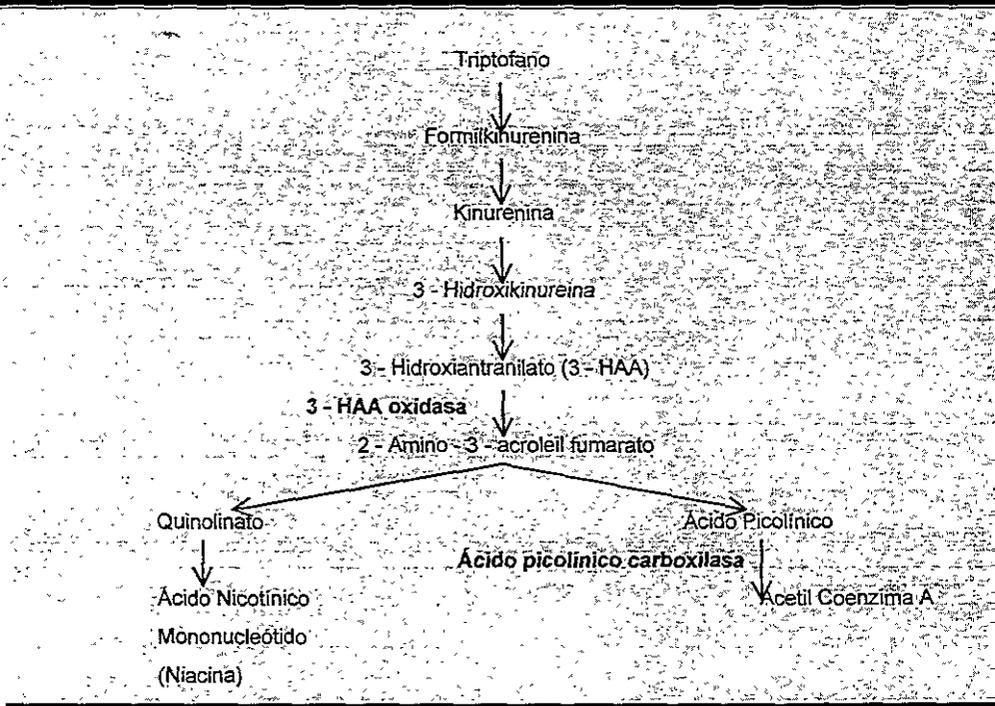
Aunque su papel exacto no es conocido, se ha sugerido que la felinina puede ser un componente urinario involucrado en la marcación territorial o en la regulación del metabolismo de esteroles en las especies de gatos<sup>120</sup>. Otras posibles razones para el alto requerimiento de aminoácidos azufrados es su necesidad de mantener una densa capa de pelo y por un incremento en las reacciones de metilación, necesarias para la síntesis de fosfolípidos. Se cree que es necesaria una síntesis incrementada de fosfolípidos para la absorción y transporte de grandes cantidades de comida que normalmente se incluyen en las dietas para gatos. Por último, el requerimiento del gato de taurina en la dieta se agrega al requerimiento total de aminoácidos azufrados en la dieta. Así tenemos que la metionina tiene una especial consideración por parte de las compañías que formulan alimentos para gatos.



**INCAPACIDAD DEL GATO PARA CONVERTIR TRIPTOFANO A NIACINA**

El requerimiento de la niacina se cubre en la mayoría de los animales por el consumo de nicotinamida en la dieta y la conversión del aminoácido esencial triptofano a ácido nicotínico. (Figura 8). La eficiencia de conversión de triptofano a niacina varía entre especies, pero es generalmente bajo (3%)<sup>121</sup>.

**Figura 8. Síntesis de niacina**



Esto es resultado de la existencia de vías metabólicas competentes más dominantes en el metabolismo de triptofano. Un punto en el metabolismo involucra el catabolismo de triptofano que da por resultado la síntesis de ácidos quinolínico o picolínico. El ácido quinolínico se metaboliza luego para formar niacina. El ácido picolínico se convierte en glutarato.

que la mayoría de las especies tienen altos niveles de actividad de la picolinato carboxilasa que da por resultado una mayor producción de ácido picolínico, una cantidad sustancial de niacina se produce a partir de la rama del ácido quinolínico.

La actividad de la picolinato carboxilasa en gatos es 30 a 50 veces mayor que en las ratas, dando por resultado una deficiente síntesis de triptofano en el gato<sup>121</sup>.

Los tejidos animales tienen una buena cantidad de nicotinamida. El consumo regular de una dieta carnívora a lo largo de la evolución podría no ser selectiva y presionar al gato para sintetizar niacina a partir de sustancias precursoras. Sin embargo, se ha postulado que la dieta alta en proteína del gato podría ejercer presión hacia una alta tasa de catabolismo del triptofano (que es, la rama del ácido picolínico de la vía metabólica). El rápido metabolismo del triptofano podría prevenir la acumulación de aminoácidos y sus intermediarios, como la serotonina hasta niveles tóxicos. Las proteínas animales contienen niveles significativamente mayores de triptofano en comparación con las proteínas vegetales. Así tenemos que la alta actividad de la carboxilasa picolínica en el gato puede prevenir la acumulación de triptofano y sus subproductos en el torrente sanguíneo después del consumo de una comida que contenga una gran cantidad de proteína animal<sup>122</sup>.

La incapacidad del gato de convertir triptofano a niacina es de poco significado práctico para el manejo de la alimentación en los gatos pues la nicotinamida está ampliamente distribuida en los ingredientes de los alimentos. Las fuentes de esta vitamina en los alimentos comerciales para gatos incluyen subproductos de origen animal y de pescados, granos de destilería, productos de fermentación y ciertos aceites. Por lo tanto la posibilidad de inducir una deficiencia en niacina a través de prácticas inadecuadas de alimentación es reducida, sin importar el hecho de que el gato es incapaz de convertir el triptofano a niacina para su uso en el cuerpo.



## DEFICIENCIA DE PROTEÍNA EN LOS GATOS

Los signos de deficiencia incluyen retardo en el crecimiento de los gatitos y pérdida de peso, deficiencia reproductiva y del desempeño en adultos. Una deficiencia de proteína ocurre comúnmente junto con una deficiencia de energía. Este estado se conoce como malnutrición proteína/calorías (MPC). Cuando MPC ocurre, el animal muestra letargia, eficiencia digestiva disminuida y menor resistencia a las enfermedades infecciosas<sup>123</sup>.

*Se detectan bajos niveles de proteína plasmática tras un período prologando de deficiencia de proteína que puede llevar eventualmente al edema o la ascitis. Hay algunas evidencias en otras especies que la pobre nutrición y deficiencia de proteína durante el desarrollo puede afectar el desarrollo cerebral y las capacidades de aprendizaje<sup>124,125</sup>.*

La deficiencia de proteína no es común en los gatos que son alimentados con alimentos comerciales balanceados. Esto se debe probablemente al hecho de que la mayoría de los alimentos comerciales contienen más proteína de la necesaria para cubrir los requerimientos mínimos<sup>123</sup>. Cuando ocurre una deficiencia de proteína se debe principalmente a que los propietarios tratan de economizar dándole a sus gatos alimentos de baja calidad, raciones pobremente formuladas durante períodos de alto requerimiento energético, como la gestación y la lactancia. Además, los gatos que son alimentados con alimentos para perro hechos principalmente de cereales y que no contienen los niveles adecuados de proteína, están en riesgo de desarrollar una deficiencia de proteína y/o taurina.

## EXCESO DE PROTEÍNA EN LAS DIETAS PARA GATOS

Hay ciertas evidencias que sugieren que podría ser benéfico el alimentar a los animales con niveles de proteína mayores que los mínimos necesarios para mantener el equilibrio de nitrógeno<sup>127,128</sup>. La proteína adicional puede ser usada para generar reservas que contribuyen a la capacidad del cuerpo de soportar



rés y los retos de enfermedades infecciosas. Hay dos usos posibles para los excesos de proteína de la ta. Si el animal está en un balance de energía cero, el exceso de proteína será usado como fuente de energía. Si el gato está en un balance de energía positivo (esto es, consumiendo más energía de la que gasta), entonces el exceso de proteína será metabolizado a grasa para ser almacenada en el cuerpo.

diferencia de la grasa y pequeñas cantidades de carbohidratos, los excesos de aminoácidos no son almacenados para el uso del cuerpo en el futuro.

Los gatos tienen la capacidad de metabolizar el exceso de proteína. Este proceso da por resultado la producción de urea y su excreción en la orina. En años recientes los potenciales efectos detrimentales del consumo excesivo de proteína en los animales de compañía han interesado a un gran número de investigadores. Como resultado de estudios que fueron realizados en ratas, se postuló que proporcionar altos niveles de proteína en la dieta durante largos períodos de tiempo en otras especies podría contribuir al desarrollo de enfermedad renal crónica<sup>129-131</sup>. Algunos investigadores también creen que el exceso de proteína puede llevar a la nefropatía en los animales que ya están comprometidos desde el punto de vista renal<sup>129,132</sup>.

La restricción de proteína se usa a menudo en el manejo alimenticio de las mascotas con uremia que es causada por la enfermedad renal crónica. En estos casos, la restricción de la proteína de la dieta a niveles que cubran pero que no excedan los requerimientos del animal, minimiza la producción de urea y atenúa los signos clínicos asociados con la uremia<sup>133</sup>. Sin embargo, no hay una evidencia que concluya que el consumo de proteína contribuya al desarrollo de un mal funcionamiento renal en los animales sanos<sup>134</sup>.



## VITAMINAS

Las vitaminas son moléculas orgánicas que son necesarias en pequeñas cantidades para funcionar con enzimas esenciales, precursores de enzimas o coenzimas en muchos de los procesos metabólicos del organismo. Aunque son moléculas orgánicas, las vitaminas no están clasificadas como los carbohidratos, las grasas o la proteína; no se usan como fuentes de energía o componentes estructurales. Con algunas excepciones no pueden ser sintetizadas por el cuerpo y deben ser suplidas en el alimento.

Un esquema de clasificación general de las vitaminas las divide en dos grupos: las vitaminas liposolubles y las vitaminas hidrosolubles. Las vitaminas liposolubles son la A, D, E y K; el grupo de las hidrosolubles incluye a los miembros del complejo B de vitaminas y a la vitamina C. Las vitaminas liposolubles se digieren y absorbidas usando los mismos mecanismos que la grasa de la dieta, y sus metabolitos se excretados principalmente en las heces a través de la bilis. En contraste, la mayoría de las vitaminas hidrosolubles es absorbida pasivamente en el intestino delgado y excretadas en la orina.

El exceso de las vitaminas hidrosolubles es almacenado principalmente en el hígado. Con excepción de la cobalamina, el cuerpo es incapaz de almacenar niveles significativos de vitaminas hidrosolubles. Como resultado, las vitaminas liposolubles, específicamente las vitaminas A y D, tienen un mayor potencial tóxico que las vitaminas hidrosolubles. De una manera similar, ya que pueden ser almacenadas, las deficiencias de las vitaminas liposolubles se desarrollan de manera mucho más lenta en los animales que las deficiencias de vitaminas hidrosolubles. En la Tabla 5 se enlistan las fuentes de alimentos y signos de deficiencia y exceso de las vitaminas.



Tabla 5: Deficiencias y excesos de vitaminas, principales fuentes en la dieta

Vitamina	Deficiencia	Exceso	Fuentes
Vitamina D	Retraso en el crecimiento, falla reproductiva, pérdida de la integridad epitelial, dermatosis	Anormalidades del esqueleto, hiperestesia	Aceite de hígado de pescado, leche, hígado, yema de huevo
	Osteomalacia, hiperparatiroidismo nutricional secundario	Hipercalcemia, resorción ósea, calcificación de tejidos blandos	Hígado, algunos pescados, yema de huevo, luz solar
	Falla reproductiva, pansteatitis	No tóxica, puede incrementar los requerimientos de vitaminas A y D	Germen de trigo, maíz y aceite de soya
Vitamina K	Aumento en el tiempo de coagulación, hemorragias	No hay reportes	Plantas de hojas verdes, hígado, algunas harinas de pescado
	Vitamina B1	Disfunción del S.N.C. (Sistema Nervioso Central), anorexia, pérdida de peso	No tóxica
Riboflavina	Disfunción del S.N.C., dermatitis	No tóxica	Leche, vísceras, vegetales
Niacina	Enfermedad de la lengua negra	No tóxica	Carne, leguminosas, granos
Ácido Piridoxina	Anemia microcítica hipocrómica	No hay reportes	Vísceras, pescados, germen de trigo
Ácido Pantoténico	Anorexia, pérdida de peso	No hay reportes	Hígado, riñón, productos lácteos, leguminosas
Biotina	Dermatitis	No tóxica	Huevo, hígado, leche, leguminosas
Ácido fólico	Anemia, leucopenia	No tóxica	Hígado, riñón, vegetales de hojas verdes
Cobalamina	Anemia	No tóxica	Carne, pescado, aves
Colina	Disfunción neurológica, hígado graso	Diarrea	Yema de huevo, vísceras, leguminosas, productos lácteos
Vitamina C	No requerida por los gatos	No tóxica	Cítricos, vegetales de hojas oscuras



## VITAMINA A

Actualmente, el término de vitamina A incluye a varios compuestos relacionados químicamente llamados retinol, retinal y ácido retinóico. De estas moléculas el retinol es la forma biológicamente más activa. En el cuerpo, la vitamina A tiene funciones que involucran a la visión, el crecimiento óseo, reproducción y mantenimiento del tejido epitelial. El papel de la vitamina en la visión está bien establecido. En los bastones de la retina, el retinal se combina con una proteína llamada opsina para formar rodopsina, también conocida como púrpura visual. La rodopsina es un pigmento sensible a la luz que permite al ojo adaptarse a los cambios en la intensidad lumínica. Cuando es expuesta a la luz, la rodopsina se divide en retinal y opsina, y la energía que es liberada produce transmisiones nerviosas al nervio óptico. En la oscuridad la rodopsina puede ser regenerada por la combinación de retinal nuevo y moléculas de opsina. En casos de deficiencias de vitamina A, hay menos retinal disponible para regenerar rodopsina. Así los bastones del ojo se tornan más sensibles a los cambios de luz, dando por resultado a la ceguera nocturna.

La vitamina A es esencial para la formación y mantenimiento de tejido epitelial saludable. Este tejido incluye a la piel y las membranas mucosas que se encuentran en los tractos respiratorio y gastrointestinal. Se cree que la vitamina A es necesaria tanto para la proliferación y diferenciación de células como para la producción de las mucoproteínas que se encuentran en el moco producido por algunos tipos de células epiteliales<sup>135,136</sup>. Las secreciones mucoides del tejido epitelial mantienen la integridad del epitelio y proveen de una barrera contra las invasiones bacterianas. En ausencia de vitamina A, la diferenciación de nuevas células epiteliales de tipo escamoso a las células secretoras de moco maduras falla y las células epiteliales normales son reemplazadas por células estratificadas queratinizadas que no son funcionales<sup>135</sup>. El tejido epitelial que no funciona adecuadamente es predispuesto a lesiones en el epitelio e incrementa la susceptibilidad a las infecciones.

El desarrollo normal del esqueleto y los dientes y el desempeño reproductivo también dependen de la vitamina A. El papel de la vitamina en el crecimiento óseo parece involucrar la actividad de



osteoclastos y los osteoblastos del cartílago epitelial y puede estar relacionado con la división celular y el mantenimiento de las membranas celulares a través de la síntesis de glicoproteínas. Experimentos con animales de laboratorio han demostrado que la vitamina A también es esencial para la espermatogénesis en machos y para el ciclo estral normal en las hembras<sup>135</sup>.

El origen de toda la vitamina A es los carotenoides, los cuales son sintetizados por las células vegetales. Los carotenoides son pigmentos rojo oscuro que proveen de la coloración amarillo/naranja a muchas plantas. Los vegetales como las zanahorias y las papas dulces contienen elevadas cantidades de estos compuestos. Los vegetales verde oscuros también contienen estos pigmentos, pero su color está enmascarado por el color verde oscuro de la clorofila. Cuando los animales consumen los carotenoides de las plantas, una enzima localizada en la mucosa intestinal convierte estos compuestos (que se llaman comúnmente provitamina A) a la vitamina A activa (Figura 9). La vitamina activa es absorbida entonces y luego es almacenada en el hígado.

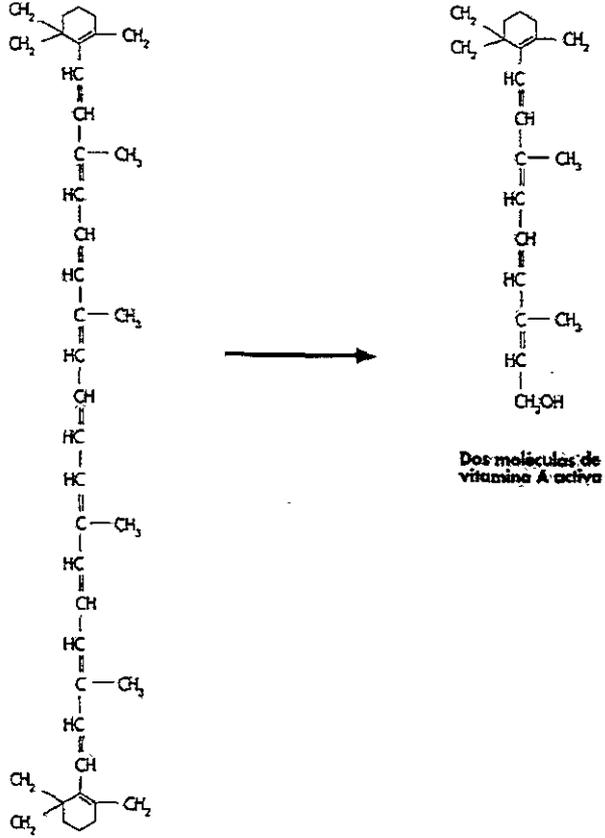
Aunque varios diferentes carotenoides son capaces de proveer vitamina A, los beta-carotenos son los abundantes en los alimentos y tienen la mayor actividad biológica. Los productos animales no contienen carotenoides pero pueden proveer de vitamina A activa cuando son incluidos en la dieta. Los aceites de hígado de pescado contienen las mayores cantidades, y los alimentos más comunes que también contienen vitamina A son la leche, hígado y yema de huevo.

Los pigmentos carotenoides, de los cuales el beta-caroteno es el más importante, son desdoblados por una enzima dioxigenasa en la mucosa intestinal para liberar vitamina A aldehído (retinal). El retinal entonces es reducido por una segunda enzima para formar vitamina A activa (retinol). El retinol es esterificado a ácidos grasos y absorbido en el cuerpo junto con la grasa de la dieta<sup>137-139</sup>. La enzima dioxigenasa que es esencial para el desdoblamiento de la molécula de beta-caroteno está ausente o es muy deficiente en el gato doméstico. Hay estudios que muestran que ni los carotenos intravenosos o en la dieta pueden prevenir el desarrollo de una deficiencia de vitamina A en esta especie<sup>140</sup>. Como resultado el gato debe tener una fuente de vitamina A preformada en la dieta. Las formas de vitamina A



preformada más comunes en los alimentos son derivadas del retinol, como el retinil palmitato y el retinil acetato. Estos compuestos se encuentran en grandes cantidades en los aceites de hígado de pescado y los hígados de animales.

**Figura 9. Conversión de beta-caroteno a vitamina A**



Los requerimientos nutricionales de vitamina A y su contenido en los alimentos para gato se expresan como Unidades Internacionales (UI) o como equivalentes retinol. Una UI de vitamina A es igual a 0.3 microgramos (µg) de retinol o 0.6 µg de beta-caroteno. Los Requerimientos Nutricionales de Gatos de 1986 del NRC reportaron un requerimiento mínimo de vitamina A de 3.333 UI/kg de alimento seco para gatitos y 6.000 UI/kg de alimento seco durante la gestación y la lactancia<sup>141</sup>. Este requerimiento es basado en una dieta con una EM de 5 kcal por gramo (g) de materia seca (Tabla 6). Aunque no se

Desarrollado una adecuada investigación de los requerimientos mínimos diarios de vitamina A para el mantenimiento en gatos adultos, se presume que los niveles adoptados para los gaitos en crecimiento son adecuados para los adultos durante el mantenimiento<sup>141</sup>. Aunque los niveles recomendados por el NRC representan el requerimiento mínimo para gatos, los Perfiles de Nutrientes de la AAFCO sugieren un nivel de 5000 UI/kg de dieta en base de materia seca, para ser incluidos en todos los alimentos para gatos preparados comercialmente<sup>142</sup>.

La deficiencia de vitamina A no es muy común en gatos porque los alimentos comerciales para gato contienen cantidades adecuadas. En los animales jóvenes, la deficiencia de vitamina A da por resultado un crecimiento óseo anormal y desórdenes neurológicos. La estenosis de la foramina neural causa la compresión de los nervios craneales y espinales ya que pasan a través del hueso de forma defectuosa. Si la deficiencia persiste, ocurre un acortamiento y engrosamiento de los huesos largos, junto con un desarrollo anormal de los huesos del cráneo<sup>143,144</sup>. La deficiencia de vitamina A en los adultos afecta la reproducción, la visión y el funcionamiento de los epitelios. Los signos clínicos incluyen anorexia, xeroftalmia y conjuntivitis, opacidad corneal y ulceración, lesiones cutáneas y múltiples desórdenes de las capas epiteliales en el cuerpo<sup>66,141</sup>.

La toxicidad de vitamina A no es común pues su precursor, el beta-caroteno, no es una sustancia tóxica. La mucosa intestinal regula la hidrólisis de los beta-carotenos y la subsecuente absorción del retinol en el cuerpo. Sin embargo, el gato no puede usar los carotenoides y debe consumir toda su vitamina A como retinil palmitado preformado o retinol libre de tejidos de origen animal. La absorción de la vitamina A preformada no está regulada por la mucosa intestinal, y un nivel tóxico de esta vitamina es bien absorbido por el cuerpo. El gato doméstico está más expuesto a ser alimentado con niveles excesivos de vitamina A que otras especies de mascotas. Si los gatos son alimentados con alimentos que contienen niveles excesivamente altos de vitamina A, son incapaces de protegerse de absorber niveles tóxicos. Estos alimentos incluyen vísceras como hígado y riñón y varios aceites de pescado. La toxicosis de vitamina A da por resultado una enfermedad llamada espondilosis cervical deformante. Los efectos del exceso de vitamina A en el crecimiento óseo y su remodelación causan el desarrollo de exostosis óseas



(sobrecrecimiento) en las vértebras cervicales. Estos cambios causan eventualmente dolor, dificultad de movimiento, rigidez y parálisis en casos severos.

La toxicosis de vitamina A se ha reportado más a menudo en gatos que son alimentados con dietas compuestas exclusivamente de hígado u otras vísceras. Aunque es una práctica que ha ido desapareciendo por la disponibilidad de los alimentos comerciales, algunos propietarios aún siguen dando a sus gatos dietas compuestas por leche, hígado y sobras de mesa. Esta práctica es usual es resultado del comportamiento bien intencionado pero pobremente documentado de propietarios que piensan que el gato al ser un carnívoro, puede sobrevivir con una dieta exclusiva de carne o hígado toda su vida. Aunque muchos nutrientes en estas dietas están desbalanceados, uno de los problemas más serios es el de la toxicosis de vitamina A. El resultado patológico es el desarrollo de un síndrome llamado espondilosis cervical deformante. Los efectos de la vitamina A en el crecimiento óseo y remodelación de hueso por resultado el desarrollo de exostosis óseas (sobrecrecimientos) a lo largo de las inserciones musculares de la vértebras cervicales y los huesos largos de los miembros posteriores. Con el tiempo estos procesos óseos causan dolor y dificultad en el movimiento<sup>145</sup>. Las enfermedades esqueléticas inducidas por vitamina A no son un problema práctico en los perros, pero se ha producido solo a nivel experimental. Los estudios muestran que los consumos extremadamente grandes de vitamina A en perros en crecimiento dan por resultado una disminución en el crecimiento y adelgazamiento de los huesos largos, cierre prematuro de los centros de crecimiento epifisiales y el desarrollo de osteofitos y reacciones periólicas<sup>146</sup>

Los signos clínicos iniciales de la espondilosis cervical deformante en los gatos incluyen anorexia, pérdida de peso, letargia y un incremento en el rechazo al movimiento. Los gatos toman una apariencia desaliñada y se interesan menos en acicalarse. Conforme avanza la enfermedad se observa una postura característica. Los gatos adoptan una posición similar a la de los marsupiales sentados, manteniendo los miembros anteriores por arriba del nivel del piso. Generalmente caminan con los miembros posteriores flexionados y disminuye o desaparece la ventro-flexión de la cabeza. Se observa a menudo una expresión de mirada fija, probablemente como el resultado de la incapacidad de los gatos para voltear



jeza para ver. La cojera en uno o ambos de los miembros anteriores se observa en etapas más avanzadas<sup>145-147</sup>. El desarrollo de exostosis ocurre principalmente en las tres primeras articulaciones de vértebras cervicales y las articulaciones de los miembros posteriores. Se ha postulado que los movimientos normales de aicalado y limpieza normal del gato dan por resultado la predilección de estos. La intoxicación crónica con vitamina A parece aumentar la sensibilidad del periostio a los efectos a los niveles de trauma y movimientos repetitivos que normalmente serían insuficientes para generar una respuesta inflamatoria<sup>147</sup>.

Estudios experimentales muestran que el nivel de vitamina A requerido para producir lesiones queléticas en el lapso de unos cuantos meses es de entre 17 y 35 microgramos por gramo ( $\mu\text{g/g}$ ) de peso corporal<sup>147</sup>. Un gatito de 1 kilogramo de peso tendría que consumir un mínimo de 17,000  $\mu\text{g}$  (56,000  $\mu\text{g}$  de vitamina A por día para alcanzar este nivel. De acuerdo con los Requerimientos de Nutrientes de los gatos del NRC, un gatito de 1 kilogramo requiere aproximadamente 50 $\mu\text{g}$  de vitamina A por día (1000  $\mu\text{g}$ /kg de dieta seca)<sup>148</sup>. La dosis tóxica de vitamina A necesaria para producir toxicidad aguda es por lo tanto más de 300 veces el requerimiento diario de un gatito. Un gato adulto que pesa 5 kg tendría que consumir al menos 85,000  $\mu\text{g}$  de vitamina A diariamente para alcanzar este nivel tóxico. El requerimiento diario de vitamina A para un gato activo de 5 kg es de aproximadamente 80  $\mu\text{g}$ /día. Por lo tanto un gato adulto tendría que consumir 1000 veces su requerimiento diario de vitamina A para alcanzar niveles tóxicos. Es indiscutible que un gato nunca consumirá este nivel si recibe un alimento comercial para mascotas, nutricionalmente balanceado.

Además, también sería difícil para un gato consumir este nivel de vitamina A si es alimentado con una dieta exclusiva de hígado. El hígado de res contiene aproximadamente 160  $\mu\text{g}$  (530 UI)/g<sup>149</sup>. Un gato adulto que consume 6 onzas de hígado por día estaría ingiriendo solo 27,200  $\mu\text{g}$  de vitamina A por día, bastante lejos del nivel que fue establecido por los investigadores<sup>147</sup>. Sin embargo, todos los casos que se reportan en la literatura mencionan que la espondilosis cervical deformante se desarrolló en gatos que eran alimentados con dietas basadas en hígado.



Existen dos posibles explicaciones para esta discrepancia. En primer lugar, se sabe que los hígados de animales en producción tienen grandes variaciones en el contenido de vitamina A<sup>149</sup>. El nivel de 160 µg de vitamina A en el hígado de res es un promedio, no un valor absoluto. Por otro lado y de mucha consideración es el hecho de que todos los casos que se han reportado ocurrieron en gatos que habían sido alimentados con dietas en base a hígado por grandes períodos de tiempo<sup>150,151</sup>. Los trabajos experimentales realizados involucraban niveles mucho mayores de vitamina A y producían signos de toxicidad en períodos de tiempo muy cortos. A menores dosis de vitamina A, la espondilosis cervical parece desarrollarse lentamente a todo lo largo de la vida del gato, y los signos clínicos de la enfermedad no se hacen evidentes sino hasta una etapa avanzada de la vida adulta del animal. Esta conclusión está apoyada por el hecho de que el promedio de edad para el diagnóstico de espondilosis cervical en gatos mantenidos como mascotas es de 4.25 años<sup>145</sup>. Por lo tanto el nivel reportado de vitamina A que puede producir toxicidad en el gato (17 a 35 µg/g de peso corporal) puede ser realista para la producción experimental de toxicidad aguda, pero el nivel que puede producir espondilosis cervical deformante probablemente sea sustancialmente menor.

**Tabla 6. Requerimientos mínimos recomendados de vitaminas liposolubles\***

	Vitamina A	Vitamina D	Vitamina E	Vitamina K
<b>NRC</b>	3333 UI	500 UI	30 UI	0.1 mg
<b>AAFCO</b>	5000 UI	500 UI	30 UI	0.1 mg <sup>†</sup>

\* Por kilogramo de dieta.

† Para gatos que consumen dietas que contienen >25% de pescado (en base de materia seca).

## VITAMINA D

La vitamina D consiste de un grupo de compuestos de esteroles que regulan el metabolismo de calcio y fósforo en el cuerpo. Como con la vitamina A, hay formas de provitamina para esta vitamina. Estas son la vitamina D2 (ergocalciferol) y la vitamina D3 (colecalfiferol). La vitamina D2 se forma cuando un compuesto llamado ergosterol, que se encuentra en muchos vegetales, es expuesto a la radiación ultravioleta (UV). Esta conversión ocurre solo en las plantas cosechadas o dañadas, no en los tejidos

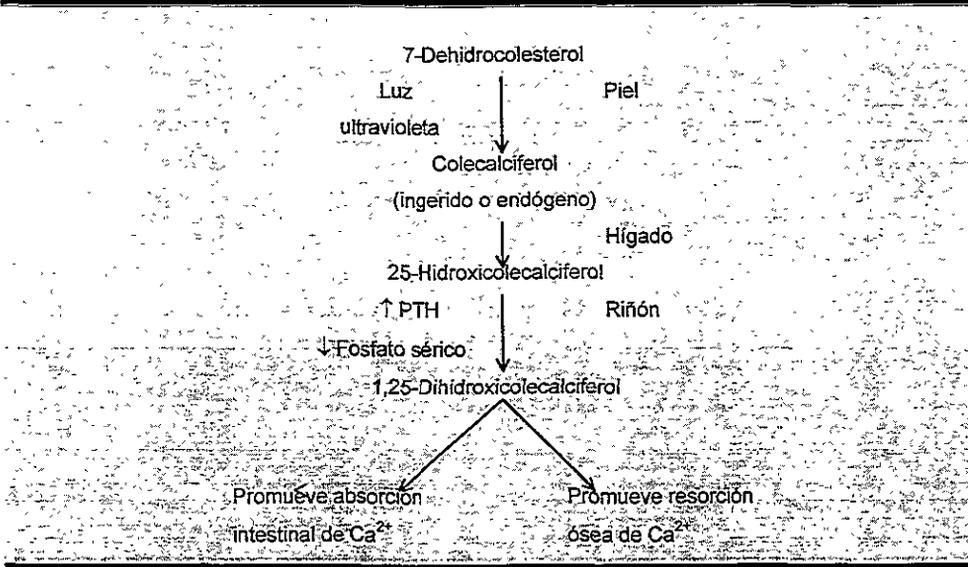


vegetales vivos. Por lo tanto esta forma de vitamina D solo es significativa para los herbívoros rumiantes y no rumiantes que consumen material vegetal secado al sol o irradiado. La segunda forma de vitamina D, la vitamina D<sub>3</sub>, es la forma de mayor importancia nutricional para los omnívoros y los carnívoros, como los gatos. Es sintetizada por el cuerpo cuando el 7-dehidrocolesterol, un compuesto encontrado en la piel de los animales es expuesto a la luz UV del sol. Esta forma de vitamina D puede ser obtenida ya sea a través de la síntesis en la piel o del consumo de productos de origen animal que contengan colecalciferol. Como la vitamina D activa es sintetizada por el cuerpo y como las funciones regulatorias que tiene dentro del cuerpo, existe alguna controversia respecto a su clasificación. Aunque algunos científicos creen que la vitamina D debe ser considerada como una hormona, otros continúan clasificándola como una vitamina. Sin importar su categorización, los precursores de la vitamina D se obtienen a través de la dieta y sus funciones están involucradas intrínsecamente con la homeostasis normal del calcio y el fósforo en el cuerpo.

La vitamina D<sub>3</sub> ingerida como la endógena (colecalciferol) son almacenadas en el hígado, músculo y tejido adiposo. El colecalciferol es una forma inactiva, almacenada de vitamina D. Para activarse primero debe ser transportada de la piel o el intestino al hígado: ahí es hidroxilada a 25-hidroxicolecalciferol. Este compuesto luego es transportado a través del torrente sanguíneo al riñón, donde luego es convertida a uno de los varios metabolitos posibles. Los metabolitos incluyen al 1,25-dihidroxicolecalciferol, también llamado calcitriol, el cual es la forma más activa de vitamina D (Figura 10). La conversión del 25-hidroxicolecalciferol a calcitriol en los riñones ocurre en respuesta a un alto nivel de la hormona paratiroide (PTH), la cual es liberada por la glándula paratiroide en respuesta a un decreciente nivel de calcio sérico. Un decremento en el fósforo sérico también estimula la formación de vitamina D activa en el riñón. Aunque la vitamina D inactiva se considera una vitamina, el calcitriol se clasifica a menudo como una hormona pues es producida en el cuerpo y por su mecanismo de acción en el cuerpo.



Figura 10. Conversión del 7-dehidrocolesterol a vitamina D activa



La vitamina D activa funciona en el desarrollo normal del tejido óseo y su mantenimiento y es un importante compuesto involucrado en la homeostasis de las reservas corporales de calcio y fósforo. Estos efectos son mediados a través de la influencia de la vitamina D en la absorción de calcio y fósforo en el tracto gastrointestinal y su deposición en el tejido óseo. En el intestino, la vitamina D estimula la síntesis de las proteínas transportadoras de calcio, que son necesarias para la absorción eficiente del calcio y el fósforo de la dieta. La vitamina D también afecta el crecimiento óseo normal y la calcificación actuando con la PTH al movilizar calcio del hueso y causando un incremento en la reabsorción de fósforo en el riñón. El efecto neto de las acciones de la vitamina D en el intestino, hueso y riñón es un incremento en el calcio y fósforo plasmáticos hasta el nivel que sea necesario para permitir la mineralización y remodelación normal del hueso. Una deficiencia de vitamina D causa mineralización ósea dispareja y por resultado osteomalacia en los animales adultos y osteomalacia en los animales en crecimiento.

Las fuentes de vitamina D para los gatos son variadas. La vitamina D endógena se produce cuando la exposición al sol da por resultado la conversión del precursor 7-dehidrocolesterol en la piel a colecalciferol. La irradiación es más efectiva en animales que tienen piel de color claro y pelajes por



abundantes Las pieles de pigmentación oscura y con pelajes abundantes pueden disminuir substancialmente la capacidad del animal de producir vitamina D endógena. La efectividad de la luz solar también depende de la intensidad y longitud de onda de la luz que es absorbida y la cantidad de tiempo que el animal pase asoleándose. La luz solar durante los meses de verano y en altitudes pronunciadas es más efectiva como estímulo para la producción de vitamina D. En general, la mayoría de alimentos naturales contienen muy poca vitamina D aunque la yema de huevo, el hígado y ciertos tipos de pescado contienen cantidades moderadas. Entre las pocas fuentes alimenticias concentradas de vitamina D están los aceites de hígado de pescado, particularmente el aceite de hígado de bacalao. Como los alimentos naturales son bajos en el contenido de esta vitamina, la mayoría de los alimentos comerciales están enriquecidos con vitamina D para asegurar que los gatos reciben cantidades adecuadas de esta vitamina, sin importar la cantidad de luz solar que reciben.

Los requerimientos en la dieta de vitamina D dependen de los niveles de calcio y fósforo en la dieta, los niveles de estos dos minerales y la edad del animal. Por la capacidad de la piel de producir vitamina D, los animales adultos que consumen dietas con niveles adecuados de calcio y fósforo tienen requerimientos muy bajos de colecalciferol. Durante el crecimiento, la vitamina D es importante para el desarrollo y mineralización normal del hueso. Aún con esta necesidad, parece que son muy bajos los niveles de vitamina D en la dieta que parecen ser necesarios para las mascotas, suponiendo que están presentes las cantidades adecuadas de calcio y fósforo.

Hay controversia en los datos obtenidos en estudios donde se ha medido la capacidad de las mascotas para producir niveles adecuados de vitamina D en la piel para cubrir sus necesidades diarias. Cuando un grupo de gatitos en crecimiento fue alimentado con una dieta que contenía niveles adecuados de fósforo y calcio, ocurrió un crecimiento óseo normal en ausencia de vitamina D en la dieta y exposición a luz <sup>152</sup>. Se especuló que los gatitos en este estudio fueron capaces de usar sus reservas corporales de vitamina D que habían adquirido durante la lactancia.



Otros estudios muestran que los gatos no sintetizan las cantidades suficientes de vitamina D en la piel para cubrir sus requerimientos diarios, aún cuando se les provee de luz UV<sup>140,153</sup>. Se produjo deficiencia de vitamina D en gatitos que fueron alimentados con una dieta que no contenía vitamina D y con 1% de calcio y fósforo. Los signos de la deficiencia fueron exacerbados cuando el nivel de fósforo de la dieta se disminuyó a 0.65% y el de calcio fue aumentado a 2%. Parece por estos datos que los gatos dependen de una fuente de vitamina D de la dieta para un desarrollo y crecimiento óseo normal. La interrelación entre vitamina D, calcio y fósforo en la dieta ha sido demostrada por estudios que han producido deficiencias de vitamina D experimentales en gatos al limitar o desbalancear los niveles de calcio y fósforo en la dieta<sup>152,154-156</sup>.

El raquitismo se caracteriza por una malformación ósea causada por depósito insuficiente de calcio y fósforo. Los huesos largos se ven afectados, dando por resultado un arqueamiento de los miembros y engrosamiento de las articulaciones. La osteomalacia es causada por la descalcificación del hueso y una tendencia incrementada de los huesos largos a fracturarse. En la mayoría de los animales, la deficiencia de vitamina D se desarrolla junto con deficiencias o desbalances en los niveles de calcio y fósforo de la dieta. Bajos niveles de estos minerales exacerbarán la deficiencia de vitamina D y pueden precipitar signos de raquitismo en los animales en crecimiento. Los niveles excesivos de vitamina D pueden ser tóxicos para los gatos dando por resultado la calcificación de los tejidos blandos en el cuerpo (principalmente vísceras). La ingestión crónica de altos niveles de vitamina D pueden llevar eventualmente a anomalías esqueléticas y deformaciones de los dientes y la mandíbula en los animales en crecimiento. Aunque la suplementación con vitamina D es la causa más común de toxicidad en gatos, la ingestión de rodenticidas que contienen vitamina D se ha reportado como causante de toxicidad aguda de vitamina D en bastantes casos clínicos<sup>157</sup>.

## VITAMINA E

La vitamina E está constituida por un grupo de compuestos relacionados químicamente llamados tocoferoles y tocotrienoles. El Alfa-tocoferol es la forma más activa de vitamina E y es el compuesto más común en los alimentos para gatos. Varias formas activas sintéticas de vitamina E han sido producidas.



son incluidas comúnmente en los alimentos procesados. Dentro del cuerpo, la vitamina E se encuentra en pequeñas cantidades en la mayoría de los tejidos, el hígado es capaz de almacenar cantidades apreciables.

La principal función de la vitamina E en la dieta y en el cuerpo es la de un potente antioxidante. Los ácidos grasos insaturados que están presentes en los alimentos y en las membranas lipídicas de las células del cuerpo son muy vulnerables a los cambios oxidativos. La vitamina E interrumpe la oxidación de estas grasas al donar electrones a los radicales libres que inducen la peroxidación de los lípidos. La peroxidación de los lípidos corporales puede destruir la integridad estructural de las membranas celulares, dando por resultado un desajuste en el funcionamiento celular normal. La peroxidación de las grasas de los alimentos causa rancidez y una pérdida del valor nutricional de los ácidos grasos esenciales del alimento. Además de su acción en los ácidos grasos polinsaturados, la vitamina E también protege a la vitamina A y a los aminoácidos azufrados del daño oxidativo. Como resultado directo de estas funciones, el requerimiento de vitamina E en la dieta de un animal depende del nivel de ácidos grasos polinsaturados de su dieta. Al incrementar los niveles de ácidos grasos polinsaturados en el alimento, se provoca un incremento necesario en el requerimiento de vitamina E de un gato.

Existe una segunda interrelación importante entre el mineral selenio y la vitamina E. El selenio es un cofactor de la enzima glutatión peroxidasa, la cual reduce los peróxidos formados durante el proceso de la oxidación de los ácidos grasos. La inactivación de estos peróxidos por la glutatión peroxidasa protege a las membranas celulares del daño oxidativo. Al prevenir la oxidación de los ácidos grasos de las membranas celulares y la formación de peróxidos la vitamina E ahorra selenio. Así tenemos que el selenio tiene un efecto similar y es capaz de reducir el requerimiento de vitamina E de un animal.

En la naturaleza, la vitamina E es sintetizada por una gran variedad de diferentes plantas. Las fuentes alimenticias que son ricas en tocoferoles incluyen el germen de trigo y los aceites de maíz, de semilla de algodón, de soya y de girasol. En general, el contenido de vitamina E de un aceite aumenta junto con su concentración de ácido linoléico. La mayoría de las fuentes de origen animal suplen solamente



cantidades limitadas de vitamina E. La yema de huevo puede contener una moderada cantidad de vitamina E dependiendo de la raza de la gallina, pero la leche y los productos lácteos son fuentes muy pobres. La vitamina E en los alimentos comerciales es susceptible a la oxidación y la destrucción, junto con la grasa de la dieta. Por lo tanto es necesario un adecuado almacenamiento de los alimentos para prevenir cambios oxidativos tanto de las grasas como de la vitamina E, manteniéndola a ésta en los niveles adecuados.

Es rara la deficiencia de vitamina E en los gatos que son alimentados con alimentos comerciales. Sin embargo, la ingestión de alimentos de baja calidad o con deficiencias en el almacenaje o suplementados con grandes cantidades de ácidos grasos polinsaturados pueden precipitar una deficiencia de esta vitamina. En los gatos existe una condición llamada *pansteatitis* o "enfermedad de la grasa amarilla", que ocurre en los gatos que son alimentados con dietas que contienen niveles bajos o marginales de alfa-tocoferol y altas cantidades de ácidos grasos insaturados. Los signos de pansteatitis incluyen presencia de "grasa abultada", anorexia, depresión, pirexia (fiebre), hiperestesia del tórax y el abdomen y un rechazo a moverse<sup>158,159</sup>. Una dieta que contiene altos niveles de aceite de pescado puede causar un incremento de tres a cuatro veces en el requerimiento diario de alfa-tocoferol para gatos<sup>67</sup>. Los primeros casos de pansteatitis ocurrieron principalmente en gatos alimentados exclusivamente con alimentos enlatados comerciales basados en pescado principalmente, de los cuales el atún rojo era el principal tipo de pescado. Los casos siguientes ocurrían en gatos que eran alimentados con dietas que consistían en gran parte de atún rojo enlatado o sobras de pescado. El atún rojo enlatado en aceite contiene altos niveles de ácidos grasos polinsaturados y bajos niveles de vitamina E. La adición de grandes cantidades de productos de pescado a las dietas de los gatos parece ser la causa primaria de esta enfermedad en los gatos.

## VITAMINA K

La vitamina K está constituida por un grupo de compuestos llamados quinonas. La vitamina K1 (filoquinona) se encuentra en las plantas verdes, y la vitamina K2 (menaquinona) es sintetizada por



bacterias en el intestino grueso. Se han preparado varios análogos sintéticos. La menadiona (vitamina K<sub>3</sub>), es la forma sintética más común de la vitamina K, tiene actividad de dos a tres veces mayor que la de la vitamina natural K<sub>1</sub>. Como todos los animales los gatos tienen necesidades metabólicas de vitamina K. Sin embargo, al menos una proporción de este requerimiento puede ser cubierta a partir de la síntesis bacteriana de esta vitamina en el intestino.

La función más conocida de la vitamina K es su papel en el mecanismo de coagulación sanguínea. Específicamente se requiere para la síntesis en el hígado de la protrombina (factor II) y otros tres factores de la cascada de coagulación, los factores VII, IX y X. La vitamina K actúa como un cofactor de una enzima que carboxila los residuos de ácido glutámico en una proteína precursora de la protrombina para formar ácido gama-carboxyglutámico. La conversión de estos aminoácidos facilita la unión de la protrombina al calcio y los fosfolípidos, un proceso que es necesario para la presentación normal de la coagulación. Parece que la vitamina K tiene un papel similar en la activación de otras proteínas que contienen residuos de ácido glutámico en el hueso y el tejido renal<sup>160</sup>.

La vitamina K se encuentra en las plantas de hojas verdes como las espinacas, berza, col y coliflor. En general las fuentes de origen animal contienen bajas cantidades de vitamina K; hígado de huevo y ciertas harinas de pescado son buenas fuentes. La síntesis de vitamina K por las bacterias en el intestino grueso de los gatos contribuye con al menos una parte, si no toda, de los requerimientos diarios de esta especie. Por lo tanto una suplementación en la dieta de esta vitamina sólo se vuelve significativa cuando las poblaciones bacterianas en el intestino grueso son reducidas, como en los casos de tratamientos con ciertos tipos de antibióticos, o cuando hay interferencia con la absorción o el uso de la vitamina K de fuentes bacterianas.

La deficiencia de vitamina K en gatos se ha asociado siempre con interferencia con la síntesis bacteriana de la vitamina en el intestino o con su absorción o función. Las deficiencias simples de origen dietético no se han observado. Se cree que este hallazgo es resultado de la capacidad de la síntesis bacteriana en el intestino para cubrir completamente los requerimientos de vitamina K. La interferencia con la síntesis de



vitamina K o con su absorción pueden causar una deficiencia con signos que pueden incluir hemorragias o bajos niveles de protrombina en la sangre

## VITAMINAS HIDROSOLUBLES

### COMPLEJO DE VITAMINAS B

Las vitaminas del complejo B son un grupo de vitaminas hidrosolubles que fueron agrupadas juntas en principio por sus funciones metabólicas similares y su presencia en los alimentos. Estas nueve vitaminas actúan como coenzimas para enzimas celulares específicas que están involucradas en el metabolismo de la energía y la síntesis de tejidos. Las coenzimas son pequeñas moléculas orgánicas que deben estar presentes con una enzima para que ocurra una reacción específica. Las vitaminas tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pantoténico y biotina están involucradas en el uso de la energía de los alimentos. El ácido fólico, la cianocobalamina y la colina son importantes para el mantenimiento celular y el crecimiento y/o síntesis de células sanguíneas.

Por la disponibilidad de alimentos comerciales formulados y balanceados correctamente, las deficiencias simples de vitaminas del complejo B son extremadamente raras en los gatos que son mantenidos como mascotas. Sin embargo, hay varias situaciones en las cuales la vitamina B puede ser de cuidado en el manejo nutricional de los gatos. Puede ocurrir una deficiencia de tiamina cuando los gatos son alimentados con ciertos tipos de pescado crudo que contienen una enzima que destruye esta vitamina, mientras que puede ser inducida una deficiencia de biotina al alimentar con dietas con grandes cantidades de clara cruda de huevo. El requerimiento de vitamina B<sub>6</sub> (piridoxina) está afectado directamente por el nivel de proteína en la dieta, conforme aumenta el nivel de proteína en la dieta, también aumenta el requerimiento de vitamina B<sub>6</sub> por parte del gato<sup>161-164</sup>.



## TIAMINA

La tiamina, también conocida como vitamina B1, es un componente de la coenzima tiamin pirofosfato, la cual tiene un importante papel en el metabolismo de carbohidratos. La tiamin pirofosfato es necesaria para las reacciones de descarboxilación y transcetolación que están involucradas en el uso de los carbohidratos como energía y en la conversión a las grasas y en el metabolismo de los ácidos grasos, los ácidos nucleicos, los esteroides y ciertos aminoácidos. Por su importancia en el metabolismo de los carbohidratos, el requerimiento de tiamina de un gato depende del nivel de carbohidratos presentes en la dieta. La deficiencia de tiamina puede afectar significativamente el funcionamiento del sistema nervioso central por su dependencia de una fuente constante de carbohidratos para producir energía. Las fuentes naturales de tiamina incluyen la carne magra de puerco, la carne de res, hígado, germen de trigo, granos enteros y legumbres. Aunque está presente en una gran variedad de alimentos, la tiamina es una vitamina termolábil o sea que se destruye fácilmente por el calor requerido en el proceso de manufactura de los alimentos para mascotas. Para asegurar niveles adecuados de la vitamina en los alimentos, la mayoría de las compañías suplementan con una cantidad excesiva antes del proceso para asegurar que la cantidad en el producto terminado es suficiente. La deficiencia natural de tiamina es muy rara en los gatos y usualmente es el resultado de la presencia de factores anti-tiamina en el alimento más que a una deficiencia absoluta de la vitamina.

## RIBOFLAVINA

La riboflavina (vitamina B2) recibe este nombre por su color amarillo (flavina) y porque contiene al azúcar simple D-ribosa. Es relativamente estable al procesamiento con calor, pero es fácilmente destruida por la exposición a la luz y la radiación solar. La riboflavina actúa en el cuerpo como un componente de dos diferentes coenzimas, el flavin mononucleótido y el flavin adenin dinucleótido. Ambas coenzimas son requeridas en los sistemas oxidativos de enzimas que funcionan en la liberación de energía a partir de carbohidratos, grasas y proteínas, así como en varias vías biosintéticas. Las fuentes de riboflavina incluyen a la leche, vísceras, granos enteros y vegetales. Además, ocurre síntesis microbiana de



riboflavina en el intestino grueso de la mayoría de las especies. La cantidad que es sintetizada parece depender tanto de la especie de animal como del nivel de carbohidratos con el que es alimentado<sup>165</sup>. Sin embargo el grado en el que esta fuente contribuye a los requerimientos diarios de riboflavina en los gatos es aun desconocido.

### **NIACINA**

La tercera vitamina B, la niacina (o ácido nicotínico) está asociada muy de cerca con la riboflavina en los sistemas enzimáticos de oxidación-reducción. Tras la absorción, la niacina es rápidamente convertida por el cuerpo en nicotinamida, la forma metabólicamente activa de la vitamina. La nicotinamida es incorporada entonces a dos diferentes coenzimas, la nicotinamida adenina dinucleótido y la nicotinamida adenina dinucleótido fosfato. Estas coenzimas funcionan como agentes transportadores de hidrógeno en varias vías enzimáticas que están involucradas con el uso de grasas, carbohidratos y proteínas. La carne y las legumbres y los granos contienen grandes cantidades de niacina. Sin embargo, una gran proporción de la niacina presente en muchas fuentes vegetales se encuentra en una forma unida a otras partículas que no está disponible para su absorción<sup>166</sup>. La niacina en las fuentes animales se encuentra principalmente en una forma libre y disponible. Además de consumir niacina en la dieta, la mayoría de animales también sintetiza esta vitamina como un producto final del metabolismo de triptofano, un aminoácido esencial. Como resultado, el nivel de triptofano en la dieta afecta directamente los requerimientos de niacina en la dieta. Como los gatos no pueden sintetizar niacina a partir de triptofano, ellos deben recibir todo su requerimiento de niacina en la dieta.

### **PIRIDOXINA**

La piridoxina o vitamina B6 se compone de tres diferentes compuestos: piridoxina, piridoxal y piridoxamina. El piridoxal es un componente de la coenzima piridoxal 5'-fosfato y es la forma biológicamente activa. Esta coenzima es necesaria para muchas de las reacciones de transaminación, desaminación y descarboxilación del metabolismo de aminoácidos y es activa en un menor grado en



metabolismo de glucosa y ácidos grasos. El piridoxal 5'-fosfato también es necesario para la síntesis de hemoglobina y la conversión de triptofano a niacina. De la misma manera que los requerimientos de vitamina B<sub>6</sub> varían de acuerdo al nivel de carbohidratos en la dieta, el requerimiento de piridoxina en los animales depende del nivel de proteína en la dieta. La piridoxina es abundante en los alimentos, las carnes, el pescado, germen de trigo y granos enteros proveen de cantidades adecuadas. Las deficiencias de esta vitamina en la dieta de gatos no han sido reportadas.

### ÁCIDO PANTOTÉNICO

Recibe este nombre por el vocablo griego *pan* que significa *todo*, pues esta vitamina se encuentra en todos los tejidos y en todas las formas de tejidos vivos. Una vez absorbido el ácido pantoténico es fosforilado por el adenosin trifosfato (ATP) para formar coenzima A. Esta coenzima es esencial para el proceso de acetilación, una reacción universal involucrada en muchos aspectos del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas dentro del ciclo del ácido cítrico. El ácido pantoténico se encuentra prácticamente en todos los alimentos. Como resultado, las deficiencias de esta vitamina son extremadamente raras. El hígado, el riñón, la yema de huevo, los productos lácteos y las legumbres constituyen fuentes ricas en ácido pantoténico.

### BIOTINA

La biotina es una coenzima requerida en varias reacciones de carboxilación. Actúa como un transportador de dióxido de carbono en reacciones donde se arman cadenas de carbohidratos. Específicamente, la biotina está involucrada en ciertos pasos de la síntesis de ácidos grasos, aminoácidos no esenciales y purina. La biotina se encuentra en muchos alimentos diferentes, pero su disponibilidad varía grandemente. El huevo provee de una rica fuente de biotina, pero la clara de huevo contiene un compuesto llamado avidina el cual hace que la biotina no sea disponible para su absorción. Los huevos bien cocinados destruyen la avidina y permiten que la biotina en la yema sea utilizada. Otras



fuentes incluyen al hígado, leche, legumbres y nueces. Las bacterias intestinales también sintetizan biotina; se cree que en una gran proporción, si no todo el requerimiento de un animal puede ser cubierto por esta fuente<sup>165,167</sup>. Las deficiencias generalmente no son un problema, sin embargo el tratamiento de los gatos con antibióticos que disminuyen la población bacteriana en el intestino grueso pueden causar un incremento en el requerimiento de la dieta de biotina.

### ÁCIDO FÓLICO

El ácido fólico (o folacina) es activo en el cuerpo como ácido tetrahidrofólico. Este compuesto funciona como un agente transportador de grupos metilo, transportando unidades simples de carbón en gran número de reacciones metabólicas. Un papel importante del ácido fólico es su función en la síntesis de timidina, un componente del ácido desoxiribonucleico (ADN). Cuando el ácido fólico falta en el cuerpo, la incapacidad de producir ADN adecuado lleva a un descenso en el crecimiento y maduración celular. Esto se manifiesta clínicamente como anemia y leucopenia en los animales con deficiencias. Las fuentes de ácido fólico incluyen vegetales de hojas verdes y vísceras como hígado y riñón. Como otras de las vitaminas B, el ácido fólico es sintetizado por las bacterias del intestino grueso de los gatos. Parece que la mayoría sino todo el requerimiento de los gatos puede ser cubierto mediante esta fuente.

### CIANOCOBALAMINA

La cianocobalamina (vitamina B12) contiene un mineral, cobalto, y es la única vitamina de este complejo que contiene un elemento traza. Similar al ácido fólico, la cianocobalamina está involucrada en la transferencia de unidades de carbón durante varias reacciones bioquímicas. También está involucrada en el metabolismo de grasas y carbohidratos y es necesaria para la síntesis de mielina. Como resultado, una deficiencia de vitamina B12 produce anemia y fallas en el funcionamiento neurológico. En la mayoría de los animales, la absorción de cianocobalamina de la dieta es facilitada por una proteína producida en el intestino, llamada *factor intrínseco*. La ausencia de este factor puede desencadenar una deficiencia de



vitamina B12 Aunque la presencia del factor intrínseco no ha sido demostrada en gato, se cree que la absorción ocurre por los mismos mecanismos en esta especie.

La cianocobalamina se encuentra solamente en fuentes de origen animal. Las fuentes ricas en esta vitamina son la carne, las aves, pescado y productos lácteos. Tiene una particularidad para ser vitamina del complejo B, los excesos pueden ser almacenados en el cuerpo. El hígado es la principal fuente de almacenamiento, el músculo, el hueso y la piel también contienen pequeñas cantidades de cianocobalamina. Las deficiencias son muy raras pues se requieren cantidades muy pequeñas y por la capacidad del cuerpo de almacenar cantidades apreciables de esta vitamina.

### COLINA

La última vitamina B, la colina actúa como un donador de unidades metilo para varias reacciones metabólicas en el cuerpo. La colina es un precursor de una sustancia neurotransmisora, la acetilcolina, y es necesaria para el transporte normal de ácidos grasos hacia las células. A diferencia de otras vitaminas, la colina es parte integral de las membranas celulares. La colina es un componente de dos fosfolípidos importantes, la fosfatidilcolina (lecitina) y la esfingomielina. La lecitina es esencial para la estructura y función normal de la membrana celular, y la esfingomielina se encuentra en altas concentraciones en el tejido nervioso.

El cuerpo es capaz de sintetizar colina a partir del aminoácido serina. En esta reacción la metionina actúa como un donador de grupos metilo, y la folacina y la vitamina B12 también son necesarias. No se sabe si se produce la suficiente folacina por los gatos para mantenerse sanos sin una fuente en la dieta de este compuesto. Como la colina y la metionina funcionan como donadores de grupos metilo en el cuerpo, las dietas que son altas en metionina pueden reemplazar parcialmente los requerimientos de colina del animal. La colina está ampliamente distribuida en los alimentos. La yema de huevo, las vísceras, legumbres, productos lácteos y los granos enteros aportan grandes cantidades de colina. Por su síntesis



en el cuerpo, su presencia en muchos alimentos y la capacidad de la metionina de liberar colina, no han reportado deficiencias de origen dietario de colina en los gatos.

## VITAMINA C

El ácido ascórbico, conocido comúnmente como vitamina C, tiene una estructura química que es relacionada con la de los azúcares monosacáridos. Se sintetiza a partir de la glucosa por las plantas y la mayoría de las especies animales, incluyendo a los gatos. Cuando está presente en los alimentos, el ácido ascórbico se destruye fácilmente por los procesos oxidativos. La exposición al calor, luz, ácidos y enzimas oxidativas, cobre y hierro contribuyen a pérdidas en la actividad de la vitamina C. Las pérdidas oxidativas de la vitamina C son disminuidas por un ambiente ácido y un almacenamiento de los alimentos a bajas temperaturas.

El cuerpo requiere ácido ascórbico para la hidroxilación de los aminoácidos prolina y lisina en la formación del colágeno. El colágeno es el constituyente primario de los tejidos osteoide, la dentina y el tejido conectivo. Es producido por los osteoblastos durante el crecimiento esquelético, por lo tanto es importante para la formación normal de huesos. Cuando el ácido ascórbico no está disponible, se da lugar a una síntesis deficiente de varios tipos de tejido conectivo en el cuerpo. En las especies animales que tienen requerimientos en la dieta de vitamina C, como los humanos, esto da por resultado una condición llamada escorbuto. Los signos clínicos del escorbuto incluyen una deficiente cicatrización de las heridas, sangrado capilar, anemia y formación ósea deficiente. Las anomalías óseas que están asociadas con el escorbuto son el resultado de una deficiente síntesis de cartílago.

Con excepción de los humanos y otras cuantas especies animales, todos los animales son capaces de producir niveles endógenos adecuados de vitamina C y por lo tanto no tienen un requerimiento en la dieta para esta vitamina. El ácido ascórbico es producido en el hígado a partir de glucosa o galactosa a través de la vía del glucuronato. No se ha demostrado la necesidad de un requerimiento de ácido ascórbico en la dieta de los gatos.



## MINERALES

Los minerales son elementos inorgánicos que son esenciales para los procesos metabólicos del cuerpo. Proximadamente tan sólo el 4% del peso corporal de un animal está constituido de materiales minerales; sin embargo, como las vitaminas, la presencia de estos elementos es esencial para la vida. Un esquema de clasificación general divide a los minerales en dos grupos, los macrominerales y los microminerales. Los *macrominerales* son aquellos minerales que se encuentran en cantidades apreciables en el cuerpo y representan la mayoría del total de contenido mineral del cuerpo. Incluyen al calcio, fósforo, magnesio, azufre, y los electrolitos sodio, potasio y cloro. Los *microminerales*, a menudo llamados elementos traza, incluyen un mayor número de minerales que están presentes en el cuerpo en cantidades muy pequeñas. Estos minerales son requeridos en cantidades muy pequeñas en la dieta.

Los minerales tienen una variedad de funciones en el cuerpo. Activan las reacciones catabolizadas enzimáticamente, proveen de soporte al esqueleto, ayudan en la transmisión nerviosa y la contracción muscular, sirven como componentes de ciertas proteínas de transporte y hormonas, y funcionan en el balance de agua y electrolitos.

Las interrelaciones que existen entre la mayoría de los minerales pueden afectar la absorción mineral, el metabolismo y funcionamiento. Específicamente, la presencia de excesos o deficiencias de algunos minerales puede afectar significativamente la capacidad del cuerpo de utilizar otros minerales en la dieta. Como resultado, el nivel de la mayoría de los minerales en la dieta debe ser considerado en relación a otros componentes de la dieta, con la finalidad de alcanzar un óptimo balance general de la dieta.



**Tabla 7. Deficiencias minerales, excesos y principales fuentes en la dieta**

Mineral	Deficiencia	Exceso	Fuente
Calcio	Raquitismo, osteomalacia, hiperparatiroidismo nutricional secundario	Desarrollo esquelético defectuoso, contribuye a otras deficiencias de minerales	Productos lácteos, carne de res y aves, huesos
Fósforo	Igual a la deficiencia de calcio	Causa deficiencia de calcio	Carne, aves, pescado
Magnesio	Calcificación de los tejidos blandos, agrandamiento de la metafisis de los huesos largos, irritabilidad neuromuscular	El exceso es poco probable, la absorción está regulada de acuerdo a las necesidades	Frijol de soya, maíz, granos de cereales, harinas de hueso
Azúfre	No reportada	No reportada	Carne, aves, pescado
Hierro	Anemia hipocrómica microcítica	El exceso es poco probable, la absorción está regulada de acuerdo a las necesidades	Visceras
Cobre	Anemia hipocrómica microcítica, desarrollo esquelético defectuoso	Enfermedades hereditarias del metabolismo del cobre causan enfermedad del hígado	Visceras
Zinc	Dermatosis, despigmentación del pelo, retardo en el crecimiento, falla reproductiva	Causa deficiencia de calcio y cobre	Hígado de res, carne oscura de ave, leche, yema de huevo, legumbres
Manganeso	La deficiencia es poco probable, desarrollo esquelético defectuoso, falla reproductiva	El exceso es poco probable	Carne, aves, pescado
Yodo	La deficiencia es poco probable, bocio, retardo en el crecimiento, falla reproductiva	El exceso es poco probable, bocio	Pescado, carne de res, hígado
Selenio	La deficiencia es poco probable, miopatías esquelética y cardíaca	El exceso es poco probable, miocarditis necrosante, hepatitis tóxica y nefritis	Granos, carne, aves
Cobalto	La deficiencia es poco probable, deficiencia de vitamina B12, anemia	No reportado	Pescado, productos lácteos



## CALCIO Y FÓSFORO

El calcio y el fósforo generalmente se revisan juntos porque su metabolismo y los mecanismos homeostáticos que controlan sus niveles en el cuerpo están relacionados muy estrechamente. El calcio es el principal componente inorgánico del hueso. Hasta un 99% del calcio del cuerpo se encuentra en el esqueleto, el restante 1% está distribuido a través de los fluidos extracelulares e intracelulares. El fósforo también es un componente importante del hueso. Aproximadamente un 85% del fósforo del cuerpo se encuentra en una combinación inorgánica con el calcio como hidroxiapatita en los huesos y los dientes. La mayoría de la porción restante de este mineral se encuentra en los tejidos blandos en combinación con sustancias orgánicas.

El calcio provee de integridad estructural al esqueleto y contribuye al mantenimiento de niveles adecuados de calcio en la sangre a través de la resorción y deposición del mineral. El calcio en el tejido óseo no está en estado estático, pues es movilizado constantemente y depositado conforme el hueso crece y se lleva a cabo el mantenimiento y cuando el cuerpo tiene necesidades por las fluctuaciones en el nivel del calcio plasmático. El nivel del calcio plasmático circulante es controlado estrictamente a través de mecanismos homeostáticos y es independiente del consumo de calcio en la dieta del animal. El calcio circulante tiene papeles esenciales en la transmisión de impulsos nerviosos, la contracción muscular, la coagulación sanguínea, activación de ciertos sistemas enzimáticos y para el mantenimiento de la permeabilidad normal y transporte en la membrana celular, y en la función cardíaca.

El fósforo que está presente en el hueso se encuentra principalmente en combinación con calcio en el compuesto llamado hidroxiapatita. Como el calcio, este fósforo da soporte estructural al esqueleto y también es liberado al torrente sanguíneo en respuesta a mecanismos homeostáticos. El fósforo que se encuentra en los tejidos blandos del cuerpo tiene un amplio número de funciones y está involucrado en la mayoría de los procesos metabólicos del cuerpo. Es constituyente del ácido desoxirribonucleico (ADN) y del ácido ribonucleico (ARN), de varias coenzimas del grupo de las vitaminas del complejo B, y de los fosfolípidos de la membrana celular, que son importantes en la regulación del transporte de solutos hacia



adentro y afuera de las células. El fósforo también es necesario para las reacciones de fosforilación que son parte de muchas vías oxidativas del metabolismo de los nutrientes que contienen energía. El fósforo es un componente de moléculas altamente energéticas, el adenosín trifosfato (ATP), el adenosín difosfato (ADP) y el adenosín monofosfato cíclico (AMPc).

El cuerpo tiene varios mecanismos homeostáticos controlados estrictamente que están diseñados para mantener un nivel constante de calcio circulante en el plasma. Estos mecanismos incluyen a la hormona paratiroide (PTH), la calcitonina y la vitamina D activa o calcitriol. La PTH es liberada al torrente sanguíneo en respuesta a un ligero descenso del calcio plasmático. Esta hormona estimula la síntesis de vitamina D activa en el riñón e incrementa la resorción de calcio y fósforo del hueso. También actúa en los túbulos renales para incrementar la resorción de calcio y disminuir la resorción de fósforo, dando por resultado un incremento en la retención de calcio en el cuerpo y de un incremento en las pérdidas de fósforo en la orina. Por su parte, la vitamina D activa producida por el riñón en respuesta a la PTH actúa en el intestino para incrementar la absorción de calcio y fósforo de la dieta. Junto con la PTH, la vitamina D también promueve la movilización de calcio del hueso al incrementar la actividad de los osteoclastos. En suma, la acción de la PTH es incrementar la concentración sérica de calcio y disminuir la concentración sérica de fósforo. El efecto neto de la vitamina D activa es incrementar los niveles de calcio y fósforo.

Cuando el nivel del calcio sanguíneo está normal, la secreción de PTH se inhibe a través de mecanismos de retroalimentación negativos, y la calcitonina, una hormona producida por las células parafoliculares (células C) de la glándula tiroide, es liberada. La calcitonina reduce los niveles de calcio sanguíneo actuando primeramente al incrementar la actividad de los osteoblastos y disminuyendo la actividad de los osteoclastos en el tejido óseo. El resultado final es un decremento en la movilización de calcio del esqueleto. La calcitonina también se libera en respuesta a la hipercalcemia y a la liberación de ciertas hormonas como la gastrina. Bajo condiciones fisiológicas normales, la PTH y la vitamina D activa son los reguladores más importantes de la homeostasis del calcio, con la calcitonina que tiene un papel menor.



Sin embargo, la calcitonina puede adquirir una gran importancia en los mecanismos normales de homeostasis del calcio durante el crecimiento, la gestación y la lactancia.

Además de tener mecanismos homeostáticos comunes en el cuerpo, el calcio y el fósforo tienen una importante relación dentro de la dieta. Una vez que se han incluido niveles adecuados de calcio y fósforo en la dieta, es importante considerar la proporción de la cantidad de calcio en relación con la de fósforo. Un exceso de calcio en la dieta forma un complejo insoluble con el fósforo que da por resultado una absorción de fósforo disminuida. Del mismo modo, altos niveles de fósforo o fitatos en la dieta pueden inhibir la absorción de calcio. Los fitatos son compuestos que contienen fósforo que se encuentran en la cáscara de varios granos de cereales. Aunque este compuesto es rico en fósforo, el mineral es muy poco disponible para el cuerpo. La proporción de calcio a fósforo en un alimento comercial para perros va de 1.9:1 a 1.1:1 en el caso de los gatos<sup>66,165,167</sup>. El proporcionar alimentos con niveles inadecuados de calcio o fósforo o el suplementar los alimentos balanceados con grandes cantidades de uno de estos minerales puede llevar a un desbalance de estos dos minerales. Dichos problemas se manifiestan generalmente en los animales como enfermedades del esqueleto en los animales en crecimiento y en los adultos.

El contenido de calcio de los alimentos varía grandemente. Los productos lácteos y las legumbres contienen grandes cantidades, pero los granos de cereales, la carne y las vísceras contienen muy poco calcio. El fósforo, por otro lado, está ampliamente distribuido en los alimentos. Los alimentos que contienen fósforo y calcio incluyen a los productos lácteos y las legumbres. El pescado, las carnes, las aves y las vísceras son fuentes ricas en fósforo. Sin embargo, estos alimentos son deficientes en calcio, por lo tanto su inclusión en la dietas para gatos debe ser balanceada con una fuente de calcio en la dieta para asegurar que se mantenga una adecuada proporción de calcio y fósforo.

Los requerimientos de calcio estimados para gatos en crecimiento reportados varían entre 200 y 400 mg/día. Esta cantidad es equivalente a aproximadamente 0.6% a 0.8% de la dieta<sup>67,168</sup>. Sin embargo, cuando los gatos fueron alimentados con dietas purificadas, se puede mantener un crecimiento normal con una cantidad más baja de 150 a 200 mg/día<sup>168</sup>.



Tanto las recomendaciones del NRC como los Perfiles de Nutrientes de la AAFCO han establecido estimados de los requerimientos de calcio y fósforo en las dietas de gatos<sup>66, 67, 82</sup>. Las recomendaciones del NRC mencionan los requerimientos mínimos para los nutrientes disponibles. Estos reportes no contienen márgenes de seguridad que contemplen las pérdidas por procesamiento de los nutrientes o la variabilidad en la disponibilidad de los mismos. Los estándares de la AAFCO, por otra parte, proveen de estimados para cantidades mínimas de nutrientes que deben ser incluidas en los alimentos para mascotas preparados comercialmente. Los márgenes de seguridad que son incluidos en todos los estimados de requerimientos contemplan las diferencias en la disponibilidad entre ingredientes. Es importante contemplar la variación de los niveles de disponibilidad es de especial importancia con respecto a la mayoría de los minerales, incluyendo el calcio y el fósforo. Los Perfiles de Nutrientes de la AAFCO para gatos recomienda un nivel mínimo de 1% de calcio y 0.8% de fósforo para el crecimiento y la reproducción y 0.6% de calcio y 0.5% de fósforo para el mantenimiento de gatos adultos. Las proporciones de calcio-fósforo que fluctúan entre 1:1 y 2:1 son aceptables, con la consideración de la mayoría de los nutriólogos de que las óptimas van de 1.2:1 a 1.4:1<sup>62</sup>.

Cuando se formulan raciones, los fabricantes de alimentos comerciales deben considerar las diferencias en la disponibilidad de calcio y fósforo en los ingredientes que son utilizados. Los coeficientes de absorción de calcio reportados varían entre el 0% y el 90%, dependiendo de la composición de la dieta, la edad del animal, y el contenido total de calcio de la dieta<sup>169, 170, 171</sup>. Al incrementar la cantidad de vitamina D en la dieta, incrementa la capacidad del cuerpo de absorber el calcio y el fósforo de la dieta.

Los ingredientes de los alimentos comerciales para gatos varían en su capacidad de proveer calcio y fósforo disponibles. En general, el calcio y el fósforo en los productos de origen vegetal son menos disponibles que en los minerales que se encuentran en los productos de origen animal. Ciertos granos de cereales contienen fitatos; la disponibilidad del fósforo de los fitatos es tan sólo del aproximadamente el 30%. Por otra parte, muchos de los productos de origen animal que son incluidos en los alimentos comerciales son muy altos en fósforo y bajos en calcio. Estos productos incluyen carne fresca de res



es, carne o harina de pescado, y vísceras. Como resultado, los alimentos comerciales deben ser cambiados con cuidado para asegurar niveles adecuados y una adecuada proporción de calcio-fósforo

Las deficiencias de calcio y fósforo son raras en los gatos alimentados con alimentos comerciales. Como el fósforo está presente en muchos alimentos, una deficiencia de la dieta de este mineral es extremadamente raro. Sin embargo, todavía siguen ocurriendo desbalances en los gatos en crecimiento como resultado de prácticas de alimentación inadecuadas. Se desarrolla una deficiencia de calcio cuando los gatitos son alimentados con una dieta basada en "sobras de mesa" que contenga principalmente carne o vísceras. Este tipo de dietas da por resultado un síndrome llamado hiperparatiroidismo nutricional secundario. El bajo nivel de calcio y el contenido de fósforo extremadamente alto de todas las dietas cárnicas lleva a una inadecuada absorción de calcio y una hipocalcemia transitoria. Los niveles de calcio sanguíneo disminuidos estimulan la liberación de la hormona paratiroide (PTH). La PTH incrementa la absorción ósea de calcio, dando por resultado una normalización del nivel sanguíneo de calcio. Cuando el calcio es deficiente en la dieta, los niveles crónicos elevados de PTH mantienen los niveles de calcio sanguíneo dentro de un rango normal. Sin embargo estos elevados niveles de PTH llevan a una desmineralización del hueso y una pérdida de la masa ósea<sup>172,173</sup>. Los gatos afectados muestran dolor en las articulaciones, abultamientos en las mismas y cojera, así como un rechazo a moverse. Se observa deformación o doblez hacia afuera de los dedos, una excesiva inclinación de los huesos metatarsales y metacarpeales así como desviación lateral de los carpos. El tratamiento incluye la corrección de la dieta a través de proveer de una dieta completa y balanceada. Es aconsejable reemplazar completamente a la dieta deficiente con un alimento preparado comercialmente más que tratar de balancear la dieta actual con la adición de suplementos de calcio.

El otro problema que involucra a la homeostasis de calcio en el cuerpo es la presencia de tetania puerperal o eclampsia en las gatas en lactancia. La eclampsia es una enfermedad que es poco frecuente en gatos. Ocurre generalmente justo 2 a 3 semanas después del parto y es causada por la falla en los mecanismos de regulación de calcio de la gata, para mantener los niveles séricos de calcio y así se da una pérdida de calcio en la leche. Uno de los papeles del calcio ionizado en el cuerpo es estabilizar las cargas eléctricas



en las membranas de las células nerviosas y musculares. En ausencia de los niveles normales de calcio sérico, las membranas celulares se tornan hiperexcitables, llevando a convulsiones y tetania. En el caso de la eclampsia, los niveles de calcio sérico pueden disminuir a menos de 7 miligramos por decilitro (mg/dl). Los niveles de calcio normales se mantienen estrictamente en un nivel de 9.5 a 10.5 mg/dl. Se requiere la pronta atención médica y consiste de la administración intravenosa de borogluconato de calcio<sup>174,175</sup>. La prognosis es muy favorable si el desorden es tratado en una etapa temprana.

Aunque no se han desarrollado investigaciones controladas en las mascotas, las investigaciones en ganado lechero han demostrado que el consumo de una dieta alta en calcio durante la gestación incrementa la incidencia de esta condición, pero el consumo de niveles moderadamente bajos de calcio pueden prevenir su presentación<sup>176,177</sup>. Se cree que una hipercalcemia relativa, causada por una dieta alta en calcio o la suplementación con calcio durante la gestación agudiza la retroalimentación negativa en la síntesis de PTH y su secreción por la glándula paratiroides. Este efecto causa una disminución en la capacidad del cuerpo de movilizar las reservas de calcio del cuerpo así como en la capacidad de incrementar la absorción de calcio en el intestino. Cuando el calcio se requiere súbitamente para la lactancia, los mecanismos de regulación del cuerpo son incapaces de adaptarse rápidamente a la pérdida súbita de calcio. El calcio se dirige preferentemente a la producción de leche, y el calcio sérico del animal disminuye. Aunque no se ha demostrado una correlación entre el exceso de calcio durante la gestación y la eclampsia, es prudente evitar los suplementos de calcio durante la gestación de las gatas. Si una gata está siendo alimentada con una dieta comercial de alta calidad que ha sido formulada para la alimentación durante la gestación y la lactancia, la suplementación con calcio no es necesaria y probablemente sea contraindicada.

Así como la falta de calcio durante el crecimiento puede tener un efecto detrimental durante el crecimiento de los gatos, así también puede tener el mismo efecto una cantidad excesiva. La causa común de un exceso de calcio en una dieta de gatos es la suplementación de una dieta balanceada completa con alimentos altos en calcio o suplemento minerales. Aunque el calcio es esencial para el crecimiento normal del hueso y el desarrollo del esqueleto, se corren varios riesgos cuando se agre-



cantidades excesivamente altas de calcio a una dieta adecuada. El exceso de calcio puede producir deficiencias en otros nutrientes y tiene el potencial para causar varias enfermedades de importancia en la salud del animal.

## MAGNESIO

Aunque el magnesio es un macromineral, su cantidad en el cuerpo es mucho menor que la del calcio y el fósforo. Aproximadamente del 60% al 70% del magnesio en el cuerpo se encuentra en forma de fosfatos y carbonatos en el hueso. La mayoría del magnesio restante se encuentra en las células, y una cantidad pequeña se encuentra presente en el fluido extracelular. Además de su papel al proveer estructura, el magnesio participa en un gran número de reacciones metabólicas. Un complejo de magnesio-ATP es la forma más común usada como sustrato en muchas de estas reacciones. El magnesio es esencial para el metabolismo celular de las proteínas y los carbohidratos, al ser un catión en el fluido intracelular. La síntesis de proteína también requiere la presencia de magnesio ionizado. Balanceado en el fluido extracelular con calcio, sodio y potasio, el magnesio permite la adecuada transmisión de los impulsos nerviosos y la contracción muscular.

El magnesio está ampliamente distribuido en los alimentos y es abundante en los granos enteros, leguminosas y productos lácteos. Una deficiencia de este mineral no es común en los gatos. Sin embargo, el exceso de magnesio en las dietas de gatos se ha implicado como un posible causal en la ocurrencia de la enfermedad del tracto urinario bajo felino. La deficiencia de magnesio en la dieta da por resultado debilidad muscular, ataxia y eventualmente convulsiones.

## AZUFRE

El azufre se requiere en el cuerpo para la síntesis de un gran número de compuestos que contienen azufre. Estos incluyen el condroitín sulfato, un mucopolisacárido encontrado en el cartílago, la hormona insulina y el anticoagulante heparina. Como parte de los aminoácidos cisteína, el azufre se encuentra en



el tripeptido regulatorio llamado glutatión. El glutatión está presente en todas las células y funciona como enzima glutatión peroxidasa para proteger a las células contra la destrucción por los efectos de los peróxidos. También puede tener un papel importante en el transporte de aminoácidos a lo largo de las membranas celulares. Además el azufre es constituyente de dos de las vitaminas del complejo B, la biotina y la tiamina. Dentro del cuerpo, el azufre existe casi por completo como componente de los compuestos orgánicos. La mayor proporción del azufre corporal se encuentra dentro de proteínas o como componente de los aminoácidos azufrados, cisteína y metionina.

La mayoría del azufre de la dieta es provisto por la metionina y la cisteína. Los sulfatos inorgánicos presentes en la dieta son pobremente absorbidos por el cuerpo y no contribuyen en una cantidad apreciable a la cantidad total de azufre. No se ha demostrado la deficiencia de azufre en gatos, y se cree que las dietas que contienen cantidades adecuadas de aminoácidos azufrados, proveerán de una cantidad adecuada de azufre.

## HIERRO

El hierro está presente en todas las células del cuerpo, pero la mayor proporción del hierro corporal se encuentra como componente de las moléculas proteicas hemoglobina y mioglobina. La hemoglobina se encuentra en las células rojas de la sangre y transporta oxígeno de los pulmones a los tejidos. La mioglobina libera el oxígeno para su uso inmediato por las células musculares. El hierro también es un cofactor de muchas otras enzimas y es un componente de las enzimas del citocromo, que funcionan en el transporte de hidrogeniones durante la respiración celular.

El hierro de la dieta se absorbe pobremente por la mayoría de los animales. Aproximadamente del 5 al 10% del hierro que está presente en la dieta, es absorbido por el cuerpo<sup>178,179</sup>. La cantidad de hierro absorbida se ve afectada por varios factores, incluyendo la necesidad corporal por este mineral, el pH del medio ambiente del lumen intestinal, y el tipo de alimentos que se suministran. El hierro que está en el estado ferroso (+2) es más fácilmente absorbible que el hierro que está en estado férrico (+3). P



En un ambiente ácido (reductor) en el intestino generalmente aumenta la absorción de hierro. De manera similar, el hierro hemo, que se origina de la hemoglobina y la mioglobina en los alimentos de origen animal, es mejor absorbido que el hierro no hemo, que se encuentra en los alimentos de origen vegetal y en algunos alimentos de origen animal. Las reservas bajas de hierro en el cuerpo y una necesidad aumentada, como en el crecimiento y la gestación, dan por resultado un aumento en la eficiencia de la absorción de hierro. Los factores de la dieta que pueden inhibir la absorción de hierro incluyen la presencia de fitatos, fosfatos y oxalatos en la dieta y el consumo de un exceso de zinc en la dieta<sup>180,181</sup>.

El hierro se transporta en el torrente sanguíneo unido a una proteína llamada transferrina y es almacenado en los tejidos unido a otras dos proteínas, la ferritina y la hemosiderina. La ferritina y la transferrina también están involucradas en la regulación de la absorción y transporte del hierro. Los principales sitios de almacenamiento de hierro en el cuerpo son el hígado, el bazo y la médula ósea. La mayoría de los animales son muy eficientes en conservar el hierro, así que las pérdidas de este mineral en el cuerpo son mínimas. El hierro de la hemoglobina es reciclado y reusado cuando las células rojas sanguíneas son catabolizadas y solamente se pierden pequeñas cantidades por excreción renal. Como resultado, el requerimiento de hierro solamente aumenta considerablemente durante periodos de pérdida masiva de sangre como en el parto, en cirugías mayores, traumatismos o en infestaciones parasitarias severas o en enfermedades gastrointestinales. La deficiencia de hierro da por resultado una anemia hipocrómica microcítica, la cual se manifiesta a menudo de manera clínica por fatiga y depresión. El hierro como la mayoría de los elementos traza es tóxico si se ingiere en cantidades excesivas

Las vísceras como el hígado y el riñón son las fuentes más ricas de hierro; la carne, la yema de huevo, el pescadero, las leguminosas, y los granos enteros también proveen de cantidades adecuadas. Todo el hierro en las plantas y aproximadamente el 60% del hierro en los alimentos de origen animal está en la forma de hierro no hemo, el cual no se absorbe de manera tan eficiente como el hierro hemo. La anemia como resultado de una deficiencia de hierro en la dieta es extremadamente rara en gatos. Las pérdidas



crónicas sanguíneas que ocurren durante infestaciones parasitarias severas o hemorragias son causas más importantes de deficiencia en esta especie.

## COBRÉ

El metabolismo y funciones del cobre están ligadas estrechamente con las del hierro. El cobre es necesario para la absorción y transporte normal del hierro de la dieta. Junto con el hierro, el cobre es esencial para la formación normal de hemoglobina. La mayoría del cobre que se encuentra en la sangre está unido a una proteína plasmática llamada ceruloplasmina. Esta proteína es una ferroxidasa dependiente de cobre que funciona como un transportador de cobre y en la oxidación del hierro plasmático, que es necesario para la unión de la transferrina. La ceruloplasmina también puede estar involucrada en la movilización de las reservas de hierro en el hígado. Como componente de varias metaloenzimas, el cobre se requiere para la conversión del aminoácido tirosina al pigmento melanina para la síntesis de los tejidos conectivos colágeno y elastina, y para la producción de ATP en el sistema de citocromo oxidasa. Otra metaloenzima dependiente de cobre, la superóxido dismutasa, funciona protegiendo a las células de los radicales superóxido. El cobre también es necesario para la actividad normal de los osteoblastos durante el desarrollo esquelético. La mayor concentración de cobre en el cuerpo se encuentra en el hígado. Después de su absorción del intestino, el cobre es transportado a través de la vena portal al sistema hepático con la proteína plasmática albúmina. Las metalotioneínas, moléculas de proteínas citoplasmáticas de pequeño peso molecular, se unen al cobre y están involucradas en la regulación de este proceso en el hígado. El cobre se almacena en el hígado, donde se incorpora a la ceruloplasmina y a otras proteínas para su uso corporal. El exceso de cobre se excreta en la bilis.

No es de sorprender que una deficiencia de cobre de por resultado una anemia hipocrómica microcítica similar a la que se ve en los casos de deficiencia de hierro. Otros signos de la deficiencia incluyen despigmentación del pelo y un desarrollo esquelético disparejo en los animales jóvenes. La deficiencia de cobre no es común en los gatos.



El zinc, mineral traza, está ampliamente distribuido en muchos tejidos del cuerpo, y sus funciones influyen los metabolismos de carbohidratos, lípidos, proteína y ácidos nucleicos. El zinc es un componente de las metaloenzimas, las cuales incluyen a la anhidrasa carbónica, la deshidrogenasa láctica, la fosfatasa alcalina, la carboxipeptidasa y la aminopeptidasa. El zinc también actúa como cofactor en la síntesis de ADN, ARN, y proteínas; es esencial para la inmunidad celular normal y el funcionamiento reproductivo. Como el hierro, la absorción de zinc de la dieta está afectada por varios factores. La eficiencia en la absorción de zinc en el cuerpo aumenta cuando hay una mayor necesidad de este mineral. Las fuentes animales de zinc, como la carne y el huevo, en general son absorbidas más fácilmente que las fuentes de origen vegetal. Los compuestos de la dieta que disminuyen la absorción de zinc, incluyen en niveles excesivos al calcio, hierro, cobre, fibra y a los fitatos<sup>182</sup>. Las metalotioneínas tienen una alta afinidad por unirse al zinc y están involucradas en la regulación de la absorción y metabolismo del zinc.

Por su papel en la síntesis de proteína, la deficiencia de zinc está asociada con retardo en el crecimiento de los animales jóvenes. Otros signos clínicos incluyen anorexia, hipogeusia en humanos (disminución en la percepción de sabores), atrofia testicular, falla reproductiva, falla en el sistema inmune, conjuntivitis y el desarrollo de lesiones cutáneas. Estas se han descrito como pelo opaco y tieso y lesiones en la piel que representan paraqueratosis e hiperqueratinización<sup>183</sup>. Aunque no es común, se han identificado dermatosis que responden al zinc en las mascotas<sup>184,186</sup>.

## MANGANESO

Como la mayoría de los otros microminerales, el manganeso funciona como componente de varias enzimas celulares que catalizan las reacciones metabólicas. Una gran proporción del manganeso se localiza en las mitocondrias de las células, donde activa a un gran número de complejos metal-enzima que regulan el metabolismo de los nutrientes. Estos complejos incluyen a la piruvato carboxilasa y a la superóxido dismutasa. El manganeso también es necesario para el desarrollo óseo normal y la



reproducción. Los alimentos que son buenas fuentes de manganeso incluyen a las leguminosas y los granos enteros de cereales. Los ingredientes de origen animal, generalmente son fuentes pobres de manganeso. No se han reportado deficiencias de manganeso de ocurrencia natural en los gatos. Sin embargo, la deficiencia de manganeso se caracteriza en otras especies por un retardo en el crecimiento, falla reproductiva y problemas en el metabolismo de lípidos.

## YODO

El yodo se requiere en el cuerpo para la síntesis de las hormonas tiroxina y triyodotironina por la glándula tiroidea. La tiroxina estimula los procesos celulares oxidativos y regula la tasa metabólica basal. El principal signo de la deficiencia de yodo es el bocio, un agrandamiento de la glándula tiroidea. El cretinismo, un síndrome caracterizado por la falla en el crecimiento, lesiones cutáneas, disfunción del sistema nervioso central y múltiples deformidades esqueléticas, pueden ocurrir en animales jóvenes que son alimentados con una dieta muy deficiente. Sin embargo, la deficiencia de yodo de ocurrencia normal no es común en los gatos.

## SELENIO

Como componente esencial de la enzima glutatión peroxidasa, el selenio protege a las membranas celulares de los daños oxidativos. La glutatión peroxidasa desactiva los peróxidos de los lípidos que se forman durante la oxidación de los lípidos de la membrana celular. En este papel, el selenio tiene una relación muy cercana con la vitamina E y los aminoácidos azufrados, metionina y cisteína. La vitamina E protege a los ácidos grasos poliinsaturados en las membranas celulares del daño oxidativo, y así previene la liberación de peróxidos de origen lipídico. Al reducir el número de peróxidos que se forman, la vitamina E disminuye el uso celular del selenio. Los aminoácidos azufrados son importantes en el metabolismo



selenio porque son necesarios para la formación de la glutatión peroxidasa. Las fuentes de selenio incluyen los granos de cereales, la carne y el pescado. Como el selenio es abundante en los alimentos, las deficiencias naturales no son un problema en los gatos. Sin embargo, como otros elementos traza, la ingestión excesiva de selenio es tóxica.

#### **COBALTO**

El cobalto es un constituyente de la vitamina B12. Actualmente no se le ha identificado alguna función al cobalto en el cuerpo. No parece ser necesario cobalto adicional para los gatos cuando sus dietas contienen cantidades adecuadas de vitamina B12.

#### **OTROS MICROMINERALES**

Hay varios elementos traza que han mostrado ser requeridos por otras especies de mamíferos, pero aún no se ha demostrado que sean esenciales para los gatos. Estos incluyen al molibdeno, estaño, flúor, níquel, sílice, vanadio y arsénico. Es muy probable que los gatos también requieran estos elementos aunque no se han establecido requerimientos mínimos. Estos minerales están ampliamente distribuidos en los alimentos y son requeridos por el cuerpo en cantidades muy pequeñas. Sin embargo, todos han mostrado ser altamente tóxicos cuando son consumidos en grandes cantidades.

#### **ELECTROLITOS: POTASIO, SODIO Y CLORO**

El potasio es el principal catión presente en el fluido intracelular. Aproximadamente un tercio del potasio de las células está unido a proteínas y el resto se encuentra en su forma ionizada. El potasio ionizado del interior de las células provee de la fuerza osmótica que mantiene un adecuado volumen de los fluidos. El potasio celular también se requiere para varias reacciones enzimáticas. La pequeña concentración de potasio presente en el fluido extracelular ayuda en la transmisión de impulsos nerviosos y en la contracción de las fibras musculares. El mantenimiento del balance de potasio es importante, en especial



para el funcionamiento normal del músculo cardíaco. Muchos alimentos contienen potasio. Carnes, aves y pescado son fuentes ricas, y los granos enteros de cereales y la mayoría de vegetales también contienen grandes cantidades. Por la abundancia del potasio en la mayoría de los alimentos, la deficiencia de potasio de origen dietario es muy inusual en los gatos.

El sodio ionizado es el mayor catión encontrado en el fluido extracelular. El sodio en este compartimento provee de la fuerza osmótica primaria que mantienen el ambiente acuoso del fluido extracelular. Su funcionamiento junto con el de otros iones ayuda para mantener la irritabilidad normal de las células nerviosas y la contractibilidad de las fibras musculares. El sodio también es necesario para el mantenimiento de la permeabilidad de las membranas celulares. La "bomba" de sodio controla el balance de electrolitos entre los fluidos de los compartimentos intracelular y extracelular. La principal fuente de sodio en la dieta es la sal común, el cloruro de sodio, la cual es usada para la preservación de los alimentos en la mayoría de alimentos comerciales. Además de los productos procesados, los alimentos que tienen gran contenido de sodio incluyen a los derivados lácteos, carne, aves, pescado, y huevos blancos. Por su abundancia en los alimentos, la deficiencia de sodio no es un problema en los gatos. De modo opuesto el exceso en el consumo de sodio se ha asociado como un posible factor causal de la hipertensión en algunas poblaciones humanas<sup>187,188</sup>. Estas observaciones, aunadas con el alto contenido de sodio de algunos alimentos comerciales para mascotas ha llevado a que los investigadores empiecen a investigar los efectos de un alto consumo de sodio en perros.

El ion del cloro representa dos tercios del total de aniones presentes en el fluido extracelular. Es necesario para la regulación de la presión osmótica normal, el balance de agua, y el balance ácido-básico en el cuerpo. También es necesario para la formación de ácido clorhídrico (HCL) en el estómago. El HCL se requiere para la activación de varias enzimas gástricas y para la iniciación de la digestión en el estómago. Como la mayoría del cloro que consumen los animales está asociado con el sodio, la cantidad consumida al día generalmente va a la par del consumo de sodio. Como en los casos del potasio y sodio, la deficiencia de cloro en la dieta no se ha caracterizado como un problema común en los gatos.



## BIBLIOGRAFÍA

- Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz, H.F.: Animal Nutrition. McGraw-Hill, New York, 1979.
- Anderson, R.S Water content in the diet of the dog Vet Ann., 21 171-178, 1981.
- Burger, J.H., Blaza, S.E.: Digestion, absorption, and dietary balance. In Dog and cat nutrition. Pergamon Press, Oxford, 1988.
- Caldwell, G.T. Studies in water metabolism of the cat. Physiol Zool, 4: 324-355, 1931.
- Danowski, T.S., Elkinton, J.R., Wrinkler, A.W The deleterious effect in dogs of a dry protein ration. J Clin Invest, 23:816-823, 1944.
- Prentiss, P.G., Wolf, A.V., Eddy, H.E.: Hydropenia in cat and dog: ability of the cat to meet its water requirements solely from a diet of fish or meat Am J Physiol, 196: 625-632, 1959.
- Anderson, R.S : Water balance in the dog and cat. J Sm Anim Pract, 23: 588-598, 1982.
- Wilde, R.O , Jansen, T . The use of different sources of raw and heated starch in the ration of weaned puppies. In Burger, I.H., Ribers, J.P.W.: Nutrition of the dog and the cat Cambridge University Press, Cambridge, 1989
- Van Soest, P.J.: The uniformity and nutritive availability of cellulose Fed Proc, 32: 1804-1808, 1973.
- Reinhart, G.A , Moxley, R.A., Clemens, E.T . Dietary fibre source and its effects on colonic microstructure and histopathology of beagle dogs Waltham Symposium on the Nutrition of Companion Animals, Adelaide, 1993.
- Sunvold, G.D , Fahey, G.C , Merchen, N.R.: Fermentability of selected fibrous substrates by dogecal microflora as influenced by diet Waltham Symposium on the Nutrition of Companion Animals, Adelaide, 1993.
- Kettlehut, J.C , Foss, M.C., Migliorini, R.H : Glucose homeostasis in a carnivorous animal (cat) and in rats fed a high protein diet Am J Physiol, 239: R115-R121, 1978.



- 13.- Migliorini, R.H., Linder, C., Moura, J.L : Gluconeogenesis in a carnivorous bird (black vulture). Am J Physiol, 225. 1389-1392, 1973.
- 14.- Morris, J.G., Rogers, Q.R.: Nutritionally related metabolic adaptations of carnivores and ruminants. International Symposium on Plant, Animal and Microbial Adaptations to Terrestrial Environments. Halkidiki, 1982
- 15.- Beliveau, G.P., Freedland, R.A.: Metabolism of serine, glycine and threonine in isolated hepatocytes (*Felis domestica*). Comp Biochem Physiol, 71B: 13-18, 1982.
- 16.- Rogers, Q.R., Morris, J.G., Freedland, R.A.: Lack of hepatic enzymatic adaptation to low and high levels of dietary protein in the adult cat. Enzyme, 22: 348-356, 1977.
- 17.- Rowsell, E.V., Came, J.A., Wahbi, S.A.: L-serine dehydratase and L-serine pyruvate aminotransferase activities in different animal species. Com Biochem Physiol, 63\_ 543-555, 1979.
- 18 - Morris, J.G., Rogers, Q.R.: Metabolic basis for some of the nutritional peculiarities of the cat. J Anim Pract, 23: 599-613, 1982.
- 19.- Ballard, F.J.. Glucose utilization in mammalian liver, Comp Biochem Physiol, 14. 437-443, 1965.
- 20.- De Wilde, R.O., Jansen, T.: The use of different sources of raw and heated starch in the ration of weaned kittens. In Nutrition of the cat and dog. Cambridge University Press. New York, 1989.
- 21.- Romsos, D.R., Belo, P.S , Bennink, M.R.: Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite levels in the dog. J Nutr, 106: 1452-1464, 1976.
- 22.- Trudell, J.L., Morris, J.G.: Carbohydrate digestion in the cat. J Anim Sci, 41. 329, 1975.
- 23.- Pencovic, T.A., Morris, J.G.: Corn and wheat starch utilization by the cat. J Anim Sci, 41:325, 1975.
- 24.- Morris, J.G., Trudell, J., Pencovic, T.. Carbohydrate digestion by the domestic cat (*Felis catus*). J Nutr, 37:365-373, 1977.



- 5.- Burger, J.H. A basic guide to nutrient requirements. In Dog and cat nutrition. Pergamon Press, Oxford, 1988.
- 6.- Keen, C R , Lonnerdal, B., Fisher, G L.: Age-related variations in hepatic iron, copper, zinc and selenium concentrations in beagles. Am J Vet Res, 42: 1884-1887, 1981
- 7.- Mundt, H.C , Meyer, H.: Pathogenesis of lactose-induced diarrhea and its prevention by enzymatic splitting of lactose. In Nutrition of the cat and dog. Cambridge University Press, New York, 1989
- 8.- National Research Council. Nutrient requirements of dogs. National Academy Press, Washington, D.C., 1985.
- 9.- Kallfeiz, F.A.: Evaluation and use of pet foods general considerations in using pet foods for adult maintenance. Vet Clin North Am Sm Anim Pract, 19:387-403, 1989
- 10.- Hubert, T.L., Wilson, R C., McGarity, S A : Variations in digestibility of dry dog foods with identical label guaranteed analysis. J Am Anim Hosp Assoc, 22: 571-575, 1986.
- 11 - National Research Council: Nutrient requirements of dogs. National Academy Press, Washington, DC, 1985
- 12.-Mead, J.F.: Functions of the n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acid acids. In Proceedings of the XIII International Congress of Nutrition. John Libbey Publishing, London, 1986
- 13 - McClean, J.G., Monger, E A Factors determining the essential fatty acid requirements of the cat. In Nutrition of the dog and cat Cambridge University Press, Cambridge, 1989
- 14.- Kane, E., Morris, J.G , Rogers, Q.R : Acceptability and digestibility by adult cats of diets made with various sources and levels of fat. J Anim Sci, 53: 1516-1523, 1981.
- 15.- Kane, E., Morris, J.G., Rogers, Q.R.: Acceptability and digestibility by adult cats of diets made with various sources and levels of fat. J Anim Sci, 53: 1516-1523, 1981.
- 16.- Morris, J.G., Trudell, J., Penkovic, T.: Carbohydrate digestion by the domestic cat (*Felis catus*) Br J Nutr, 37. 365-373, 1977.



- 37.- Romsos, D.R., Belo, P.S., Bennink, M.R.: Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite levels in the dog. J Nutr, 106: 1452-1464, 1976.
- 38.- National Research Council: Nutrient requirements of dogs. National Academy Press, Washington, DC 1974.
- 39.- National Research Council: Nutrient requirements of cats. National Academy Press, Washington, DC 1986.
- 40 - Rivers, J.P.W., Sinclair, A.L., Crawford, M.A.: Inability of the cat to desaturate essential fatty acids. Nature, 258: 171-173, 1975.
- 41.- Rivers, J.P.W., Hassam, A.G., Alderson, C.: The absence of delta-6-desaturase activity in the cat. Proc Nutr Soc, 35: 67<sup>a</sup>-68<sup>a</sup>, 1976.
- 42.- Rivers, J.P.W., Sinclair, A.J., Moore, D.P.: The abnormal metabolism of essential fatty acids in the cat. Proc Nutr Soc, 35: 66<sup>a</sup>-67-1, 1976.
- 43 - Hassam, A.G., Rivers, J.P.W., Crawford, M.A.: The failure of the cat to desaturate linoleic acid; its nutritional implications, Nutr Metabol, 21: 321-328, 1977.
- 44.- Sinclair, A.J., Slaterry, W., McLean, J.G.: Essential fatty deficiency and evidence for arachidonate synthesis in the cat. Br J Nutr, 46: 93-96, 1981.
- 45.- Davidson B.C.M, Traher C.S.: The importance of essential fatty acid evaluation and supplementation in feline diets. J South Africa Vet Association, 59: 39-41, 1984.
- 46.- MacDonald, M.L., Anderson, B.C., Rogers, Q.R.. Essential fatty acid requirements of cats: pathology of essential fatty acid deficiency. Am J Vet Res, 35: 1310-1317, 1984
- 47.- MacDonald, M.L., Rogers, Q.R., Morris, J.G.: Effects of linoleate and arachidonate deficiencies on reproduction and spermatogenesis in the cat. J Nutr, 114: 719-726, 1984.
- 48.- Mohrhauer, H, Holman, R.T.: The effect of dose level of essential fatty acids upon fatty acid composition of the cat liver. J Lipid Res, 4. 151-159, 1963



- 9.- MacDonald, M.L., Rogers, Q.R., Morris, J.G.: Role of linoleate as an essential fatty acid for the cat, independent of arachidonate synthesis. J Nutr, 113: 1422-1433, 1983
- 10.- MacDonald, M.L., Rogers, Q.R., Morris, J.G.: Nutrition of the domestic cat, a mammalian carnivore. Ann Rev Nutr, 4: 521-562, 1984.
- 11.- Holman, R.T.: Biological activity of and requirements for polyunsaturated acids Prog Chem Fats Lipids, 9: 607-682, 1981.
- 12.- Mohrhauer, H., Holman, R.T.: The effect of dose level of essential fatty acids upon fatty acid composition of the rat liver J Lipid Res, 4: 151-159, 1963
- 13.- O'Donnell, J.A., Hayes, K.C.: Nutrition and nutritional disorders. In Diseases of the cat: medicine and surgery. WB Saunders, Philadelphia, 1987.
- 14.- National Research Council; Nutrient requirements of cats National Academy Press, Washington DC, 1986
- 15.- Association of American Feed Control Official: Official Publication AAFCO, 1994
- 16.- Codner, E.C., Thatcher, C.D.: The role of nutrition in the management of dermatoses Semin Vet Med Surg (Sm Anim), 5: 167- 177, 1990.
- 17.- Sinclair, A.J., McLean, J.G., Monger, E.A.: Metabolism of linoleic acid in the cat Lipids, 14: 932-936, 1979
- 18.- Rivers, J.P.W. Essential fatty acids in cats J Sm Anim Prac, 23 563-576, 1982
- 19.- Romsos, D.R., Hornshus, M.J., Leveille, G.A. Influence of dietary fat and carbohydrate on food intake, body weight and body fat of adult dogs. Proc Soc Exp Biol Med, 157: 278-281, 1981.
- 20.- Humphreys, E.R., Scott, P.P.: The addition of herring and vegetable oils to the diets of cats. Proc Nutr Soc, 21 VXIII, 1962
- 21.- Kronfeld, D.S.: Protein quality and amino acid profiles of commercial dog foods. J Am Anim Hosp Assoc, 18: 679-683, 1982.



- 62.- Oser, B.L.: An integrated essential amino acid index for predicting the biological value of proteins. Protein and amino acid nutrition. Academic Press, New York, 1959.
- 63.- Schaeffer, M.C., Rogers, Q.R., Morris, J.G.: Protein in the nutrition of dogs and cats. In Nutrition of the dog and cat. Cambridge University Press, New York, 1989.
- 64.- Bradstreet, R.B.: The Kjeldahl method for organic nitrogen. Academic Press, New York, 1965
- 65.- Loveridge, G.G., Rivers, J.P.W.: Bodyweight changes and energy intakes of cats during pregnancy and lactation. In Nutrition of the dog and cat. Cambridge University press, New York, 1989.
- 66.- National Research Council: Nutrient requirements of dogs. National Academy of Sciences, Washington, DC, 1985.
- 67.- National Research Council: Nutrient requirements of cats. National Academy of Sciences, Washington, DC, 1985.
- 68.- Case, L.P., Czarniecki-Maulden, G.L.: Protein requirements of growing pups fed practical dry-type diets containing mixed-protein sources. Am J Vet Res, 51: 808-812, 1990.
- 69.- Mabee, D.M., Morgan, A.F.: Evaluation by dog growth of egg yolk protein and six other partially purified proteins, some after heat-treatment. J Nutr, 43: 261-279, 1951.
- 70.- Allison, J.B.: Optimal nutrition correlated with nitrogen retention. Am J Clin Nutr, 4: 662-672, 1956.
- 71.- Ontko, J.A., Wurthier, R.E., Phillips, P.H.: The effect of increased dietary fat upon the protein requirements of the growing dog. J Nutr, 62: 163-169, 1957.
- 72.- Hilton, J.W., Atkinson, J.L.: High lipid and high protein dog food. Can Vet J, 29: 76-78, 1988.
- 73.- Payne, P.R.: Assessment of the protein values of diets in relation to the requirements of the growing dog. In Canine and feline nutritional requirements. Pergamon Press, London, 1965.
- 74.- Dickinson, C.D., Scott, P.P.: Nutrition of the cat. Protein requirements for growth of weanling kittens and young cats maintained on a mixed diet. Br J Nutr, 10: 311-316, 1956.



- 5.- Anderson, P.A., Baker, D.H., Sherry, P.A.: Nitrogen requirement of the kitten Am J Vet Res, 41: 646-649, 1980.
- 6.- Rogers, Q.R., Morris, J.G. Why does the cat require a high protein diet? In Nutrition of the dog and cat Pergamon Press, New York, 1980.
- 7.- Miller, S.A., Allison, J.B.: The dietary nitrogen requirements of the cat J Nutr, 64: 493-499, 1958.
- 8.- Jansen, G.R., Deuth, M.A., Ward, G.M.: protein quality studies in growing kittens Nutr Rep Int, 11: 525-536, 1975.
- 9.- Greaves, J.P., Scott, P.P. Nutrition of the cat. Protein requirements for nitrogen equilibrium in adult cats maintained on a mixed diet. Br J Nutr, 14: 361-369, 1960.
- 10.- Smalley, K.A., Rogers, Q.R., Morris, J.G.: The nitrogen requirement of the kitten using crystalline amino acid diets or casein diets. Proceedings of the twelfth International Congress on Nutrition, San Diego, 1981.
- 11.- Burger, J.H., Blaza, S.E., Kendall, P.T.: The protein requirement of adult cats. Proc Nutr Soc, 40: 102<sup>a</sup>, 1981
- 12.- Association of American Feed Control Officials: Official Publication. AAFCO, 1994.
- 13.- National Research Council: Nutrient requirements of dogs. National Academy Press Washington, DC, 1974.
- 14.- Rogers, Q.R., Morris, J.G., Freedland, R.A.: Lack of hepatic enzymatic adaptation to low and high levels of dietary protein in the adult cat. Enzyme, 22: 348-356, 1979
- 15.- Harper, A.E.: Effect of variations in protein intake on enzymes of amino acid metabolism Can J Biochem, 43: 1589-1597, 1965
- 16.- Kaplan, J.H., Pitot, H.C.: The regulation of intermediary amino acid metabolism in animal tissues. In Mammalian protein metabolism. Academic Press, New York, 1970.
- 17.- Schimke, R.T.: Adaptive characteristics of urea cycle enzymes in the rat J Biol Chem, 237: 459-467, 1962.



- 88.- Szepesi, B., Freedland, R.A.: Alterations in the activities of several rat liver enzymes at various times after initiation of a high protein regimen. J Nutr, 93: 301-310, 1967.
- 89.- O'Donell, J.A., Hayes, K.C.: Nutrition and nutritional disorders. In Diseases of the cat: medicine and surgery. WB Saunders, Philadelphia, 1987.
- 90.- Burns, R.A., Milner, J.A., Corbin, J.E.: Arginine: an indispensable amino acid for mature dogs. J Nutr 111: 1020-1024, 1981.
- 91.- Anderson, P.A., Baker, D.H., Corbin, J.E.: Lysine and arginine requirements of the domestic cat. Nutr, 109: 1368-1372, 1979.
- 92.- Czaenecki, G.L., Baker, D.H.: Urea-cycle metabolism in the dog with emphasis on the role of arginine. J Nutr, 114: 581-586, 1984.
- 93.- Costello, M.J., Morris, J.G., Rogers, Q.R.: The role of intestinal mucosa in endogenous arginine biosynthesis in ureotelic mammals. Proceedings of the twelfth International Congress on Nutrition, San Diego, 1981.
- 94.- Featherston, W.R., Rogers, Q.R., Freedland, R.A.: Relative importance of kidney and liver synthesis of arginine by the rat. Am J Physiol, 224: 127-129, 1973.
- 95.- MacDonald, M.L., Rogers, Q.R., Morris, J.G.: Nutrition of the domestic cat, a mammalian carnivore. Ann Rev Nutr, 4: 521-562, 1984.
- 96.- Pion, P.D., Kittleson, M.D., Rogers, Q.R.: Myocardial failure in cats associated with low plasma taurine: a reversible cardiomyopathy. Science, 237: 764-768, 1987.
- 97.- Rabin, A.R., Nicolosi, R.J., Hayes, K.C.: Dietary influence of bile acid conjugation in the cat. J Nutr 106: 1241-1246, 1976.
- 98.- Hayes, K.C., Sturman, J.A.: Taurine in metabolism, Annu Rev Nutri, 1: 401-420, 1981.
- 99.- Sturman, J.A., Gargano, A.D., Messing, J.M.: Feline maternal taurine deficiency: effect on mother and offspring. J Nutr, 116: 665-657, 1986.



- 00.- Knopf, K., Sturman, J.A., Armstrong, M.: Taurine and essential nutrient for the cat. J Nutr, 108: 773-778, 1978.
- 01.- Morris, J.G., Roger, Q.R.: Why is the nutrition of cats different from that of dogs? Tijdschr Diergeneesk, 1. 645-675, 1991.
- 02.- Hayes, K.C.: Nutritional problems in cats. taurine deficiency and vitamin A excess, Can Vet, 23 2-5, 1982
- 03.- Wen, G.Y., Sturman, J.A., Wisniewski, H.M.: Tapetum disorganization in taurine-depleted cats. Invest Ophthalmol Vis Sci, 18: 1201-1206, 1979.
- 04.- Schmidt, S.Y., Berson, E.L., Hayes, K.C.: Retinal degeneration in cats fed casein. Taurine deficiency. Invest Ophthalmol, 15: 47 - 52, 1976.
- 05.- Sturman, J.A., Rassin, D.K., Hayes, K.C.: Taurine deficiency in the kitten: exchange and turnover of taurine in brain, retina and other tissues. J Nutr, 108: 1462-1476, 1978.
- 06.- Barnett, K.C., Burger, I.H.: Taurine deficiency retinopathy in the cat. J Sm Anim Pract, 21 521-526, 1980.
- 07.- Hayes, K.C.: A review of the biological role of taurine. Nutr Rev, 34:161-165, 1976.
- 08.- Huxtable, R., Barbeau, A.: Taurine. Raven Press, New York, 1976.
- 09.- O'Donnell, J.A.; Rogers, Q.R., Morris, J.G.: Effect of diet on plasma taurine in the cat. J Nutr, 111:1111-1116, 1981
- 10.- Aguirre, G.D.: Retinal degeneration associated with the feeding of dog food to cats. J Am Vet Med Assoc, 172: 791-796, 1978.
- 11.- Miller, T.M., Blackwell, C.P.: Gulf menhaden by-products. Pet Food Ind. 31 22-26, 1989.
- 12.- Burger, I.H., Barnett, K.C.: The taurine requirement of the adult cat. J Sm Anim Pract, 23. 533-537, 1982.



- 113.- Carey, D.P., Stricker, M.J.: Taurine essentials and clinical management. Iams Technical Rep Lewisbur, 1993.
- 114.- Hickman, M.A., Rogers, Q.R., Morris, J.G.: Effect of processing on the fate of dietary taurine in cat. J Nutr, 120: 995-1000, 1990.
- 115.- Hickman, M.A., Morris, J.G., Rogers, Q.R.: Intestinal taurine and the enterohepatic circulation of taurocholic acid in the cat. Adv Exp Med Biol, 315: 45-54, 1992.
- 116.- Morris, J.G., Rogers, Q.R.: Metabolic basis for some of the nutritional peculiarities of the cat. J Anim Prac, 23: 599-613, 1982.
- 117.- Teeter, R.G., Baker, D.H., Corbin, J.E.: Methionine and cystine requirements of the cat. J Nutr, 108: 291-297, 1978.
- 118.- Burns, R.A., Milner, J.A.: Sulfur amino acid requirements of the immature beagle dog. J Nutr, 111: 2117-2122, 1981.
- 119.- Roberts, R.N.: A study of felinine and its excretion by the cat, doctoral dissertation. State University of New York, Buffalo, 1963.
- 120.- Shapiro, I.L.: In vivo studies on the metabolic relationship between felinine and serum cholesterol in the domestic cat, doctoral dissertation. University of Delaware, Newark, 1962.
- 121.- Ikeda, M., Tsuji, H., Nakamura, S.: Studies on the biosynthesis of nicotinamide adenine dinucleotide. A role of picolinic carboxylase in the biosynthesis of nicotinamide adenine dinucleotide from tryptophan in mammals. J Biol Chem, 240: 1395-1401, 1965.
- 122.- Ballard, F.J.: Glucose utilization in mammalian liver, Comp Biochem Physiol, 14: 437-443, 1965.
- 123.- Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz, H.F.: The proteins and their metabolism. In Animal Nutrition, McGraw-Hill, New York, 1979.
- 124.- Levitsky, D.A., Massaro, T.F., Barnes, R.H.: Maternal malnutrition and the neonatal environment. Fed Proc, 32: 1709-1719, 1973.



- 126 - Barnes, R.H.: Effect of postnatal dietary protein and energy restriction on exploratory behavior in young pigs Dev Psychobiol, 9: 425-435, 1976
- 127 - Allison, J.B., Wannemacher, R.W., Migliarese, J.F.: Diet and the metabolism of 2-aminofluorene. J Nutr, 52: 415-425, 1954.
- 128 - Wannemacher, R.E., McCoy, J.R.: Determination of optimal dietary protein requirements of young and old dogs. J Nutr, 88: 66-74, 1966.
- 129 - Brenner, B.M., Meyer, T.W., Hostetter, T.H.: Dietary protein intake and the progressive nature of renal disease: the role of hemodynamically mediated glomerular injury in the pathogenesis of progressive glomerular sclerosis in aging, renal ablation, and intrinsic renal disease. N Engl J Med, 307: 652-657, 1982.
- 130 - Murphy, D.H.: Too much of a good thing: protein and a dog's diet Int J Study Anim Prob, 4: 101-107, 1983.
- 131 - Saxton, J.A., Kimball, G.C.: Relation of nephrosis and other diseases of albino rats to age and to modifications of diet Arch Pathol, 32: 951-965, 1941.
- 132 - Lalick, J.J., Allen, J.R.: Protein overload nephropathy in rats with unilateral nephrectomy. Arch Pathol, 91: 373-382, 1971.
- 133 - Polzin, D.J., Osborne, C.A.: Conservative medical management of canine chronic renal failure: concepts and controversies. Proc Am Coll Vet Int Med, 1: 4-55, 1986
- 134 - Kallfelz, F.A., Dzanic, D.A.: Overnutrition: an epidemic problem in pet animal practice? Vet Clin North Am Sm Anim Pract, 19: 433-466, 1989.
- 135 - Goodman, D.S.: Vitamin A and retinoids in health and disease. N Engl J Med, 310: 1023-1031, 1984.
- 136 - Hays K.C.: Comments on Vitamin A Am J Clin Nutr, 22: 1081-1084, 1969.



- 137.- Glover, J., Goodwin, T.W., Morton, R.A.: Conversion of beta-carotene into vitamin A in the intestine of the rat. Biochem J, XLV, 1947.
- 138.- Goodman, D.S., Huang, H.S., Kanai, M.: The enzymatic conversion of all-trans betacarotene into retinal. J Biol Chem, 242: 3543-3554, 1967
- 139.- Thompson, S.Y., Braude, R., Coates, M.E.: Further studies on the conversion of betacarotene to vitamin A. Br J Nutr, 4: 398-420, 1960.
- 140.- Gershoff, S.N.: Andrus, S.B., Hegsted, D.M.: Vitamin A deficiency in cats. Lab Invest, 6: 227-239, 1957.
- 141.- National Research Council: Nutrient requirements of cats National Academy of Sciences. Washington, DC, 1985.
- 142.- Association of American Feed Control Officials. Official Publication. AAFCO, 1994,
- 143.- Mellanby, E.: The experimental production of deafness in young animals by diet. J Physiol, 94: 316-321, 1938.
- 144.- Hayes, K.C.: On the pathophysiology of vitamin A deficiency. Nutr Rev, 29: 3-6, 1971.
- 145 - English, P.B., Seawright, A.A.: Deforming cervical spondylosis of the cat. Aus Vet J, 49: 376-381, 1964.
- 146 - Cho, D.Y., Frey, R.A., Guffy, M.M.: Hypervitaminosis A in the dog. Am J Vet Res, 36: 1597-1603, 1975.
- 147.- Seawright, A.A., English, P.B., Gartner, R.J.W.: Hypervitaminosis A and deforming cervical spondylosis of the cat. J Comp Pathol, 77. 29-38, 1967.



- 148.- National Research Council Nutrient requirements of cats National Academy of Sciences, Washington, DC, 1985.
- 149.- United States Department of Agriculture: Nutritive value of foods US Government Printing Office, Washington DC, 1981.
- 150.- Lucke, V.M., Bardgett, P.L., Mann, P.G.H.: Deforming cervical spondylosis in the cat associated with hypervitaminosis A. Vet Rec, 82: 141-142, 1968.
- 151 - Riser, W.H., Brodey, R.S., Shirer, I.F.: Osteodystrophy in mature cats a nutritional disease. J Am Radiol Soc, 9: 37-46, 1968
- 152.- Rivers, J.P.W., Frankel, T.L., Juttla, S.: Vitamin D in the nutrition of the cat. Proc Nutr Soc, 38: 36<sup>a</sup>, 1979.
- 153.- Hazewinkel, H.A.W. Nutrition in relation to skeletal growth deformities. J Sm Anim Pract, 30: 625-630, 1989.
- 154 - Campbell, J.R., Douglas, T.A.: The effect of low calcium intake and vitamin D supplements on bone structure in young growing dogs. Br J Nutr, 19: 339-347, 1965
- 155.- Brickman, A.S., Chilumula, R.R., Coburn, J.W.: Biologic action of 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> in the rachitic dog Endocrinology, 92: 728-734, 1973.
- 156 - Kelly, P.J.. Bone remodeling in puppies with experimental rickets. J Lab Clin Med, 70 94-105, 1967.
- 157 - Livezey, K.L., Dormann, D.C., Hooser, S.B.: Hypercalcemia induced by vitamin D<sub>3</sub> toxicosis in two dogs Can Pract, 16: 26-31, 1991.
- 158.- Cordy, D.R.: Experimental production of steatitis (yellow fat disease) in kittens fed a commercial canned cat food and prevention of the condition by vitamin E Cornell Vet, 44: 310-318, 1954
- 159.- Gaskell, C.J., Leedale, A.H., Douglas, S.W.: Pansteatitis in the cat: a report of five cases. J Sm Anim Pract, 16: 117-121, 1975.
- 160 - Gallop, P.M.. Carboxylated calcium-binding proteins and vitamin K. N Engl J Med, 302 1460-1465, 1980.



- 161.- Miller, E.E., Baumann, C.A.: Relative effects of casein and tryptophan on the health and xanthurenic acid excretion of pyridoxine deficient mice. J Biol Chem, 157: 551-562, 1945.
- 162.- Gries, C.L., Scott, M.L.: The pathology of pyridoxine deficiency in chicks. J Nutr.S, 102: 1259-1268, 1972
- 163.- Linkswiler, H.M.: Vitamin B-6 requirements of men. In Human Vitamin B-6 requirements. National academy of Science, Washington, DC, 1978.
- 164.- Bai, S C., Sampwon, ad.a., Morris, J.G.: The level of dietary protein affects the vitamin B-6 requirement of cats. J Nutr, 121: 1054-1061, 1991.
- 165.- National Research Council: Nutrient requirements of dogs. National Academy of Sciences, Washington, DC, 1985.
- 166 - Ghosh, H.P., Sarkar, P.K., Guha, B.C.: Distribution of the bound form of nicotinic acid in natural materials. J Nutr, 79: 451-458, 1963.
- 167.- National Research Council: Nutrient requirements of cats. National Academy of Sciences, Washington, DC, 1986.
- 168.- Scott, P.P.: Minerals and vitamins in feline nutrition. In Canine and feline nutrition requirements Pergamon Press, London, 1975.
- 169.- Jenkins, K.J., Phillips, P.H.: The mineral requirements of the dog. The relation of calcium phosphorus and fat levels to minimal calcium and phosphorus requirements. J Nutr.S 70. 241-246, 1960.
- 170 - Hedhammer, A.: Nutrition as it relates to skeletal disease. In Proceedings of the Kal Kan Symposium Kal Kan, Columbus, 1980.
- 171.- Schmidt, M.: Dissertation in veterinary medicine. Hanover Veterinary School, Hanover, 1977.
- 172.- Bennett, D.: Nutrition and bone disease in the dog and cat. Vet Rec. 98: 313-320, 1976.



- 173 - Hintz, H.F., Schryver, H.F.: Nutrition and bone development in dogs. Scmp Anim Pract, S 1: 44-47, 1987.
- 174.- Austad, R., Bjerkas, E. Echampsia in the bitch. J Sm Anim Pract, 17: 793-798, 1976.
- 175.- Bjerkas, E. Eclampsia in the cat. J Sm Anim Pract, 15: 411-414, 1974
- 176.- Boda, J.M., Cole, H.H.: The influence of dietary calcium and phosphorus on the influence of milk fever in dairy cattle. H Dairy Sci, 37, 360-372, 1954.
- 177 - Wiggers, K.D., Nelson, D.K., Jacobson, N.L.: Prevention of parturient paresis by a low-calcium diet parturum a field study. J Dairy Sci, 58: 430-431, 1975.
- 178 - Stewart, W.B., Bambino, S.R.: Kinetics of iron absorption in normal dogs. Am J Physiol, 201: 67-77, 1961
- 179.- Pollack, S., Balcerzak, S.P., Crosby, W.H.: Transferm and absorption of iron. Blood, 21: 33-39, 1963
- 180 - Erdman, J.W.: Oilseed phytates; nutritional implications. J Am Oil Chem Soc, 56: 736, 1979.
- 181.- Bafundo, K.W., Baker, D.H., Fitzgerald, P.R.: The iron-zinc interrelationship in the chick as influenced by *Eimeria acervulina* infection. J Nutr, 114: 1306-1311, 1984.
- 182 - Hunt, J.R., Johnson, P.E., Swan, P.B.: Dietary conditions influencing relative zinc availability from foods to the rat and correlations with in vitro measurements. J Nutr, 117: 1913-1923, 1987.
- 183 - Sanecki, R.K., Corbin, J.E., Forbes, R.M.: Tissue changes in dogs fed a zinc-deficient ration. Am J Vet Res, 43: 1642-1646, 1983
- 184.- Sousa, C.A., Stannard, A.A., Inrke, P.H.: Dermatitis associated with feeding generic dog food: 13 cases (1981-1982). J Am Vet Med Assoc, 192: 767-680, 1988.
- 185 - Wolf AM. Zinc-responsive dermatosis in a Rhodesian ridgeback. Vet Med, 82: 908-912, 1987.



186.- Wright, R.P.: Identification of zinc-responsive dermatosis. Vet Med, 80: 37-40, 1985.

187.- Schribner, B.H.: Salt and hypertension. J Am Med Assoc, 250. 388-389, 1983.

188.- Houston, M.C.: Sodium and hypertension. Arch Intern Med, 146. 179-185, 1986.



## COMPORTAMIENTO ALIMENTICIO DEL GATO

La función del comportamiento alimenticio es proveer de una adecuada nutrición, y no hay evidencia de que en el gato esto haya cambiado durante su proceso de domesticación; la maquinaria que suple al cuerpo con la energía y los materiales para el crecimiento y reparación es esencialmente la misma que en el felino salvaje. Más aún, toda la familia de los felinos es peculiar nutricionalmente hablando, en varios aspectos la mayoría de los cuales pueden estar relacionados directamente con su estilo de vida. De todos los carnívoros, los felinos son los consumidores de carne más especializados. Sin importar el nombre del grupo muchos de sus miembros son omnívoros actualmente, incluyendo a los osos y algunos por ejemplo las pandas, han vuelto a alimentarse con plantas. Por lo tanto, cualquier definición de comportamiento alimenticio debe empezar con una descripción de la meta de dicho comportamiento, el satisfacer los requerimientos nutricionales.

Uno de los aspectos más importantes al poseer una mascota es el desarrollo de una relación social entre el animal y el propietario. La comida debe ser reconocida como uno de los refuerzos más poderosos del comportamiento, por lo que la comprensión del comportamiento alimenticio es esencial para los fabricantes de alimentos comerciales cuyas dietas tienen que mantener saludables a las mascotas durante muchos años. En el corto plazo, el comportamiento alimenticio se asume como una función de la calidad y la cantidad de los alimentos ofrecidos, el estado fisiológico y psicológico del animal antes y al momento de la experiencia alimenticia. El consumo total entonces es regulado por la integración de estas respuestas momentáneas, los mecanismos de control homeostático que actúan vía de las señales metabólicas internas para el hambre y la saciedad. Como los estudios en alimentación son dominados por la búsqueda de aquellos factores que estén relacionados directamente con el inicio y la finalización del consumo de alimento. Los gatos han desarrollado distintas necesidades nutricionales y patrones de alimentación y comportamiento, presumiblemente porque son carnívoros estrictos. Los gatos gustan de consumir animales recién cazados, más que consumir carroña (Scott, 1968<sup>1</sup>). Como lo muestra la tabla 1,



existen fuentes de variación en las dietas de los gatos pero se concluye que son primordialmente pequeños mamíferos - ratas, ratones y conejos - los que constituyen el grueso de su dieta. Las aves son menos importantes que los reptiles y los insectos (Dilks, 1979<sup>2</sup>; Fitzgerald y Karl, 1979<sup>3</sup>; Jones & Combs, 1981<sup>4</sup>; Karl y Best, 1982<sup>5</sup>). Los grandes felinos se alimentan principalmente de herbívoros y primates, especialmente los animales jóvenes de estas especies. (Scott, 1968<sup>1</sup>). Por su limitada disponibilidad de presas, los grandes felinos *no necesariamente comen seguido, pudiendo ser comedores intermitentes* con una gran capacidad de almacenar excedentes de alimento como grasa, así los adultos (no machos hembras lactantes o en gestación) pueden estar sin comida durante largos períodos de tiempo (Scott, 1968). Una dieta carnívora es rica en proteína y grasa, pero baja en carbohidratos, comparada con una dieta vegetariana. Hay muchas diferencias cualitativas dentro de estas categorías, y los omnívoros tienen un amplio rango de mecanismos bioquímicos para convertir a los nutrientes de las fuentes vegetales en formas que ellos puedan utilizar directamente, estas conversiones son más complejas cuando las plantas son la fuente.

Tomemos como un simple ejemplo el pigmento visual en la retina, la rodopsina, que está formada parcialmente de retinol, también conocido como vitamina A. Un grupo de compuestos similares, los carotenos, se encuentran comúnmente como pigmentos amarillos y naranjas en frutas y vegetales y la mayoría de los omnívoros utilizan estos precursores de la vitamina A. Los gatos no tienen la capacidad de convertir los carotenos en vitamina A, y por lo tanto necesitan obtenerla como vitamina A formada en fuentes animales y no en forma de precursores. La especialización estricta como carnívoros parece haber resultado en la pérdida de ciertas funciones metabólicas, lo cual significa que los gatos son incapaces de obtener una dieta balanceada solamente de materiales vegetales. El hecho de que los gatos sean considerados como carnívoros estrictos es apoyado por varias características anatómicas únicas de esta especie:

1.- *Dientes y mandíbulas:* los gatos tienen menos premolares y molares que los perros y sus dientes carnasiales están más especializados para poder cortar. La mandíbula del gato es restringida en cuanto a la movilidad latero-medial y cráneo-caudal. Por esto, los gatos tienen poca capacidad de moler la comida.



lo de cortar y desgarrar. Están diseñados para consumir tejidos animales. La dentición y la gran movilidad de la mandíbula del perro están hechas para una dieta más variada, incluyendo productos vegetales

- **Estructuras faciales:** los ojos de los gatos están particularmente adaptados para la cacería. Están posicionados al frente y son muy sensibles al movimiento. Sus orejas son erectas y también están dirigidas al frente. Los gatos tienen pelos faciales táctiles prominentes muy especializados; estas adaptaciones lo ayudan evidentemente en las persecuciones nocturnas de sus presas y les sirven para proteger a los ojos.

- **Extremidades:** los felinos (excluyendo a los chitas) tienen garras retráctiles diseñadas para asegurar a sus presas.

**Tabla 1. Fuente de alimento en gatos salvajes. Porcentaje aproximado de importancia relativa en la dieta**

	1	2	3	4	5	6	7
Mamíferos	55.0	55.0	*	Dominante	88.0	dominante (conejos salvajes, roedores)	trazas
primordialmente ratas, ratones y conejos)						menores)	
Aves	4.0	8.5	---	Secundaria	3.5	menor	92
Reptiles	2.0	10.6	---	---	1.2	---	trazas
Insectos	12.5	19.0	---	presente	0.5	---	trazas
Basura	26.0	---	---	presente	---	---	---
Carbohidratos (vegetación)	trazas	6.4	---	presente	---	---	---
Referencia	1	2	3	4	5	6	7

Notas:

Especies enlistadas, no cuenta numérica

- Como fue inferido del volumen relativo de contenido estomacal

- McMurry & Sperry, 1941

- Parmalee, 1953

- Toner, 1956

- Errington, 1936

- Coman & Brunner, 1972

- Liberg, 1984

- Kirkpatrick & Rauzon, 1986

Un pequeño roedor, cuando es consumido, tiene un contenido nutricional de aproximadamente 14-18% de proteína, 6-18% de grasa, 1-5% de minerales y 64-76% de agua, las vitaminas son obtenidas principalmente del hígado y otras vísceras (Brown, Frahm & Johnson, 1977<sup>6</sup>; Aubert, Suquet & Lemonnier, 1979<sup>7</sup>; Bulbulian, Gunewald & Haack, 1985<sup>8</sup>) Los gatos que son mantenidos como mascotas tienen una



mayor variedad en sus hábitos alimenticios y se ajustan a ser alimentados cuando sus dueños lo consideran adecuado: la disponibilidad de alimento es limitada hasta cierto punto. Muchos gatos se han adaptado a presionar a sus propietarios a alimentarlos de acuerdo a su propio horario. Se dice frecuentemente que los gatos son difíciles de alimentar al ser melindrosos y selectivos. Cuando son comparados con otras especies, a pesar de las diferencias, se ha mostrado que los gatos son similares en el control de su consumo energético, el cual se da por vías neuronales similares.

Por ejemplo, las lesiones en el hipotálamo ventromedial causan hiperfagia, y las lesiones en el hipotálamo lateral causan afagia y adipsia en gatos como en otros mamíferos (Anand & Brobeck, 1951<sup>9</sup>); la estimulación eléctrica del hipotálamo también influye el consumo alimenticio. Las lesiones en el área preóptica pueden llevar a un incremento en el consumo alimenticio, y pueden deprimir el comportamiento sexual y el marcaje con olores. Otro efecto interesante en la alimentación en el sistema nervioso central lo constituye el hecho de que el electroencefalograma de un gato es el mismo cuando bebe leche y cuando está adormilado. El papel de los opioides endógenos en la alimentación no ha sido investigado, pero probablemente es importante pues un bloqueador de los opiodes, la naloxona, suprime el consumo alimenticio en la mayoría de los animales domésticos, incluyendo a los gatos.

## **PALATABILIDAD**

La palatabilidad es un concepto que incluye el aroma, la textura, la consistencia, y el sabor, y está regida por varias características especiales en el gato. Pueden ser extremadamente sensibles a diferencias muy pequeñas entre las dietas. A menudo al variar solo un pequeño porcentaje de uno de los ingredientes a menudo tendrá un efecto marcado en la palatabilidad. Para probar la palatabilidad, en dichos procedimientos se asume que los gatos escogen la dieta más agradable a su paladar. Sus decisiones son usadas como una herramienta de investigación en la formulación de las dietas y también ilustra la sensibilidad de los gatos a la palatabilidad de las dietas que ellos consumirán. Varios estudios han sido realizados para tratar de definir dichos factores. Los gatos son animales melindrosos, esto refleja la fuer-



influencia de la palatabilidad en el consumo de los gatos. Una peculiaridad en los gatos es que no tienen preferencias por la sucrosa como la mayoría de los animales. El sabor "dulce" puede bloquear la expresión de una preferencia por el dulce en los gatos. Los gatos eligen no comer alimentos con triglicéridos de cadena media o con aceite de coco hidrogenado, esto puede ser porque los gatos convierten a los triglicéridos en ácidos grasos en sus bocas (pues poseen una lipasa lingual), y son peculiarmente sensibles a los sabores amargos.

La experiencia alimenticia previa, textura, naturaleza física, olor y sabor están entre los factores que se consideran más importantes.

### Experiencia alimenticia previa

Ya que los gatos son carnívoros especializados, es completamente factible que confíen más en su intuición para saber qué es conveniente y que no, que en los complejos mecanismos de conocimiento y aprendizaje sobre los alimentos usados por los omnívoros. De hecho, los gatos ferales (gatos domésticos que viven en estado silvestre) consumen una gran variedad de presas, que varía con las temporadas del año y pueden incluir ratones, conejos, ratas, aves, lagartijas, ratas de agua así como restos de comida que obtienen de los humanos. Los gatos caseros comen una variedad de productos comerciales, así como alimentos procesados y cocinados cuyo destino principal es el consumo humano. Parece difícil que la información del contenido nutricional de estos alimentos estuviera programada genéticamente, y en años recientes se ha mostrado que los gatos de hecho pueden aprender mucho sobre las consecuencias de comer algunos alimentos en particular.

Para poner en un contexto más claro estas habilidades, es necesario hacer algunas comparaciones entre especies con diferentes hábitos alimenticios. La alimentación generalmente depende de dos criterios, que el alimento en potencia realmente funcione como alimento y que si es ingerido, satisfaga alguna necesidad interna del animal presente en ese momento (Rozin, 1978<sup>10</sup>). Los omnívoros enfrentan el



problema de escoger entre un gran número de alimentos posible, cada uno de los cuales puede ofrecer un diferente contenido de nutrientes, algunos cubrirán los requerimientos presentes, y otros no. La rata noruega es, después del humano, el omnívoro más estudiado y puede tomarse como una base para hacer una comparación con el gato.

Las ratas se comportan relativamente inflexibles hacia dos nutrientes clave en su dieta, el agua y el sodio. La necesidad de agua, que nosotros distintivamente llamamos *sed*, significa una búsqueda de fluidos y en los animales son detectados probablemente por sus propiedades de textura y sabor. Subsecuentemente el aprendizaje lleva a los animales sedientos hacia las fuentes de líquidos. Las ratas también tienen una preferencia clara por los sabores salados, la cual sólo se activa cuando hay una necesidad interna de sodio. Esta preferencia aparece por primera vez cuando la rata tiene una deficiencia de sodio, y toda la evidencia indica que como en el caso del agua, los alimentos que contienen sal pueden ser aprendidos.

La necesidad de calorías, usualmente llamada *hambre*, también es innata, pero como las calorías vienen en diferentes niveles y proporciones en las grasas, proteínas o carbohidratos en los alimentos, la experiencia juega un papel mayor en modificar el tamaño de la ingesta para poder controlar el contenido calórico. No hay un sistema simple que pueda especificar cuales alimentos son fuentes adecuadas de calorías y cuales no lo son, aunque hay relaciones claras, por ejemplo entre los sabores dulces y la probabilidad de alto contenido energético. En las ratas el reconocer el contenido calórico de una dieta es determinado primordialmente por el nivel de glucosa en la sangre tras dicha comida; es aprendida una asociación entre el sabor y el contenido energético de una comida y es usada consecuentemente para regular el consumo de dicho alimento.

El consumo de todos los demás nutrientes y componentes de los alimentos que deben ser evitados se basa en mecanismos de aprendizaje. Por muchos años no estuvo claro como tomaban parte dichos mecanismos de aprendizaje, pues psicólogos experimentales creían que dichas asociaciones solamente podrían ser aprendidas si los eventos se realizaban simultáneamente o muy cerca. Ahora está claro qu



Importan las restricciones en otros tipos de aprendizaje, así aprender sobre alimentos casi siempre toma en cuenta la presencia de los estímulos sensoriales y las consecuencias fisiológicas que ocurren horas después. Por este tipo de aprendizaje, es importante que los estímulos sensoriales sean biológicamente relevantes. El sabor y posiblemente el olor son realmente aprendidos mientras que los estímulos visuales y olfatorios no. Los experimentos originales en esta área se hicieron con alimentos que contenían dosis subletales de venenos, los cuales eran evitados subsecuentemente por sus consecuencias desagradables. Sin embargo está claro que hay mecanismos de aprendizaje similares que les permiten a las ratas corregir sus deficiencias en la dieta, evitando los alimentos que han inducido la deficiencia, y comiendo más de aquellos que no. Por ejemplo, una dieta deficiente en tiamina se vuelve aversiva rápidamente, cuando se presenta en otra ocasión la rata se aproxima, la olfatea pero no la come. Los alimentos con el mismo olor que la dieta deficiente también son evitados, aún aquellos que no sean realmente deficientes, y esta evasión persiste después de que el balance de tiamina se restablece.

Así tenemos que las ratas aprenden de sus errores. El número de errores que realizan se mantiene en un mínimo por la neofobia. Probar que las ratas pueden aprender de las consecuencias benéficas de algunos alimentos en particular y sobre su contenido energético ha sido difícil, probablemente por los cambios en la preferencia que resultan menos dramáticos que aquellos asociados con las deficiencias. Por ejemplo se ha demostrado recientemente que las ratas, incluso aquellas que no se encuentran en un estado deficiente en proteína, pueden aprender qué alimento de un par tiene el mayor contenido de proteína y preferir subsecuentemente el alimento alto en proteína cuando necesitan proteína.

Aunque el rango de alimentos aceptados por los gatos es relativamente restringido, comparado con el amplio menú de las ratas, la mayoría de los mecanismos descritos anteriormente ocurren en ambas especies, aunque en el gato se han investigado sin tanta profundidad.



## Aprendiendo sobre sabores

Los gatos están dispuestos a aceptar sabores nuevos. El grado de desconfianza por nuevos alimentos puede depender de los tipos de alimentos a los que fueron introducidos por su madre cuando eran gatitos. Parece que las fijaciones alimenticias pueden desarrollar en los gatitos circunstancias que no están completamente entendidas. La "personalidad" del gatito también es importante, pues una tendencia a la neofobia puede ser vinculada en general con el nerviosismo. Los gatitos criados con alimentos comerciales generalmente muestran el comportamiento contrario, esto es, preferir nuevos tipos a la marca con la que fueron criados (Mugford, 1977<sup>11</sup>).

Es sabido en otras especies, y parece cierto también para los gatos, que las circunstancias bajo las cuales es presentado el nuevo alimento puede afectar la expresión de la neofobia. La probabilidad de rechazo puede ser aumentada potencialmente por casi cualquier circunstancia extraña, como el cambio del comedero por uno nuevo, o la presencia de un extraño en casa. La exposición sola al olor del nuevo alimento tiene poco o nulo efecto en cuánto es comido la primera vez que es presentado el nuevo alimento; se necesitan de uno o dos consumos para que el gato revele realmente su preferencia por el alimento. Para mantener el nuevo alimento en el repertorio del gato parece necesario que sea presentado al menos una vez durante varias semanas porque se ha encontrado que un grupo de gatos rechazaron un alimento tras un período de tres meses desde que les fue presentado por primera vez un nuevo alimento hasta que aprendieron que era seguro (Bradshaw, 1986<sup>12</sup>).

Dentro del repertorio normal de los alimentos se sabe que los gatos aprecian la variedad (Tabla 2). Este es quizás mejor demostrado en gatitos que han sido alimentados con una sola dieta comercial por bastantes semanas, como una prueba para confirmar la adecuación nutricional del producto. Estos gatitos preferían casi cualquier producto alternativo la primera vez que les era ofrecido que la dieta con la que habían sido criados, pero este efecto es generalmente transitorio, y la aceptación relativa de las dietas



estas tiende a estabilizarse a un nivel esperado (basado en las preferencias registradas con gatos que no tenían predominancia por cualquier alimento en su dieta normal) en el plazo de unos cuantos días

Tabla 2: Influencia de la variedad en el consumo calórico de los gatos. Tres alimentos enlatados, nutricionalmente completos, se ofrecieron cada día a grupos de gatos; cuando cada comida consistía del mismo tipo de alimento el efecto de la palatabilidad relativa en el consumo es aparente. Cuando los tres alimentos fueron alternados en cada comida, el consumo calórico total era más alto que para cualquiera de los otros alimentos solos.

Alimento	Consumo por gato (kcal/día)
Whiskas - Whiskas - Whiskas	401
Sam - Sam - Sam	287
Kitekat - Kitekat - Kitekat	236
Whiskas / Sam / Kitekat (en todos los órdenes posibles)	452

Wugford, 1977

En los gatos adultos se puede demostrar un efecto similar después de tan sólo seis días de alimentarlos con un solo producto. Por otra parte, dichas preferencias por la variedad pueden desaparecer si el medio ambiente donde son alimentados cambia, y el gato preferirá comer entonces el alimento que le es familiar (Thorne, 1982<sup>13</sup>)

### aprendiendo sobre toxinas

El valor para la supervivencia de aprender rápidamente sobre alimentos que contienen sustancias tóxicas se aplica del mismo modo para el gato que para la rata. Los desequilibrios gastrointestinales de cualquier tipo pueden alterar la preferencia alimenticia por un período considerable. Por ejemplo, los gatos pueden desarrollar aversiones a alimentos que contengan grandes cantidades de azúcares pues son incapaces de digerirlos cuando son excesivos. En un estudio, seis horas de exposición a una solución de sucrosa resultaron en una aversión que duró una semana. En otro, a los gatos que se les daba cloruro de litio (que



es un emético) se rehusaron a comer dicho alimento, aun cuando se les presentaba ya sin adulterar (Mugford, 1977<sup>11</sup>). Este rechazo persistió por varios días y subsecuentemente sólo fueron consumidas pequeñas cantidades; los gatos que adoptaban una estrategia similar a la neofobia como resultado de un emético fueron cambiando su comportamiento pues consideraron seguro al alimento, tiempo después. Como en la rata, las aversiones se extienden a dietas *nutricionalmente inadecuadas* así como a las que contienen toxinas. Los altos requerimientos de tiamina por parte del gato, particularmente si la dieta es rica en carbohidratos se ha notado; el primer síntoma de estas dietas deficientes en tiamina es la anorexia, aparentemente debida a un rápido aprendizaje (Everett, 1944<sup>14</sup>). Las dietas que no tienen un balance correcto de aminoácidos producen un efecto similar.

### **Aprendiendo sobre calorías**

La mayoría de los gatos parecen ajustar bastante bien su punto idóneo de peso corporal, su apetito parece ser afectado a unas cuantas horas de haber comido un alimento con un contenido mayor o menor de calorías a lo esperado. Aunque se han encontrado excepciones a esta regla, en experimentos donde se utilizó caolín o celulflor como diluyente del contenido calórico de los alimentos, los gatos fallaron para compensar.

Los mecanismos fisiológicos que rigen la selección de nutrientes en general y la regulación calórica particular han sido investigados muy poco en el gato, pero se deducen resultados comunes en otros mamíferos donde el hipotálamo juega un papel importante en el control del apetito. Sin embargo, las rutas metabólicas que desencadenan cambios en el hipotálamo podrían ser más específicas y reflejar el estilo de vida carnívoro del gato. Un inhibidor de los mecanismos glucostáticos, la 2-deoxi-D-glucosa, puede causar incrementos en el corto plazo en el consumo de alimento, al incrementar los niveles de glucosa en la sangre tras la comida y que generalmente inhiben la continuación en el consumo de alimento. El alimento normal de los gatos es menor en su contenido de carbohidratos respecto al de las ratas y correspondientemente se ha encontrado que los gatos son más sensibles a la 2-deoxi-D-glucosa que



tas (Jalowiec *et al* , 1973<sup>15</sup>). Sin embargo hay evidencia de que los niveles bajos de azúcar añadidos a dieta de alguna manera no son detectados como calorías por los gatos. Conjunado con estudios en selección de proteína, esto sugiere que la regulación de nutrientes específicos puede diferir considerablemente entre el gato y los omnívoros como la rata. Aunque cabe mencionar que tal vez el análogo de la glucosa (la 2-deoxi-D-glucosa), falló en estimular el consumo en gatos pero dicha falla puede residir en un a diferencia de especie en la dosis efectiva del medicamento más que a las diferencias entre especies par controlar el consumo alimenticio

### *Efecto de las experiencias dietarias previas en la selección de alimento*

Los animales se enfrentan continuamente con la demanda de procurarse y seleccionar alimentos que satisfagan sus requerimientos nutricionales tanto en términos de cantidad como de calidad. Los patrones de comportamiento juegan un gran papel en discriminar los alimentos provechosos, como cuando los animales huérfanos son criados artificialmente sin los beneficios de aprender de sus ancestros naturales. Sin embargo de las experiencias alimenticias, especialmente durante el desarrollo temprano, se esperaría que influyeran los hábitos de selección en el adulto. La literatura publicada sugiere que al menos dos estrategias alternativas de alimentación se desarrollan en la infancia temprana. Por un lado hay un proceso de "impronta alimenticia" (Hess, 1964<sup>16</sup>) o de "fijación de los hábitos alimenticios" (Kuo, 1967<sup>17</sup>), mientras que de otra forma hay una tendencia en las ratas de laboratorio (Morrison, 1974<sup>18</sup>) así como en los gatos y perros (Mugford, 1977<sup>11</sup>) a preferir alimentos que tengan un sabor o características físicas novedosas

Estas estrategias de alimentación aparentemente contradictorias se han reportado en una especie, la rata. Se ha encontrado que las ratas adultas influyen las primeras preferencias de sus crías que buscarán activamente e ingerirán preferentemente la dieta que la madre ha comido durante el período de lactancia, también son fuertemente atraídas por los sitios de alimentación al encontrarse los adultos cerca (Galef y Henderson, 1972<sup>19</sup>; Galef y Clark 1972<sup>20</sup>) Los alimentos tóxicos constituyen uno de los retos más serios



para la supervivencia de los jóvenes y se sugiere que este reto se supera al preferir la comida familiar sobre la nueva o desconocida (neofobia ingestacional) (Damjan, 1973<sup>21</sup>). La neofobia por un alimento nuevo puede ser atenuada por una pre-exposición al alimento y la información de que el alimento es nutricionalmente seguro, se mantiene en el animal por un periodo considerable de tiempo (Best, Damjan, Haskins, 1978<sup>22</sup>).

Otros estudios en los que se ha mantenido a gatitos de una sola dieta desde el destete son consistentes en la variación con una "fijación de los hábitos alimenticios" en la que los gatos adultos nunca desarrollaron una preferencia marcada por la dieta de crianza, pero la preferían a un alimento alternativo nuevo (Mugford, 1977<sup>11</sup>). Usando alimentos comerciales había una preferencia inicial por la nueva dieta sin importar su palatabilidad, esta respuesta es generalmente transitoria y dentro de un periodo largo de tiempo, la dieta asume su posición esperada respecto a su palatabilidad. Con los gatitos se han podido hacer mediciones después de un periodo de varios meses y se sugiere que hay una relación entre la duración de la respuesta y la relativa palatabilidad de las dietas. Mientras más sean las diferencias entre las dietas, menor será la respuesta.

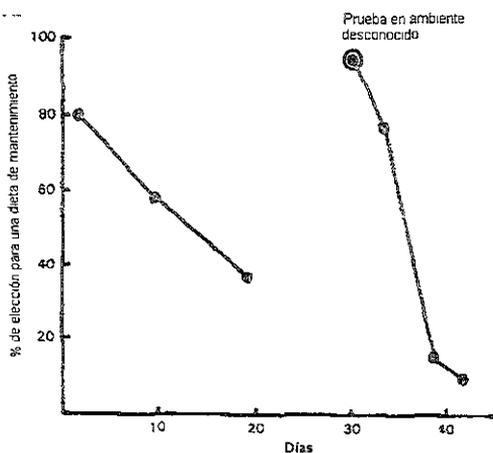
La preferencia por alimentos nuevos en gatos mantenidos en laboratorios no se restringe a animales jóvenes pues el efecto mensurable se produce al alimentar gatos adultos con una sola dieta por un tiempo tan corto de seis días. Mientras más durara la alimentación con la dieta establecida, mayor sería el periodo inicial de preferencia por la dieta nueva.

La aparente dicotomía en las estrategias de alimentación de las ratas y los gatos puede estar en función de sus nichos ecológicos tan distintos. La respuesta neofóbica a nuevos alimentos es tal vez más importante para los omnívoros que tienen una gran variedad de alimentos posibles que en el caso de los carnívoros cuya selección de alimentos es relativamente restringida y nutricionalmente balanceada. Así un carnívoro que caza a otros animales vivos raramente será confrontado con el problema de sustancias tóxicas y la respuesta neofóbica tal vez sea innecesaria.



Estos estudios también indican que la selección de los alimentos se puede relacionar con el nivel de motivación del animal. Si están estresados hay una tendencia en los gatos adultos a seleccionar alimentos familiares. Se ofreció a seis gatos una sola dieta por 40 días y se evaluaron esta dieta y una alternativa nueva los días 1, 10, y 19 del experimento. Como se esperaba tras cierto tiempo, la preferencia por la dieta familiar declinó en favor de la alternativa nueva (Figura 1). Al día 30 los gatos fueron evaluados de nuevo pero en un medio ambiente desconocido, y rechazaron totalmente la alternativa nueva y favorecieron el alimento familiar. Al regresar a su alojamiento acostumbrado, la preferencia por la dieta nueva retornó rápidamente.

Figura 1. Patrones de alimentación en una situación de libre acceso



La selección de los alimentos es un comportamiento complejo y la respuesta final es dirigida por factores internos y externos. Los parámetros son grandemente predeterminados pero diferirán entre especies de acuerdo con el nicho en particular en que el animal se desenvuelve.

En el laboratorio, el régimen de alimentación a libre acceso o ad libitum, se ha adoptado como el procedimiento estándar para mantener a una amplia variedad de especies y se usa extensivamente para



el estudio del comportamiento alimenticio y regulación del consumo de alimento. La mayoría de estos estudios han utilizado ratas de laboratorio, que cuando se alimentan a libre acceso, se alimentan de pequeñas comidas separadas por períodos con ausencia de ingestión, llamados intervalos entre comidas. Cuando se alimenta a libre acceso a la rata, tiene control total sobre el tamaño y el tiempo de sus episodios de alimentación y los parámetros importantes del patrón de alimentación son el tamaño de la comida, su duración y el intervalo entre comidas. La relación entre el tamaño de la comida y el intervalo entre comidas se ha examinado en muchos estudios con ratas, pero aún no hay una relación fiable entre estas correlaciones. Se ha encontrado una correlación significativa entre el tamaño de la comida y el siguiente intervalo post-pandrial, pero muchos estudios han fallado al tratar de reproducir estos hallazgos en ratas.

La literatura relacionada en gatos es limitada pero hay estudios de situaciones de alimentación a libre acceso y muestran que el patrón de alimentación es similar al de la rata (Mugford y Torne, 1980<sup>23</sup>). En todos los casos sin importar el tipo de dieta, los gatos comieron varias veces en un período de 24 horas. Kanarek (1975<sup>24</sup>) encontró que dos gatos alimentados a libre acceso con una dieta seca ingerían de 8-16 veces alimento al día, en un patrón predominantemente nocturno. En los análisis de los gatos, tres gatos ingirieron entre 7 y 16 veces alimento al día, pero quizá el hallazgo más importante es la gran variabilidad entre individuos. En ambas investigaciones no se pudieron encontrar relaciones significantes entre el tamaño de la comida y los intervalos pre- o post-alimentación, y se llegó a la conclusión que el tamaño y espaciamiento en las comidas de los gatos es muy azaroso.

En conclusión, los gatos en un régimen de libre acceso adoptarán una estrategia de consumo alimenticio de pequeñas comidas con un patrón azaroso a lo largo del día y la noche. Aunque el consumo total diario era aproximadamente proporcional al peso corporal de los gatos, los individuos son altamente variables y no se encontró ninguna relación entre el tamaño de la comida y los intervalos entre éstas. Kaufman (1980<sup>25</sup>) también sugiere que el intervalo entre comidas, al menos en gatos alimentados a libre acceso, determina un poco el tamaño de las comidas o viceversa.



En un medio salvaje, la dieta de un carnívoro es nutricionalmente balanceada y de un alto valor calórico pero los alimentos raramente están disponibles todo el tiempo. Por lo tanto los carnívoros han desarrollado sistemas digestivos relativamente simples, capaces de lidiar con grandes cantidades de comida en un período corto (Schaller, 1972<sup>26</sup>). Cuando se enfrentan con una reducción en la concentración calórica de sus dietas, los gatos mantuvieron el volumen más que el consumo calórico bajo condiciones de libre acceso (Kanarek, 1975<sup>24</sup>). También Skultety (1969<sup>27</sup>) reportó que los gatos no disminuyen su consumo alimenticio cuando el contenido calórico de la dieta es incrementado, y continúan consumiendo el mismo peso de alimento. Sin embargo hay un estudio (Thorne, 1982<sup>28</sup>) donde utilizando alimento comercial para gatos con buena palatabilidad con un rango de densidades calóricas de entre 80 a 350 kcal/100 gramos de alimento, se demostró que los gatos son capaces de ajustar su consumo de una manera considerable, aún en el corto plazo. La Tabla 3 muestra el peso y el consumo energético de un grupo de gatos alimentados con doce dietas en un régimen de alimentación a libre acceso donde cada dieta era presentada por un período consecutivo de 24 horas. Aparte de la dieta I (excepcionalmente palatable) y la dieta K (con baja palatabilidad), el consumo energético de los gatos en cada comida permaneció constante aún cuando el consumo de alimento medido por su peso variaba por un factor de 8.

El control del consumo del gato no se debe simplemente al efecto del volumen de la dieta, hay ciertamente un mecanismo de control del consumo energético en períodos de 24 horas. Cuando el gato es alimentado con dietas que difieren marcadamente en la densidad energética, el contenido de humedad y la textura, el patrón de alimentación en un régimen de alimentación a libre acceso permanece constante con pequeñas comidas ingeridas azarosamente. Es sorprendente que los alimentos con alto contenido de agua se resecan considerablemente tras un período de 24 horas y sería de esperar que una dieta fresca resultara preferida y que los gatos ingirieran comidas más pequeñas cuando la dieta fuera presentada. El patrón de comidas pequeñas no se debe a ninguna limitación física en el volumen que puede contener el intestino pues el gato es capaz de satisfacer sus requerimientos con cualquiera de estas dietas cuando era restringido a comer una sola vez al día.



Tabla 3. Tamaño de comida para un grupo de cinco gatos en un régimen de libre acceso con cambios en las dietas cada 24 horas.

Dieta	Contenido energético kcal/100 g de alimento	Peso promedio de la comida ingerida por gato por comida (g)	Consumo energético promedio por gato por comida (kcal)
<b>Alimentos secos</b>			
A		8.1	29.2
B Alimentos comerciales	360	6.3	22.7
C secos para gatos		6.9	24.8
D		8.5	30.6
E		8.7	31.3
F		7.7	27.7
<b>Alimentos húmedos</b>			
G Alimento fresco	136	26.1	35.5
H Productos enlatados de carne y jalea	80	37.8	30.2
I	90	49.8	44.8
J Productos enlatados de carne y cereal	115	28.3	32.5
K	115	17.2	19.8
<b>Alimentos semihúmedos</b>			
L	320	9.4	30.1

*Patrones de alimentación con acceso restringido al alimento*

La disponibilidad de comida para los carnívoros generalmente está restringida. Los carnívoros salvajes gastan una cantidad considerable de energía al procurarse sus presas pero el gato doméstico es dependiente de su propietario en los aspectos de tamaño y espaciamiento de las comidas. Las relaciones



Entre el costo para procurarse alimento y los patrones de alimentación de gatos domésticos enjaulados han sido estudiados incrementando la proporción de horarios fijos y el número de presiones a una barra para obtener una comida. En estos estudios los gatos son capaces de ajustar sus patrones de alimentación en relación con la cantidad de trabajo requerida para obtener el alimento. Conforme el costo energético para obtener alimento incrementa, el gato realiza menos comidas por día e incrementa el tamaño promedio de la comida y la duración conforme a patrones de alimentación a libre acceso (Kanarek, 1975<sup>24</sup>). Se han visto modificaciones similares en los patrones de alimentación en ratas y cerdos de guinea en la misma situación (Collier, Hirsch y Hamlin, 1972<sup>28</sup>; Hirsch y Collier, 1974<sup>30</sup>).

Un cambio idéntico en los patrones de alimentación también se ha reportado en un gato enjaulado (Kaufman *et al.*, 1980<sup>25</sup>) sugiriendo que la alteración en el patrón de alimentación no es un mero resultado del incremento al acceso de diferentes actividades, como es demostrado por Richter (1927<sup>31</sup>), sino más bien es una relación entre la disponibilidad del alimento y la energía gastada en obtenerlo.

Resumiendo, los trabajos recientes han mostrado la importancia de los factores externos en el comportamiento alimenticio. La elección del alimento es afectada por una experiencia dietaria previa en la vida temprana y por la experiencia previa a la alimentación, pero los cambios en el medio ambiente pueden anular estas influencias. De igual modo el estado psicológico momentáneo del animal parece irrelevante en el patrón de alimentación pues el gato ajustará su patrón respecto a la disponibilidad de comida. Es posible que el gato tenga un repertorio de diferentes comportamientos con diferentes patrones de alimentación, cada uno usado cuando es apropiado. Cuando el alimento está disponible continuamente, el gato exhibirá un patrón de alimentación de muchas comidas pequeñas y será cambiado a grandes comidas poco frecuentes cuando la disponibilidad esté limitada, manteniendo así la economía energética general.



## *El Papel De La Variedad En La Dieta*

Se han realizado numerosos estudios (Fitzgerald, 1988<sup>32</sup>), que indican que el gato es primariamente un predador de pequeños mamíferos, y secundariamente de pájaros, reptiles e insectos. Raramente come plantas, aparte de comer ocasionalmente césped, cuyo beneficio no se entiende, pero que ha sido considerado como un mecanismo para purgar el intestino. Los mamíferos preferidos parecen ser los lagomorfos (conejos y liebres), particularmente los jóvenes, y los ratones de campo. Con frecuencia atrapan ratas y ratones (múridos), pero no siempre los comen. En un estudio, los múridos representaron el 35% de los animales que los gatos traían a la casa del dueño pero no siempre los comen. En un estudio los múridos representaron el 35% de los animales que los gatos traían a la casa del dueño pero sólo el 20% de la comida ingerida. Esto sugiere que los múridos tienen un sabor peor que la presa preferida, una conclusión reforzada por Adamec (1976<sup>33</sup>), que encontró que los gatos preferían una variedad de comida preparada para gatos antes que la carne de rata.

Los gatos están también limitados por la disponibilidad de la presa y pueden tener una ración restringida en una cierta localidad o temporada. Estas restricciones pueden imponer límites temporales sobre el rango dietético del gato y es probable que el comportamiento natural del gato y de sus presas, reduzca la posibilidad de que aquel se limite a un solo tipo de presa.

Una comida novedosa representa un riesgo potencial, debido a una posible insuficiencia nutricional y, en el peor de los casos, a la toxicidad. Si se ofrece al gato o al perro un tipo completamente nuevo de comida, la estrategia de menor riesgo es rechazarla totalmente o, por lo menos, hasta que el dueño proporcione nuevamente una comida familiar. Esta reacción se denomina neofobia. Presumiblemente los animales que usan esta estrategia, juzgan que el riesgo de que la comida nueva ofrecida no sea inocua sea demasiado grande como para ser sobrepasado por los beneficios de añadir una nueva comida a su repertorio dietético. Una estrategia más arriesgada, usada por algunos animales hacia ciertas comidas, es comer pequeñas cantidades de cualquier nueva comida al comienzo, para asegurarse de que se



ocuas. Si después de una o dos pequeñas ingestas de estas comidas, el gato no ha experimentado efectos nocivos, en ocasiones subsecuentes comerán probablemente cantidades mayores y la nueva comida será incorporada a la lista de alimentos que el animal encuentra aceptables.

Los datos acerca de la neofobia en gatos son escasos, aunque registros precoces muestran una aparente preferencia temporal por variedades menos familiares de comida comercial para animales de compañía o raciones nuevas. Bradshaw demostró que la presentación de una comida para gatos con un nuevo sabor reduce la preferencia (pero es consumida igualmente) comparada con la ración regular; sin embargo, después de dos presentaciones se transforma en la elección preferida. El alejamiento de los gatos de la nueva comida durante 102 días, causaba una reversión al estadio inicial neofóbico.

El rechazo total de una comida y el probar un poquito, son ambos aspectos de la neofobia. La inclusión de un formato nuevo en la ración puede causar una alteración del comportamiento en el patrón de alimentación del gato, que no se acompaña por un cambio en la ingesta. Por ejemplo, la presentación de una comida seca a un gato que ha experimentado durante su vida sólo comida enlatada puede inducir una respuesta de olfateo antes del inicio de la ingesta. Este es un método por el cual el gato puede comprobar el componente olfatorio de un producto y compararlo con su conocimiento existente de comidas buenas y malas. Si el gato considera que la comida es inocua, la consumirá, pero si no está seguro, puede producirse una reacción neofóbica completa.

Los tres tipos de reacciones descritas tienen resultados muy diferentes en lo que se refiere a la aceptación de un nuevo producto, ya que éste será incapaz de distinguir entre esta reacción neofóbica y el rechazo debido a la baja palatabilidad del propio alimento. La segunda estrategia, la cata, puede conducir finalmente a una buena aceptación, si el dueño ofrece la comida de forma lo suficientemente persistente. La tercera respuesta, el olfateo, puede pasar totalmente desapercibido si el gato come la comida, ya que sólo produce un aumento en la duración de la ingesta. No se sabe qué es lo que



predispone a los gatos a adoptar una u otra de estas tres estrategias hacia una comida en particular. En cualquier grupo de animales, las tres pueden ser hasta cierto punto aparentes.

La historia dietética previa puede influir sobre la forma en que el animal se alimenta: por ejemplo, una mala experiencia de una comida, puede provocar una oposición generalizada a cualquier cambio en la ración. En casos extremos, estos animales pueden permanecer fijados en una variedad de una marca de comida, e incluso reaccionar negativamente al cambio de ese producto. Es menos probable que otros animales que han tenido una amplia experiencia de comidas a lo largo de toda la vida, muestren una respuesta neofóbica y los mismos serán más capaces de aceptar un cambio en la ración.

La neofobia también puede inducirse a través de condiciones experimentales o estrés (por ejemplo la llegada de un nuevo animal a la casa). La preferencia de los gatos adultos por una ración familiar disminuyó con la exposición repetida a esa comida, pero la prueba realizada en un ambiente nuevo produjo un rechazo total de la comida más novedosa en favor de la familiar. Al volver a la casa habitual, la preferencia de los gatos revirtió a la nueva ración.

Un rechazo neofóbico completo mantenido de una comida es raro, simplemente porque la mayoría de los animales de compañía experimentan una amplia gama de comidas preparadas. Sin embargo, el condicionamiento precoz, tal como se ha descrito, puede influenciar a los animales en la elección subsecuente.

### **La presión a favor de la variedad**

Hay por lo menos tres razones por las cuales un animal puede buscar activamente una comida variada incluso cuando existen todas las indicaciones de que su ración corriente es nutritivamente adecuada. Inicialmente, no puede ser cierto que comer la misma comida día tras día, no pueda conducir finalmente a una deficiencia nutricional, por ejemplo de una mineral. Es poco probable que las comidas alternativas reconocidas por sus diferentes características sensoriales, contengan el mismo balance de nutrientes,



Por lo tanto el animal obtiene una especie de reaseguro contra las deficiencias nutritivas potenciales consumiéndole una gran variedad de comidas. Las otras dos razones están ligadas, porque ambas proveen información al animal. Ningún animal puede estar seguro de que un tipo abundante de comida no desaparecerá el día de mañana, por lo que le conviene a ese animal averiguar sobre otros elementos comestibles en su medio ambiente, incluso si éstos son (por el momento) relativamente escasos. Las dos clases de información que son útiles son 1) cómo encontrar y capturar la comida, y 2) cuál es su valor nutritivo. Aunque los gatos caseros no tienen que cazar para comer, el impulso para averiguar sobre nuevas fuentes de comida parece ser todavía poderoso y, como la mayoría de los animales de compañía no están en peligro de inanición si se niegan a comer su comida usual, este impulso puede expresarse fácilmente.

#### **La experiencia precoz y la selección de variedad**

En muchas especies, se ha demostrado que la exposición a un sabor dietético específico a edad temprana, aumenta la preferencia subsecuente por ese sabor. La fuerza y la persistencia de dicha preferencia están influenciadas por factores tales como la especie estudiada, la edad del animal, el atractivo del sabor empleado y la duración de la exposición.

Varios estudios han investigado el papel de la experiencia precoz de sabores sobre la elección de la comida en el gato. Kuo (1967<sup>17</sup>) crió gatitos desde el nacimiento hasta los seis meses con raciones extremadamente inusuales. Los cachorros alimentados con una comida de semillas de soya no querían comer ninguna nueva comida, pero aquellos alimentados con una ración mixta podían comer cualquier cosa, excepto las que tenían un gusto amargo, agrio o rancio. La experiencia limitada de sabores de estos cachorros, los llevó a tener una fijación en ciertos hábitos alimenticios, pero la provisión de variedades de texturas y sabores en la ración aumentó la aceptación de nuevas comidas.

La extensión de la preferencia y la aceptación de los cambios, depende tanto de la predisposición individual del animal, como del tipo de comida. Los cambios de referencia en favor de cualquier comida



familiar con propiedades sensoriales contrastantes, ocurren inmediatamente después de la comida y nuevamente 1 a 3 horas más tarde, un proceso conocido como saciedad sensorial específica. El consumo repetido de la misma comida puede producir una disminución más prolongada y persistente de la aceptación, denominada *monotonía*. La saciedad puede tener el efecto de reducir el tamaño de las comidas, de tal forma que el perro o el gato termina de comer antes de haber saciado su hambre. La *monotonía* impide al dueño ofrecer siempre la misma comida, incluso si la ingesta parece ser adecuada.

La saciedad sensorial específica describe una reducción inmediata del apetito por una comida particular basada exclusivamente en sus propiedades sensoriales. Efectivamente, lo que esto produce es una disminución de la preferencia/gusto por una comida, durante y después de su consumo (Rolls, Rolls, Rowe y Sweeney, 1981<sup>34</sup>) Un hecho importante de la saciedad es que es efímera, durando como mucho algunas horas, mientras que la *monotonía* es una consecuencia a más largo plazo de la falta de variedad. Otra de las características principales de la saciedad es que produce una reducción en el tamaño de las comidas que puede no ser notada por el dueño. Si el hambre del animal no ha sido satisfecha, seguirá por un período en el que el animal buscará fuentes adicionales de comida. Las respuestas de saciedad a las comidas para animales de compañía son difíciles de demostrar, independientemente de una *palatabilidad pobre*.

La *monotonía* se puede observar como un comportamiento regular en el gato doméstico; cuando se le da al gato una única variedad de comida, hay una disminución gradual en la palatabilidad de la misma. Este cambio en la percepción de la comida puede registrarse de varias maneras. La medida primaria es la cantidad que el gato está dispuesto a comer en una sola comida: la *monotonía* produce una disminución gradual de la ingesta en una sola comida. Sin embargo, esto puede complicarse aún más por el conflicto entre el hambre, la necesidad fisiológica de comida, y el apetito, el deseo psicológico de comida. Por tanto, es raro que se rechace la comida cuando no se ven venir alternativas. Aunque es fácil de demostrar en los gatos, la *monotonía* se presenta de manera mucho más lenta en los perros, y el hábito de engullir oculta con frecuencia la falta de satisfacción subyacente con respecto a la comida.



Los dueños de los gatos se enfrentan frecuentemente a un conflicto cuando el animal se niega a comer. El animal puede comunicarle al dueño de varias maneras que la comida que se le está dando no es aceptable. Los comportamientos varían desde tratar el plato de comida como una bandeja para excrementos, hasta formas más sutiles de comportamiento, tales como consumir cantidades más pequeñas a la hora de la comida, comer tan sólo un poquito, suplicar, ya sea vocalmente o frotándose contra la pierna u otro mecanismo peculiar, la relación particular entre el animal y su dueño. La disminución en la cantidad de comida ingerida, es una de las formas más obvias de que algo no está bien en la ración del animal. La percepción del dueño de un buen alimento, se basa generalmente en la cantidad ingerida durante la comida, cuando la monotonía empieza a aparecer, la cantidad de la comida principal comienza a disminuir. El animal puede compensar sutilmente comiendo más frecuentemente, pero cantidades más pequeñas (siempre que la comida sea de fácil acceso), de tal forma que no se produce un desequilibrio de energía. Mientras está ocurriendo esto, el comportamiento de insatisfacción aumenta, y puede estar ligado a la búsqueda activa de comidas alternativas (incluso para humanos).

Podemos concluir que el deseo natural de un animal por la variedad en la comida, puede satisfacerse de forma relativamente fácil, dándole al animal una gama variada de comidas. Si se hace esto, el animal es capaz de desarrollar un conocimiento sobre la comida disponible y puede buscar así la variedad. La necesidad de variedad es bastante natural y puede satisfacerse dándole al animal las comidas del mercado especialmente preparadas para gatos. Si no se satisface el deseo de variedad, el dueño puede verse sujeto a una gama de comportamientos diseñados para persuadirlo de que cambie la comida de su gato.

### **Textura y naturaleza física**

Beauchamp, Maller y Rogers (1977<sup>35</sup>) han sugerido que los gatos prefieren soluciones de mayor densidad por sus cualidades de textura, por ejemplo los gatos prefieren la leche entera a la leche diluida,



por su grosor. Hirsch, Dubose y Jacobs (1978<sup>36</sup>) han mostrado que gatos alimentados primero con una dieta de alimento seco y expandido comercial para gatos, disminuirían su consumo alimenticio cuando esta dieta es molida hasta polvo. Uno puede observar en los hogares el disgusto de los gatos por las pequeñas partículas notando que quedan en el tazón del gato, aún cuando estén hambrientos o ansiosos por comer. En observaciones en laboratorio, se sabe que la textura de la dieta es muy importante. Una dieta purificada preparada de una consistencia pastosa es aceptada con cierta precaución (Kane *et al.* 1981<sup>37</sup>). Cuando la dieta llega a ser polvosa o seca en apariencia, debido a la variación en el contenido de los ingredientes o al resultado de mezclar los ingredientes de diferentes maneras, la aceptación disminuye. Kane *et al.* (1986<sup>38</sup>) encontraron que el consumo alimenticio era significativamente mayor por una dieta purificada peletizada con 15% de grasa que por una con 10% de grasa pero que no estaba peletizada (harina). Una dieta libre de grasa en forma de gel con un contenido de 50-60% de agua era aceptada por gatitos (McDonald *et al.*, 1983<sup>39</sup>). Las dietas con niveles de grasa relativamente bajo son palatable mientras que la naturaleza física de la dieta no sea rechazada por los gatitos. Las dietas comerciales, secas expandidas contienen aproximadamente 10% de grasa y son altamente palatables.

### **Sabor y contenido nutricional.**

Parece que los gatos prefieren una variedad de alimentos en su dieta y discriminan ciertos ingredientes específicos como la sacarina y el ciclamato (Bartoshuk *et al.*, 1975<sup>40</sup>), caseína (Cook *et al.*, 1985<sup>41</sup>), triglicéridos de cadena media y el ácido caprílico (McDonald, Rogers y Morris, 1983<sup>39</sup>). También discriminan ciertas combinaciones de ingredientes específicos (Kane, Morris y Rogers, 1981<sup>37</sup>; Kane *et al.* observaciones sin publicar). Los estudios se han conducido centrados en la selección de los gatos por carbohidratos, grasas y proteínas.

### ***Proteína***

Los gatos requieren una mayor proporción de proteína en su dieta que la mayoría de los mamíferos, el mínimo nivel para el mantenimiento del cuerpo en los gatos adultos es de alrededor del 12% (de alimento



co) y los gatitos necesitan cerca de 18%. La principal razón para este alto requerimiento es que el hígado del gato contiene enzimas N-catabólicas (degradadoras de proteína) altamente activas que no pueden inactivarse por completo. Como resultado, tanto los adultos como los gatitos toman automáticamente cierta cantidad de energía de la porción de la dieta que corresponde a la proteína, mientras que la mayoría de los mamíferos tienen la posibilidad de dirigir casi por completo su proteína dietaria hacia el crecimiento y el mantenimiento corporal. Por ejemplo, aunque los requerimientos de proteína de los zorros son muy similares a los del gato, los del perro doméstico (4% para adultos, 12% para cachorros) son más típicos de los de un omnívoro. Note que el cachorro requiere tres veces lo que un perro adulto, pero el gatito requiere solamente una y media veces lo que un gato adulto, reflejando la necesidad implícita de proteína por parte del gato como una fuente de energía en todas las etapas de su vida. Presuntivamente, ya que los alimentos naturales de los gatos y otros carnívoros especializados son siempre ricos en proteína, no han sufrido por perder la habilidad de conservar la proteína cuando se encuentra en poca cantidad.

La lista de los aminoácidos que son esenciales en la dieta no varía grandemente entre un mamífero y otro; en el gato estos incluyen arginina, histidina, lisina, leucina, isoleucina, valina, metionina, treonina, triptofano y asparagina. El gato es, sin embargo, más susceptible a una deficiencia de arginina que otros mamíferos. Una sola comida deficiente en arginina puede llevar a una intoxicación por amoníaco, la que incluye emesis y letargia entre sus signos más inmediatos. La arginina se requiere como un intermediario en el ciclo de la urea, la cual es esencial para la excreción de nitrógeno, y cuando está ausente, el nitrógeno se acumula como amoníaco en la sangre. La razón por la que el gato es tan susceptible es que tras cada comida, bajan los niveles sanguíneos de ornitina, otro intermediario en el ciclo de la urea que puede ser substituido por arginina si el primero se encuentra en poca cantidad. La depleción de ornitina sobreviene del súbito cambio en los niveles sanguíneos de aminoácidos tras la comida, que son metabolizados inmediatamente para proveer energía. Los gatos son prácticamente incapaces de sintetizar ornitina de cualquier otra fuente, y por eso requieren arginina tras cada comida para empezar el ciclo de la urea.<sup>42</sup>



Los gatos también necesitan cantidades inusuales de aminoácidos azufrados, como la cisteína y metionina, y estos son a menudo los más limitantes en los alimentos. Ya que estos aminoácidos son más utilizados para la formación de pelo, se sugiere que la densa capa de pelo es una de las razones para este grande requerimiento. La cisteína también se usa para la síntesis de la felinina, un aminoácido ramificado encontrado en la orina de los gatos que se supone tiene la función de marcación territorial pero la cantidad creada no es grande, y no puede considerarse más que para una parte del requerimiento de cisteína. Los gatos también necesitan un  $\beta$  - aminoácido, la taurina (2 - aminoetano ácido sulfónico), la cual no se encuentra en las proteínas pero se sintetiza normalmente de la cisteína en otras especies, así en los gatos, por lo que ellos requieren su inclusión en la dieta. Las enzimas responsables de la síntesis tienen muy baja actividad en los gatos, resultando en el requerimiento de la dieta. La deficiencia de taurina a largo plazo trae como resultado enfermedad degenerativa del músculo cardíaco (cardiomiopatía dilatada), degeneración de la retina y también causa un bajo desempeño reproductivo.

Cook *et al.* (1985<sup>41</sup>) investigaron la preferencia de los gatitos por las dietas semipurificadas hechas con dos diferentes fuentes de proteína. A diferencia de las ratas que evitan las dietas libres de proteína (Osborne y Mendel, 1918<sup>43</sup>; Sanahuja y Harper, 1963<sup>44</sup>; Rogers, Tannous y Harper, 1967<sup>45</sup>; Leung, Rogers y Harper, 1968<sup>46</sup>) y escogen las dietas de baja o moderada proteína en comparación con las altas en proteína (Harper, 1967<sup>47</sup>; Peng *et al.*, 1975<sup>48</sup>; Leung, Gamble y Rogers, 1981<sup>49</sup>). Cuando a los gatitos se les ofrecieron para escoger dietas basadas en caseína, con niveles de 18%, 36% y 54% de proteína ellos seleccionaron las dietas con el menor porcentaje de caseína. El consumo total de alimento se redujo cuando la elección era entre las dietas con 36% y 54% de proteína. Las dietas de proteína de soya con 16, 31 y 63% no mostraron una preferencia significativa. Cuando las dietas de soya se ofrecieron con una dieta libre de proteína, los gatitos seleccionaron cantidades similares de cada una, resultando en un bajo consumo de proteína para el grupo de 16% de proteína.



que los gatos exhiben estos patrones cuando se les alimenta con dietas purificadas, cuando son alimentados con alimentos comerciales cuyos ingredientes principales son carnes, ellos consumirán una dieta de aproximadamente 40-80% de proteína en base de materia seca. Quizás durante la evolución del gato no ha habido una presión de selección en los sistemas de control para asegurar un adecuado consumo de proteína pues parece que los gatos siempre han consumido niveles altos y constantes de proteínas adecuados de proteína.

sa

La grasa se encuentra presente en niveles relativamente altos (35-40% en base de materia seca) en muchos animales como los roedores, los cuales son parte de la dieta de los gatos ferales. Kane *et al*, (1986<sup>37</sup>) realizó estudios de aceptabilidad de dietas hechas con diferentes fuentes y niveles de grasa. Las dietas contenían 25% de sebo blanqueado, sebo sin blanquear, grasa de pollo, grasa amarilla, manteca, grasa de mantequilla y aceite vegetal hidrogenado. Los gatos exhibieron una marcada preferencia por las dietas basadas en ciertas grasas como fue demostrado por el mayor consumo de dietas con sebo blanqueado más que con las que tenían grasa de pollo o de mantequilla. Cinco de los ocho gatos prefirieron el sebo sin blanquear al sebo blanqueado, cinco de ocho gatos prefirieron sebo blanqueado a la manteca; 6 de 8 prefirieron la grasa amarilla al sebo blanqueado. Los gatos prefirieron dietas con 25% de grasa amarilla a las que tenían 15% ( $P < 0.001$ ) o 50% ( $P < 0.02$ ). Trabajos como el de Kane *et al* (1986<sup>38</sup>) sugieren que estas preferencias fueron el resultado de la textura de las dietas evaluadas por diferentes niveles de inclusión de grasa. En otro estudio comparativo de grasas, Auchamp *et al*, (1977<sup>35</sup>) reportó que los gatos prefieren una solución de grasa de mantequilla al aceite de maíz. La grasa es la substancia que despierta las respuestas a un alimento y los gatos prefieren unas grasas a otras. Pero el contenido de grasa *per se*, independientemente del sabor de los componentes y su efecto en la consistencia, tiene poco efecto en la preferencia dietaria de los gatos (Kane *et al*, 1986<sup>38</sup>), pues en estudios se demostró que no había una preferencia significativa entre una dieta con 15% de grasa y otra con 45%.



En general, la grasa tiene tres funciones en la dieta, aquellas de proveer energía, actuar como solvente de algunas vitaminas, y suplir ácidos grasos esenciales. Los gatos pueden utilizar de manera muy eficiente la grasa en su dieta, y digerir grasas de una amplia variedad de fuentes, incluyendo aceites vegetales. Una adaptación común a un modo de vida carnívoro parece ser la pérdida de una o más enzimas que producen ácido araquidónico, un precursor de las prostaglandinas y otros compuestos esenciales para la reproducción, dichos cambios se encuentran en animales como el león, el rodaballo (*Bothus maximus*) y el mosquito. Esto significa, por ejemplo, que sin araquidonato en la dieta, las gatas no presentarán ciclooxigenasa estral. Los omnívoros son capaces de convertir el ácido linoléico, un constituyente común de los aceites vegetales, en ácido araquidónico, y por lo tanto no requieren a este último en la dieta. El único precursor conocido de origen vegetal que los gatos pueden usar, se encuentra en el aceite de primula o flor de primavera.

### **Carbohidratos**

Estudios revelan que los gatos no detectan sustancias dulces (Carpenter, 1956<sup>50</sup>). Parece razonable esperar esto en un animal como el gato, que es un carnívoro estricto. Sin embargo, Bartoshuk, Harned y Parks (1971<sup>51</sup>) refutaron esta observación. Con la referencia de la respuesta negativa del azúcar en solución acuosa, ellos sugirieron que el agua, interfiere con la preferencia por la sucrosa, a través de la habilidad para enmascarar el sabor de la sucrosa en el gato. La preferencia por azúcar en la lengua disuelta (a:4) había sido mostrada previamente tanto para la lactosa y la sucrosa (Frings, 1957<sup>52</sup>). Boudreau, *et al.*, (1971<sup>53</sup>) observaron que los alimentos comunes para gatos, mezclados con agua destilada causaban descargas en la mayoría de las fibras nerviosas de la lengua, también encontraron que sólo concentraciones muy altas de soluciones de sucrosa provocarían una respuesta. Boudreau, Anderson y Oravec (1975<sup>54</sup>), probando la respuesta de las papilas de la lengua, reportaron que sustancias comúnmente asociadas con una dieta carnívora (cerdo, riñones, hígado de cerdo, atún, bacalao, yema de huevo y ave) generaron la respuesta más fuerte.



vista de la evidencia en conflicto acerca de la respuesta del gato al dulce Beauchamp *et al.* (1977<sup>35</sup>) concluyeron que el gato no mostró preferencia por los azúcares o los endulzantes artificiales, ya fuera en solución con agua o con sal. Beauchamp sugirió que aunque los carbohidratos no estimulan la ingestión, muchas sustancias asociadas con la dieta carnívora del gato lo hacen (proteína hidrolizada y grasas sulfatadas). Los gatos prefieren la proteína de soya hidrolizada, lactoalbúmina, caseína, L-alanina, L-leucina y grasa láctea en solución deionizada de agua. Mayor apoyo a esta sugerencia de que los gatos prefieren sustancias asociadas con dietas basadas en carne surgió cuando Mugford (1977) demostró que los gatos responden positivamente al olor de la carne pasado a través del alimento seco para gato.

### **Minerales y vitaminas**

Los requerimientos minerales de los gatos no difieren mucho de los de otros mamíferos. En estado salvaje, ellos deben consumir al menos algunos de los huesos de sus presas, ya que la carne sola es deficiente en calcio. Algunos gatos parecen ser intolerantes a altos niveles de magnesio en su dieta. Una de las ventajas de un estilo de vida carnívoro es que toda la comida es relativamente alta en sodio, esencial para las funciones nerviosas y excretoras. La mayoría de las plantas contienen mucho menos sodio del requerido por los herbívoros, y así la mayoría de los mamíferos tienen una alta sensibilidad al sabor salado, y algunos viajan grandes distancias para obtener la suficiente cantidad de este mineral. Tanto el gato como el perro son un poco insensibles al sabor de la sal, reflejando la seguridad de que su dieta contiene el suficiente sodio.

Los gatos tienen requerimientos particulares para ciertas vitaminas. Como la mayoría de los mamíferos poco requieren vitamina C, pero su requerimiento de vitamina A no puede cubrirse con precursores vegetales. La niacina también es esencial, ya que el gato puede sintetizar muy poco de esta vitamina a partir del triptofano. La tiamina se requiere en cantidades muy grandes, sin embargo, como esta vitamina se usa principalmente en las conversiones de carbohidratos, se necesita menos cuando la fuente primaria de energía son las grasas y las proteínas. La carne cruda de algunos pescados como la carpa y el salmón contienen tiaminasas, enzimas que destruyen la tiamina; así que una dieta de pescado crudo



puede originar una deficiencia de tiamina. Presumiblemente el Gato Pescador de la India (*Felis viverrina*) tiene un mecanismo para evitar este problema.

### **Digestión y relación de consumo de agua**

El intestino del gato sigue el clásico patrón carnívoro; la primera porción del intestino es mayor, el intestino medio es reducido y el colon y el recto no se diferencian claramente uno de otro. El ciego es pequeño. El intestino equivale en promedio cuatro veces la longitud del cuerpo, reflejando la alta digestibilidad de la mayoría de la comida de los gatos por la longitud de éste en relación con otras especies.

La carne tiene un gran contenido de agua y proteína, comparada con muchos otros alimentos, y a menudo que el animal viva en un estado de estrés calórico, los gatos pueden vivir de la humedad de la carne (o de los alimentos comerciales húmedos enlatados), sin tomar agua. Los riñones son capaces de producir concentraciones de urea mayores a las del humano (2000 mM comparados con <800mM), las cuales se presumiblemente una adaptación del hábitat árido de los ejemplares ancestrales de *F. lybica*. Por esa razón, algunos gatos beben agua ocasionalmente, aunque deben tener agua disponible si se alimentados con alimento seco o semihúmedo. La leche entera, aunque es una adición común a la dieta de muchos gatos, es menos apropiada como fuente de agua, en parte porque contiene cantidades importantes de proteína, grasa y carbohidratos por lo que se considera un alimento completo, y por otro lado algunos gatos son intolerantes a la lactosa de la leche. El atractivo de la leche parece residir en el componente graso, lo que podría ejemplificarse con el gusto de muchos gatos por el queso y la mantequilla.



y al menos tres tipos de estímulos que generan la sensación de sed: sequedad en la boca, un incremento en la presión osmótica de la sangre y un descenso en el volumen sanguíneo.

### **Incremento de la presión osmótica**

Una solución hipertónica de cloruro de sodio suministrada vía intravenosa causa sed en todas las especies. Se cree que un incremento en la presión osmótica de la sangre estimula los receptores osmóticos localizados en el hipotálamo anterior. Tanto los mecanismos de retención de agua como la liberación de vasopresina, y la adquisición de agua mediante el mecanismo de la sed son estimulados. La simple falta de agua es la causa más común de un incremento en osmolaridad y osmolalidad del plasma.

### **Incremento en el volumen sanguíneo**

Un descenso en el volumen sanguíneo, como resultado de una hemorragia o una diálisis peritoneal pueden estimular el plasma (Cizek, Semple y Huang, 1951<sup>65</sup>). La furosemida que se administra frecuentemente para reducir el edema, causa un decremento en el volumen plasmático y por lo tanto sed.

Se ha reportado una polidipsia psicogénica, otro problema de comportamiento relacionado es la falla en la regulación osmótica o hipernatremia, la cual representa el 80% de la sed normal; estos animales se encuentran deshidratados pero no beberán a menos que se produzca hipovolemia por la furosemida.

## **EL SENTIDO DEL GUSTO**

El sentido del gusto está concentrado en la lengua, el paladar y la epiglotis y por lo tanto sólo es sensible a las sustancias que sean introducidas en la boca. Nuestra sensación de sabor es una combinación del sabor y el olor de un alimento, percibido por la nariz y es razonable suponer que los gatos también perciben algo parecido al sabor. La mayoría de las papilas gustativas en la boca del gato son estructuras circulares de aproximadamente 30µm de diámetro y agrupadas en papilas fungiformes en la superficie superior de la



lengua, y también de 4 a 6 grandes papilas en forma de taza (papilas circunvaladas) en la porción posterior de la lengua.

Casi todo nuestro conocimiento del sentido del gusto en los gatos y los perros viene de trabajos neurofisiológicos que, a diferencia de los sentidos del oído, la visión y el olfato, está pobremente apoyado por estudios de comportamiento de umbrales y discriminaciones. Hay cuatro nervios craneales, el facial, el glossofaríngeo, el vago y los nervios trigéminos, que probablemente llevan información sobre las sensaciones del gusto de la lengua y del paladar, pero de estos sólo uno, el nervio facial, ha sido investigado tanto en gatos como en perros. El nervio facial inerva las papilas gustativas en la porción anterior de la lengua en los primeros dos tercios y por lo tanto no nos arroja información representativa de toda la lengua. Sin embargo, hay estudios de un amplio espectro a los cuales responden estas papilas (Boudreau, 1989<sup>56</sup>), e indican que la especificidad del sistema de degustación facial puede ser racionalizado en términos de orígenes evolutivos, requerimientos nutricionales y preferencias alimenticias en ambas especies.

Los gatos usan sin duda el sentido del gusto y el sentido del olfato al seleccionar un alimento, y las características físicas como la textura y la temperatura también pueden ser importantes. El papel preciso del olfato en la alimentación ha sido poco estudiado. Los gatos probablemente usan el olfato como una herramienta secundaria en la detección de sus presas; la vista y el oído son probablemente más importantes. Muchos propietarios notan que sus gatos olfatean un alimento desconocido antes de comerlo, pero el sabor del alimento combinado con el olor del mismo, es probablemente más importante que el olor, el sabor o la textura por separado. Por ejemplo, la exposición sola al olor no resolverá la neofobia a alimentos de olor extraño o desconocido, mientras que el comer el alimento sí puede revertir esta conducta. Algunos experimentos con perros indican que los olores a carne por sí solos los mantendrán el interés en un nuevo alimento y es muy probable que los gatos actúen igual a este respecto.

El sentido del gusto ha sido estudiado en muchos animales domésticos, incluyendo el gato. Las sensaciones humanas del gusto pueden ser fácilmente medibles preguntando a los sujetos el rango



Las respuestas a alimentos estandarizados, dichos reportes no son disponibles cuando los sujetos de estudio son animales, y por lo tanto la mayoría de la información del sentido del gusto en los animales proviene de investigaciones neurofisiológicas (Boudreau, 1989<sup>56</sup>). Existen cuatro nervios craneales que traen información del gusto de la boca al cerebro, pero de estos, sólo se ha estudiado en detalle al nervio facial. Algunos trabajos describen las propiedades básicas de las neuronas sensitivas del sentido del gusto en los otros tres (el glossofaríngeo, el vago y el trigémino), pero tienden a enfocarse en sus respuestas a unos cuantos compuestos. Muchos sistemas distintos del gusto se han identificado en el nervio facial (Tabla 4), y la responsividad de cada uno se ha establecido para un amplio espectro de compuestos y nutrientes, así que es posible hacer comparaciones entre las capacidades del gato en "gustar" un tipo particular de compuesto, y los nutrientes que se encuentran en dicho alimento.

En el perro las papilas más abundantes son las que responden a los azúcares. Muchos azúcares activan dichos receptores, incluyendo mono y disacáridos, y en particular D-fructosa,  $\beta$ -D-fructosa, D-glucosa, sacarina y muchos otros endulzantes artificiales. Sin embargo, los compuestos más poderosos para estos receptores son los aminoácidos, la gran mayoría desencadenan respuestas idénticas a las que producen los azúcares, y por lo tanto pueden considerarse como "aminoácidos dulces", particularmente porque la mayoría saben dulce. Los más potentes son la L-cisteína, L-prolina, L-lisina y L-leucina (Boudreau *et al.*, 1985<sup>57</sup>). Las unidades equivalente en el gato responden de una manera similar a muchos aminoácidos, aunque algunos con cadenas laterales hidrofóbicas como L-triptófano, L-iso-leucina, L-histidina y L-fenilalanina, inhiben las descargas espontáneas de las neuronas, de estos, sólo el L-triptófano es inhibitorio en el perro. Estos compuestos saben amargos al humano y los gatos pueden experimentar algo similar, pues tienden a rechazar la mayoría de estos compuestos en solución (White y Boudreau, 1975<sup>58</sup>). Los nucleótidos monofosfatados, que se acumulan en los tejidos mamíferos muertos, también son inhibitorios a estas neuronas y pueden ser responsables por el rechazo de los gatos hacia la carroña.

El segundo grupo más abundante de receptores del sabor son las unidades ácido, las cuales son estimuladas por compuestos similares en ambas especies, incluyendo los ácidos fosfórico, carboxílico, los



nucleótidos trifosfatados, la histidina, los dipéptidos de histidina y los imidazoles protonados. Uno cuantos aminoácidos, incluyendo los compuestos azufrados L-taurina y L-cisteína, también activan respuestas positivas sustanciales, particularmente en el perro mientras que la inosina monofosfatada lo inhibe. Las otras unidades están menos caracterizadas, tienen descargas en respuesta a los nucleótidos di- y trifosfatados, pero se pueden identificar subgrupos basados en la sensibilidad a otros grupos de compuestos. Uno de dichos grupos, común en el gato, es estimulado por una diversidad de sustancias que incluyen a la quinina, los alcaloides y los ácidos tánico, málico y fítico.

Presumiblemente, tanto las unidades aminoácido como las unidades nucleótido sirven para distinguir entre carnes de diferente calidad nutricional. El mayor contraste entre el perro y el gato y la mayoría de los demás mamíferos es su aparente falta de receptores específicos para la sal, los cuales suman más de la mitad de las neuronas en el nervio facial de la rata y de la cabra. Como el sodio es esencial para las funciones renal y nerviosa, la detección del contenido de sal en el alimento es evidentemente de una mayor prioridad para los herbívoros y los omnívoros, pues el alimento de los carnívoros es consecuentemente balanceado en sal como resultado directo de dicha prioridad. Sin embargo es posible que las unidades que responden a la sal permanezcan sin ser detectadas en el nervio glossofaríngeo, cual no ha sido caracterizado correctamente ni en el gato ni en el perro.

**Tabla 4. Grupos neuronales presentes en la lengua del gato.**

Grupo neuronal	Gato	Perro	Rata	Humano (equivalente psicofísico)
Aminoácido (tipo gato)	M	M	(m)	Dulce/amargo
Ácido (tipo gato)	M	M	-	Agrio
Ácido (tipo rata)	-	-	M	-
Nucleótido	M	m	-	(algo amargo)
Sal	-	-	M	Salado

Adaptado de Boudreau, 1989. M = grupo mayor, m = grupo menor, (m) = definido imperfectamente.

\*Los grupos aminoácido de la rata son cuantitativamente diferentes a los del gato y a los del perro, y localizan predominantemente en el nervio glossofaríngeo.



### Unidades Aminoácido

Las aperturas por las cuales se detectan las sensaciones del sentido del gusto se encuentran tanto en las papilas fungiformes del frente, las orillas y la terminación de la superficie de la lengua, y en las grandes papilas circunvaladas (en forma de taza) de la porción posterior de la lengua. Los tipos más comunes de unidades de sabor en el nervio facial responden primordialmente a aminoácidos, y la mayoría de éstas se localizan en las aperturas de la punta de la lengua. Estas unidades, en común con otras, producen una alta tasa de descargas espontáneas, y por lo tanto es posible que un aminoácido en particular causen un incremento y/o un decremento en la tasa de descargas. Por analogía con las descripciones del gusto humano, parece que los incrementos pueden producir una sensación de sabor, mientras que el decremento produce otro, una sensación un poco diferente. Algunos aminoácidos disparan tasas rápidas de descargas en las unidades aminoácido, mientras que otras (principalmente las que tienen cadenas laterales hidrofóbicas) inhiben la descarga. La primera categoría son descritas generalmente como sabores dulces para el humano, y la segunda categoría como amargos, pero esto no significa necesariamente que el gato experimenta las mismas sensaciones subjetivas como nosotros. Es sabido, sin embargo, que los gatos prefieren espontáneamente soluciones de los aminoácidos "dulces", particularmente la prolina, histidina y lisina al agua simple, y rechazan aquellos del grupo "amargo" (White Boudreau, 1975<sup>58</sup>), así que la analogía con nuestro sabor dulce puede ser razonable. Es interesante que mientras más se estudian las respuestas a los aminoácidos, los receptores se parecen más a aquellos encontrados en el hombre que a los de la rata. Por ejemplo, la L-arginina, que inhibe las unidades en el gato y nos sabe amargo a nosotros, es altamente estimulante para los receptores equivalentes en la lengua de la rata.

Las mismas unidades de sabor dan una respuesta débil a la sal común y al cloruro de potasio, pero los gatos parecen ser mucho menos sensibles a ambos compuestos, comparados con la mayoría de los mamíferos. Las ratas, por ejemplo, tienen una gran cantidad de unidades altamente sensibles a la sal en sus nervios faciales, para los cuales no se han encontrado análogos en las papilas gustativas del gato. Sin



embargo, muchos mamíferos tienen una segunda población de células sensibles a la sal en el nervio glosofaríngeo, y como este nervio no ha sido investigado en detalle en el gato, no se puede eliminar la posibilidad de percibir un sabor salado específico.

La clasificación de esas unidades como "dulces" sugiere automáticamente que deben responder a los azúcares; sus equivalentes en el perro doméstico presentan descargas vigorosas cuando son estimuladas con un gran rango de monosacáridos y disacáridos, y aún con algunos endulzantes artificiales. En el gato no sucede esto en ninguno de los sistemas de identificación del sabor, y no responderán a los azúcares presentados aún en concentraciones importantes. Si un gato está sediento, tomará soluciones azucaradas sucrosas con agua como si fuera tan sólo agua simple, con consecuencias potencialmente desastrosas para su balance de agua (Carpenter, 1956<sup>50</sup>). Por otro lado, prefieren la leche endulzada a la leche simple, lo que se podría explicar por existir una ligera diferencia en la textura, o porque el sabor de la leche es alterado con la adición del azúcar.

Al parecer, la principal función de estas unidades es dar una impresión del perfil de aminoácidos de cada presa, incluso de tejidos individuales en los casos de que las presas sean grandes. El bien conocido desagrado de los gatos por la carroña puede deberse a la acumulación en muchos tejidos de nucleótidos monofosfatados; estos compuestos inhiben las unidades aminoácido, y son rechazados activamente en el mismo modo que los aminoácidos inhibidores. Los perros pueden comer carroña, pues tienen ligeras diferencias en las unidades aminoácido que son inhibidas solamente por muy pocos compuestos.

### Unidades Ácido

Nuestro sabor "agrio" tiene equivalente en las unidades ácido del gato. Estas responden a un rango amplio de ácidos fuertes y débiles, tales como los nucleótidos trifosfatados, histidina, dipéptidos de histidina e imidazoles, así como a los ácidos carboxílico y fosfórico. Algunos de los ácidos de bajo peso molecular son preferidos por los gatos, pero los ácidos grasos de cadena media, como el ácido octanoico, son fuertemente rechazados por ellos, aún cuando se presenten como ésteres, las enzimas en la saliva



eneran suficiente cantidad de los ácidos libres para causar rechazo (MacDonald *et al.*, 1985<sup>59</sup>) El aceite de coco, el cual tiene un sabor suave para nosotros, tiene un fuerte sabor para los gatos, pues contiene compuestos que incluyen compuestos con ácidos grasos de cadena media. Esto podría explicar el desagradado de algunos gatos por las cremas y los detergentes que contienen coco y otros aceites vegetales, pero se desconoce su posible significado biológico.

La carne cruda contiene bajas concentraciones de ácidos grasos libres, y es ligeramente ácida (pH de 5.5 a 7.0), lo que significa que muchos ácidos no tendrán la forma ionizada que dispara la respuesta al sabor. La lucha de la estimulación de estas unidades puede venir de los dipéptidos presentes. Unos pocos aminoácidos, siendo más notables los aminoácidos azufrados L-cisteína y L-aurina, también disparan las Unidades Ácido. A primera vista parecería que la respuesta a la taurina es una adaptación al requerimiento inusual del gato por este compuesto, pero no hay evidencia de comportamiento de que los gatos rechacen dietas deficientes de taurina inmediatamente o tras una exposición prolongada. Más aún, las Unidades Ácido del perro, que puede sintetizar toda su taurina a partir de cisteína, son más sensibles a la taurina que aquellas del gato. Esta respuesta, aunque medible, podría no tener otra importancia biológica además de conferir otra percepción general del sabor.

### Unidades X

El grupo faltante en el nervio facial es el menos comprendido, pues se caracteriza por largos períodos de latencia entre el estímulo y la respuesta, y estallidos de descargas espontáneas, más que picos individuales. Todos responden a los nucleótidos di y trifosfatados (Tabla 1), pero subgrupos pobremente definidos también responden a la quinina (por lo tanto clasificados como el subgrupo "amargo"), a los ácidos tánico, málico y fítico y a los alcaloídes. Los gatos son muy sensibles a la quinina, rechazándola en una solución diluida mil veces que es la que rechazan los conejos o los hámsters. El significado en el comportamiento de las Unidades X no ha sido establecido aún, pero parece estar asociado con los



hábitos carnívoros, porque aunque son poco comunes o ausentes en los herbívoros, existen sistemas análogos en el pez soplador y en los artrópodos hematófagos.

### **Sentido del Olfato**

El sentido del olfato es usado de dos maneras distintas, cuando se investiga un objeto olfateándolo o en conjunto con el sentido del gusto, descrito anteriormente. Los gatos confían en un mayor grado en el que lo hacemos los humanos y quizás es este sentido el menos comprendido de todos.

El papel del olfato no se comprende por completo en los gatos aún, pues no es esencial para despertar sensación de hambre o para mantener el peso corporal normal. Esto se ha demostrado en gatos con tractos olfatorios cuyos nervios han sido seccionados o en gatos cuyo sentido del olfato se ha inhibido temporalmente con sulfato de zinc. La razón por la que muchos propietarios de gatos están convencidos de que los gatos deben oler para poder comer es que los gatos con enfermedad respiratoria superior generalmente no comen.

La parte de la nariz encargada de la detección de olores volátiles es asistida por una estructura compleja formada por los huesos turbinados. La mayor parte de la superficie epitelial no contiene células sensibles y es encargada de calentar y humedecer el aire antes de que entre en contacto con las delicadas áreas olfatorias (Stoddart, 1980<sup>60</sup>). El epitelio olfatorio contiene las neuronas receptoras y es alojado por los huesos etmoturbinales, para tener una idea de la importancia del olfato, el área de la superficie del epitelio es de 21 cm<sup>2</sup> en los gatos y solo de 3-4 cm<sup>2</sup> en el hombre (Dodd y Squirell, 1980<sup>61</sup>).

La mucosa olfatoria es una estructura relativamente simple comparada con otras, por ejemplo, la retina. Está cubierta por una capa mucosa, secretada por las glándulas de Bowman, en las que las moléculas de olor en el aire generan la sensación de olor, y se deben disolver antes de que puedan ser detectadas. Los receptores se localizan en los cilios que se ubican en la mucosa y se encuentran unidas a las células



receptores. En los gatos y en los perros, estos cilios son más largos y numerosos que en muchas otras especies, presumiblemente para aumentar la sensibilidad y la habilidad para discriminar olores. Cada célula receptora es una neurona, la que transmite la información a través de su axón a otras neuronas en el bulbo olfatorio. Se ha tratado de clasificar a las neuronas por el tipo de especificidad química al igual que en el caso de las papilas gustativas pero no ha sido tan sencillo. La diferente calidad de olores en los alimentos se genera al parecer por comparaciones entre los patrones de diferentes tipos de avisos de los receptores.

Los gatos pueden olfatear deliberadamente objetos y la duración del olfateo parece ser el tiempo óptimo de exposición del epitelio olfatorio al estímulo.

### Órgano Vomeronasal

El órgano vomeronasal (OVN) provee de un tercer sentido químico que no es compartido por el hombre. La estructura del órgano la constituyen un par de sacos llenos de fluido, y están conectados a través de los conductos finos al canal naso palatino que corre de atrás de los incisivos superiores a la cavidad nasal. Las evidencias neurofisiológicas y de comportamiento conectan su función con el comportamiento sexual (Bart, 1983<sup>62</sup>). Los estímulos químicos, usualmente de origen urinario en el caso del gato, se piensa que son transferidos al OVN mediante un mecanismo de bombeo, el fluido de los sacos es expelido al canal, probablemente hasta la base de la boca, y luego es llevado de nuevo al OVN llevando las señales químicas. En el gato, esto es acompañado por el signo de Flehmen, que consiste en levantar el labio superior y mantener abierta la boca por algunos segundos.

### **PATRÓN DE ALIMENTACIÓN**

Los gatos son comedores oportunistas, y sus patrones varían dependiendo de la actividad que desempeñen para obtener la comida, pues puede ser cazada, robada o provista por su propietario. El



comportamiento de ingestión de agua y alimento no está emparejado con otro ritmo diario, aunque los ritmos de larga duración controlan el peso corporal. Si hay alimento palatable disponible todo el tiempo, el modo que no se "enrancie", por ejemplo un alimento comercial seco, el gato tomará pequeñas comidas (generalmente de 12 a 20) a lo largo del día y de la noche (Mugford, 1977<sup>11</sup>). Las comidas tienden a ser ligeramente mayores durante el día que durante la noche. La forma en que el tamaño de la comida y el intervalo entre éstas se determinan, no es entendido completamente aún, pero en el curso de un día y cuantas horas, la mayoría de los gatos son capaces de regular su ingestión calórica para llenar sus requerimientos, usualmente disminuyendo el contenido de cada comida más que reduciendo el número de comidas. Esto contrasta con la situación de la mayoría de los perros domésticos, que comerán en exceso si son alimentados a libre acceso o *ad libitum*. Mientras esto implica la existencia de un mecanismo para regular sus comidas, los gatos caseros son capaces de adaptarse a un patrón de comidas impuesto por sus propietarios, y a muchas mascotas se les provee de alimento sólo dos o tres veces al día, aunque una comida puede no ser consumida inmediatamente, incrementando el número de comidas a unas cinco o seis. Se ha demostrado que cuanto más trabajo represente para un gato obtener una comida, tenderá a tomar menos comidas pero más grandes (Kaufman *et al.*, 1980<sup>25</sup>), presumiblemente reflejando la situación en que se ve un gato al cazar una presa de tamaño mediano, lo cual requiere un esfuerzo sustancial para ser conseguido.

Los gatos son carnívoros estrictos y son muy especiales con relación a los patrones de alimentación diurnos y los ritmos circadianos tales como las horas de sueño y vigia y el nivel de actividad. Se sugiere que los gatos son comedores intermitentes, que comen una vez en 24 horas (Scott, 1968<sup>1</sup>); o que se alimentan predominantemente durante el período de oscuridad (Kanarek, 1975<sup>24</sup>). Sin embargo Mugford (1977<sup>11</sup>) y Mugford y Thorne (1980<sup>23</sup>) mostraron que los gatos se alimentan frecuentemente a lo largo de un período de 24 horas y que no hay relación directa entre el tamaño y el espaciamiento de las comidas. Kanarek (1981<sup>23</sup>) reportó que los gatos realizan muchas comidas pequeñas a lo largo del día (Tabla 4). En este estudio los gatos fueron alimentados *ad libitum* con alimentos comerciales secos, produciendo



expandidos, un producto enlatado con gran contenido de humedad, una dieta purificada basada en caseína y una dieta purificada basada en aminoácidos. Se les dio agua deionizada a libre acceso. Los gatos fueron alojados en jaulas metabólicas individuales, modificadas para permitir el consumo de alimento. Los datos fueron registrados continuamente utilizando una computadora. Se alimentaron de cada una de las cuatro dietas a ocho gatos durante períodos consecutivos de 7 a 10 días, en un diseño factorial excepto que los gatos fueron alimentados con las dos dietas comerciales o las dos dietas purificadas en secuencia para mejorar la aceptación. La temperatura ambiente de los alojamientos se mantuvo a 22°C, un 50% de humedad relativa con un ciclo de horas luz - oscuridad de 12 horas para cada período. Los gatos se alimentaban a las 12:00 PM diariamente al ser prendidas las luces y realizaban pequeñas comidas al azar a lo largo de un período de 24 horas con un promedio de 16 comidas por días, Mugford (1977<sup>11</sup>) reportó 13 comidas diarias y Kanarek (1975<sup>24</sup>) reportó 10 comidas por día. Se encontraron correlaciones significativas entre el tamaño de la comida y los intervalos pre-comida para los gatos cuando se alimentaron con los alimentos comerciales. No se encontraron correlaciones significativas entre los intervalos post-comida y el tamaño de la comida. Esto concuerda con las observaciones de Kanarek (1975<sup>24</sup>) para gatos, pero no con el trabajo de Kaufman *et al.* (1980<sup>25</sup>) utilizando un gato enjaulado o con los trabajos realizados en otras especies (Levitsky, 1974<sup>64</sup>). El consumo calórico promedio fue de 71 kcal/kg de peso corporal. Esto concuerda con otros datos publicados obtenidos para gatos adultos (NRC, 1978<sup>65</sup>). No hubo diferencias en el consumo calórico diario para gatos alimentados con dietas con valores calóricos de entre los 4.9y 6.5 kcal/g de Materia Seca (M.S.). De estos resultados, se desprende que parece posible que el gato regule su consumo energético. Otros trabajos previos no concuerdan con esta idea. Por ejemplo, Hirsch *et al.*, (1978<sup>36</sup>) sugirieron que los gatos no regulan su ingestión calórica, alimentaron a un grupo de gatos con una dieta comercial para gatos molida diluida con 0-40% de caolín y no encontraron un incremento en el consumo alimenticio con aumentos en la dilución con caolín.

Kanarek (1975<sup>24</sup>) alimentó a dos gatos con alimento comercial molido para gato (3.4 kcal/g) y un alimento comercial molido para gato (2.7 kcal/g) y no encontró diferencias en el consumo calórico entre las dos



dietas. La baja palatabilidad de los dos diluyentes, el caolín y la celulosa pudo haber limitado el consumo alimenticio en esos experimentos.

Aunque los gatos no tomaban agua cuando eran alimentados con el alimento enlatado, el consumo total de agua, sobrepasaba la cantidad consumida cuando comían las dietas secas. Esto apoya las observaciones de otros trabajos (Seefeldt y Chapman, 1979<sup>66</sup>). Hirsch *et al.* (1978<sup>36</sup>) reportaron que el consumo total de agua de los gatos alimentados con una dieta seca era de 2.5 g de agua/gramo de materia seca. Kanarek (1975<sup>24</sup>) reportó un valor de 1.7:1. Thrall y Miller (1976<sup>67</sup>) reportaron rangos de consumo total agua - materia seca de 2.3:1 y 3.3:1 para gatos alimentados con alimentos comerciales secos y enlatados. Prentiss *et al.* (1959<sup>68</sup>) reportaron que los gatos sobrevivían sin consumir agua cuando eran mantenidos con dietas de filete de bacalao, salmón molido o carne molida de res. Seefeldt y Chapman (1979<sup>66</sup>) reportaron que los gatos alimentados con alimentos secos, toman seis veces más agua que cuando son alimentados con alimentos enlatados. El consumo total de agua, por lo tanto, es significativamente mayor que cuando comen alimentos enlatados. El consumo total de agua, en rangos de Materia Seca fue de 2.27 para alimento seco y 3.94 para alimento enlatado.

En un estudio adicional donde se monitoreó simultáneamente el consumo de agua y alimento de gatos adultos, Kane *et al.* (1986<sup>38</sup>) alimentaron gatos con dietas que contenían 15% y 45% de grasa (Tabla 1). Las dietas fueron dadas a cada gato en secuencia, 30 días -15% de grasa, 21 días -45% de grasa. Durante el consumo de la dieta baja en grasa, el consumo alimenticio fue de 75.8 g y los patrones de alimentación se mostraron consistentes en el tamaño de la comida (7.3 g/comida) y frecuencia (1 comida/día). Cuando se les cambió de la dieta baja en grasa a la alta en grasa, los gatos disminuyeron su consumo diario total significativamente ( $P<0.05$ ) primero por comidas pequeñas ( $P<0.01$ ), pues la frecuencia diaria de comidas fluctuó sólo muy poco. La dieta alta en grasa causó una reducción en el consumo alimenticio en el ciclo diurno tanto como en el nocturno, pero sólo en este último fue significativa ( $P<0.01$ ). Los patrones de alimentación representativos ilustraron respuestas y mostraron que la reducción en el consumo alimenticio se debía principalmente al decremento en el tamaño de la comida.



ugford y Thorne (1980<sup>23</sup>) reportaron que cuando los gatos son alimentados con dietas isocalóricas, disminuyen el consumo de dietas de menor palatabilidad disminuyendo tanto el tamaño como la frecuencia de la comida. Como en el estudio previo (Kane *et al*, 1981<sup>37</sup>), los gatos realizaron comidas teóricamente en un período de 24 horas, aunque el promedio en la frecuencia de comidas diarias (comidas/día) fue de 11.1; el tamaño promedio de la comida (g/comida) fue 7.3. Estos estudios también demostraron que los gatos regulan su consumo energético vía de un mecanismo fisiológico. Tanto la Energía Bruta (EB) consumida por comida ( $7.3g \times 4.8 \text{ kcal} = 35.04 \text{ kcal}$ , en la baja en grasa;  $5.2g \times 6.5 \text{ kcal} = 33.8 \text{ kcal}$ , en la alta en grasa) y el consumo energético diario (kcal/kg de peso corporal: 63.6 para la baja en grasa, 63.7 para la alta en grasa) fueron similares.

## **ALIMENTACIÓN Y PROBLEMAS RELACIONADOS EN LOS GATOS.**

Los gatos domésticos son provistos de su alimento a través de un alimento comercial y la mayoría de los casos se mantienen en niveles de salud y peso óptimos. Sin embargo, algunos gatos son muy melindrosos o selectivos en los alimentos que comen, y otros comen tanto que se tornan obesos. Algunos trabajos experimentales tienen relación con estos aspectos del comportamiento alimenticio felino y ayudan a comprender el tratamiento de los problemas clínicos.

### **Comportamiento Alimenticio Normal**

Cuando consideramos el origen del comportamiento alimenticio en los gatos, a menudo pensamos en el gato doméstico como un pariente de los felinos que se alimentan de grandes ungulados herbívoros. Esto nos da el concepto de que los gatos experimentan una existencia con muchas situaciones de hambre o ayuno, en la que el cazar puede proveerles de la comida necesaria para varios días. El ancestro inmediato del gato doméstico, el gato salvaje africano, se alimenta de pequeños roedores al igual que los gatos ferales que habitan en las granjas. Una ración normal de alimento enlatado para gato es equivalente a un ratón. La mayoría de los propietarios de gatos los alimentan solamente una o dos veces al día. Sin embargo, los gatos comerán en repetidas ocasiones durante el día si tienen la oportunidad. En un estudio



de Mugford (1977<sup>11</sup>) en el que a grupos de gatos adultos se les daba libre acceso al alimento, los gatos distribuían un patrón de cerca de 13 comidas a lo largo de un período de 24 horas. El hecho de que la comida fuera enlatada, semihúmeda o seca, tuvo muy pequeño efecto en la frecuencia y espacio entre comidas.

Bradshaw y Cook (1996<sup>69</sup>) realizaron un estudio con un grupo de 36 gatos donde se observaba el comportamiento de los gatos antes y después de ser alimentados por sus dueños (Tabla 5).

Las secuencias pre-alimenticias consistían de patrones de comportamiento dirigidos a sus dueños incluyendo vocalizaciones, y patrones que se consideran ser señales de la interacción gato - gato. Después de comer, siete gatos continuaban con el comportamiento dirigido a sus propietarios (definiendo como propietario a la persona que alimentaba regularmente al gato), pero la mayoría empleaba la mayoría del tiempo en limpiarse.

Fueron registrados 6640 eventos de comportamiento en las etapas pre-alimenticias y 15095 en las etapas alimenticias, de donde se obtuvieron los 35 eventos de comportamiento más comunes. Se detectaron diferencias considerables entre los perfiles de comportamiento de los gatos en las situaciones pre - y post - alimenticias, que parecen tener sus orígenes en los "estilos de comportamiento" propuestos por otros autores. Los intentos de relacionar estos perfiles a características del gato como la edad y el sexo, características del propietario, fueron infructuosos y se sugiere que pudieran tener su origen en factores del desarrollo y/o hereditarios.



**Tabla 5. Descripción de patrones de comportamiento pre- o post- alimenticios más frecuentes**

Comportamiento	Descripción
Parado	El gato toma una posición de pie, usualmente alerta, pero sin buscar alrededor o acicalarse
Caminar con la cola erguida	El gato camina con su cola mantenida en una posición vertical, a más de 15 cm de su comedero
Caminar con la cola abajo	El gato camina con su cola en una posición aproximadamente horizontal
Sacudir la cola	El gato agita su cola una vez, a un lado, hacia arriba o hacia abajo
Sacudir la cola repetidamente	Como en la anterior, pero esta vez de manera rápida y sin pausas
Mirar al propietario	El gato mira directamente a quien lo alimenta
Frotar cabeza en el propietario	El gato frota cualquier parte de su cabeza contra su alimentador
Frotar flancos en el propietario	El gato frota su flanco contra el propietario
Frotar cola en el propietario	El gato frota su cola contra el propietario
Frotar un objeto	El gato frota cualquier parte de su cuerpo, usualmente la cabeza, flanco o cola contra cualquier objeto
Frotar en el observador	El gato frota cualquier parte de su cuerpo, usualmente la cabeza, flanco o cola contra el observador del experimento
Maullar	El gato emite maullidos como señales vocales
Caminar y alejarse del propietario	El gato camina con su cola levantada a menos de 15 cm de su alimentador, pero sin tocarlo, y se aleja de nuevo
Observar	El gato observa hacia atrás y a los lados
Sentado	El gato toma una posición sentada, pero no se acicala u observa alrededor inmediatamente
Mirar al observador	El gato mira directamente al observador
Seguir al propietario	El gato sigue a su propietario, ya sea atrás o a su lado
Marcar los muebles	El gato se para sobre sus miembros traseros y con los delanteros realiza marcas en los muebles
Ronronear	El gato ronronea
Sujetado por el dueño	El gato es sujetado por el dueño
Agitar la cabeza	El gato agita la cabeza de un lado a otro y hacia atrás
Olfatear un objeto	El gato investiga un objeto olfateándolo
Olfatear el piso	El gato olfatea el piso, generalmente cerca de su plato o comedero
Limpiar el área facial	El gato acicala su área facial al lamer su garra delantera y pasarla sobre su cabeza
Limpiar el pecho	El gato acicala su pecho lamiéndolo
Limpiar el cuerpo	El gato acicala cualquier parte de su cuerpo excepto la cara y el pecho
Limpiar bellos	El gato mueve su lengua alrededor de la porción externa de su boca
Pausa	El gato detiene momentáneamente lo que está haciendo, pero no mira alrededor o al observador
Salir	El gato sale de la casa

Los gatos que se alimentan de un sólo alimento, aunque sea nutricionalmente completo y balanceado, parecen desarrollar una depresión pasajera en el interés en ese alimento en particular y tienden a favorecer una dieta inusual. El proveer a los animales de un mayor número de oportunidades para alimentarse y una mayor variedad en su dieta, puede estimular un incremento en la ingestión calórica



(Mugford, 1977<sup>11</sup>). La noción de que los gatos y otros animales deban comer cualquier alimento nutritivo que les sea presentado, si están lo suficientemente hambrientos, es popular. En algunos casos puede ser un intento apropiado, sin embargo en condiciones de pensión u hospitalización este razonamiento no es adecuado. La adherencia rígida al principio de que un animal comerá si está lo suficientemente hambriento puede causar desnutrición en los animales enfermos o convalecientes.

### **Problemas con el Comportamiento Alimenticio**

Los gatos manifiestan problemas de comer muy poco alimento. Si evitan alimentos en particular, se dice que tienen una aversión hacia ese alimento. Ellos pueden comer materiales inapropiados, una condición conocida como pica, y también pueden comer demasiado, llegando a la obesidad.

#### **Anorexia**

El no comer es un signo común de muchas enfermedades. Algunos gatos no pueden tolerar muchos días sin comer, así que el persuadir al gato a comer puede ser un problema. Podría argumentarse que es un comportamiento cuando está asociado con una respuesta febril, ayuda a la recuperación de algunas enfermedades. La anorexia le permite al gato permanecer inactivo y mantener una temperatura elevada, la cual es inhibitoria para el crecimiento de los microorganismos. La anosmia que acompaña a algunos tipos de enfermedades respiratorias superiores es una de las causas de anorexia. Forzar la alimentación de un gato, de manera que los receptores del sabor se activen, es una manera de conseguir que los gatos vuelvan a interesarse de nuevo en comer.

El interés en el alimento puede ser estimulado con la administración de esteroides. Los progestágenos que son utilizados regularmente en la terapia de comportamiento a menudo estimulan considerablemente el apetito como un efecto colateral y pueden ser prescritos solos por sus efectos estimulantes del apetito. Ilikiw, Suter, Farver, McNeal y Steffey (1994<sup>70</sup>) realizaron estudios sobre el comportamiento tras la administración de midazolam a gatos sanos por las vías intravenosa e intramuscular, donde encontraron



un aumento en el consumo de alimento tras un período de dos horas después de haber sido administrado el medicamento vía intramuscular en dosis de 0.05, 0.5, 1.0, 2.0 y 5.0 mg/kg, encontrando que en todas las dosis excepto en la última se observaba un consumo casi total del alimento en el lapso de la primera hora tras la aplicación del producto.

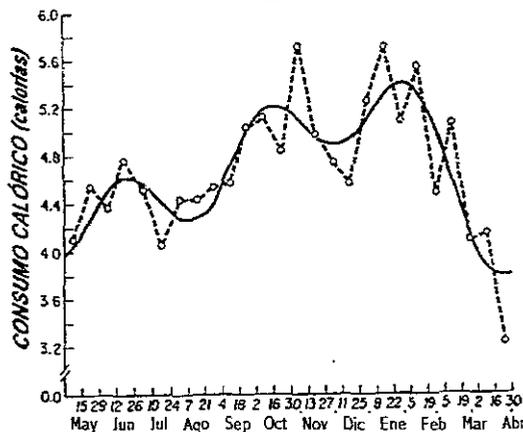
Aunque un animal puede ser mantenido con alimentación intragástrica, es más benéfico regresar al animal a un estado donde pueda comer por voluntad propia, pues el consumo alimenticio a través de la boca estimula las secreciones gástricas e intestinales mucho más que el alimento que es suministrado a través de un tubo estomacal. Los tranquilizantes como la benzodiazepina incrementan el consumo alimenticio en los gatos. La aplicación directa de depresores del sistema nervioso central se ha demostrado como auxiliar para estimular el consumo de alimento pero no creemos que sea una aproximación correcta. Al igual que los perros, los gatos aumentan su consumo cuando son tratados con progestágenos orales, pero los efectos colaterales de usarlos de manera crónica, como la hiperplasia de glándula mamaria o la diabetes, deben ser considerados antes.

La falta de interés en algunos alimentos se puede relacionar con el lugar en que los gatos son alimentados. Algunos propietarios de los gatos que desean destinar a la comida al piso de la cocina, colocan los platos del agua y el alimento junto al arenero o caja sanitaria. Es de esperar que el animal evite el alimentarse junto al área destinada a la eliminación de excretas.

Un factor importante en la determinación del peso corporal del gato parece ser un ciclo natural, donde los gatos pierden y ganan peso en ciclos de varios meses de duración. El consumo alimenticio puede disminuir cuando el gato entra en la fase de pérdida de peso corporal del ciclo. La anorexia y la pérdida de peso pueden causar duda en el propietario pero esto es anormal a menos que la anorexia persista o si hay signos de cualquier enfermedad.



Figura . Consumo calórico promedio de un gato a lo largo de un año.



En estudios realizados, cuando la dieta era diluida, los gatos no comían más y por lo tanto perdían peso; en dichos estudios, la dieta que era un alimento comercial seco, se diluía con caolín o celulosa. Los gatos comían un menor volumen que cuando la dieta no era diluida, indicando que no era muy palatable. En contraste, cuando el alimento se diluía con agua, ellos compensaban su consumo incrementándolo y manteniendo una ingesta calórica constante. Como los gatos consumían más alimento cuando era diluido con agua, el consumo de agua también incrementaba.

No hay un estudio completo sobre el efecto de la temperatura en el consumo de los gatos, pero una demostración (Adams, 1963<sup>71</sup>) mostró que los ambientes con bajas temperaturas estimulan la alimentación. Este estudio encontró que los gatos que toman leche muestran un descenso en la temperatura cerebral, pero también cesan su consumo de alimento. Si la temperatura cerebral fuera un factor que altera la alimentación, uno esperaría que el gato comiera más si la temperatura de su cerebro disminuye



## ***Aversiones al alimento***

Los gatos pueden rehuir el comer porque no están interesados en el alimento o pueden tener alguna aversión a alimentos en particular. En algunas ocasiones una falta de apetito puede reflejar una aversión al alimento adquirida a raíz de alguna enfermedad gastrointestinal tras el consumo de algún alimento en particular. El ejemplo más claro en los gatos domésticos sería la aversión a los alimentos que le producen alguna reacción alérgica.

En los laboratorios de investigación las aversiones mostradas, más frecuentemente estudiadas, son aquellas en que un alimento en particular ha estado emparejada con algún medicamento que produce alguna enfermedad gastrointestinal transitoria. Si el tratamiento causa náuseas tras la ingestión o malestar general, el sabor o el olor del alimento asociado con el tratamiento se vuelve aversivo tras una o más réplicas del evento. Este tipo de aversión alimenticia es común entre la gente. Casi todos pueden recordar algún alimento que era favorecido previamente, pero después se volvió aversivo tras que el alimento fuera asociado con alguna enfermedad gastrointestinal o náusea.

Los estudios de laboratorio muestran que los gatos pueden adquirir aversiones alimenticias específicas. Mugford produjo aversión en gatos con una dieta enlatada altamente palatable al tratar a los gatos inmediatamente después de alimentarlos con cloruro de litio, y la aversión persistió por 40 días.

El rol de adaptación de este tipo de aversión aprendida es proteger a los felinos de una ingestión repetida de cierta presa, o algún órgano de la presa, que pudiera producir malestar gástrico o náuseas debidas a las endotoxinas. Con una exposición al estímulo, el gato evitará la fuente de las toxinas. Una aversión es también una manera del organismo de protegerse de ataque de alimentos que le resultan alérgicos. Un número de medicamentos, incluyendo algunos tranquilizantes, pueden producir aversión alimenticia si son



emparejados con el alimento. Así que la aversión súbita por un alimento puede estar relacionada con la administración repetida de algún fármaco en un alimento en particular.

### ***Apetito Inapropiado***

En ocasiones los gatos exhiben excesos en sus hábitos alimenticios. Esto puede incluir el alimentarse de materiales inapropiados como lana o plantas decorativas de la casa.

#### **Masticar lana**

Justo lo opuesto de una aversión es una atracción del animal a algún material sintético que no es alimenticio. El masticar lana es una aberración interesante en el comportamiento ingestivo de los gatos. Este hecho en el comportamiento, generalmente restringido a las razas Siamés y Burmés, empieza en la edad de la pubertad, cuando los gatos pueden chupar, masticar y/o ingerir pedazos de lana de los calcetines, los suéteres o las gorras. El problema se caracteriza por masticar la lana con los molares, y aunque la lana es preferida, muchos gatos pueden generalizarlo a otros tipos de tela y aún a fibras sintéticas como el nylon o el orlon. Este comportamiento parece estar relacionado con la alimentación pues el ayuno estimula el comportamiento y el acceso a plantas, huesos y hasta el alimento resaca disminuye la incidencia de esta conducta

Algunos gatos pueden constituir tal problema que es difícil mantenerlos en interiores como mascotas. Sin embargo la mayoría renuncian a este hábito entre el primero y el segundo año de vida. Este comportamiento, al igual que otras formas de pica, no ha sido explicado y no se comprende por completo. No hay evidencias de deficiencias nutricionales, y el masticar lana parece el resultado de una falta de fibra, y por esta razón el tratamiento deberá ser suplementar fibra. No se ha reportado ningún tratamiento que sea completamente exitoso, aunque condicionar la aversión del animal usando perfume o desodorante corporal, puede ser efectiva.



## Comer plantas

Comer material vegetal, especialmente pasto, es un comportamiento natural de los gatos pero si un gato empieza a mascar alguna planta favorita de la casa, puede convertirse en un serio problema para el propietario. Mientras que la función de ingerir plantas está siendo comprendida en su totalidad actualmente, el comportamiento se puede prevenir al proveerle de alguna pequeña cantidad de pasto ya sea en un jardín o en una maceta. Una vez que el gato tiene el hábito de comer plantas el castigo a larga distancia, cada vez que el gato se acerca al sitio en cuestión, es más efectivo. Esto significa limitar el acceso al lugar de las plantas mediante el uso de una pistola de agua, el problema es que se requiere la presencia constante del propietario. Las ratoneras invertidas (es decir orientadas hacia afuera de las macetas) requieren menor vigilancia por parte del dueño. Otra estrategia la constituye el cambiar la ubicación de las macetas a lugares a donde no tenga acceso el gato.

El condicionamiento aversivo mediante el uso de desodorantes o antitranspirantes puede convertir a las plantas en menos atractivas para los gatos.

## Obesidad y restricción excesiva de alimento

Un punto crítico en el control de peso es balancear la ingesta calórica y el gasto energético. Algunos propietarios de gatos alimentan a sus mascotas con alimentos muy palatables en grandes cantidades, aunque el gato no gaste energía al cazar o buscar su comida. Al tratar animales obesos, el punto crítico es la restricción en la ingesta de alimento. Esto requiere que el propietario manifieste disciplina y control.

Los propietarios generalmente buscan causas físicas para la obesidad de sus gatos. Las preguntas frecuentes incluyen desbalances hormonales o la influencia de la esterilización o la castración. Sin



considerar el ejemplo obvio de insuficiencia tiroidea, se sabe poco de los efectos de las hormonas sobre el peso corporal en los gatos.

En ratas de laboratorio la ovariectomía lleva a un incremento pronunciado en el peso corporal, con un incremento en la ingesta de alimento. La administración de estrógenos revierte este efecto. Es cuestionable si este hallazgo en ratas se puede relacionar con algún evento similar en las gatas ya que una rata hembra puede manifestar un ciclo estral cada 4 a 5 días durante todo el año y está más sujeta a las influencias estrógenicas que una gata que cicla temporalmente. Sin embargo, hay trabajos en ratas y perros que nos traen como posibilidad la existencia de un ligero aumento en el peso corporal que puede ser atribuido a la gonadectomía.

Los progestágenos son conocidos por influir en la ganancia de peso corporal. En las observaciones clínicas, los gatos tratados con progestágenos sintéticos de larga duración como la medroxiprogesterona o el acetato de megestrol a menudo exhiben un pronunciado incremento en el apetito y la ingestión de alimento.

Existe evidencia de una base fisiológica para la obesidad en algunos animales y la gente. Ya sea a través de la herencia o al ser sobrealimentados de cachorros, algunos animales tienen un mayor número de células grasas que otros. El número de adipocitos a células grasas permanece constante en el adulto y esto puede considerarse para entender la diferencia entre los individuos con pesos corporales normales y los obesos (Nisbett, 1972<sup>72</sup>). Quizá algunos criadores de gatos, en su constante preocupación por mantener a sus gatitos tan sanos como sea posible, pues proporcionan suplementos en exceso, no consideran que la leche materna es un alimento completo. Esto puede causar hiperplasia de las células grasas en los gatitos y facilitar una obesidad permanente. Los individuos obesos pueden tener simplemente un porcentaje mayor de células adiposas, por lo que forzar a dichos animales a reducir peso puede ser análogo a tomar a un gato de peso normal y mantenerlo en una situación de hambre constante. Sin duda alguna, la mayor causa de la obesidad en los gatos se debe a que los propietarios



recen gran cantidad de alimentos muy palatables, y con eso les proporcionan demasiadas calorías para mínima cantidad de ejercicio que realizan. Sin realizar actividades de cacería, los gatos gastan menos energía que sus ancestros salvajes. El sistema regulador fisiológico no está tan desarrollado como para lidiar con el modo de vida urbano moderno de los gatos, al igual que en el caso del modo de vida urbano moderno de sus propietarios.



## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Scott, P.P.: The special features of nutrition of cats with observations on wild felidae nutrition in the London Zoo. Symposium of the Zoological Society, London, 1968
- 2.- Dilks, P.J.: Observations on the food of feral cats on Campbell Island. New Zealand Journal of Ecology 2: 64-6 (1979).
- 3.- Fitzgerald, B.M. y Karl, B.J.: Foods of feral house cats (*Felis catus L.*) in forest of the Orongorongo Valley, Wellington. New Zealand Journal of Zoology, 6: 107-26 (1979).
- 4.- Jones, E. y Coman, B.J.: Ecology of the feral cat, *Felis catus (L.)* in southeastern Australia. I. Diet. Australian Wildlife Research, 8 537-47 (1981).
- 5.- Karl, B.J. y Best, H.A.: Feral cats on Stewart Island: their foods, and their effects of kakapo. New Zealand Journal of Zoology, 9: 287-94 (1982).
- 6 - Brown, M.A., Frahm, R.R. y Johnson, R.R.. *Body composition of mice selected for preweaning and postweaning growth.* Journal of Animal Science, 45: 18-23 (1977).
- 7.- Aubert, R., Suquet, J. y Lemonnier, D : Long-term morphological and metabolic effects of early under and over- nutrition in mice. Journal of Nutrition, 110: 649-61 (1979).
- 8.- Bulbulian, R. Grunewald, K.K. y Haack, R.R.. Effect of exercise duration on feed intake and body composition of Swiss albino mice. Journal of Applied Physiology, 58: 500-6 (1985),



- 1.- Anand, B.K. y Brobeck J.R.: Hypothalamic control of food intake in rats and cats. Yale Journal of Biology and Medicine, 24: 123-40 (1951).
- 2.- Rozin, P.: The selection of foods by rats, humans, and other animals Advances in the Study of Behaviour, 6: 21-76 (1976)
- 3.- Mugford, R.A.: External influences on the feeding of carnivores. In: Kare, M.R. y Malier, O. (eds). The Chemical Senses and Nutrition Academic, New York, 1977
- 4.- Bradshaw, J.: Mere exposure reduces cats' neophobia to unfamiliar food. Animal Behaviour, 34: 613-614 (1986).
- 5.- Thorne, C.J.: Feeding behaviour in the cat - recent advances. Journal of Small Animal Practice, 23: 555-562 (1982).
- 6.- Everett, G.M.: Observations on the behavior and neurophysiology of acute thiamin deficient cats. American Journal of Physiology, 285: 209-229 (1944).
- 7.- Jalowiec, J.E., Panksepp, J., Shabshelowitz, H., Zolovick, A.J., Stern, W. y Morgane, P.J. Suppression of feeding in cats following 2-Deoxy-D-Glucose Physiology and Behavior, 10: 805-807 (1973).
- 8.- Hess, E.H.: Imprinting in birds. Science, 146: 1128 (1964).
- 9.- Kuo, Z.Y.: The dynamics of behaviour development; An Epigenetic View. Random House, New York, 1967.



- 18.- Morrison, G.R.: Alterations in palatability of nutrients for the rat as a result of prior testing. J. Comp. Physiol. Psychol. 86:56 (1974).
- 19.- Galef, B.G., Henderson, J.R. y Henderson, P.W.: Mother's milk: a determinant of the feeding preferences of weanling rat pups. J. Comp. Physiol. Psychol. 78: 213 (1972).
- 20.- Galef, B.G. y Clark, M.M.: Mother's milk and adult presence. Two factors determining initial dietary selection by weanling rats. J. Comp. Physiol. Psychol. 78: 220 (1972).
- 21.- Domjan, M.: Attenuation and enhancement of neophobia for edible substances. In: Barker L.M., Best M.R. and Domjan M. Learning mechanisms in food selection. Baylor University Press, Texas, 1977-.
- 22.- Best, M.R., Domjan, M. y Haskins, W.L.: Long-term retention of flavour familiarisation: effects of number and amount of prior exposures. Behav. Biol. 23:95 (1978).
- 23.- Mugford, R.A. y Thorne, C.J.: Comparative studies of meal patterns in pet and laboratory housed dogs and cats. En Nutrition of the Dog and Cat, ed. R.S. Anderson. Pergamon Press, Oxford, 1980.
- 24.- Kanarek, R.B.: Availability and caloric density of the diet as determinants of meal patterns in cats. Physiology and Behavior, 15. 611-618 (1975).
- 25.- Kaufman, L.W., Collier, G., Hill, W.L., y Collins, K.: Meal cost and meal patterns in an uncaged domestic cat. Physiology and Behavior, 25: 135-137 (1980).
- 26.- Schaller, G.B.: The Serengeti Lion. University of Chicago Press, Chicago, 1972.



- 27.- Skultety, R.M.. Alterations of caloric intake in cats following lesions of the hypothalamus and midbrain. Ann. N.Y. Acad. Sci. 157: 861 (1969).
- 28 - Thorne, C.J . Feeding behaviour in the cat - recent advances. Journal of Small Animal Practice, 23 : 255-262 (1982)
- 29.- Collier, G , Hirsch, E. y Hamlin, P H . The ecological determinants of reinforcemnts in the rat. Physiol. Behav. 9: 705 (1972).
- 30.- Hirsch, E. y Collier, G.. The ecological determinants of reinforcement in the guinea pig. Physiol. Behav. 12. 239 (1974).
- 31.- Richter, C.P.. Animal Behaviour and Internal Drives Quarterly Review of Biology, 2: 307 - 343 (1927).
- 32 - Fitzgerald, B.M. Diet of domestic cats and their impact on prey populations. En. Turner, D.C. y Bateson, P (eds). The Domestic Cat: The Biology of its Behavior Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
- 33.- Adamec, R.E.: The interaction of hunger and preying in the domestic cat (*Felis catus*) an adaptative hierarchy? Behavioural Biology, 18 263 - 272 (1976)
- 34 - Rolis, J.B., Rolis, E.T., Rowe, E. y Sweeney, K: Sensory specific satiety in man Physiology and Behavior, 27: 137 - 142 (1981).
- 35.- Beauchamp, G.K., Maller, O. y Rogers, J.G Jr.: Flavor preferences in cats ( *Felis catus* and *Panthera* sp) Journal of Comparative Physiological Psychology, 91: 1118 - 1127 (1977)



- 36.- Hirsch, E., Dubose, C. y Jacobs, H.L.: Dietary control of food intake in cats. Physiology and Behavior 20: 287 - 295 (1978).
- 37.- Kane, E., Rogers, Q.R., Morris, J.G. y Leung, P.M.B.: Feeding behavior of the cat fed laboratory and commercial diets. Nutrition Research, 1: 499 - 507 (1981).
- 38.- Kane, E., Leung, P.M.B., Rogers, Q.R. y Morris, J.G.: Diurnal feeding and drinking patterns in adult cats as affected by changing the level of fat in the diet. Appetite, (en prensa, 1986).
- 39.- McDonald, M.L., Rogers, Q.R. y Morris, J.G.: Role of linoleate as an essential fatty acid for the cat independent of arachidonate synthesis. Journal of Nutrition, 113: 1422 - 1433 (1983).
- 40.- Bartoshuk, L.M., Jacobs, H.L., Nichols, T.L., Hoff, L.A. y Ryckman, J.J.: Taste rejection in cats. Journal of Comparative Physiological Psychology, 89: 971 - 975 (1975).
- 41.- Cook, N.E., Kane, E., Rogers, Q.R., y Morris, J.G.: Self-selection of dietary casein and soy protein by the cat. Physiology and Behavior, 34: 583 - 594 (1985).
- 42.- Bradshaw, J: The behaviour of the domestic cat, CAB International, Wallingfor, 1992.
- 43.- Osborne, T.B. y Mendel, L.B.: The choice between adequate and inadequate diets, as made by rats. Journal of Biological Chemistry, 35: 19 - 27 (1918).
- 44.- Sanahuja, J.C. y Harper, A.E.: Amino acid balance and imbalance. XII. Effect of amino acid balance on self-selection of diet by the rat. Journal of Nutrition, 81: 363 - 371 (1963).



45.- Rogers, A.R., Tannous, R.I. y Harper, A.E. Effects of excess leucine on growth and food selection Journal of Nutrition, 91: 561 - 572 (1967).

46.- Leung, P.M.B., Rogers, Q.R., y Harper, A.E.: Effect of amino acid imbalance on dietary choice in the rat. Journal of Nutrition, 95: 483 - 492 (1968).

47.- Harper, A.E.: Effects of dietary protein content and amino acid pattern on food intake and preference Handbook of Physiology, 1: 399 - 410 (1967).

48.- Peng, Y., Meliza, L.L., Vavich, M.G., y Kemmerer, A.R.: Effects of amino acid imbalance and protein content of diets on food intake and preference of young, adult and diabetic rats. Journal of Nutrition, 105: 1395 - 1404 (1975).

49.- Leung, P.M.B., Gamble, M.A. y Rogers, Q.R.: Effect of prior protein intestions on dietary choice of protein and energy in the rat. Nutrition Reports International, 240: 257 - 266 (1981).

50.- Kane, E., Morris, J.G y Rogers, Q.R. Acceptability and digestibility by adult cats of diets made with various sources and levels of fat. Journal of Animal Science, 53: 1516 - 1523 (1981).

51 - Carpenter, J.A. Species differences in taste preferences. Journal of Comparative and Physiological Psychology, 49: 139 - 144 (1956).

52.- Bartoshuk, L.M.; Harned y Parks, L.H.: Taste of water in the cat: Effects on sucrose preference. Science, 171: 699 - 701 (1971).

53.- Frings, H.: Sweet taste in the cat and the taste spectrum. Experientia, 7: 424 - 426 (1981).



- 54.- Boudreau, J.C.; Bradley, B.E.; Bierer, P.R.; Kruger, S. y Tsuchitani, C.: Single unit recording from the geniculate ganglion of the facial nerve of the cat. Experimental Brain Research, 13: 461 - 488 (1971).
- 55.- Boudreau, J.C ; Anderson, W. y Oravec, J.: Chemical stimulus determinants of cat geniculae ganglion chemoresponsive group II unit discharge. Chemical Senses and Flavor, 1: 495 - 517 (1975).
- 56.- Cizek, L.J.; Semple, R.E.; Huang, K.C.: Effect of extracellular electrolyte depletion on water intake in dogs. American Journal of Physiology, 164: 415 (1951)
- 57.- Boudreau, J.C.: Neurophysiology and stimulus chemistry of mammalian taste systems. In: Teranishi, R., Buttery, R.G. y Shahidi, F. (eds). Flavor Chemistry: Trends and Developments. ACS Symposium Series 388: 122 - 137 (1989).
- 58.- Boudreau, J.C.; Sivakumar, L., Do, L.T.; White, T.D , Oravec, J. y Hoang, N K . Neurophysiology of geniculate ganglion (facial nerve) taste systems: species comparisons Chemical Senses, 10: 89 - 127 (1985).
- 59.- White, T.D. y Boudreau, J.C.: Taste preferences of the cat for neurophysiologically active compounds Physiological Psychology, 3: 405 - 410 (1975).
- 60.- McDonald, M.L.; Rogers, Q.R. y Morris J.G.: Aversion of the cat to dietary medium-chain triglycerides and caprylic acid. Physiology and Behavior, 35: 371 - 375 (1985).
- 61.- Stoddart, D.M : The Ecology of Vertebrate Olfaction. Chapman and Hall, London, 1980.
- 62 - Dodd, G.H.; Squirrell, D J.: Structure and mechanism in the mammalian olfactory system. Symposia of the Zoological Society of London, 45: 35 - 56 (1980).



- 3.- Hart, B.L.: Flehmen behaviour and vomeronasal organ function. In Chemical Signals in Vertebrates 3, eds D Muller - Schwarze y R.M Silverstein. Plenum, New York, 1983.
- 4.- Kanarek, R.B.: Availability and caloric density of diet as determinants of meal patterns in cats. Physiology and Behavior, 15: 611 - 618 (1975).
- 5.- Levitsky, D.: Feeding conditions and intermeal relationships Physiol. and Behav, 12: 779- 787 (1974).
- 6.- NRC; Nutrient requirements of domestic animals, No 13. Nutrient Requirements of Cats. National Academy Sciences, National Research Council, Washington, DC., 1978.
- 7.- Seefeldt, S.L.; Chapman, T E.: Body water contents and turnover in cats fed dry and canned rations. American Journal of Veterinary Research, 40. 183 - 185 (1979)
- 8.- Thrall, B , Miller, L.G.: Water turnover in cats fed dry rations. Feline Practice, 6 10 - 17 (1976).
- 9.- Prentiss, P G.; Wolf, A V.; Eddy, H.A.: Hydropenia in cat and dog. Ability of the cat to meet its water requirements solely from a diet of fish or meat. American Journal of Physiology, 196: 625 - 632 (1959).
- 10 - Bradshaw, J.W; Cook, S.E.: Patterns of pet cat behaviour at feeding occasions Applied Animal Behaviour Science, 47: 61 - 74 (1986)
- 11.- Ilkiw, J.E.; Suter, C.M., Farver, T.B.; McNeal, D. y Steffey, E.P.: The behaviour of healthy awake cats following intravenous and intramuscular administration of midazolam. Journal of Veterinary Pharmacology Therapy, 19 : 205 - 216 (1996).
- 12 - Adams, T. Hypothalamic temperature in the cat during feeding and sleep Science, 139 : 609 (1963)



## DIFERENTES MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA ENERGÍA EN LOS ALIMENTOS

Con excepción del agua, la energía es el componente más importante que debe ser considerado en la dieta. Como todos los animales, las mascotas requieren una fuente constante de energía a través de la dieta para poder sobrevivir. Las plantas obtienen energía de la radiación solar y la convierten en nutrientes que contienen energía. Otros animales consumen plantas y las usan para convertir los nutrientes que contienen, en otras moléculas que contienen energía. La forma primaria en que las plantas almacenan energía son los carbohidratos; la forma principal de almacén de energía en los animales es la grasa. La energía es necesaria para el desarrollo del trabajo metabólico del cuerpo, el cual incluye el mantenimiento y síntesis de los tejidos corporales, que están involucrados en el trabajo físico, y además regular la temperatura corporal normal. No es de sorprendernos que la energía siempre sea el primer requerimiento que cubren los animales con su dieta. Sin importar las necesidades de aminoácidos que un gato que pudiera obtener de la proteína de su dieta, o de los ácidos grasos esenciales, los nutrientes que producen energía en la dieta serán usados en primer término para satisfacer las necesidades energéticas. Una vez que los requerimientos energéticos se alcanzan, los nutrientes quedan disponibles para otras funciones metabólicas.

Los animales son capaces de regular su consumo energético para alcanzar sus requerimientos diarios de calorías. Cuando se les permite el libre acceso a una dieta balanceada, moderadamente palatable, la mayoría de los gatos consumirán lo suficiente para alcanzar, pero no exceder, sus necesidades diarias de energía<sup>123</sup>. La densidad energética o densidad calórica se refieren a la concentración de energía en una cantidad de alimento dada. Cuando la densidad energética de una dieta disminuye, el animal responde aumentando la cantidad de alimento que consume, lo que resulta en un consumo energético relativamente constante<sup>34</sup>. Si el consumo alimenticio de un animal es regulado por el total de energía consumida, la composición de todos los otros nutrientes de la dieta deben estar balanceados respecto a la densidad energética de la dieta. Este balance debe ser calculado para asegurar que cuando un gato consume



cantidad adecuada de alimento para satisfacer sus necesidades energéticas, todos los otros requerimientos de los nutrientes serán alcanzados al mismo tiempo.

Contrario al pensamiento popular, los gatos no son capaces de autoregular su consumo de la mayoría de los otros nutrientes esenciales. Aun más, no hay evidencia que indique que los gatos consumirán más de una dieta que sea alta en energía pero baja en proteína como un intento para alcanzar sus necesidades de proteína. Las mascotas que son deficientes en una vitamina, mineral o aminoácido esencial en particular, no buscarán los alimentos que contienen el nutriente o seleccionarán preferencialmente una dieta que sea abundante en el nutriente deficiente. En contraste, los gatos que son deficientes en energía aumentarán espontáneamente su consumo calórico hasta que se alcance un balance energético<sup>1,2</sup>.

Aunque todos los gatos tienen la habilidad de regular apropiadamente su consumo energético, esta tendencia natural puede ser sobrepasada por factores ambientales. Un alimento comercial que sea altamente palatable y energéticamente denso, llevará a un sobreconsumo crónico en algunos gatos. Hoy en día, el mercado tan competido de los alimentos comerciales incluye muchos alimentos que son altos tanto en la palatabilidad como en la densidad calórica. Aunado con un descenso en la actividad física de muchos gatos de hoy en día, pues en los últimos años muchos gatos han pasado del patio al interior de la casa, donde su trabajo como cazadores de roedores y otros animales ha sido eliminado. Muchos gatos llevan ahora vidas sedentarias, donde no tienen acceso al ejercicio normal. Estos cambios están llevando a muchos gatos que son mantenidos como mascotas, a problemas de obesidad y de consumo excesivo de alimento, por lo que aseguramos que la obesidad es el problema nutricional más común que en la actualidad es atendido por el Médico Veterinario hoy en día<sup>5</sup>. Es por esto que quizá ya no siga siendo conveniente confiar tan sólo en la habilidad innata de los gatos para regular su consumo energético, pues aunque es indudable que poseen esta habilidad, tal vez no puedan autoregular su consumo por la naturaleza del alimento que consumen y el tipo de vida que llevan. En la mayoría de los casos, el alimentar mediante porciones controladas, es la mejor manera de controlar el balance energético del gato, su tasa de crecimiento y su peso corporal.



## MEDICIÓN DE LA ENERGÍA EN LA DIETA

La energía no tiene una masa o dimensión medible, pero la energía química contenida en los alimentos es transformada por el cuerpo en calor, el cual puede ser medido. Los nutrientes que proveen energía en una dieta animal incluyen a los carbohidratos, la grasa y la proteína. La energía química de los alimentos es expresado a menudo en unidades de calorías (cal) o kilocalorías (kcal). Una caloría se define como la cantidad de energía calórica necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de los 14.5°C a los 15.5°C. Como una caloría es una unidad muy pequeña, no es de uso práctico en nutrición animal. La kilocaloría, que equivale a 1000 calorías, es la unidad de medida más comúnmente usada. Otra unidad para medir la energía es el kilojoule (kJ), la cual es una unidad métrica. Un kilojoule se define como la cantidad de energía mecánica que se requiere para forzar a 1 newton a mover un peso de 1 kilogramo una distancia de 1 metro. Para convertir kilocalorías a kilojoules, el número de kilocalorías se multiplica por 4.186.

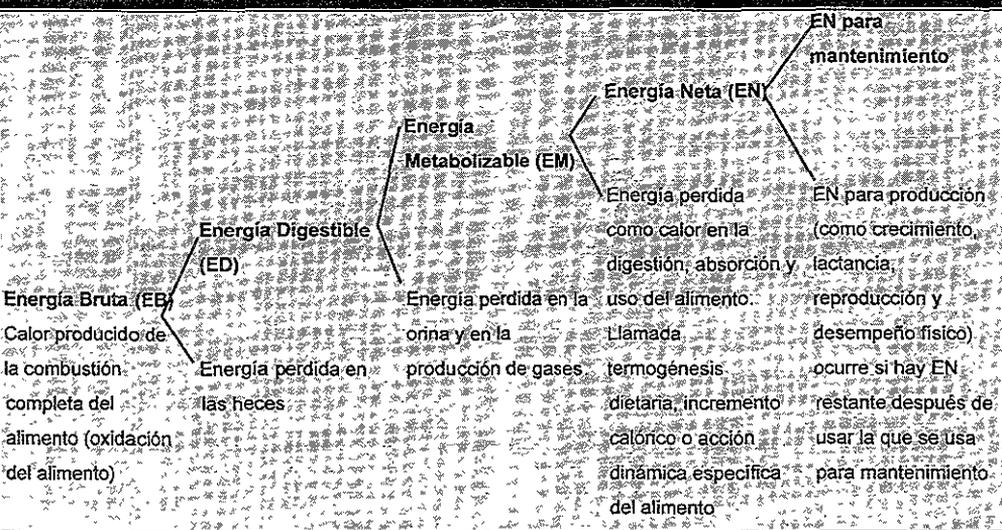
El valor calórico de los alimentos puede ser medido utilizando calorimetría directa. Este proceso implica la completa combustión (oxidación) de una cantidad de alimento medida previamente, en una bomba calorimétrica, resultado en liberar y medir el total de energía química del alimento. A esta energía se llama *Energía Bruta del alimento (EB)*. Los animales no pueden usar toda la energía bruta de un alimento porque ocurren pérdidas de energía durante la digestión y la asimilación. La *Energía Digestible (ED)* significa la cantidad de energía disponible para la absorción a lo largo de la mucosa intestinal. La ED aparente puede ser calculada sustrayendo la energía indigestible que es excretada en las heces de la EB del alimento. Las pérdidas adicionales de energía ocurren como resultado de la producción de gases combustibles y la excreción de urea en la orina. La oxidación incompleta de la proteína dietaria absorbida por el cuerpo resulta en la producción de urea. Como la producción de gases combustibles en los perros y los gatos es mínima, sólo se cuentan las pérdidas urinarias. La *Energía Metabolizable (EM)* es la cantidad de energía disponible por los tejidos del cuerpo después que las pérdidas de las heces y la orina han sido sustraídas de la EB del alimento. La EM es el valor que es usado con más frecuencia para expresar el contenido



energético de los ingredientes de las mascotas y las dietas comerciales. Similarmente, los requerimientos energéticos de los gatos se expresan usualmente como kilocalorías de EM.

La EM puede ser subdividida para producir la energía neta y la pérdida de energía en la termogénesis dietaria. La termogénesis dietaria se refiere a la acción dinámica del alimento, a la energía que el cuerpo necesita para digerir, absorber y asimilar los nutrientes. La energía neta es la energía disponible para las necesidades de mantenimiento de los tejidos corporales del animal y para la producción como el trabajo físico, el crecimiento, gestación y lactancia (Figura 1). La EM de una dieta o un ingrediente del alimento depende de la composición nutricional y del animal que lo consume. Por ejemplo, por la longitud y la estructura del tracto gastrointestinal, un animal herbívoro monogástrico como el caballo puede generar una mayor cantidad de energía a partir del forraje que un perro o un gato. Por lo tanto el valor de la EM del pasto para un caballo, será mucho mayor que el valor para una mascota.

Figura 1 Fraccionamiento de la energía en la nutrición



Se pueden utilizar tres métodos para estimar los valores de la EM de un ingrediente del alimento o de una dieta. Estos métodos son determinación directa usando pruebas de alimentación y procedimientos de



colecta total, cálculos de los niveles analizados de proteína, carbohidratos y grasa en la dieta y extrapolación de datos obtenidos en otras especies.

### **Determinación Directa en Pruebas de Alimentación**

Los datos obtenidos en las pruebas de alimentación actuales con la especie en cuestión son el método más confiable para determinar la EM de un alimento. La dieta o ingrediente alimenticio es proporcionado a un número de animales, y se recolectan las heces y la orina durante un período de tiempo designado. La determinación del contenido energético del alimento, heces y orina permite calcular directamente la EM (Figura 2). Sin embargo, la medición directa de los valores de la EM en los gatos puede ser un asunto que requiera mucho tiempo y dinero pues requiere el probar a un número grande de animales. A la fecha, muchos de los valores de EM de muchos ingredientes usados comúnmente en los alimentos para mascotas no han sido medidos directamente. Sin embargo, los fabricantes de algunos alimentos premididos rutinariamente la EM de sus alimentos y sus ingredientes a través de pruebas de alimentación controladas.

**Figura 2. Ejemplo de un cálculo de energía metabolizable (EM)**

#### **Cálculo**

$$\text{Energía metabolizable (EM)} = (\text{EB}_{\text{alimento}}) - (\text{EB}_{\text{heces}} + \text{EB}_{\text{orina}})$$

#### **Ejemplo**

$$1100 \text{ kcal} = 3600 \text{ (alimento)} - 2500 \text{ (heces + orina)}$$

### **Métodos de Cálculo**

Los valores de EM también pueden ser determinados usando fórmulas matemáticas que estiman el valor de EM a partir del contenido de carbohidratos, proteína y grasa. Las fórmulas que se han derivado para las dietas de gatos incluyen constantes que cuentan las pérdidas energéticas producidas por las heces y la orina. Los valores de la EB, que representan el contenido total de energía, para los carbohidratos, grasas y proteínas son de 4.15, 9.40 y 5.65 kcal/g respectivamente<sup>6</sup>. Sin embargo, como se mencionó antes, los animales son incapaces de utilizar toda la energía presente en los nutrientes de los alimentos.



eficiencia de la digestión, la absorción y la asimilación resultan en pérdidas energéticas. En los alimentos humanos los factores Atwater de 4, 9 y 4 kcal/g se utilizan comúnmente para estimar los valores de la EM de los carbohidratos, grasas y proteína. Estos factores fueron calculados usando coeficientes de digestibilidad estimados en 96% para la grasa y los carbohidratos y 91% para la proteína<sup>7</sup>. El coeficiente de digestibilidad es la proporción del nutriente consumido que está disponible actualmente para absorción y su uso por el cuerpo. El valor de la EM de la proteína fue reducido más adelante al descontar las pérdidas urinarias de la urea.

Aunque parece razonable usar los factores Atwater para determinar el contenido de la EM de los alimentos de gatos, los datos de digestibilidad reunidos indican que los factores Atwater tienden a sobrestimar los valores de EM de la mayoría de los alimentos para mascotas. El error ocurre porque la digestibilidad de muchos de los ingredientes de dichos alimentos es menor que la digestibilidad de la mayoría de los alimentos consumidos por los humanos. Los datos de digestibilidad recogidos en perros a partir de 106 muestras de alimentos secos, semihúmedos y enlatados mostró que los coeficientes promedio de digestibilidad para la proteína cruda, el extracto ácido - éter (una medida del contenido de grasa) y el extracto libre de nitrógeno (una medida del contenido de carbohidratos solubles) fue de 81%, 85% y 79%, respectivamente<sup>8</sup>. El hecho de que los ingredientes de alimentos para mascotas sean generalmente menores en digestibilidad que los alimentos consumidos por humanos implica que los factores Atwater no sean exactos para su uso en la estimación de la EM de los alimentos para mascotas.

Las recomendaciones de 1985 del Consejo Nacional de Investigación de E.U. (N.R.C.), sugieren que los coeficientes de digestibilidad de 80%, 90% y 85% para la proteína, grasa y carbohidratos sean utilizados en alimentos comerciales para perro (N.R.C., 1985). Cuando los valores de EB se reajustan por las pérdidas urinarias y de digestibilidad, se asignan valores de EM de 3.5, 8.5 y 3.5 kcal/g para la proteína, grasa y carbohidratos, respectivamente (Tabla 1).



**Figura 3. Nutrientes que aportan energía. Composición química y productos finales del metabolismo.**

Nutriente	Composición química	Productos Finales a Utilizarse la Energía
<p>Proteína</p> <p>carbón α</p>	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{R}_1}{\text{CH}}-\text{CO} \text{---} \left[ \text{NH}-\underset{\text{R}}{\text{CH}}-\text{CO} \right]_n \text{---} \text{NH}-\underset{\text{R}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$ <p>Aminoácido N-terminal      Unión Peptídica      Muchos Aminoácidos      Unión Peptídica      Aminoácido Carboxilo</p> <p>R = diferentes grupos químicos y por lo tanto diferentes aminoácidos</p>	<p>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</p> <p>Agua (H<sub>2</sub>O)</p> <p>Amonio (NH<sub>3</sub>) que convertido a urea (H<sub>2</sub>CO-NH<sub>2</sub>) en el hígado excretado por el riñón</p>
<p>Carbohidrato</p>	$\begin{array}{c} \text{HCO} \\   \\ (\text{HCOH})_{1-4} \\   \\ \text{H}_2\text{COH} \end{array}$ <p>Monosacáridos, ej. Glucosa (dextrosa), fructosa y galactosa</p> <p>2 Monosacáridos = 1 Disacárido ej. Glucosa + glucosa = maltosa glucosa + fructosa = sucrosa (azúcar de mesa) glucosa + galactosa = lactosa (azúcar de la leche)</p> <p>Muchos monosacáridos = Polisacáridos, ej. almidón, glucógeno, y fibra son muchas moléculas de glucosa conectadas por enlaces alfa o en el caso de la fibra, por enlaces beta.</p>	<p>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</p> <p>Agua (H<sub>2</sub>O)</p>
<p>Grasa</p>	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{CO} \text{---} (\text{CH})_{16-20} \text{---} \text{COOH} \\ \text{HPO} \text{---} (\text{CH})_{16-20} \text{---} \text{COOH} \\ \text{H}_2\text{CO} \text{---} (\text{CH})_{16-20} \text{---} \text{COOH} \end{array}$ <p>Glicerol      3 Ácidos grasos</p> <p>Triglicérido</p>	<p>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</p> <p>Agua (H<sub>2</sub>O)</p>

A estos valores se hace referencia como los factores modificados Atwater. Aunque estos valores proveen un mejor estimado de los valores de EM que los factores Atwater, pueden subestimar los valores de EM de los alimentos para perro de alta calidad que contienen fuentes de proteína altamente digestibles y bajos niveles de fibra indigestible. Contrariamente, los valores de EM de aquellos alimentos que contienen altas cantidades de fibra vegetal y/o pobre calidad por las fuentes de carne, serán ligeramente sobrestimados por estos factores<sup>6</sup>.

Tabla 1. Coeficientes y Factores de Digestibilidad

Nutriente	Coeficientes de Digestibilidad de Alimento Humano	Factores Atwater	Coeficientes de Digestibilidad de Alimento para Mascotas	Factores Modificados Atwater
Carbohidratos	96%	4 kcal/g	85%	3.5 kcal/g
Proteína	91%	4 kcal/g	80%	3.5 kcal/g
Grasa	96%	9 kcal/g	90%	8.5 kcal/g

Se han derivado varias fórmulas para estimar los valores de EM en los alimentos para gato a partir de los datos de digestibilidad obtenidos en las pruebas de alimentación directa y de estudios de correlaciones entre los valores analizados y los valores de la EM medida *in vivo*<sup>8,9</sup>. Sin embargo, hay pocos datos disponibles de la ED de los alimentos para gatos o los ingredientes de éstos. Más aún, esta información generalmente no está disponible. En general, el cálculo de la EM de niveles analizados de carbohidratos, grasa, y proteína en la dieta usando los factores modificados Atwater provee de un estimado razonablemente confiable del valor de la EM en los alimentos para gato, mientras que la fibra cruda sea usada para estimar el total de fibra en el alimento<sup>9</sup>. Un estudio de 14 alimentos comerciales producidos en los Estados Unidos encontró que el porcentaje mínimo de grasa reportado en el panel del análisis garantizado en la etiqueta del alimento puede ser usado para estimar la EM del alimento. La ecuación  $EM = 3.075 + 0.066 (\text{grasa})$ , provee de un método rápido y simple para estimar la EM de la información que está disponible en todas las etiquetas de alimentos comerciales

### Datos de otras especies

La falta de datos de medición directa de la DE y la EM en los ingredientes de los alimentos para gato y la falta de adecuación de fórmulas matemáticas para usar con diferentes tipos de alimentos, han dado por resultado el uso de datos de otras especies. El Consejo Nacional de Investigación de E U. (N.R.C.) asignó valores de EM de cerdo a los ingredientes usados comúnmente en los alimentos para gatos por la falta de datos directos o porque no estaban disponibles<sup>10</sup>. Esta información fue incluida en la edición de 1986 de la publicación Requerimientos Nutricionales de los Gatos N.R.C. Aunque este tercer método no es tan

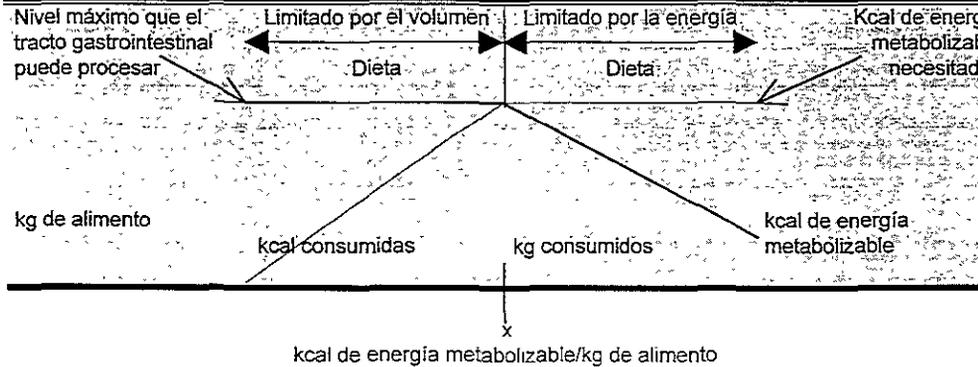


confiable como la medición directa, se ha reportado que los datos obtenidos en los experimentos con cerdos tienen correlación con valores de otros animales con estómagos simples<sup>10</sup>.

**Densidad Energética**

La densidad energética de un alimento para mascota se refiere al número de calorías provisto por un volumen dado de alimento. En México y Estados Unidos, la densidad energética se expresa como kilocalorías de EM por kilogramo (kg) o libra (lb) de alimento. En la mayoría de los países europeos, se usa la unidad kJ/kg. La importancia de la densidad energética en la nutrición de los animales de compañía no debe ser sobre enfatizada. Es el principal factor que determina la cantidad de alimento que es comido cada día y por lo tanto afecta directamente la cantidad de todos los otros nutrientes esenciales que el animal ingiere. La densidad energética de una dieta debe ser lo suficientemente alta para permitir que el gato consuma una cantidad suficiente de alimento para satisfacer sus necesidades energéticas. Si la densidad energética es baja, el consumo será restringido por las limitaciones físicas del tracto gastrointestinal, resultando en un déficit energético. En otras palabras, el animal podría no estar capacitado para consumir suficiente de una dieta baja en energía para cubrir sus requerimientos calóricos. Se dice que dicha dieta es "limitada por el volumen". Si los niveles de nutrientes esenciales en dicha dieta no estuvieran balanceados en relación con la densidad energética, podrían ocurrir múltiples deficiencias nutricionales.

**Figura 4. Efecto de la densidad calórica de la dieta en la cantidad consumida.**



Con una dieta que contenga menos que la cantidad  $x$  de kcal/kg el animal come la máxima cantidad que el tracto gastrointestinal puede tolerar pero no es capaz de cubrir sus requerimientos energéticos. Así, la cantidad de alimento comido está limitado por el volumen. Conforme el contenido energético de la dieta incrementa hacia el punto  $x$ , el animal continúa comiendo la misma cantidad de alimento pero adquiere mayor energía. Con una dieta que contenga más kcal/kg que  $x$ , el animal come hasta que alcanza sus requerimientos energéticos y se detiene. Así mientras menos comida sea ingerida, mayor será su contenido energético, por ejemplo cuando el consumo alimenticio está limitado por la energía. Algunos animales pueden comer más que sus requerimientos energéticos, particularmente si la dieta es palatable, lo cual puede dar por resultado la obesidad del animal.

Cuando la densidad calórica de un alimento es lo suficientemente alta para que el animal consuma una cantidad suficiente para cubrir sus necesidades energéticas diarias, la densidad energética será el factor primario que determinará la cantidad de alimento que es consumido cada día. Conforme la densidad energética aumenta, el volumen total de alimento que es consumido disminuye. Sin embargo, alimentar con un alimento altamente palatable puede sobrepasar la tendencia natural que tienen los gatos para regular su consumo alimenticio diario. El mantenimiento del peso corporal normal y la tasa de crecimiento son criterios usados con frecuencia para determinar la cantidad apropiada de alimento. Por lo tanto, aún cuando la mascota se encuentra bajo el control del propietario, el nivel de consumo de energía es todavía un factor primario que afecta la cantidad de alimento que se debe dar.

## REVISIÓN DE MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS Y DE ENERGÍA EN LOS ALIMENTOS

Dentro del proyecto de este trabajo se consideró hacer una revisión de algunos de los diferentes métodos utilizados para calcular la densidad energética de un alimento, así como para calcular los contenidos de energía metabolizable de los alimentos para gato y también los requerimientos energéticos de estos animales.



A continuación se reproducen algunos fragmentos de trabajos de diferentes autores y que versan sobre los anteriores tópicos:

**a) Case, Carey y Hirakawa**

Como el consumo energético determina el consumo alimenticio total, es importante que las dietas sean balanceadas adecuadamente para que los requerimientos de todos los otros nutrientes sean cubiertos al mismo tiempo que son satisfechas las necesidades de energía. Por esta razón, es más apropiado expresar los niveles de los nutrientes que contienen energía en el alimento en términos de EM más que en términos de porcentaje en el peso del alimento. Usando esta unidad, los valores pueden ser comparados en cualquier tipo de alimento o dieta, sin importar el contenido de agua, de nutrientes o de energía. Por ejemplo, un alimento con 27% de proteína como porcentaje de peso sufre de 3800 kcal de EM/kg. Se pueden usar los factores modificados Atwater para estimar la proporción de energía que la proteína aporta al alimento. Los cálculos en la tabla 2 muestran que el 24.8% de la energía del alimento es aportada por la proteína. Estos cálculos pueden ser comparados con un alimento enlatado que contiene 7.0% de proteína en base al peso y aporta 980 kcal de EM/kg. Cuando se expresa como porcentaje de calorías, la proteína en el alimento enlatado aporta aproximadamente 25% de la energía del alimento (Tabla 2)

**Tabla 2. Cálculo Simple para Convertir Porcentaje de Peso en Porcentaje de Energía en la Dieta**

Tipo de Alimento	Proteína (%)	x	Factores modificados Atwater	÷	kcal/100 g de alimento	x 100%
Seco	27	x	3.5	÷	380	24.8
Enlatado	7	x	3.5	÷	98	25.0

Los dos alimentos parecen enormemente diferentes cuando son comparados en términos de porcentaje de proteína en base al peso, y sin embargo contienen casi la misma cantidad de proteína cuando se expresados en porcentaje de calorías totales. Las diferencias en el contenido de agua y la densidad energética de los dos alimentos cuenta para las diferencias drásticas en el contenido nutricional cuando

se expresan como porcentaje de peso. Tratando de comparar los dos alimentos cuando se expresa la proteína como un porcentaje de peso, puede ser muy confuso. La conversión a unidades de energía permite una comparación precisa de los niveles de nutrientes que contienen energía en los diferentes alimentos. Como los gatos son alimentados para cubrir sus requerimientos calóricos, estos dos alimentos cumplirán de una igual cantidad de proteína cuando son dados en un nivel correcto.

La densidad energética de un alimento debe conocerse para poder estimar la cantidad de alimento necesario para cubrir el requerimiento energético del gato. La Asociación de Oficiales de Control de Alimentos Americanos (AAFCO), un grupo responsable de los estándares que rigen los alimentos comerciales, requiere que el valor energético de un alimento sea expresado en kilocalorías de EM. Si la información de la EM no se incluye en una etiqueta en un alimento para mascota, puede ser calculado usando el análisis aproximado del alimento. Si el análisis aproximado no está disponible, el análisis garantizado provisto en la etiqueta de todos los alimentos para mascotas puede ser usado para obtener un estimado del contenido nutricional. Los factores modificados Atwater provistos con anterioridad son usados para calcular la cantidad de energía aportada por los carbohidratos, proteína y grasa. Por ejemplo, el análisis garantizado de un saco de alimento seco contiene los siguientes datos:

- Proteína cruda: No menos de 26%
- Grasa cruda: No menos de 15%
- Fibra cruda: No más de 5%

Un estimado del contenido mineral del alimento, comúnmente llamado cenizas, debe hacerse. Los alimentos secos de alta calidad contienen generalmente entre el 5% y el 8% de cenizas. El contenido de carbohidratos puede ser estimado mediante una simple resta:

- $100\% - \% \text{ de proteína} - \% \text{ de grasa} - \% \text{ de cenizas} = \% \text{ de carbohidratos}$
- $100 - 26 - 15 - 5 - 7 = 47\%$



Las calorías provistas por cada nutriente en 100 g de alimento pueden ser estimados entonces (Tabla 3). Las calorías totales en 100 g de alimento son 383, o 3830 kcal/kg de alimento. Este número puede ser dividido entre 2.2 para convertir la densidad energética por libras de alimento. La cantidad de alimento puede ser estimada dividiendo los requerimientos energéticos diarios del gato entre la densidad energética de la dieta. Por ejemplo si un gato requiere 280 kcal/día y es alimentado con una dieta que contiene 365.5 kcal/100 g, se le tendrían que suministrar al día aproximadamente 76 gramos.

**Tabla 3. Determinación Energética a Partir del Análisis Garantizado**

Nutriente	Porcentaje en la Dieta	x	Factores modificados Atwater	=	kcal/100 g de alimento
Proteína	30	x	3.5	=	105
Carbohidratos	39	x	3.5	=	136.5
Grasa	8	x	8.5	=	68
Total de calorías =					309.5
Total 309.5 kcal/100 g x 1000 g/kg = 3095 kcal/kg (densidad energética)					

**Desbalance energético.**

El desbalance energético ocurre cuando el consumo energético diario de un animal es mayor o menor a su requerimiento diario, llevando a cambios en la tasa de crecimiento, peso corporal y composición corporal. El exceso en el consumo energético es más común en los gatos que la deficiencia energética. Durante el crecimiento, el sobreconsumo de energía ha mostrado tener efectos indeseables en perros<sup>11, 12, 13, 14</sup>

Otro problema asociado con un excedente de energía durante el crecimiento involucra la hiperplasia de las células grasas. Los estudios con animales de laboratorio han mostrado que la generación de un número excesivo de células grasas en el cuerpo como resultado de una sobrealimentación en una etapa temprana de vida puede predisponer al animal a la obesidad en su vida posterior<sup>15, 16</sup>. Aunque no se han desarrollado investigaciones sobre la hiperplasia de células grasas durante el crecimiento de gatitos, es posible que esta especie sea afectada de manera similar. En los gatos adultos, el excedente de energía



a la obesidad y sus complicaciones médicas. Un consumo energético inadecuado resulta en una tasa de crecimiento reducida y desarrollo comprometido en los gatos jóvenes y en una pérdida de peso y desgaste muscular en los animales adultos. En los animales saludables esta condición es vista comúnmente en animales que tienen una gran actividad o en hembras gestantes o en lactación que están siendo alimentadas con una dieta cuya densidad energética es muy baja.

**Morris**

El gasto energético basal es la cantidad de energía usada después del sueño, 12-18 horas después de haber comido, y en condiciones termoneutrales<sup>17</sup>. También se conoce como Tasa Metabólica Basal (requerimiento energético basal [REB]). La Tasa Metabólica de Descanso (requerimiento energético de descanso [RED]) difiere del REB porque incluye la energía gastada para recuperación de la actividad física. Dependiendo del nivel de actividad y del tiempo entre el cese de la actividad y la determinación de la tasa metabólica, el RED puede ir de una cantidad casi igual al REB o a una cantidad 25% mayor<sup>18</sup>. El requerimiento Energético de Mantenimiento (REM) es la cantidad de energía usada por un animal adulto moderadamente activo en un medio ambiente termoneutral. Incluye la energía gastada para obtener y masticar el alimento en cantidades necesarias para mantener el peso corporal, pero no para soportar actividad física adicional o para producir, como en el crecimiento, la gestación o la lactación<sup>19</sup>. La REM en el gato es de aproximadamente 1.4 veces el REB<sup>20</sup> (65 a 70 kcal de energía metabolizable/kg/día para los gatos domésticos inactivos). El valor del REM para los gatos se debe a que en general son animales más inactivos que los perros donde el valor del REM es el doble del REB. Se ha reportado que los gatos pasan hasta 15 -16 horas durmiendo<sup>21</sup>, así tenemos que es más práctico determinar primero el REB, y luego estimar el REM a partir del REB.

La mayoría de la energía usada por el cuerpo es la que se elimina a través del calor. La principal vía de pérdida de calor bajo condiciones basales es la radiación y la convección de la superficie corporal<sup>22</sup>. Por lo tanto, la energía gastada está directamente relacionada con la superficie corporal. El REB para una área



de superficie corporal de un metro cuadrado es aproximadamente de 1000 kcal. Mientras más pequeño es el animal, mayor será el área de superficie corporal por unidad de peso. Así tenemos que mientras más pequeño es el animal, mayor es la tasa de pérdida de calor y el REB por unidad de peso corporal. Esta discrepancia en área de superficie por unidad de peso varía relativamente poco entre las diferentes razas de gatos domésticos.

La determinación del área de la superficie requiere del uso de una tabla de conversión de peso a área de superficie<sup>23</sup> o del uso de fórmulas usando el peso corporal y medidas de longitud<sup>24</sup>. Sin embargo, el área de la superficie corporal está directamente relacionada con los kilogramos de peso corporal elevados a la 0.75 potencia ( $P_{c_{kg}}^{0.75}$ ) el cual se refiere como "tamaño metabólico corporal"<sup>24</sup>. Este valor también puede ser determinado elevando al cuadrado la cantidad y sacándole dos veces raíz cuadrada. La tasa metabólica basal es aproximadamente 70 veces las kcal metabolizables/día los kg de tamaño metabólico corporal, por ejemplo  $70(P_{c_{kg}})^{0.75}$ . Los datos indican que aunque esta fórmula provee de un estimado razonable para el REB, es menos preciso en especies en donde hay grandes variabilidades en el tamaño corporal, como por ejemplo en el caso del perro.

También se ha derivado una ecuación lineal que parece ser más precisa y simple de usar. Para gatos que pesan más de 2 kg, el REB (kcal metabolizables/día) =  $30 P_{c_{kg}} + 70$ . La ecuación se derivó de una fórmula lineal para determinar el REM canino, donde el REM canino (kcal metabolizables/día) =  $62.2 P_{c_{kg}} + 144.4$ . Como el REB es la mitad del REM, REB =  $31.1 P_{c_{kg}} + 72.2$ ; o simplificando el REB canino es =  $30 P_{c_{kg}} + 70$ .

Cuando se aplica esta ecuación al tamaño promedio de los gatos domésticos (2.7 a 5 kg), se obtiene un promedio de 50 kcal/kg/día para el REB, comparado con las 52.2 kcal/kg/día derivados a partir de calorimetría indirecta<sup>25</sup>. Como hay una pequeña variación en el peso corporal de los gatos domésticos maduros, se puede asumir que la REB felina sea igual a 50 kcal metabolizables/kg/día.



Dieta	Comercial		Purificada		Purificada	
	Seca <sup>1,a</sup>	Enlatada <sup>1,b</sup>	Caseína <sup>1,c</sup>	Aminoácido <sup>1,d</sup>	Baja en grasa <sup>2,e</sup>	Alta en grasa <sup>2,f</sup>
<b>Consumo diario de alimento (g)</b>	86.3 +/- 6.8	256.1 +/- 25.1	75.6 +/- 12.8	73.7 +/- 6.6	75.8 +/- 11.2	51.2 +/- 7.4
<b>Consumo diario de alimento (g MS)</b>	79.7	57.4	72.2	70.6	71.8	49.9
<b>kcal/kg peso corporal</b>	74.9 +/- 7.9	73.1 +/- 7.2	71.8 +/- 5.5	65.8 +/- 3.9	63.6 +/- 4.7	63.7 +/- 6.5
<b>Frecuencia diaria de comidas</b>	15.7 +/- 1.4	16.6 +/- 1.8	16.8 +/- 2.3	17.4 +/- 3.5	11.4 +/- 1.2	10.4 +/- 1.1
<b>frecuencia de comidas diurnas</b>	8.6 +/- 0.9	10.7 +/- 1.2	10.4 +/- 1.2	10.6 +/- 2.2	6.5 +/- 0.8	6.7 +/- 0.6
<b>frecuencia de comidas nocturnas</b>	7.1 +/- 0.7	5.9 +/- 0.8	6.3 +/- 1.3	6.7 +/- 1.5	4.8 +/- 0.6	3.9 +/- 0.6
<b>Consumo diario de agua</b>						
<b>ml</b>	147.3 +/- 15.7	0	79.4 +/- 10.6	98.1 +/- 25.8	112.8 +/- 23.4	99.4 +/- 20.8
<b>ocasiones de consumo</b>	16 +/- 1.3	0	12.5 +/- 1.8	12.4 +/- 2.1	9.9 +/- 1.5	10.8 +/- 2.3

Notas:

<sup>1</sup>Kane *et al.*, 1981<sup>2</sup>Kane *et al.*, 1986<sup>a</sup> MS 92.3% EB 4.5 kcal/g<sup>b</sup> MS 23.4% EB 1.5 kcal/g<sup>c</sup> MS 95.5% EB 5.4 kcal/g<sup>d</sup> MS 95.7% EB 5.0 kcal/g<sup>e</sup> MS 94.7% EB 4.85 kcal/g<sup>f</sup> MS 97.4% EB 6.52 kcal/g

Los requerimientos energéticos de los pacientes enfermos son una función de la REB pues dichos animales generalmente descansan en interiores, en un ambiente termoneutral (en una jaula). Excluyendo la carga metabólica de la enfermedad, estos animales tienen un gasto energético cercano al basal. Sin embargo, la cirugía, los traumatismos, la sepsis o las quemaduras implican varios grados de hipermetabolismo<sup>26,27</sup> y aumentos apropiados en el REB. En contraste los requerimientos energéticos para el control de peso de varios estados fisiológicos como el crecimiento, la gestación, la lactación, el estrés y diferentes niveles de actividad física se relacionan más con requerimientos energéticos de mantenimiento por lo tanto se calculan a partir del REM (Tabla 4)

**Tabla 4. Requerimientos Energéticos Metabolizables**

Requerimiento de Mantenimiento Diario	Factores a ser Aplicados al REM para Obtener el Requerimiento Energético Diario
Gato inactivo de 2.5 - 5.5 kg = 65 - 70/kg	gestación: primeras 6 semanas = 1 x REM últimas 3 semanas = 1.1 - 1.3 REM pico de lactación (3-6 semanas) = [1+0.25(número en la camada)] x REM; = 2 - 4 X REM crecimiento: nacimiento a 3 meses = 2 x REM 3 a 6 meses = 1.6 x REM 6 a 12 meses = 1.2 x REM frío: temperatura de 8.5° C = 1.25 x REM a temperaturas aún más bajas = 1.75 x REM calor: climas tropicales = hasta 2.5 x REM enfermedad: REB x el factor apropiado para cada caso
Gato activo de 2.5 - 5.5 kg = 85/kg	

El Requerimiento Energético de Mantenimiento (REM) incluye los requerimientos de energía basal (REB) más la energía gastada para obtener y utilizar el alimento, para poder mantener el peso corporal en un ambiente termoneutral. Determine el requerimiento calórico para el REM a partir de los datos tabulados arriba o bien calcule

Gatos de más de 2 kg - REM (kcal metabolizables/día) = 1.4 (30P<sub>kg</sub>+70).

Gatos los gatos - REM (kcal metabolizables/día) = 1.4 [70(P<sub>kg</sub><sup>0.75</sup>)]

Se puede usar cualquier unidad de energía para determinar la cantidad de alimento para alimentar a un gato, siempre y cuando las necesidades energéticas de dicho animal estén expresadas en la misma unidad. Si los requerimientos energéticos del animal se establecen como energía metabolizable y se reporta la densidad calórica del alimento como energía digestible (ED), el contenido energético de la EM puede ser estimado. Si el alimento contiene 10% de proteína (en una base de materia seca), o menos,



multiplique el valor de la DE por 0.97. Si el alimento contiene 50% de proteína o más (en una base de materia seca), multiplique el valor de la DE por 0.88. Para los alimentos que contienen valores intermedios de proteína, interpole adecuadamente los valores. Mientras mayor sea el contenido de proteína en la dieta, mayor será la diferencia entre sus contenidos de energía digestible y metabolizable. Esto es debido a las pérdidas de energía en la orina como urea (Figura 1). Las pérdidas debidas a la producción de gases en los gatos son mínimas.

**Tabla 5. Contenido energético estimado en los Alimentos para Mascotas\***

Tipo de Alimento	Contenido de Energía Metabolizable (kcal/unidad como se suministra)
Seco	300/taza medidora de 8 onzas
Semihúmedo	110/paquete de 1.5 onzas 250/taza medidora de 8 onzas
Enlatado	400/lata de 14-15 onzas 180/lata de 6-6.5 onzas 85/lata de 3 onzas

\* Estimados hechos de promedios de análisis de laboratorio de 120 alimentos comerciales para mascotas incluyendo marcas genéricas, privadas y marcas populares vendidas en tiendas de abarrotes. Se excluyeron alimentos premium. Nótese que puede existir una variabilidad considerable entre los diferentes productos.

\*\* Una taza con un volumen de 8 onzas contiene de 3 a 3.5 onzas de peso (85 a 100 g) de la mayoría de los alimentos secos o de 3.5 a 5 onzas de peso (100 a 150 g) de alimentos semihúmedos.

Si no se conoce la densidad calórica de un alimento, puede ser calculada usando la siguiente fórmula: densidad calórica = energía aportada por cada nutriente x cantidad de ese nutriente en el alimento. La calorías brutas generadas cuando se oxidan completamente las proteínas, las grasas y los carbohidratos son de 5.65, 9.4 y 4.15 kcal/g, respectivamente. Sin embargo solamente una porción de esos nutrientes energéticos que son digeridos, absorbidos y retenidos, se encuentran disponibles para el metabolismo. Cuando la proteína se usa para la energía, los aminoácidos que la constituyen son desaminados y el amonio se combina con dióxido de carbono en el hígado para formar urea ( $H_2N-CO-NH_2$ ), la cual es excretada en la orina. La urea contiene 5.4 kcal de energía bruta/g. Esto disminuye la energía disponible de las proteínas de 5.65 kcal/g a 4.4 kcal/g<sup>28</sup>. Como se muestra en la Tabla 6, cuando se cuentan las pérdidas energéticas urinarias, la energía metabolizable aportada por cada nutriente energético es la energía bruta disponible de ese nutriente multiplicada por la digestibilidad del nutriente. A menudo



gestibilidad de estos nutrientes no es conocida y se deben hacer estimados de dicha digestibilidad. Cuando la digestibilidad de la proteína es de 91% y la digestibilidad de los carbohidratos solubles es de 80%, estos nutrientes proveen los valores comúnmente usados de 4, 9 y 4 kcal/g, respectivamente. A estos valores se les refiere como los factores Atwater, y son confiables para los objetos de consumo humano<sup>28</sup>. Sin embargo, la digestibilidad de los nutrientes es menor en promedio en los alimentos para mascotas. Esto resulta en factores menores que los Atwater (Tabla 6). Los factores apropiados de digestibilidad deben ser multiplicados por la cantidad del nutriente energético en el alimento para determinar la cantidad de EM suplida por dicho nutriente. La suma de estos productos nos da la densidad energética del alimento. Esto se demuestra en el ejemplo mostrado en la Tabla 7. La única manera precisa de determinar el contenido nutricional de un alimento es mediante análisis de laboratorio

**Tabla 6: Energía disponible de la proteína, la grasa y los carbohidratos solubles**

Especie	Energía Metabolizable (kcal/g)		
	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Carbohidratos Solubles
Todas*	4.4 x digestibilidad*	9.4 x digestibilidad*	4.15 x digestibilidad*
Humanos**	4	9	4
Gatos***	3.9	7.7	3.0
Perros***	3.5	8.7	3.5

El valor más confiable para usar cuando se conoce la digestibilidad del nutriente. Para humanos que consumen dietas específicas y para gatos y perros que consumen una alimento comercial de calidad promedio. Esto incluye formas secas, enlatadas y semihúmedas de alimentos para mascotas. Se provee de más energía con nutrientes de alimentos de mejor calidad y de menos con alimentos de baja calidad.

La forma más confiable de estimar la energía metabolizable disponible para gatos de un alimento para gato de calidad promedio es  $\text{kcal}/100 \text{ g de alimento (como se administra)} = 0.84[(\% \text{ de proteína} \times 4.4) + (\% \text{ de grasa} \times 9.4) + (\% \text{ de carbohidratos solubles} \times 4.15)] - 60$

Algunos fabricantes proveen de información analítica. Si el análisis de algún alimento no está disponible, se puede usar el análisis garantizado, que es requerido como norma en todas las etiquetas de alimentos para mascotas. Sin embargo el análisis garantizado no es el mismo que el análisis actual de un alimento. El análisis garantizado indica simplemente que la dieta contiene al menos o no más que las cantidades expresadas. Además la garantía de etiqueta no está presente. Si el análisis garantizado de la etiqueta se usa para calcular la densidad energética, multiplique la densidad energética resultante por 1.2 para alimentos enlatados y 1.1 para alimentos semihúmedos o secos. Estos factores fueron establecidos de

comparaciones entre densidades calóricas derivadas de análisis garantizados y análisis de laboratorio  
120 diferentes alimentos para mascotas.

**Tabla 7. Ejemplo de cálculo de la densidad calórica de un alimento para gato**

Análisis		Energía Metabolizable.			
Nutriente	%	x	(kcal/g de nutriente)*	=	kcal/100g de alimento
Proteína	30	x	3.9	=	117
Grasa	8	x	7.7	=	61.6
Fibra**	3	x	0	=	0
Humedad	12	x	0	=	0
Cenizas**	9	x	0	=	0
Carbohidratos Solubles***	38	x	3.0	=	114
Total =					292.6
% de calorías de proteína = $117 / 292.6 = 39.98\%$					
$3.998 \text{ kcal/g} \times \text{cantidad de alimento/taza medidora} = \text{kcal/taza medidora}$					

\* De la Tabla 6

\*\* Si no está disponible, se pueden estimar 3% de fibra y 9% de cenizas en los alimentos secos. 1% fibra y 6% de cenizas en alimentos semihúmedos y 1% de fibra y 2.5% de cenizas en los alimentos enlatados.

\*\*\* El porcentaje de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (ELN) generalmente no se menciona pero puede ser calculado restando los porcentajes de proteína, grasa, fibra, humedad y cenizas de 100.

+ Si los porcentajes de nutrientes fueron obtenidos del análisis de la etiqueta, multiplique la densidad calórica de la dieta por 1.2 para alimentos enlatados y por 1.1 para alimentos semihúmedos y alimentos secos. En este ejemplo  $3,998 \times 1.1 = 4397.8 \text{ kcal/100 g}$  de alimento seco.

++ Una taza con un volumen de 8 onzas contiene de 85 a 100 g (3 a 3.5 onzas) de peso de la mayoría de los alimentos secos, o de 100 a 150 g (3.5 a 5 onzas) de alimento semihúmedo. Es más confiable usar el peso promedio de tres tazas medidoras para determinar las kcal/taza.

Estos factores mejoran la eficiencia de una densidad energética calculada a partir de un análisis garantizado, porque los alimentos para mascotas usualmente contienen más proteína y grasa y menos agua, fibra y cenizas que lo que marca la etiqueta. Los ingredientes se enlistan de esta manera para asegurar que el producto alcance la garantía de etiqueta.

**Tabla 8. Ejemplos de Cálculos para calcular la cantidad de alimento que se debe dar**

Requerimientos energéticos								
Animal	Peso	x	REM (kcal/kg/día)	Situación	Necesidad aumentada (factor)	Total de Energía requerida diariamente (kcal/animal/día)	Densidad energética del alimento** (kcal/taza de 6 onzas)	Cantidad de Alimento requerida diariamente
Gato	.3	x	70	Mantenimiento	1	= 210	300 kcal/taza	0.7 de taza
Gatito 4 meses	1.6	x	112***	CreCIMIENTO	1.6	179.2	18 kcal/taza de 6 onzas	1.3 latas

\*Obtenido de la Tabla 4

\*\*Obtenido de la Tabla 6 o 7

\*\*\*Calculado de la Tabla 4



### Estimación de la Cantidad de Alimento

Se requieren de cuatro pasos para calcular la cantidad de alimento requerida

1. Calcular la Tasa Metabólica Basal (REB) para los pacientes hospitalizados y el requerimiento energético de mantenimiento (REM) para los demás

2. Multiplique el REB o el REM por el factor apropiado para determinar el requerimiento energético estimado.

3. Seleccione el alimento a proporcionar y determine su densidad energética.

4. Divida el requerimiento energético estimado entre la densidad energética del alimento para obtener la cantidad diaria de alimento.

Aunque se pueden estimar las cantidades de alimento, la eficiencia en la utilización del alimento pueden variar entre los individuos debido a diferencias en el temperamento, nivel de actividad física, condición corporal, características de aislamiento de la capa de pelo, y diferencias en el medio ambiente externo<sup>29</sup>. Aún cuando las condiciones del ambiente y la actividad física sean similares, existen variables individuales. Varios estudios han aportado datos en la cantidad de energía dietaria consumida por gatos maduros conservados en jaulas o que se alojan en condiciones ambientales similares y manteniendo un peso corporal. Por lo tanto una cantidad calculada de alimento debe considerarse solamente como una estimación y punto de partida, o una cantidad para alimentar durante un período corto de tiempo (algunos días). Empiece con el estimado. Luego ajuste la cantidad a alimentar para producir una condición corporal óptima. La condición óptima se alcanza cuando las costillas no son visibles pero pueden ser sentidas. Los gatos obesos tienden a acumular un exceso de grasa subcutánea y abdominal que es visible a lo largo del abdomen.



### **C) Kuhlman, et al.**

Varios métodos para estimar la EM que han sido publicados sobrestiman la EM dietaria de los alimentos para gato comparada con la EM *In vivo* en un promedio de hasta 24%<sup>30</sup>. Esta gran diferencia ha sido atribuida a la aparente baja digestibilidad de las grasas, proteínas, carbohidratos en estas dietas. A raíz de este hecho se han desarrollado nuevas ecuaciones que pueden ser usadas para predecir la EM de los alimentos basados en los análisis de laboratorio o por resultados en las pruebas de digestibilidad *In vivo*.

Para este estudio se seleccionaron 14 alimentos comerciales secos para gato como representativos de los productos disponibles actualmente en Estados Unidos. Todas estas dietas se venden como completas y balanceadas para el crecimiento, reproducción y para el mantenimiento de los gatos adultos.

**Tabla 9. EM promedio de 14 alimentos comerciales para gato determinada mediante Pruebas de Alimentación *In vivo* y Ecuaciones de Regresión.**

Método	EM Promedio (Rango) (kcal/g)	Diferencia de la EM <i>In vivo</i> (kcal/g)	R <sup>2</sup>	S
<i>In vivo</i>	4.0 (3.4, 4.5)			
Ecuación 1	4.0 (3.4, 4.6)	-0.14, 0.32	0.91	0.14
Ecuación 2	4.0 (3.5, 4.7)	-0.22, 0.23	0.92	0.13
Ecuación 3	4.0 (3.5, 4.7)	-0.21, 0.17	0.90	0.14
Ecuación 4	4.0 (3.5, 4.6)	-0.20, 0.14	0.94	0.12

\*Métodos para determinar la EM: *In vivo*, basada en las pruebas de alimentación; Ec. 1 EM = -1.1 + 1.209 (EB); Ec. 2 EM = 2.766 + 0.075(grasa); Ec. 3 EM = 3.075 + 0.0656(grasa); Ec. 4 EM = 3.79 + 0.046(grasa) - 0.139 (fibra)

Determinación de la EM *In vivo*.

Se utilizaron de 6 a 8 gatos por dieta para determinar los coeficientes de digestibilidad aparente, energía digestible, y el contenido de EM de cada alimento. Los gatos se alojaron individualmente para que realizaron colectas totales de heces y orina. A cada gato se le permitió comer ad libitum 18 horas cada día y se monitoreó el consumo alimenticio. Los gatos consumieron sus respectivas dietas por 14 días y se realizaron colectas de heces y orina durante los últimos 5 días.



partir de los análisis de laboratorio y la información de las etiquetas se utilizaron ecuaciones de regresión para predecir la EM. Se calcularon regresiones de la EM *in vivo* de cada nutriente y todas las posibles combinaciones de dos y tres nutrientes tanto de los resultados analíticos o de las cantidades en las etiquetas

Las dietas utilizadas en este estudio promediaron 31.9% de proteína cruda, 16.5% de grasa, con 4.0 kcal EM por gramo. La digestibilidad total promedió 83.8%

Tabla 10. Contenido Nutricional Promedio y Digestibilidad de 14 Alimentos Secos para Gato

Nutriente	Garantía de la Etiqueta	Análisis de Laboratorio	Digestibilidad
Humedad (%)	11 (10, 12)	8 (7, 10)	N/D
Materia seca (%)	N.D.	92 (90, 93)	84 (75, 88)
Proteína (%)	31 (28, 33)	32 (30, 34)	87 (82, 91)
Grasa (%)	14 (7, 24)	16 (10, 26)	89 (82, 95)
Fibra total (%)	N.D.	6 (5, 8)	41 (34, 50)
Fibra detergente	N.D.	13 (6, 18)	63 (34, 87)
Fibra extra (FDN) (%)	N.D.	24 (8, 33)	98 (92, 100)
Carbón hidrato libre de fibra (%)	N.D.	4.9 (4.4, 5.4)	87 (79, 91)
Proteína neta (ELN)** (%)	N.D.		
Energía bruta (kcal/g)	N.D.		

Promedio (rango)

Calculado como  $EM = 100 - (\text{Humedad} + \text{Proteína} + \text{Grasa} + \text{FDN})$

N.D. = no disponible

Las ecuaciones para predecir la EM se basaron en análisis de laboratorio de las dietas y en los datos reportados en las etiquetas del empaque. Las mejores ecuaciones basadas en análisis de laboratorio tanto para la EM o porcentaje de grasa o extracto etéreo ácido (EEA)

$$EM = -1.911 + 1.209 (EB) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$EM = 2.766 + 0.075 (EEA) \quad \text{Ecuación 2}$$

Las mejores ecuaciones para los datos de las etiquetas se basaron en los porcentajes del contenido de proteína cruda y en la combinación del porcentaje de la grasa y el contenido de fibra:

$$EM = 3.075 + 0.0656 (\text{grasa}) \quad \text{Ecuación 3}$$

$$EM = 3.799 + 0.046 (\text{grasa}) - 0.139 (\text{fibra}) \quad \text{Ecuación 4}$$



La verificación de las ecuaciones usando cuatro alimentos adicionales indicó que las ecuaciones 1-3 eran confiables para predecir la EM *In vivo*. La predicción de la Ecuación 4 subestimó los datos *In vivo* en las dos dietas altas en fibra. Estas dietas aseguraban niveles máximos de fibra de 6% y 8%, que se encuentran fuera de los rangos de niveles de fibra usados para desarrollar esta ecuación.

En las consideraciones finales mencionaremos que los gatos metabolizan de diferente manera la proteína respecto a otras especies y aparentemente son más eficientes para utilizar la energía a partir de los aminoácidos. Nuestros datos indican que el gato es capaz de utilizar 4.74 kcal/g de proteína cruda digerible en lugar de 4.4 kcal/g.

Como conclusión tenemos que la ecuación  $EM = 3.075 + 0.66$  (grasa) usando el porcentaje de grasa mínima que viene en la etiqueta, es la que mejor predice el contenido de EM.

**Tabla 11. Resultados de la Prueba de Validación Comparando la EM del Contenido de cuatro alimentos secos para gato, determinado por pruebas de alimentación *In vivo* y ecuaciones de regresión predictivas**

Método*	Energía Metabolizable del Alimento para Gato (kcal/g)				
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Promedio
<i>In vivo</i>	3.5	3.7	3.9	4.5	3.9
Ecuación 1	3.6	3.7	4.1	4.5	4.0
% de diferencia	4.7	0.3	3.3	-0.8	-1.9
Ecuación 2	3.6	3.7	3.9	4.3	3.9
% de diferencia	2.2	0.8	-1.4	-3.6	-0.5
Ecuación 3	3.5	3.6	3.9	4.4	3.8
% de diferencia	-0.3	-2.4	-1.8	-2.5	-1.8
Ecuación 4	3.0	3.5	3.5	4.3	3.6
% de diferencia	-14.9	-4.0	-10.5	-4.4	-8.5

\*Métodos para determinar la EM: *In vivo*, basado en pruebas de alimentación; Ec. 1  $EM = -1.911 + 1.2$  (EB); Ec. 2  $EM = 2.766 + 0.075$  (EEA); Ec. 3  $EM = 3.075 + 0.0656$  (grasa); Ec. 4  $EM = 3.799 + 0.0$  (grasa) - 0.139 (fibra)

#### d) Varas, L.

En el caso del gato, saber calcular de una forma teórica la ración diaria que necesita de un determinado alimento resulta algo menos útil que en el perro dado que se trata de una especie que con frecuencia es alimentada *ad libitum* por su capacidad natural de autorregular su ingesta en función de sus necesidades energéticas.



obstante, resulta de utilidad para:

establecer la ración diaria correcta en determinados gatos que tienden a la obesidad por fallar en su proceso de autorregulación (gatos castrados, sedentarios, "tragones", etc.)

comparar el gasto diario que puede suponer para un propietario alimentar a su gato con diferentes productos en función del precio de éstos y de la ración diaria que precisaría con cada uno de ellos.

En general, para tener la seguridad de que el gato está ingiriendo la cantidad de alimento que necesita para cubrir correctamente todas sus necesidades nutricionales

Para hacer el racionamiento práctico de un gato utilizaremos la fórmula

Requerimiento Energético de Mantenimiento (REM)

$$= 98 \text{ kcal} \times \text{Peso Metabólico} = 98 \text{ kcal} \times \text{Peso Vivo}^{0.75}$$

Sin embargo, en el caso del gato, por ser una especie con poca variación de peso corporal entre los más ligeros y los más pesados, podemos hacer este cálculo utilizando directamente el peso vivo (no el peso metabólico), lógicamente con un coeficiente de necesidad energética distinto.

$$\text{Necesidades EM mantenimiento} = 75 \text{ kcal} \times \text{PV}$$

En la continuación realizaremos un ejemplo práctico para calcular la ración diaria de un gato adulto en mantenimiento de 4 kg de peso vivo, con un alimento de alta digestibilidad (recordando que para los alimentos de alta digestibilidad se proponen coeficientes de 4, 9 y 4 kcal/g para las proteínas, grasas y carbohidratos, respectivamente; mientras que para los alimentos de digestibilidad estándar los valores propuestos son de 3.5, 8.5 y 3.5 kcal/g), con el siguiente análisis



- Humedad = 10%
- Proteína = 32%
- Grasa = 13%
- Fibra = 2.5%
- Cenizas (minerales) = 6.5%
- \*E.L.N. (carbohidratos) =  $100 - (10 + 32 + 13 + 2.5 + 6.5) = 36\%$

La EM/kg será:

$$\% \text{ proteína} \times 4 = 32 \times 4 = 128$$

$$\% \text{ grasa} \times 9 = 9 \times 13 = 117$$

$$\% \text{ ELN} \times 4 = 36 \times 4 = 144$$

Necesidades diarias de EM para mantenimiento

$$75 \times \text{PV} = 75 \times 4 = 300 \text{ kcal/día}$$

Ración diaria:

$$300/3.890 = 0.08 \text{ kg/día} = 80 \text{ g/día}$$

Para estados fisiológicos distintos del mantenimiento estricto, los coeficientes serán diferentes para calcular las necesidades diarias de EM:

- Mantenimiento en gato sedentario o castrado = 65 kcal x PV
- Mantenimiento en gato activo o cazador = 85 kcal x PV
- Gata al final de la gestación = 100 kcal x PV



- Crecimiento 2 meses = 260 kcal x PV; 3 meses = 200 kcal x PV, 4 meses = 150 kcal x PV; 9 meses = 100 kcal x PV ; 1 año = 75 kcal x PV (mantenimiento).

Los requerimientos energéticos individuales de los animales de compañía son dependientes de ciertos factores tales como tamaño corporal, composición corporal, grado de ejercicio, estado fisiológico y temperatura ambiente<sup>31</sup>. Todos estos factores se deben considerar cuando se desarrolla una guía práctica de alimentación, pues una falla podría llevar a una sub- o sobrealimentación que pudiera ser condicionante para la salud. Mientras menor es el peso corporal, mayor será el requerimiento energético de mantenimiento. Los requerimientos energéticos de los gatos y las aves pueden ser calculados de una relación lineal, pues no se usan consideraciones alométricas exactas para ajustar los requerimientos energéticos, las cuales no son importantes para el tamaño (Kendall, *et al.*, 1983). El rango de EM diaria para gatos adultos en un rango entre 2.5 a 6.5 es de 294 a 378 kJ/kg de peso corporal (N.R.C., 1986).

Tabla 12. Requerimientos energéticos de mantenimientos diarios de animales adultos en un rango de pesos corporales estables (PC)

Especie	kJ/kg PC	Rango de PC (kg) de los animales estudiados
Budgerigar*	1179 - 3023	0.03 - 0.08
Gato*	294 - 378	2.5 - 6.5
Pero*	525 (PC) <sup>0.75</sup>	5.5 - 54.0

Earle y Clarke (1991)

N.R.C. (1986)

Kienzle y Ranbird (1991)

El nivel de actividad del animal debe ser considerado cuando se escoge el correcto régimen alimenticio para un animal adulto, pues esto puede tener un efecto significativo en el efecto de las necesidades energéticas. Los datos de gatos adultos promedio sugieren un REM de 290 a 389 kJ/kg de Pc, basados en las tablas del N.R.C. de 1986. Datos de gatos inactivos en el Centro de Investigaciones Waltham<sup>32</sup> mostraron que el rango puede ser menor al anterior, quedando entre 162 a 278 kJ/kg de PC. Estos datos son de gran interés para veterinarios y propietarios pues los gatos adultos inactivos u hospitalizados requerirán menos energía para mantener su peso corporal. Para un gato de 5.5 kg esto puede representar una disminución en el consumo energético de 1600 kJ/día (basados en el N.R.C. de gatos de 1986) a 1032 kJ/día para mantener el peso corporal. En términos reales esto es la diferencia entre alimentar a



un gato con 1.25 latas (400 g) por día cuando tiene actividad y una lata por día cuando está inactivo (asumiendo una densidad energética del alimento de 2.9 kJ/kg). Una continua sobrealimentación del gato con más de una lata por día puede resultar en un incremento en el peso corporal y en períodos largos dará por resultado obesidad, pues el gato está ingiriendo 36 por ciento más energía de la que necesita. También se debe considerar cualquier comida que se le da a los gatos además de su alimento, por ejemplo la leche (contiene de 140 a 300 kJ/100 ml). Si un gato recibe un tazón de leche (60 a 100 ml/día) esto puede reducir la energía requerida de otros alimentos. Los gatos que tienen acceso a los exteriores pueden cazar y comer presas como parte de su dieta diaria. Hay pocos datos disponibles sobre el contenido energético de pequeños roedores y aves, por lo que es difícil contabilizar esto en su ración diaria. El análisis de un cadáver entero y fresco de roedor reveló un contenido energético de 27.7 kJ/g. Asumiendo que un ratón pesa 25 g y sólo el 50% del animal es completamente digestible, esto corresponde a un consumo de casi 346 kJ por animal o 20% del requerimiento energético de un gato de 5.5 kg.

### Estado Fisiológico

Habiendo establecido el criterio para alimentar a los animales adultos o inactivos el siguiente factor a considerar es el estado fisiológico. Los animales jóvenes de todas las especies demandan de un mayor requerimiento energético para permitir el crecimiento y desarrollo.

Al nacer, los gatitos pesan entre 85 y 120 g, dependiendo de la raza de gato, tamaño de camada, peso de la gata y adecuación de la dieta. En el Centro de Investigaciones Waltham se midieron los consumos de los gatitos predestetados<sup>34</sup>. Durante las primeras 3 a 4 semanas, los gatitos son completamente dependientes de la leche materna y por lo tanto ella debe recibir un alimento de buena calidad. A las cuatro semanas de edad los gatitos comen sólo alrededor de 10g de alimento por día (equivalentes a 85 a 165 kJ/kg de peso corporal). Este aumenta a 15 a 18 g/día (190 a 335 kJ/kg de PC) a las cinco semanas y a la semana 8 ya han sido destetados completamente con alimento sólido.



Tabla 13. Requerimiento de energía metabolizable promedio de gatitos y cantidades necesarias de alimento para cubrirlos.

Edad (semanas)	Peso (kg)	Requerimiento energético (kJ/kg PC)	Requerimiento energético total (kJ)	Consumo de alimento enlatado g(latas)	Consumo de alimento seco (g)
8	0.8	924	739	205 (1)	50
12	1.3	840	1092	303 (1.5)	74
18	2.0	588	1176	327 (1.75)	80
25	2.8	420	1176	327 (1.75)	80
40	3.3	378	1247	346 (2)	85

La densidad energética de los alimentos para gatitos variará dependiendo de la receta. Para propósito de esta tabla se asumieron densidades energéticas de 3.6 kJ/g para el alimento enlatado (400 g/lata), completo 14.7 kJ/g, seco 13.5 kJ/g

En el caso de las hembras es indispensable una buena nutrición para permitir el desarrollo del feto y del tejido mamario. En las gatas el trimestre final es el más demandante nutricionalmente hablando. Los requerimientos pueden incrementar de 294 - 328 kJ/kg hasta 420 - 470 kJ/kg de peso corporal. Adicionalmente, la hembra requerirá más energía en la lactancia que para el mantenimiento de adulto. Sumando una densidad de 3.6 kJ/kg en el alimento suministrado una gata requerirá 900 g de alimento para mantener una lactación, comparados con los 325 de antes de la gestación.

Tabla 14. Ecuaciones para calcular la densidad energética en los alimentos de diferentes especies

especie	Tipo de Alimento	Ecuación
humano*	Todos	$P \times 4.0 + G \times 9.0 + C \times 3.75$
gato*	Enlatado	$P \times 3.9 + G \times 7.7 + C \times 3.0$
	Seco	$(P \times 5.65 + G \times 9.4 + C \times 4.15) \times 0.99 - 126$
	Semihúmedo	$P \times 3.7 + G \times 8.8 + C \times 3.3$
perro**	Todos	$P \times 3.5 + G \times 8.5 + C \times 3.5$

Proteína g/100 g de alimento  
 Grasa g/100 g de alimento  
 Carbohidratos (calculados por diferencia) g/100 g de alimento  
 Kendall y otros (1985)  
 Kendall y otros (1982)  
 McCance y Widdowson (1991)

### Burger, J.

Burger realizó una comparación entre alimentos enlatados de gato para calcular la energía, utilizando varios métodos. Los factores Atwater sobrestiman la EM así que esto sobrepasa a la energía digestible. Estos factores son visiblemente inapropiados para los alimentos para mascotas.



**Tabla 15. Factores de conversión energética para alimentos comerciales de gatos.\***

Nutriente	Tipo de Alimento*		
	Enlatado	Semihúmedo	Seco
Proteína	16.3	15.5	23.4
Grasa	32.2	36.8	38.9
Carbohidrato	12.6	13.8	17.2
Constante	-0.21		-5.27

\* Todos los valores en kJ/kg

\* De N.R.C. (1986)

Se incluyen los factores del N.R.C. para perros pues estos mismos son los recomendados para calcular EM en los alimentos para gatos por la AAFCO en su publicación de 1994. El valor de 0.97 DE dado este método puede ser un poco alto. Quizás los estimados más razonables son los dados por la ecuación del N.R.C. para gatos o el método para corrección de la AAFCO de la ED, permitiendo una pérdida energética en la orina por el contenido de proteína dietaria digerible. Se sugieren factores de 3.69 kJ/g proteína para los alimentos de gato.

**Tabla 16. Comparaciones de medidas in vivo y calculadas para alimentos enlatados de gatos<sup>1</sup>**

Método	kJ/100 g	% DE
Energía digerible ( <i>in vivo</i> )	391 ± 113	
Energía metabolizable (calculado)		
<sup>2</sup> Factores Atwater	415 ± 110	106
<sup>3</sup> Factores NRC - perros	379 ± 92.5	97
<sup>3</sup> Factores NRC - gatos	352 ± 89.6	90
<sup>4</sup> AAFCO (DE + corrección)	361 ± 106	92

<sup>1</sup>Los valores son promedios ± desviación estándar; n = 42

<sup>2</sup>Proteína x 16.7; grasa x 37.7; carbohidratos x 15.7

<sup>3</sup>Ver Tabla X (anterior)

<sup>4</sup>De AAFCO 1994

Los gatos adultos no obesos, varían en un peso corporal de entre 2.5 a 5.5 kg, así es que generalmente se asume una relación lineal con el requerimiento energético. El N.R.C. (1986) recomendó un requerimiento energético diario de 290 - 380 kJ/kg para gatos adultos. Sin embargo Earle y Smith reportaron que los gatos requerían una cantidad menor (162 a 278 kJ/kg) para mantener su peso corporal. Pero más importante, encontraron que el consumo energético disminuía mientras los gatos crecían, que hay una respuesta alométrica en estos animales. La relación dada entre DE y peso corporal (PC)

$$ED = 571PC^{0.404} \text{ kJ/día}$$



Una explicación simple es que los gatos más grandes son más flojos que los pequeños y por lo tanto requerían o no de muy poca comida más. En cualquier evento, estas observaciones tienen implicaciones para la correcta evaluación del consumo alimenticio, especialmente para gatos grandes.

#### g) Flynn, Hardie y Armstrong

En estudios realizados para determinar el efecto de la ovariectomía en el requerimiento energético de gatos, se llegó a la conclusión de que la alimentación a libre acceso en animales castrados o esterilizados es inadmisibles y debe ser monitoreado cuidadosamente el consumo de alimento para prevenir una ganancia de peso excesiva.

Se ha desatado un debate en torno a la adecuación de las ecuaciones usadas para estimar el requerimiento energético de mantenimiento en pequeños mamíferos enjaulados. Se ha utilizado una ecuación que estima el REM e incorpora una aproximación lineal del requerimiento energético de reposo (RED), multiplicado por algún factor que represente el nivel de actividad.

$$\text{REM} = \text{factor (RED)} = \text{factor} \times (30 \times \text{PC} + 70)$$

Donde PC se mide en kilogramos. RED es el gasto energético de un animal en reposo en un ambiente termoneutral en un estado postabsorción e incluye la energía gastada para la recuperación de la actividad física previa<sup>35</sup>. Los factores recomendados para multiplicar al RED incluyen 1.25<sup>36</sup>, 1.4<sup>37,38,39</sup> y 1.5<sup>40,41</sup>.

#### h) Burkholder

El apoyo nutricional para los gatos que son pacientes a menudo se marca como un principio terapéutico digno de atención y consideración. La mayoría de los animales enfermos no requiere atención crítica a la cantidad de alimento o perfil nutricional de la dieta, sin embargo la cantidad de alimento podría esperarse



como un componente de la rutina del cuidado total del paciente hospitalizado. Se necesita de un estimado de los requerimientos nutricionales de los gatos para determinar la cantidad mínima de alimento que debe consumir para cubrir sus requerimientos. Los requerimientos energéticos de mantenimiento en los gatos pueden ser estimados multiplicando el peso corporal (en kilogramos) por 70. En algunos gatos adultos, este factor puede ser tan bajo como 50 o tan alto como 80, en vez de 70<sup>10</sup>. Las ecuaciones lineares funcionan bien para los gatos pues el rango de peso corporal normal es menor que en los perros. Dividiendo el REM estimado como  $70(PC_{kg})$ , entre 1.4 nos da  $50(PC_{kg})$  como un estimado del requerimiento energético de descanso (RED). Este valor es también el extremo inferior del rango de estimados para el REM en gatos. Estimados similares de RED se obtienen usando  $50(PC_{kg})$  o  $70(PC_{kg})^{0.75}$  para gatos que pesan entre 2.3 y 5 kg. Para más de 5 kg, el uso de  $50(PC_{kg})$  nos da valores mayores progresivamente como  $70(PC_{kg})^{0.75}$  como incrementos de peso corporal.

**Tabla 17. Cantidades de formulaciones de mantenimiento teóricas para suministrar y alcanzar el RED y el REM en gatos.**

Peso corporal (kg)	Latas a suministrar <sup>a</sup>		Tazas a suministrar <sup>b</sup>	
	RED <sup>c</sup>	REM <sup>d</sup>	RED	REM
1.8	0.5	0.66	0.25	0.33
2.7	0.66	1	0.33	0.5
3.6	0.75	1.25	0.5	0.75
4.5	1	1.5	0.66	1
5.4	1.25	1.75	0.75	1.25
6.3	1.33	2	0.75	1.25
7.3	1.5	2.33	1	1.5
8.2	1.66	2.75	1	1.66
9.1	1.75	3	1.25	1.75

<sup>a</sup>Una lata de 6 onzas contiene 210 kcal de EM. <sup>b</sup>350 kcal de energía metabolizable/8 onzas de volumen.

<sup>c</sup>RED =  $50(PC_{kg})$ , <sup>d</sup>REM =  $70(PC_{kg})$

Los productos deben ser sustentados por protocolos de alimentación de la AAFCO para cubrir los requerimientos de mantenimiento de gatos adultos.

### **1) Kendall, Smith y Holme**

Es un aspecto que no debe pasar por alto la existencia de factores que afectan la digestibilidad y contenido energético *in vivo* en los alimentos comerciales para gatos. En este estudio se determinó digestibilidad aparente y el contenido de energía digestible de 43 muestras de alimentos enlatados y 28



alimentos secos, utilizando grupos de 6 gatos domésticos adultos. También se midió el contenido de energía metabolizable con 22 de los alimentos enlatados y con 14 de los secos. Los valores promedio de digestibilidad de la proteína cruda aparente, el extracto etéreo ácido y el extracto libre de nitrógeno de todos los alimentos (N = 71) fueron de 78, 77 y 69

Los porcentajes de digestibilidad de la proteína cruda aparente y del extracto etéreo ácido incrementaron de manera curvilínea con el consumo; dichas variaciones en la digestibilidad de 50 y 24 por ciento, se explican con curvas de regresión logarítmica.

El uso de los factores modificados Atwater sobrestimó el contenido de EM de los alimentos enlatados y secos por 21% y 27%, respectivamente, comparándolos con los valores *in vitro* obtenidos. A raíz de este fenómeno se generaron veintidós ecuaciones de regresión simples o múltiples para predecir el contenido *in vivo* de ED o EM a partir de los análisis de laboratorio

El cálculo de los porcentajes de digestibilidad aparente de cada alimento se realizó de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de digestibilidad aparente} = \frac{\text{nutriente en el alimento} - \text{nutriente en heces}}{\text{nutriente en el alimento}} \times 100$$

Las fórmulas para calcular la ED y la EM son las siguientes:

$$\text{ED} = \text{Energía Bruta del Alimento} - \text{Energía Bruta de Heces}$$

$$\text{EM} = \text{Energía Bruta} - \text{Energía Bruta de Heces} - \text{Energía Bruta de Orina}$$



## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Cowgill, G.R.: The energy factor in relation to food intake: experiments on the dog. Am. J. Physiol., 85: 45 - 64 (1928).
- 2.- Durrer, J.L.; Hannon, J.P. Seasona variations in caloric intake of dogs living in an arctic environment. Am J Physiol, 202: 375 - 384 (1962).
- 3.- Romsos D R., Hornshus, M.J y Leveille, G.A.: Influence of dietary fat and carbohydrate on food intake, body weight and body fat of adult dogs Pro Soc Exp Bio Med. 157: 278 - 281 (1978)
- 4 - Romsos, D R., Belo, P S y Bennink, M.R: Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite leves in the dog. J Nut. 106. 1452 - 1464 (1976).
- 5- Edney, A.T.B. y Smith, A.M.: Study of obesity indogs visiting veterinary practices in the United Kingdom Vet Rec. 118: 391 - 396 (1986).
- 6.- NRC. Nutrient requirements of dogs. National Academy of Sciences, National Academy Press Washington, DC, 1985.
- 7 - Harns, L E.: Biological energy interrelationships and glosary of energy terms National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington, DC, 1966
- 8 - Kendall, P.T.; Burger, I.H.; Smith, P.M.: *Methods of estimation of the metabolizable energy content cat foods.* Fel Pract 21: 16 - 20 (1993).



- 9 - Kuhiman, G.; Laflamme, D.P.; Ballam, J.M.: A simple method for estimating the metabolizable energy content of cat foods. Fel Pract, 21 : 16 - 20 (1993).
- 10 - NRC Nutrient requirements of cats. National Academy of Sciences, National Academy Press. Washington, DC, 1986.
- 11.- Hedhammer, A Nutrition as it relates to skeletal disease Proceedings of the Kal Kan Symposium. Columbus, Ohio, 1980.
- 12.- Hedhammer, A.; Wu, F.M.; Krook, L. Overnutrition and skeletal disease: an experimental study in growing Great Dane dogs Cornell Vet 64, 1 - 160 (1974).
- 13.- Kasstrom, H.: Nutrition, weight gain and development of hip dysplasia. Acta Radiol, 344: 135 - 179 (1975)
- 14.- Lust, G.; Geary, J.C ; Sheffy, B.E.. Development of hip dysplasia in dogs Am J Vet Res, 34: 87 - 91 (1973)
- 15.- Bjontorp, P., The role of adipose tissue in human obesity. In Greenwood, M.R.C. (ed) Obesity: contemporary issues in clinical nutrition Churchill Livingstone, New York, 1983
- 16.- Bjontorp, P.; Sjoström, L. Number and size of fat cells in relation to metabolism in human obesity. Metabolism, 20: 703 - 706 (1971).
- 17.- Kleiber, M.: Food as fuel. In the Fire of Life. Publisher, Robert E. Krieger Publishing Co., Huntington, 1975



- 18.- Kleiber, M.: Energetic efficiency for animal production. In the *Fire of Life*. Krieger Publishing Co., Huntington, 1975.
- 19.- Morrison, F.B.: Maintaining farm animals. In *Feeds and Feeding*. The Morrison Publishing Co., Ithaca, 1957.
- 20.- Kendall, P.T.; Blaza, S.E.; Smith, P.M.: Comparative digestible energy requirements of adult beagles and domestic cats for body weight maintenance. J Nutr, 113: 1946 - 1955 (1983).
- 21.- Prescott, C.W.; Feeding the cat. The University of Sydney Postgraduate Committee in Veterinary Science. Refresher Course on Cats. N.S.W., Sydney, 1981.
- 22.- Anderson, B.E.: Temperature regulation and environmental physiology. In *Dukes Physiology of Domestic Animals*. Cornell University Press, Ithaca, 1984.
- 23.- Owen, L.N.: Cancer Chemotherapy and immuthery. In *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. W.B Saunders Co., 1983.
- 24 - Kleiber, M.: Body size and metabolic rate. In the *Fire of Life*. Robert E. Krieger Publishing Co., Huntington, 1975.
- 25.- Carpenter, T.M.: The effects of sugars on the respiratory exchange of cats J Nutr, 28 . 315 - 323 (1944).
- 26.- Hand, M.S., Crane, S.W.; Buffington, C.A.: Surgical nutrition. In manual os Small Animal Surgical Therapeutics. Churchill Livingstone, New York, (1986).



- 27.- Kinney, J.M. Energy metabolism. In Surgical Nutrition. Little, Brown and Company, Boston, 1983.
- 28.- Goranzon, H., Forsum, E ; Thilen, M · Calculation and determination of metabolizable energy in mixed diets to humans Amer J Clin Nutr, 1983
- 29 - NRC. Nutrient Requirements of Dogs. National Academy of Sciences, Washington, DC, 1974.
- 30.- Kendall, P.T, Smith, P.M.; Holme, D.W · Factors Affecting Digestibility and In Vivo Energy Content on Cat Foods. J Small Anim Pract, 23: 538 - 554, 1982
- 31.- Rainbird, A.L. Feeding throughout life. In. The Waltham Book of Dog and Cat Nutrition Pergamon Press, Oxford, 1988.
- 32.- Earle, K.E ; Smith, P.M · The digestible energy requirements of adult cats at maintenance. Journal of Nutrition, 121: S186 - S 192 (1991).
- 33.- Vondruska, J.F : The effect of a rat carcass diet on the urinary pH of the cat Companion Animal Practice, 1: 5 - 9 (1987)
- 34 - Munday, H.S ; Earle, K.E.. Energy requirements of the queen during lactation and kittens from birth to twelve weeks Journal of Nutrition, 121. S43 - S44 (1991)
- 35 - Armstrong, P.J., Hands, M.S , Frederick, G.S · Enteral nutrition by tube. Vet Clin North Am Small Anim Prac, 20: 237 - 275 (1990)
- 36.- Wheeler, S.L.; McGuire, B.H. Enteral nutritional support In Kirk R.W., Current veterinary therapy X. WB Saunders Co, Philadelphia, 1989.



- 37.- Lewis, L.D.; Morris, M.L.; Hand, M.S.: Nutrients. In: *Small animal clinical nutrition*. Mark Morris Associates, Topeka, 1987.
- 38.- Armstrong, P.J.; Lippert, A.C.: Selected aspects of enteral an parenteral nutritional support. Semin Vet Med Surg, 3: 216 - 226 (1988).
- 39.- Lippert, A.C.; Faulkner, J.E.; Evans, A.T.: Total parenteral nutrition in clinically normal cats. J Am Vet Med Assoc, 194: 669 - 676 (1989).
- 40.- Remillard, R.L.; Thatcher, C.D.: Parenteral nutritional support in the small animal patient. Vet Clin North Am Small Anim Prac, 19: 1287 - 1306 (1989).
- 41.- McDonald, M.L.; Rogers, Q.R.; Morris, J.G.: Nutrition of the domestic cat, a mammalian carnivore. Annu Rev Nutr, 4: 521 - 562 (1984).

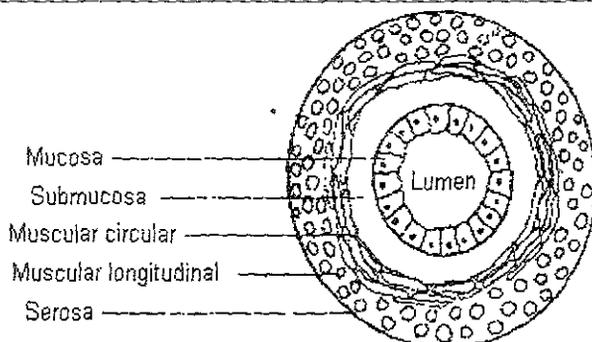


## ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL TRACTO DIGESTIVO

El tracto digestivo puede ser descrito como un tubo irregular que empieza en la boca y termina en el ano. A lo largo de su estructura tiene varias modificaciones que permiten que los nutrientes ingeridos puedan ser procesados y utilizados.

La superficie interna del tracto digestivo, llamada mucosa, está compuesta de células epiteliales y células secretoras de moco. Las modificaciones de la mucosa ocurren en diferentes lugares, como en el estómago y el intestino, para poder realizar funciones específicas. La estructura faltante de la pared intestinal es similar a lo largo del tracto digestivo. La capa submucosa está inmediatamente abajo de la mucosa y es rica en vasos sanguíneos y nervios. También está rodeada por una capa muscular difusa compuesta de una capa circular interna y una longitudinal externa. Todo el intestino está rodeado por una capa delgada de células epiteliales llamada serosa<sup>1</sup> (Figura 1).

Figura 1.

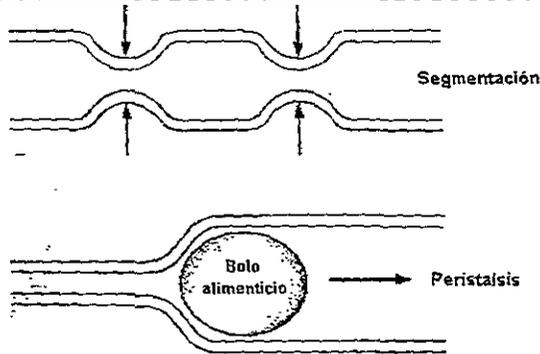


Sección a través de una sección de intestino delgado mostrando las capas de tejidos presentes



En lugares específicos las fibras musculares circulares se adelgazan formando esfínteres que actúan como puertas y controlan el movimiento de la ingesta a lo largo del tracto digestivo. Las fibras musculares del tracto digestivo producen dos diferentes tipos de contracciones llamadas contracciones segmentadas y contracciones peristálticas (Figura 2).

Figura 2.



Las dos formas de motilidad intestinal observadas en el gato

Las contracciones segmentadas o de segmentación son un tipo de contracción asociadas con el tracto digestivo e involucran contracciones y relajación alternadas de segmentos vecinos del intestino. El propósito de esto es asegurar la eficiencia de la digestión y la absorción a través del mezclado del contenido intestinal. La segmentación no está asociada con movimientos de la ingesta a lo largo del intestino

La peristalsis es la contracción de las fibras musculares atrás del bolo alimenticio junto con la relajación de las fibras musculares que se encuentran enfrente de éste. Este tipo de contracción no mezcla la ingesta pero está diseñada para transportarlo de una parte del tracto digestivo a otra. El tracto digestivo puede ser dividido en las siguientes regiones: cavidad oral, faringe, esófago, estómago, intestino delgado

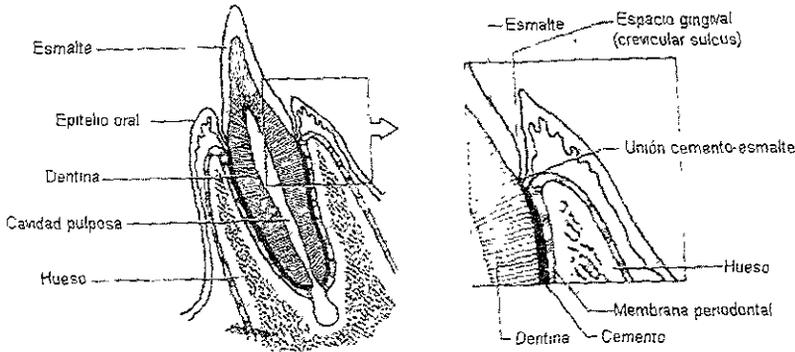
intestino grueso, recto y ano. El páncreas y el hígado son órganos importantes asociados con el tracto digestivo

## CAVIDAD ORAL

La cavidad oral está limitada por los labios o carrillos, las mejillas, el paladar duro y la lengua. Toda su superficie está cubierta por una membrana mucosa excepto en los alveolos dentales. Los labios y las mejillas están diseñadas para asistir en la retención del alimento dentro de la boca. La lengua tiene varias funciones que incluyen. participación en el proceso de tragar el alimento, formación de una "cuchara" que permita el beber los líquidos y la provisión de las papilas gustativas.

Los dientes en los gatos están diseñados para morder, desgarrar y cortar el alimento más que para masticarlo. Por consecuencia, el alimento es tragado con frecuencia en trozos que son homogeneizados después por las contracciones gástricas. Los dientes están compuestos por una capa externa de barniz que rodea la dentina y la cavidad pulposa interna (Figura 3)

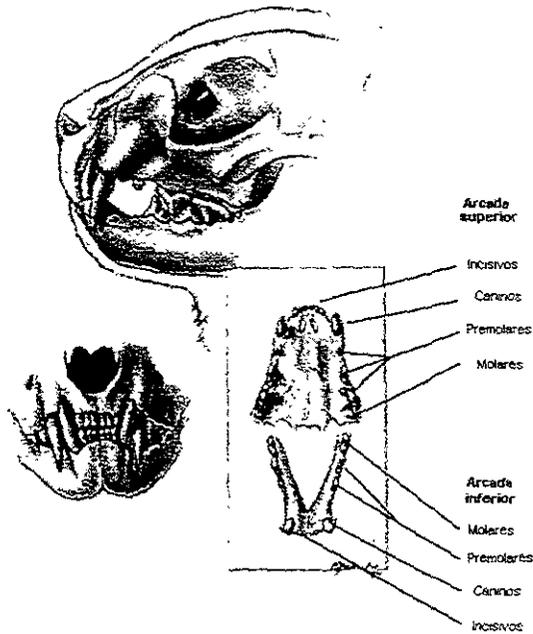
Figura 3



Los incisivos, los caninos, los premolares y los molares están presentes en los animales adultos. Los gatos nacen y desarrollan los dientes deciduos o temporales que luego son reemplazados con los dientes permanentes a partir de entre los 4 meses de edad. La fórmula dental se ilustra en la Tabla 1.

**Tabla 1. Fórmula dental en los gatos (Simpson y Else, 1991)**

		Incisivos	Caninos	Premolares	Molares
Dentadura temporal	Arcada superior	3	1	3	-
	Arcada inferior	3	1	2	-
Dentadura permanente	Arcada superior	3	1	3	1
	Arcada inferior	3	1	3	1



Varias pares de glándulas salivares (glándulas tubuloacinares compuestas) tienen ductos que drenan directamente en la cavidad oral. Los nombres de las glándulas salivares se relacionan con su localización e incluyen a las parótidas, mandibulares, sublinguales y zigomáticas. La secreción producida por las glándulas salivares es alcalina, rica en bicarbonato, pero no contiene enzimas. No hay evidencia de que la saliva realice una digestión enzimática <sup>2</sup> y el principal papel en el gato es el de lubricar la comida. Las fallas para producir saliva dan por resultado dificultad para tragar el alimento y éste puede ser retenido en la faringe o el esófago.

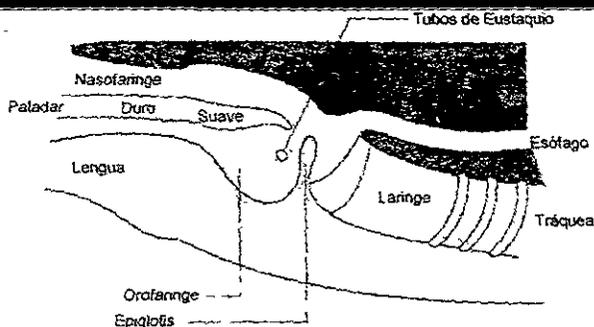
Existen estudios donde se examinaron las mandíbulas de varios gatos con una técnica de rayos X de alta resolución y fue posible demostrar diferentes etapas de osteogénesis y maduración ósea en relación con la etapa de desarrollo de los gatos. Los gatos que crecieron bajo condiciones de alimentación natural mostraban una construcción de la estructura ósea influenciada por los cambios en las fuerzas de masticación.

Los gatos alimentados exclusivamente con alimentos comerciales húmedos mostraban una estructura ósea más esponjosa, debida posiblemente a una pequeña resistencia al masticado de la dieta <sup>3</sup>.

## FARINGE

La faringe es una estructura compleja que forma una comunicación entre la cavidad oral, el esófago, los pasajes nasales y los pulmones. Las siguientes seis estructuras tienen abertura en la faringe: orofaringe, nasofaringe, dos tubas de Eustaquio, la tráquea y el esófago (Figura 5). Como otras partes del tracto digestivo, la faringe está cubierta por la membrana mucosa y tiene músculos poderosos en las paredes laterales.

Figura 5.



Disposición anatómica de la faringe, que es importante en relación con el proceso de deglución.

## ESÓFAGO

El esófago es un tubo muscular simple que transporta el alimento de la faringe al estómago. La capa muscular está altamente desarrollada y está compuesta por músculo liso en su tercio caudal en el gato. El esfínter cricofaríngeo en el extremo craneal del esófago le permite al alimento entrar a la faringe. En el extremo caudal del esófago no hay un esfínter verdadero, pero hay una zona de alta presión llamada cardias y que ayuda a reducir el reflujo del contenido gástrico. Cuando se vacía el esófago, permanece como un tubo colapsado con pliegues longitudinales. El esófago caudal en los gatos tiene una apariencia de hueso de arenque debido a las fibras elásticas que dan por resultado un plegamiento pronunciado de la mucosa. La mucosa contiene muchas células globosas que secretan grandes cantidades de moco para ayudar en la lubricación del alimento durante su ingesta.

## DEGLUCIÓN

La deglución es un proceso complejo que se basa en inervación sensitiva y motriz suplida por varios nervios craneales. El proceso de deglución está dividido en tres etapas. La primera etapa es voluntaria mientras que las otras dos son involuntarias. Los problemas con la deglución son comunes generalmente se deben a una inervación defectuosa que da por resultado incoordinación en el proces

Cuando esto ocurre el animal puede perder una cantidad considerable de peso corporal por la incapacidad para ingerir una cantidad adecuada de alimento y a menudo puede aspirar el alimento provocando así una neumonía por aspiración.

La deglución se inicia con la formación de un bolo alimenticio dentro de la boca. Este es empujado contra el paladar duro por la lengua y luego es proyectado caudalmente a la faringe. Los receptores sensibles en la faringe inician la segunda etapa de la deglución al detectar el bolo, y por un reflejo cierran la faringofaringe por un movimiento ascendente del paladar suave, cerrando las tubas de Eustaquio y sellando la laringe con la epiglotis. Los músculos faríngeos se contraen mientras que el esfínter faringofaríngeo se relaja, forzando al bolo dentro del esófago. La última etapa involucra a la detección del bolo alimenticio en el esófago craneal. Esto produce una contracción peristáltica primaria moviendo al bolo hacia abajo del esófago, hacia el estómago. Una segunda onda peristáltica ocurre a menudo para asegurar que el esófago ha sido vaciado de alimento.

Durante la alimentación, el alimento sólido en la boca se mueve hacia la faringe durante los ciclos de transportación, pero no lo hace en los ciclos de masticación. En el gato hay dos tipos de ciclos en la mandíbula y el movimiento del hueso hioides, pero todavía no se sabe si hay o cuáles son las diferencias en el movimiento de la lengua. Existen estudios que cuantifican los movimientos de la lengua en diferentes tipos de ciclos. Se colocaban marcadores radio opacos en la línea media de la lengua del gato cuando los gatos comen alimento sólido, los movimientos del marcador (vistos en el plano sagital) fueron registrados por cine - radiografía. El movimiento de la lengua, relacionado con el paladar, fue dividido en tres componentes que se derivaban de: a) movimiento de la mandíbula, b) movimiento del hioides, c) movimiento propio producido dentro del cuerpo de la lengua. Las diferencias en el movimiento de la mandíbula entre los ciclos de transporte y masticación produjeron algunas diferencias en el movimiento de la lengua respecto al paladar, pero las diferencias en los movimientos producidos propiamente en la lengua fueron de mayor significado. Los ciclos de transportación se caracterizaban por extensiones rítmicas de la lengua; la lengua protruida era un 60% mayor que la lengua retraída. En los ciclos de masticación, los cambios rítmicos de longitud (vistos en el plano sagital) se reducían y podrían ser



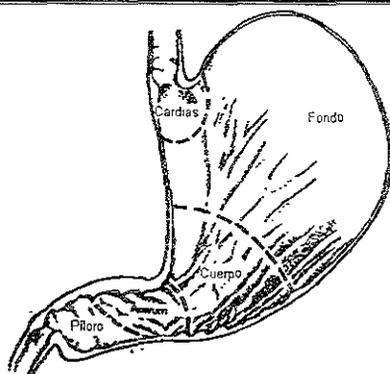
explicados parcialmente por una rotación asociada de la lengua. En los ciclos de transporte de la lengua con comida, ésta se elevaba a las rugosidades del paladar al mismo tiempo que era extendida, pero cuando era acortada, perdía contacto con el paladar. En este estudio se concluyó que estos movimientos eran la base del mecanismo de transporte.

Una de las causas más comunes de la dificultad para tragar el alimento es el megaesófago. En esta condición el esófago falla al contraerse; el alimento se entrapa en el esófago desde donde puede ser regurgitado eventualmente y en algunas ocasiones inhalado. La incapacidad para obtener una nutrición adecuada junto con la neumonía por aspiración, generalmente da por resultado una pérdida de peso y dificultad para respirar.

## ESTÓMAGO

El estómago es la continuación directa del esófago, actuando como un reservorio del alimento ingerido iniciando el proceso de digestión. Se divide en diferentes zonas (Figura 6); el cardias es una pequeña área asociada con la abertura esofágica hacia el estómago, mientras que la región fúndica actúa como un reservorio para el alimento ingerido. El antro y el píloro funcionan como los mezcladores gástricos responsables de homogeneizar el alimento ingerido hasta formar el quimo. El contenido gástrico se libera de una manera controlada por el píloro hacia el duodeno.





Divisiones anatómicas del estómago (De Simpson y Else 1991)

Cuando el estómago está vacío, la mucosa fúndica se llena de pliegues por acción de las fibras musculares y elásticas. Las rugosidades desaparecen conforme el estómago se llena de alimento. La mucosa gástrica está compuesta de células epiteliales columnares y células globosas que son renovadas en centros germinales en las fosas gástricas. Las células globosas se encuentran en el cardias mientras que las glándulas especializadas dentro de las fosas gástricas se encuentran a lo largo de la región fúndica y el cuerpo del estómago. Las células parietales en la región media de las fosas gástricas secretan ácido clorhídrico mientras que las células principales se encuentran cerca de la base de las fosas y secretan pepsinógeno, una enzima proteolítica inactiva.

La barrera de la mucosa gástrica está diseñada para proteger al estómago de los irritantes ingeridos, el ácido clorhídrico y la pepsina. La barrera está formada de una capa de moco que cubre las células epiteliales. Las células epiteliales tienen un rico aporte vascular en la submucosa. Además de la barrera física creada por las células epiteliales, el moco contiene un fosfolípido con propiedades hidrofóbicas además de los inhibidores de la pepsina y tiene cierta capacidad amortiguadora contra los efectos del ácido clorhídrico. El daño a esta barrera da por resultado inflamación (gastritis) y la eventual ulceración. Comer resulta doloroso y el animal puede vomitar después de comer o perder el apetito, dando por resultado una pérdida de peso corporal.



Cuando el alimento es ingerido, la región fúndica generalmente se relaja para acomodar el alimento sin incrementar la presión intragástrica, esto se llama relajación receptiva. Si el estómago está inflamado o la motilidad gástrica está alterada, no ocurre la relajación receptiva y la presión intragástrica aumenta rápidamente llevando al vómito asociado con la alimentación.

La apariencia, el olor y sabor del alimento, junto con la presencia de alimento en el estómago, estimula la secreción de ácido clorhídrico y pepsinógeno. La gastrina, una hormona producida por el estómago y el intestino, también estimula la secreción de ácido junto con las contracciones del antro <sup>4</sup>. El pepsinógeno se convierte a pepsina activa con la presencia del ácido clorhídrico pero rápidamente se inactiva si el pH se incrementa, lo cual sucede naturalmente cuando el contenido gástrico entra al duodeno, donde el bicarbonato pancreático neutraliza al ácido gástrico. Tanto el ácido clorhídrico y la pepsina, inician el proceso de digestión al hidrolizar las proteínas y el almidón.

El estómago tiene un marcapaso interno localizado en la curvatura mayor, el cual produce cinco ondas lentas por minuto, algunas de las cuales pueden iniciar contracciones musculares <sup>5</sup>. Se reconocen tres tipos de motilidad gástrica: digestiva, intermedia y de patrones interdigestivos.

El patrón de motilidad digestiva se observa después de la ingestión de la comida. Involucra contracciones lentas del fondo que llevan al alimento al mezclador del antro y vacían de líquidos a lo largo del píloro. Las fuertes contracciones peristálticas del antro contra el píloro cerrado mezclan rápidamente el alimento sólido y lo muelen en pequeñas partículas (2 mm) y luego se lleva a cabo el vaciamiento hacia el duodeno. Cuando el alimento se ha terminado, un período de transición de contracciones gástricas disminuidas ocurren dando lugar a un patrón de motilidad intermedio. Durante los períodos en que el estómago está vacío, ocurren contracciones interdigestivas, que involucran contracciones peristálticas o barrido de todo el estómago, vaciando cualquier contenido hacia el duodeno. Estas son llamadas a menudo "contracciones de barrido" <sup>6</sup>.

Después del mezclado del alimento sólido en la región del antro, se produce el quimo y un vaciamiento hacia el duodeno de una manera gradual. Los líquidos se vacían antes que el quimo, mientras que las proteínas y los carbohidratos se vacían antes que las grasas: el material no digestible es el último en salir del estómago. Las comidas ricas en calorías reducen la tasa de vaciamiento gástrico: de manera contraria, las comidas con una baja densidad calórica provocan un vaciado más rápido <sup>7</sup>. De esta manera, el estómago asegura que el intestino delgado nunca está sobrecargado con quimo lo que podría disminuir una digestión y absorción eficiente. Cuando ocurren fallas en la motilidad intestinal, un vaciamiento desorganizado puede llevar al quimo a inundar al intestino delgado, y la digestión y absorción inadecuadas dan por resultado una diarrea osmótica. Otros signos asociados con desórdenes de la motilidad gástrica son la retención de alimento en el estómago por períodos de tiempo y vómito asociado con la alimentación.

En la gastritis aguda es usual la falta de retención de alimento hasta que el vómito cesa. La inflamación aguda está asociada con fallas en la motilidad gástricas las cuales se manifiestan como éstasis gástrica y aumento en la presión intragástrica cuando el alimento es ingerido. Ambas situaciones dan por resultado vómito del alimento ingerido. Además la presencia física de alimento en la mucosa inflamada causa irritación y desencadena el reflejo del vómito.

Una vez que el vómito cede, es usual ofrecer una dieta blanda que contiene ingredientes altamente digestibles que tienen un bajo contenido en grasa, distribuida en varias tomas al día. Esta rutina cumple con varios propósitos importantes. En primer lugar, los alimentos altamente digestibles se mueven rápidamente a lo largo del estómago, un proceso que se ve acelerado con el uso de comida baja en grasa. Esto reduce el tiempo que el alimento es retenido en el estómago y así reduce la irritación de la mucosa y la éstasis gástrica. El proveer de varias pequeñas comidas durante el día asegura que el estómago nunca está lleno y así se reduce el riesgo de un aumento de la presión intragástrica y la recurrencia del vómito. Los alimentos que tienden a ser más abrasivos como las croquetas secas deben ser evitados pues tienden a irritar la mucosa gástrica dañada. Por esta razón se prefieren generalmente los alimentos húmedos o enlatados.



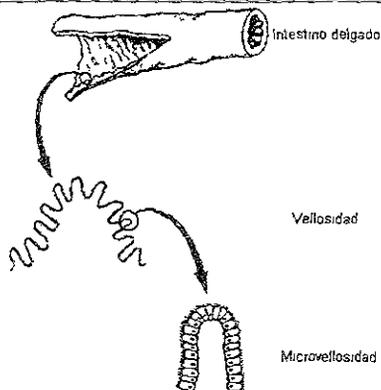
Si dicho régimen dietario es exitoso y no hay recurrencia del vómito, puede proceder un lento retorno a la dieta normal en un período de varios días. Hay una tendencia común de realizar este cambio rápidamente dando por resultado un relapso debido a la irritación gástrica y aumento de la presión intragástrica.

## INTESTINO DELGADO

El intestino delgado comienza en el píloro y termina en la unión ileo- ceco- cólica. Se divide en tres partes: duodeno, yeyuno e íleon. El duodeno es la primera y más corta sección del intestino del gato y es el sitio donde los conductos pancreático y biliar entran al intestino. El yeyuno y el íleon forman parte principal del intestino delgado y están suspendido desde la pared dorsal del abdomen por el largo mesenterio, permitiendo al intestino formar asas intestinales. No hay una clara demarcación entre las diferentes partes del intestino del gato.

La pared intestinal contiene las mismas capas que las otras partes del tracto digestivo, aunque la mucosa es especializada para poder desempeñar las funciones del intestino delgado, o sea la digestión y absorción de alimento. Las células epiteliales que forman el intestino delgado se llaman enterocitos y la mucosa entera forma pliegues que reciben el nombre de vellosidades. En la superficie apical de cada enterocito hay procesos parecidos a dedos llamados microvellosidades, a menudo conocidos como superficie de borde de cepillo <sup>6</sup> (Figura 7). La formación de vellosidades y microvellosidades incrementa significativamente el área de superficie del intestino delgado.

Figura 7.

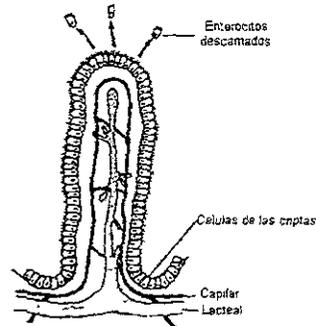


Las criptas de Lieberkühn se encuentran en la base de las vellosidades y son el sitio de regeneración de los enterocitos. Aquí es donde los conductos de las glándulas tubuloalveolares vacían sus secreciones hacia las criptas. Los nuevos enterocitos producidos en las criptas de Lieberkühn migran lentamente hacia las vellosidades donde son desechadas hacia el lumen. Este es un proceso continuo que se completa cada 4 días<sup>8</sup>. Los enterocitos maduran conforme migran hacia las vellosidades, así que las células con mayor capacidad digestiva y de absorción se encuentran en las puntas. Esto tiene un significado importante porque muchas de las infecciones virales dañan las puntas de las vellosidades, dando por resultado una marcada pérdida de la capacidad digestiva y de absorción. Las células globosas se encuentran entre los enterocitos y son responsables por secretar un moco protector. Las células endócrinas también se encuentran en la mucosa y son responsables por producir hormonas que estimulan las secreciones pancreáticas y biliares.

Cada vellosidad contiene un rico aporte vascular y un vaso linfático llamado vaso lacteal (Figura 8). Estos vasos son responsables por el transporte de los nutrientes absorbidos desde el intestino delgado hacia el hígado y otros tejidos corporales.



Figura 8.



Estructura de las vellosidades del intestino delgado.

La mayoría de la digestión y la absorción del alimento se lleva a cabo en el intestino delgado y se realiza de cuatro maneras:

1. Digestión intraluminal que involucra la producción de enzimas del estómago y el páncreas exócrino, así como sales biliares.
2. Digestión mecánica realizada por las contracciones segmentadas
3. Digestión de la mucosa que involucra enzimas unidas a las microvellosidades de los enterocitos, que completan el proceso de digestión iniciado en el lumen.
4. Absorción de los productos finales de la digestión por los enterocitos, seguidos de su movilización en los capilares o vasos lacteales.

El duodeno es relativamente poroso y tiene la capacidad de secretar grandes volúmenes de fluidos hacia el lumen, lo cual asegura que el quimo del estómago se mantenga en un estado isotónico. Este grado de permeabilidad disminuye progresivamente en el yeyuno, ileon y colon, permitiendo únicamente la reabsorción de fluidos. De este modo se conservan los fluidos corporales y se previene la diarrea.

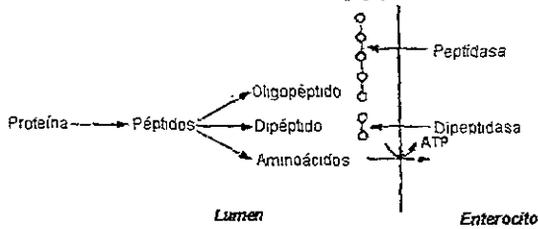
La presencia, olor y sabor del alimento estimulan la secreción de enzimas pancreáticas exócrinas y descargan la bilis desde la vesícula biliar. La estimulación hormonal también es importante y ocurre como respuesta a la presencia de quimo ácido y nutrientes en el duodeno. La producción de colecistoquinina de la mucosa intestinal es estimulada por la presencia de aminoácidos y grasas; estimula la producción de secreción pancreática rica en enzimas y causa la contracción de la vesícula biliar. La secretina, también es producida por la mucosa intestinal en respuesta al quimo ácido, produce una secreción pancreática rica en bicarbonato y baja en enzimas.

**DIGESTIÓN DE PROTEÍNAS**

La digestión de proteínas se inicia en el estómago por la acción de la pepsina y el ácido clorhídrico. Sin embargo, la mayor digestión de proteínas ocurre en el intestino delgado <sup>9</sup>. Las enzimas proteolíticas inactivas del páncreas exócrino son secretadas al duodeno donde la enteroquinasa de la mucosa duodenal convierte al tripsinógeno en tripsina activa. Una vez que se activa la tripsina, es capaz de activarse más y a otras enzimas proteolíticas, como la quimotripsina, la carboxipeptidasa y la elastasa.

La tripsina, la quimotripsina y la elastasa rompen las proteínas en cadenas de péptidos más pequeñas, mientras que las carboxipeptidasas A y B rompen los enlaces de los aminoácidos terminales en los péptidos liberando así unidades de aminoácidos. Los ácidos nucleicos son desdoblados por la ribonucleasa y la desoxiribonucleasa (Figura 9).

Figura 9.



Proceso de digestión de proteínas en el intestino delgado (De Simpson y Eise, 1981).

Los aminoácidos libres son presentados a la superficie de borde de cepillo para su absorción. Los dipéptidos son demasiado grandes para su absorción inmediata y son sujetos a una digestión posterior por una serie de enzimas peptidasas localizadas en la superficie de cepillo <sup>10</sup> (Figura 9). Los aminoácidos son absorbidos por los enterocitos en transportadores específicos en un proceso activo dependiente de energía. Se utilizan diferentes transportadores para las diferentes clases de aminoácidos. Una vez que son absorbidos en los enterocitos, los aminoácidos son liberados en la cama capilar de las vellosidades y transportados al hígado vía de la vena portal. Se retienen pequeñas cantidades de aminoácidos para asistir en la función normal de los enterocitos.

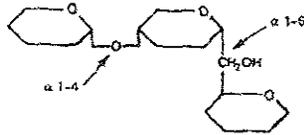
### DIGESTIÓN DE CARBOHIDRATOS

La mayor parte de los carbohidratos consumidos por los gatos adultos está en forma de almidón, aunque pueden ser ingeridas pequeñas cantidades de azúcares simples como la lactosa y la sucrosa. Otras formas de carbohidratos como la celulosa y la hemicelulosa, clases principales de fibra de la dieta, pueden ser digeridas porque hay enzimas adecuadas presentes en el tracto digestivo del gato

El almidón está compuesto de amilosa y amilopectina. La amilosa consiste de una cadena lineal de unidades de glucosa unidas por un enlace  $\alpha$  1-4 mientras que la amilopectina está compuesta de cadenas ramificadas de unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$  1-4 y  $\alpha$  1-6 (Figura 10).



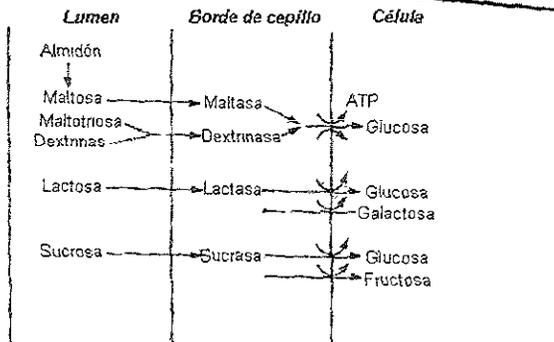
Figura 10.



Método de unión entre unidades de glucosa en una molécula de almidón.

La digestión del almidón en el intestino es llevada a cabo por una  $\alpha$  amilasa pancreática la cual rompe los enlaces  $\alpha$  1-4 pero no los enlaces  $\alpha$  1-6. Los productos de esta digestión incluyen pequeñas cantidades de glucosa además de maltosa, maltotriosa y dextrinas<sup>11</sup> (Figura 11)

Figura 11.



Proceso de la digestión de los carbohidratos en el intestino delgado.

La mayoría de los productos de la digestión del almidón son demasiado grandes para ser absorbidos por el enterocito y deben pasar por una digestión posterior en el borde de cepillo por las enzimas disacarasas; lactasa, sucrosa, maltasa e isomaltasa. Estas enzimas son responsables de la hidrólisis de la lactosa de la leche, la sucrosa del azúcar y los productos de la digestión del almidón, produciendo glucosa y pequeñas cantidades de fructosa y galactosa. Los transportadores específicos en los enterocitos absorben estos monosacáridos por un proceso activo que requiere energía, contra un gradiente de concentración<sup>12</sup> Una vez que la glucosa de los enterocitos se libera rápidamente a los



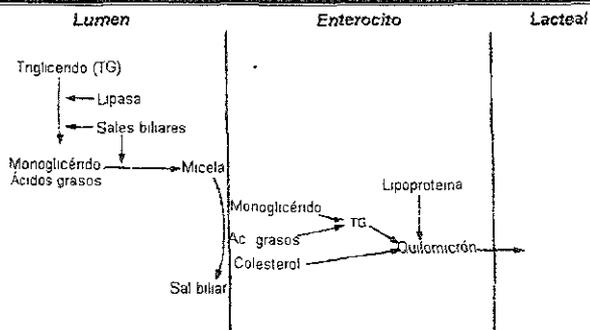
capilares y es transportada al hígado vía de la vena portal. El movimiento rápido de glucosa en los capilares ayuda a reducir el gradiente de concentración entre el lumen y los enterocitos.

### DIGESTIÓN DE LA GRASA

La grasa de la dieta está compuesta principalmente de triglicéridos que son digeridos y absorbidos de una manera muy eficiente. Otras formas de grasa que también pueden ser ingeridas incluyen al colesterol y los fosfolípidos, pero son digeridas de una manera menos eficiente. La mayoría de los triglicéridos en la dieta contienen ácidos grasos con más de 12 átomos de carbono que son llamados triglicéridos de cadena larga (TCL). Los triglicéridos con cadenas de 8 a 12 átomos de carbono son llamados triglicéridos de cadena media (TCM) y aquellos que tienen menos de 8 átomos de carbono en las cadenas de ácidos grasos son llamados triglicéridos de cadena corta (TCC)<sup>13</sup>. La comprensión de la existencia de estos diferentes tipos de triglicéridos es importante cuando se considera la digestión y absorción de la grasa de la dieta.

La digestión de los TCL comienza en el intestino delgado por la acción de una lipasa y de las sales biliares (Figura 12). Mientras más acuoso sea el contenido luminal, las sales biliares serán esenciales para la producción de una interfase lipídica/acuosa para permitir la digestión de los triglicéridos por la lipasa. Sin esta acción detergente, no podría ocurrir la digestión de grasas aún y cuando estuvieran presentes grandes cantidades de lipasa. Las contracciones intestinales segmentadas aseguran la formación de una emulsión de pequeñas gotas de grasa llamadas micelas, a través del mezclado de grasa, lipasa y sales biliares. Esta acción incrementa la solubilidad de las grasas e incrementa el área de superficie para la digestión de grasa, asegurando la mayor actividad de la lipasa. Los productos de la digestión de la lipasa son monoglicéridos y dos ácidos grasos libres. Son transportados en las micelas hacia la superficie de borde de cepillo donde son absorbidas pasivamente por los enterocitos (Figura 12).

Figura 12.



Proceso de digestión de las grasas en el intestino delgado.

Como la membrana celular del enterocitos es lipídica, el proceso de absorción puede ocurrir de una manera pasiva y a menudo ocurre en asociación con la absorción de vitaminas liposolubles.

Dentro del enterocito los ácidos grasos se unen de nuevo y forman un triglicérido que se une a las lipoproteínas, para formar los quilomicrones. Los quilomicrones son liberados al vaso lacteal para su transporte a la circulación general y subsecuentemente al hígado y otros tejidos.

Los TCM y TCC son más solubles en agua y requieren de una menor actividad de las sales biliares para la digestión de la lipasa. La absorción también puede ocurrir sin la necesidad de formar micelas. Aunque la digestión de estas grasas por la lipasa ocurre, pueden ser absorbidas en los enterocitos de manera intacta incluso sin una digestión previa. Los quilomicrones no se forman en el enterocito y los TCM y TCC son liberados directamente en los capilares y transportados al hígado por vía de la vena portal. Esto explica porqué los TCM son considerados como una fuente útil de calorías en los animales con mala absorción, especialmente con linfangectasia, donde la circulación linfática del intestino ha perdido su funcionalidad.

Durante una gran comida hay una reserva insuficiente de sales biliares, y por esta razón se conservan las sales biliares. Después de la digestión de las grasas y su absorción, las sales biliares se reabsorben del ileon y son transportadas al hígado vía de la vena portal, donde son reutilizadas de inmediato. Este



proceso de circulación enterohepática de las sales biliares normalmente es muy eficiente, asegurando esta manera una cantidad adecuada de sales biliares para digerir una gran ración de comida

Así vemos que el intestino delgado está íntimamente involucrado en el proceso de digestión y absorción de alimento. Una comprensión básica de estos procesos ayudará para asegurar que el fármaco adecuado y la terapia dietaria se provee cuando está presente alguna enfermedad intestinal. Cualquiera condición que dañe físicamente el intestino delgado o interfiera con la producción de enzimas pancreáticas o de la bilis producida por el hígado, impedirá una correcta asimilación de los nutrientes de la dieta. El grado de interferencia será obvio por los signos clínicos mostrados por el animal. Por ejemplo infecciones por rotavirus pueden causar diarrea y anorexia por el daño del virus a las vellosidades de los enterocitos. Sin embargo la condición es ligera y la recuperación es rápida. Los parvovirus (como el virus de panleucopenia felina), invaden las criptas celulares así como las células de las vellosidades, y causan malabsorción severa e interferencia con la regeneración epitelial. Esto se ve reflejado por la severidad de los signos clínicos y su mayor duración.

En el linfosarcoma del intestino delgado y la enfermedad crónica del intestino delgado, el animal a menudo tiene buen apetito acompañado por *diarrea crónica y marcada pérdida de peso*. Esto a menudo confunde al dueño, que no puede comprender como pueden ocurrir juntas una severa pérdida de peso y la presencia de un buen apetito. Estos animales tienen una marcada pérdida en la capacidad de absorción y tienen mala condición corporal aún cuando tengan un aporte adecuado de alimento.

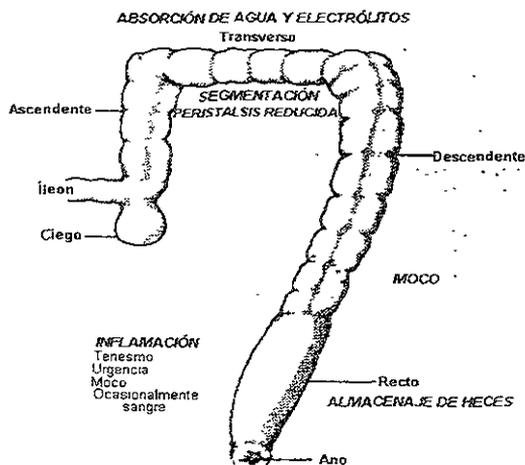
Es importante determinar qué condición está presente para poder determinar si es la digestión o la absorción el proceso afectado. Una terapia farmacológica específica puede ser provista con una dieta adecuada de uso veterinario. En todos los casos descritos, el dar grandes cantidades de alimento mientras el animal tiene diarrea no asegurará un gran éxito. El primer paso, generalmente, es dieta para el animal por 24 o 48 horas y después proveer de una dieta altamente digestible, baja en grasa, en pequeñas cantidades a lo largo del día.

La dieta altamente digestible se requiere para reducir el requerimiento de enzimas y de una gran superficie de área para su absorción, mientras que se mantiene un buen nivel nutricional. El proporcionar pequeñas cantidades asegura el proceso endógeno de digestión y absorción, reduciendo el riesgo de recurrencia de la diarrea.

## INTESTINO GRUESO

El intestino grueso comienza en la unión ileo-ceco-cólica y continúa con el ciego, y el colon en sus porciones ascendente, transversa y descendente, luego el recto y finalmente el ano (Figura 13). Estas divisiones tienen significación práctica cuando se revisan radiografías o se realizan exámenes mediante el endoscopio, pues demarcan claramente las diferentes regiones del intestino grueso.

Figura 13.



Resumen de la anatomía y fisiología del intestino grueso (De Simpson y Else, 1991)

El esfínter en la parte terminal del ileón controla el movimiento del quimo hacia el colon. El ciego es pequeño y no tiene una función conocida en el gato. El colon es mucho menor en los carnívoros que en los herbívoros, indicando las diferentes funciones del colon en estas especies. El recto es importante para el almacenaje de heces, mientras que los dos esfínteres del ano controlan la defecación.



El colon está compuesto de mucosa, submucosa, capas musculares y serosa externa, como en el resto del tracto digestivo. A diferencia del intestino delgado, la mucosa del colon tiene una superficie lisa y ausencia de vellosidades. Hay una gran cantidad de células gobletos dentro de la mucosa. Estas células secretan moco que lubrican las heces, facilitando su paso hacia el recto.

El colon tiene tres funciones:

1. Absorción de agua y electrolitos.
2. Almacenaje de heces en el recto.
3. Fermentación de residuos de alimento por la gran población bacteriana.

Para ayudar en estas funciones, existe un complejo patrón de motilidad que se origina de un marcapasos ubicado en el colon medio. La motilidad del colon se reduce por la inervación simpática y estimulada por la inervación parasimpática. Después de una comida, tanto la gastrina como la colecistoquinina estimulan la motilidad del colon. Ocurren contracciones segmentadas y peristálticas en el colon. Las contracciones segmentadas son las más prominentes en el colon ascendente y transversal y están diseñadas para ayudar en la absorción de agua y electrolitos. La peristalsis retrógrada contra el esfínter ileal también se observa en esta región, y está diseñada para asegurar una adecuada absorción de fluidos<sup>14</sup>. Las fuertes contracciones peristálticas barren eventualmente con los contenidos presentes en el colon vía del colon descendente hacia el recto donde se almacenan las heces.

La distensión del colon es un poderoso estimulante de la motilidad normal del colon y esta se logra mejor modo añadiendo fibra a la dieta. Al restaurar la motilidad normal del colon administrando fibra puede ser un medio satisfactorio de tratar tanto la constipación como la diarrea del intestino grueso.

No hay una digestión o absorción significativa de alimento en el colon, pues estas son llevadas a cabo casi por completo por el intestino delgado. Sin embargo la absorción de agua y electrolitos en el colon es muy importante para mantener la homeostasis

La absorción de agua por el intestino grueso es muy importante para asegurar el paso de las heces formadas y prevenir la deshidratación. Esto asume una mayor importancia en casos de diarrea del intestino delgado cuando la capacidad de reserva del colon ayuda a prevenir una pérdida excesiva de fluidos. Normalmente, el agua es absorbida de una manera pasiva en el colon, siguiendo la absorción activa dependiente de energía del cloruro de sodio. Este proceso crea grandes concentraciones de gradientes entre el lumen y las células de la mucosa, lo que permite el movimiento pasivo de agua hacia las células. Este gradiente de concentración es aumentado luego por la producción bacteriana de ácidos grasos volátiles y de amonio, que son absorbidos en las células de la mucosa. Las uniones estrechas entre las células son muy eficientes y solo se permite el regreso al lumen de cantidades muy pequeñas de agua.

Si el colon se daña físicamente o sufre de inflamación, estos mecanismos fallan a menudo, y el colon se torna más permeable con el movimiento de agua de regreso al lumen. El proceso activo de movimiento de sal en las células de la mucosa también pueden fallar, dando por perdido el gradiente de concentración. Esto reduce posteriormente el movimiento de agua hacia las células de la mucosa.

Además, la inflamación también puede interferir con la motilidad del colon y lleva a una falla en la segmentación en el colon ascendente y en el colon transversal. A menudo se retarda la peristalsis. Esto reduce la cantidad de mezclado de contenido del colon y el tiempo de permanencia en el colon proximal, dando por resultado menor absorción de agua y de sal. A menudo hay regreso de material fecal fluido del recto antes de que haya una adecuada absorción, dando por resultado una urgencia de defecar y el paso de heces fluidas. Esto a menudo es diagnosticado erróneamente como un aumento en la motilidad intestinal cuando de hecho hay una reducción en la segmentación y la peristalsis normal.



Cuando hay daño en el intestino delgado, puede haber una falla en la absorción de sales biliares en íleon así como una inadecuada digestión y absorción de grasas. Cuando estos componentes llegan al colon, la fermentación bacteriana produce sales biliares desconjugadas y ácidos grasos hidroxigenados. Ambos compuestos estimulan la secreción de fluidos en el colon, dando por resultado diarrea<sup>15</sup>

Las bacterias en el colon producen grandes cantidades de amonio a partir de los residuos de alimentos que son ricos en nitrógeno. Esto se absorbe y pasa a la sangre portal y es absorbido eficientemente por el hígado donde se convierte a urea y es excretada por el riñón. Cuando hay una enfermedad hepática congénita o adquirida (cirrosis), el amonio permanece en la circulación general causando serios daños al sistema nervioso central, llamados hepatoencefalopatía. El tratamiento de esta condición generalmente involucra la alimentación con dietas bajas en proteína, altamente digestibles junto con la adición de fármacos que disminuyen la actividad de la población bacteriana del colon.

El tratamiento de la colitis generalmente involucra el uso de sulfasalasina que se da vía oral y permanece inactiva hasta que alcanza el colon. Las bacterias en el colon desdoblan el medicamento, liberando sulfonamida y ácido 5-amino salicílico. Se piensa generalmente que el segundo es el ingrediente activo que actúa como un fármaco antiinflamatorio no esteroideal.

## BIBLIOGRAFÍA

- Evans, H.E ; Christensen, G.C.. The digestive system and abdomen. In Millers' Anatomy of the Dog. W.B. Saunders., Philadelphia, 1979
- Simpson, J.W; Doxey, D.L.; Brown, R · Serum isoamylase values in normal dogs and dogs with exocrine pancreatic insufficiency. Research in Veterinary Science, 8 303 - 308 (1984)
- Flachsbarth, M.F , Bartels, T.: Studien zur postnatalen Morphogenese des Unterkiefers der Hauskatze (*Felis silvestris f. dom*). Kleintierpraxis, 38: 663 - 671 (1993)
- Walsh, J.H , Csendes, A; Grossman, M.I: Effects of truncal vagotomy on gastrin release and duodenal pouch acid secretion in response to feeding in dogs. Gastroenterology, 63: 593 - 599 (1972).
- Weber, J ; Kohatsu, M.D.. Pacemaker localization and electrical conduction patterns in the canine stomach. Gastroenterology, 59: 717 - 726 (1970).
- Simpson, J.W , Else, R.L · Conditions of the stomach. In Digestive Disease in the Dog and Cat. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991
- Hunt, J.N.; Stubbs, D.F · The volume and energy content of meals as determinants of gastric emptying. Journal of Physiology, 245. 209 - 225 (1975).
- Eastwood, G.L.: Gastrointestinal epithelial renewal. Gastroenterology, 72: 962 - 975 (1977).
- Argenzio, R.A : Comparative Physiology of the gastrointestinal system. In Veterinary Gastroenterology Lea & Febiger, Philadelphia, 1980.



- 10 - Tobey, M.; Heizer, W.; Yek, R.; Haang, T.; Hefner, C.: Human intestinal brush border peptidase. Gastroenterology, 88: 913 - 926 (1972)
- 11.- McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhaugh, J.F.D.: Digestion In Animal Nutrition. 4<sup>th</sup> edition. Longman Scientific & Technical. Harlow, 1988.
- 12.- Tennant, B.C.; Hornbuckle, W.E.: Gastrointestinal function. In Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Academic Press, New York, 1980.
- 13.- Simpson, J.W.; Doxey, D.L.: Quantitative assessment of fat absorption and its diagnostic value in exocrine pancreatic insufficiency. Research in Veterinary Communications, 35: 249 - 251 (1983).
- 14.- Burrows, C.F.; Merrit, A.M.. The influence of alpha cellulose on the myoelectrical activity of the proximal canine colon. American Journal of Physiology, 72: 962 - 975 (1983).
- 15.- Binder, H.J.. Faecal fatty acids - mediators of diarrhoea. Gastroenterology, 65: 847 - 850 (1973).

**Tabla 2. Consumo energético diario de la gata durante la lactancia**

Semana de lactancia	Tamaño de la camada					
	1	2	3	4	5	6
	kcal/kg de peso corporal					
1	60	76	92	108	124	124
2	66	83	100	117	134	134
3	72	94	116	138	160	160
4	78	406	134	162	190	190
5	84	117	150	183	217	250
6	90	136	162	228	274	320

Las cantidades se basan en el consumo voluntario de hembras con un promedio de 3.8 kg después del parto. Los valores a partir de la semana 4 incluyen el consumo energético de los gatitos.

Como se puede observar en las cantidades anteriores, los requerimientos energéticos de la gata son tres a cuatro veces mayores que sus requerimientos de mantenimiento. Es por esto que es necesario ofrecerle a las gatas un alimento con grandes porcentajes de palatabilidad y digestibilidad, que tenga un alto contenido energético. La gata requerirá comer frecuentemente pequeñas cantidades, y vemos de nuevo que un sistema de alimentación a libre acceso o *ad libitum* es muy apropiado para cumplir satisfactoriamente este propósito. Debe haber agua fresca disponible todo el tiempo, pues se pierde una gran cantidad a través de la producción de leche. Como en el caso de la hembra gestante, los niveles de nutrientes en el alimento deben ser cuidados con mayor cuidado que para el caso de una dieta para mantenimiento de gatos adultos. Por esta razón, se deben proporcionar los alimentos diseñados especialmente para hembras lactantes, pues están formulados con la consideración de estos factores. Por ejemplo, se controlan más cuidadosamente los niveles de ciertas vitaminas, minerales y de la proteína, y así tenemos que el alimento contiene una mayor densidad energética. Es importante considerar que si se ofrece un alimento balanceado diseñado especialmente para esta etapa, no se requiere una suplementación adicional de nutrientes, y eso podría generar un desbalance en el alimento.



## GATAS DURANTE EL DESTETE

Las gatas empiezan a destetar a sus gatitos aproximadamente entre las seis y las diez semanas de edad. La mayoría de criadores implementan un régimen de destete completo a las siete u ocho semanas de vida del gatito, para que puedan trasladarse a sus nuevos hogares. Los gatitos que empiezan a consumir alimento sólido entre las tres o cuatro semanas de edad consumen la mayor parte de su dieta en forma sólida cuando llegan a las siete u ocho semanas de edad.

Si la madre continúa produciendo leche inmediatamente antes del destete, la limitación de la alimentación durante varios días contribuirá a disminuir la producción de ésta. Si se permite la producción de leche a un nivel alto durante el destete, existen más posibilidades de que la madre desarrolle una mastitis. El día del destete debe retirarse todo el alimento a la madre, siempre que se encuentre en un estado físico satisfactorio. La ración diaria de la madre debe entonces reintroducirse gradualmente en un 25, 50, 75 y finalmente un 100% de su nivel de mantenimiento durante los días sucesivos al destete.

En general, las gatas perderán algo de peso durante la lactancia, pero esta pérdida no debe superar el 10% de su peso corporal normal. Una alimentación y tratamiento adecuados durante la gestación y la lactancia asegurará una pérdida de peso mínima, incluso cuando las camadas sean muy numerosas. La condición física de ella gata en el momento de la crianza influirá sobre su capacidad de superar las dificultades de la gestación y de la lactancia.

Algunos criadores proporcionan de manera regular a sus gatas suplementos de calcio o alimentos ricos en calcio, como el queso fresco u otros productos lácteos, durante la gestación y la lactancia. Se cree que el suplemento mineral asegura un desarrollo fetal más sano durante la gestación y que contribuye a la producción de la leche durante la lactancia. También se cree que el calcio puede prevenir el desencadenamiento de una eclampsia tras el parto.

Los suplementos de calcio o de cualquier otro mineral durante la gestación no son necesarios para un desarrollo fetal sano, siempre que la gata esté consumiendo una dieta comercial equilibrada y de alta calidad. De hecho algunos investigadores aseguran que los suplementos excesivos de calcio o de vitamina D durante la gestación pueden producir una calcificación de los tejidos blandos y deformaciones físicas del feto en desarrollo. Aunque los requerimientos de calcio durante la gestación y la lactancia son elevados, normalmente, la gata obtiene cubre sus requerimientos nutricionales adicionales a través del consumo de mayores cantidades de su dieta normal.

## GATITOS EN CRECIMIENTO

En relación con su peso corporal, los requerimientos de energía y de nutrientes de los animales en crecimiento son mayores a los de los animales adultos. Los gatitos en crecimiento necesitan un plan de nutrición mayor para poder soportar el rápido crecimiento y proveer un excedente de energía que es tan característico de los gatitos. Durante sus primeras semanas de vida, los gatitos dependen por completo de la leche materna, y en esta etapa no requieren suplementación del alimento. En esta etapa es deseable una tasa de crecimiento de cerca de 100 g por semana, pero obviamente hay una gran variación individual determinada por factores como la nutrición, raza y peso corporal de la madre.

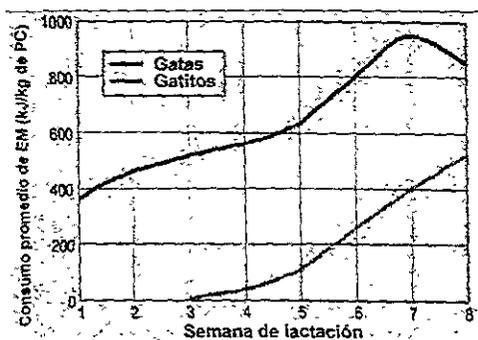
A menudo la suplementación a la leche materna es inadecuada, para esto existen sustitutos de leche especialmente fabricados para gatitos, y deben ser proporcionados a intervalos frecuentes a lo largo de todo el día. Es conveniente mencionar que el gatito también necesitará ayuda para poder defecar y orinar. Las fórmulas diseñadas para humano, la leche de vaca o cabra no son sustitutos adecuados para la leche de la gata, pues los perfiles analíticos varían considerablemente y es muy importante la selección de un sustituto diseñado especialmente.

A partir de entre las tres o cuatro semanas, los gatitos empiezan a mostrar cada vez mayor interés en el alimento sólido. Para ayudarles a consumir este alimento, a menudo es útil ofrecerles un alimento

húmedo picado finamente en un plato, o alimento seco humedecido con agua o seco. Este alimento puede ser el mismo que el de la gata o uno diseñado específicamente para gatitos. Una vez que los gatitos comienzan a ingerir alimento sólido, se inicia el proceso de destete, y los gatitos consumirán más alimento sólido gradualmente hasta que sean totalmente destetados alrededor de las siete u ocho semanas.

En estudios <sup>6</sup> se ha medido el consumo energético de los gatitos derivado del consumo de alimento seco hasta antes del destete total. A las cuatro semanas de edad, los gatitos comen alrededor de 10 g de alimento por día (2-10 kcal/kg de peso corporal), y la mayor proporción de su requerimiento es aportado por la leche materna. A las cinco semanas de edad consumen entre 15 y 45 g/gatito/día, lo que equivale a 60-85 kcal/kg de peso corporal (dependiendo de la densidad energética de la dieta).

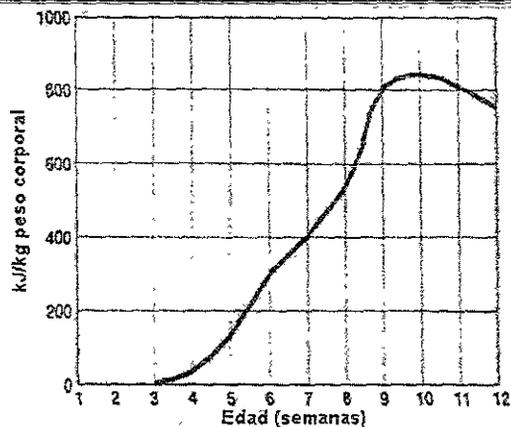
Figura 3. Consumo energético de las gatas y los gatitos durante la lactancia (promedio de 3 gatitos/camada) <sup>(10)</sup> (1 kcal = 4.184 kJ)



El consumo energético del gatito a partir de alimento sólido aumenta desde cero en las semanas dos y tres de la lactancia a cerca de 290 kcal/kg de peso corporal a la octava semana de edad. Esto significa que el consumo alimenticio del gatito constituye una considerable proporción del total de energía consumida por la gata y los gatitos durante las siguientes etapas de lactancia. El consumo energético promedio de los gatitos, como una proporción del total de la energía ingerida tanto por la hembra como sus gatitos, va

5% en la semana 4 de la lactancia, a 20% y cerca del 30% durante las semanas 6 y 7, respectivamente (Figuras 3 y 4).

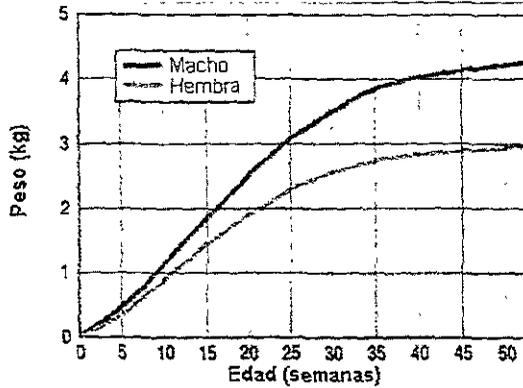
Figura 4. Energía metabolizable promedio derivada del alimento sólido en gatitos (10) (1 kcal = 4.184 kJ)



Una vez que los gatitos han sido destetados, no hay una necesidad real de proveerles leche. De hecho, conforme su tracto digestivo se desarrolla, la capacidad de los gatitos de digerir la lactosa en la leche se pierde gradualmente, llegando incluso a casos de intolerancia total en algunos gatos adultos. Si hay un deseo de dar leche, existen leches especiales con un contenido reducido de lactosa; no obstante siempre deberá contar con agua fresca todo el tiempo.

Los gatitos tienen pequeños estómagos y no solo es recomendable alimentarlos con alimentos densos en energía, sino proporcionárselos frecuentemente. A diferencia de los perritos, los gatitos deben ser alimentados en un sistema a libre acceso, pues en general no tienden a comer de más. Al destete los gatitos deben pesar entre 600 g y 1000 g. En esta etapa ya es evidente que los gatitos machos son más pesados que las hembras, y esta es una característica que se mantendrá a lo largo de todas las etapas de vida. En la Figura 5 se ilustran curvas típicas de crecimiento para gatitos domésticos de pelo corto.

Figura 5. Curva estándar de crecimiento de gatitos (machos y hembras)



Los requerimientos energéticos llegan al punto más alto (200 kcal/kg, 840 kJ/kg) alrededor de las diez semanas de edad, y después de este punto, los requerimientos energéticos por unidad de peso corporal disminuyen gradualmente, aunque todavía permanecen relativamente altos por al menos los primeros seis meses de vida mientras se da un rápido crecimiento. La Tabla 3 ilustra la cantidad de alimento requerido por un gatito en crecimiento cuando es alimentado con un alimento diseñado especialmente para esta etapa que contiene 90 kcal/100 g de alimento (370 kJ/100 g de alimento) o con un alimento de menor densidad energética (típico para el mantenimiento de gatos adultos) con 70 kcal/100 g (290 kJ/100 g de alimento).

Tabla 3. Consumo energético y de alimento de gatitos en crecimiento

	Edad en semanas				
	8	12	18	25	40
Peso promedio (g)	800	1300	2000	2800	3300
Requerimiento energético (kcal/kg de peso corporal)	215	200	138	100	90
Requerimiento energético (kJ/kg de peso corporal)	910	830	580	420	370
Requerimiento energético total (kcal)	175	260	275	280	290
Requerimiento energético total (kJ)	730	1080	1160	1180	1220
Alimento para gatitos requerido (g)	196	291	313	317	330
Alimento para gatos adultos (g)	251	372	400	405	420

El alimento para los gatitos en crecimiento no solo debe ser mayor en cuanto a contenido energético que aquel que se proporciona a los gatos adultos sino también porque algunos requerimientos de nutrientes son mayores, y esto debe ser considerado al momento de elegir el alimento adecuado. Por ejemplo el requerimiento de proteína en la dieta, que es relativamente alto en el gato adulto, es aún mayor en el gatito en crecimiento, por un porcentaje cercano al 10%. Los niveles de calcio y fósforo deben ser mantenidos dentro de un rango más estrecho, pues cualquier exceso o deficiencia puede dar por resultado una deformidad ósea. También es importante apuntar que la adición de suplementos de calcio a una dieta ya balanceada causará tantos problemas como el brindar una dieta de baja calidad. El papel de la taurina en la reproducción y el crecimiento está ahora bien establecido, y todos los alimentos para gatitos en crecimiento deben ser suplementados con este ácido amino sulfónico.

La mayoría de los gatitos ganan aproximadamente el 75% de su peso total de adulto alrededor de la edad de seis meses, y las ganancias de peso después de este punto generalmente se deben a cambios en el desarrollo más que al crecimiento del esqueleto. Así, tenemos que a la edad de seis meses es común ofrecer a los gatos jóvenes alimentos formulados para adultos más que los diseñados para gatitos en crecimiento. Como los machos son significativamente más pesados que las hembras, su crecimiento y desarrollo continuará por un período considerablemente mayor que para las hembras. Para ambos sexos, el consumo de alimento tardará algo de tiempo en llegar a los niveles de gatos adultos, pues se da un crecimiento lento entre los seis y los doce meses, pero la estabilización ocurre aproximadamente al final del primer año de vida. En este punto es pertinente hacer una observación, no olvidemos que el hombre ha realizado una selección genética en algunas razas de gatos de talla grande, y en estos casos el desarrollo completo del gato se da entre el año y medio y los dos años de edad, por lo que será un factor que tendremos que considerar cuando nos soliciten asesoría sobre nutrición propietarios de gatos de razas de talla grande (Noruego del Bosque - Norwegian Forest Cat, Mapache de Maine - Maine Coon, Muñeca de Trapo - Ragdoll, Rabón Americano - American Bobtail, y otras más).

Las ocasiones de alimentación también pueden ser reducidas después de los seis meses, aunque muchos propietarios continúan ofreciéndoles múltiples comidas a lo largo del día aún cuando llegan a la edad adulta. De hecho este patrón de múltiples comidas se adapta bien con la preferencia de los gatos a realizar pequeñas y frecuentes comidas a lo largo del día y la noche, más que a realizar pocas y grandes comidas

## GATOS GERIÁTRICOS

El estudio de los animales geriátricos se ha convertido en una importante área de estudio <sup>7</sup>. El envejecimiento es una condición irreversible. Las modificaciones de las estructuras celulares y bioquímicas que son responsables por la disminución de la masa y actividad de los tejidos muscular y nervioso además de otros, no pueden ser detenidas. Sin embargo, el proveer de un adecuado alimento que considera las necesidades particulares del gato geriátrico puede ayudar en el cuidado y manejo de esta etapa de vida. Como en la medicina humana, las mejoras en la prevención de enfermedades de serias consecuencias y la provisión de alimentos balanceados nutricionalmente darán por resultado que nuestros gatos vivan más tiempo, y de ahí el obvio interés para que la geriatría en veterinaria se vuelva un área de creciente investigación.

El propósito de alimentar a los gatos geriátricos sanos es incrementar su longevidad y preservar la calidad de vida. Sin embargo, a la fecha han habido muy pocas investigaciones de las necesidades específicas de los gatos geriátricos. La incidencia de las enfermedades incrementa en los animales viejos, y es importante que podamos reconocer estas enfermedades y manejarlas adecuadamente.

Hay algunos cambios obvios en la apariencia y comportamiento del gato conforme llega a la etapa geriátrica, pero ciertamente se dan el mismo tipo de cambios físicos en los gatos al igual que en los humanos después del último tercio de vida.



De hecho existe controversia sobre el punto de cuándo un gato llega a la vejez. Muchos veterinarios consideran que los gatos de más de seis años son candidatos para enfermedades asociadas con el envejecimiento <sup>8</sup>. Sin embargo, existe un punto de coincidencia pues cuando los gatos llegan a los seis o siete años de edad hay una disminución general de su nivel de actividad y un incremento en la propensión a acumular excesos de grasa corporal y generalmente, a ganar peso. Sin embargo, se reconoce que la obesidad ligera es más común entre los gatos de "mediana edad" que en los realmente geriátricos.

Como en el caso de los perros, el mantenimiento del peso corporal adecuado y el evitar la obesidad en los gatos es sin duda un área crítica, particularmente porque la obesidad predispone al animal a una amplia gama de enfermedades. Hay dos aproximaciones respecto a la alimentación de los gatos geriátricos - ofrecer un alimento alto en energía o uno bajo en energía. La segunda tal vez no es la mejor aproximación, pues el gato geriátrico puede volverse más selectivo en sus hábitos alimenticios, y una pequeña cantidad de alimento altamente palatable con alto contenido energético es una opción preferible. Cambiando de un esquema de alimentación a libre acceso a proveer raciones pequeñas pero regulares también sería deseable para que el consumo alimenticio del gato pueda ser monitoreado cuidadosamente. El hipertiroidismo se ha constituido como una de las enfermedades más comunes de los gatos de edad media y geriátricos <sup>9</sup> y a menudo está asociado con la pérdida de peso corporal sin importar que haya un incremento en el apetito. Dichos gatos pueden ser mantenidos con efectividad con un alimento alto en energía y altamente palatable. Cualquier período de tiempo largo de inapetencia debe ser evitado en los gatos (especialmente si son obesos), pues esto podría llevar a una lipodosis hepática.

Los cálculos dentales y la enfermedad periodontal son dos de los problemas clínicos más comunes en los gatos mayores. Estas enfermedades a menudo generan pérdida de los dientes y pueden ser prevenidas al mantener una higiene oral del gato a lo largo de su vida. Esto puede ser apoyado al ofrecerle alimentos secos que tienen una acción abrasiva natural en los dientes. Si el gato geriátrico tiene una mala dentadura, puede ser necesario ofrecer otros alimentos que estén finamente picados o que tengan un mayor contenido de humedad. Es crítico que a todos los gatos les sea ofrecida una fuente de agua limpia

y fresca y esto cobra especial importancia en el caso de los gatos geriátricos, quienes tienen más problemas para controlar su termoregulación y tienen disminuida la percepción de sed, lo que puede causar deshidratación <sup>10</sup>.

Como en los perros, hay muy poca información disponible sobre los cambios dentro del tracto digestivo relacionados con la eficacia de la absorción, actividad enzimática y otros puntos clave. Los desórdenes del tracto digestivo no son una causa seria de preocupación según Griffiths <sup>11</sup>, quien encontró que en esta categoría de enfermedad una proporción considerable de casos fue causada por constipación e impactación del colon. Es un pensamiento generalizado que solamente habrán cambios menores en el tracto digestivo con el paso del tiempo, pero parecería apropiado que los animales más viejos recibieran alimentos que tengan una alta digestibilidad. También, si hay aberraciones en la función digestiva, sería prudente asegurar que el consumo de nutrientes como las vitaminas sea mayor al rango recomendado.

Además, si el gato es mantenido con una dieta restrictiva o tiene poco apetito, el proveer vitaminas adicionales (asumiendo que los niveles estén dentro de los máximos recomendables), asegurará que solamente haya una restricción en el consumo de energía y no en el de otros nutrientes. En la actualidad no está claro a qué factores está predispuesto un gato con falla renal crónica. Este es un padecimiento algo común en los gatos geriátricos, y parece que no hay una predisposición de sexo o raza. Se ha propuesto que los altos consumos de proteína en la dieta ya sea en las primeras o en las últimas etapas de vida puede ir en detrimento de la salud de los gatos, pero en la actualidad no hay datos confiables que corroboren esta hipótesis. Ciertamente, hay muy poca duda respecto a que el tratamiento de insuficiencia renal deba incluir restricción de proteína en la dieta, pero sería poco sensato extrapolar esta recomendación al caso de los gatos geriátricos que consumen poco alimento y posiblemente tengan una eficiencia digestiva reducida, lo que podría llevar a una posible malnutrición en lo que a proteína se refiere. Sin duda sería prudente ofrecer un alimento con un nivel razonable de proteína con un alto valor biológico. También están implicados en la falla renal el fósforo y el sodio y para estos dos nutrientes las recomendaciones serían similares que para la proteína - esto es, un aporte suficiente en la dieta par

cubrir los requerimientos de los gatos que pudieran estar consumiendo menos alimento que un animal sano y joven.

### REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DE LOS GATOS GERIÁTRICOS

Para propósitos de definición un animal se considera geriátrico cuando alcanza el último tercio de su promedio de vida esperado. Como los requerimientos de energía con un punto clave en el consumo de alimento, una pregunta fundamental que se relaciona con los gatos viejos, es cuáles son los cambios en demandas diarias de energía conforme el animal envejece

Existe la creencia de que los gatos geriátricos tienen tendencia a la obesidad y que por lo tanto se debe restringir su consumo energético. Hay, sin embargo, pocos datos que apoyen esta teoría, y si examinamos la evidencia correspondiente al peso corporal y la edad en los gatos, obtendremos un panorama completamente diferente. Un reciente estudio <sup>14</sup> realizado en el Reino Unido en 3108 gatos (>1 año de edad) mostró que más del 70% de los propietarios clasificaban el peso corporal de su gato como "correcto". El porcentaje de gatos que tenían un peso menor al normal incrementaba con la edad, mientras que el porcentaje de gatos que estaban pasados de peso disminuía con la edad. Esto tiene relación con hallazgos en el Waltham Centre for Pet Nutrition<sup>14</sup>, donde se compararon los pesos corporales de 299 gatos adultos sanos y no mostraron diferencia significativa en el promedio de peso corporal de gatos entre 1 y 13 años de edad. El principal patrón fue una tendencia de los gatos de 11 años y mayores a mostrar un menor peso corporal que los gatos adultos jóvenes. Hallazgos similares se han reportados en estudios realizados en Estados Unidos <sup>15, 16</sup> Por lo tanto podemos comentar que la obesidad no es un problema significativo en los gatos geriátricos

El peso corporal no es el único factor que controla el consumo energético. La liberación de nutrientes juega un papel clave en determinar cuánto alimento comerá un gato, ya que el aprovisionamiento de energía es una función de la digestibilidad de macronutrientes. Estudios en humanos indican que la función digestiva disminuye con la edad, porque se llevan a cambio una serie de cambios en el tracto

gastrointestinal que incluyen una disminución en la actividad específica de las enzimas del intestino y disminuye la función de transporte hepato-biliar. No se han realizado estudios equivalentes en gatos pero se realizan nuevos estudios que sugieren que hay una disminución significativa en la función digestiva conforme envejecen los gatos. Un estudio con 56 gatos de entre 18 meses y 14 años mostró que cuando eran alimentados con alimento enlatado para gato estándar, la digestibilidad de grasa y proteína disminuía significativamente en gatos geriátricos. El efecto combinado de esto era una disminución significativa en la digestibilidad de energía, algunos gatos mostraron coeficientes de digestibilidad de energía tan bajos como 0.65. Esto sugiere que más que restringir el consumo de energía en los gatos mayores, deben recibir una dieta densa en energía.

Otra observación interesante de este estudio fue que los gatos que mostraron bajos coeficientes de digestibilidad aumentaron su consumo alimenticio diario. Esto parece ser una respuesta compensatoria y fue tan efectiva que cuando se compararon los consumos de energía digestible en los diferentes grupos, no hubo diferencias significativas. Es así que la evidencia sugiere que los gatos continúan con un control de consumo de energía conforme envejecen. Sería conveniente apuntar que mientras los productos "dietéticos" no son compatibles con los productos para gatos geriátricos, hay un pequeño porcentaje de gatos geriátricos que son obesos y estos gatos deben ser manejados del mismo modo que un gato adulto joven obeso.

Tabla 4. Guía simplificada de alimentación práctica <sup>12</sup>.

Etapa	Semana	Factor de Multiplicación
Gestación	1 - 6	1
	6 - 9	1.5
Lactancia	1	1-2
	3 - 4	3-4
	6	1.5
Crecimiento	Del nacimiento a la mitad de tamaño	2.5
	De la mitad de tamaño hasta el tamaño final	1.5



## BIBLIOGRAFÍA

- Loveridge, G.G., Rivers, J.P.: Bodyweight changes and energy intakes of cats during pregnancy and lactation. Burger, I. H. and Rivers J. P. W. (eds). Nutrition of the Dog and Cat. Cambridge University Press, Cambridge, (1989).
- Munday, H.S., Davidson, H.P.: Normal Gestation Lengths in the Domestic Shorthair Cat (*Felis domesticus*) Supplement to Journal of Reproduction and Fertility, (1992)
- Loveridge, G.G.: Bodyweight changes and energy intakes of cats during gestation and lactation. Animal Technology, 37: 7-15 (1986).
- Loveridge, G.G.: Some factors affecting kitten growth. Animal Technology, 38: 9-18 (1987)
- Baines, F.M.: Milk substitutes and the hand rearing of orphaned puppies and kittens. Journal of Small Animal Practice, 22: 555-578. (1981)
- Munday, H.S., Earle, K.E. The energy requirements of the queen during lactation and kittens from birth to 12 weeks. Journal of Nutrition, 121: 543-544 (1991)
- Taylor, E.J., Adams, C.; Neville, R. Some nutritional aspects of ageing in dogs and cats. Proceedings of the Nutrition Society, 54: 645-656 (1995).
- Mooney, C.T. Problems of the ageing cat Bulletin of the Feline Advisory Bureau, 28 (3): 64-67 (1991).



- 9 - Peterson, M.E.; Graves, T.K.: Diagnosis and treatment of occult hyperthyroidism in cats. Sokołowski, H. and Campfield, W. W. (eds). Proceedings of the 15th WALTHAM/OSU Symposium for the Treatment of Small Animal Diseases: Endocrinology, Vernon, (1992).
- 10.- Markham, R.W.; Hodgkins, E.M.: Geriatric nutrition Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice, 19: 165-185 (1989).
- 11.- Griffiths, C.R.: The geriatric cat. Journal of Small Animal Practice, 9: 343-355 (1968).
- 12.- Earle, K.E.: Calculations of energy requirements of dogs, cats and small psittacine birds. Journal of Small Animal Practice, 34: 163-173 (1993).
- 13.- Harper, J.: The energy requirements of senior cats. Waltham Focus, 2 (1997).
- 14.- Scarlett, J.M.; Donoghue, S., Saidla, J. y Wills, J.: Overweight cats: prevalence and risk factors. International Journal of Obesity, 18: S22 - S28 (1994).
- 15.- Kronfeld, D.S.; Donoghue, S., Glickman, L.T.: Body condition of cats. Journal of Nutrition, 124: 2683 - 2684 S
- 16.- Kitani, K.: Bile acids in ageing. In Ageing in liver and gastrointestinal tract MTP Press, Lancaster 1987.



## ENFERMEDADES NUTRICIONALES

Las enfermedades nutricionales derivan como el resultado directo de las fallas en la formulación de la dieta y/o las prácticas de alimentación, y pueden ser clasificadas en dos grandes grupos.

- 1) Condiciones asociadas con una nutrición deficiente, por ejemplo deficiencias específicas de vitaminas o minerales.
- 2) Condiciones asociadas con una nutrición excesiva, por ejemplo hipervitaminosis u obesidad.

Aunque existe un potencial teórico para el desarrollo de muchas deficiencias de nutrientes en particular, en la práctica se han notado solamente pocas de manera frecuente. Un punto importante para recordar es que los signos asociados con la deficiencia de nutrientes puede observarse en los animales que son alimentados con dietas que aparentan ser adecuadas nutricionalmente, en base a un análisis químico. En estos casos, los nutrientes presentes en la dieta no están disponibles para el animal. Esta pobre biodisponibilidad puede deberse a la forma química del nutriente en la dieta, o debido a la interacción entre nutrientes en dietas balanceadas pobremente. Por ejemplo, el fósforo presente en los fitatos de los cereales es pobremente disponible, y altos niveles de calcio presentes en las dietas pueden interferir con la absorción de otros cationes divalentes como el zinc.

Mientras que un inadecuado consumo de nutrientes podría esperarse (con excepción de aquellos cuyas demandas son cubiertas por la síntesis del cuerpo) que estuviera asociado con una enfermedad, el excesivo consumo de algunos nutrientes también es dañino para el individuo. Así, para cada nutriente existe un rango de diferentes consumos que son compatibles con una salud óptima y a partir de este rango podremos asociar la condición con una enfermedad o al menos con un estado de salud por debajo de lo óptimo.



La amplitud de este rango depende del nutriente en particular y de la etapa de vida del animal en cuestión. El grado en que un nutriente en particular es tóxico para un animal depende de un gran número de factores como si se almacena o no en el cuerpo, o si el exceso ingerido se excreta después de haber sido absorbido. Por ejemplo, los excesos de vitaminas hidrosolubles son excretados en la orina, por lo que es raro que se presente la toxicidad oral, mientras que es un problema de mayor potencial el caso de las vitaminas liposolubles, pues estas se almacenan en el cuerpo. Como se puede notar, la etapa de vida también puede incrementar el efecto de los consumos aceptables (o niveles de la dieta) de un nutriente en particular. Por ejemplo, el rango preferido de calcio en una dieta para gatitos en crecimiento es menor que aquel que es aceptable para el mantenimiento de los gatos adultos.

Los problemas de sobrenutrición o nutrición excesiva, relacionados con nutrientes específicos son más probables de presentarse por la suplementación indebida de las dietas o por la selección de materias primas de baja calidad en la preparación de dietas caseras. La obesidad, que es la forma más común de nutrición excesiva, y que es causada por un exceso de consumo energético, generalmente está asociada con prácticas de alimentación incorrectas.

Aún y cuando se sospeche de alguna enfermedad nutricional, no siempre es fácil probar o identificar el nutriente en particular implicado, pues la mayoría de los casos pueden estar complicados con la presencia de anorexia. Así, el acercamiento general al componente de la dieta o el manejo que puede ser de valor en muchos casos es sustituir con un alimento conocido preparado comercialmente, nutricionalmente completo. Este enfoque puede ser más sencillo que tratar de corregir los niveles de uno o más nutrientes en una dieta sospechosa. De hecho, es más común que la gran disponibilidad de los alimentos comerciales nutricionalmente balanceados ha llevado a una reducción en la incidencia de muchas enfermedades nutricionales.

## HIPERVITAMINOSIS A

La toxicidad de vitamina A no es común pues su precursor, el beta-caroteno, no es una sustancia tóxica. La mucosa intestinal regula la hidrólisis de los beta-carotenos y la subsecuente absorción del retinol en el cuerpo. Sin embargo, el gato no puede usar los carotenoides y debe consumir toda su vitamina A como retinil palmitado preformado o retinol libre de tejidos de origen animal. La absorción de la vitamina A preformada no está regulada por la mucosa intestinal, y un nivel tóxico de esta vitamina es bien absorbido por el cuerpo. El gato doméstico está más expuesto a ser alimentado con niveles excesivos de vitamina A que otras especies de mascotas. Si los gatos son alimentados con alimentos que contienen niveles excesivamente altos de vitamina A, son incapaces de protegerse de absorber niveles tóxicos. Estos alimentos incluyen vísceras como hígado y riñón y varios aceites de pescado. La toxicosis de vitamina A da por resultado una enfermedad llamada espondilosis cervical deformante. Los efectos del exceso de vitamina A en el crecimiento óseo y su remodelación causan el desarrollo de exostosis óseas (sobrecrecimiento) en las vértebras cervicales. Estos cambios eventualmente causan dolor, dificultad del movimiento, rigidez y parálisis en casos severos.

La toxicosis de vitamina A se ha reportado más a menudo en gatos que son alimentados con dietas compuestas exclusivamente de hígado u otras vísceras. Aunque es una práctica que ha ido desapareciendo por la disponibilidad de los alimentos comerciales, algunos propietarios aún siguen dando a sus gatos dietas compuestas por leche, hígado y sobras de mesa. Esta práctica es usualmente el resultado del comportamiento bien intencionado pero pobremente documentado de propietarios que piensan que el gato al ser un carnívoro, puede sobrevivir con una dieta exclusiva de carne o hígado toda su vida. Aunque muchos nutrientes en estas dietas están desbalanceados, uno de los problemas más serios es el de la toxicosis de vitamina A. El resultado patológico es el desarrollo de un síndrome llamado espondilosis cervical deformante. Los efectos de la vitamina A en el crecimiento óseo y remodelación dan por resultado el desarrollo de exostosis óseas (sobrecrecimientos) a lo largo de las inserciones musculares de las vértebras cervicales y los huesos largos de los miembros posteriores. Con el tiempo



estos procesos óseos causan dolor y dificultad en el movimiento <sup>1</sup>. Las enfermedades esqueléticas inducidas por vitamina A no son un problema práctico en los perros, pero se ha producido solo en el ámbito experimental. Los estudios muestran que los consumos extremadamente grandes de vitamina A en perros en crecimiento dan por resultado una disminución en el crecimiento y adelgazamiento de los huesos largos, cierre prematuro de los centros de crecimiento epifisiales y el desarrollo de osteofitos y reacciones periólicas <sup>2</sup>.

Los signos clínicos iniciales de la espondilosis cervical deformante en los gatos incluyen anorexia, pérdida de peso, letargia y un incremento en el rechazo al movimiento. Los gatos presentan una apariencia desalineada y se interesan menos en acicalarse. Conforme avanza la enfermedad se observa una postura característica. Los gatos adoptan una posición similar a la de los marsupiales sentados, manteniendo los miembros anteriores por arriba del nivel del piso. Generalmente caminan con los miembros posteriores flexionados y disminuye o desaparece la ventro-flexión de la cabeza. Se observa a menudo una expresión con la mirada fija, probablemente como el resultado de la incapacidad de los gatos para voltear su cabeza para ver. La cojera en uno o ambos de los miembros anteriores se observa en etapas más avanzadas<sup>3</sup>. El desarrollo de exostosis ocurre principalmente en las tres primeras articulaciones de las vértebras cervicales y las articulaciones de los miembros posteriores. Se ha postulado que los movimientos normales de acicalado y limpieza normal del gato dan por resultado la predilección de estos sitios. La intoxicación crónica con vitamina A parece aumentar la sensibilidad del periostio a los efectos a bajos niveles de trauma y movimientos repetitivos que normalmente serían insuficientes para generar una respuesta inflamatoria.

Estudios experimentales muestran que el nivel de vitamina A requerido para producir lesiones esqueléticas en el lapso de unos cuantos meses es de entre 17 y 35 microgramos por gramo ( $\mu\text{g/g}$ ) de peso corporal. Un gatito de 1 kilogramo de peso tendría que consumir un mínimo de 17,000  $\mu\text{g}$  (56,000 UI) de vitamina A por día para alcanzar este nivel. De acuerdo con los Requerimientos de Nutrientes para Gatos del NRC, un gatito de 1 kilogramo requiere aproximadamente 50  $\mu\text{g}$  de vitamina A por día (100

$\mu\text{g}/\text{kg}$  de dieta seca) <sup>4</sup> La dosis tóxica de vitamina A necesaria para producir toxicidad aguda es por lo tanto más de 300 veces el requerimiento diario de un gatito. Un gato adulto que pesa 5 kg tendría que consumir al menos 85,000  $\mu\text{g}$  de vitamina A diariamente para alcanzar este nivel tóxico. El requerimiento diario de vitamina A para un gato activo de 5 kg es de aproximadamente 80  $\mu\text{g}/\text{día}$ . Por lo tanto un gato adulto tendría que consumir 1000 veces su requerimiento diario de vitamina A para alcanzar niveles tóxicos. Es indiscutible que un gato nunca consumirá este nivel si recibe un alimento comercial para mascotas, nutricionalmente balanceado.

También sería difícil para un gato consumir este nivel de vitamina A si es alimentado con una dieta exclusiva de hígado. El hígado de res contiene aproximadamente 160  $\mu\text{g}$  (530 UI)/g <sup>5</sup>. Un gato adulto que consume 6 onzas de hígado por día estaría ingiriendo solo 27,200  $\mu\text{g}$  de vitamina A por día, bastante menos del nivel que fue establecido por los investigadores <sup>3</sup>. Sin embargo, todos los casos que se reportan en la literatura mencionan que la espondilosis cervical deformante se desarrolló en gatos que eran alimentados con dietas basadas en hígado.

Existen dos posibles explicaciones para esta discrepancia. En primer lugar, se sabe que los hígados de animales en producción tienen grandes variaciones en el contenido de vitamina A <sup>5</sup>. El nivel de 160  $\mu\text{g}/\text{g}$  de vitamina A en el hígado de res es un promedio, no un valor absoluto. Por otro lado y de mucha consideración es el hecho de que todos los casos que se han reportado ocurrieron en gatos que habían sido alimentados con dietas en base a hígado por grandes períodos de tiempo <sup>6, 7</sup>. Los trabajos experimentales realizados involucraban niveles mucho mayores de vitamina A y producían signos de toxicidad en períodos de tiempo muy cortos. A menores dosis de vitamina A, la espondilosis cervical parece desarrollarse lentamente a todo lo largo de la vida del gato, y los signos clínicos de la enfermedad no se hacen evidentes sino hasta una etapa avanzada de la vida adulta del animal. Esta conclusión es apoyada por el hecho de que el promedio de edad para el diagnóstico de espondilosis cervical en gatos mantenidos como mascotas es de 4.25 años <sup>1</sup>. Por lo tanto el nivel reportado de vitamina A para producir toxicidad en el gato (17 a 35  $\mu\text{g}/\text{g}$  de peso corporal) puede ser realista para la producción experimental de



toxicidad aguda, pero el nivel que puede producir espondilosis cervical deformante probablemente sea sustancialmente menor.

**Tabla 1. Requerimientos mínimos recomendados de vitaminas liposolubles\***

	Vitamina A	Vitamina D	Vitamina E	Vitamina K
NRC	3333 UI	500 UI	30 UI	0.1 mg
AAFCO	5000 UI	500 UI	30 UI	0.1 mg <sup>†</sup>

\* Por kilogramo de dieta.

† Para gatos que consumen dietas que contienen >25% de pescado (en base de materia seca).

El tratamiento de los gatos con hipervitaminosis A es esencialmente mediante una corrección de la dieta. Desgraciadamente, el persuadir a un gato que ha sido alimentado con grandes cantidades de hígado puede resultar difícil, pues este alimento les resulta altamente palatable a los gatos. Puede ser necesario el acostumbrar al gato a alimentos alternativos de manera gradual. Se ha recomendado la administración de sustancias lipotróficas como la metionina o la colina<sup>8</sup>. El cambio en la dieta tiende a aminorar la presentación de los signos clínicos.

## HIPERVITAMINOSIS D

La hipervitaminosis D es una condición relativamente rara en los gatos. Sin embargo, se ha reportado como el resultado de una suplementación indiscriminada en la dieta o de envenenamiento con raticidas. La dosis mínima fetal de calciferol reportada en el perro es de 4 mg/kg., y se estima que los gatos pueden ser más susceptibles. Sin embargo, las preparaciones raticidas comerciales contienen generalmente solo el 0.1% del compuesto activo, se necesitarían ingerir grandes cantidades para producir toxicidad aguda<sup>9</sup>. La hipervitaminosis D ha sido producida con éxito a nivel experimental.

Los signos clínicos reportados en una serie de cuatro casos incluían desórdenes gastrointestinales, anorexia y poluria y/o polidipsia<sup>10</sup>. La hipercalcemia es característica de la hipervitaminosis D y aunque también se ha notado hiperfosfatemia en los casos clínicos, en los estudios experimentales estu-

ausente <sup>11</sup>. El desarrollo de la patología renal está asociado con la hipervitaminosis D y se ha observado calcificación metastásica en el corazón, pulmones, riñones y estómago, esto en estudios experimentales.

<sup>11, 12</sup> La insuficiencia renal llevó eventualmente a la eutanasia de dos de los casos mencionados anteriormente

El tratamiento exitoso para la hipocalcemia que se sospecha ser causada por la ingestión de rodenticidas incluye la administración intravenosa de solución de cloruro de sodio al 0.9%, furosemida IV, prednisolona vía subcutánea y calcitonina subcutánea. La suplementación de cloruro de potasio que se dio fue para disminuir las pérdidas en la orina durante el período de terapia de fluidos. Se notó que el tratamiento tenía que ser continuado por un período de tiempo largo, y que se tenían que monitorear los niveles de calcio al empezar el retiro. También se consideró que la calcitonina podría ser causante de anorexia <sup>13</sup>

## DEFICIENCIA DE CALCIO

La relación entre el calcio y el fósforo requiere no solo que estén presentes en las cantidades adecuadas en la dieta, sino también en la correcta proporción. Varias enfermedades del esqueleto pueden estar asociadas con niveles o proporciones incorrectas de calcio y/o fósforo en la dieta, de las cuales la más común es el hiperparatiroidismo nutricional secundario. La comprensión básica del mecanismo de esta enfermedad es una deficiencia de calcio que da por resultado una hipocalcemia transitoria que estimula la liberación de hormona paratiroidea de las glándulas paratiroides <sup>14</sup>. La clásica causa de esto es la administración de una dieta inadecuada basada en carne fresca. Esta es una fuente muy pobre de calcio y tiene una proporción adversa de calcio-fósforo, por ejemplo, la carne cruda provee de aproximadamente 23 mg de calcio y 585 mg de fósforo por 400 kcal de EM (1.7 MJ de EM).

El consumo de un exceso de fósforo también puede producir hipocalcemia y de ahí la estimulación paratiroidea, aun cuando haya un nivel adecuado de calcio en la dieta, por la interrelación de los iones de calcio y fósforo en solución <sup>15</sup>. La hormona paratiroides actúa como auxiliar para restaurar el nivel de

calcio sanguíneo a través de sus efectos en el riñón, disminuyendo la excreción de calcio y aumentando la del fósforo; y a nivel óseo incrementa la resorción con los efectos en todo el esqueleto. Esta enfermedad se presenta principalmente en los animales jóvenes en etapas de crecimiento rápido.

Los animales afectados pueden exhibir una serie de signos clínicos que incluyen la cojera, posiciones anormales debidas a la laxitud de los ligamentos articulares o los tendones, incapacidad o rechazo a permanecer parado o caminar, y dolor óseo generalizado. Los animales severamente afectados pueden chillar con anticipación a ser forzados a moverse. Pueden ocurrir fracturas en los huesos largos, aunque el sitio más vulnerable en los gatos parece ser la columna vertebral. Las fracturas de las vértebras pueden ser asociadas con paraplejía <sup>14 16 17</sup>

Las radiografías revelan una baja densidad ósea, corteza muy delgada en casos severos, y más comúnmente, fracturas. Los centros de crecimiento aparecen normales y a menudo están asociados con un área radiodensa de mineralización preferencial en la metáfisis adyacente <sup>14, 17</sup>

Para el tratamiento de esta condición, se debe parar el suministrar de una dieta desbalanceada, y debe ser sustituida por una dieta adecuada y balanceada que cubra los requerimientos de fósforo y calcio del animal. El modo más simple de realizarlo es usar un alimento comercial adecuado para ella etapa de crecimiento. Se ha recomendado una suplementación con calcio posterior para alcanzar una proporción adecuada de calcio : fósforo de 2:1, pues ésta ha sido recomendada para animales severamente afectados durante la etapa de recuperación, pero esto debe suspenderse cuando la recuperación se haya completado <sup>18</sup>. El confinamiento de los animales afectados durante la recuperación es aconsejable para reducir el riesgo de fracturas. Se pueden administrar analgésicos, pero la recuperación del estado de dolor generalmente es rápida después de la corrección de la dieta.

La prevención de esta condición puede ser lograda dando una buena asesoría alimenticia a los propietarios de gatitos y con el uso de alimentos comerciales de buena calidad para gato.

## DEFICIENCIA DE VITAMINA D

Este padecimiento se ha asociado con la presentación de raquitismo, a la misma condición que se presenta en los animales adultos se le llama osteomalacia, sin embargo existe incertidumbre sobre la importancia relativa de la vitamina D y los niveles en la dieta de calcio y fósforo. Los estudios experimentales han mostrado que se puede presentar el raquitismo aún cuando hay niveles y proporción normales de calcio y fósforo <sup>19</sup>, aunque estudios más recientes no encontraron signos de enfermedad ósea, excepto por un ligero retraso en la tasa de cierre de las epífisis, sin importar que fuera en períodos largos de falta de vitamina D <sup>20</sup>.

Esta condición está caracterizada por la falla en la mineralización normal de tejido osteoide de reciente formación en los animales jóvenes, también de la matriz cartilaginosa en los centros de crecimiento epifisiales <sup>17</sup>. Ahora se considera que esta es una condición rara.

Los signos clínicos incluyen cojera e incapacidad para caminar, lordosis, erupción anormal de los dientes y desarrollo de una postura plantigrada. Se puede notar la deformación de los huesos, junto con el arqueamiento del eje de los huesos largos y el alargamiento de la epífisis y la metáfisis. Radiográficamente, se considera como un signo patognomónico de esta enfermedad el ensanchamiento de los centros de crecimiento epifisiales. Se ve reducida la densidad ósea en todo el esqueleto <sup>14, 17</sup>. Se ha observado una tetania hipocalcémica.

El tratamiento se da por una corrección de la dieta, asegurando que la dieta de sustitución contenga las cantidades adecuadas de vitamina D y minerales, la última también en la correcta proporción. Por las consideraciones de los riesgos de una hipervitaminosis D, la sustitución de la dieta incompleta con una adecuada es probablemente preferible a tratar de suplementar la dieta deficiente con nutrientes de manera individual. La excepción a esta estrategia general debe darse en los casos donde se sospecha de

una falla en el metabolismo de la vitamina D. El manejo de dichos casos usando suplementación con calcio e dehidrotaquisterol ha sido reportado <sup>21</sup>.

#### DEFICIENCIA DE VITAMINA A

La hipovitaminosis A se ha reportado de manera muy rara de manera clínica. En estudios experimentales se ha reportado pérdida de peso como el signo más constante, ocurriendo de manera más súbita en los gatos más jóvenes que en los más grandes alimentados con una dieta deficiente. Los gatos también desarrollaban un exudado serosanguinolento alrededor de los párpados, así como debilidad muscular e incoordinación, especialmente de los miembros traseros. Los cambios característicos observados en este estudio fueron metaplasia de células escamosas en el tracto respiratorio, conjuntiva, glándulas salivares y endometrio. Como secuelas aparecieron extensas infecciones de los pulmones y ocasionalmente en la conjuntiva y las glándulas salivares. . También se notó hipoplasia de los túbulos seminíferos y atrofia focal de la piel, y algunos gatos mostraron displasia focal del tejido pancreático exócrino. El retardo del crecimiento óseo no fue registrado en este estudio, pero esto podría ser un reflejo de la edad de los animales utilizados <sup>19</sup>.

Además de la historia clínica de la dieta y los signos clínicos, el aseguramiento de los niveles séricos de vitamina A puede ser útil en el diagnóstico de una hipovitaminosis A, con niveles de aproximadamente 200 UI/100 ml en gatitos que daban apariencia de alguna enfermedad <sup>22</sup>. Cuando se sospecha de una hipovitaminosis A, la dieta debe ser corregida o suplementada, aunque como con la suplementación de la vitamina D se debe tener cuidado para evitar una suplementación excesiva.

#### DEFICIENCIA DE VITAMINA E

Probablemente la condición más conocida con esta condición es la "enfermedad de la grasa amarilla" o pansteatitis en los gatos. Esto ocurre cuando se suministran grandes niveles de ácidos grasos



polinsaturado con bajos niveles de vitamina E, dando por resultado la deposición de pigmento ceroides en el tejido adiposo con la consiguiente necrosis de las células grasas y su subsecuente inflamación<sup>23</sup>. En los primeros reportes, la condición estaba asociada a gatos alimentados predominantemente con atún rojo, pero también se han registrado casos de gatos alimentados con otros tipos de pescado<sup>23, 24, 25</sup>

Los signos clínicos mayores observados en casos de pansteatitis incluyen anorexia, depresión, pirexia y sensibilidad generalizada. La grasa subcutánea se puede sentir abultada a la palpación, particularmente en el abdomen. También puede estar presente una leucocitosis con neutrofilia y desviación a la izquierda

<sup>23, 25</sup>

El tratamiento consiste en la corrección de la dieta, aunque como en los gatos acostumbrados al hígado, puede ser difícil en algunos casos, y se recomienda la administración de vitamina E (20 - 25 UI b.i.d.). El empleo de corticosteroides también puede ser de valor en algunos casos<sup>23</sup>.

#### DEFICIENCIA DE ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES (AGE)

Se han registrado casos experimentales de deficiencia de ácidos grasos esenciales en los gatos, aunque es difícil identificar su importancia clínica. Rivers<sup>26</sup> comentó que es difícil inducir una deficiencia de AGE en el gato sin que se le suministren por largos períodos dietas diseñadas especialmente para tal propósito. No obstante, los AGE son de considerable interés en la medicina veterinaria, más por su posible valor terapéutico en ciertas dermatosis más que por una consideración a una real deficiencia. Además de las deficiencias en la dieta, puede ocurrir una deficiencia de AGE como resultado de una malabsorción intestinal, en la enfermedad hepática y cuando hay una falla en la función de las enzimas involucradas en el metabolismo de AGE<sup>27</sup>

Se han reportado signos muy poco específicos de una deficiencia de AGE en los gatos. El aspecto general es de retraso en el crecimiento en los animales jóvenes y emaciación en los adultos. El pelaje



puede estar tieso y opaco, o en otro extremo, es decir un pelaje grasoso. Se han asociado una variedad de problemas con la reproducción que incluyen un estro irregular o ausente, reabsorciones frecuentes, muerte en los neonatos; los machos pueden negarse a cruzar. Los cambios patológicos e histológicos incluyen infiltración grasa y degeneración del hígado en los gatos, y la hiperplasia e hiperqueratosis de la piel <sup>28</sup>. La deficiencia de AGE puede ser manejada cambiando a una dieta adecuada o mediante la suplementación. Como se ha visto anteriormente, el gato requiere ácido linoléico y una fuente de ácido araquidónico para ciertas funciones, como para la reproducción en las hembras <sup>29</sup>.

#### DEFICIENCIA DE TIAMINA

La deficiencia de tiamina es un ejemplo de una deficiencia de un nutriente en particular que puede ser encontrada en la práctica. El desarrollo de la deficiencia de tiamina en el gato puede ser dividida en tres etapas con signos característicos <sup>30</sup>:

- 1) *Etapa de inducción: pérdida gradual de apetito, que generalmente empieza a la segunda semana de la alimentación con la dieta deficiente, con una completa anorexia alrededor de la cuarta semana, aunque el gato muestre interés en el alimento. Puede presentarse el vómito. El caminar es normal hasta el fin de la tercera o cuarta semana cuando ocurre empieza a hacerse presente a menudo una pequeña ataxia en los miembros posteriores.*
- 2) *Etapa crítica: caracterizada por signos nerviosos. La presentación de esta etapa es súbita. Las condiciones más constantes son posturas anormales, ataxia y dilatación de la pupila; la ventroflexión de la cabeza y las convulsiones también son comunes.*
- 3) *Etapa terminal. el animal se torna progresivamente más y más débil y entra en esta etapa cuando presenta postración. El deceso ocurre en uno o dos días*

El curso de la deficiencia de tiamina en estos estudios se desarrollo rápidamente y terminó con el deceso del gato en un período de 30 - 40 días. El tratamiento con inyecciones de tiamina puede generar una rápida recuperación si es que la enfermedad no ha progresado mucho. En la etapa terminal el tratamiento no es exitoso, y los gatos tratados en la etapa crítica pueden mostrar algunas complicaciones por varias semanas<sup>30</sup>. La dieta del animal debe ser corregida

## DEFICIENCIA DE TAURINA

La taurina es un nutriente esencial en la dieta de los gatos por las razones discutidas en el capítulo de Requerimientos Nutricionales del Gato. La asociación entre una falta de taurina en la dieta y la degeneración de la retina ha sido bien establecida<sup>31</sup>, pero de manera más reciente la deficiencia de taurina también ha sido asociada con otras condiciones clínicas que incluyen problemas reproductivos y cardiomiopatía dilatada.

### Degeneración de la retina

Los cambios oftalmológicos en esta condición han sido descritos<sup>32</sup>, y parecen específicos, al menos en las primeras etapas, desde la retinopatía hasta esta causa. Los primeros cambios visibles ocurren en el área central, observada como un punto de reflectividad incrementada, que aumenta gradualmente de tamaño, pero permanece claramente demarcada. Las lesiones son generalmente bilaterales y simétricas. La deficiencia de taurina en la dieta debe estar presente por algunos meses antes de que aparezcan los cambios. Las lesiones son progresivas mientras el gato es mantenido con la dieta deficiente, aunque los defectos visuales no son aparentes hasta las últimas etapas de la degeneración.



### Reproducción

La deficiencia de taurina también ha sido demostrada como responsable de efectos negativos en el desempeño reproductivo de las gatas, y en el crecimiento y sobrevivencia de los gatitos. En un estudio se observaron reabsorciones fetales, aborto y mortinatos; además se observó que sólo el 33% de las hembras podían mantener una gestación normal durante todo el período de duración y llevarla a término. Se observó pobre tasa de supervivencia y bajos pesos al nacimiento de los gatitos nacidos vivos. Se observó un pobre crecimiento y desarrollo de anomalías asociadas con disfunción cerebelar en los gatitos sobrevivientes <sup>33</sup>.

### Cardiomiopatía dilatada

La deficiencia de taurina también ha sido asociada con cardiomiopatía dilatada en los gatos <sup>34</sup>. Más recientemente se ha notado que muchos casos de cardiomiopatía dilatada felina están asociados con bajos niveles plasmáticos de taurina, y que la administración de taurina a los animales afectados puede dar por resultado en la mayoría, una recuperación aparente de la función cardíaca. Se recomienda una suplementación de taurina en una dosis de 250 mg por vía oral b.i.d., además de la terapia estándar para cardiomiopatía dilatada. Además se ha mencionado que la prognosis para los gatos que sobreviven las cuatro semanas después de iniciada la terapia puede ser considerada de buena a excelente <sup>35, 36</sup>.

La taurina puede ser medida en la sangre entera o en el plasma. La sangre entera da una mejor condición de la condición de la taurina corporal, y los niveles plasmáticos están influenciados por el consumo en la dieta. La concentración de taurina en los eritrocitos es substancialmente mayor que en el plasma, por lo tanto, si se usa plasma se debe cuidar que durante la colección de la muestra se evite la hemólisis. Los valores normales para la sangre son de menos de 200 nmol/ml y para el plasma de alrededor de 60 nmol/ml. El valor crítico abajo del cual un gato está en riesgo de desarrollar cardiomiopatía es aproximadamente 20 nmol/ml en el plasma <sup>36</sup>. En ausencia de medidas de taurina plasmática, la revisión

La dieta del gato puede ser de ayuda para predecir el estado del consumo de taurina, recordando que las fuentes de taurina son esencialmente limitadas a materias primas de origen animal.

La corrección en la dieta y/o la suplementación con taurina deben realizarse cuando se sospeche de una deficiencia de taurina. Las recomendaciones al contenido de taurina en los alimentos comerciales han tenido un impacto en la presentación de la cardiomiopatía dilatada felina, pues en dos clínicas de referencia la presentación disminuyó de 28% en diagnósticos ecocardiográficos del 28% en 1986 al 6% en 1989. Este cambio se asocia a la reformulación de los alimentos para gato siguiendo la recomendación de la reformulación de los alimentos comerciales.<sup>37</sup>

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- English, P.B.; Seawright, A.A.: Deforming cervical spondylosis of the cat. Aust Vet J. 40: 376 - 381 (1964).
- 2.- Cho D.Y.; Frey, R.A.; Guffy, M.M.: Hypervitaminosis A in the dog. Am J Vet Res. 36: 1597 - 1600 (1975).
- 3.- Seawright, A.A.; English, P.B.; Gartner, R.J.: Hypervitaminosis A and deforming cervical spondylosis of the cat. J Comp. Pathol. 77 : 29 - 38 (1967).
- 4.- National Research Council: Nutrient requirements of cats. National Academy of Sciences. Washington DC, 1986.
- 5.- United States Department of Agriculture: Nutritive value of foods. Home and Garden Bulletin. 72 (1980).
- 6.- Lucke, V.M.; Bardgett, P.L.; Mann, P.G.: Deforming cervical spondylosis in the cat associated with hypervitaminosis A. Vet Rec. 82: 141 - 142 (1968).
- 7.- Riser, W.H.; Brodey, R.S.; Shirer, I.F.: Osteodystrophy in mature cats a nutritional disease. J. Nucl. Med. Technol. Radiol Soc. 9 37 - 46 (1968).
- 8 - Whittick, W.G.: Metabolic bone diseases. In Canine Orthopedics. Lea & Febiger, Philadelphia, 1974.



- 9.- Burger, I.H.; Flecknell, P.A.: Poisoning. In Feline Medicine and Therapeutics Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1985
- 10.- Pagès, J.P.; Trouillet, J.L.: Néphropathie hypercalcémique. a propos de quatre intoxications argus par la vitamine D chez le chien Pratique Medicale et Chirurgicale de l' Animal de Compagne, 19. 293 - 300 (1984).
- 11.- Spangler, W.L.; Gribble, D.H.; Lee, T C : Vitamin D intoxication and the pathogenesis of vitamin D nephropathy in the dog American Journal of Veterinary Research, 40: 73 - 83 (1979).
- 12.- Mulligan, R.M.; Strickler, F.L Metastatic Calcification produced in dogs by hypervitaminosis D and anorexia. American Journal of Pathology, 24: 451 - 466 (1948)
- 13.- Fooshee, S K.; Forrester, S D : Hypercalcemia secondary to cholecalciferol rodenticide toxicosis in two dogs Journal of the American Veterinary Medical Association, 196: 1265 -. 1268 (1990).
- 14.- Bennett, D.: Nutrition and bone disease in the dog and cat. Veterinary Record, 98: 313 - 320 (1976).
- 15.- Krook, L.; Barret, R B., Usui, K.; Wolke, R.E.: Nutritional secondary hyperparathyroidism in the cat Cornell Veterinarian, 53: 224 - 246 (1963)
- 16.- Campbell, J.R.: Under-mineralisation in dogs and cats In Over and Undernutrition. Pedigree Petfoods, Melton Mowbray, 1980
- 17.- Campbell, J R ; Griffiths, I.R.: Bones and muscles. In Canine Medicine and Therapeutics. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1984



- 18.- Capen, C.C.; Martin, S.L.: Calcium-regulating hormones and diseases of the parathyroid glands. In Veterinary Internal Medicine. W.B. Saunders, Philadelphia, 1983.
- 19.- Gershoff, S.N., Legg, M.A.; O'Connor, F.J.; Hegsted, D.M.: The effect of vitamin D D deficient diet containing various Ca : P ratios on cats. Journal of Nutrition, 63: 79 - 93 (1957\*).
- 20.- Rivers, J.P.; Frankel, J.L.: Fat in the diet of dogs and cats. In Nutrition of the Dog and Cat. Pergamon Press, Oxford, 1980.
- 21.- Johnson, K.A.; Church, D.B.; Barton, R.J.; Wood, A.K.: Vitamin D dependent rickets in a Saint Bernard dog. Journal of Small Animal Practice, 29: 657 - 666 (1988).
- 22.- Scott, D.W.; Scott, M.G.: Vitamin A and reproduction in the cat. Journal of Reproduction and Fertility 8: 270 (1964).
- 23.- Gaskell, C.J.; Leedale, A.H.; Douglas, S.W.: Pansteatitis in the cat: a report of four cases. Journal of Small Animal Practice, 16: 117 - 121 (1975)
- 24.- Munson, T.O.; Holzworth, J.; Small, E.; Witzel, S.; Jones, T.C. y Luginbühl, H.: Steatitis ("yellow fat") in cats fed canned red tuna. Journal of the American Veterinary Medical Association, 133, 563 - 568 (1958).
- 25.- Griffiths, R.C.; Thornton, G.W.; Wilson, J.E.: Pansteatitis ("yellow fat") in cats. Journal of the American Veterinary Medical Association, 137 : 126 - 138 (1960)
- 26.- Rivers, J.P.: Essential fatty acids in cats. Journal of Small Animal Practice, 23: 563 - 576 (1982).



Lloyd, D.H.: Essential fatty acids and skin disease. Journal of Small Animal Practice, 39: 207 - 212

:9)

Rivers, J.P.; Frankel, J.L.: Fat in the diet of dogs and cats. In Nutrition of the Dog and Cat. Pergamon Press, Oxford, 1980

- McDonald, M.L.; Rogers, Q.R., Morris, J.G.; Cupps, P.T.: Effect of linoleate and arachidonate deficiencies on reproduction and spermatogenesis in the cat. Journal of Nutrition, 114: 719 - 726 (1984)

- Everett, G.M.: Observations on the behaviour and neurophysiology of acute thiamin deficient rats. American Journal of Physiology, 141: 439 - 448 (1944).

1.- Hayes, K.C.; Carey, R.E.; Schmidt, S.Y.: Retinal degeneration associated with taurine deficiency in the cat. Science, 188: 949 - 951 (1975).

2.- Barnett, K.C.; Burger, I.H.: Taurine deficiency retinopathy in the cat. Journal of Small Animal Practice, 31: 521 - 534 (1980)

33 - Sturman, J.A.; Gargano, A.D., Messing, J.M., Imaki, H.: Feline maternal taurine deficiency. effect on mother and offspring. Journal of Nutrition, 116: 665 - 667 (1986)

34 - Pion, P.D.; Kittleson, M.D.; Rogers, Q.R.; Morris, J.G.: Myocardial failure in cats associated with low plasma taurine: a reversible cardiomyopathy. Science, 237: 764 - 768 (1987)

35.- Pion, P.D., Kittleson, M.D.; Delellis, L.A.; Newhouse, C.A.; Rogers, Q.R.: Recovery of myocardial function in cats with dilated cardiomyopathy secondary to taurine deficiency: one year followup. Circulation, 78: 340 (1988).

36.- Pion, P.D.; Kittleson, M.D.: Taurine's role in clinical practice. Journal of small Animal Practice, 31 -518 (1990).

37.- Skiles, M.L.; Pion, P.D.; Hird, D.W.; Kittleson, M.D.; Stein, B.S., Lewis, J.; Peterson, ■  
Epidemiologic evaluation of taunne deficiency and dilated cardiomyopathy in cats. Journal of Veter  
Internal Medicine, 4 : 117 (1990).

## ALIMENTOS COMERCIALES EN MÉXICO

Es impresionante el hermetismo con el que las compañías productoras de alimentos comerciales para gatos guardan cifras respecto a volúmenes producidos, totales en ventas, porcentajes de distribución por canal, incluso de datos del pasado para tener un marco de referencia

El único dato que pudimos obtener de manera informal fue el índice de penetración calórica es de alrededor del 12% al 15%.

Desgraciadamente aquí no existe un órgano regulatorio como la AAFCO que tiene disponibles algunas estadísticas interesantes en Estados Unidos, por lo que este capítulo se reduce a incluir un glosario de los principales productores y sus alimentos comerciales para gatos en nuestro país

### A) Effem México

LINEA DE ALIMENTOS	NOMBRE DEL ALIMENTO	CARACTERÍSTICAS	PRESENTACIÓN
OPTIMUM	Optimum <sup>®</sup> Seco	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	500 gramos y 1.5 kilogramos.
	Optimum <sup>®</sup> Carne	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Latas de 156 gramos. Variedades: Simmered stew with beef, With beef, Seafood supper white tuna, With ocean whitefish, Mixed grill whit liver y With chicken & rice.
SHEBA	Sheba <sup>®</sup>	Alimento "super premium" fabricado a base de ingredientes naturales y carnes de primera selección.	Latas de 100 gramos. Variedades: Beef in aspic, Salmon in aspic y Chicken in aspic.
WHISKAS	Whiskas <sup>®</sup> Carne	Alimento para la nutrición posible del gato en las diferentes etapas de su vida.	Latas de 156 y 350 gramos. Variedades de 156 gramos: Tuna chicken dinner, Chunky kitty stew y With bits of beef Variedades de 350 gramos. Salmon, Kitty stew y Chicken & tuna dinner.
	Whiskas <sup>®</sup> Choice Cuts	Alimento para la nutrición posible del gato en las diferentes etapas de su vida.	Latas de 156 gramos Variedades: Choice cuts with beef, Choice cuts with turkey y Choice cuts with chicken.
	Whiskas <sup>®</sup> Sardinas	Único producto en el mercado con verdaderos trozos de sardina y atún	Latas de 156 y 350 gramos. Variedades de 156 gramos: Sardinas al natural, Sardinas con atún y Sardinas c/caldo de camarón Variedades de 350 gramos: Sardinas al natural, Sardinas con atún y Sardinas c/caldo de camarón.
	Whiskas <sup>®</sup> Seco	Alimento para la nutrición posible del gato en las diferentes etapas de su vida.	Bolsas de 500 gramos, 1.5 y 8 kilogramos. Variedades de 500 gramos: Original recipe, Poultry recipe y Seafood recipe Variedades de 1.5 kilogramos. Original recipe, Poultry recipe y Seafood recipe Variedades de 8 kilogramos: Original



WALTHAM DIETAS VETERINARIAS	Feline Calorie Control (Control de Calorías para Gatos)	Para lograr una reducción de peso en gatos obesos o con sobrepeso. <i>Contraindicado en gatitos en crecimiento, hembras en gestación o en lactación.</i>	recipe, Poultry recipe y Seafood recipe. Latas de 170 gramos y bolsas de 3 kilogramos.
	Feline Control pHormola (Fórmula de Control pH para Gatos)	Para usarse en gatos adultos con riesgo de contraer la enfermedad de tracto urinario bajo, asociado a la formación de estruvita. <i>Contraindicado en gatitos en crecimiento y hembras en gestación y en lactación; en gatos con insuficiencia renal, enfermedad hepática, o con cualquier condición que afecte los mecanismos del control del balance ácido-base; en gatos con urolitos de no estruvita o cristaluria.</i>	Latas de 170 gramos y bolsas de 2 kilogramos.
	Feline Low Protein (Baja en Proteína para Gatos)	Para gatos adultos con falla renal. Para gatos adultos en los que se indica una reducción en el consumo de proteína y toleran una dieta alta en grasas. <i>Contraindicado en gatitos en crecimiento y hembras en gestación o en lactación.</i>	Latas de 170 gramos y bolsas de 2 kilogramos.
	Feline Selected Protein (Proteína Selecta para Gatos)	Para gatos y gatitos que muestren signos de intolerancia o alergia a la comida. Como una ayuda en el diagnóstico de alérgenos provenientes de la comida. Diarrea debida a otras causas. <i>Contraindicado en alergia o intolerancia a la carne de venado o al arroz (lata), alergia o intolerancia a la carne de pato o al arroz (seco).</i>	Latas de 170 gramos y bolsas de 2 kilogramos.
WALTHAM FORMULA	Dieta de Acondicionamiento para Gatos Adultos		

Las marcas Optimum<sup>®</sup>, Sheba<sup>®</sup> y Whiskas<sup>®</sup> son propiedad de Effem México. El autor no es responsable de la información aquí contenida, pues esta fue proporcionada directamente por el fabricante, por lo que la responsabilidad de cualquier error u omisión recae en él

B) Purina México

LINEA DE ALIMENTOS	NOMBRE DEL ALIMENTO	CARACTERÍSTICAS	PRESENTACIÓN
GATINA®	Gatina Pollo	Alimento formulado para gatos de todas las edades	Latas de 375 gramos. Bolsas de 0.5, 1.5 y 7.5 kilogramos.
	Gatina Pescado	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Latas de 375 gramos Bolsas de 0.5, 1.5 y 7.5 kilogramos.
CAT CHOW®	Cat Chow Delicias Rellenas	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Bolsas de 0.5, 1.5 y 7.5 kilogramos
	Cat Chow Delicias de la Granja	Alimento formulado para gatos de todas las edades	Bolsas de 0.5, 1.5 y 7.5 kilogramos.
	Cat Chow Delicias del Mar.	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Bolsas de 0.5, 1.5 y 7.5 kilogramos
	Cat Chow Gatitos.	Alimento formulado para gatitos en crecimiento, hembras en gestación y lactancia y para el periodo de destete	Caja con 500 gramos
	Cat Chow Carne e Hígado	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Lata de 156 y 375 gramos
	Cat Chow Pescado y Atún	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Lata de 156 y 375 gramos.
	Cat Chow Pollo y Atún	Alimento formulado para gatos de todas las edades	Lata de 156 y 375 gramos.
	Cat Chow Pescado Blanco.	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Lata de 156 y 375 gramos.
	Cat Chow Pollo e Hígado.	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Lata de 156 y 375 gramos.
	Cat Chow Treats	Premios nutricionalmente balanceados	Bolsa de 170 gramos Variedades: sabor carne (control de sarro), sabor salmón, sabor pollo y queso.
	Cat Chow Soft	Único alimento semihúmedo para gatos en el mercado Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Bolsa de 170 gramos

Las marcas Cat Chow® y Gatina® son propiedad de Ralston Purina México. El autor no es responsable de la información aquí contenida, pues esta fue proporcionada directamente por el fabricante, por lo que la responsabilidad de cualquier error u omisión recae en él.

c) NESTLÉ MÉXICO

LINEA DE ALIMENTOS	NOMBRE DEL ALIMENTO	CARACTERÍSTICAS	PRESENTACIÓN
FRISKIES®	Chef's Blend	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Bolsa de 8.16 y 1.42 kilogramos
	Friskies Kitten	Alimento formulado para gatitos	Latas de 85 gramos



	en crecimiento, hembras en gestación y lactancia y para el periodo de destete.	Variedades. Ocean Fish y Turkey
Firskies Lata	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Bolsa de 1.42 kilogramos. Estuche de 459 gramos. Latas de 156 gramos: Variedades: Salmon Dinner, Turkey/Giblets, White Fish and Tuna Beef and Liver, Mixed Grill, Liver and Chicken, Latas de 368 gramos: Variedades: Salmon Dinner, Turkey/Giblets, White Fish and Tuna
Friskies Bolsa	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Bolsas de 1.42 kilogramos: Variedades: Ocean Fish, Gourmet, Poultry Platter. Bolsas de 8.16 kilogramos. Variedades: Ocean Fish y Gourmet. Bolsa de 2.85 kilogramos. Variedades: Ocean Fish y Gourmet.
Friskies Estuche	Alimento formulado para gatos de todas las edades.	Caja con 459 gramos. Variedades: Ocean Fish, Gourmet y Poultry Platter.

La marca Friskies® es propiedad de Nestlé México. El autor no es responsable de la información aquí contenida, pues esta fue proporcionada directamente por el fabricante, por lo que la responsabilidad de cualquier error u omisión recae en él.

#### D) HILLS PET NUTRITION DE MEXICO, S.A. DE C.V.

<b>LINEA DE ALIMENTOS</b>	<b>NOMBRE DEL ALIMENTO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>PRESENTACIÓN</b>
SCIENCE DIET®	Science Diet Mixit (Canine/Feline)	Aderezo para realzar el sabor, formulado para ayudar a las mascotas durante la transición alimenticia. Puede usarse a cualquier edad con mascotas problemáticas para comer, con gatitos durante el destete, o mascotas en transición de alimento enlatado a seco. No está formulado para administrarse como alimento único.	Latas de 390 gramos
	Science Diet Feline Growth	Proporciona a los gatitos el Requerimiento Diario de Alimentación (RDA) de nutrientes clave, cada día. Apropiado para gatas gestantes y lactantes. Contiene taurina para ayudar a mantener el funcionamiento normal del corazón, retina, reproducción y desarrollo.	Latas de 156 gramos de 404 gramos. Bolsas de 1.81 y 4.
	Science Diet Feline Maintenance	Proporciona a los gatitos el Requerimiento Diario de Alimentación (RDA) de nutrientes clave, cada día. Apropiado para gatos adultos de actividad moderada	Latas de 156 y 404 gramos. Variedades: Original Sabor a Res, Sabor a Pavo y Sabor a Mariscos. Bolsas de 1.81 y 4. kilogramos.
	Science Diet Feline	Para gatos adultos saludables que tiendan a subir de peso. Nutricionalmente	Latas de 156 gramos de 404 gramos



	Maintenance (Fórmula Baja en Calorías)	completo para gatos menos activos o con tendencia a la obesidad y no debe ser complementado con otros alimentos o nutrientes.	Bolsas de 1 81, 4.5 kg. y 9 kg
	Science Diet Feline Senior	Recomendado para gatos adultos (mayores de seis años), incluye un incremento de fibra para promover el funcionamiento adecuado del tracto gastrointestinal en gatos de edad avanzada.	Latas de 156 y 404 gramos Variedades. Fórmula sabor a res y Fórmula sabor a pavo Bolsas de 1.81, 4.5 y 9 kilogramos.
PRESCRIPTION DIET®	Feline c/d	Enfermedad del Tracto Urinario Bajo de los Felinos (FLUTD). Condiciones Gastrointestinales (ej. Gastroenteritis)	Latas de 156 y 400 gramos. Bolsas de 1.8 kilogramos
	Feline d/d	Signos dermatológicos o gastroenterológicos resultantes de reacciones adversas al alimento (alergia o intolerancia al alimento).	Latas de 156 y 400 gramos.
	Feline h/d	Falla cardíaca de moderada a severa. Enfermedades hepáticas y renales donde la hipertensión o la retención de líquidos o sodio parecen ser el problema predominante.	Latas de 400 gramos
	Feline k/d	Falla renal. Enfermedades hepáticas. Falla cardíaca de leve a moderada.	Latas de 156 gramos y de 400 gramos. Bolsas de 1 8 y 4.5 kilogramos
	Feline p/d	Nutrición de cuidados intermedios.	Latas de 400 gramos.
	Feline r/d	Obesidad en gatos adultos Enfermedad del Tracto Urinario Bajo en felinos obesos. Hiperlipidemia	Latas de 400 gramos Bolsas de 1 8 y 4.5 kilogramos
	Feline s/d	Urolitiasis de estruvita Enfermedad del Tracto Urinario Bajo de los Felinos (FLUTD) (tratamiento inicial de cristales de estruvita)	Latas de 156 y 400 gramos. Bolsas de 1 8 y 4 5 kilogramos
	Feline w/d	Prevención de la obesidad Colitis. Estreñimiento Diabetes Mellitus (pacientes en el peso ideal o sobrepeso que no presenten otras enfermedades). Hiperlipidemia.	Latas de 156 y 400 gramos Bolsas de 1 8 y 4.5 kilogramos
	Feline c/d	Enfermedad del Tracto Urinario Bajo de los Felinos en pacientes propensos a la obesidad.	Latas de 155 gramos. Bolsas de 1.8 kilogramos.
	Feline i/d	Enfermedad Felina del Tracto Urinario Bajo (FLUTD) (Manejo del oxalato).	Latas de 155 gramos. Bolsas de 1 8 kilogramos
Feline t/d	Condiciones Gastrointestinales, incluyendo gastritis, enteritis y recuperación de cirugía gastrointestinal (post n p.o.) Insuficiencia exógena pancreática Pancreatitis no hiperlipidémica Colitis.	Latas de 155 gramos. Bolsas de 1 8 kilogramos	
	Feline t/d	Placa, manchas y sarro.	Bolsas de 1.8 y 4.5



Las marcas Science Diet® y Prescription Diet® son propiedad de Hill's Pet Nutrition Mexico. El autor no es responsable de la información aquí contenida, pues esta fue proporcionada directamente por el fabricante, por lo que la responsabilidad de cualquier error u omisión recae en él.

E) IAMS PET FOOD

LINEA DE ALIMENTOS	NOMBRE DEL ALIMENTO	CARACTERÍSTICAS	PRESENTACIÓN
EUKANUBA VETERINARY DIETS®	Restricted-Calorie Formula/Feline	Para gatos que tienen un sobrepeso mayor al 15%. Gatos obesos y que además tienen problemas urinarios, cutáneos o intestinales.	Bolsa de 2 kilogramos.
	Nutritional Recovery Formula/Feline	Cáncer. Lipidosis Hepática. Hipertiroidismo. Lactancia. Procedimientos Ortopédicos. Cirugía de rutina/mayor. Septicemia. Traumatismo. Pérdida de Peso/Anorexia.	Bolsa de 1 kilogramo.
IAMS® CAT FOODS	Response Formula LB/Feline	Hipersensibilidad al alimento. Enfermedad Inflamatoria Alérgica del Intestino. Acondicionamiento de piel y pelo.	Latas de 170.1 gramos.
	Iams Kitten Food	Gatitos en crecimiento. Gestación y lactancia. Destete.	Latas de 170.1 y 394 gramos. Bolsas de 3.0 y 7.5 kilogramos.
	Iams Cat Food Original Chicken Formula	Mantenimiento de gatos adultos.	Latas de 170.1 y 394 gramos. Bolsas de 3.0 y 7.5 kilogramos.
	Iams Less Active For Cats.	Para manejo de peso en gatos adultos inactivos.	Latas de 170.1 y 394 gramos. Bolsas de 3.0 y 7.5 kilogramos.

Las marcas Iams® y Eukanuba® son propiedad de Iams Company. El autor no es responsable de la información aquí contenida, pues esta fue proporcionada directamente por el fabricante, por lo que la responsabilidad de cualquier error u omisión recae en él.