



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA**

**LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE ALIMENTOS BALANCEADOS  
COMERCIALES PARA CANIDOS ADULTOS**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

BRENDA VERONICA HERNÁNDEZ CORTES.

ASESOR

DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA

COASESOR

DR. JUAN JOSE OJEDA CARRASCO

AMECAMECA, ESTADO DE MÉXICO, ABRIL DE 2020.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTOS .....	VII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
2.1. Origen del perro .....	3
2.2. Domesticación .....	7
2.3. Anatomía y fisiología del aparato digestivo .....	8
2.3.1.1. Cavidad oral .....	9
2.3.2. Dientes .....	9
2.3.4. Esófago .....	12
2.3.5. Estómago .....	13
2.3.6. Intestino delgado .....	15
2.3.7. Duodeno .....	15
2.3.8. Yeyuno e íleon .....	16
2.3.9. Páncreas .....	18
2.3.10. Enterocitos o células absorbentes .....	21
2.3.11. Intestino grueso .....	22
2.3.12. Hígado .....	22
2.4. Aprehensión y masticación .....	24
2.4.2. La saliva y el proceso de insalivación .....	26
2.4.1. Deglución de los alimentos .....	28
2.5. Nutrición y Alimentación .....	29
2.5.1. La alimentación de canidos .....	31
2.5.2. Nutrientes .....	32
2.5.2.1. Energía .....	32
2.5.2.2. Agua .....	33
2.5.2.3. Proteínas y Aminoácidos .....	34
2.5.2.4. Hidratos de carbono .....	35

2.5.2.5.	Lípidos y ácidos grasos .....	36
2.3.1.1.	Minerales .....	39
2.3.1.2.	Vitaminas .....	40
2.4.	Requerimientos nutricionales.....	42
2.5.	Alimentos comerciales para perros .....	46
2.5.1.	Alimentos húmedos.....	47
2.5.2.	Alimentos semihúmedos.....	48
2.5.3.	Alimentos secos .....	48
2.9.	Comportamiento de alimentación en los perros .....	53
2.9.1.	Importancia de una nutrición adecuada.....	54
2.9.2.	Cambios de dietas.....	54
2.9.3.	Hipersensibilidad alimentaria .....	54
2.9.4.	Reacciones farmacológicas los alimentos.....	55
2.9.5.	Reacciones metabólicas de los alimentos .....	55
2.9.6.	Antígenos alimentarios.....	55
2.10.	Importancia de la interacción humano –perro, como mascota .....	56
2.11.	Técnicas para determinar la calidad nutricional de alimentos en perros .	58
2.12.	Cromatografía.....	59
2.12.1.	Cromatografía de gases .....	60
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	62
4.	OBJETIVOS GENERAL.....	63
5.	HIPOTESIS.....	64
6.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	65
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	68
8.	CONCLUSIÓN.....	76
9.	BIBLIOGRAFIA.....	77

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de los perros .....	6
<b>Cuadro 2.</b> Fórmulas dentarias de canidos.....	11
<b>Cuadro 3.</b> Componentes de la saliva y sus funciones.....	27
<b>Cuadro 4.</b> Clasificación y Funciones de las vitaminas.....	41
<b>Cuadro 5.</b> Requerimientos nutricionales mínimos de perro adulto, en mantenimiento..	45
<b>Cuadro 6.</b> Composición química determinada de alimentos comerciales para perros de venta en México.....	69
<b>Cuadro 7.</b> Ácidos grasos de cadena larga presentes en los alimentos comercial para perros de venta en México, (%) .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Evolución de la orden carnívora del perro.....	3
<b>Figura 2.</b> Diversidad de especies en los periodos Eoceno, Oligoceno, Mioceno y subfamilias canideas.....	5
<b>Figura 3.</b> Mandíbula del perro adulto.....	10
<b>Figura 4.</b> Movimientos peristálticos del estómago. ....	14
<b>Figura 5.</b> Composición de los alimentos.....	30
<b>Figura 6.</b> Esquema del cromatógrafo de gases.....	61
<b>Figura 7.</b> Cromatograma de perfil de ácidos grasos de alimento para razas pequeñas de gama alta.....	70
<b>Figura 8.</b> Cromatograma de perfil de ácidos grasos de alimento para razas pequeñas gama media.....	71
<b>Figura 9.</b> Cromatograma de perfil de ácidos grasos de alimento para razas pequeñas de gama baja. ....	72

## RESUMEN

Los perros dejaron de ser para muchas personas únicamente un animal doméstico, para convertirse en la mascota con la cual se convive, ya que se han vuelto un miembro de la familia, existiendo una relación humano-perro, en muchos de los hogares de nuestro país, estos llegan a ser los nuevos hijos para las familias modernas. Por lo cual, la alimentación y nutrición en los perros es de gran importancia para la sociedad, siendo esta explotada cada vez más, e investigada con la finalidad de obtener más información del alimento ideal para satisfacer las necesidades en las diferentes etapas de la vida del perro, así se han ido elaborando diferentes tipos de alimentos especializados, como son alimentos funcionales y medicados, que sirven para prevenir o para tratar al perro por medio del alimento. La necesidad de conocer y evaluar los alimentos para perros ha ido aumentando con el paso del tiempo ya que el dueño de ahora empieza a exigir una mejor calidad y especificaciones para los alimentos de acuerdo a su perro y sus necesidades nutricionales. El presente trabajo consiste en la evaluación del perfil de ácidos grasos en tres diferentes alimentos comerciales, para etapas adultas, evaluando la calidad de estos, a través de la cromatografía de gases.

## INTRODUCCIÓN

El perro doméstico (*Canis familiaris*), es un mamífero perteneciente a la familia de carnívoros, el cual es el animal que más convive con el ser humano por cuestiones de antropomorfismo; por otra parte, se ha adaptado a los canidos a una dieta más variada, ya que siendo carnívoro llegan a consumir una dieta muy parecida a la alimentación del humano (Church y Pond, 1990; Case *et al.*, 1997), de igual manera esto obedece a que se trata de proporcionar alimentos de mayor calidad en la dieta, aunado a la mejora en la atención veterinaria, lo cual incrementa las expectativas de vida promedio de los animales de compañía (Hayek, 1998).

Ya que los canidos por el proceso de domesticación han olvidado la obtención de alimentos de manera natural por la caza, como los hacían antes de que se comercializaran los alimentos balanceados, en la actualidad la alimentación y bienestar del perro es responsabilidad del dueño ya que él provee los nutrientes necesario (Case *et al.*, 2001); el primer alimento se comercializo a mediados del siglo XIX y fue una galleta hecha por James Spratt (Chanona y Melchor, 2017), así han ido evolucionando la elaboración de estas dietas, en la actualidad los alimentos de las mascotas deben de cumplir por lo menos con los requerimientos nutricionales, por lo cual con el paso del tiempo se han ido creando formulaciones de alimentos de acuerdo al estado fisiológico, raza, tipo de pelaje y peso del animal entre otros. Para lo cual cualquier alimento que sea proporcionado al canido debe de tener los principales nutrientes como son proteínas, grasas, hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales necesarios para poder tener una nutrición adecuada y así mismo poder contar con una vida de calidad para el perro y este tenga un rendimiento de mejor calidad (Mendez y Tracanelli, 2007).

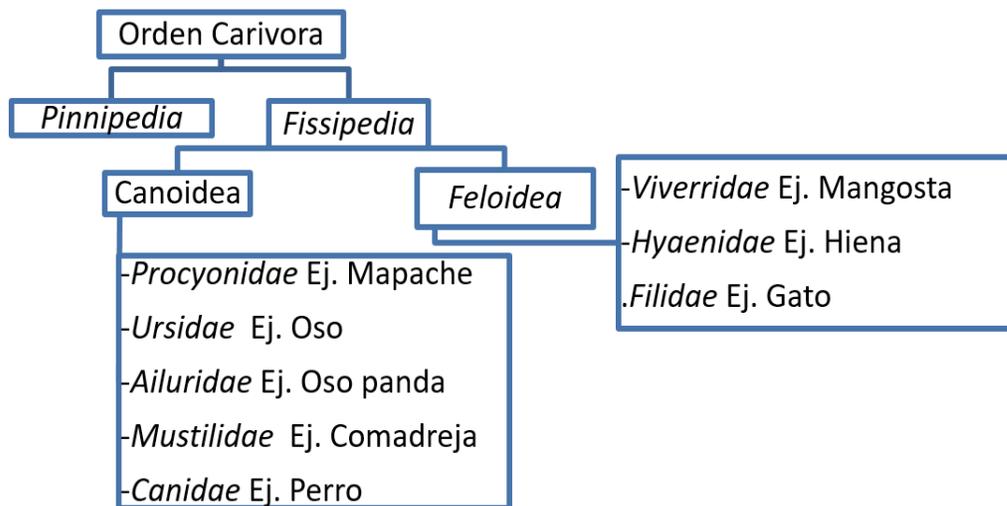
En los productos balanceados en la actualidad abundan una variedad de marcas y todas las presentaciones (secos y húmedos), en estos alimentos no es común encontrar (México) las información idónea (ingredientes y aporte de nutrientes o digestibilidad, entre otra información) para saber qué es lo proporcionado al perro, ya que en la actualidad el dueño de las mascotas presenta demasiado interés en su bienestar, por considerarlo como parte del núcleo familiar

(Espinosa, 2014); es por ello que en este trabajo de investigación se busca presentar mayor información del contenido de ácidos grasos en diferentes alimentos comerciales ya que la importancia de estos en la dieta de los caninos es de relevancia para el desarrollo de distintos procesos clínicos como son algunas patologías dérmicas, enfermedades neoplásicas, cardiovasculares, alteraciones del sistema musculoesquelético, diabetes, enfermedad renal y enfermedades autoinmunes (Kwochka, 1993).

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1. Origen del perro

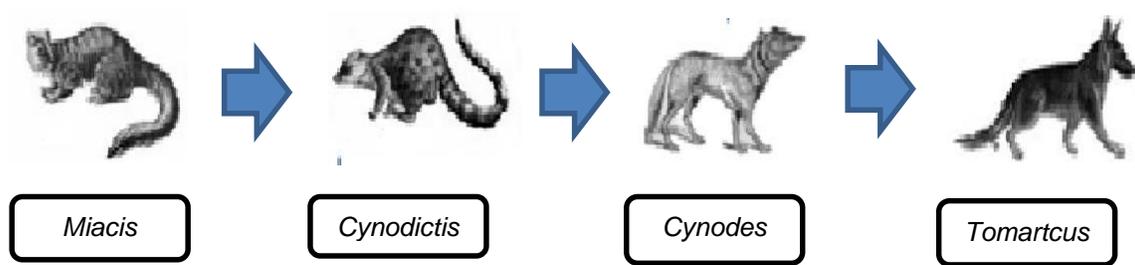
El origen y evolución del perro es un tema de gran interés, ya que el perro siempre se ha considerado como una de las primeras especies en relacionarse con el ser humano; el encuentro del perro con el hombre empieza en Europa en los tiempos del paleolítico y neolítico, hace aproximadamente unos 150 000 años, con sus antepasados más cercanos o directos (Schwartz, 1997; Morey, 2006); con el objetivo de explorar la evolución de los canidos salvajes en el viejo mundo hasta la actualidad. Se cree que se originó hace aproximadamente 30,000 años, formando parte de las 38 familias canidea donde se pueden encontrar coyotes, zorros, lobos y chacales (Braastad y Bakken, 2002; Valadez, 2003; Serpell, 2016); perteneciendo al orden carnívora en donde se encuentran dos subórdenes: *Pinnipedia* (marinos) y *Fissipedia* (terrestres) donde esta última se divide en dos superfamilias *Feloidea* y *Canoidea* Figura 1) (Hendriks, 1996; Wayne *et al.*, 2006).



**Figura 1.** Evolución de la orden carnívora del perro.

(Hendriks, 1996).

En busca de saber el origen del perro, se han realizado estudios basados en fósiles, que se encontraron en varias partes del mundo, los primeros restos fueron encontrados 70 años atrás, de un espécimen del periodo eoceno, donde hallaron a un mamífero carnívoro que se denominó *Miacis*, que habitaba en Europa y Asia, este era de hábitos arbóreos y sus principales características eran presentar un cuerpo y cola larga, los miembros cortos dando similitud a una comadreja, entrando al periodo Oligoceno, el *Miacis* evoluciono llevando por nombre *Cynodictis*, vivió en Europa y Asia por más de 60 millones de años, mantuvo las características físicas, este evolucionó a otro animal en el periodo del Mioceno, clasificado dentro del género *Cynodesmus* el cual tenía una extraña apariencia entre un canino y felino, con modificaciones en cráneo, miembros y la locomoción, con la característica principal donde un cambio fue el de sus cinco dedos, ya que el primero quedo como rudimentario (Tedford, 1978). Para el periodo del plioceno el *Cynodesmus* evolucionó al *Tomarctus* teniendo este ya con un aspecto más parecido al perro, por lo que se considera que el origen del canido desciende en forma directa del *Tomarctus* (Figura 2); predador abuelo del lobo y el chacal, *Tomarctus* es un subgénero de los canidos perteneciente a una subfamilia que ya está extinta Borophaginae, que se encontró en mayor parte de América del Norte, este existió desde hace 6.83 millones de años, a la cual pertenecieron dos sub especies de *Tomarctus* el brevirostris e hippophaga, el brevirostris fue nombrado así por Edward Drinker Cope en el año 1873, encontrado algunos fósiles en el Sur del continente Americano, como es en Panamá, y el hippophaga fue descrito por Matthew y Cook en 1909 (Hendriks, 1996).



**Figura 2.** Diversidad de especies en los periodos Eoceno, Oligoceno, Mioceno y subfamilias canideas.

(Tedford, 1978)

El perro doméstico o *Canis familiaris* denominado así por Linneo, naturalista sueco del siglo XVIII, dando esta denominación por pertenecer a la familia de los canidos. Tanto el perro como el ser humano han compartido la misma evolución sobre la alimentación desde hace 12,000 o 14,000 años (Case *et al.*, 1997; Chandler, 2010).

Existen evidencias de hace más de una década donde se ha demostrado, a través de un estudio de ADN con muestras de 162 lobos y 140 perros pertenecientes de 67 razas y 18 fósiles canidos (familia *Canidae*) que datan de 1000 a 36 000 años; que confirman que el perro doméstico es descendiente directo del lobo (*Canis lupus*) y este proceso se inició hace más de 100,000 años (Cuadro 1), (Vilá *et al.*, 1997; Chanona y Melchor, 2017).

### **Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de los perros

---

Superreino: Eukaryota

Reino: Animalia

Subreino : Eumatazoa

Superfilo: Deuterostomia

Filo: Chordata

Subfilo: Vertebrata

Infracilo: Gnatbostomata

Superclase: Tetrapoda

Clase: Mammalia

Subclase: Theria

Infraclase: Placentalia

Orden: Carnivora

Suborden: Caniformia

Familia: Canidae

Género: *Canis*

Especie: *Canis lupus*

Subespecie: *Canis lupus familiaris*

---

Adaptado de Gómez, (2010).

Aunque el perro se clasifica en la orden carnívora, se le dio una segunda clasificación actualmente como omnívoro ya que se alimenta de carne y vegetales, debido a sus características metabólicas y anatómicas, aunado a la manera en que pueden ingerir y conseguir el alimento además de la capacidad que tiene de utilizar una dieta variada, lo cual hace que el canino se consideren un animal oportunista que no está adaptado para comer carne ni vegetales exclusivamente, por lo que a través del tiempo se ha vuelto un animal que se alimenta con mezclas de carnes, granos y vegetales, consumiendo así una dieta balanceada (Case *et al.*, 1997); por

lo cual, durante un largo tiempo las primeras familias de *Canis familiaris* no presentaron diferencias morfológicas respecto a sus antecesores, aunque después de la domesticación se hayan producido diversos episodios de cruzamiento entre perros y lobos (Crane *et al.*, 2000; Case *et al.*, 2001; Ettinger *et al.*, 2010).

Existen evidencias que algunos rasgos fenotípicos y conductuales que diferencian a los perros de los lobos, aparecieron más tardíamente, por la selección artificial realizada por el hombre (Wayne *et al.*, 2006); los cambios morfológicos que diferencian al *Canis familiaris* de *Canis lupus* se comenzaron a presentar en los últimos 11,000 a 17,000 años, donde se encuentran los primeros perros domésticos (Olsen, 1985). Una de las primeras razas conocidas fue el *Canis familiaris putjani*, posterior a esta se encuentra el *Canis familiaris palustris*, también llamado de las turberas. Este espécimen se caracterizaba por un comportamiento activo alerta y en ocasiones agresivo lo cual lo convertía en un excelente ayudante para la cacería, ya que al final compartían el botín; por ser un animal carnívoro, estuvo presente dos mil años antes de la primera gran civilización egipcia y tuvo su distribución en diferentes países (Chandler, 2010).

## **1.2. Domesticación**

Este proceso se llevó acabo alrededor de 9,000 a. C., existiendo en la actualidad más de 150 razas (Hendriks y Moughan, 2000); periodo en el cual los animales se adaptan al hombre creando la relación humano – perro (Price, 1984), esta relación ha cambiado el papel inicial del perro, estos han estado muy unidos desde hace muchos años y fueron domesticados por un objetivo principal que era ayudar al ser humano en diversas tareas y esto se dio por necesidad, con fines de cacería, pastoreo y de protección encontrando su participación en combates y guerras (Brewer *et al.*, 2001). El hombre domesticó al perro y modificó sus hábitos de alimentación, ya que antes de ser domesticados se alimentaban principalmente de

los restos de comida, pues la elaboración de alimentos comerciales aún no se llevaba a cabo; sin embargo, aunque en la actualidad se ha creado una serie de alimentos comerciales para que su alimentación sea de mejor calidad, su sistema digestivo no se ha modificado y este es igual que antes de su domesticación y modificación de su dieta (Hendriks y Moughan, 2000).

Por otro lado, el contacto entre el hombre y el perro se ha dado por miles de años y este se ha hecho cada vez más íntimo, y en la última década el perro es considerado en muchos países como un miembro más de la familia (Chandler, 2010). Recientemente, los perros siguen teniendo actividades de trabajo muy parecidas como son: guardianes policías y lazarillos, pero su principal función en la actualidad es de compañía, por lo que cabe señalar que el hombre en estos tiempos tiene una relación demasiado apegada a los caninos ya que lo vuelve dependiente del mismo, obteniendo de ambas partes un beneficio por esta relación (France *et al.*, 2000). Existe numerosas razas, cada una de estas con sus características genóticas y fenotípicas, dadas por la selección del humano al reproducirlos y obtener rasgos específicos mejorando su desempeño y conductas que ayuden en la exhibición en competencias, este hecho ha provocado que el requerimiento nutricional por raza, provoque variación en la especie y su metabolismo (Debraekeleer *et al.*, 2000).

### **2.3. Anatomía y fisiología del aparato digestivo**

Existen diversas funciones orales en los caninos, que van desde aprehender, ensalivar y fragmentar los alimentos tanto sólidos como líquidos que ingieren, llevando a cabo la trituración, masticación, insalivación, preparación y reduciéndolo de tamaño antes de la deglución, ayudando a la digestión enzimática (Debraekeleer *et al.*, 2000); también se considera que es utilizado en las funciones de protección ante depredadores, la de auto-limpieza, pérdida de calor, estímulo sexual a través del lamido y comunicación por diversos sonidos (López, 2007).

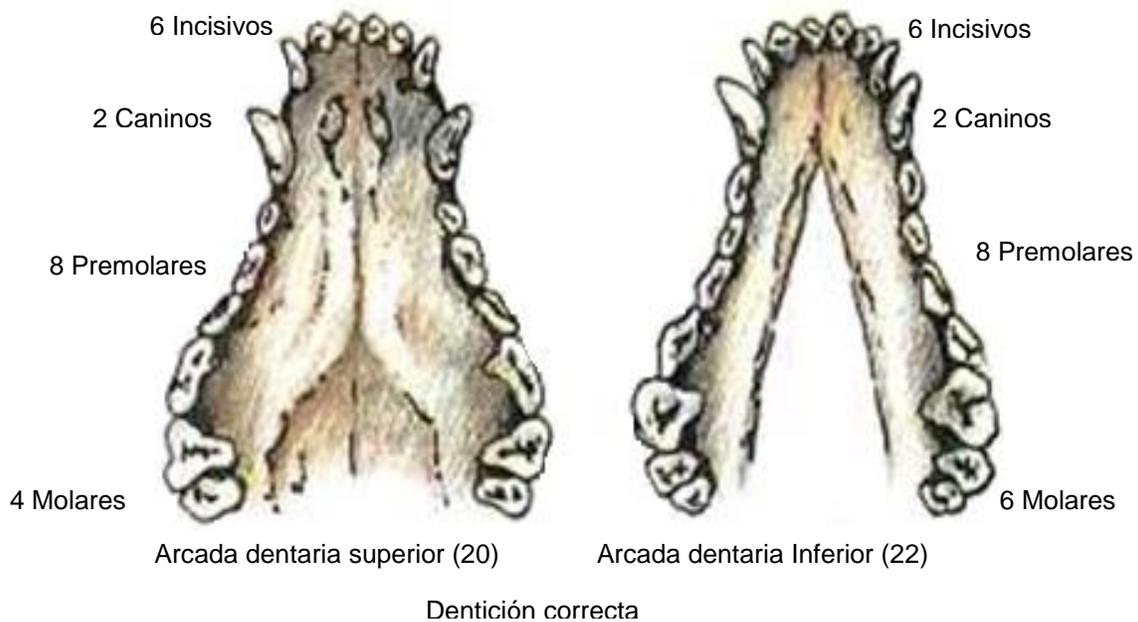
### **2.3.1.1. Cavity oral**

En esta cavity se encuentra la boca, la cual encierra diferentes estructuras accesorias como son dientes, lengua y glándulas salivales, para su estudio se divide en vestíbulo y cavity oral. El vestíbulo se encuentra situado lateralmente a los dientes y encías, siendo medial a los labios y carrillos, el perro cuenta con cuatro pares de glándulas salivales: parótidas, que se localizan delante de cada oreja; sublinguales, ubicadas bajo la lengua; submaxilares también conocidas como mandibulares que se localizan de bajo de la mandíbula inferior y las zigomáticas que se sitúan sobre la mandíbula superior debajo del ojo (Frandsen *et al.*, 2009). Los ductos de las glándulas parotídeas y cigomática desembocan en la región posterodorsal del vestíbulo, el ducto parotídeo se abre en el cuarto premolar superior, y los de la glándula cigomática desembocan en el vestíbulo a un lado del último molar superior; la cavity oral, se delimita dorsalmente por el paladar duro y el paladar blando en menor porción; lateral y rostralmente por los arcos dentales y ventralmente con la lengua y la mucosa adyacente (Howard y Matheson, 2005). En el caso del perro existe una limitación en la habilidad para mover la mandíbula más allá de los planos de abrir y cerrar (ya que la unión témporo-mandibular no permite movimientos a los laterales, protrusión o retrusión) (López, 2007).

### **2.3.2. Dientes**

Los dientes son órganos pasivos de la masticación, su morfología es de acuerdo con el tipo de vida y de la alimentación; sus funciones no únicamente son de cortar o desgarrar el alimento sino también de aprehenderlo, pero a su vez sirven de defensa o ataque; los dientes son formaciones duras blancas o ligeramente amarillentas, están implantadas en los alveolos del hueso (Negro y Hernández, 2005).

Estos se pueden clasificar en dos series, la primera aparece al inicio del estadio de la vida, que son los deciduos (de leche, primarios o temporales) y se denominan así porque son reemplazados en la época de crecimiento por los dientes permanentes (secundarios), los dientes deciduos en cachorros se pueden expresar con la siguiente fórmula: Incisivos (3 superiores y 3 inferiores derecho e izquierdo), Caninos (1 derecho y 1 izquierdo), Premolares (3 superiores y 3 inferiores derecho e izquierdo) teniendo un total de 28 piezas dentales (Figura 3); los dientes derechos e izquierdos estos empiezan a salir en la tercera semana de nacidos, después de los 3 a 4 meses de edad pueden ser reemplazados por dientes permanentes que se expresan con la fórmula: Incisivos (3 superiores y 3 inferiores derecho e izquierdo), Caninos (1 derecho y 1 izquierdo), Premolares (3 superiores y 3 inferiores derecho e izquierdo) Molares (2 superiores y 3 inferiores derecho e izquierdo) teniendo un total de 42 piezas dentales (Cuadro 2) (Zaldívar, 2007).



**Figura 3.** Mandíbula del perro adulto

Tomado de Frandson, (2009)

**Cuadro 2.** Fórmulas dentarias de canidos

	Mandíbula superior	Mandíbula inferior
<i>Fórmula dentaria temporal</i>		
Incisivos	6 (3 der. /3 izq.)	6 (3 der. /3 izq.)
Caninos	2 (1 der. /1 izq.)	2 (1 der. /1 izq.)
Premolares	6 (3 der. /3 izq.)	6 (3 der. /3 izq.)
Molares	0	0
<i>Fórmula dentaria permanente</i>		
Incisivos	6 (3 der. /3 izq.)	6 (3 der. /3 izq.)
Caninos	2 (1 der. /1 izq.)	2 (1 der. /1 izq.)
Premolares	8 (4 der. /4 izq.)	8 (4 der. /4 izq.)
Molares	4 (2 der. /2 izq.)	6 (3 der. /3 izq.)

Adaptado de Holmstrom *et al.* (2004); Holmstrom, (2018).

Los dientes permanentes se clasifican según su forma y posición: los Incisivos se encuentran situados delante e implantados en el premaxilar y la mandíbula, los caninos están situados más atrás de los incisivos interrumpiendo el espacio interalveolar, los premolares y molares estos constituyen el arco dental, los premolares se encuentran en primer término aparecen en las dos series y los molares aparecen solo en la serie permanente, el intervalo que hay entre los incisivos y los premolares se le denomina interalveolar o interdentario (Figura 3) (Case *et al.*, 1997).

### **2.3.3. Sistema digestivo**

El sistema digestivo o gastrointestinal (GI) y sus órganos accesorios tienen como principal función la digestión y absorción de nutrientes en los procesos metabólicos del perro (Levy *et al.*, 2006); este sistema se encuentra compuesto por diferentes órganos asociados que producen la secreción que actúan en todo el tracto digestivo, los componentes tisulares como la mucosa la cual está encargada de proveer de secreciones endocrinas (ejemplo: péptidos que se vierten a la sangre) o exocrinas (mucinas o enzimas que vacían al tubo digestivo) así como de la absorción, por su parte la submucosa permite alojar arterias, venas y nervios que apoyan la actividad de la mucosa (Smith *et al.*, 1998). Por otra parte, la musculatura circular y longitudinal están encargadas de los movimientos de mezclado de la ingesta y la propulsión a los demás compartimentos, mientras que la serosa es la que facilita el deslizamiento de los órganos y de protección para las irritaciones; algunos de los órganos que se encuentran son esófago, estómago, intestino delgado y grueso; así como algunos órganos accesorios que lo complementan (Levy *et al.*, 2006).

### **2.3.4. Esófago**

Este es una víscera hueca tubular que encontramos desde la orofaringe hasta el abdomen donde se conecta con el estómago, en el área del cuello este se encuentra dorsalmente a la tráquea, pasando a través de la cavidad torácica a través del mediastino, dorsal a la base del corazón y entre los pulmones, ubicándose a la derecha de la línea media de la bifurcación de la tráquea, después entrando a la cavidad abdominal a través del hiato esofágico del diafragma terminando en el cardias donde se une al estómago (Adams, 2004; König y Liebich, 2005; Aspinall y Cappello, 2015).

El esófago tiene dos músculos, el estriado que se encuentra bajo el control de neuronas motoras somáticas (no parasimpáticas) del nervio vago, mientras que

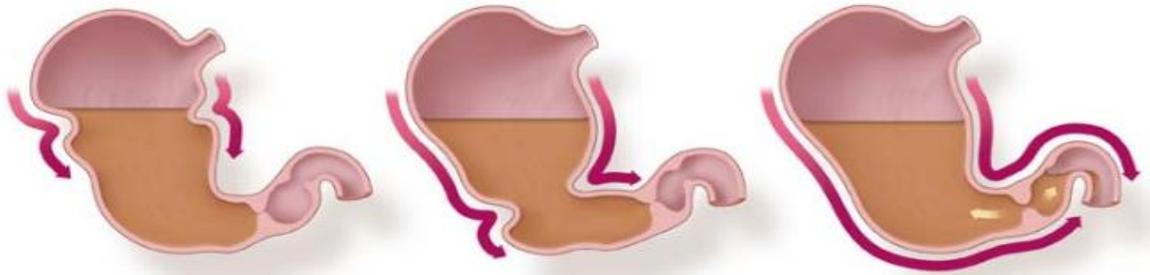
el músculo liso se controla directamente por el sistema nervioso entérico, su función es el transporte del bolo alimenticio a través de movimientos peristálticos (Adams, 2004; König y Liebich, 2005; Herdt, 2009).

En el esófago se pueden distinguir tres etapas para la deglución donde el bolo alimenticio pasa desde la faringe hacia el esófago, la primera es la etapa voluntaria, donde el alimento es llevado hacia atrás por la lengua, la segunda es la faríngea en la cual el bolo es empujado hacia la parte superior de la boca donde se relaja el músculo cricofaríngeo y contrayéndose la faringe, en el cual la laringe se desplaza hacia adelante produciendo la apertura del orificio esofágico y la última etapa es la esofágica, aquí el bolo pasa al estómago a través de los movimientos peristálticos y secundarios (Herdt, 2009).

### **2.3.5. Estómago**

Es un órgano en forma de saco que conecta al esófago con el duodeno, este se encuentra situado a la izquierda del plano medio del cuerpo, posee dos curvaturas la mayor y menor, para su estudio se divide anatómicamente en cinco regiones: cardias, fundus, cuerpo, antro y píloro; el cardias es una zona pequeña de transición entre el esófago y estómago, el fundus es la porción más dorsal y craneodorsal desde la unión del cardias al cuerpo; siendo el cuerpo el área más grande, y la región del píloro divide al antro y el esfínter pilórico que conecta al estómago con el duodeno (Adams, 2004; Paredes, 2010).

El estómago cuenta con una parte proximal donde almacena el alimento temporalmente, y otra distal el cual pone el alimento junto con las secreciones gástricas como el ácido clorhídrico y pepsinógeno, el fundus se dilata por la masticación que provoca un estímulo de los centros motores del nervio vago para estas secreciones (Strombeck y Guilford, 1996). Hay una inervación autónoma del estómago de la cual se encarga el nervio vago quien estimula la secreción gástrica y del tronco simpático (Figura 4) (Adams, 2004; König y Liebich, 2005).



**Figura 4.** Movimientos peristálticos del estómago.

Tomado de Strombeck y Guilford, (1996).

El estómago desempeña un papel importante en la digestión con la secreción de ácido clorhídrico y el pepsinógeno, donde este es convertido en pepsina en el lumen del estómago, la gastrina no solo ayuda a la estimulación de la producción de ácido clorhídrico, también produce la hipertrofia de la mucosa fúngica, que aumenta la motilidad del antro y el tono del esfínter gastro–esofágico (Guyton y Hall, 2011). En el antro se pueden triturar las partículas alimentarias y el movimiento peristáltico se inicia desde el cuerpo del estómago al antro en dirección al píloro que está parcialmente cerrado (Herdt, 2009; Guyton y Hall, 2011). Posteriormente, se lleva a cabo un movimiento que desplaza los alimentos de nuevo hacia el antro proximal, y esto provoca la trituración de los alimentos hasta quedar transformados en partículas lo suficientemente pequeñas para poder pasar por el píloro (Adams, 2004; Paredes, 2010). El píloro y antro funcionan como uno solo para la regulación del vaciado de alimentos sólidos, en los canidos las partículas alimentarias suelen medir menos de 2 mm antes de pasar por el píloro, cuando las partículas son más grandes y difíciles de digerir, no salen del estómago hasta que finaliza la digestión (Strombeck y Guilford, 1996). La pepsina y la lipasa son las principales enzimas digestivas en el estómago, donde la pepsina inicia la digestión de las proteínas, y la convierte a péptidos, desarrolla las funciones en condiciones óptimas cuando su pH es de 2.0, de tal forma que su acción disminuye cuando el alimento llega al intestino

delgado, y de esta forma es más importante en la digestión de las proteínas cárnicas que en los vegetales; por su parte la enzima lipasa gástrica ayuda a la reducción de los triglicéridos en ácidos grasos de cadena larga, en comparación de la lipasa pancreática, que ayuda a descomponer las grasas (lípidos) que comen los caninos para convertirlas en ácidos grasos y glicerol (Strombeck y Guilford, 1991).

### **2.3.6. Intestino delgado**

Es el órgano del tubo digestivo comprendido entre el píloro y el orificio íleo-cecal, en este, se lleva a cabo la mayor parte de la digestión enzimática de los alimentos, su longitud es variable dependiendo del estado fisiológico y edad del perro y va desde los 1.8 a 4.8 m (Nickel *et al.*, 1979; Sandoval, 2000; Climent *et al.*, 2005); el intestino delgado se divide en tres porciones; duodeno, yeyuno e íleon (Bunch y Jergens, 1997).

### **2.3.7. Duodeno**

Etimológicamente duodeno significa “doce dedos”, pero su longitud en el perro es de 25 cm (Evans, 1993); este se divide en cuatro porciones una craneal, descendente, transversa y ascendente. La porción craneal se inicia en el píloro, aproximadamente en la novena o décima costilla teniendo un corto trayecto en la flexura duodenal craneal, esta porción corta (2 - 4cm), contactando con el hígado tanto craneal como dorsalmente y caudalmente con el páncreas, la porción descendente del duodeno tiene una longitud aproximada de 15 cm (Climent *et al.*, 2005); seguida de la porción transversa que llega a medir 5 cm, esta porción también es descrita como flexura caudal del duodeno y la última porción que es la porción ascendente, cranealmente se dirige desde la flexura caudal, a la izquierda del ciego (Evans, 1993).

### 2.3.8. Yeyuno e íleon

El yeyuno e íleo conforman la mayor parte del intestino delgado, el yeyuno es la parte más larga del intestino (aproximadamente 2.5 a 3.5 m), iniciando de la flexura duodenoyeyunal, a la izquierda de la raíz del mesenterio, las asas yeyunales forman de 6 - 8 giros en el abdomen, cerca del pubis comienza el íleon en dirección dorsocraneal, el íleon se diferencia del yeyuno por el grosor que se encuentra en sus paredes, ya que las fibras musculares tienen un gran incremento (Sandoval, 2000); su movilidad es menor que la del yeyuno porque el íleon está conectado con el ciego por el pliegue ileocecal, se considera que el íleon del perro mide aproximadamente 15 cm (Evans, 1993). Al recibir los alimentos estos se mezclan con las secreciones del duodeno, hígado y páncreas (Bunch y Jergens, 1997); la pared intestinal está conformada por cuatro túnicas que son la mucosa, submucosa, muscular y serosa, éstas refiriéndose en un orden desde la luz intestinal hacia el exterior (Buendía *et al.*, 2004), donde la mucosa cuenta con dos tipos de células: células cilíndricas absorbentes (enterocitos) y las células caliciformes (productoras de moco), que cubren la luz intestinal, siendo la única barrera entre el ambiente externo y la sangre, por lo que estas células tienen diversas funciones donde se incluyen la digestión, secreción y absorción.

Estas túnicas secretan diversas enzimas que pueden ser capaces de digerir azúcares y péptidos, en su interior disponen de un sistema de transporte que favorece para la incorporación de nutrientes específicamente al lumen, para lo cual están los procesos que requiere de un sistema específico para muchas sustancias hidrosolubles (Swenson y Reece, 1999); ambos tipos de células descansan sobre un tejido conectivo laxo que forma la parte central de las vellosidades y que se denomina lamina propia de la mucosa, la superficie luminal está compuesta por microvellosidades que ayudan a que la digestión y absorción sean mayores, este dispone de mecanismos especiales para transportar monosacáridos y aminoenzimas, y además contienen enzimas para la digestión de disacáridos, oligosacáridos y algunos péptidos menores, las microvellosidades intestinales

tienen así mismo proteínas que pueden transportar otras sustancias como el calcio, hierro y colabamina (Bunch y Jergens, 1997), en los carnívoros las vellosidades son alargadas y delgadas (Stinson y Calhoun, 1982).

Las criptas de Lieberkühn o glándulas intestinales son invaginaciones tubulares de la mucosa situada en la base de las vellosidades, estas glándulas en carnívoros son simples, largas y de naturaleza mucosa (Stinson y Calhoun, 1982). Cuando hay una alteración física una cantidad elevada de bacterias o un trauma químico como puede ser alguna sustancia o cambio de alimentación que corta la supervivencia de las células epiteliales, produciendo atrofia de las vellosidades, resultando en un déficit de B12 (cobalamina) o de folatos; también puede darse una atrofia en la mucosa, lo que daña su función protectora del intestino evitando los agentes perjudiciales desconocidos dentro del intestino, además mantienen un buen estado y procesamiento de los alimentos que llegan, en especial de fibra y glutamina (Strombeck y Guilford, 1996).

La submucosa de los carnívoros está conformada por tejido conectivo moderadamente denso (Bacha y Bacha, 2000), se encuentran las glándulas submucosas o duodenales (glándulas de Brünner), estas situadas en la submucosa del duodeno craneal y descendente y a menudo se extienden dentro de la lámina de la mucosa. Otra característica particular de la submucosa son los folículos linfoides que están distribuidos por las tres porciones del intestino delgado (Evans, 1993). En el intestino se encuentra la túnica muscular conformada con una capa circular interna y otra longitudinal externa, ambas de musculo liso, la capa circular interna puede llegar a duplicar la capa longitudinal externa, en el yeyuno e íleon son más densas las dos capas, finalmente la túnica serosa está conformada por un tejido conectivo laxo recubierto por un mesotelio (Sandoval, 2000).

Antes de que el proceso de digestión se lleve a cabo con los nutrientes, estos pasan por la luz intestinal siendo digeridos o degradados a moléculas más pequeñas que puedan interactuar con las enzimas gastrointestinales o con las moléculas de transporte (Argenzio, 1999), este proceso se le conoce como digestión luminal (contraste con la digestión realizado en la célula epitelial), el cual requiere de un ambiente específico que es producido por secreciones de órganos accesorios

como las glándulas salivales, páncreas e hígado, que secretan ya sea electrolitos, agua, enzimas digestivas o sales biliares, necesarias para la digestión luminal (Sandoval, 2000), mientras que la mucosa gastrointestinal secreta ácidos o bases, lo cual complementa a un pH óptimo para que las enzimas digestivas puedan cumplir con su función (secretora), para lo cual es necesario un proceso activo que necesita energía y lo regula el sistema neuroendocrino (Argenzio,1999).

### **2.3.9. Páncreas**

El páncreas es una glándula mixta exocrina, conformada por células acinares (su estructura funcional) que producen un líquido compuesto de electrolitos, con enzimas como la amilasa, lipasa y proenzimas (procarboxipolipeptidasa, tripsinogeno y quimotripsinogeno) que pasan al intestino delgado, además una de sus principales funciones es la secreción de bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ), el cual neutraliza el pH ácido del contenido gástrico que fluye hacia el duodeno (Swenson, 2007).

El pH óptimo del duodeno para la actividad de las enzimas pancreáticas debe ser de 6.8, para la acción de enzimas pancreáticas (Swenson, 2007), que son vertidas a través del sistema de conductos pancreáticos que contienen gran cantidad de anhidrasa carbónica (Ruckebusch *et al.*, 1994).

Estas enzimas sirven para la digestión de diferentes componentes de la dieta, tales como hidratos de carbono, proteínas y lípidos, la mayoría de ellos son secretados como precursores inactivados como la tripsina, quimotripsina y carboxilpeptidasa (Strombeck y Guilford, 1996).

Para los procesos de digestión las enzimas pancreáticas son más importantes que la pepsina gástrica, ya que la liberación y el ritmo de producción de las enzimas pancreáticas, depende mucho de la dieta y la proteína que esta contenga. La lipasa pancreática y los ácidos biliares se requieren para la digestión de lípidos, la lipasa hidroliza dos ácidos grasos de los triglicéridos pero deja los monoglicéridos, estos son capaces de interactuar con los ácidos biliares y formar micelas, las cuales contienen vitaminas liposolubles y colesterol. Sin la enzima

lipasa o ácidos biliares solo se podría absorber el 50% de la grasa que hay en las dietas (Strombeck y Guilford, 1996).

Las principales enzimas generadas por el páncreas son lipasas, amilasas, enzimas proteolíticas, tripsina, quimiotripsina y carboxilpeptidasa.

### **2.3.8.1 Lipasa**

Existen varios tipos de lipasas que se presentan como zimógenos inactivos en el jugo pancreático, al llegar a la luz intestinal son activadas por la tripsina, destacando las de mayor importancia: colipasa, esterasa de colesterol y fosfolipasa A2 (Pocock y Richards, 2005). La lipasa pancreática se secreta de forma activa encargándose de la hidrolisis de triglicéridos ya emulsificados, la colipasa y las sales biliares funcionan facilitando el contacto de la lipasa con los triglicéridos, a diferencia de la fosfolipasa A2 que forman ácidos grasos libres y lisolectina a través de digerir fosfolípidos (Franco y Sierra, 2006; Pocock y Richards, 2005).

### **2.3.8.2 Amilasa**

Esta enzima es secretada de forma activa, teniendo estabilidad en un pH de 4 a 11, su principal función es la digestión de almidón en el duodeno, del enlace 1, 4 -  $\alpha$ , para obtener azúcares simples como maltosa y maltotriosa (Pocock y Richards, 2005).

### **2.3.8.3 Enzimas proteolíticas**

Por otra parte, las enzimas proteolíticas se presentan de manera inactiva o zimógena ya que son consideradas pro-enzimas que se almacenan en el interior de

las células acinares siendo zimógenos y estas se activan en el intestino delgado, tales como las enzimas: tripsinogeno, quimotripsinogeno y porcaboxipeptidasas. La enzima enterosinasa es secretada por la mucosa duodenal, esta enzima a su vez convierte al tripsinogeno en tripsina, y esta tripsina tiene como función transformar las pro-enzimas activas (Franco y Sierra, 2006).

#### **2.3.8.3.1 Tripsina**

Se clasifica como una endopeptidasa, que se encarga principalmente de hidrolizar las uniones peptídicas para la obtención de aminoácidos libres y polipéptidos. Existen varios inhibidores de la tripsina que son sustancias que se encuentran en las leguminosas, en la soya se encuentran diferentes tipos de estos inhibidores, de los cuales se destacan el de Kunitz y el Bowman-Birk, que constituyen aproximadamente un 15% de las proteínas de la semilla, estos son de suma importancia para la protección del páncreas asegurando que la tripsina este de manera inactiva y evitar la auto digestión del órgano (Pocock y Richards, 2005).

#### **2.3.8.3.2 Quimotripsinas**

Estas enzimas son clasificadas en endopeptidasas y su acción es similar a la de la tripsina, la diferencia es que esta actúa a nivel de las cadenas dipeptidas de las proteínas, para lo cual necesita la presencia de amino ácidos aromáticos (Franco y Sierra, 2006).

### **2.3.8.3.3 Carboxilpeptidasa**

La principal acción de esta enzima es a nivel de las uniones peptídicas que tienen un grupo de carboxilo libre, siendo un grupo de tres enzimas (elastasa, fosfolipasa, aminopeptidasa) que son secretadas por el jugo pancreático pero su importancia es menor, completan la digestión de péptidos pequeños y aminoácidos (Pocock y Richards, 2005; Franco y Sierra, 2006).

### **2.3.10. Enterocitos o células absorbentes**

Se caracterizan por poseer una superficie apical con una gran cantidad de microvellosidades, juntas y paralelas a su vez cada microvellosidad libera enzimas en su superficie apical, formando la estructura conocida como las enzimas de borde o ribete en cepillo, cada una de estas células presenta una media de 3000 microvellosidades, lo cual lo hace una superficie de absorción, y esta a su vez posee enzimas, tales como lactasa, maltasa, sacarasa, tripsina, quimotripsina, que su principal función es la hidrólisis de macromoléculas como, carbohidratos, lípidos y proteínas en forma que el organismo lo pueda asimilar; es decir, a la estructura más simple para que estas puedan ser absorbidas por los enterocitos (Strombeck y Guilford, 1996).

Estas enzimas se pueden ver alteradas o afectadas por varios factores como la dieta, alguna enfermedad y la edad, cuando el animal entra a la etapa de maduración la cantidad de lactasa es menor, es la razón por la cual los perros adultos, pueden no tolerar la lactosa de la leche, cuando hay una modificación en la dieta las enzimas pasan por un proceso de adaptación que puede tardar algunos días (mientras las células epiteliales migran hacia las vellosidades), cuando los cambios dietéticos son abruptos pueden desencadenar un aumento de carbohidratos no digeridos, y esto puede originar un problema de salud en el animal (Bunch y Jergens, 1997).

En relación con la digestión y la absorción se relaciona otra función como es el tránsito del contenido gastrointestinal, el tránsito de estos contenidos lumbales son regulados para procesos digestivos específicos y los productos de digestión quedan expuestos al máximo para su absorción en la superficie celular epitelial, estas acciones las hace la función motora del tracto gastrointestinal, donde también se necesita un gasto de energía y lo regula el sistema neuroendocrino (Argenzio, 1999).

### **2.3.11. Intestino grueso**

El intestino grueso en perros tiene un tamaño medio, 0.6 metros de longitud y se encuentra dividido en tres partes: el colon, ciego y recto (Elices, 2010). En este segmento los alimentos que no logran ser digeridos permanecen 12 horas aproximadamente dependiendo de la composición del alimento, la cantidad y el tipo de fibra y los nutrientes son absorbidos a través del epitelio y transferidos a la circulación (Smith *et al.*, 1998; Debraekeleer *et al.*, 2000; Pond y Pond, 2000).

La función principal del colon es la absorción de agua y electrolitos, así como la fermentación bacteriana de los nutrientes que no se han absorbido, el colon no cuenta con vellosidades, pero cuenta con las criptas de Lieberkühn que secreta una mucosidad alcalina (Argenzio, 1999).

### **2.3.12. Hígado**

El hígado del perro representa alrededor del 3 % del peso corporal, teniendo en cuenta que la edad puede producir variaciones (Sisson y Grossman, 1977); por ejemplo, en perros jóvenes la relación es de 40 a 50 g de hígado por kilogramo de peso corporal, mientras que en perros viejos es de 20 g por kilogramo de peso (Center, 1989). Este órgano está conformado por cinco lóbulos (Medial izquierdo y derecho, Lateral derecho e izquierdo, y cuadrado) que se encuentran divididos por

cisuras que convergen en la cisura portal, estos son el lóbulo izquierdo el cual tiene un contorno oval y es el de mayor voluminosidad, el lóbulo lateral derecho que toma el segundo lugar por tamaño y presenta un lóbulo cuadrado con forma de lengüeta producido por la fosa profunda en la que se aloja la vesícula biliar (Sisson y Grossman, 1977).

La función principal del hígado es la producción de bilis que desempeña un papel importante en la digestión de las grasas. La bilis se produce en los hepatocitos, siendo una ruta de eliminación para el colesterol y la bilirrubina, se encuentra compuesta en mayor cantidad por colesterol, ácidos biliares, y fosfolípidos, estos tres componentes pueden ser sintetizados por los hepatocitos o sacarse de la circulación hacia el hígado. El término de ácidos biliares se refiere a la configuración molecular en el cual se encuentra la cadena del ácido carboxilo no ionizado, la sal biliar se refiere a la forma ionizada, teniendo un pH fisiológico de 7.4 siendo predominantes las sales biliares (Center, 1989). A estos ácidos se les ha definido como moléculas planas con grupos hidrófilico (grupos hidroxilos, uniones péptidicas, y un grupo fosfato y carbonato) y un grupo hidrofóbico en el otro lado de la cadena, estas estructuras le permite formar micelas simples y mixtas que pueden actuar como un detergente biológico (Anwer y Meyer, 1995), estos son los que componen la bilis, siendo en un 85 % de los sólidos, estos actúan como un detergente iónico, participando en la absorción intestinal, transporte y secreción de lípidos, teniendo muchas funciones bilógicas y efectos patológicos (Center, 1989), los ácidos que son más predominantes en los perros y gatos son el ácido cólico y el ácido biliar secundario (ácido deoxicólico). El tracto biliar aparte de almacenar la bilis producida en el hígado, trasporta también hacia el duodeno donde su participación es esencial para la digestión y absorción de las grasas (Benson y Page, 1976).

## 2.4. Aprehensión y masticación

El saber qué cantidad de alimento ingerir se determina principalmente por un deseo intrínseco llamado “hambre”, es un mecanismo que constituye por sí mismo, un sistema de regulación automática de gran importancia para poder tener un aporte nutritivo adecuado al organismo teniendo en cuenta mecanismos especiales como la masticación y la deglución (Drucker, 2005; Guyton y Hall, 2011).

Desde que el alimento entra a la boca está sujeto a movimientos continuos que los descompondrán y harán que se mezcle eficientemente con los jugos gástricos, la prehensión y masticación son los encargados del proceso de la motilidad y esto constituye una secuencia ordenada, dando resultado a un bolo alimenticio mezclado con saliva que entrará al estómago el que se denomina quimo (Cunningham, 2009; Swenson, 2009).

Es la acción de recoger alimento e ingerirlo al interior de la cavidad bucal, para poder llevar a cabo esta función participan los labios, dientes y lengua, el perro detiene el alimento con los miembros anteriores, haciendo un movimiento de cabeza y mandíbulas permitiendo la ingestión, para los líquidos este recurre a su lengua libre y móvil, la que toma forma de cuchara (Levy *et al.*, 2006).

Existen varias formas de prehensión del alimento y esto depende de la especie y su anatomía bucal, especialmente se integra por la lengua, labios y la dentadura que están diseñados para el alimento de cada especie. En este caso en los canidos por ser carnívoros, el desarrollo de los caninos es relevante, la prehensión de alimentos sólidos inicia con los incisivos, el desgarrar con los caninos y la fragmentación con los molares, estos accionados con el músculo masetero y ayudado por los movimientos del cuello (García *et al.*, 1995).

El proceso de masticación es cuando se fragmenta el alimento, de partículas grandes a más pequeñas, y es donde las enzimas digestivas comienzan a realizar su función, se ablanda el alimento y este se lubrica con ayuda de la saliva para poder ser deglutidos (Barrett, 2013). Los movimientos hacen la fragmentación del alimento y a su vez se ensalivan para la fácil deglución, los músculos de las mejillas,

los labios y principalmente la lengua, colocan los trozos más grandes debajo de los molares para poder formar una pequeña masa pastosa llamada bolo alimenticio, facilitando su ingestión (Guyton, 2011); los músculos y ligamentos de las mandíbulas se fortalecen debido a la acción cotidiana de comer, estos músculos son inervados principalmente por ramas motoras del par craneal V, y este proceso se controla por núcleos que se encuentran situados en el tronco encefálico, gran parte de este mecanismo se debe por el reflejo masticatorio (Barrett, 2013).

Cuando hay la presencia del bolo alimenticio en la boca este desencadena principalmente el reflejo inhibitorio de los músculos de la masticación, por lo que la mandíbula desciende, este es un estímulo para desencadenar otro reflejo de distensión de los músculos mandibulares que provoca una contracción de rebote, por lo que la mandíbula se eleva automáticamente para ocluir los dientes, lo que hace que el bolo se comprima de nuevo contra el revestimiento bucal, obteniendo de nuevo como resultado una nueva inhibición de la musculatura con la caída de la mandíbula, un nuevo rebote, y este ciclo se repite una y otra vez (Frandsen *et al.*, 2009).

En los carnívoros hay músculos encargados de los procesos masticatorios que son los temporales, los maseteros y los pterigoideos; uno de los más notables es el masetero que tiene su origen en el arco cigomático, se inserta en la fosa masetérica, este está cubierto por una aponeurosis fuerte y brillante y numerosas fibras tendinosas intermusculares, el otro músculo es el temporal este nace de la fosa temporal y la apófisis corónides de la mandíbula (Evans, 1993). Los otros músculos son los pterigoideos medial y lateral coordinados con los otros músculos ya mencionados cumplen con la función de los movimientos de la mandíbula del abrir y cerrar, nace en la apófisis paracondilar del hueso occipital y está insertado en el cuerpo de la mandíbula, los cuales están inervados por la rama mandibular, siendo una de las tres ramas del nervio trigémino (V nervio craneal) (Harvey y Emily, 1993).

Existen otros músculos que están asociados a la funcionalidad de la lengua, y ayudan a una correcta deglución; por lo tanto, son participantes en la masticación, y estos pueden ser divididos en dos: los intrínsecos y extrínsecos. En la lengua se

encuentran tres músculos pares extrínsecos; estilogloso que retrae y eleva la lengua, el músculo hiogloso que retrae y abate la lengua y el músculo geniolo donde las fibras posteriores empujan la lengua y las fibras anteriores la retraen, y estos músculos están inervados por el nervio hipogloso (XII nervio craneal) (Evans, 1993).

#### **2.4.2 La saliva y el proceso de insalivación**

En el tubo digestivo se encuentran glándulas secretoras para la digestión o emulsión de los alimentos, en los mamíferos las principales glándulas salivales son los pares de glándulas parótidas (submaxilares) y sublinguales, estas se complementan con secreciones de otras glándulas de menor tamaño como son bucales, palatinas, molares y labiales, estas glándulas están formadas por glándulas acinares, teniendo un millón de acinos que influyen en sus sistemas de conductos (Swenson, 2009); estas glándulas y sus secreciones están bajo un control neuronal, tienen una inervación por dos sistemas diferentes un simpático y parasimpático, los que controlan la cantidad y calidad de la secreción, el reflejo salival tiene su inicio a la hora de tocar el alimento con la mucosa bucal, los movimientos tanto de la lengua como de la mandíbula, la estimulación de los quimiorreceptores dispuestos en la cavidad nasal y bucal mandan señales a los centros salivales principalmente por las ramas del nervio mandibular y glossofaríngeo, obteniendo una respuesta a través del sistema nervioso parasimpático estimulando la producción de las glándulas salivales, teniendo un aumento en la producción salival, principalmente en la fracción acuosa (Levy *et al.*, 2006).

La saliva es un líquido incoloro, translucido, compuesto principalmente por electrolitos y agua que se compone de la secreción mixta de la serosa, mucosa o seromucosa de cada una de las glándulas, la secreción de saliva diaria no es constante pues las glándulas salivales tienen un comportamiento secretor discontinuo, la enzima lipasa lingual es secretada por glándulas en la lengua y la amilasa salival es secretada por las glándulas salivales (Cuadro 3).

La saliva es una secreción digestiva con diferentes funciones en los procesos digestivos (Ruckebusch *et al.*, 1994), dentro de las cuales se encuentran las siguientes:

Función primaria:

- Protege la mucosa oral y los dientes de la desecación y acción de los ácidos.
- Humedece y lubrica la cavidad bucal, para facilitar la deglución y la masticación del bolo alimenticio.
- Es iniciador del proceso de la digestión enzimática de carbohidratos y lípidos, la amilasa y lipasa son participes de este proceso

Función secundaria:

- Como defensas ya que en la saliva se encuentra el lisosoma e IgA.
- Participa en la termorregulación, en el caso de los perros como un refrigerante por evaporación durante el jadeo.

### **Cuadro 3.** Componentes de la saliva y sus funciones

Sustancia	Función
Agua	Representa un 99.5 %, permitiendo que los alimentos se disuelvan y se pueda percibir su sabor.
Iones de cloruro	Activan la amilasa salival o ptialina
Bicarbonato	Modulador de la acidez (el pH) y con capacidad de buffer (amortiguador) de la saliva.
Moco	El contenido de mucina produce la viscosidad necesaria para funcionar como lubricante y formación del bolo alimenticio facilitando su deglución
Calcio	Modula la desmineralización.
Lisozima	Como la ptialina, que es una amilasa que hidroliza el almidón parcialmente en la boca. Digestión de hidratos de carbono.

Adaptado de Swenson, (2009).

### 2.4.1. Deglución de los alimentos

El reflejo de deglutir la comida empieza por la acción voluntaria de ingerir o recoger el alimento, y se refiere al paso del alimento de la boca por la faringe y esófago hacia el estómago el cual incluye una serie coordinada de procedimientos en el cual participan los músculos de la lengua, la faringe y el estómago. La boca y la lengua tienen movimientos importantes para la deglución, ya que después de la masticación y la insalivación ponen el bolo alimenticio entre la lengua y el paladar duro (Swenson, 2009) y el bolo alimenticio se desplaza hacia la orofaringe donde se originan las contracciones faríngeas que ocasionan su paso a la laringofaringe, entre la orofaringe y la nasofaringe hay un orificio que se cierra de forma refleja al elevar el velo del paladar y al cerrar los pliegues palatofaríngeos, hay impulsos de los receptores que pasan a lo largo del nervio glossofaríngeo, la rama faríngea del nervio vago y la división maxilar del nervio trigémino, llegando hasta el centro de la deglución en el bulbo raquídeo, este centro es el que se encarga de la musculatura de la lengua y el paladar, gracias a la inervación de los pares craneales V, IX, X y XII (Engelhardt *et al.*, 2006; Levy *et al.*, 2006).

El proceso de deglución se divide en tres fases:

Fase 1. Es la fase voluntaria donde se inicia el proceso de deglución, cuando los alimentos ya se encuentran preparados para ser deglutidos, teniendo una presión de la lengua contra el paladar, arrastra o desplaza de forma voluntaria hacia tras con dirección a la faringe, a partir de esto se convierte en un proceso total y casi automático; por lo general, ya no se puede detener, la abertura traqueal está protegida por el cerramiento de la glotis y el movimiento de la epiglotis, esto impide que el alimento pase a la tráquea (Guyton y Hall, 2011).

Fase 2. Fase faríngea de la deglución, el bolo alimenticio estimula las áreas epiteliales receptoras de la deglución situada alrededor de la entrada de la faringe, los alimentos que estimulan estos receptores más rápido son los sólidos en comparación con los alimentos líquidos, los movimientos peristálticos se inician en

la faringe pasando a través del esófago por el esfínter gastroesofágico, al tener este proceso se interviene la respiración por un momento (Barrett, 2013).

Fase 3. Fase esofágica de la deglución donde si los alimentos (sólidos y líquidos) no llegaran al estómago a través del primer movimiento peristáltico se genera uno secundario, el esófago tiene movimientos peristálticos primarios y secundarios, el primario son ondas que se inician desde la faringe y que se propagan hasta el estómago durante la fase dos, pero si estas ondas no logran mover el bolo alimenticio hasta el estómago, se producen ondas de tipo secundario gracias a la distensión esofágica de los alimentos retenidos, estas segundas ondas son generadas por los circuitos intrínsecos del sistema mientérico esofágico y en parte a los reflejos producidos en la faringe, ascendiendo después por las fibras eferentes vágales hacia el bulbo y estas regresan al esófago por las fibras eferentes de los nervios glossofaríngeo y vago, este proceso de deglución en los perros oscila entre los 80 y los 100 cm<sup>3</sup> por segundo (Frandsen, 2009).

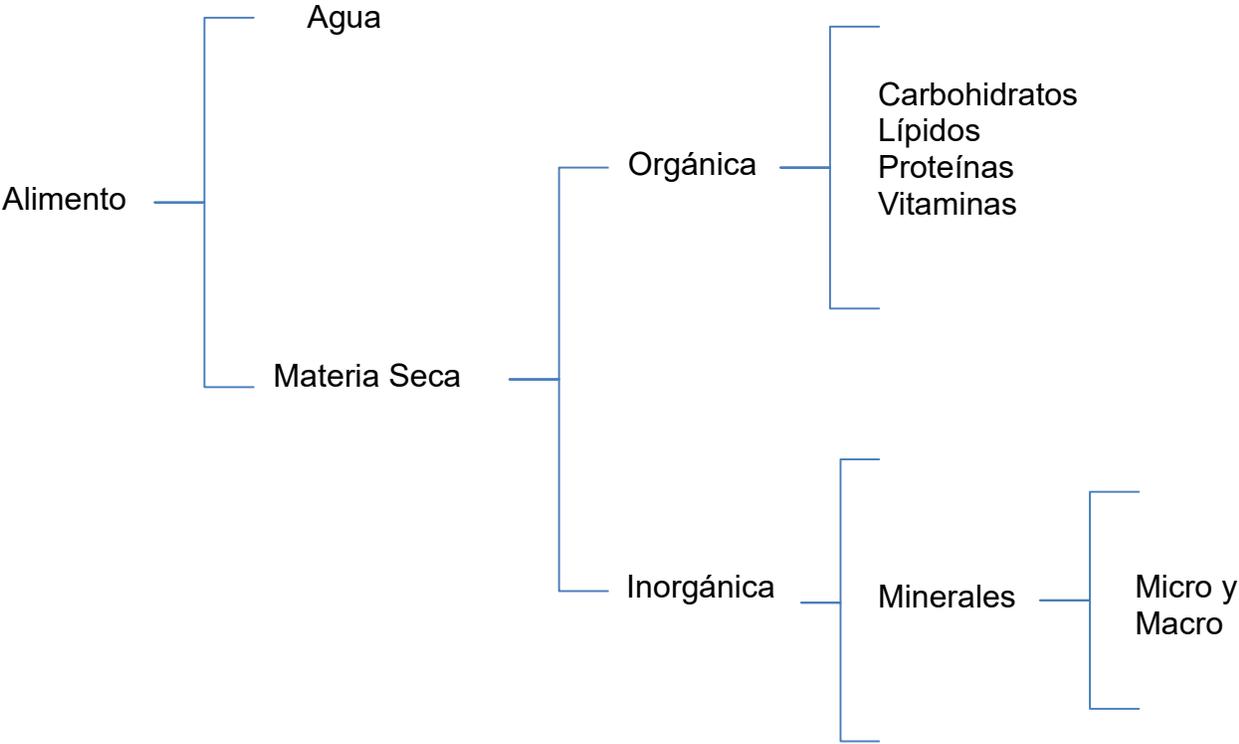
## **2.5. Nutrición y Alimentación**

La nutrición animal es el conjunto de procesos por los cuales el animal ingiere y utiliza todas las sustancias digeridas para su mantenimiento, crecimiento, producción o reproducción, mientras que la alimentación es la acción de suministrar alimento al animal, el alimento diario debe tener un valor nutritivo correcto, pero el volumen de alimento que debe ingerir cada animal está determinado por su etapa fisiológica; también se ha definido como una disciplina que se encarga del estudio del consumo de alimento, los procesos físicos-químicos que sufre al pasar por el tracto digestivo, la absorción de los nutrientes liberados a través de las paredes gastrointestinales, el transporte y metabolismo celular. Por lo que el término de nutrición hace referencia al estudio de los alimentos y nutrientes (Chanona *et al.*, 2017).

Por otro lado, el alimento se define como todo material (líquido o sólido) que al ser ingeridos por el perro se puede digerir, absorber y utilizar, por lo cual se refiere

a todos los productos comestibles que brindan nutrientes (McDonald *et al.*, 1999; Pond y Pond, 2000).

Los nutrientes son los componentes que conforman un alimento y estos se dividen en seis categorías básicas: agua, grasa, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales (Figura 5); la cantidad exacta de nutrientes en un alimento, que permite satisfacer los requerimientos o necesidades de cada animal se le conoce como contenido nutricional (Hendriks y Moughan, 2000; Case *et al.*, 2001).



**Figura 5.** Composición de los alimentos

Church y Pond, (1990).

### 2.5.1. La alimentación de canidos

El perro antes de ser domesticado se alimentaba de presas; es decir, de carne, vísceras y huesos de los animales que cazaba, su dieta era un 90% de carne y huesos crudos y 10% de lo que encontraban en el aparato digestivo de sus presas (cereales, bayas y hierbas, principalmente material indigestible). Posteriormente, aproximadamente hace 10,000 años, cuando el hombre empieza a cultivar cereales, a criar animales de ganado y cocinar, los caninos que vivían en los poblados junto con el hombre en ese tiempo se alimentaban de los restos de lo que cocinaban. Desde ese momento y hasta finales del siglo XIX, los perros se alimentaban de lo que el ser humano, les preparaba o lo que llegara a sobrar de sus alimentos (Knowles, 2016).

La alimentación canina ha tenido una evolución al paso de los años desde una dieta casera hasta obtener alimentos de mayor calidad y muchos más equilibrados que son capaces de satisfacer las necesidades del animal; por lo cual, un alimento comercial debe tener un buen contenido nutricional y una buena digestibilidad (Case *et al.*, 1997). La alimentación es una serie de normas o procedimientos que se siguen para poder proporcionar a los animales una nutrición adecuada, por lo cual la alimentación es lo que se ofrece de comer (ingredientes, cantidades y presentaciones) (Chanona y Melchor, 2017). Un alimento está constituido, por una mezcla de materias primas donde pueden ser (vegetales, animales y minerales) que pueden llegar a ser o no transformadas teniendo como propósito un alimento nutritivo y sano, obteniendo la satisfacción de los nutrientes que requiere el animal (McDonald *et al.*, 1999).

Todos los alimentos deben de tener ciertas características organolépticas tales como son: olor, sabor, textura, proporción de ciertos ingredientes y también tomar en consideración los hábitos de alimentación del animal. Para el caso del olor y sabor, estos deben de ser agradables, para que el consumo sea favorable a las papilas gustativas en los perros; en el caso de la textura, debe de ser firme y

crujiente, para que favorezca adecuadamente el proceso de masticación del alimento y mantenga los dientes limpios (Morales, 2008).

## **2.5.2. Nutrientes**

### **2.5.2.1. Energía**

La energía en realidad no es un nutriente, pero algunos autores lo toman como parte de estos; por lo cual, resulta imprescindible para el crecimiento y el desarrollo del animal, siendo necesaria para los diferentes procesos metabólicos del organismo (France *et al.*, 2000); esta se encuentra en los enlaces químicos de grasas, aminoácidos, carbohidratos después de un proceso de oxidación (Gross *et al.*, 2000). La mayoría de los animales tienen un constante gasto de energía para la mayor parte de su vida ya que mantiene su metabolismo basal (circulación, respiración, temperatura corporal) y para actividades extras de la vida cotidiana como actividad física, crecimiento, reproducción, digestión (Anderson, 1989). Los animales tienen una necesidad energética diaria que corresponde a la energía empleada para mantener, su tasa metabólica en reposo, termogénesis dietaria, actividad muscular voluntaria y temperatura muscular. La tasa metabólica en reposo es la cantidad de energía que se consume al descansar después de una comida o de hacer alguna actividad física (Danforth y Landsberg, 1983); la termogénesis es el calor inducido por la ingestión de alimento (Horton, 1983). En los perros adultos para tener una termoneutralidad solo requiere suficiente energía para cubrir sus actividades y mantener los procesos metabólicos en su normalidad a diferencia de los perros de trabajo, crecimiento y reproducción que sus gastos de energía son mayores, no hay hasta el momento una ecuación que permita calcular las necesidades energéticas (Case *et al.*, 2001). El organismo consume una cantidad de energía para interactuar con la superficie corporal total, lo que disminuye con el aumento del tamaño del animal. Por lo que las necesidades energéticas del perro no se relacionan con su peso corporal, se relaciona de mejor forma con el peso

elevado a una potencia, lo que se refiere al peso corporal metabólico (Case *et al.*, 2001).

A la energía completa de la ingestión del alimento se le denomina energía bruta (EB), si a esta se le resta la energía desechada en las heces se obtiene la energía digestible (ED) y la energía que llega a los tejidos es la energía metabolizable (EM) y está se puede obtener restando la ED perdida en las heces y orina (McDonald *et al.*, 1999).

La energía metabolizable (EM), es la cantidad de energía que se tiene disponible para uso del animal, es la que llega a los tejidos del animal finalmente descontando pérdidas fecales, urinarias y gaseosas de la energía bruta del alimento (Gross *et al.*, 2000). La ecuación  $EM = 132 \times P^{0.75}$  es un buen estimador para los requerimientos energéticos de un perro adulto en mantenimiento (NRC, 1985). Estos pueden aumentar en algunas fases de la vida, tales como crecimiento, gestación, lactancia, los periodos de trabajo físico intenso y la exposición a condiciones ambientales extremas (Blaza, 1982).

La cantidad de energía en un alimento se determina por el consumo de este, cuando un alimento tiene un porcentaje energético elevado sus necesidades energéticas se satisfacen con un consumo menor de alimento y cuando tiene un valor energético bajo el animal aumenta el consumo de este para cubrir sus requerimientos energéticos, se debe de encontrar un equilibrio de los demás nutrientes para que evitar un problema en la salud del animal (Gross *et al.*, 2000).

#### **2.5.2.2. Agua**

Es el componente de mayor abundancia en el cuerpo representando hasta un 70 % del peso corporal del animal, el agua es necesaria para que se puedan llevar acabo todos los procesos metabólicos, sirve como solvente y como medio de transporte para los nutrientes y los productos finales del metabolismo celular (Case *et al.*, 2001). Este nutriente participa en la regulación de la temperatura corporal,

como lubricante de las articulaciones, ojos y en los intercambios gaseosos manteniendo los alveolos pulmonares húmedos y expandidos, las necesidades del agua varían dependiendo del tamaño corporal, etapa fisiológica, estado de salud, estrés, la temperatura ambiente, ingesta y tipo de alimento ya que los animales que consumen alimento seco beben más agua que los animales que consumen alimento húmedo (Gross *et al.*, 2000).

### **2.5.2.3. Proteínas y Aminoácidos**

Son compuestos químicos de alto peso molecular que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y generalmente azufre, que al pasar por un proceso llamado hidrólisis se obtienen aminoácidos (McDonald *et al.*, 1999); participan en diversas funciones del organismo como proporcionar aminoácidos necesarios para la síntesis proteicas, son la principal fuente de nitrógeno para el organismo y en la dieta canina son las encargadas de proporcionar el sabor al alimento mejorando la palatabilidad y su aceptación, además las proteínas son los componentes estructurales principales del pelo, piel, uñas, tendones y enzimas (NRC, 1985).

Las proteínas están constituidas por unidades simples llamadas aminoácidos, existen aproximadamente 20 de este tipo de moléculas, hay aminoácidos esenciales para los perros como son arginina, histadina, isoleusina, leucina, lisina, metionina-cisteina, fenillanina-tirosina, treonina, triptófano y valina (Pond y Pond, 2000; Case *et al.*, 2001).

En la mayoría de estudios realizados sobre los requerimientos proteicos de un perro adulto se puede observar que el uso de diferentes fuentes proteicas y composiciones de aminoácidos varían y que en general los perros consumen dietas con fuentes proteicas de alto valor ya que se necesita que represente alrededor del 4 al 7 % de la EM ingerida. Pero no necesariamente todas las dietas tienen fuentes proteicas con tal valor sino que suelen ser de inferior calidad, y este requerimiento supera el 20% de EM; lo que equivale al 21% en proteína en las dietas secas que

contengan 3.5 kcal EM/g. A diferencia de los perros adultos en los cachorros los requerimientos proteicos son mayores (Schaeffer, 1989).

Por otra parte, si existe una deficiencia de proteínas se puede presentar un retraso del crecimiento en el caso de cachorros y pérdidas de peso en las demás etapas fisiológicas, también se puede presentar en conjunto con un déficit de energía que provocaría una deficiencia en la digestión y más susceptibilidad a enfermedades (Case *et al.*, 2001).

#### **2.5.2.4. Hidratos de carbono**

Son compuestos químicos que se forman de un carbono y oxígeno, además dos hidrogeno; pero también se puede encontrar algunos que contengan fosforo, nitrógeno y azufre, y otros pueden tener la desoxirribosa (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>). La glucosa es necesaria para todos los animales por ser la principal fuente que aporta energía, las vías gluconeogénicas hepáticas y renales a partir de dos ácidos llamados propiónico y láctico producen glucosa, aparte del glicerol y algunos aminoácidos, y esta glucosa es liberada a la sangre y está la distribuye a todos los órganos; estas vías en los carnívoros permanecen siempre activas (Kettlehut *et al.*, 1980; McDonald *et al.*, 1999). Mientras el perro ya sea adulto o juvenil tenga grasa y proteína suficiente en la dieta puede cubrir sus requerimientos metabólicos de glucosa, la obtiene por la vía hepática gluconeogénica (Belo *et al.*, 1976). Así mismo, se requiere una fuente exógena de carbohidratos cuando las necesidades son mayores como en la etapa de gestación donde la necesidad de glucosa aumenta ya que es una fuente de energía para el desarrollo fetal, y en lactancia requiere de una gran cantidad de glucosa para la síntesis de lactosa que es el disacárido presente en la leche. El que no se necesite una fuente de carbohidratos en las dietas de los perros no importa mucho, porque casi todos los alimentos comerciales contienen de un 30 a un 60% de carbohidratos, como es el almidón, que es altamente digestible y es una gran fuente de energía (De Wilde *et al.*, 1989).

La fibra es otro carbohidrato y este se encuentra en alimentos de origen vegetal, aunque esta no es un nutriente imprescindible, es recomendable poder incluir en las dietas de los animales de compañía, cierta cantidad para que haya un mejor funcionamiento del tracto gastrointestinal (Bartges y Anderson, 1997).

#### **2.5.2.5. Lípidos y ácidos grasos**

Estos son sustancias insolubles en agua, pero totalmente solubles en disolventes orgánicos (benceno, cloroformo, éter, hexano, etc.) (McDonald *et al.*, 1999). Además de ser fuente de energía concentrada y ácidos grasos esenciales que se utilizan para funciones de la membrana celular y regulaciones metabólicas siendo precursores de la prostaglandina, además la grasa sirve como un transporte para las vitaminas liposolubles y la palatabilidad de los alimentos (NRC, 1985).

Los perros tienen necesidades lipídicas que se relacionan con los requerimientos de ácidos grasos esenciales (AGE), y con las dietas calóricamente densas. Las grasas aportan 8.5 kcal EM/g y son altamente digestibles hasta el 90%, por estas características al aumentar los lípidos en la dieta, la densidad energética aumenta considerablemente, lo cual implica que, si no hay un equilibrio en los demás nutrientes esenciales, habrá una deficiencia nutricional (Romsos *et al.*, 1976).

En cada etapa como son: de crecimiento, la gestación avanzada, lactancia y cuando el animal tiene actividad física en periodos largos o intensos, las necesidades energéticas son mayores, por que el animal debe consumir una dieta con un nivel elevado de concentración energética; que tenga un alto contenido graso. Tal es caso de perros que ejerza trabajo físico activo y que recibe una dieta rica en grasas, con el cual se busca obtener efectos metabólicos benéficos, ya se espera que estas dietas mejoran la capacidad para utilizar ácidos grasos como fuente energética y así mejora su resistencia. Todos los alimentos comerciales o la mayoría para perros adultos contienen entre el 5 – 13% de grasas y los que son para otras etapas como lactancia o cachorros es mayor del 20% (Kallfelz *et al.*, 1989).

Desde 1929 George y Mildred Burr descubrieron que los ácidos grasos son esenciales para los canidos. Los ácidos grasos son compuestos ácidos carboxílicos saturados e insaturados, con cadenas que varían entre 2 y 36 átomos de carbono, donde estas últimas contienen un grupo carboxilo en un extremo y un grupo metilo en el extremo opuesto (Castellano *et al.*, 2010). Los ácidos grasos insaturados se dividen en monoinsaturados o MUFA y polinsaturados o PUFA (Murray *et al.*, 2006). Los PUFA tienen más de un doble enlace en su molécula y sobre la base de su estructura química se diferencian tres grupos, los omegas 3 (n-3), los omegas 6 (n-6) y la omega 9 (n-9), en los que el primer doble enlace se encuentra a 3, 6 o 9 carbonos del extremo metilo de la molécula, respectivamente (Catalá, 2013); el ácido oleico es MUFA por contener solamente una doble ligadura en el carbono 9 a partir del extremo metilo terminal de la molécula (NRC, 1985). Los tejidos en los animales pueden sintetizar el ácido oleico; sin embargo, tanto los animales como el hombre no puede realizar la síntesis del ácido linoleico (AL) y el alfa- linoleico (ALN), estos ácidos grasos pertenecen a la familia n-6 o n-3 también conocidos como  $\omega$ -6 u  $\omega$ -3, estas dos familias se diferencian por la posición del primer doble enlace contando a partir del extremo metilo de la molécula del ácido graso, la falta de no poder sintetizar es que los mamíferos carecen de las enzimas desaturadas apropiadas para cada uno de ellos (Murray *et al.*, 2006; Catalá, 2013). El AL es una molécula de 18 átomos de carbonos con dos dobles ligaduras, la primera se localiza en el sexto carbono a partir del metilo terminal, su nomenclatura es 18:2 n6 y pertenece a la familia n-6. El ALN también es una molécula de 18 átomos de carbonos con tres dobles ligaduras, la primera se encuentra en el tercer carbono a partir del metilo terminal, su nomenclatura es 18:3 n3 y pertenece a la familia n-3. Dentro del organismo, los AGIs se pueden convertir en otros AGPIs de cadena más larga (AGPIs-CL) con más insaturaciones, como el ácido araquidónico (AA), el ácido eicosapentaenoico (AEP) y el ácido docosahexaenoico (ADH) (Gliozzi *et al.*, 2009).

A estos ácidos grasos se les denominan esenciales (AGE), y se tiene que obtener a partir de una fuente dietética (Samadian *et al.*, 2012; Morimoto *et al.*, 2005). El ácido linoleico y los  $\alpha$ - linoleicos, docosahexaenoico y eicosapentaenoico, son los principales en las dietas de las familias 6 y 3 (Beare-Rogers *et al.*, 2001).

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPIs-CL) son componentes dietarios que participan en múltiples procesos fisiológicos como el crecimiento, la reproducción, la visión y el desarrollo cerebral, donde cumplen un rol estructural en los fosfolípidos de las membranas celulares y son sustratos para la síntesis de diversos mediadores fisiológicos. Los triacilgliceroles en el tejido adiposo contienen como ácido graso predominante al ácido oleico (C18:1 n-9), seguido por el ácido palmítico (C16:0) y el ácido linoleico (Venegas-Calderón *et al.*, 2010). Los AGPI-CL tienen diversas funciones siendo precursores de moléculas con actividad biológica tales como prostaglandinas, leucotrienos, tromboxanos, lipoxinas, resolvinas y neuroprotectinas. Asimismo, son elementos fundamentales para la formación de hormonas esteroideas y para el transporte de las vitaminas liposolubles A, D, E y K (Kremmyda *et al.*, 2011).

Los AG actúan como ligandos de receptores nucleares involucrados en el control subcelular de vías metabólicas. Los grupos hidroxilos son activadores de algunos factores nucleares y responsables de la expresión de citoquinas proinflamatorias como las interleuquinas 1, 6 y 8, factor de necrosis tumoral, moléculas de adhesión intracelular y moléculas de adhesión celular vascular. La modificación covalente de proteínas por la acilación del ácido graso permite su incorporación en las membranas celulares (Almaida-Pagán *et al.*, 2014). Otra función importante descrita para los ácidos grasos y sus metabolitos es su efecto sobre la transcripción de genes a través de receptores nucleares como los receptores activados por proliferadores de peroxisomas (PPARs), receptores del ácido retinoico, receptor de la hormona tiroidea, receptor X hepático, receptores de la vitamina D3 y receptores de esteroides (Needleman *et al.*, 1986). Dentro de los PPAR hay 3 isoformas: PPAR $\alpha$ , PPAR $\beta/\delta$  y PPAR $\gamma$ , que presentan diferentes especificidades de ligando, funciones y distribución en los tejidos. Por ejemplo, el PPAR $\alpha$  se expresa en el hígado, tejido adiposo y placenta, donde regula el metabolismo lipídico y las vías antiinflamatorias (Fournier *et al.*, 2011). Los ácidos grasos n-3 y n-6 activan las 3 isoformas de PPAR, variando su afinidad por el receptor. Así, el EPA es más potente que el AA como activador del subtipo PPAR $\alpha$  (Belfort *et al.*, 2010). Si hay una deficiencia de ácidos grasos esenciales, el perro

puede presentar caída de pelo, pelo seco y opaco, descamación y lesiones en piel (Gross *et al.*, 2000; Case *et al.*, 2001).

Estos ácidos grasos en especial el ácido linoleico es abundante en aceites vegetales tales como aceite de maíz, girasol, cártamo y canola (Rooke *et al.*, 2001); y es el precursor del ácido araquidónico (AA C20:4 n-6). Por su parte, el ALA se encuentra principalmente en los cloroplastos de los vegetales verdes y hierbas. El aceite de linaza y el de chía son algunos de los pocos aceites vegetales que contienen altos niveles de ALA, además de cantidades significativas de LA (Gurr *et al.*, 2002). Por otro lado, el EPA y el DHA son provistos directamente de la dieta o producidos en el organismo a partir del ALA (Sargent, 1997). En la naturaleza las algas son los productores primarios de EPA y DHA. En consecuencia, los peces consumen las algas convirtiéndose de esta manera en ricas fuentes de n-3. Así, los aceites de pescado ofrecen en la actualidad un suplemento dietético de fácil disponibilidad de EPA y DHA (Sargent, 1997; Rooke *et al.*, 2001).

#### **2.3.1.1. Minerales**

No son esenciales, ya que el perro los consume directamente al ingerir alimento cárnico fresco, aunque se pueden presentar problemas tóxicos por un exceso de estos, y cuando hay un déficit puede provocar secundariamente reacciones por interacción con otros nutrientes, unos de los minerales más comunes en el organismo es el calcio (Ca); este cumple básicamente dos funciones, es un componente estructural de los huesos y como un mensajero intracelular por donde las células responden a los estímulos de las hormonas y neurotransmisores (McDonald *et al.*, 1999; Gross *et al.*, 2000; Case *et al.*, 2001); cabe mencionar que los perros no tienen la capacidad de regular la digestibilidad aparente del calcio, por lo que es recomendable ajustar los niveles de este mineral (Dobenecker, 2002); por lo que una cantidad menor del calcio estimula la liberación para la hormona paratiroidea (PTH), que provoca una reabsorción de Ca desde los huesos hasta la sangre provocando una desmineralización y una pérdida de masa ósea, lo que se

ve reflejado principalmente en la mandíbula, dientes y ablandamiento de huesos largos, formación de urolítos (cálculos) y reducción de la ingesta alimentaria (Case *et al.*, 2001; AAFCO, 2002).

Por otro lado, el fósforo es el segundo mineral más importante y se localiza en huesos y dientes (Underwood y Suttle, 1999), además es un componente estructural del ARN y ADN de compuestos energéticos como ATP y las membranas celulares que contienen fosfolípidos en mayores cantidades, y se encuentran en alimentos de origen vegetal en concentraciones 0.8 a 1.6% (Gross *et al.*, 2000; AAFCO, 2002), este macro mineral no representa problemas de digestibilidad, pero si hay un exceso de fósforo no permite la absorción correcta del calcio provocando una hipocalcemia transitoria y en caso de déficit, produce una aberración del apetito, lo que muestra menor eficiencia alimentaria (Gross *et al.*, 2000).

El magnesio después del calcio y el fosforo, es de importancia en el líquido intracelular y en los huesos (Underwood y Suttle, 1999); tomando en cuenta que colabora para la síntesis de lípidos y carbohidratos, los que afectan el crecimiento del canino (Gross *et al.*, 2000).

#### **2.3.1.2. Vitaminas**

Son compuestos orgánicos, que se requieren en pequeñas cantidades para el crecimiento del animal, estas se clasifican en liposolubles (solubles en lípidos) e hidrosolubles (solubles en agua), las de mayor importancia en liposolubles para la nutrición son A, D, E y K, y en las hidrosolubles Tiamina, Riboflavina, Nicotidamina, Piridoxina, ácido pantoténico, Biotina, ácido fólico, Colina, B12 y C (McDonald *et al.*, 1999; Gross *et al.*, 2000).

Tomando en cuenta que el NRC (1985), y AAFCO (2002), solo reconocen a 11 de estas vitaminas esenciales para el perro, descartando la vitamina C, K y biotina, a pesar de que las vitaminas son de gran importancia para llevar a cabo funciones

fisiológicas, ya que actúan como potenciadores o cofactores para reacciones enzimática, son participes en la síntesis de ADN, en la liberación de energía de los nutrientes, desarrollos óseos, en los balances de calcio, entre otras funciones más, con alimentos comerciales se puede hacer una suplementación con vitaminas, considerando la etapa fisiológica del animal a la que va dirigido este alimento, tomando en cuenta que las vitaminas provienen de nutrientes naturales siendo variables. Para evitar una intoxicación, se debe de considerar la densidad energética y la pérdida de este al ser almacenado y procesado (Cowell *et al.*, 2000).

**Cuadro 4.** Clasificación y Funciones de las vitaminas

Liposolubles	Fuentes
Vitamina A (Retinol y B- Careteno	Esencial para la vista (pigmentos visuales de retina). Regulación de la expresión genética y diferenciación celular (mantiene integridad de tejidos epitelial y piel). Reproducción, desarrollo y crecimiento. Desarrollo adecuado de huesos y dientes Inmunidad, Beta-caroteno es antioxidante.
Vitamina D	Mantenimiento el balance de Ca: aumenta absorción intestinal de Ca y moviliza minerales del hueso. Formación y mantenimiento de huesos s y dientes.
Vitamina E	Antioxidante especialmente en membranas celulares (estabilización de membrana, regulación de reacción de oxidación, protección de AGP y de vitamina A. Protege a eritrocitos de la hemolisis.
Vitamina K	Coenzima en formación de Gamma- carboxil- glutamico en activación de factores de coagulación y en proteínas de la matriz.
Hidrosolubles	

---

Tiamina	Coenzima de piruvato y Alfa-Cetoglutarato deshidrogenasa y de transcetolasas del metabolismo energético (función poco conocida en la condición nerviosa).
Riboflavina	Coenzima en reacción de óxido reducción en el metabolismo energético. Grupo prostético de flavoproteína
Niacina	Coenzima en reacciones de óxido – reducción en el metabolismo energético.
Vitamina B6	Coenzima en reacciones de trasnominación y descarboxilacion de aminoácidos y glucógeno fosforilasa. Papel en la hormona en la acción de la esteroidea.
Ácido Fólico	Coenzima en la transferencia de segmentos mono carbonados. Importante en la reacciones de la cinta.
Vitamina 12	Coenzima en la transferencia de fragmentos monocarbonados y en el metabolismo de ácido fólico.
Biotina	Coenzima en reacción de carboxilacion en gluconeogénesis en la síntesis de ácidos grasos
Ac. Pantoténico	Parte funcional de coenzima A y de ACP: Síntesis y metabolismo de ácidos grasos
Vitamina C	Coenzima en la hidroxilacion de prolina y linsina en la síntesis de colágeno. Antioxidante aumenta la absorción de hierro.

---

Adaptado de Gross *et al.* (2000).

#### **2.4. Requerimientos nutricionales**

Se puede tener acceso a dos fuentes para determinar requerimientos nutricionales para perros: los boletines del National Research Council (NRC) y los perfiles nutricionales publicados por la Association of American Feed Control Officials (AAFCO) (Hand *et al.*, 2000). Los requerimientos mínimos para manutención y

crecimiento de un perro se mencionan en el NRC (1985), estos se determinaron por dietas basadas en digestibilidad totalmente alta, y no con los alimentos comerciales disponibles en el mercado, si no tomando en cuenta la disponibilidad de nutrientes o efectos del procesamiento; por lo cual, no es pertinente tomar en cuenta estos valores como una cantidad mínima de ingesta ya que se limitaría al consumo del perro (Debraekeleer, 2000; Hand *et al.*, 2000).

La AAFCO que fue publicada en el 2000, se dedica a publicar normas que regulan los alimentos para perro y sus ingredientes, tomando en cuenta el etiquetado y los protocolos de estos, además de seguir las condiciones bajo las cuales el alimento puede catalogarse en completo y balanceado (Dzanis, 1994). Verifica las condiciones de este tipo de alimentos, siguiendo un protocolo en el preparado y la alimentación de animales con un perfil nutricional, donde estos valores difieren con los del NRC (1985), porque para su determinación emplean ingredientes complejos no purificados, donde su digestibilidad es menor, pero es la más común en alimentos elaborados con subproductos (Murray *et al.*, 1997).

La principal diferencia entre lo que publica el NRC (1985) que menciona los requerimientos nutricionales mínimos del perro, la AAFCO proporciona recomendaciones de ingesta diaria, donde se considera la diversidad de nutrientes disponibles en un alimento, provocado por cambios de ingredientes, pérdidas en el procesamiento y la variabilidad de requerimientos nutricionales en las poblaciones caninas (Hendriks y Moughan, 2000; Hand *et al.*, 2000).

#### **2.4.1. Requerimientos nutricionales de perros adultos en estado de mantención**

La etapa fisiología del perro se define por varios factores, tal como la raza, los perros jóvenes o edad media son los que ya han crecido alrededor de 12 meses de edad y no tienen más de 5 a 7 años, la nutrición y su manejo intervine mucho para maximizar la longevidad y la calidad de vida, reduciendo la incidencia de enfermedades dentales, obesidad y enfermedades renales (Debraekeleer *et al.*, 2000).

El estado de mantenimiento es cuando el perro ha llegado a su tamaño maduro adulto, sin estar preñado, ni en lactación o realizando algún trabajo físico, el principal objetivo de este estado o etapa es un equilibrio nutricional suministrando una dieta completa y de calidad al animal, para obtener un estado de salud óptimo y el mantenimiento de peso durante este periodo sea el adecuado (Case *et al.*, 1997).

El control de la ingesta diaria de alimento por el perro adulto se puede controlar por raciones, aunque algunos perros son capaces de autorregular su ingesta cuando se administra a libre elección o *ad libitum*; sin embargo, muchos perros tienden a sobre consumir y ganar peso en exceso, la manera adecuada es darle al perro dos comidas pre medidas, en intervalos regulares, durante el día, no es necesario una variedad de alimento para los perros adultos, estos se mantienen con una dieta equilibrada y completa y el acceso al agua limpia (Hendriks y Moughan, 2000).

Los cambios frecuentes de la dieta pueden ser contraproducentes dañando el tracto digestivo, este se realiza gradualmente: los tres primeros días se ofrece 75% del alimento ya ofrecido y 25 % del alimento nuevo, otros tres días 50 % del alimento ya ofrecido y 50% del alimento nuevo y por otros tres días más el 25% del alimento ya ofrecido y 75% del alimento nuevo, así no se dañarán las mucosas intestinales de animal (Debraekeleer *et al.*, 2000).

Según la AAFCO, (2000) los requerimientos nutricionales para perros adultos, expresando como porcentaje o cantidades por kg de dieta en base materia seca (Cuadro 4). Con la incorporación mínima del 18 % de proteína; 5% mínimo de grasa en base seca.

**Cuadro 5.** Requerimientos nutricionales mínimos de perro adulto, en mantenimiento

Nutriente	Requerimiento mínimo
<i>Aminoácidos</i>	
Arginina %	0.51
Histidina %	0.18
Isoleucina %	0.37
Leucina %	0.59
Lisina %	0.63
Metionina + Cistina %	0.43
Fenilalanina-Tirosina %	0.73
Treonina %	0.48
Triptofano %	0.16
Valina %	0.39
<i>Lípidos</i>	
Ácido linolénico %	1.0
<i>Vitaminas</i>	
Vitamina A IU/ kg	5000
Vitamina D IU/ kg	500
Vitamina E IU/ kg	50
Tiamina ppm	1.0
Vitamina B <sub>12</sub> ppm	0.022
Ácido pantoténico ppm	10
<i>Minerales</i>	
Calcio %	0.6
Fosforo %	0.5
Potasio %	0.6
Sodio %	0.06

Adaptado de AAFCO, (2000)

## 2.5. Alimentos comerciales para perros

Históricamente el primer alimento comercial tuvo su origen en el año 1860 cuando James Spratt originario de Cincinnati, americano, que radicaba en Londres, inicio a vender galletas para perros y causo mucho impacto en esa época; este alimento consistió en una galleta que se elaboró con trigo, remolacha y sangre de res (Crane *et al.*, 2000). Según se inspiró para hacer este producto en perros callejeros, ya que vio que estos animales consumían las galletas que tiraban los marineros en el puerto, este producto que desarrollo Spratt se llamó Spratt's Patent Meat Fibrine Dog Cakes. Posteriormente, en 1890 la fórmula de Spratt fue adquirida por una compañía que empezó a operar en Estados Unidos (Laflamme *et al.*, 2008). A partir de este producto varias compañías empezaron la elaboración de alimentos para perros (mascotas), se presentaron diversas marcas en el mercado (Gaviria, 2016). En 1920, los hermanos Chappel de Illinois, comenzaron con el enlatado de carne equina para perro, con el nombre de Ken - L Ration (Cowell *et al.*, 2000). Para 1960, los dueños de perros podían encontrar en los mercados una diversidad de alimentos como enlatados, alimento seco y dietas semihúmedas (Laflamme *et al.*, 2008).

En 1957, la fabricación de alimento seco en la era moderna, una compañía de nombre Ralston Purina, hizo la introducción de los primero alimentos extruidos para perros y gatos, el alimento húmedo en lata para los gatos fue un punto máximo de venta en esos momentos, luego se creó el primer alimento semihúmedo para perros y para 1970 se elabora el primer alimento semihúmedo para gatos (Cowell *et al.*, 2000).

México en la actualidad se encuentra en el cuarto lugar en producción de alimentos balanceados en el mundo, una producción del 50% es destinado al sector avícola; 15.9% al porcícola; 15.7% al ganado lechero; 11.5% al ganado de engorda, y el 3% a mascotas, el resto se distribuye en acuacultura (SAGARPA, 2015).

Dentro de ese 3% de alimentos para mascotas en el mercado Mexicano hay una gran variedad de alimentos para perros, los cuales son vendidos en súper

mercados, consultorios veterinarios y tiendas para animales, los alimentos varían mucho en composición de nutrientes, disponibilidad, digestibilidad, palatabilidad, presentación física, sabor y textura (Case *et al.*, 2001).

Los alimentos para perro, se pueden encontrar en tres presentaciones básicas diferentes; seco, semihúmedo y húmedo, la tendencia global es hacia el uso de alimentos secos para perro, hay reportes que el alimento más consumido por los perros es el seco, por lo cual es el más adquirido por los dueños del perro (Cowell *et al.*, 2000), sin embargo se agrega una cuarta categoría llamada semiseco (Laflamme, 2006); los alimentos para perro están elaborados principalmente a base de carne de diferentes tipos (bovino, pescado, pollo), también contienen granos de cereales, subproductos cárnicos, grasas y aceites, concentrados proteicos de origen vegetal, azúcar, agua, humectantes, gelificantes, emulsificantes, colorantes, vitaminas y minerales (Hendriks y Moughan, 2000).

### **2.5.1. Alimentos húmedos**

Estos alimentos son los que comúnmente se encuentran enlatados, con un alto contenido de humedad oscilando entre 75 y 87 %, estos pueden estar elaborados a base de una mezcla de diferentes carnes, subproductos de esta industria y de pescado, proteína vegetal, aporte de vitaminas y minerales para poder estar equilibrados (Case *et al.*, 2001); su alto contenido de humedad no refleja una baja calidad nutricional, sino que tiene una concentración menor de nutrientes, en comparación con otros tipos de alimentos, este se caracteriza principalmente por tener de 7 a 9 % de proteína, 3 a 9 % de grasa y de 2 a 13% de carbohidratos, con una digestibilidad aproximada de 80 a 85%; además, registra una alta palatabilidad, con lo cual es importante darle atención en el consumo para evitar un sobre consumo (Noel, 1996), este tipo de alimentos enlatados se pueden almacenar durante periodos largos sin tener problemas de deterioro, lo cual hace que incremente los costos, comparado con el alimento seco (Crane *et al.*, 2000).

Las dietas húmedas se pueden clasificar en dos tipos: el primero es una pasta (pate) que consiste en una mezcla homogénea de carnes y proteínas vegetales texturizadas obtenidas de cereales, el segundo es una mezcla heterogénea donde es posible observar los trozos de carne, entre estos dos tipos la primera es económica por ser una mezcla (Mair, 2001).

### **2.5.2. Alimentos semihúmedos**

Este alimento presenta un grado de humedad intermedio el cual va del 15 al 35 %, están elaborados a base de tejidos animales frescos o congelados, cereales, grasas, harina de soya, proteína de origen vegetal, y azúcares simples, adicionado con humectantes y acidificaciones con ácidos orgánicos simples para poder facilitar su conservación, influyendo en su apariencia y textura (Crane *et al.*, 2000), contienen entre 17 a 25% de proteína, 6 a 12% de grasa y 35 a 50% de carbohidratos, las sales y glicerol se utiliza para reducir el agua del producto (Noel, 1996).

### **2.5.3. Alimentos secos**

Estos contienen entre 3 a 11 % de humedad y están elaborados con cereales, carnes, derivadas de aves y pescado, productos lácteos, suplementos vitamínicos y minerales, más grasa con la función de adicionar palatabilidad y aumentarle nivel energético, además de tener antioxidantes para evitar la rancidez (France *et al.*, 2000); con una composición nutricional que va desde 17 a 25% de proteína, entre 7 y 12% de grasa y 35 a 50% de carbohidratos, contenido similar a los alimentos húmedos (Noel, 1996); estos alimentos se encuentran en más presentaciones: granulados, harinas, galletas y productos expandidos, entre las ventajas de estos alimentos es su bajo costo a diferencia de los húmedos y semihúmedos y la aceptación por los perros es mayor, su contenido calórico es alto, lo cual puede

ayudar a tener una buena salud dental, su administración y almacenamiento son más fáciles (Case *et al.*, 2001).

La elaboración de las dietas secas es mediante un proceso de varias etapas: formulación de la dieta, elección de ingredientes, pre acondicionamiento, creación (extrusión), aplicación de grasas, y adición de saborizantes y todas estas etapas influyen en la palatabilidad del producto final (Trivedi y Benning, 1999).

La extrusión es un método del procesamiento para la elaboración de alimentos tanto secos como semisecos para perros (Cowell *et al.*, 2000); se puede definir como un flujo forzado de un material alimenticio bajo una o más condiciones (mezclado, calor, y corte), a través de una boquilla diseñada para formar o expandir (Riaz, 2013). Una de las ventajas de la extrusión es la capacidad de producir un rango alto de productos terminados, con un tiempo mínimo de procesamiento, utilizando materias primas de bajo costo. Los alimentos secos son considerados de mayor utilidad, debido a la facilidad de manejo (compra, almacenamiento y costo) en comparación con los alimentos húmedos y semihúmedos (Riaz, 2013).

## **2.6. Clasificación comercial de los alimentos**

Alimentos completos y balanceados: pueden ser tanto como secos, húmedos y semihúmedo y se utiliza mucho en cuestión de la etapa fisiológica: cachorros, adultos o seniles. Por otro parte, los alimentos complementarios pueden ser en las mismas presentaciones pero contienen elementos nutricionales específicos; es decir, no cubre con los requerimientos nutricionales mínimos, por lo cual no se puede administrar como alimento único, normalmente se proporcionan como bocadillos o golosinas que se utilizan como premios para los perros y para limpieza dental pero se consideran triviales desde el punto de vista nutricional ya que el exceso de ingesta interviene mucho con el apetito normal y balance diario, ya que el exceso puede propiciar a la obesidad del animal (Crane *et al.*, 2000).

En el mercado existen alimentos de prescripción médica, estos son especialmente formulados como ayudas nutricionales en el manejo de la dieta de

perros que lleguen a presentar ciertos problemas de salud como: cardiopatías, hipocalóricas, hipoalergénicas, insuficiencia renal, sobrepeso, entre otras (Noel, 1996).

En el mercado los alimentos se encuentran clasificados en categorías diferentes: premium, súper-premium y estándar, cualquiera en teoría ofrece una nutrición de buena calidad y balanceada, no existe una definición tal cual para cada categoría; es decir, el comerciante y el fabricante colocan los nombre y la clasificación arbitrariamente, sin que se realice empleando las características de calidad del alimento, únicamente respetan los principios de la composición nutritiva establecida por la AAFCO (Guzmán, 2004). En el caso de los alimentos súper-premium son los de mejor calidad, los alimentos Premium se venden por almacén y el tercero que es el estándar por el bajo costo que tiene es mucho más fácil de conseguir (Crane *et al.*, 2000).

Los alimentos para perro se elaboran para satisfacer requerimientos específicos de distintas etapas como crecimiento, reproducción, teniendo en cuenta que puede tener un contenido proteico mayor o igual a un 30%, de grasa mayor a 22%, la densidad energética de este alimento es alta, aportando una mayor cantidad de calorías por kilogramo de alimento que se consuma (Noel, 1996). Para cubrir estos requerimientos el perro se ha adaptado a una variedad de insumos proteicos, ya que los alimentos comercializados se pueden encontrar insumos proteicos como son carne bovina, ovina, pollo y conejo, así como de sus subproductos, aparte de huevo deshidratado, pescado, y harina de pescado entre otros (Church y Pond, 1990; Case *et al.*, 1997). La calidad de las harinas de carne es considerable de acuerdo a la calidad de los residuos que la componen (músculo, tejido conjuntivo o cartilaginoso, sangre o huesos), esta tiene un 65 % de proteínas teniendo buenas condiciones, pero los tratamientos tanto térmicos como químicos muy elevados, provocan la desnaturalizan proteica, lo cual reduce su digestibilidad, principalmente la parte útil de la lisina (Piccioni, 1970). Tal es el caso de la harina de pollo, se compone de los restos de aves que no son consumidos por el ser humano, como son las plumas, uñas, buche, intestinos y huesos. Las plumas tienen un alto

porcentaje de proteína 87 %, pero su digestibilidad es menor, pero esta puede mejorarse con medios físicos y químicos (Fataccioli, 1981).

Por otra parte, las fuentes proteicas de origen vegetal son la harina de gluten de maíz, pasta de soya, harina de alfalfa, levadura de cerveza seca, harina de semillas de linaza y germen de trigo (Church y Pond, 1990; Case *et al.*, 1997). La pasta de soya es económica pero tiene un bajo porcentaje de proteína del 44 a 46%, el proceso de tostado resulta indispensable para que sea benéfico ya que en su forma natural resulta ser tóxico teniendo un factor deprimente del crecimiento (Piccioni, 1970).

En la actualidad las industrias de los alimentos para perros en particular, han tratado de satisfacer las necesidades de los caninos ya que los propietarios cada vez se preocupan más por brindarle a su perro una calidad de vida mejor, por lo cual ha permitido que en mercado se ofrezca una amplia gama de productos que no solo satisfacen las necesidades nutricionales si no también se han diseñado para poder atender cada estilo de vida o estado del animal (Rocha, 2008).

## **2.7. Palatabilidad de alimentos por perros**

Se define como la preferencia relativa valorada entre dos alimentos (Case *et al.*, 1997); dentro de la cual influyen varios factores como son olor, textura, temperatura, proporción de ciertos ingredientes (Shi, 2000; Kvamme y Phillips, 2003). Este factor es de importancia para desarrollar o comprar un alimento para perro, puesto que puede haber alimentos que satisfacen las necesidades del animal al 100 %; sin embargo, si el grado de palatabilidad es bajo, el alimento no será consumido por el animal, la palatabilidad se caracteriza por la captación del animal y es una medida subjetiva de cuanto consume de un alimento determinado, otros autores incluyen más factores que intervienen en la palatabilidad como son composición química, componente visual, determinado por la presentación y color del alimento (Hendriks y Moughan, 2000; Toro, 2004).

Un alimento con mal sabor, no será consumido por un animal, no importa el nivel o equilibrio de nutrientes que tenga, los perros no saben cuál alimento tiene una deficiencia de nutrientes, ellos consumirán la dieta hasta que los efectos del déficit o exceso de nutrientes afecte su organismo provocando una enfermedad o disminución de este alimento (Silva, 2009).

La palatabilidad se puede obtener con el consumo diario (g / día), pero los resultados son mejores si se hace de manera cualitativa, que es la prueba de preferencia ofreciendo en comederos los diferentes alimentos que se manejaran, al mismo animal. No es una cualidad extrínseca exclusiva del alimento, sino que es la relación de las sensaciones sensoriales de cada individuo, ya que un alimento puede tener palatabilidad de forma variable para distintos perros, esta es una característica importante pero en los alimentos comerciales no debe usarse como único criterio para su evaluación ni como indicador de una correcta nutrición del perro (Case *et al.*, 2001).

Por otra parte, se pueden realizar otras pruebas para determinar la palatabilidad como son: condiciones operantes, donde los animales realizan una tarea para poder recibir alimento. El método de lamido, que consiste en que los animales beben las diferentes soluciones que se ofrecieron. Otro método es el de número de visitas: se lleva un control de las visitas que el animal tiene hacia el alimento y el método de tasa de alimentación, donde se mide la cantidad de gramos ingerido por minuto (Mugford, 1977; Gierhart, 1991).

## **2.8. Digestibilidad**

La digestibilidad es una de las características más importantes en los alimentos ya que permite determinar una proporción de nutrientes disponibles para su absorción en el organismo, depende de las características del alimento como la eficiencia digestiva del huésped, la digestibilidad es la diferencia entre nutrientes digeridos y los excretados en las heces (Morales, 2008). Esta característica es uno de los factores más evaluados para poder determinar la calidad de la proteína ya

que debido a su complejidad no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas por el organismo; además la digestibilidad en cada organismo es diferente y esto se debe a factores, como el origen de las proteínas, componentes no proteicos (fibras en dietas, taninos, fitatos), procesos de elaboración, ya que estos pueden interferir con procesos enzimáticos (Church y Pond, 1990).

## **2.9. Comportamiento de alimentación en los perros**

Todos los seres vivos por la ingesta de alimentos, obtienen energía y otros elementos nutricionales para el buen funcionamiento del organismo, por lo cual una buena o correcta alimentación permite prevenir múltiples problemas; en el caso de los perros, la alimentación balanceada permitirá prevenir y evitar problemas de salud, así como mejorar el aspecto físico del animal (Chanona y Melchor, 2017). El perro por su naturaleza cazadora, ingiere grandes cantidades de alimento en un espacio corto para poder satisfacer sus necesidades diarias (Elices, 2010).

En la actualidad, existe una gran variedad de alimentos para perro, en donde se encuentran todo tipo de texturas, sabores, y que van de acuerdo a las etapas fisiológicas (cachorro, adultos, geriátrico) o dietas con especificaciones para algún problema hipoalergénico o algún otro problema del perro; los alimentos más baratos que se pueden llegar a encontrar en el mercado para el consumo del perro están elaborados principalmente en cereales y proteínas de origen vegetal. Los criadores prefieren proteína animal y creen que estas son mejores para los perros, muchas dietas elaboradas de cereales se basan en proteína de soya, lo que en muchos casos produce flatulencias (Riaz, 2013).

### **2.9.1. Importancia de una nutrición adecuada**

Ningún animal puede alcanzar su óptimo desarrollo y salud si los factores no son los adecuados, uno de estos factores sin duda es la alimentación que con el paso del tiempo se ha ido modificando, y este elemento es fundamental para poder lograr bienestar y salud en el canido. Se considera que una alimentación adecuada es lo que permite tener al animal una buena salud, tener un crecimiento favorable y adecuado, con los requerimientos óptimos en las etapas de lactancia, crecimiento y un buen rendimiento cuando se requiera (Case *et al.*, 2001).

### **2.9.2. Cambios de dietas**

De acuerdo al alimento varia la porción requerida entre las dietas secas y húmedas, ya que los alimentos secos son de mayor densidad en términos de calorías, por lo cual la manera recomendable de realizar un cambio en el tipo de alimento es por un método gradual, este cambio se hace durante un periodo de cuatro a siete días, y como todos los organismos son diferentes algunos perros pueden requerir más tiempo para poder acomodarse (Chanona y Melchor, 2017).

### **2.9.3. Hipersensibilidad alimentaria**

Este proceso se da por las reacciones adversas a los alimentos, son respuestas clínicamente anormales que se hacen presentes al momento de la ingestión del alimento o algún aditivo en la dieta (Bock y May, 1983; Nesbitt y Ackerman, 1991; Merchant y Taboada, 1991; Paterson, 1995; Brown *et al.*, 1995; Guilford, 1996); estas reacciones han sido clasificadas como inmunológicas y no inmunológicas; en el caso de las primeras; puede ser la anafilaxia alimentaria, la cual es una hipersensibilidad aguda con una consecuencia generalizada o sistémica

con signo como: dolor respiratorio, colapso vascular y urticaria (Bindslev *et al.*, 1994). Por su parte, en las no inmunológicas, puede mencionarse a la intolerancia alimentaria que es una respuesta fisiológica anormal a un alimento, sin una base inmunológica (Leib y August, 1989).

#### **2.9.4. Reacciones farmacológicas los alimentos**

Este tipo de reacción se observa como resultado u observaciones al momento de ingerir un alimento con derivados naturales o un compuesto químico añadido que posee una acción farmacológica similar a la de un fármaco (White, 1994; Brown *et al.*, 1995).

#### **2.9.5. Reacciones metabólicas de los alimentos**

En este caso son provocadas por el efecto de una sustancia sobre el metabolismo o una deficiencia del nutriente en el perro; por ejemplo, la deficiencia de lactasa, enteropatías por gluten e insuficiencia pancreática (Wills y Harvey, 1994). Intoxicación alimentaria: es la acción directa de un tóxico tanto en el alimento, indiscreción alimentaria: es por el comportamiento tales como glotonería o ingesta de basura (Hall, 1994).

#### **2.9.6. Antígenos alimentarios**

Los ingredientes básicos de los alimentos tienen el potencial para inducir una respuesta de hipersensibilidad ejemplos de estos ingredientes son: proteínas, lipoproteínas, glicoproteínas, lipopolisacaridos, carbohidratos, aditivos y metales; de estos ingredientes las más frecuentes son las glicoproteínas, las que llegan a ser alérgicas ya que tiene un peso molecular de 10,000 a 70,000 daltones; son

hidrosolubles, termoestables, y con resistencia a los ácidos y la digestión proteolítica (Ditto y Grammer, 1997); también llegan a actuar como alérgenos algunos fármacos o químicos de alto peso molecular (Wills, 1991).

Existen evidencias donde la carne de res y leche de vaca son los más comunes en reacciones de hipersensibilidad y llegan a alcanzar un 80% de los casos, en comparación con la hipersensibilidad a cereales como trigo, soya y aditivos corresponden a un 5% de los casos; la hipersensibilidad a la carne de pollo, caballo, pescado, huevo, maíz y algunos hongos que se presentan en el agua contaminada, aunque no llegan a ser tan frecuentes, corresponden al 15 % restante (August, 1985); estos alimentos han resultado ser los que con mayor frecuencia ocasionan hipersensibilidad alimentaria canina (Carlotti *et al.*, 1990; White, 1994; Reedy *et al.*, 1997); la hipersensibilidad alimentaria puede tener reacción a más de un alérgeno (Jeffers, 1994); también se puede encontrar una actividad cruzada entre algunos antígenos alimentarios; por ejemplo, los perros que son alérgicos ya sea a la carne de res o leche, pueden reaccionar a ambas, la reactividad cruzada también se han observado con otros alimentos; la antigenicidad se puede llegar a alterar o modificar de acuerdo al cocinado, procesado, metabolismo o digestión (August, 1985).

## **2.10. Importancia de la interacción humano –perro, como mascota**

Estas relaciones entre el ser humano y los canidos han variado a lo largo de la historia y han sido utilizados como medio de trabajo, fuente de alimento, protección del hogar, símbolo de instrumento sagrado, método de investigación, guías para personas discapacitadas y una fuente de afecto para sus dueños (Serpell, 2016).

Entre el perro y el ser humano, desde siempre ha existido un vínculo con el propósito de cubrir la satisfacción de necesidades humanas; por ejemplo, como protección, pero en la actualidad ha evolucionado y esta relación se ha encargado de satisfacer las necesidades psicológicas humanas, tales como la compañía y

seguridad, haciendo que el perro se vuelva más importante como compañero hasta el punto de humanizarlo (Gunter, 2002); varios estudios han demostrado como las mascotas influyen en el ser humano de una manera positiva tanto en la salud y en el bienestar humano (Zasloff, 1996; Wood *et al.*, 2005; Lynch, 2006).

Existe una rama de psicología para humanos en donde intervienen las mascotas (perros) y las clasifican en cuatro áreas específicas: terapéuticos, fisiológicos, psicológicos y sociales (Lynch, 2006).

Terapéutica: consiste en incluir o emplear como terapia asistida motivacional o como terapia física, en la terapia asistida motivacional su principal objetivo es introducir a un animal de manera permanente o con regularidad específica en el entorno de una persona y poder establecer una conexión efectiva (Millhouse-Flourie, 2004; Wood *et al.*, 2005); se ha llevado a cabo con personas de síndrome de inmunodeficiencia adquirida y con diversos trastornos psicológicos, con personas de la tercera edad (Lynch, 2006); y una de las formas de la metodología física es una forma de obtener efectos terapéuticos a través de los animales (Millhouse-Flourie, 2004).

Fisiológica: las mascotas han servido como protección para enfermedades cardiovasculares, disminuyen la presión arterial, se ha observado que se reduce la ansiedad y el estrés de la soledad (Wood *et al.*, 2005); se llega a liberar endorfinas al acariciar al perro o mascota (Millhouse-Flourie, 2004); existen evidencias que las personas con tenencia de perros, resultan ser más activos y con una mejor salud (Wood *et al.*, 2005).

Psicológica: demuestra que el vínculo entre personas y animales ha sido sujeto a numerosos estudios en los cuales se evaluó el atributo sobre la salud mental (Hart, 2006); ya que los perros como mascotas influyen en la reducción de sensación de la soledad (Angulo *et al.*, 1994); incrementando en niños el sentimiento de apego y disminuye la soledad (Wood *et al.*, 2005).

## **2.11. Técnicas para determinar la calidad nutricional de alimentos en perros**

El primer método para determinar la composición química de los alimentos fue desarrollado en el siglo XIX en la estación experimental de Weende en Alemania el cual determina el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, grasa cruda, ceniza y extracto libre de nitrógeno (Detmann y Valadares, 2010); esta metodología tiene demasiadas desventajas, pero en la mayoría de los casos se sigue empleando y es la única fuente de información que se puede obtener para conocer la condiciones nutricionales de un alimento. Dentro de las desventajas esta la determinación de la fibra cruda ya que esta subestimada, por lo cual en la actualidad se recomienda la técnica propuesta por Van Soest (1996), otra dificultad es que la fracción de extracto libre de nitrógeno representa los carbohidratos solubles y de mayor digestibilidad, pero al estimarse por diferencia lleva los errores de la técnica a esta fracción (Detmann y Valadares, 2010).

Por otra parte, existe otro método más actualizado donde mediante la retractación al infrarrojo cercano, por sus siglas en inglés (NIR), con esta metodología la muestra no se destruye, ya que se coloca molida con cierto tamaño de partícula, a energía lumínica infrarroja cercana, para realizar este procedimiento, es necesario tener varias muestras similares como referencia (obtenidas por las técnicas tradicionales) para que sea calibrado el instrumento (Cheng *et al.*, 2001).

Mediante la técnica del análisis químico proximal, en el caso del extracto etéreo o grasa, únicamente se puede obtener el contenido de lípidos, sin ninguna clasificación, motivo por el cual es necesario conocer cuáles son los ácidos grasos que se están suministrando en las dietas de los animales principalmente en los que pueden consumir elevadas cantidades de estos nutrientes lipídicos; tal es el caso de los perros. Para lo cual, son diversas técnicas las cuales requieren de equipo e instrumentos especializados, tal es el caso de la cromatografía, con la cual se pueden conocer los ácidos grasos presentes en los alimentos balanceados comerciales para mascotas.

## 2.12. Cromatografía

En el año de 1910, el botánico ruso Milhail Tswett, describió por primera vez esta técnica, utilizando alúmina para separar los pigmentos colorados de las hojas de las plantas, para lo cual metió en un tubo de vidrio un fino polvo (sacarosa), para producir una columna de una altura deseable, posteriormente extrajo el pigmento de las hojas y los colocó en un solvente (éter de petróleo), se agregó un poco dentro de la columna, donde se le brindaba el nombre de cromatografía en referencia a las bandas coloreadas de pigmentos que se separaban por su absorción selectiva, después de este experimento la cromatografía quedó totalmente olvidada hasta 1930, año en donde fue descubierta por Kuhn y Lederer quienes la utilizaron para separación de carotenoides, a partir de este momento, el uso de esta técnica se fue expandiendo cada vez más, encontrándose actualmente varios tipos de cromatografía por ejemplo: cromatografía de reparto (Martin y Synger, 1941); cromatografía de papel (Consden *et al.*, 1944); de capa fina, y como un punto importante en el desarrollo de la cromatografía lo constituyó el desarrollo la cromatografía de gas – líquido (Martin y Synger, 1941); esta técnica encontró rápidamente aplicaciones de gran importancia, lo que llevó a su vez al desarrollo de una teoría de la separación cromatográfica (Van Deemter *et al.*, 1956; Giddings, 1965).

Este es un método físico de separación en dos fases: estacionaria y móvil, por otra parte se clasifica en analítica utilizada para determinar los químicos presentes en una mezcla; además de proporcionar la concentración presente en la misma, lo cual se realiza mediante la partición y afinidad o diferencia entre sus pesos moleculares; los factores efectivos en los procesos de la cromatografía son la adsorción líquido-sólido (Cuatrecasas *et al.*, 1968; Porath, 1992); por estas diferencias algunos componentes de la mezcla permanecen más tiempo en la fase estacionaria y se mueven lentamente en el sistema de la cromatografía, mientras que otros pasan muy rápido la fase móvil y deja el sistema más rápido (Harris, 2005);

con base en este enfoque hay tres componentes que forman parte de la técnica de cromatografía.

Fase estacionaria: está siempre se compone de una parte sólida o una placa de un líquido adsorbido sobre la superficie de un soporte sólido.

Fase móvil: está compuesta de un líquido o un componente gaseoso.

Interacción entre fases: está dada por las sustancias contenidas en la mezcla es el componente básico efectivo de la separación de las moléculas entre sí (Cuatrecasas *et al.*, 1968).

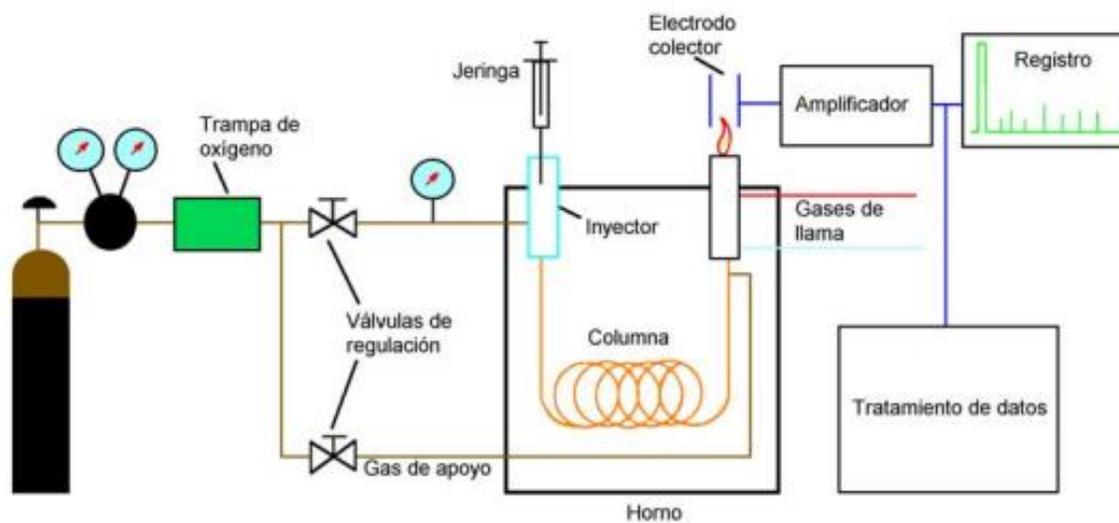
Los métodos de la cromatografía basados en la partición son muy efectivos para la separación e identificación de moléculas pequeñas como son aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos; sin embargo, se puede encontrar una cromatografía de afinidad (de intercambio iónico), estas suelen ser más eficaces en la separación de macromoléculas como ácidos nucleicos y proteínas.

La cromatografía en papel es utilizada para la separación de proteínas, y la síntesis de proteínas, la cromatografía gas-líquido se emplea en la separación de grupos como son alcohol, lípidos, amino y las interacciones enzimáticas, mientras que la cromatografía en tamiz moléculas se emplea principalmente para la determinación de peso molecular de las proteínas y la cromatografía de gel de agarosa se usa para la purificación de ARN partículas de ADN y virus (Gerberding y Byers, 1998).

### **2.12.1. Cromatografía de gases**

En este tipo de cromatografía la fase estacionaria es una columna que se coloca en el dispositivo y contiene una fase estacionaria líquida que se adsorbe sobre la superficie de un sólido inerte esta es una cromatografía gas – líquido. Su fase portadora consiste en gases como helio o nitrógeno. La fase móvil que es un gas inerte a través de una columna a alta presión; la muestra a analizar se evapora y entra en una fase móvil gaseosa. Los componentes contenidos en la muestra están dispersos entre la fase móvil y la fase estacionaria sobre el soporte sólido,

esta es una técnica simple multifacética, altamente sensible y aplicada rápidamente para la separación extremadamente excelente de moléculas muy pequeñas (Amicon y Fulton, 1989).



**Figura 6.** Esquema del cromatógrafo de gases.

Consden *et al.*, 1944.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas de desnutrición en perros adultos en la actualidad, aunado con la baja calidad de salud que conlleva, está afectando al perro y su bienestar. Por lo cual es de suma importancia conocer que es lo que se le proporciona en la dieta al perro, ya que en el mercado mexicano existen un sinnúmero de marcas y variedades de alimentos para estas mascotas y la única información acerca de la calidad nutrimental que proporciona el fabricante (humedad, proteína, grasa, extracto libre de nitrógeno (ELN); concentraciones mínimas), no es suficiente para el propietario o el personal especializado (MVZ), ya que puede no ser cierta debido a que los registros de los alimentos ante las autoridades nacionales correspondientes, no es muy exigente y no proporciona mayor información a la ya mencionada. Situación por la cual es importante para los especialistas en la materia de nutrición el reevaluar la composición química de los alimentos comerciales para perros, esto mediante la técnica del análisis químico proximal y otros más específicos como, por ejemplo, la cromatografía de gases, con la cual se pueden determinar las concentraciones de ácido grasos que se están suministrando en las dietas comerciales. Esto servirá para proporcionarle a la mascota una buena calidad de vida ya que actualmente ha incrementado su participación dentro del aspecto familiar, esto desde el punto de vista sociocultural en la dinámica cambiante de la sociedad en la que vivimos, debido a que el perro ha incrementado sus funciones anteriormente mencionadas y en las grandes metrópolis son considerados como roomies o perrihijos para los jóvenes que se encuentran formándose o con actividades profesionales, los cuales tienen la capacidad económica para incrementar las condiciones de vida de las mascotas.

#### **4. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la composición nutricional de tres alimentos para perros adultos de marcas reconocidas comercialmente en México, además determinar el perfil de ácidos grasos.

## **5. HIPOTESIS**

La calidad de los alimentos para perros adultos de marcas comerciales en México, son similares principalmente en el perfil de los ácidos grasos, con lo cual cubre los requerimientos nutricionales del canido.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación, se realizó en el Laboratorio Multidisciplinario de Investigación del Centro Universitario UAEM Amecameca, en el municipio de Amecameca, Estado de México.

Amecameca se encuentra geográficamente ubicado con la longitud 98° 37' 34" y 98° 49' 10"; latitud 19° 3' 12" y 19° 11' 2". La altura sobre el nivel del mar es de 2,420 metros en la cabecera municipal. Los límites del municipio son al norte, el municipio de Tlalmanalco; al este el estado de Puebla; al sur, los municipios de Atlautla y Ozumba; y al oeste, los municipios de Ayapango y Juchitepec. El municipio de Amecameca cuenta con una superficie 189.48 km<sup>2</sup>; el municipio ocupa el lugar número 44 por su extensión y representa el 0.8 por ciento del territorio estatal. El clima es templado - semifrío y subhúmedo, con la mayor parte lluvias en verano y otoño, con una temperatura máxima de 32°C y mínima de -8°C, promedio anual de 14.1°C, presenta una precipitación anual de 935.6 milímetros (INEGI, 2010).

Para la realización de este trabajo experimental, se emplearon tres alimentos para perros adultos de marcas comerciales reconocidas en México, Estos alimentos son considerados dependiendo de la gama de calidad como alta; gama media y el de calidad baja esto reportan las siguientes contenido de proteína cruda (Alimento de gama alta la proteína cruda es de 30.5 %, los de gama media 29 %, y la de gama baja 24 %, respectivamente), estos alimentos se consiguieron en tres diferentes establecimientos (veterinarias y tiendas) de la zona, además en tiempos (fechas) diferentes, esto con la intención de tener replicas (tres), la cual, será con diferente número de lote de fabricación.

Los alimentos fueron molidos a un tamaño de partícula de 1 mm, para determinar la composición química: humedad, cenizas materia seca, proteína cruda empleando la técnica propuesta por la AOAC (2005); además, se les cuantificó la fibra detergente neutro y ácido (Van Soest, 1996).

Para determinar el perfil de ácidos grasos de los alimentos, se obtuvo los ácidos grasos metil-esterificados (FAME) mediante una trans-esterificación directa de grasa, siguiendo la técnica propuesta por Acho-Martinez (2015); donde las muestras se disolvieron en 1 ml de n-hexano; posteriormente, se agregó hidróxido de potasio (2 N en metanol) para mezclarlas y después se agregó una solución de sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ); estas se centrifugaron durante 5 minutos, a 4000 rpm y el sobrenadante fue transferido a viales de vidrio de 1 ml, para que posteriormente ser inyectados en cromatógrafo.

Los ésteres de los ácidos grasos fueron analizados por cromatografía de gases empleando el instrumento Clarus 580 (Perkin Elmer) provisto con auto muestreador y detector de ionización de flama (FID), una columna capilar de 100 m x 0.25 mm x 0.2  $\mu\text{m}$  (Supelco<sup>TM</sup>-2560), utilizando nitrógeno como gas de arrastre, a una presión de 80 - 90 psi.

El inyector y el detector se mantuvieron a 260 °C, mientras que el horno se tuvo una temperatura inicial de 140 °C, aumentando 4 °C por minuto hasta llegar a 240 °C, el volumen de inyección fue de 1  $\mu\text{l}$ .

La identificación de los ácidos grasos se realizó a través de la comparación de los tiempos de retención de los picos de las muestras, con los del estándar de ésteres metílicos FAME MIX (Supelco<sup>TM</sup> 37component FAME MIX).

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando un diseño completamente al azar empleando el siguiente modelo

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = La variable respuesta en tratamiento i, repetición j;

$\mu$  = La media general;

$\tau_i$  = El efecto del i-ésimo tratamiento (i: 1, 2 y 3);

$\varepsilon_{ij}$  = El efecto del error experimental

La comparación de medias se realizó utilizando polinomios ortogonales con un nivel de significancia de  $P < 0.05$  empleando el paquete estadístico JMP del SAS (2002).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar la determinación de la composición química de los alimentos a evaluar se puede observar que el alimento de gama media es que presento mayor cantidad de proteína con aproximadamente 24 % de PC, mientras que el alimento de gama baja fue el de menor proteína cruda contenido con 21.83 %, por otra parte el contenido de fibra detergente neutra el que mayor porcentaje presento fue el alimento gama alta con aproximadamente 20.66 %, lo cual se puede estar relacionado con el aporte de proteína, tal como se puede observar en el Cuadro 6.

El contenido reportado de proteína cruda de estos alimentos no concuerda con lo que se encontró en esta investigación. Ya que el alimento de gama alta reporta un contenido de PC de 30.5 %, para el de alimento de gama media: 24.0 %, y 29 % el alimento de gama baja.

En esta investigación se analizaron tres alimentos comerciales para canidos dos de ellos son consideradas como de gama alta y media el otro gama baja, se analizaron con la técnica de cromatografía, cabe hacer mención que dicho alimento son elaborado por una compañía francesa para el alimento de gama alta, mientras que con una manufactura Europea el alimento de gama media, finalmente alimento gama baja alimento elaborado por compañía trasnacional de manufactura Mexica.

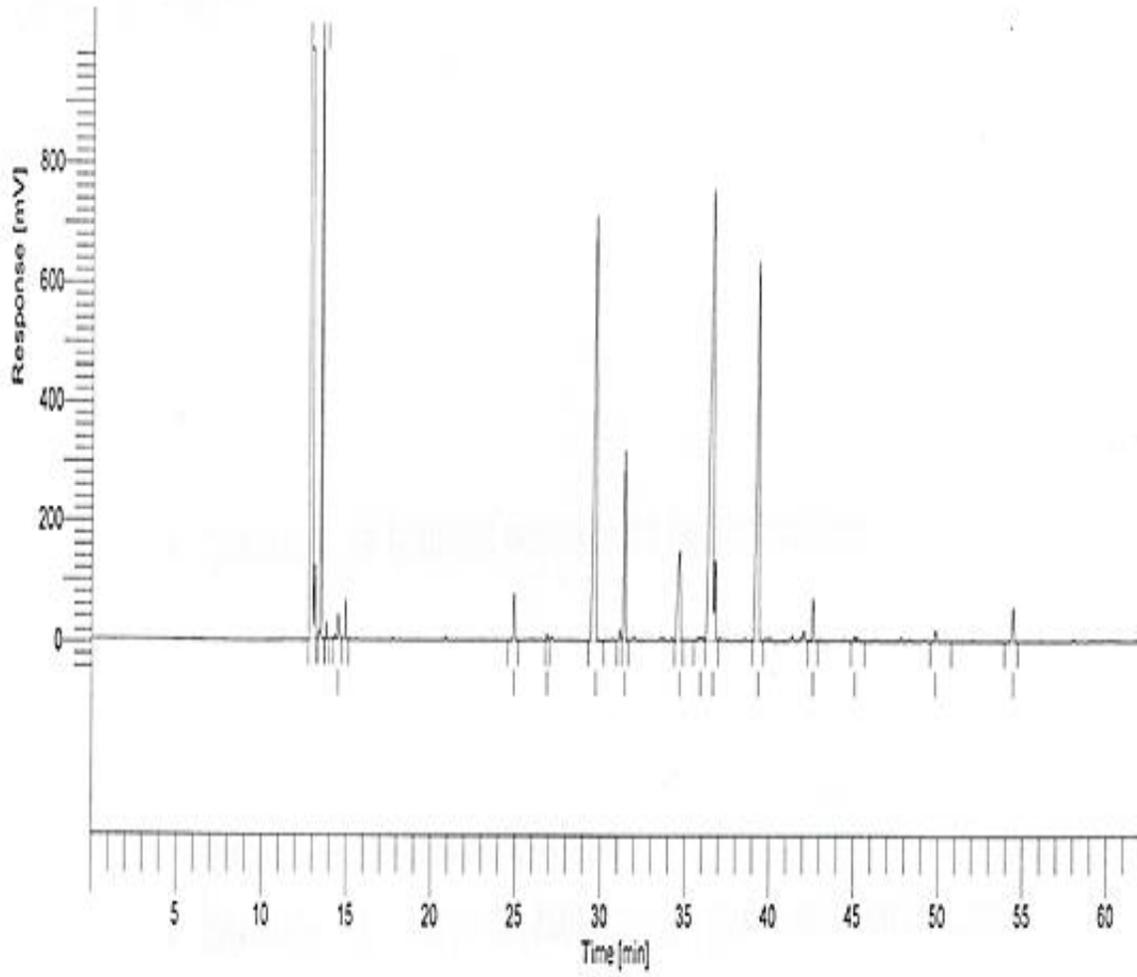
**Cuadro 6.** Composición química determinada de alimentos comerciales para perros de venta en México.

	Gama (calidad) de alimentos comerciales para perros		
	Alta	Media	Baja
Proteína cruda	23.53	24.09	21.83
Extracto etéreo	13.89	12.02	10.89
Materia seca	95.70	95.18	95.49
Cenizas	1.39	1.67	1.78
Fibra detergente neutra	20.66	17.41	13.16

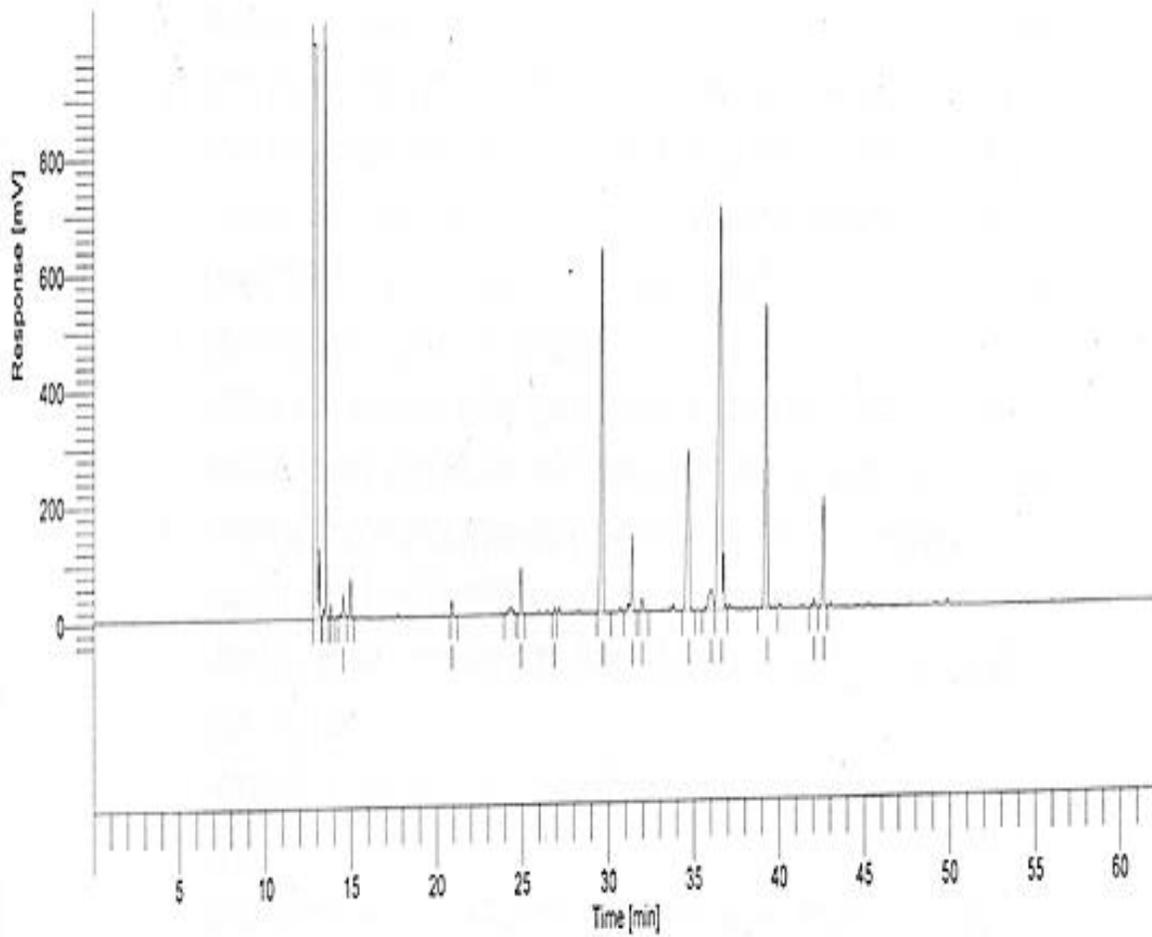
Al realizar la cromatografía de gases, se observaron los siguientes cromatogramas de los alimentos comerciales para perros adultos de razas pequeñas, en el caso del alimento de gama alta (Figura 7), alimento gama media, razas pequeñas (Figura 8) y alimento gama baja (Figura 9).

Como se puede observar los cromatogramas presentaron diversos ácidos grasos de cadena larga los cuales se muestran en el Cuadro 7.

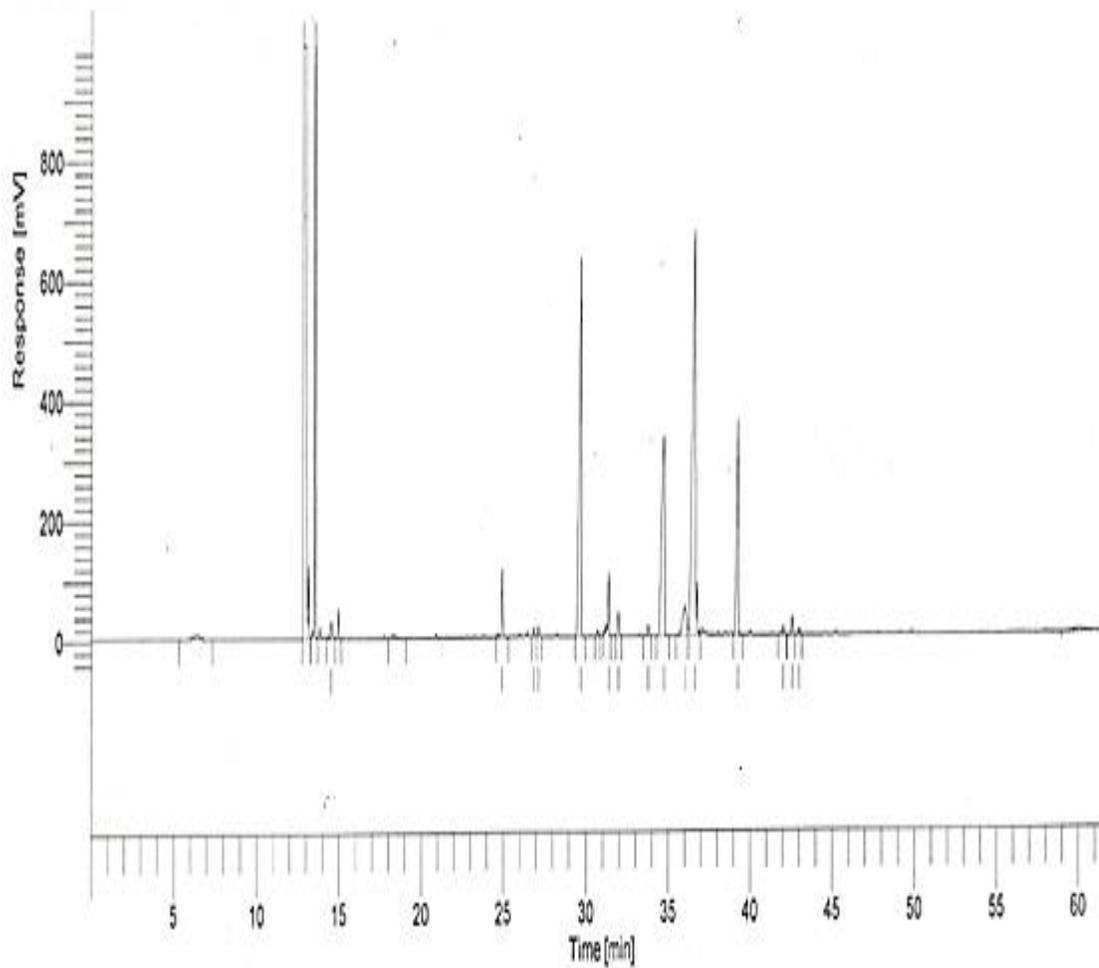
Dentro de los ácidos grasos que se observaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) significativas se encuentran Caproico, Miristoleico, Pentadecanoico, Palmitico, Palmitoleico, Heptadecanoico, Estearilico, Estearilico, Oleico, Linoleladico, Cis-11 Eiacosanoico, Eladico. Sin embargo, no se encontraron efectos significativo estadios ( $P > 0.05$ ) en los ácidos grasos, Aracidico y Cis-11 14 Eicosa; (Cuadro 7).



**Figura 7.** Cromatograma de perfil de ácidos grasos de alimento para razas pequeñas de gama alta.



**Figura 8.** Cromatograma de perfil de ácidos grasos de alimento para razas pequeñas gama media.



**Figura 9.** Cromatograma de perfil de ácidos grasos de alimento para razas pequeñas de gama baja.

Por otra parte se puede observar que al realizar la cromatografía de gases en el alimento de gama alta, no se detectó los siguientes ácidos grasos: Palmitoleico, Heptadecanoico, Cis-10 Heptadecan, Aracídico y Laurico; en el caso del alimento comercial de gama media, no se encontró: Pentadecanoico, Cis-10 Heptadecan, Cis-11 14 Eicosa, Erucico. Finalmente se podría considerar que el alimento de gama baja fue el que mejor perfil de ácidos grasos contiene ya que únicamente Erucico y Laurico no presentaron (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Ácidos grasos de cadena larga presentes en los alimentos comercial para perros de venta en México, (%)

	Gama (calidad) de alimentos comerciales para perros			EEM	P
	Alta	Media	Baja		
Ácido Caproico	0.886 <sup>b</sup>	1.45 <sup>a</sup>	0.786 <sup>c</sup>	0.021	0.0001
Ácido Mirístico	1.31 <sup>c</sup>	1.58 <sup>b</sup>	2.37 <sup>a</sup>	0.026	0.0001
Ácido Miristoleico	0.19 <sup>b</sup>	0.200 <sup>b</sup>	0.306 <sup>a</sup>	0.006	0.0001
Ácido Pentadecanoico	23.70 <sup>a</sup>	-	0.383 <sup>b</sup>	0.081	0.0001
Ácido Palmítico (hexadecénico)	6.18 <sup>c</sup>	21.21 <sup>b</sup>	22.86 <sup>a</sup>	0.051	0.0001
Ácido Palmitoleico o (Delta-9-cis hexadecénico)	-	3.31 <sup>a</sup>	2.63 <sup>b</sup>	0.062	0.0015
Ácido Heptadecanoico, (margárico)	-	0.583 <sup>b</sup>	0.983 <sup>a</sup>	0.010	0.0001
Cis-10 Heptadecanoico	-	-	0.500	0.057	-
Ácido Estearílico	5.78 <sup>c</sup>	12.56 <sup>b</sup>	16.97 <sup>a</sup>	0.016	0.0001
Ácido Oleico	0.380 <sup>c</sup>	2.37 <sup>b</sup>	3.60 <sup>a</sup>	0.100	0.0001
Ácido linolelaídico (linoelaídico)	21.36 <sup>a</sup>	17.23 <sup>b</sup>	10.84 <sup>c</sup>	0.119	0.0001
Ácido Aracídico	-	0.420 <sup>a</sup>	0.440 <sup>a</sup>	0.0115	0.2879
Cis-11 Eiacosanoic	1.43 <sup>b</sup>	4.55 <sup>a</sup>	0.730 <sup>c</sup>	0.0121	0.0001
Cis-11 14 Eicosa	0.330 <sup>a</sup>	-	0.293 <sup>b</sup>	0.0102	0.0651
Ácido Elaídico	36.48 <sup>a</sup>	34.47 <sup>c</sup>	35.32 <sup>b</sup>	0.0138	0.0001
Ácido Erúcico	0.540	-	-	0.0057	-
Ácido Láurico (dodecanoico)	-	0.463	-	0.0088	-

Los ácidos grasos son elementos de gran importancia en los alimentos para los canidos, ya que tienen diversas funciones específicas, por ejemplo el alimento de gama media presentó precursores de la familia de los omega 6 como son el

caproico, palmítico y eicosanoico (Connor, 1996). Los cuales presentan funciones en la gestación ya que estos omegas son de gran importancia durante los primeros meses para el desarrollo del sistema nervioso y así mismo evitar partos prematuros e incrementa el peso al nacimiento (Connor, 1996).

Por otra parte, Simopoulos, (1999) menciona que los omegas tiene funciones antitrombóticas y antiarrítmicas, aumentando el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, evitando una aterosclerosis ya que reducen la concentración de colesterol en el plasma, por lo cual en pacientes hipotensos son de gran ayuda; Hasby y Hoffman, (2000) mencionan que los omegas 3 presentan una gran función en sistema nervioso y principalmente en el sistema visual ya que se puede concentrar en retina y corteza cerebral y tiene la capacidad de poder corregir un problema visual.

En el caso del alimento que contiene ácidos grasos como el pentadecanoico, linoliladico y eláico, es un alimento más completo ya que para un correcto funcionamiento del organismo se tiene que establecer la relación adecuada entre los ácidos grasos esenciales omega 3 y 6, ya que los omegas 6, sirven para bajar los triglicéridos, disminuye el colesterol, prevención de la formación de coágulos en las arterias, algunos autores reportan que al tener un exceso de omega 6, sobre el nivel de los omegas 3 puede ser responsable de algunas enfermedades como problemas en el corazón, diabetes entre otros ya que se han considerado los promotores de la enfermedad cardiovascular por el hecho de que pueden ser precursores de determinadas sustancias relacionadas con la inflamación (González *et al.*, 2013). Por otra parte en un estudio publicado por la Asociación Americana del corazón, determina que los efectos negativos de los omegas 6, no son letales, sin embargo el debate acerca de los efectos perjudiciales de los omegas 6 ya que estos son el sustrato para la producción de las células inflamatorias, vasoconstrictoras, el tromboxano; por lo cual, incrementa el riesgo de enfermedad cardiovascular (Matissek *et al.*, 1998; Gavilanes y Plablo., 2011)

## **8. CONCLUSIÓN**

La composición química de los alimentos comerciales de gama alta baja y media empleados en esta investigación para la alimentación de perros en México cuentan con los nutrientes para cubrir los requerimientos nutricionales, además de contar con una gama amplia de ácidos grasos en su perfil, los cuales son de importancia para el bienestar, salud y nutrición de las mascotas.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- AAFCO, Association of American Feed Control Officials (2000). Evaluation of raw food diets for dogs Official Publication. Oxford, IN, 124-134 p.
- AAFCO, Association of American Feed Control Officials (2002). Official Publication. AAFCO Inc., Atlanta, USA. 464 p.
- Acho-Martinez, YC, (2015). Efecto de inclusión de aceites en la respuesta productiva y el perfil de ácidos grasos en leche de bovino. Tesis de Maestría. Programa en Ciencias Agropecuaria y Recursos Naturales. Universidad Autónoma Del Estado de Mexico.
- Adams, D. (2004). Canine Anatomy: A systemic Study. 4ed. Iowa, USA: Iowa State Press. p. 217 – 232.
- Almaida-Pagán, P. F., De Santis, C., Rubio-Mejia, O. L., & Tocher, D. R. (2015). Dietary fatty acids affect mitochondrial phospholipid compositions and mitochondrial gene expression of rainbow trout liver at different ages. *Journal of Comparative Physiology B*, 185(1), 73-86.
- Amicon Corporation, & Fulton, S. (1989). Dye-Ligand Chromatography: Applications, Method, Theory of Matrex Gel Media. Amicon.
- Anderson, R. (1989). Nutrition and feeding. In: lane, D. Jones's animal nursing. Quinta Ed. Pergamon Press. Oxford, Inglaterra. Pp: 209 – 233.
- Angulo, F. J., Glaser, C. A., Juranek, D. D., Lappin, M. R., & Regnery, R. L. (1994). Caring for pets of immunocompromised persons. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 205(12), 1711.
- Anwer, M. S., & Meyer, D. J. (1995). Bile acids in the diagnosis, pathology, and therapy of hepatobiliary disease. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 25(2), 503-517.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

- Argenzio, R. (1999). Funciones generales del conducto gastrointestinal y su control en integración. *Fisiología de los animales domésticos de Dukes*, editado Swenson, M. y Reece, W, 325-335.
- Aspinall, V., & Cappello, M. (2015). *Introduction to Veterinary Anatomy and Physiology Textbook-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- August, J. R. (1985). Dietary hypersensitivity in dogs: cutaneous manifestations, diagnosis, and management. *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian (USA)*; 7:469-477
- Bacha, WJ, y Bacha, LM (2000): Digestive system. En: Bacha, W.J.; Bacha, L.M. (Eds.), *Color Atlas of Veterinary Histology*, Second edition. Ed. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, pp. 119-161.
- Barrett, K. E. (2013). *Ganong Fisiología Médica 24a*. McGraw Hill México.
- Bartges, J., & Anderson, W. H. (1997). Dietary fiber. *Veterinary Clinical Nutrition*, 4, 25-28.
- Beare-Rogers, J. L., Dieffenbacher, A., & Holm, J. V. (2001). *Lexicon of lipid nutrition (IUPAC Technical Report)*. *Pure and Applied Chemistry*, 73(4), 685-744.
- Belfort, R., Berria, R., Cornell, J., & Cusi, K. (2010). Fenofibrate reduces systemic inflammation markers independent of its effects on lipid and glucose metabolism in patients with the metabolic syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95(2), 829-836.
- Belo, P. S., Romsos, D. R., & Leveille, G. A. (1976). Influence of diet on glucose tolerance, on the rate of glucose utilization and on gluconeogenic enzyme activities in the dog. *The Journal of Nutrition*, 106(10), 1465-1474.
- Benson, E. A., & Page, R. E. (1976). A practical reappraisal of the anatomy of the extrahepatic bile ducts and arteries. *British Journal of Surgery*, 63(11), 853-860.

- Bindslev, J., C., Skov, P. S., Madsen, F., & Poulsen, L. K. (1994). Food allergy and food intolerance--what is the difference? *Annals of allergy*, 72(4), 317-320.
- Blaza, S. E. (1982). Energy requirements of dogs in cool conditions. *Canine Practice*, 9:10-15.
- Bock, S. A., & May, C. D. (1983). Adverse reactions to food caused by sensitivity. In *Allergy principles and practice* (p. 1415). CV Mosby Co, St. Louis.1415-1427
- Braastad, B. O., & Bakken, M. (2002). Behavior of dogs and cats. *The Ethology of Domestic Animals*. CABI Publishing, Wallingford, UK, 173-192.
- Brewer, D., Phillips, A., & Clark, T. (2001). Dogs in antiquity: Anubis to Cerberus: The origins of the domestic dog. *Aris & Phillips*.
- Brown, C. M., Armstrong, P. J., & Globus, H. (1995). Nutritional management of food allergy in dogs and cats. *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian (USA)*. 17:637-658.
- Buendía, A.J., Durán, E., Gázquez, A., Gómez, S., Méndez, A., & Navarro, J.A. (2004): Aparato digestivo. En: Gázquez, A. y Blanco, A. (Eds.) *Tratado de Histología Veterinaria*. Masson, Barcelona, pp. 239-280.
- Bunch, S. E., & Jergens, A. E. (1997). Diseases of the Large intestine. *MORGAN RW Handbook of small animal practice*, III ed., page, 371-382.
- Carlotti, D. N., Remy, I., & Prost, C. (1990). Food allergy in dogs and cats. A review and report of 43 cases. *Veterinary Dermatology*, 1(2), 55-62.
- Case, L. P., Carey, D. P., Hirakawa, D. A., & Daristotle, L. (2001). *Nutrición canina y felina: Guía para profesionales de los animales de compañía*. Harcourt. Madrid, España. pp 165 – 170.
- Case, L.P., Carey D.P., Hirakawa, D. A. (1997). *Nutrición canina y felina: Manual para los Profesionales*. España. 455 p.
- Castellano, C. A., Audet, I., Bailey, J. L., Chouinard, P. Y., Laforest, J. P., & Matte, J. J. (2010). Effect of dietary n-3 fatty acids (fish oils) on boar reproduction and semen quality. *Journal of Animal Science*, 88(7), 2346-2355.

- Catalá, A. (2013). Five decades with polyunsaturated fatty acids: chemical synthesis, enzymatic formation, lipid peroxidation and its biological effects. *Journal of Lipids*, 2013.
- Center, S. (1989). Pathophysiology and laboratory diagnosis of liver disease. En: Ettinger, S. *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. 3a ed., Saunders Co., Philadelphia, USA. pp. 1421–1478.
- Cert, A., Moreda, W., & Pérez Camino, M. D. C. (2000). Methods of preparation of fatty acid methyl esters (FAME). Statistical assessment of the precision characteristics from a collaborative trial. *Grasas y Aceites*, 51, 447-456.
- Chandler M. (2010) *Sistema Digestivo de Animales Pequeños*. Cali – Colombia: Editorial Intermédica.
- Chanona, D. J. A., y Melchor, A. E. (2017). Diseño y evaluación químico-nutricional de un pienso para perros (Doctoral dissertation, Facultad en Ciencias de la Nutrición y Alimentos-Licenciatura en Nutriología-UNICACH).
- Cheng, C. W., Laird, D. A., Mausbach, M. J., & Hurburgh, C. R. (2001). Near-infrared reflectance spectroscopy–principal components regression analyses of soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 65(2), 480-490.
- Church, D.C. & Pond, W.G. (1990). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. 2da ed. Ed. Limusa. México. 438 p.
- Climent, S., Sarasa, M., Munies, P., & Latorre, R. (2005): Intestino delgado y grueso. En: Climent, S., Sarasa, M., Muniesa, P., Latorre, R.(Eds.), *Manual de anatomía y embriología de los animales domésticos*. Cabeza, aparato respiratorio, aparato digestivo y aparato urogenital. Ed. Acribia, Zaragoza, pp. 195-220
- Connor WE (1996) Omega-3 essential fatty acids in infant neurological development Backgrounder 1: 1-6.
- Consden, R., Gordon, A. H., and Martin, A. J. P. (1944). *Biochem. J.*, 38, 224

- Cowell, C., Stout, N., Brinkmann, M., Moser, E., & Crane, S. (2000). Preparación comercial de alimentos para mascotas. *Nutrición clínica en pequeños animales (Small animal clinical nutrition)*. Hand, M., Thatcher, C., Remillard, R. y Roudebush, P. 4º edición. Buenos Aires, Argentina. Inter-Medical SAICI pp, 149-174.
- Crane, S., Griffin, R., & Messent, P. (2000). Introducción a los alimentos comerciales para mascotas. En: *Nutrición clínica en pequeños animales (Small animal clinical nutrition)*. Hand, M., Thatcher, C., Remillard, R. y Roudebush, P. 4º edición. Buenos Aires, Argentina. Inter-Medical SAICI pp, 127-148.
- Cuatrecasas, P., Wilchek, M., & Anfinsen, C. B. (1968). Selective enzyme purification by affinity chromatography. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 61(2), 636-643.
- Cunningham, J. G. (2009). *Fisiología Veterinaria*. Cuarta edición. Elsevier.
- Danforth, E.; Landsberg, L. (1983). Energy expenditure and its regulation. In: *obesity contemporary issues in clinical nutrition*. M.R.C. Greenwood. New York. In: Case, L. P.; Carey, D. P.; Hirakawa, D. A.; Daristotle, L. 2001. *Nutrición Canina y Felina. Guía para profesionales de los animales de compañía*. 2ª ed. Ediciones Harcourt S.A. Madrid, España. 76p.
- De Wilde, R. O. (1989). The use of different sources of raw and heated starch in the ration of weaned kittens. *Nutrition of the Dog and Cat.*, 259-266.
- Debraekeleer, J., Gross, K., & Zicker, S. (2000). Perros normales. *Nutrición Clínica en Pequeños Animales (Small Animal Clinical Nutrition)*. 4a ed. Hill's Pet Nutrition Inc. Santa Fe de Bogotá, Colombia, 255-312.
- Detmann, E., & Valadares Filho, S. C. (2010). On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62(4), 980-984.
- Ditto, A.M., & Grammer, L.C. (1997) Food allergy. In: Patterson, R., Grammer, L. C., Greenberger, P.A., editors. *Allergic diseases. Diagnosis and management*. Philadelphia: Lippincott-Raven, 285-300.

- Dobenecker, B. (2002). Influence of calcium and phosphorus intake on the apparent digestibility of these minerals in growing dogs. *The Journal of Nutrition*, 132(6), 1665S-1667S.
- Drucker, C.R. (2005). *Fisiología Médica*. Tercer Edición, Editorial El Manual Moderno. México.
- Dzanis, D. A. (1994). The Association of American Feed Control Officials dog and cat food nutrient profiles: Substantiation of nutritional adequacy of complete and balanced pet foods in the United States. *The Journal of nutrition*, 124(suppl\_12), 2535S-2539S.
- Elices Mínguez, R. (2010). *Atlas de nutrición y alimentación práctica en perros y gatos*. SERVET/Grupo ASIS Biomedica.
- Engelhardt, W. V., Breves, G., & Formosa, S. (2006). *Fisiología veterinaria*. Editorial Acribia. Zaragoza, España
- Espinosa, G. (2014). "Formulación, elaboración y pruebas de palatabilidad del alimento balanceado para perros adultos (*Canis familiaris*) en base a insumos naturales". (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Piura – Perú.
- Ettinger, S. J., Feldman, E. C., & Cote, E. (2017). *Textbook of Veterinary Internal Medicine-eBook*. Elsevier health sciences.
- Evans, H. E. (1993). The digestive apparatus and abdomen. *Miller's anatomy of the dog*, 385-462.
- Fataccioli P, D. F. (1981). Evaluación biológica de la harina de plumas en ratas y ovinos (No. SF99. H3 F3-T). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). Programa Académico de Zootecnia.
- Fournier, T., Guibourdenche, J., Handschuh, K., Tsatsaris, V., Rauwel, B., Davrinche, C., & Evain-Brion, D. (2011). PPAR $\gamma$  and human trophoblast differentiation. *Journal of reproductive immunology*, 90(1), 41-49.

- France, J., Theodorou, M. K., Lowman, R. S., & Beever, D. E. (2000). Feed evaluation for animal production. Feeding systems and feed evaluation models'. (Eds MK Theodorou, J France) pp, 1-9.
- Franco, F., Sierra, F. (2006). Gastroenterología y hepatología. Medellín, Colombia: corporación para investigaciones biológicas.
- Frandsen, R. D., Wilke, W. L., & Fails, A. D. (2009). Anatomy and physiology of farm animals. John Wiley & Sons.
- García A, Castejón F, de la Cruz LF, González J, Murillo MD. (1995) Fisiología Veterinaria. Madrid, España: Interamericana - McGraw - Hill; 1995.
- Gavilanes, M., & Plablo, J. (2011). Evaluación de los Acidos Grasos Omega-3 y Omega-6 Presentes en Alimentos Enriquecidos que se Expenden en los Supermercados de Riobamba (Bachelor's thesis).
- Gaviria, A.J. (2016). Alimentación general y especializada para mascotas en una empresa productora de alimentos balanceados para animales (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).
- Gerberding, S. J., & Byers, C. H. (1998). Preparative ion-exchange chromatography of proteins from dairy whey. *Journal of Chromatography A*, 808 (1-2), 141-151.
- Giddings, J, C. (1965). Dynamics of Chromatography Part. I: Principles and Theory. Marcel Dekker, New York.
- Gierhart, D. L. (1991). Palatability of pet foods: measurement and improvement with added flavors. In: Focus on palatability, Chicago, USA. Presented by Pet food Industry, Watt Publishing Company. pp 1-21
- Gliozzi, T. M., Zaniboni, L., Maldjian, A., Luzi, F., Maertens, L., & Cerolini, S. (2009). Quality and lipid composition of spermatozoa in rabbits fed DHA and vitamin E rich diets. *Theriogenology*, 71(6), 910-919.

- Gómez, C. A. (2010). Diseño de un pienso deshidratado de origen vegetal para su utilización en alimentación de perros. Tesis (obtener el título de Ingeniero Técnico Agrícola). Universidad Pública de Navarra. 203 p.
- González, A. O., Hernández, S. J. F., Salazar, M. A., Mandeville, P. B., Valadez-Castillo, F. J., Mendoza, E. D. L. C., & Suárez, A. (2013). Efecto de la suplementación de omega 3 sobre IMC, ICC y composición corporal en mujeres obesas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(3), 224-231.
- Gross, K., Wedekind, K., Cowell, C., Schoenherr, W., Jewell, D., Zicker, S., Debraekeleer, J. y Frey, R. (2000). *Nutrición clínica en pequeños animales (Small Animal Clinical Nutrition)*. 4<sup>a</sup> ed. Buenos Aires, Argentina. Inter – medical. pp: 23 – 124.
- Guilford W. G. (1996). Adverse reactions to food. In: Guilford WG, Center SA, Strombeck DR, Williams DA, Meyer DJ, editors. *Strombeck's small animal gastroenterology*. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders.
- Gunter, B. (2002). *Animales domésticos: psicología de sus dueños (No. Sirsi) i9788449312618*.
- Gurr, M. I., Harwood, J. L., & Frayn, K. N. (2002). *Lipid biochemistry (Vol. 409)*. Oxford: Blackwell Science.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2011). *Fisiología gastrointestinal. Tratado de Fisiología Médica*. 10th ed. México: McGrawHill, 799-804.
- Guzmán, N., (2004). Evaluación de la palatabilidad de una dieta húmeda para perros adultos, elaborada en base a carne equina. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 39p
- Hall, E. J. (1994). Gastrointestinal aspects of food allergy: a review. *Journal of small animal practice*, 35(3), 145-152.
- Hand, M. S., Thatcher, C. D., & Remillard, R. L. (2000). Nutrición clínica en pequeños animales: Un proceso repetitivo. *Nutrición clínica en pequeños animales*, 4, 1-22.

- Harris, D. C. (2005). Exploring chemical analysis. Macmillan, New York: W.H. Freeman 3rd ed
- Hart, L. A. (2006). Methods, standards, guidelines, and considerations in selecting animals for animal-assisted therapy: Part A: Understanding animal behavior, species, and temperament as applied to interactions with specific populations. In Handbook on Animal-Assisted Therapy (Second Edition) (pp. 81-97).
- Harvey, C. E., & Emily, P. P. (1993). Small animal dentistry (Vol. 89). St. Louis: Mosby.
- Haxby, JV, Hoffman, EA, y Gobbini, MI (2000). El sistema neural humano distribuido para la percepción facial. Tendencias en ciencias cognitivas, 4 (6), 223-233.
- Hayek, M. G. (1998). Age-related changes in physiological function in the dog and cat: Nutritional implications. in Recent Advances in Canine and Feline Nutrition. G. A. Reinhart and D. P. Carey, Ed. Orange Frazer Press, Wilmington, Pages 353–362
- Hendriks, W. H. (1996). Protein metabolism in the adult domestic cat (*Felis catus*): a thesis presented in partial fulfilment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy (Animal Science) at Massey University, Palmerston North, New Zealand (Doctoral dissertation, Massey University).
- Hendriks, W. H., & Moughan, P. J. (2000). Advances in feed evaluation for companion animals. Feed evaluation: principles and practice, 269-285.
- Herdt, T. H. (2009). Fisiología y metabolismo gastrointestinal. Fisiología Veterinaria. 4ª ed. Barcelona, España: Elsevier España, 300-310.
- Holmstrom, S. E. (2018). Veterinary Dentistry: A Team Approach E-Book. Elsevier Health Sciences.
- Holmstrom, S. E., Fitch, P. F., & Eisner, E. R. (2004). Veterinary Dental Techniques for the Small Animal Practitioner-E-Book. Elsevier Health Sciences.

- Horton, E. S. (1983). Introduction: an overview of the assessment and regulation of energy balance in humans. *American Journal of Clinical Nutrition (USA)*, 38: 972 – 977.
- Howard, R. A., & Matheson, J. E. (2005). Influence diagrams. *Decision Analysis*, 2(3), 127-143.
- INEGI (2010). *Mujeres y hombres en México*. México: INEGI.
- Jeffers, J. G. (1994). Results of dietary provocation in dogs with food hypersensitivity. *Vet Dermatol*, 5(3), 127-144.
- Kallfelz, F. A., & Dzanis, D. A. (1989). Over nutrition: an epidemic problem in pet animal practice? *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 19(3), 433-446.
- Kettelhut, I. C., Foss, M. C., & Migliorini, R. H. (1980). Glucose homeostasis in a carnivorous animal (cat) and in rats fed a high-protein diet. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 239(5), R437-R444.
- Knowles, G. (2016). *Cocina sana para tu perro: ¡no más piensos! La Esfera de los Libros*.
- König, H. E., & Liebich, H. G. (2005). *Anatomía de los animales domésticos: texto y atlas en color (Vol. 2)*. Ed. Médica Panamericana. pp. 40 – 49.
- Kremmyda, L. S., Tvrzicka, E., Stankova, B., & Zak, A. (2011). Fatty acids as biocompounds: their role in human metabolism, health and disease-a review. Part 2: Fatty acid physiological roles and applications in human health and disease. *Biomedical Papers of the Medical Faculty of Palacky University in Olomouc*, 155(3).
- Kvamme, J. L., & Phillips, T. D. (Eds.). (2003). *Petfood technology*. Watt Publishing Company.
- Kwochka, K. W. (1993). Recurrent pyoderma. *Current Veterinary Dermatology*. St Louis, MO: Mosby Yearbook, 3-21.

- Laflamme, D. P. (2006). Understanding and managing obesity in dogs and cats. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 36(6), 1283-1295.
- Laflamme, D. P., Abood, S. K., Fascetti, A. J., Fleeman, L. M., Freeman, L. M., Michel, K. E., & Willoughby, K. N. (2008). Pet feeding practices of dog and cat owners in the United States and Australia. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 232(5), 687-694.
- Leib, M.S., August, J.R. (1989) Food hypersensitivity. In: Ettinger SJ, editor. *Textbook of veterinary internal medicine*. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Co. 194-197.
- Levy, M. N., Stanton, B. A., & Koeppen, B. M. (2006). *Berne e Levy fundamentos de fisiología*. Madrid España, Elsevier. 4a ed, 817 p.
- López, C.R., (2007), Primer estudio de periodontitis en caninos en el Hospital de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. De la U. de San Carlos Guatemala. UAC/FMVZ pp. 53.
- Lynch, J. J. (2006). *Developing a physiology of inclusion: Recognizing the health benefits of animal companions. Reading Education Assistance Dogs (READ) team training manual*. 10th ed. (2010). Salt Lake City, UT: Intermountain Therapy Animals
- Mair, C. (2001). *Chunk*. Petfood Industry. April 2001. pp 14-18
- Martin, A. J. P., & Synge, R. M. (1941). A new form of chromatogram employing two liquid phases: A theory of chromatography. 2. Application to the micro-determination of the higher monoamino-acids in proteins. *Biochemical Journal*, 35(12), 1358.
- Matissek, R., Schnepel, FM, Steiner, G., y López Buesa, O. (1998). *Lebensmittelanalytik. Grundzüge, methoden, anwendungen. Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos, aplicaciones*.

- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (1999). *Nutrición Animal* (No. 636.0852 M336 1995.). 5ª. Ed. Zaragoza, España. Acribia. 576 pp.
- Méndez, G. D., & Tracanelli, L. T. (2007). *Alimentación Para Mascotas En Una Empresa Productora De Alimentos Balanceados Para Animales*. Caraca.
- Merchant, S. R., & Taboada, J. (1991). Food allergy and immunologic diseases of the gastrointestinal tract. In: *Seminars in veterinary medicine and surgery (small animal)* (Vol. 6, No. 4, pp. 316-321).
- Millhouse-Flourie, T. J. (2004). Physical, occupational, respiratory, speech, equine and pet therapies for mitochondrial disease. *Mitochondrion*, 4(5), 549-558.
- Morales, C. P. F. (2008). Evaluación de la calidad nutricional de una dieta seca, para perros adultos en mantención, de elaboración nacional, versus una dieta de similares características importadas.
- Morey, D. F. (2006). Burying key evidence: the social bond between dogs and people. *Journal of Archaeological Science*, 33(2), 158-175.
- Morimoto, K. C., Van Eenennaam, A. L., DePeters, E. J., & Medrano, J. F. (2005). Hot topic: Endogenous production of n-3 and n-6 fatty acids in mammalian cells. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 1142-1146.
- Mugford, R. A. (1977). Feeding of Carnivores. The chemical senses and nutrition, 25.
- Murray RK, Granner DK, Rodwell VW, Botham KM, Mayes PA. (2006). Biosynthesis of fatty acids and eicosanoids. En *Harper's Illustrated Biochemistry*, 27th ed. Murray RK, Granner DK, Rodwell VW. (Eds). McGraw Hill, New York.
- Murray, S. M., Patil, A. R., Fahey Jr, G. C., Merchen, N. R., & Hughes, D. M. (1997). Raw and rendered animal by-products as ingredients in dog diets. *Journal of Animal Science*, 75(9), 2497-2505.
- Needleman, P., Truk, J., Jakschik, B. A., Morrison, A. R., & Lefkowitz, J. B. (1986). Arachidonic acid metabolism. *Annual review of biochemistry*, 55(1), 69-102.

- Negro, V.B.; Hernández, S.Z., (2005). Enfermedad periodontal como causa de fístulas faciales en el perro y su tratamiento quirúrgico. Proc. V. Congreso Nacional de Aveca, Buenos Aires, pág. 178
- Nesbitt, G. H., & Ackerman, L. J. (1991). *Dermatology for the small animal practitioner: exotics, feline, canine*, Ed. Trenton, N.J, Veterinary Learning Systems.
- Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E., & Sack, W. O. (1979). The viscera of the domestic mammals (Vol. 2, pp. 255-78). P. Parey.
- Noel, K. (1996). Food Types and Evaluation. In: *Manual of Companion Animal Nutrition and Feeding*. British Small Animal Veterinary Association. Gloucestershire, UK. pp. 22-29.
- NRC National Research Council (US) (1953). *Committee on Animal Nutrition. Nutrient requirements for domestic animals (No. 8)*. National Research Council, Committee on Animal Nutrition.
- Olsen, S. J. (1985). *Origins of the domestic dog: the fossil record*. Tucson, Ariz. : University of Arizona Press.
- Paredes, J. (2010). Cirugía del Estómago. *Actas del XXVII Congreso Anual AMVAC, Medicina y Cirugía del Sistema Digestivo*. Madrid, España.
- Paredes, O., Méndez, E., & Domínguez, J. (2012). Características de las lesiones intestinales en traumatismo cerrado de abdomen: Characteristics of intestinal injury in blunt abdominal trauma. *Cirugia paraguaya*, 36(1), 25-28.
- Paterson, S. (1995). Food hypersensitivity in 20 dogs with skin and gastrointestinal signs. *Journal of Small Animal Practice*, 36(12), 529-534.
- Piccioni, M., & Moll, M. (1970). *Diccionario de alimentación animal (No. C/636.084 P5)*.
- Pocock, G., & Richards, C. D. (2005). *Fisiología humana: la base de la medicina*. Elsevier España.

- Pond, W. G., & Pond, K. R. (2000). Introduction to animal science. John Wiley and Sons.
- Porath, J. (1992). Immobilized metal ion affinity chromatography. Protein expression and purification, 3(4), 263-281.
- Price, E. O. (1984). Behavioural aspects of animal domestication. The quarterly review of biology, 59(1), 1-32.
- Reedy, L. M., Miller, W. H., & Willemse, T. (1997). Allergic skin diseases of dogs and cats (No. Ed. 2). WB Saunders Co., 24-28 Oval Road.
- Riaz, M. N. (2013). Food Extruders. In Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering (pp. 427-440).
- Rocha, M. A. (2008). Biotecnologia na nutrição de cães e gatos. Revista Brasileira de Zootecnia, 37(SPE), 42-48.
- Romsos, D. R., Belo, P. S., Bennink, M. R., Bergen, W. G., & Leveille, G. A. (1976). Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite levels in the dog. The Journal of nutrition, 106(10), 1452-1464.
- Rooke, J. A., Shao, C. C., & Speake, B. K. (2001). Effects of feeding tuna oil on the lipid composition of pig spermatozoa and in vitro characteristics of semen. Reproduction-Cambridge-, 121(2), 315-322.
- Ruckebusch, Y., Dunlop, R., & Phaneuf, L. P. (1994). Fisiología de pequeñas y grandes especies (No. 619 RUCf).
- SAGARPA (2015). Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Carpeta de difusión. México. <http://www.sagarpa.gob>.
- Samadian, F., Towhidi, A., Rezayazdi, K., & Bahreini, M. (2010). Effects of dietary n-3 fatty acids on characteristics and lipid composition of ovine sperm. Animal, 4(12), 2017-2022.
- Sandoval, J. (2000). Cavidad y vísceras abdominales. Tratado de Anatomía Veterinaria, 3, 267-316.

- Sargent, J. R. (1997). Fish oils and human diet. *British Journal of Nutrition*, 78(1), S5-S13.
- Schaeffer, J. (1989). The history heuristic and alpha-beta search enhancements in practice. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, (11), 1203-1212.
- Schwartz, M. (1997). *A History of Dogs in the Early Americas*. New Haven, Yale University Press.
- Serpell, J. (2016). *The domestic dog: its evolution, behaviour, and interactions with people*, Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Shi, Z. (2000). Palatability, a critical component of pet foods. *Feed Tech*, 4(9), 34-37.
- Silva, C. (2009). Aceptabilidad y digestibilidad de una dieta que contiene harina de carne hueso de ovinos como fuente de proteína animal en una fórmula de alimento para perros adultos (Tesis, Médico Veterinario. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, 77 pp).
- Simopoulos AP (1999) Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 560s-569s.
- Sisson, S., & Grossman, J. D. (1977). *Anatomía de los animales domésticos*. Salvat Editores S.A, Ed, 4.
- Smith, P. H., Joris, P. X., & Yin, T. C. (1998). Anatomy and physiology of principal cells of the medial nucleus of the trapezoid body (MNTB) of the cat. *Journal of Neurophysiology*, 79(6), 3127-3142.
- Stinson, A. W., & Calhoun, M. L. (1982). Sistema digestivo. *Histología Veterinaria*. Dellmann, HD; Brown, EM Editora Guanabara Koogan, cap, 10, 181-182.
- Strombeck, D. R., & Guilford, W. G. (1996). Small and large intestine: normal structure and function. *Strombeck's Small Animal Gastroenterology*, 318-350.

- Strombeck, D. Y Guilford, W. G. (1991). Small animal gastroenterology. 2<sup>a</sup> ed. Estados Unidos. Wolfe Publishing. 744.
- Swenson M. J; (2009). Fisiología de los animales domésticos. Primer Edición, Editorial Aguilar, Tercera reimpresión México DF,
- Swenson, M., Reece, W., (2007). Fisiología de los animales domésticos de duques. México: Limusa.
- Swenson, M.; Reece, W. (1999). Fisiología de los animales domésticos de Dukes. 2<sup>a</sup> edición. Editorial Limusa SA. Distrito Federal. México. Pp. 301-303.
- Tedford, R. H. (1978). History of dogs and cats: a view from the fossil record. Nutrition and management of dogs and cats, 1-10.
- Toro, M., (2004). Evaluación bajo condiciones experimentales y hogareñas del ensayo de palatabilidad a dos comederos en gatos. Memoria de título Med. Vet. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 66p
- Trivedi, N., & Benning, J. (1999). Total palatability. The triangle of success: Ingredients, processing and palatants. Petfood Industry, 41(4), 12-18.
- Underwood, E. J., Suttle, N. (1999). The mineral nutrition of livestock. Cabi, Ed, Wallingford: CAB International.
- Valadez, R. (2003). La domesticación animal. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Van Deemter, J. J., Zuiderweg, F. J., & Klinkenberg, A. V. (1956). Longitudinal diffusion and resistance to mass transfer as causes of nonideality in chromatography. Chemical Engineering Science, 5(6), 271-289.
- Van Soest, P. J. (1996). Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: a review. Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association, 15(5), 455-479.
- Venegas-Calderón, M., Sayanova, O., & Napier, J. A. (2010). An alternative to fish oils: metabolic engineering of oil-seed crops to produce omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids. Progress in lipid research, 49(2), 108-119.

- Vilá, C., Savolainen, P., Maldonado, J. E., Amorim, I. R., Rice, J. E., Honeycutt, R. L., & Wayne, R. K. (1997). Multiple and ancient origins of the domestic dog. *Science*, 276 (5319), 1687-1689.
- Wayne, R. K., Leonard, J. A., & Vila, C. (2006). Genetic analysis of dog domestication. *Documenting domestication: New genetic and archaeological paradigms*, 279-293.
- White, S. D. (1994). Hipersensibilidad alimentaria. *Terapéutica veterinaria de pequeños animales*. 11a ed. México (DF): Interamericana, 566-568.
- Wills, J. (1991). Dietary hypersensitivity in cats. *In Practice*, 13(3), 87-93.
- Wills, J., & Harvey, R. (1994). Diagnosis and management of food allergy and intolerance in dogs and cats. *Australian veterinary journal*, 71(10), 322-326.
- Wood, L., Giles-Corti, B., & Bulsara, M. (2005). The pet connection: Pets as a conduit for social capital? *Social Science & Medicine*, 61(6), 1159-1173.
- Zaldívar, L., (2007) *Periodontología clínica*. 9a. edición, México, pp.2056.
- Zasloff, R. L. (1996). A new appreciation for feline friends. *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian (USA)*.