



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
Maestría en Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia

Evaluación de la concentración de vitaminas liposolubles y minerales  
en dietas BARF comerciales para perro adulto en mantenimiento.

**Diagnóstico situacional**  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PRESENTA:  
**Diana América Peña Pérez**

TUTOR O TUTORES PRINCIPALES  
Dr MPA MVZ CARLOS GUTIÉRREZ OLVERA FMVZ-UNAM  
DRA YAZMIN ALCALÁ CANTO FMVZ-UNAM  
DRA MARIA ESTHER ORTEGA CERRILLA COLEGIO DE POSGRADUADOS

Ciudad Universitaria, Cd Mx

Junio, 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## **Agradecimientos**

Este trabajo fue desarrollado gracias al apoyo brindado por el personal de laboratorio de bromatología de la FMVZ-UNAM, a los Q.A. Juan Carlos Ramírez Orejel, Águeda García Pérez y José Moisés Talamantes Gómez, a mis tutores el Dr. Carlos Gutiérrez Olvera, Dra Yazmín Alcalá Canto, María Esther Ortega Cerrilla y al CONACyT quienes brindaron los medios requeridos para la elaboración de este trabajo.

Quiero agradecer también a mi mamá América del Carmen Pérez Abarca, papá Armando Peña Pérez y hermano Armando Peña Pérez, quienes siempre me han apoyado en todo, así como a mi prometido Alejandro Aguirre Martínez, quien me apoyo a lo largo de todo este proyecto.

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. Justificación .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>3. Hipótesis.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>4. Objetivo.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>5. Marco teórico .....</b>  | <b>3</b>  |
| 5.1 Principales similitudes y diferencias nutricionales entre perros y lobos ..... | 3         |
| 5.2 Nutrir y alimentar.....  | 4         |
| 5.2.1 Nutriente .....  | 4         |
| 5.3 Importancia de la nutrición.....   | 4         |
| 5.4 Importancia de las vitaminas liposolubles y minerales en el perro .....        | 5         |
| 5.4.1 Vitaminas liposolubles.....  | 5         |
| 5.4.2 Minerales.....   | 8         |
| 5.5 Factores de riesgo nutricionales asociados con las dietas BARF.....            | 11        |
| 5.5.1 Vitaminas y minerales .....  | 11        |
| 5.5.2 Ingredientes que implican un riesgo a la salud .....                         | 15        |
| 5.6 Problemas de inocuidad asociadas a dietas BARF .....                           | 17        |
| 5.6.1 Riesgos microbiológicos .....  | 17        |
| 5.6.2 Impacto en la salud publica.....   | 18        |
| 5.7 Regulación actual de las dietas BARF en México .....                           | 19        |
| <b>6 Material y métodos.....</b>   | <b>21</b> |
| 6.1. Alimento analizado.....   | 21        |
| 6.2. Manejo de la muestra .....  | 22        |
| 6.2.1. Análisis químico proximal.....  | 22        |
| 6.2.2. Cuantificación de minerales.....  | 23        |
| 6.2.3. Vitaminas liposolubles (A, D, E y K) .....                                  | 23        |
| <b>7. Resultados .....</b>   | <b>23</b> |
| 7.1. Etiquetas y empaques .....  | 23        |
| 7.2. Análisis químico proximal.....  | 27        |
| 7.3. Elementos minerales.....  | 30        |
| 7.4. Vitaminas.....  | 35        |
| <b>8. Discusión .....</b>  | <b>37</b> |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 8.1. Etiquetas y empaques .....     | 37        |
| 8.2. Análisis químico proximal..... | 37        |
| 8.3. Minerales.....                 | 40        |
| 8.4. Vitaminas.....                 | 41        |
| <b>9. Conclusiones .....</b>        | <b>43</b> |
| <b>10. Bibliografía .....</b>       | <b>44</b> |

## 1. Introducción

La dieta BARF fue descrita por primera vez en 1993 por el médico veterinario australiano Ian Billinghurst, quien la nombro BARF como un acrónimo de “Biologically Appropriate Raw Food” que también puede encontrarse como RMBD “Raw meat based diets” o en español como ACBA, “Alimentación Cruda Biológicamente Adecuada” (Freeman et al. 2013).

En el 2001 Ian Billinghurst mencionó en su libro “La dieta BARF” que la composición de esta dieta debe basarse en 50% huesos carnosos crudos y 50% tortitas BARF, las cuales son ingredientes finamente mezclados para que el perro o gato no pueda discriminar ningún ingrediente de esta tortita. Estas tortitas deben contener 60% de huesos carnosos crudos, 15% de verduras, 10% de vísceras, 10% de diversos aditivos (productos lácteos, huevo, aceite de pescado etc.) y 5% de frutas, ya que indica que esto sería una versión casera de lo que consume el ancestro más cercano del perro (el lobo). No obstante, el perro doméstico actualmente difiere en varios rasgos digestivos y metabólicos del lobo, el cual, se clasifica como carnívoro mientras que los perros parecen estar asociados con los omnívoros, esto ha llevado a cuestionar su clasificación como carnívoro durante estos últimos 40 años, incluso algunos autores lo han clasificado como omnívoro o semiomnívoro; sin embargo, el origen de estos rasgos no se ha logrado explicar del todo (Bosch et al., 2015).

Actualmente la dieta BARF se ha vuelto muy popular alrededor de todo el mundo, lo que ha provocado la aparición de muchos sitios en internet que hablan acerca de los beneficios de esta y generalmente estos sitios incluyen muchas recetas caseras o sugerencias de dietas comerciales BARF, lamentablemente estas recomendaciones carecen de un sustento científico y la mayoría de estas dietas caseras podrían estar desbalanceadas y poner en riesgo la integridad de perros y gatos si no son adecuadamente regulados. Esto ha provocado que exista un mayor interés en conocer sobre estas dietas y se han expresado diferentes preocupaciones que pueden englobarse en dos principales: la inocuidad de los alimentos y el equilibrio nutricional (Michel, 2006). Sin embargo, existen otros riesgos descritos en la literatura y por organismos como la World Small Animal Veterinary Association (WASAVA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés), que incluyen estreñimiento, diarreas, hematoquecias, fracturas dentales, lesiones en la boca o la mandíbula, obstrucciones y

perforaciones gastrointestinales. (FDA, 2017; WSAVA, 2020). Sin embargo, actualmente existe muy poca investigación de estas dietas BARF.

## **2. Justificación**

Actualmente las dietas BARF se han hecho muy populares entre los propietarios de perros y gatos en todo el mundo; sin embargo, hay poca información e investigación acerca de estas dietas, aunado a que no están correctamente reguladas en el mercado. Por si fuera poco, existe muy poca evidencia científica que sustente los beneficios que estas dietas proclaman, como por ejemplo la desaparición de problemas dermatológicos, artritis, incontinencia, ojo seco, entre otras y paralelamente, existen pocas publicaciones sobre los riesgos a la salud que pudieran existir, (principalmente de tipo microbiológico).

Una de las preocupaciones más reportadas en la literatura es el valor nutricional de estas dietas y debido a que legalmente las marcas de alimentos para mascotas no están obligadas a reportar el contenido de minerales ni de vitaminas es importante conocer si las dietas comerciales cumplen con los requerimientos para perros adultos en mantenimiento ya que a pesar de que las vitaminas y minerales son requeridos en menor concentración que otros nutrientes fungen actividades vitales en el organismo.

## **3. Hipótesis**

Todas las dietas comerciales tipo BARF para perro adulto en mantenimiento cumplen con las especificaciones en las concentraciones mínimas y máximas para elementos minerales y vitaminas para perro adulto en mantenimiento recomendadas por la Association of American Feed Control Officials (AAFCO).

## **4. Objetivo**

Cuantificar las concentraciones de Calcio (Ca), Fosforo (P), Sodio (Na), Potasio (K), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn) así como de vitaminas liposolubles A, D y E en cinco marcas de alimentos comerciales tipo BARF para perro, y comparar los resultados con las recomendaciones establecidas por la Association of American Feed Control Officials (AAFCO) para perro adulto en mantenimiento, con el fin de conocer si se encuentran dentro de las especificaciones mínimas y máximas.

## 5. Marco teórico

### 5.1 Principales similitudes y diferencias nutricionales entre perros y lobos

Actualmente gracias a estudios moleculares se sabe que el origen del perro se encuentra vinculado al lobo gris, pues al analizar y comparar el ADN mitocondrial de ambas especies se encontró una diferencia de 0.2% en su secuencia. Además, se estima que fue hace cien mil años que la evolución de ambas especies tomó diferentes caminos, lo cual llevó al perro y al lobo a algunas diferencias nutricionales. El lobo gris evolucionó como un carnívoro, mientras que el perro, al evolucionar junto con el hombre obtuvo rasgos semiomnívoros (Valádez, 2000).

Los análisis y comparaciones que se han hecho del ADN de lobos y perros han mostrado diferencias sustanciales en los genes implicados en la digestión del almidón (AMY2B, MGAM y SLC5A1), los cuales están más activos en el perro respecto a los lobos, esto impactó en su domesticación porque le permitió un mejor aprovechamiento del almidón, ya que actúan en las tres etapas de la descomposición del almidón. La primera etapa es donde el almidón se hidroliza en maltosa y otros oligosacáridos gracias a la alfa-amilasa en el intestino, la cual es secretada por el páncreas y es codificada a partir de AMY2B; la segunda etapa es donde los oligosacáridos son hidrolizados a glucosa por la sacarasa, isomaltasa y maltasa-glucoamilasa esta enzima es codificada por el gen MGAM y finalmente la etapa tres que corresponde al transporte de la glucosa a través de la membrana plasmática por una proteína en el borde de cepillo, la proteína SGLT1 es codificada a partir del gen SLC5A1 (Axelsson et al., 2013).

Por otra parte, los lobos consumen principalmente carne y vísceras de presas pequeñas y grandes, a veces incluyen pequeñas cantidades de bayas, frutillas y diferentes partes de plantas que aportan cantidades mínimas de nutrientes, comportándose, así como carnívoros estrictos (Shimada, 2018). En cambio, el perro, podría clasificarse como un omnívoro, pero algunos autores han preferido clasificarlo como semiomnívoro debido a que aún conserva algunos rasgos anatómicos, fisiológicos y etológicos típicos de carnívoros. Algunos de estos rasgos son: poseer un tracto digestivo corto y simple, carecer de amilasa salival, conjugar ácidos biliares con taurina, incapacidad de sintetizar vitamina D, cazar en grupo y tener un apetito voraz. Este último rasgo implica que puede consumir alimento en exceso debido a que su estómago proximal puede expandirse. El exceso de alimento le

permite adaptarse metabólicamente y tolerar posteriormente tiempos prolongados sin alimento, pues utiliza de manera eficiente la grasa corporal disminuyendo las pérdidas de proteínas al reducir la actividad de las enzimas involucradas en el catabolismo de aminoácidos (Bosch et al., 2015; Li & Wu, 2023).

## 5.2 Nutrir y alimentar

Para poder brindar los requerimientos adecuados a los perros es importante entender la diferencia de nutrir y alimentar pues muchas de las veces son utilizadas como sinónimos sin darle la importancia que requiere. En primer lugar, alimentar se refiere a la acción de ofrecer un conjunto de ingredientes (alimento) sin tomar en cuenta su balance nutricional, mientras que nutrir se enfoca en proporcionar los nutrientes adecuados para cada animal. (Shimada. 2018)

### 5.2.1 Nutriente

Un nutriente es un componente básico de un alimento que tiene funciones específicas dentro del cuerpo y contribuye a mantener una adecuada homeostasis dentro del organismo. Existen los nutrientes esenciales y los no esenciales, los esenciales son los componentes que no pueden ser sintetizados por el organismo en cantidades suficientes por lo que se obtienen únicamente en la dieta, y los no esenciales pueden ser sintetizados por el organismo y también pueden ser obtenidos en la dieta. (Gutierrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014)

Los nutrientes además pueden clasificarse en seis categorías, agua, carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas, que a su vez puede dividirse en dos grupos macronutrientes que se requieren en mayor concentración (agua, proteínas, carbohidratos y grasas) y micronutrientes que son requeridos en menor cantidad (vitaminas y minerales), de estos los nutrientes energéticos son los carbohidratos, proteínas y grasas y los no energéticos son las vitaminas y minerales (Hand et al., 2010; Case et al., 2000).

## 5.3 Importancia de la nutrición

Es importante tener el conocimiento de los requerimientos nutricionales de los perros para poder formular una dieta balanceada adecuadamente y de esta manera nutrirlos. Por lo que, un médico veterinario es quien debe formular una dieta y supervisar su administración,

ya que es él quien cuenta con los conocimientos para hacerlo, pues, no solo debe tomar en cuenta las características y necesidades del animal, sino también, las características del alimento, así como su manejo y forma de proporcionar el alimento (Gutierrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014). Este punto es importante porque actualmente existen varias recetas divulgadas en internet que resultan muy accesibles a las personas, pero la mayoría de éstas provienen de fuentes no confiables y podrían estar desbalanceadas en diferentes nutrientes, lo cual podría conllevar un riesgo nutricional para las mascotas que consuman estas recetas. Otro problema de estas recetas es que algunas personas suelen sustituir algunos ingredientes por otros pues no son disponibles en su calidad o incluso pueden aumentar o disminuir la cantidad de los ingredientes según lo consideren, además, del hecho que la concentración de nutrientes en los ingredientes puede variar según la región o país (Freeman et al., 2013).

Otro punto a considerar es el conocimiento de los aspectos nutricionales de la historia clínica, como el tipo de alimento que se proporciona, el plan alimenticio, la marca comercial, la manera en la que se proporciona, entre otros. Esto porque la mayoría de los propietarios tienden a ocultar esta información si no se les pregunta y podría ser crucial en el diagnóstico de varias enfermedades. Además, se ha reportado que la mayoría de las personas tienden a buscar información en internet sobre qué alimentos pueden ofrecer a sus mascotas, en lugar de preguntar a su médico veterinario, por lo tanto, los médicos veterinarios tienen la obligación de recolectar dicha información para poder asesorar adecuadamente a los propietarios (Halloran, 2020; Parr & Remillard, 2014).

## 5.4 Importancia de las vitaminas liposolubles y minerales en el perro

### 5.4.1 Vitaminas liposolubles

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios en pequeñas cantidades para mantener las funciones corporales fundamentales como el crecimiento, desarrollo, metabolismo e integridad celular y en general no pueden ser sintetizadas por el organismo salvo pocas excepciones, por lo que deben ser suministradas de manera adecuada en la dieta para evitar problemas de deficiencias o intoxicaciones por estas (Gil Hernández, 2017).

Las vitaminas pueden dividirse en dos grandes grupos las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) e hidrosolubles (Complejo B y C). Las vitaminas liposolubles son digeridas y absorbidas desde el intestino delgado utilizando los mecanismos de digestión y absorción de la grasa dietética (Case et al., 2000), por lo que la grasa de la dieta proporciona el medio físico para favorecer su absorción intestinal (Hand et al., 2010). Estas vitmainas pueden ser almacenadas en el hígado principalmente y en el tejido adiposo por lo que es difícil observar signos de deficiencia a corto plazo pero esto predispone a intoxicación más fácilmente (Badui, 2020; Case et al., 2000). A continuación se describen todas la vitaminas liposolubles

- Vitamina A

La vitamina A son una familia de compuestos estructuralmente similares y con funciones esenciales y la actividad biológica del retinol. Este grupo de compuestos químicos son llamados retinoides, el retinol, retinal o retinoaldehído y el ácido retinoico (Green & Fascetti, 2016; Rodwell, et al., 2018). Estos pueden ser metabolizados a compuestos con actividad biológica, y solo pueden encontrarse en el reino animal, principalmente en ingredientes como el hígado, leche, huevo y pescado (Badui, 2020). En las plantas existe un grupo de compuestos llamados provitamina A que son los carotenos los cuales gracias a la enzima beta-caroteno 15, 15'-dioxigenasa presente en los enterocitos de los perros y otros animales, pueden ser convertidos parcialmente en vitamina A activa, de estos carotenoides el más activo es el beta-caroteno (Dukes & William., 2009; Harrison, 2005).

Debido a la gran variedad de compuestos con actividad de vitamina A presentes en los alimentos, para referirse a las recomendaciones de consumo según AAFCO y poder cuantificar la potencia biológica de esta vitamina, se utiliza una medida estandarizada, Unidades Internacionales (UI), (Case et al., 2000), las equivalencias de esta medida de los diversos compuestos de provitamina y vitamina A se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. equivalencias y unidades de vitamina A (Gil Hernández, 2017).

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>1 unidad internacional (UI)</b> | = 0.3 µg retinol  |
|                                    | = 0.344µg acetato de retinilo                           |
|                                    | = 0.55µg palmitato de retinilo                          |
|                                    | = 0.6 µg β-caroteno                                     |
|                                    | = 1.12µg otros carotenoides con actividad provitamina A |

Las formas más activas fisiológicamente son el ácido retinoico y el retinal. Su función biológica no se conoce completamente (Badui, 2020), pero se ha visto que es un precursor

de retinaldehído componente de los pigmentos visuales necesarios para la visión, sobre todo en luz tenue, es un grupo prostético de opsinas (unidades de absorción de la luz de la retina del ojo) por lo que es esencial para la transducción de la luz a las señales neurales necesarias para la visión, además, esta implicada en la diferenciación celular, mantener el desarrollo y funcionalidad inmune normal por lo que es necesaria para la formación y mantenimiento del tejido epitelial sano (piel, membranas mucosas de tracto respiratorio y gastrointestinal, se ha visto que es necesaria para el crecimiento óseo, la espermatogénesis en machos y mantenimiento normal del ciclo estral de las hembras (Green & Fascetti, 2016; Case et al., 2000).

- Vitamina D

Son un grupo de compuestos esteroides, el ergocalciferol ( $D_2$ ) en los vegetales y el colecalciferol ( $D_3$ ) en animales y es esta última es la que tiene mayor importancia en los omnívoros y carnívoros, ((Badui, 2020; Case et al., 2000) puede encontrarse en aceite de pescado (Aceite de hígado de bacalao), pescados marinos grasos (arenque, salmón o sardinas), huevos y en menor medida carne de bovino, hígado, y productos lácteos (Hand et al., 2010; Gil Hernández, 2017).

Es un importante regulador del metabolismo óseo y la homeostasis del calcio. Sobre el intestino tiene efecto en la absorción de calcio, en el hueso aumenta la resorción de calcio y presenta una función menor sobre el riñón junto con la PTH estimula la resorción de calcio desde el filtrado glomerular (Hand et al., 2010; Zafalon, et al., 2019).

Puede sintetizarse por el cuerpo cuando el 7-dehidrocolesterol (compuesto en la piel de los animales) es expuesto a los rayos UV del sol, no obstante, los perros y gatos tienen una capacidad limitada de convertir 7-dehidrocolesterol a  $D_3$  por lo que requieren consumirla en la dieta (Case et al., 2000), al igual que la vitamina A sus requerimientos en la dieta se expresan en unidades internacionales, una unidad internacional es equivalente a  $0.025\mu\text{g}$  de colecalciferol (Badui, 2020).

- Vitamina E

Son un grupo de compuestos químicos llamados tocofenoles ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ ) y tocotrienoles ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ ), estos tienen un nivel de actividad variable siendo el  $\alpha$ -tocoferol el de mayor actividad biológica. Puede encontrarse en ingredientes vegetales principalmente aceites vegetales y en menor medida semillas y granos de cereal, los vegetales verdes también

contienen concentraciones importantes de tocoferoles (Case et al., 2000; Hand et al., 2010).

Actúa como antioxidante, se considera la primera línea de defensa contra la peroxidación de los lípidos poliinsaturados de membrana celular, además de cumplir esta función en el organismo puede tener funciones protectoras de la dieta donde también puede actuar como antioxidante evitando la rancidez y pérdida de valor nutricional de los alimentos, (Wills & Simpson, 1994; Case et al., 2000),).

Sus requerimientos también se expresan en UI y una UI de vitamina E equivale a 1 mg de acetato de rac- $\alpha$ -tocoferilol o bien 1.49 UI es igual a 1 mg de RRR- $\alpha$ -tocoferol, los requerimientos de vitamina E pueden variar según la composición de la dieta puede aumentar en casos donde la dieta contenga altas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados, de vitamina A o agentes oxidantes (Budai, 2020; Hand et al., 2010).

- Vitamina K

La vitamina K debe su nombre a la palabra danesa koagulation (coagulación sanguínea) y la conforman dos compuestos químicos: filoquinona  $K_1$  y metaquinona  $K_2$  (Dukes & William., 2009).  $K_1$  es sintetizada por las plantas por lo que puede encontrarse en alfalfa, col, brócoli, hojas verdes (espinacas y acelgas), aceites vegetales (canola, soya y olivo), mientras que  $K_2$  es producida por bacterias principalmente a nivel de colon por la microbiota intestinal, también puede encontrarse en carne, hígado, así como productos fermentados. (Navarro Gallo, 2021). Es requerida para la síntesis de proteínas involucradas en la coagulación, es decir, los factores II, VII, IX y X, además osteocalcina que es una proteína necesaria para la correcta mineralización del tejido óseo (Dukes & William., 2009).

#### 5.4.2 *Minerales*

Los minerales al igual que las vitaminas se requieren en cantidades muy pequeñas y son requeridos para mantener funciones corporales fundamentales, difieren de las vitaminas en que estos son inorgánicos (Gil Hernández, 2017). Estos pueden dividirse en dos grupos tomando en cuenta las cantidades relativas que son requeridos de ellos en la dieta. Estos grupos son: uno, macrominerales requeridos en g/día (Ca, P, Na, Cl, K, Mg y S) y dos, microminerales, minerales traza u oligoelementos requeridos en mg- $\mu$ g/día (B, Cr, Co, Cu, F, I, Fe, Mn, Se y Zn) (Church et al., 2002).

En el organismo, los minerales funcionan formando parte de diversas estructuras o libres, disueltos en líquidos corporales participando de mantenimiento de la presión osmótica, dentro del organismo son de tipo estructural en órganos y tejidos, componentes en líquidos corporales en forma de electrólitos para ayudar a mantener la presión sanguínea, el equilibrio ácido base, contracción muscular y permeabilidad de membrana además pueden ser cofactores enzimáticos como se resume en la Tabla 5.2 (Hand et al., 2010). A continuación, se describen los diferentes minerales.

Tabla 5.2. Clasificación de minerales según su función (Rodwell et al., 2018)

|  |  |
|--|--|
| <b>Función estructural</b>                           | Calcio, magnesio, fosfato                                |
| <b>Involucrado en la función de membrana</b>         | Sodio, potasio   |
| <b>Función como grupos prostéticos en enzimas</b>    | Cobalto, cobre, hierro, molibdeno, selenio, zinc         |
| <b>Papel o rol regulatorio en la acción hormonal</b> | Calcio, Cromo, yodo, magnesio, manganeso, sodio, potasio |

- Calcio

El calcio es el elemento mineral más abundante en el organismo, 99% se encuentra dentro de las estructuras óseas y el resto en el fluido celular e interior de los tejidos, (Badui, 2020), es constituyente de huesos y dientes, participa en la coagulación sanguínea, la función muscular, la transmisión nerviosa y la permeabilidad de membrana puede encontrarse en productos lácteos, vegetales verdes, harina de carne de pollo y res y huesos (Saad & Hussan, 2010; Case et al., 2000), su deficiencia puede causar raquitismo, osteomalacia, hiperparatiroidismo nutricional secundario, convulsiones, tetania y fracturas espontáneas y un exceso de éste puede causar alteraciones del desarrollo esquelético, nefrosis y claudicación (Hand et al., 2010).

- Fosforo

El fósforo además de ser un constituyente de huesos y dientes, participa en la formación muscular, producción de fosfolípidos producción de energía en el metabolismo de grasas, carbohidratos y proteínas; puede encontrarse en carne, granos, legumbres, queso (Saad & Hussan, 2010; Case et al., 2000), su deficiencia al igual que el calcio puede causar raquitismo, osteomalacia, convulsiones, tetania y fracturas espontáneas y un exceso puede causar pérdida ósea, urolitos, calcificación de tejidos blandos e hiperparatiroidismo nutricional secundario, por lo que es importante que se encuentren en los niveles adecuados requeridos por los perros (Case et al., 2000; Merck et al., 2021).

- Magnesio

El magnesio al igual que el calcio y el fósforo es un componente de los huesos, además es componente del líquido intracelular, componente activo de varias enzimas del metabolismo de lípidos y carbohidratos, participa en la transmisión neuromuscular, puede encontrarse en la soya, maíz, cereales, granos, harina de hueso, su deficiencia puede causar debilidad muscular, hiperirritabilidad, convulsiones, anorexia, vómitos, reducción del peso corporal y calcificación de la aorta; su exceso es poco probable pues su absorción es regulada según sus necesidades, pero cuando se presenta se manifiesta como parálisis flácida y urolitiasis (Church, et al., 2002; Shimada, 2018).

- Potasio

El potasio participa en la contracción muscular, transmisión nerviosa, equilibrio ácido base, y equilibrio osmótico, puede encontrarse en pollo, carne de pescado, cereales, grano entero, su deficiencia puede causar anorexia, disminución del crecimiento, letargo, problemas locomotores, emaciación (Case et al., 2000; Grandjean & Butterwick, s.f.)

- Sodio

El sodio participa en la presión osmótica, equilibrio ácido base, transmisión de impulsos nerviosos, absorción de nutrientes y excreción de desechos, puede encontrarse en el pescado y huevo, su deficiencia puede causar incapacidad de mantener el equilibrio hídrico, disminución del crecimiento, anorexia, fatiga y agotamiento (Hand et al., 2010).

- Hierro

El hierro es un constituyente enzimático: activador de  $O_2$  (oxidasas y oxigenasas) (Hand et al., 2010), componente de hemoglobina y mioglobina, importante para el transporte del oxígeno puede consumirse en órganos como el hígado, corazón, germen de trigo, yema de huevo, ostras, frutas y frijoles (Saad & Hussan, 2010), su deficiencia puede causar anemia, pelaje áspero, apatía, retraso en el crecimiento, mientras que un exceso puede ocasionar anorexia, pérdida de peso, reducción de la albuminemia, disfunción hepática y hemosiderosis (Gutierrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014).

- Zinc

El zinc es cofactor de varias enzimas, catalizador en la hemoglobina y síntesis proteica, por lo tanto, está relacionado con la salud de la piel, cicatrización de heridas y desarrollo fetal, puede encontrarse en hígado de res, carne roja, pollo, leche, yema de huevo y legumbres, su deficiencia causa anorexia, alopecia, paraqueratosis, despigmentación del pelaje, retraso del crecimiento y falla reproductiva. (Shimada, 2018)

- Cobre

El cobre es un componente de numerosas oxidasas, catalizador en la formación de hemoglobina, pigmentación, importante en la síntesis de mielina, melanina y tejido óseo; y desarrollo del tejido conectivo, puede consumirse en hígado y germen de granos, una deficiencia de este elemento puede causar anemia, disminución del crecimiento, despigmentación del pelaje, conjuntivitis, mientras que un consumo excesivo de éste, causa hepatitis, aumento de las enzimas hepáticas. (Case, et al., 2000)

## 5.5 Factores de riesgo nutricionales asociados con las dietas BARF

Actualmente existe poca información sobre los riesgos nutricionales de las dietas BARF y la mayoría han sido reportes de casos o estudios aislados causados por dietas caceras principalmente. A continuación, se describen los factores de riesgo que podrían estar asociados con dietas BARF.

### 5.5.1 Vitaminas y minerales

En un estudio donde se analizaron tres dietas caseras y dos comerciales a base de carne cruda, que garantizaban cubrir los requerimientos nutricionales para perros en crecimiento reproducción y mantenimiento, encontraron algunos desbalances en vitaminas y elementos minerales. Todas las dietas estudiadas fueron evaluadas con los estándares dictados por la Association of American Feed Control Officials (AAFCO) para animales en crecimiento, y se encontró que ninguna cumplía con las concentraciones de vitaminas y minerales requeridos para esta etapa, pues en algunas dietas pudieron encontrarse concentraciones bajas de vitaminas E, potasio, manganeso zinc, hierro, magnesio, calcio, fosforo, desbalance en la relación calcio:fósforo, teniendo concentraciones inferiores de calcio,

mientras que en otras se encontraron concentraciones elevadas de magnesio, zinc y vitamina D (casi el doble de lo recomendado) (Freeman & Michel, 2001).

#### 5.5.1.1 Vitaminas

Es importante tener especial cuidado con las vitaminas en las dietas caseras sobre todo pues es extremadamente difícil lograr cubrir las necesidades de vitaminas a partir de fuentes en los ingredientes y, presenta riesgos para el animal si no se administran en los niveles adecuados (Case et al., 2000). A continuación, se desglosan algunos de estos riesgos en este tipo de dietas con base en reportes encontrados en la literatura.

##### 5.5.1.1.1 Hipervitaminosis A

Dentro de las recomendaciones que Ian Billinghurst hace en su libro, publicado en 2001 “La dieta BARF”, está la de añadir vísceras como hígado, riñón, corazón y aparte de estos, menciona puede incluirse aceite de hígado de bacalao, hecho importante pues la vitamina A es una vitamina liposoluble que es almacenada en el hígado y depósitos de lípidos de todos los tejidos, lo que evita que se presente una deficiencia, pero predispone a que se presente intoxicación por vitamina A de una manera más pronta (Case et al., 2000).

La vitamina A se encuentra preformada dentro de estos órganos, esto es relevante porque la absorción intestinal de ésteres de vitamina A es alta, podría estar entre 80 a 90%, dependiendo del nivel y tipo de grasas y proteínas de la dieta, por lo que deben considerarse como un riesgo potencial las dietas en casos que utilizan hígado, en cualquier presentación, como un ingrediente constante y prolongado, pues los signos de intoxicación por vitamina A empiezan a manifestarse al menos a las 10 semanas después de haber iniciado a consumirlos constantemente. Debe advertirse a los propietarios acerca de los riesgos que podrían existir, aunque los gatos son especialmente susceptibles a la intoxicación por vitamina A, no puede descartarse que ocurra en perros (Yoshihiko et al., 2021).

Desafortunadamente aún falta mucha investigación acerca de este riesgo en la literatura y actualmente solo hay reporte de esto en gatos alimentados con dietas a base de hígado. Uno de los casos fue reportado en 2005 en el Journal of Feline Medicine and Surgery, se reportó el caso de un gato macho castrado de 9 años el cual desarrolló problemas neurológicos de monoparesia en el miembro torácico izquierdo derivado del crecimiento

óseo anormal a nivel de las vértebras C6-T2 secundario a un consumo prolongado de una dieta casera basada en hígado de cerdo crudo. Afortunadamente una vez que se cambió la dieta el gato presentó una gran mejoría, remitiendo los signos clínicos, pero no todos los casos pueden correr con la misma suerte, pues, los casos crónicos no tratados a tiempo podrían dejar secuelas graves de por vida (Polizopoulou et al., 2005).

#### 5.5.1.1.2 Deficiencia de vitamina E

La vitamina E es una vitamina liposoluble que además de ser un potente antioxidante se absorbe en el intestino delgado por difusión pasiva no saturable, que depende de la solubilización micelar y su requerimiento en la dieta está fuertemente influido por la composición de la dieta pues debido a su función dentro del organismo su requerimiento aumenta al incluir altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados, agentes oxidantes, vitamina A, carotenoides y oligoelementos mientras que los requerimientos disminuyen con dietas altas en antioxidantes solubles en grasa, aminoácidos con azufre y selenio (Hand et al., 2010).

La deficiencia de vitamina E es rara, pero puede presentarse si se cumplen las condiciones anteriormente descritas, a pesar de esto es algo para tener en cuenta pues mientras más pronto se haga el diagnóstico y se dé un tratamiento adecuado mejor es el pronóstico del paciente. (Niza, et al., 2003). Dentro de las dietas BARF los pescados son uno de los ingredientes que se utilizan y algunos de estos pueden contener altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados, lo que aumenta los requerimientos de vitamina E. Esto es un razonamiento teórico pues desafortunadamente no hay mucha información de la dieta BARF relacionada con esta deficiencia, pero como en cualquier dieta mal formulada (como suelen ser las dietas caseras BARF) el riesgo de padecerlo está latente (Case, et al., 2000).

Dentro de la literatura no existen investigaciones que vinculen directamente el consumo de pescado crudo con deficiencia de vitamina E, sin embargo, hay reportes que establecen cierta relación, como el descrito en el Journal of Feline Medicine and Surgery en 2003, donde se describe una serie de 10 casos de gatos con pansteatitis, los cuales fueron alimentados con dietas no convencionales, cuatro de los cuales incluían en su dieta sardina fresca cruda en porcentajes de inclusión de 50% y 70%, en todos los casos se cambió a una dieta comercial e incluyó en el tratamiento vitamina E, pero solo tres de estos gatos se

recuperaron satisfactoriamente, mientras que, uno se sometió a eutanasia por una deficiente mejoría (Niza et al., 2003).

#### 5.5.1.1.3 Deficiencia de Biotina

La biotina, al ser una vitamina hidrosoluble, puede eliminarse del cuerpo y hacer más probable que los animales presenten una deficiencia (Case et al., 2000; Hand et al., 2010). No hay casos reportados en animales que consumen dietas BARF, pero, debido a que el huevo crudo es un ingrediente de estas dietas, no se descarta que pudiera ocurrir. Esta condición incluso en humanos es llamada “síndrome de lesión de la clara de huevo” pues la clara de huevo cruda contiene un elemento antinutritivo conocido como avidina, una glicoproteína termolábil que se une fuertemente a la biotina evitando su absorción en la luz intestinal pues es resistente a la digestión (Batt & Tortorello, 2014; Lennarz & Lane, 2013).

Esta deficiencia es rara en humanos, perros y gatos, pero el consumo de claras de huevo crudas de manera regular puede causarla (Dasgupta, 2019), en la literatura también está descrito que el uso de antibióticos podría ser una causa también de deficiencia, pues disminuyen la población de la microbiota intestinal, pues la síntesis microbiana intestinal de biotina puede cubrir hasta con el 50% de los requerimientos de biotina (Hand et al., 2010).

#### 5.5.1.1.4 Deficiencia de Tiamina

Dentro de los ingredientes utilizados en la dieta BARF están los pescados o mariscos que pueden contener concentraciones importantes de tiaminasas las cuales destruyen la tiamina (Hand et al., 2010), lo cual podría ser un riesgo latente si la tiamina no se suministra de manera adecuada. En la literatura se ha documentado deficiencia de tiamina en animales como gatos perros y zorros por el consumo de pescado crudo con tiaminasas y dietas poco equilibradas. Sin embargo, identificar esta deficiencia puede ser algo difícil por la gran variedad de signos clínicos que pueden presentar, los cuales van desde anorexia hasta signos neurológicos más graves. Además, en pruebas de laboratorio, también no es fácilmente identificable (Moon et al., 2013). Afortunadamente esta antivitamina puede ser inactivada por la cocción de los alimentos por lo que es una deficiencia poco usual (Palus et al., 2010).

Los pescados de agua dulce son una fuente muy conocida de tiaminasas, ahora bien, no todos los pescados contiene la misma concentración. Se ha visto que los pescados rojos son los que contienen mayor concentración. La concentración también puede variar según la parte del pescado, por ejemplo, las vísceras contienen mayor cantidad de tiaminasas que el músculo esquelético. Se ha descrito en la literatura que si estos pescados o ingredientes con tiaminasas tienen contacto con otros ingredientes, que contengan la tiamina esta será destruida. La cantidad que quedará disponible para el perro o gato dependerá de la cantidad específica de tiaminasas y de tiamina presentes en la dieta (Markovich et al., 2013).

#### 5.5.1.1.5. Minerales

En cuanto a minerales también podría existir un riesgo latente pues el contenido de fósforo en la carne es elevado y el de calcio es bajo, pudiendo causar un desbalance en la relación calcio fósforo, si no es adecuadamente balanceada. Se ha visto que las dietas BARF, incluso las que contienen hueso, pueden ser deficientes en calcio, especialmente las incluyen huesos de aves de corral (Michel, 2006).

En el 2002 se reportó el caso de osteodistrofia nutricional en dos camadas de cachorros de raza grande de 6 semanas de edad que fueron alimentados con una dieta BARF desde las 2 semanas y media. Una de estas camadas fue destetada a las 3 semanas y la otra a las 5 semanas de edad, además, las madres habían sido alimentadas con esta misma dieta durante la gestación. Todos los cachorros se encontraban débiles y algunos no podían pararse mientras que otros tenían un andar anormal. Todos fueron diagnosticados con osteodistrofia fibrosa e hiperparatiroidismo nutricional secundario (DeLay & Laing, 2002).

#### 5.5.2 Ingredientes que implican un riesgo a la salud

Algunas personas sobre todo las que optan por las dietas BARF caseras podrían por ignorancia ofrecer ingredientes que podrían ser perjudiciales a corto o mediano plazo para perros y gatos, pues existe poca difusión acerca de los alimentos tóxicos para perros y gatos aunado a la antropomorfización de estos por parte de las personas. A continuación, se presentan algunos ingredientes relacionados con problemas de desbalances de vitaminas y minerales

#### 5.5.2.1 Huesos

En general muchas personas creen que añadiendo huesos a la dieta puede aportar el calcio adecuado, además, de ayudar con la limpieza dental en perros y gatos. Sin embargo, esto está lejos de la realidad pues los huesos grandes tienen mala digestibilidad y se ha informado que el consumo de huesos crudos o cocidos pueden ocasionar diversos problemas a lo largo de todo el tracto gastrointestinal; pues, pueden causar fracturas dentales, traumatismos orales, obstrucciones y perforaciones gastrointestinales y esofágicas y ya que es una fuente muy pobre de minerales es mayor el riesgo que el beneficio de ofrecerlos en la dieta (Weeth, 2017; Association, Canadian Veterinary Medical, 2007).

#### 5.5.2.2 Leche

La leche es uno de los ingredientes que puede encontrarse como parte de las dietas BARF, pues también lo ven como una buena fuente de calcio, sin embargo, hay que tener precaución a la hora de ofrecerla pues después del destete la actividad de la lactasa intestinal disminuye si se deja de ofrecer leche por tiempo prolongado, incluso en algunos casos termina con nula actividad de lactasa lo que puede provocar intolerancia a la lactosa en perros y gatos adultos (Chotyakul et al., 2014). Esto puede ser un problema para perros y para gatos pues al no digerir la lactosa esta se queda en el tracto gastrointestinal generando diarreas osmóticas y cuando la lactosa llega al colon es fermentada por la microbiota intestinal generando gas, distensión abdominal, flatulencia y malestar gastrointestinal que en casos muy severos sobre todo en cachorros podría ser mortal (Hand et al., 2010; Craig, 2019).

#### 2.5.2.3. Pescado crudo en malas condiciones

Finalmente, algunas especies de pescado crudo como los pertenecientes a la familia Escombroides (salmón, atún, anchoas y sardinas) no solo representa un riesgo por su contenido de tiaminasas, sino que también porque están contaminados con bacterias que desencadenan la formación de histamina a partir de histidina, la cual, cuando se descarboxila, es convertida en histamina ocasionando graves consecuencias en el tracto gastrointestinal manifestándose como salivación, vómitos y diarrea lo cual puede ocurrir 30 minutos después de haber comido estos pescados (Hand et al., 2010; Craig, 2019). Pero

este riesgo no solo ocurre cuando el pescado comprado no siguió una adecuada cadena fría, sino también cuando los propietarios dejan los restos de pescado, que no consumieron, a la intemperie en los platos de sus mascotas para cuando decidan comerlo.

## 5.6 Problemas de inocuidad asociadas a dietas BARF

Esta es una de las principales preocupaciones de este tipo de dietas, por lo que en general se puede encontrar más información. En la literatura, varias asociaciones veterinarias como Canadian Veterinary Medical Association (CAVMA), American Animal Hospital Association (AAHA), American Veterinary Medical Association (AVMA), WSABA y la FDA han recomendado a la población en general de abstenerse a dar este tipo de dietas y han invitado a los veterinarios a que adviertan a los propietarios de mascota sobre los riesgos que pudieran existir en dietas que incluyen carne cruda esto principalmente por el riesgo a la salud tanto de perros y gatos como de los animales que los rodean (incluyendo fauna silvestre) y el humano (Association, Canadian Veterinary Medical, 2007) (WSAVA, 2020) (FDA, 2017).

### 5.6.1 Riesgos microbiológicos

Actualmente se han escrito varios artículos donde reportan la presencia principalmente de bacterias y parásitos en dietas BARF, tanto comerciales como caseras, los cuales pueden llegar a ser muy patógenos dependiendo del estado inmune del perro y del gato. Esto puede explicarse debido a que los métodos de conservación como por ejemplo la congelación, la liofilización o el procesamiento a alta presión no eliminan al 100% los microorganismos, por esto mismo se recomienda cocer la carne antes de su consumo incluso cuando esta es vendida como “de calidad humana” o “para consumo humano” (Parr & Remillard, 2014).

Esta descrito en la literatura que, aun cuando la congelación se realiza inmediatamente, se pueden aislar bacterias como *Salmonella* y *Escherichia coli* y parásitos como *Toxoplasma gondii* y *Cryptosporidium parvum* (Hand et al., 2010). El huevo y la carne cruda pueden tener altas cargas de bacterias patógenas como *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Clostridium*, *Campylobacter* y *Listeria*. En dietas BARF tanto caseras como comerciales realizadas a base de carne de pollo se ha encontrado una alta incidencia de *Salmonella spp.* y *E.coli* y parásitos como *Toxoplasma* y *Cryptosporidium spp.* (Michel, 2006).

Debido a esto, existe la preocupación de que perros y gatos, sobre todo inmunocomprometidos, puedan desarrollar alguna enfermedad secundaria a alguno de estos microorganismos pues existen múltiples reportes de casos en la literatura en perros y gatos que desarrollaron infecciones como salmonelosis a través de la dieta, como el caso de dos gatos que fueron alimentados con una dieta a base de carne cruda que desarrollaron salmonelosis séptica y fallecieron debido a la gravedad de los signos clínicos (Stiver, et al., 2003).

#### 5.6.2 Impacto en la salud pública

En el ámbito de salud pública, también se ha expresado una preocupación creciente pues el riesgo de contraer una enfermedad infecciosa por este tipo de dietas no se limita a los perros y a los gatos, sino también a las personas que preparan o sirven estos alimentos o que tienen constante contacto con los animales alimentados con este tipo de dieta, sobre todo si se encuentran inmunodeprimidos. El riesgo es mayor para individuos enfermos, niños, ancianos y embarazadas, pues los perros y gatos pueden permanecer asintomáticos en casos de salmonelosis y toxoplasmosis (Michel, 2006).

Esta preocupación ha crecido tanto en el ámbito veterinario que el Global Nutrition committee (WSAVA) alertó, en un comunicado publicado en el 2020, que estas dietas pueden conllevar a un riesgo para la salud no solo de las mascotas, sino también de los propietarios y otras personas, pues éstas pueden infectarse al manipular la comida o las heces de la mascota, incluso si ellas no alimentan directamente a los perros y gatos. Esto se vuelve más preocupante cuando se toma en cuenta que en las heces de perros y gatos alimentados con estas dietas se han encontrado bacterias resistentes a los antibióticos (WSAVA, 2020; Runesvärd, et al., 2020).

Sin embargo, no ha sido la única asociación que ha hecho publicaciones de este tipo. Incluso se han establecido políticas que prohíben la alimentación con alimentos a base de carne cruda como la establecida en agosto de 2012 por la American Veterinary Medical Association, que prohíbe la alimentación de perros y gatos con dietas a base de proteínas crudas o poco cocidas y debido a que los mayores afectados son personas inmunocomprometidas. La Sociedad Delta (ahora Pet Partners) estableció, desde el 2010

en su reglamento, que ningún perro o gato de asistencia puede ser alimentado con una dieta que incluya carne cruda en su dieta. (Pet Partners, 2021; Freeman et al., 2013).

Los médicos veterinarios deben tener conocimiento y conciencia de que algunos microorganismos pueden llegar a ser zoonóticos y que son un riesgo potencial a la salud humana, así como para las mismas mascotas alimentadas con este tipo de dieta. El riesgo se extiende a la fauna silvestre que pudiera tener contacto con perros y gatos alimentados con esta dieta, pues a veces es difícil darse cuenta si un perro o gato está infectado debido a que pueden permanecer asintomáticos y eliminarlos por las heces. (Nemser, et al., 2014)

La Sociedad de Defensa Veterinaria indica que los médicos veterinarios deben informar claramente a los propietarios de perros o gatos interesados en las dietas BARF de todos los riesgos a la salud que éstas representan, y que, el médico veterinario que, a pesar de todo, recomienda su empleo es responsable, por lo menos en parte, de los daños que pudieran ocasionar en las mascotas o las personas (Halloran, 2020).

Dentro de los microorganismos zoonóticos preocupantes están *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* y *E. coli* O157-H7 los cuales en un estudio que comparó diferentes tipos de dietas comerciales se encontró *Listeria monocytogenes* y *Salmonella*, únicamente en dietas crudas y *E.coli* en su mayoría se encontró en dietas crudas y en dos tipos de golosinas de todas las analizadas, por lo que, es de vital importancia manejarlas con suma precaución y en medida de lo posible evitar ofrecerlas pues se han dado casos donde aun con todas las medidas de seguridad que tomen se han infectado por estas dietas (Nemser, et al., 2014).

## 5.7 Regulación actual de las dietas BARF en México

En México, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) es el organismo encargado de la regulación de productos alimenticios, sin embargo, no existe ninguna Norma Oficial Mexicana específica para productos alimenticios para mascotas, por lo que se regulan mediante dos Normas Oficiales Mexicanas la NOM-012-ZOO-1993, la cual se centra en productos químicos, farmacéuticos y biológicos y la NOM-061-ZOO-1999 con la cual se regulan los productos para mascotas, no obstante, ninguna de estas dos normas o cualquier otra norma regula propiamente las dietas BARF o productos de alimentación cruda para animales.

La NOM-012-ZOO-1993 establece las especificaciones para la producción y control de calidad que deben cumplir los productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso o consumo en animales. Esta norma aplica a todos los establecimientos dedicados a la producción, importación, acondicionamiento y almacenamiento con fines de distribución y comercialización de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios destinados al uso o consumo en animales, que representen un riesgo zoonosario (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2018).

La NOM-061-ZOO-1999 establece los requisitos y especificaciones zoonosarias que deben cumplir los productos alimenticios terminados para consumo animal, para evitar que sean un riesgo a la salud animal y humana, los cuales engloban fabricación, pruebas de anaquel, almacenamiento, comercialización y parte del etiquetado (lista de ingredientes en la etiqueta). Esta norma es aplicable a todas las personas físicas o morales que elaboren, maquilan, importen y comercialicen productos alimenticios para consumo animal. (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2001).

Existen otros organismos que se encargan de regular los alimentos para mascotas que algunas empresas usan de referencia para la elaboración de sus alimentos y lo mencionan en sus etiquetas, uno que se encuentra muy comúnmente en las etiquetas es La Asociación de Funcionarios del Control de Alimentos (AAFCO por sus siglas en inglés), esta es la agencia produce una publicación oficial cada año, la cual se usa como base para las regulaciones aplicadas a los alimentos en Estados Unidos La AAFCO establece los perfiles nutricionales para perros y gatos para etapas de crecimiento y reproducción, así como perros y gatos en mantenimiento. (Hand et al., 2010; Case et al., 2000).). En la Tabla 5.3 se muestran los requerimientos nutricionales para un perro adulto en mantenimiento.

Tabla 5.3. Perfil nutricional establecido por AAFCO para perros adultos en mantenimiento, AAFCO no establece los requerimientos mínimos ni máximos para vitamina K.

| Nutriente     |                    | Mínimo | Máximo |
|---------------|--------------------|--------|--------|
| PROTEÍNAS (%) |                    | 18     |        |
| GRASA (%)     |                    | 5      |        |
| MINERALES (%) |                    |        |        |
|               | Calcio (%)         | 0.6    | 2.5    |
|               | Fosforo (%)        | 0.5    | 1.6    |
|               | Cociente Ca:P (%)  | 1:1    | 2:1    |
|               | Potasio (%)        | 0.6    |        |
|               | Sodio (%)          | 0.06   |        |
|               | Cloro (%)          | 0.09   |        |
|               | Magnesio (%)       | 0.04   | 0.3    |
|               | Hierro (mg/kg)     | 80     | 3000.0 |
|               | Cobre (mg/kg)      | 7.3    | 250    |
|               | Manganeso (mg/kg)  | 5.0    |        |
|               | Zinc (mg/kg)       | 120    | 1000   |
|               | Yodo (mg/kg)       | 1.5    | 50     |
|               | Selenio (mg/kg)    | 0.11   | 2.0    |
| VITAMINAS     |                    |        |        |
|               | Vitamina A (UI/kg) | 5000   | 250000 |
|               | Vitamina D (UI/kg) | 500    | 5000   |
|               | Vitamina E (UI/kg) | 50     | 1000   |
|               | Vitamina K -       | -      | -      |

## 6 Material y métodos

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Bromatología I y II del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México de acuerdo con el siguiente protocolo.

### 6.1. Alimento analizado

Se eligieron cinco marcas diferentes de dietas comerciales BARF para perro adulto en mantenimiento (Tabla 6.1), de cada marca se consiguieron cinco lotes diferentes, estos alimentos fueron adquiridos y analizados a lo largo de un año, en total se analizaron 25 lotes. Por cada lote se realizaron dos repeticiones y de cada alimento adquirido se revisó fecha de caducidad vigente, empaque original e integridad del empaque. La presentación de los alimentos 1, 3, 4 y 5 es congelada mientras que el alimento 2 es deshidratado. Primero se analizó que la etiqueta cumpliera con la NOM-012-ZOO-1993 y la NOM-061-ZOO-1999.

Tabla 6.1. Ingredientes de los alimentos BARF para perro adulto en mantenimiento elegidos

| Alimento   | Ingredientes   |
|------------|--|
| Alimento 1 | Carne de pollo, vísceras de pollo (hígado y corazón), zanahoria, papa, plátano, chícharos, espinacas, arándanos, aceite de canola, semillas de chía, suplemento de calcio, suplemento de vitamina E y aceite de pescado.                   |
| Alimento 2 | Carne de res, Carne de pollo, zanahoria, calabaza y/o chayote y/o pepino, apio, espinaca, lechuga, brócoli, berro y aceite de pescado.   |
| Alimento 3 | Carne molida, hígado, corazón, pulmón y riñón de res, zanahoria, plátano, manzana, calabacita, brócoli, papaya, hueso molido de res, vinagre de manzana, aceite de oliva, aceite de hígado de bacalao, semilla de girasol y linaza molida. |
| Alimento 4 | Este alimento no traía lista de ingredientes como tal descrita, venía una imagen señalando el contenido, indicando puerco, pollo, pulmón e hígado, vegetales y aceites   |
| Alimento 5 | Carne de res, carne de pollo, vísceras de res, carne de pollo, pescado, manzana, pera, mora azul, zanahoria, chícharo, semilla de calabaza, espinaca, apio y brócoli.  |

## 6.2. Manejo de la muestra

Para analizar cada lote de los alimentos obtenidos, se homogeneizaron por separado y se tomó una muestra representativa para realizar cada análisis por duplicado.

### 6.2.1. Análisis químico proximal

Se realizó el análisis químico proximal (AQP) de cada uno de los lotes de cada alimento, en la Tabla 6.3 se muestran los métodos utilizados para la obtención de cada uno de los macrocomponentes.

Tabla 6.3. Métodos utilizados en la determinación del AQP en % de BH

| Determinación        | Método  |
|----------------------|---|
| Humedad (H)          | AOAC. 2015,934.01   |
| Proteína cruda (PC)  | AOAC 2015.2001.11   |
| Extracto etéreo (GC) | AOAC 2015, 954.02   |
| Fibra cruda (FC)     | AOAC 2015, 962.09   |
| Ceniza (C)           | AOAC 2015.942.05  |
| ELN                  | Se utilizó la siguiente fórmula para determinarlo<br>$ELN=100-(\%H+\%PC+\%GC+\%FC+\%C)$ |

AOAC (Association of Official Analytical Chemists)

### 6.2.2. Cuantificación de minerales

Para la cuantificación de la concentración de minerales en cada lote de los alimentos elegidos se utilizaron las cenizas obtenidas por el método AOAC 2015.942 en el AQP. La concentración de Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn y Zn se determinó por espectroscopia de absorción atómica, siguiendo el método AOAC 968.08(2019) y la concentración de P se obtuvo por el método de colorimétrico de metavanadato-molibdeno por espectrofotometría de UV-VIS siguiendo el método AOAC 965.17 (1990).

Para la cuantificación de los minerales Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn y Zn se utilizó un stock con una concentración de 10µg/mL, las curvas de calibración se realizaron a partir de este Stock en un intervalo de 1µg/mL -5 µg/mL para Ca y Cu, de 1.2 µg/mL-6 µg/mL para Fe, de 0.2 µg/mL -1 µg/mL para Zn, de 0.4 µg/mL -2 µg/mL para Mn y K, de 0.05 µg/mL -0.5 µg/mL para Mg y de 0.2 µg/mL-1 µg/mL para Na.

Para la cuantificación de P se utilizó un stock de P con una concentración de 0.1mg/mL, la curva de calibración se realizó a partir de este stock a un intervalo de 0.1 mg/mL-1 mg/mL.

### 6.2.3. Vitaminas liposolubles (A, D, E y K)

Las vitaminas liposolubles se analizaron por cromatografía de líquidos de acuerdo con el método modificado de Chotyakul et al (2014). Para la curva de calibración se preparó un stock de vitamina A, E, D y K con una concentración 580 µg/mL. La curva de calibración se realizó a partir de este stock a un intervalo de 100 µg/mL-500 µg/mL.

Todos los resultados obtenidos fueron analizados con el programa IBM SPSS Statistics Versión 25.

## 7. Resultados

### 7.1. Etiquetas y empaques

Se revisaron las etiquetas de las cinco marcas de alimentos analizadas y se encontraron varias faltas a la NOM-012-1993 y la NOM-061 lo cual se describe en las las Tablas 7.1 y 7.2 se muestra el cumplimiento y las faltas observadas de los alimentos a las normas oficiales mexicanas encargadas de su regulación.

Tabla 7.1. NOM-061-ZOO-1999, las palomitas indican los rubros que está cumpliendo cada alimento

| Alimento  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Contar con el número de regulación SAGARPA que otorga la Secretaría                             | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |
| Señalar en la etiqueta los ingredientes utilizados en su formulación, enunciados genéricamente. | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |

Tabla 7.2.. NOM-012-ZOO-1993, las palomitas indican los rubros que está cumpliendo cada alimento

| Alimento  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Envases inertes y de fácil limpieza.  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Envases que proporcionen protección adecuada al producto contra factores externos.  | ✓ | × | ✓ | ✓ | ✓ |
| Los textos y leyendas del etiquetado deben estar impresos en idioma español.  | ✓ | × | ✓ | ✓ | × |
| Las leyendas, representaciones gráficas o diseños necesarios del etiquetado deben aparecer claramente visibles y legibles, evitando el uso de dibujos o leyendas que confundan o induzcan al mal uso del producto.  | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |
| La tinta, papel o pegamento empleado deben ser de calidad tal que eviten alteraciones producidas por las manipulaciones usuales de almacenamiento y transporte  | × | × | × | × | × |
| El lenguaje debe ser claro, sencillo y exento de ideas que induzcan a la posible exageración de la calidad real del producto, evitándose el uso de términos extensivos tales como: "etc., ciertos, casi todos, la mayoría" o peyorativos como "lo único, lo mejor".                   | ✓ | × | × | × | ✓ |
| El empaque debe tener escrito el contenido neto del producto  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Nombre comercial del producto   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Número de regulación del producto ante la Secretaría.   | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |
| La leyenda "uso veterinario". En los productos alimenticios podrá sustituirse por la leyenda "Alimento para" señalando la especie a la que se destine.  | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |
| Logotipo  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Si el producto es nacional debe imprimirse la leyenda "Hecho en México por", indicando el nombre de la empresa y dirección; si el producto es importado debe indicarse la leyenda "Elaborado por" e "Importado y distribuido por", indicando el nombre y dirección de ambas empresas. | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |
| Debe incluir el análisis garantizado indicando las cantidades mínimas y máximas de los principios nutritivos  | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |
| La leyenda "Consulte al Médico Veterinario"   | ✓ | × | ✓ | × | ✓ |
| Número de lote.   | ✓ | ✓ | ✓ | × | × |
| Fecha de caducidad que debe indicar el mes con las tres primeras letras de su nombre y el año en dígitos o señalarse con el número del mes y el año con los dos últimos dígitos en este orden.  | ✓ | ✓ | ✓ | × | × |
| Indicaciones: Se debe expresar el uso, especie y aplicación en forma clara y con terminología de uso común.   | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |
| Dosis   | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |
| Vía de administración   | ✓ | ✓ | ✓ | × | ✓ |

En los empaques y etiquetas de los alimentos utilizados para este estudio puede notarse que ninguna de las marcas cumplió al cien por ciento con lo establecido en las normas. Las etiquetas presentan varias faltas a la NOM-012-1993. En el alimento 1 el número de lote y fecha de caducidad es fácilmente borrable por la manipulación y la naturaleza del producto (Figura 7.1)

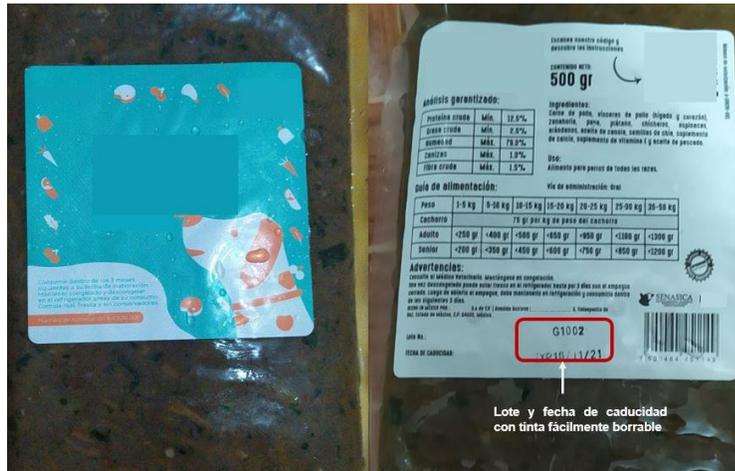


Figura 7.1. Alimento 1, en el recuadro rojo se observa la fecha de caducidad y lote borrados por la manipulación señalados por una flecha.

El alimento 2 el número de lote y fecha de caducidad no podían verse adecuadamente, pues vienen impresos en relieve junto con el sellado del empaque lo que a veces rompe la bolsa de algunos productos, que al estar congelados difícilmente puede apreciarse a simple vista (Figura 7.2).



Figura 7.2. Alimento 2, señalado la fecha de caducidad y el lote grabados en el sellado inferior del empaque, ilegible.

El alimento 3 presenta fecha de caducidad y lote con tinta fácilmente borrrable y exagera las propiedades de alimento (Figura 7.3)



Figura 7.3. Alimento 3, señalada fecha de caducidad y lote fácilmente borrrable y frases que exageran la calidad del producto

El alimento 4 no tiene descrito adecuadamente los ingredientes pues estos están indicados con dibujos y señalados con plumón indeleble que es fácilmente borrrable, de igual forma la fecha de elaboración viene escrita con plumón indeleble, aunado a esto no presenta número de regulación, leyenda de hecho en México, lote, leyenda de uso veterinario, datos del productor ni fecha de caducidad (Figura 7.4)



Figura 7. 4. Alimento 4, señalada fecha de elaboración y contenido fácilmente borrrable y lista de ingredientes con dibujos.

El alimento 5 no presenta ni fecha de caducidad ni lote adecuadamente señalados (Figura 7.5), puede apreciarse una etiqueta azul que pareciera contener estos datos. Sin embargo, se consiguieron sobres en diferentes tiendas, fechas y estados de la República Mexicana y la estampa era la misma en todos los casos.



Figura 7.5. Alimento 5, señalada aparentemente fecha de caducidad y lote fácilmente borrrable.

## 7.2. Análisis químico proximal

Los macroelementos se encontraban descritos en la etiqueta se muestran en la Tabla 7.3

Tabla 7.3. Análisis químico proximal descrito en las etiquetas de cada alimento en % de BH

| Alimento | Humedad   | PC     | GC.    | FC     | Ceniza | E.L.N. |
|----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | Máxima  | Mínima | Mínima | Máxima | Mínima |        |
| 1        | 79  | 12.5   | 2.5    | 1.5    | 1.8    | 3.5    |
| 2        | 78  | 10.5   | 8.5    | 1      | 1      | 1      |
| 3        | 74  | 16     | 5      | 2      | 2      | 1      |
| 4        | Este alimento no contaba con un análisis químico proximal descrito en su etiqueta |        |        |        |        |        |
| 5        | 12  | 43     | 13     | 8      | 10     | 17     |

El valor de elementos libres de nitrógeno (E.L.N) fue calculado sumando la humedad, proteína cruda (PC), grasa cruda (GC), fibra cruda (FC) y ceniza y restándolo a 100 y la materia seca se calculó restándole a 100 el porcentaje de humedad.

Los resultados obtenidos del análisis químico proximal fueron obtenidos fueron en base húmeda (BH) y se calcularon en Materia seca (MS) para poder realizar la prueba de Duncan con el programa spss para comparar la homogeneidad de varianzas entre las marcas de

alimentos seleccionadas, esto se realizó utilizando la base seca los resultados obtenidos de muestran en (Tabla 7.4)

Tabla 7.4. Promedio de elementos del AQP expresado en % de MS

| Alimento      | 1                    | 2                  | 3                    | 4                  | 5                  |
|---------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| PC            | 39.40 <sup>a,b</sup> | 29.31 <sup>a</sup> | 36.62 <sup>a,b</sup> | 48.57 <sup>b</sup> | 32.66 <sup>a</sup> |
| GC            | 18.98 <sup>a</sup>   | 49.27 <sup>b</sup> | 33.46 <sup>c</sup>   | 42.94 <sup>b</sup> | 14.10 <sup>a</sup> |
| FC            | 2.18 <sup>a</sup>    | 1.33 <sup>b</sup>  | 1.17 <sup>b</sup>    | 0.59 <sup>b</sup>  | 2.25 <sup>a</sup>  |
| Ceniza        | 7.06 <sup>a</sup>    | 6.81 <sup>a</sup>  | 10.79 <sup>b</sup>   | 7.38 <sup>a</sup>  | 7.31 <sup>a</sup>  |
| Carbohidratos | 32.50 <sup>a</sup>   | 13.28 <sup>b</sup> | 18.07 <sup>b</sup>   | 8.35 <sup>b</sup>  | 43.67 <sup>a</sup> |

H (Humedad), PC (Proteína cruda), GC. (Grasa cruda), FC (Fibra cruda), Ceniza (Ceniza). Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), el análisis se realizó independiente por cada elemento del AQP

Una vez obtenidos todos los valores en base seca se compararon con los requerimientos nutricionales establecidos por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento esta comparación puede observarse en las siguientes Figuras.

En la Figura 7.6. Se muestra la comparación para Proteína cruda donde se observa que cumple con los requerimientos establecidos por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento.

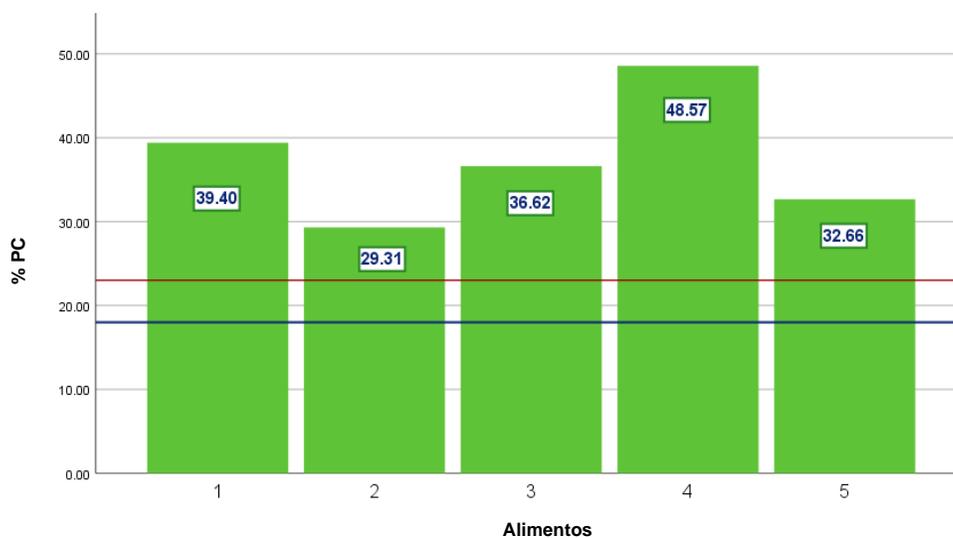


Figura 7.6. Valores de contenido de proteína cruda en % de materia seca de cada alimento analizado. La línea azul indica el requerimiento mínimo de proteínas para perros adultos en mantenimiento según AAFCO (18% de MS). La línea roja indica el requerimiento máximo de % de MS de PC requerido por un perro adulto en mantenimiento (Gutierrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014).

En la figura 7.7. Se analiza si el % de Grasa cruda corresponde con el establecido por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento, el cual puede apreciarse que cumple con el requerimiento establecido por AAFCO.

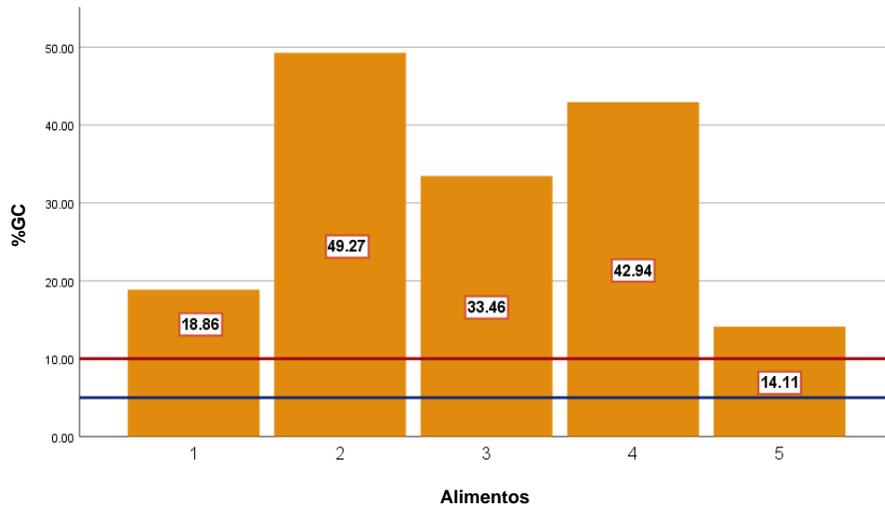


Figura 7.7. Valores de contenido de grasa cruda en % de materia seca de cada alimento analizado. La línea negra indica el requerimiento mínimo de proteínas para perros adultos en mantenimiento según AAFCO (5% de MS). Línea roja indica el límite superior para un perro adulto en mantenimiento. (Gutierrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014).

En la figura 7.8. Se analiza si el % de Fibra cruda corresponde con el establecido por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento, el cual puede apreciarse que cumple con el requerimiento establecido por AAFCO.

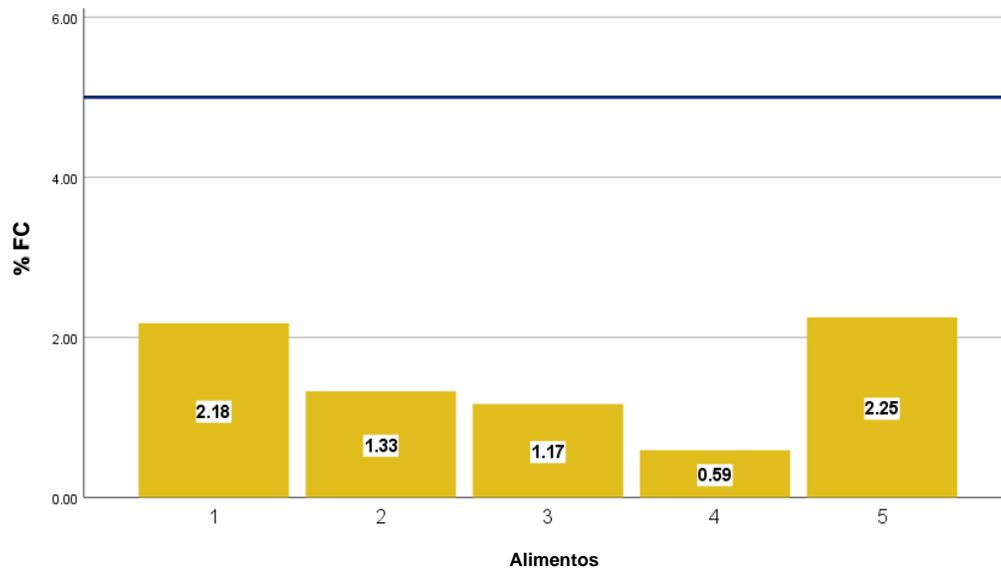


Figura 7.8 Valores de contenido de fibra cruda en % de materia seca en los diferentes alimentos seleccionados, la línea azul representa el máximo de fibra sugerido en materia seca.

### 7.3. Elementos minerales

Con la concentración de minerales obtenidas se calculó el contenido en base seca y hacer una comparación entre las cinco marcas de alimentos seleccionadas por medio de la prueba de Duncan (Tabla 7.5).

Tabla 7.5. Macrominerales y Microminerales obtenidos en % de MS durante el análisis.

| Alimento | 1                   | 2                     | 3                     | 4                   | 5                     |
|----------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| P        | 1.40 <sup>a</sup>   | 2.17 <sup>b</sup>     | 3.31 <sup>c</sup>     | 2.25 <sup>b</sup>   | 2.38 <sup>b</sup>     |
| Ca       | 0.62 <sup>a</sup>   | 1.72 <sup>c</sup>     | 2.30 <sup>d</sup>     | 1.53 <sup>b,c</sup> | 1.32 <sup>b</sup>     |
| Mg       | 0.10 <sup>a</sup>   | 0.11 <sup>a</sup>     | 0.12 <sup>a</sup>     | 0.09 <sup>a</sup>   | 0.16 <sup>b</sup>     |
| K        | 0.81 <sup>a,b</sup> | 0.61 <sup>a</sup>     | 0.68 <sup>a</sup>     | 0.65 <sup>a</sup>   | 0.98 <sup>b</sup>     |
| Na       | 1.07 <sup>a</sup>   | 0.31 <sup>b</sup>     | 0.72 <sup>a,b</sup>   | 0.34 <sup>b</sup>   | 0.34 <sup>b</sup>     |
| Fe       | 180.21 <sup>a</sup> | 107.60 <sup>b,c</sup> | 161.11 <sup>a,d</sup> | 100.17 <sup>b</sup> | 131.68 <sup>c,d</sup> |
| Zn       | 555.95 <sup>a</sup> | 516.51 <sup>a</sup>   | 730.43 <sup>b</sup>   | 615.89 <sup>c</sup> | 704.06 <sup>b</sup>   |
| Cu       | *                   | *                     | *                     | *                   | 60.40                 |

P (Fosforo), Ca (Calcio), Mg (Magnesio), K (potasio), Na (Sodio), Fe (Hierro), Zn (Zinc) Cu (Cobre). Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), el análisis se realizó independiente por cada elemento mineral.

Posteriormente se analizó si las dietas seleccionadas cumplían con los requerimientos establecidos por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento y se observó que todos los alimentos analizados cumplieron con los requerimientos específicos de calcio para un perro adulto en mantenimiento establecidos por AAFCO (0.6 a 2.5% de MS), el alimento 1 se encontró rozando el límite inferior (0.6271% de calcio de la MS) (Figura 7.9).

En el caso de los requerimientos para fosforo (0.5 a 1.6% de MS) solo el alimento el alimento 1 se encontró dentro de los límites con un valor de 0.62% de MS, los demás presentaban un exceso de este mineral como puede visualizarse en la Figura 7.10, debido a estos resultados al calcular la relación calcio fosforo de estas dietas ninguna cumplió con la relación 1:1 o 2:1 que se ha establecido por AAFCO (Figura 7.11). Lo que podría ocasionar los problemas anteriormente descritos.

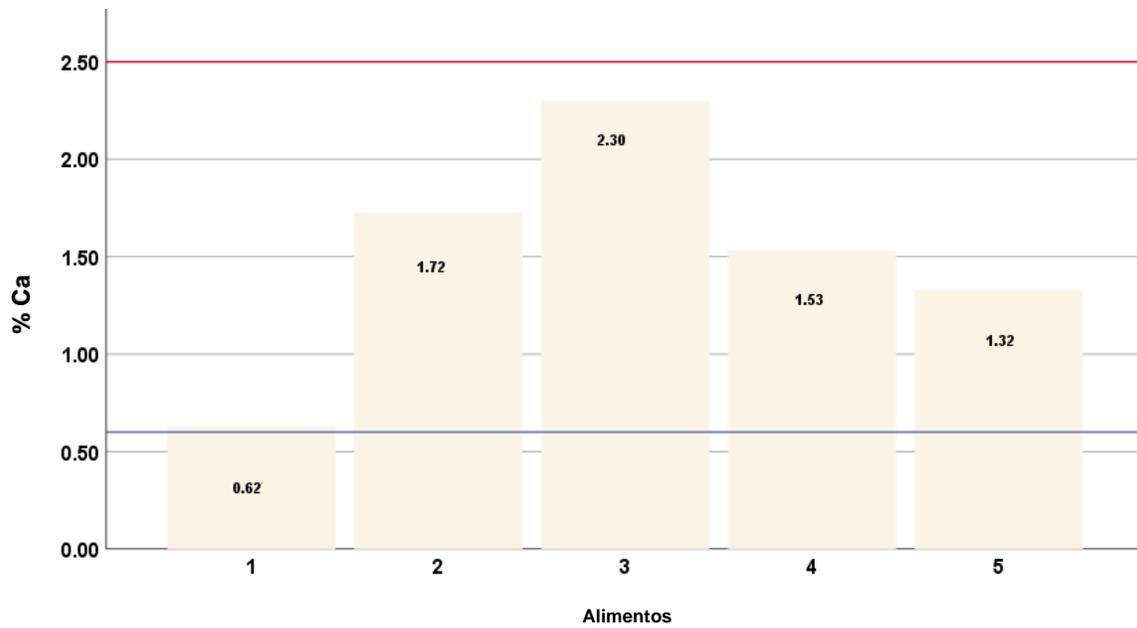


Figura 7.9. Concentración de Calcio expresado en % de MS en las dietas seleccionadas. La línea azul señala el límite mínimo del requerimiento de calcio establecido por AAFCO en % de MS para un perro adulto en mantenimiento mientras que la línea roja establece el límite superior.

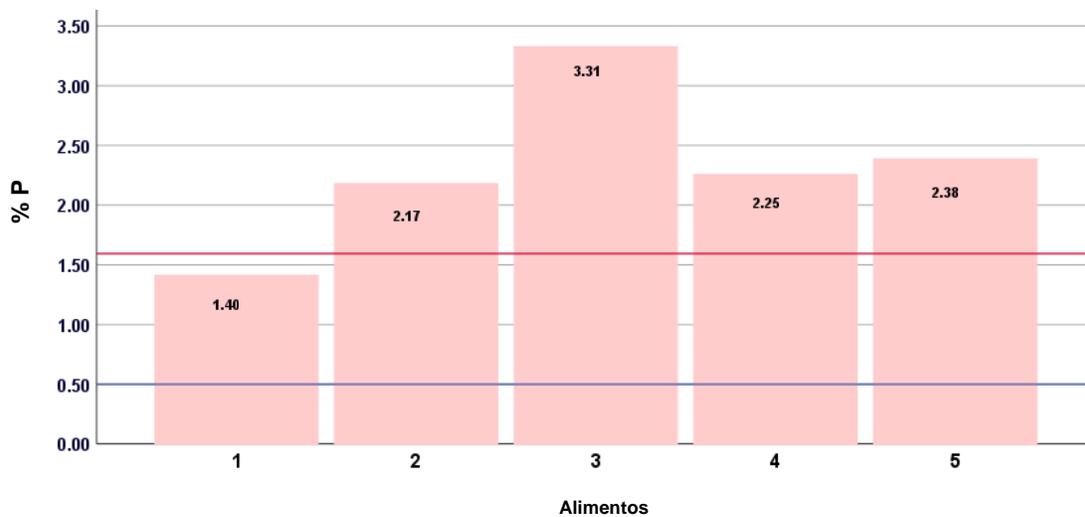


Figura 7.10. Concentración de fósforo expresado en % de MS en las dietas seleccionadas. La línea azul señala el límite mínimo del requerimiento de fósforo establecido por AAFCO en % de MS para un perro adulto en mantenimiento mientras que la línea roja establece el límite superior.

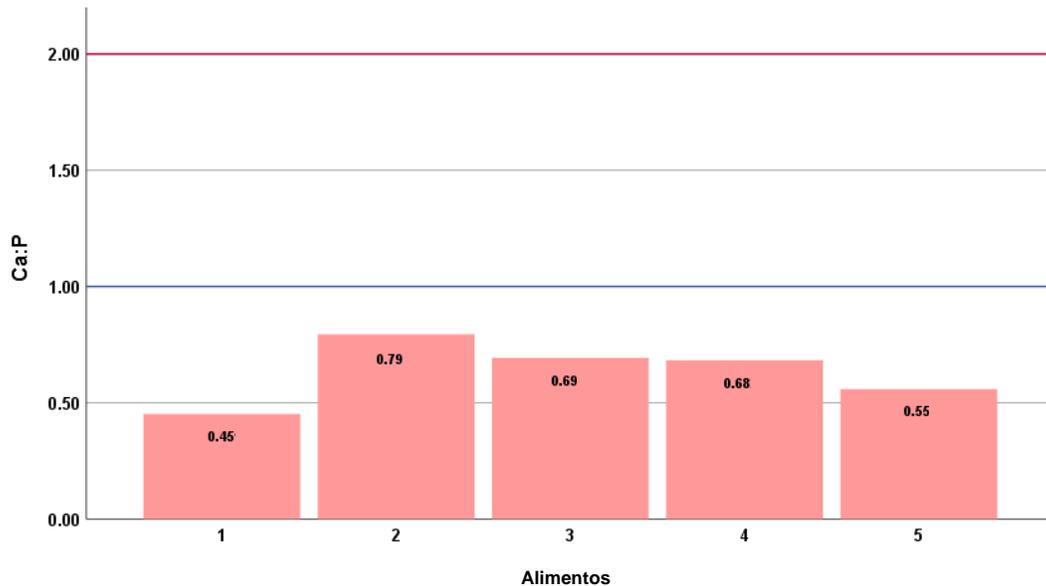


Figura 7.11. Relación Ca:P en las dietas seleccionadas. Línea azul señala la relación 1:1 establecida por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento mientras que la línea roja establece el límite superior (2:1)

Para el magnesio AAFCO recomienda que las concentraciones se encuentren entre 0.04 y 0.3% de la materia seca, lo cual si es cubierto por los 5 alimentos seleccionados (Figura 7.12).

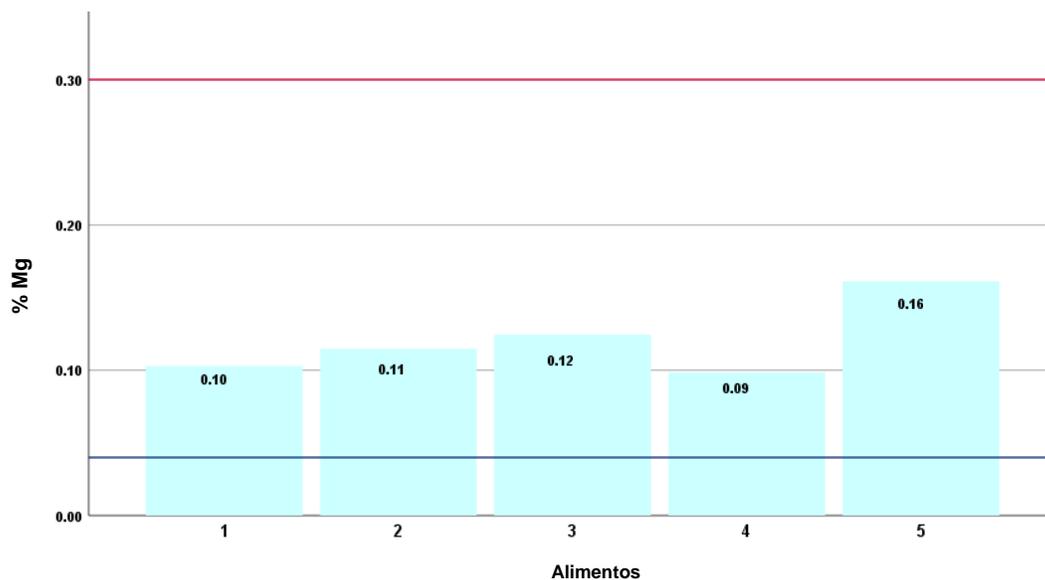


Figura 7.12. Concentración de magnesio expresado en % de MS en las dietas seleccionadas. La **línea azul** señala el límite mínimo del requerimiento de magnesio establecido por AAFCO en % de MS para un perro adulto en mantenimiento mientras que la línea roja establece el límite superior.

Para el potasio AAFCO establece que para un perro adulto en mantenimiento la concentración debe ser de 0.6% de la MS, los alimentos que más cercano está a este con 0.68% de MS; el alimento 1 y 5 sobrepasan en mayor medida este valor (Figura 7.13). El exceso de potasio es muy raro que se presente, pero cuando se llega a presentarse se manifiesta como paraparesia y bradicardia (Hand et al., 2010).

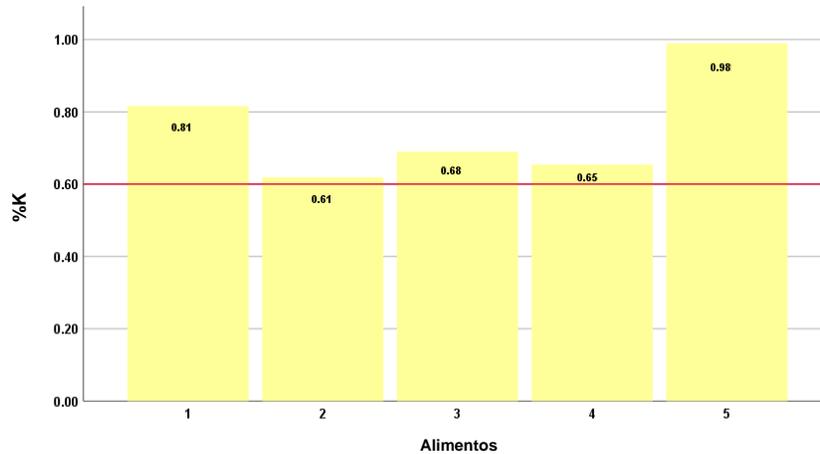


Figura 7.13. Concentración de potasio expresada en % de MS en las dietas seleccionadas. La línea roja establece el límite superior del requerimiento de potasio establecido por AAFCO en % de MS para un perro adulto en mantenimiento.

Para el sodio AAFCO establece que la concentración para un perro adulto en mantenimiento debe ser de 0.06% de MS y en todos los alimentos analizados se observa un excedente de este, dentro de esto el alimento 1 presenta mayor cantidad de sodio (1.07% de MS) Seguido por el alimento 3 con 0.72% de MS (Figura 7.14).

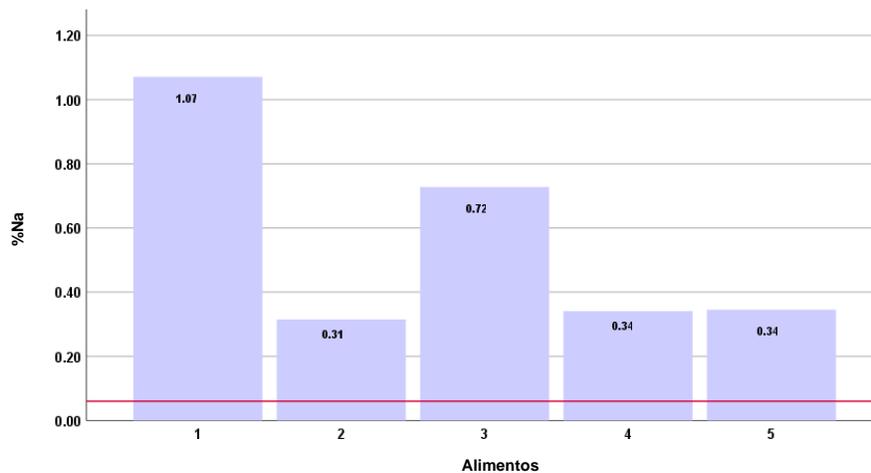


Figura 7.14. Concentración de sodio expresada en % de MS en las dietas seleccionadas. La línea roja establece el límite del requerimiento de sodio establecido por AAFCO en % de MS para un perro adulto en mantenimiento

Para el hierro los requerimientos establecidos para un perro adulto en mantenimiento por AAFCO es de 80 a 3000mg/kg de MS cumplido por todos los alimentos analizados (Figura 7.15).

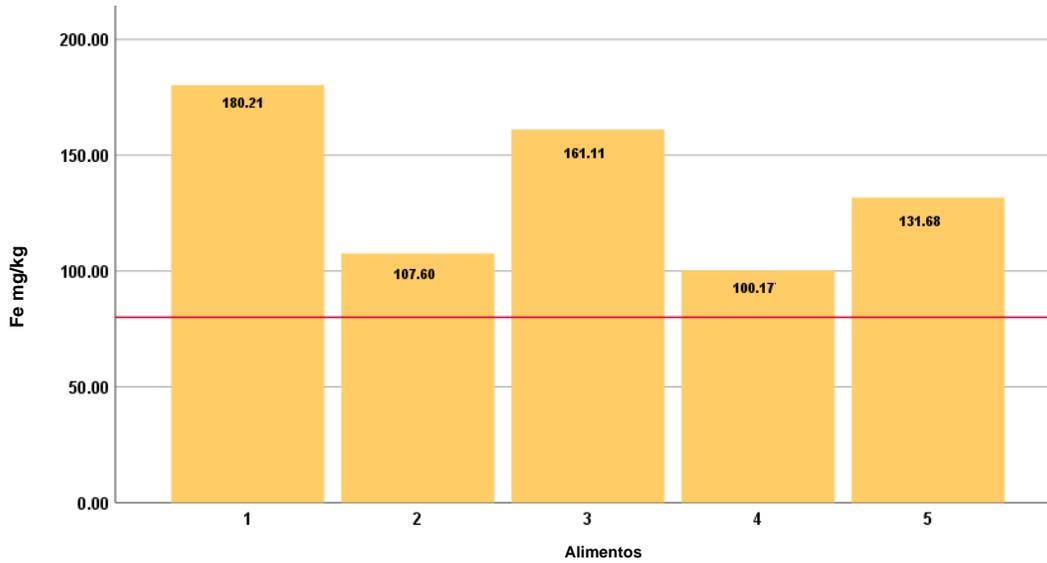


Figura .Concentración de Hierro expresado en mg/Kg de MS en las dietas seleccionadas. La línea roja señala el limite mínimo del requerimiento de hierro establecido por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento

Para el Zinc los requerimientos establecidos para un perro adulto en mantenimiento por AAFCO es de 120 a 1000mg/kg de MS y todos los alimentos cumplieron con los requerimientos de este micro mineral (Figura 7.16).

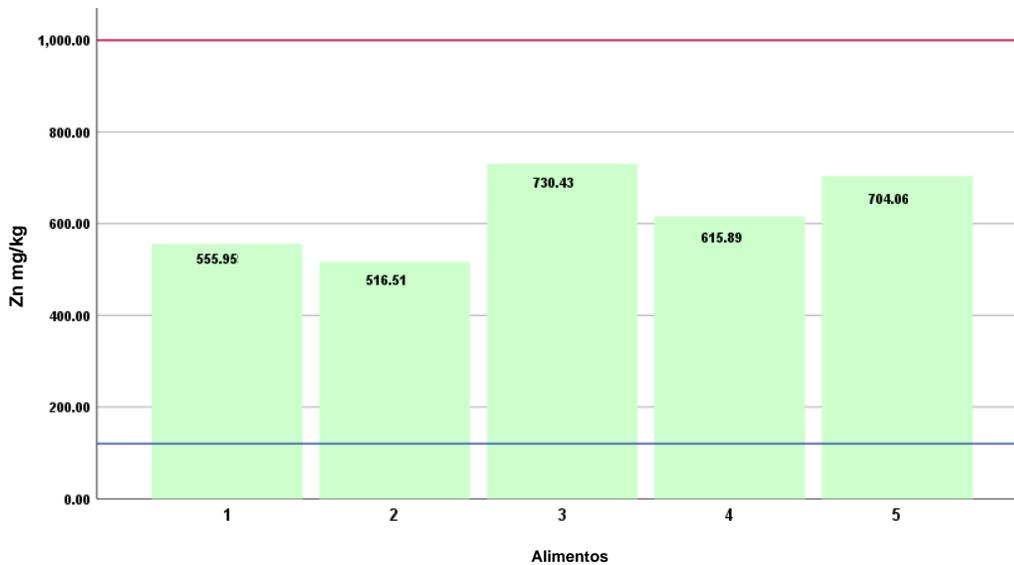


Figura 7.16. Concentración de Zinc expresada en mg/Kg de MS en las dietas seleccionadas. La línea azul señala el limite mínimo del requerimiento de zinc establecido por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento mientras que la línea roja establece el limite superior.

Los requerimientos establecidos de cobre establecidos por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento es de 7.3 a 250mg/kg de MS, para este mineral. En este análisis solo pudo obtenerse la concentración para el alimento 5 el cual se encontraba dentro de los requerimientos establecidos (Figura 7.17).

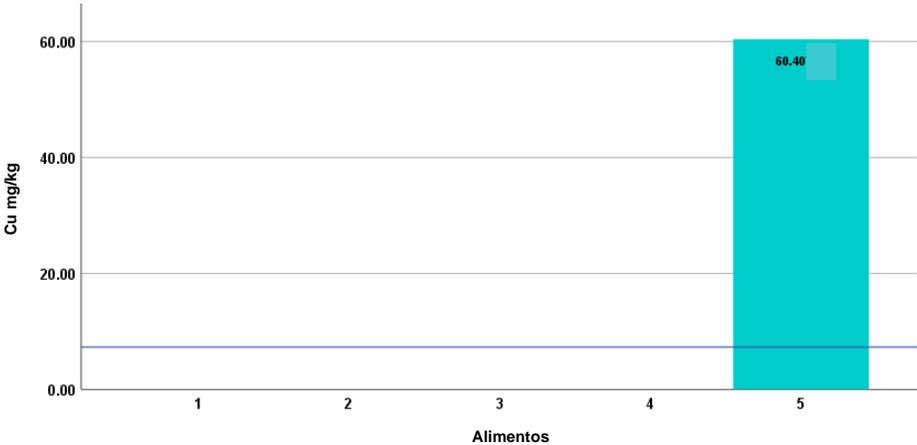


Figura 7.17. Concentración de cobre expresado en mg/kg de MS en las dietas seleccionadas. Línea azul señala el límite mínimo del requerimiento de zinc establecido por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento.

#### 7.4. Vitaminas

Primero se determinó el tiempo de retención de cada vitamina los cuales quedaron en los tiempos de retención siguientes, vitamina K minuto 2, vitamina A minuto 4, vitamina D minuto 8 y vitamina E minuto 9 (Gráfica 6.1) para corroborar que efectivamente se encontraban en estos tiempos se analizaron cada una de las vitaminas por separado y posteriormente se prosigió a analizar los alimentos.

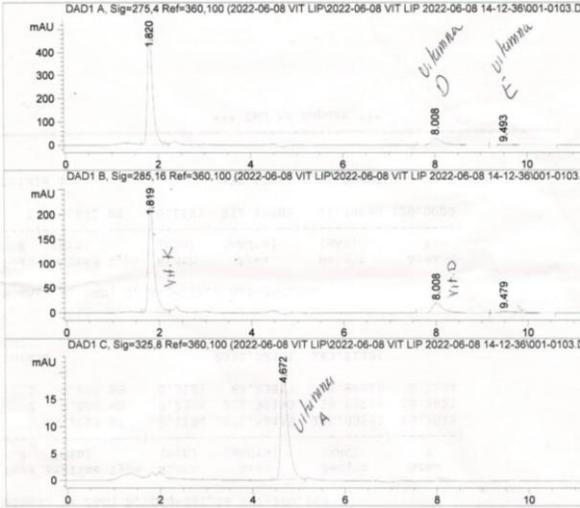


Figura 6.1. Tiempos de retención de vitaminas liposolubles

Posteriormente se analizaron los lotes 1, 2 y 3 del alimento 1 donde únicamente se encontró la presencia de vitamina K, sin embargo, debido a que el método HPLC es un tipo de análisis de los más precisos empleados para la determinación de vitaminas (Gil, 2017) y a que factores medio ambientales como la luz, el contacto con el aire, la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta, la congelación, la humedad y el pH puede afectar la estabilidad de las vitaminas analizadas (Case et al., 2000; Gil, 2017) como se muestra en la Tabla 7.6, se optó conseguir una muestra más de dos de los alimentos (1 y 3) analizados para comprobar si efectivamente solo contenían vitamina K o el resto de las vitaminas liposolubles se consumieron o eliminaron debido al tiempo que se tardó en analizar la muestra (5 meses).

Tabla 7.6. Estabilidad de vitaminas liposolubles A, D y E factores externos.

| Vitamina | Efecto del pH |       |        | Aire | Luz | Humedad | Ácidos grasos poliinsaturados | Congelación |
|----------|---------------|-------|--------|------|-----|---------|-------------------------------|-------------|
|          | Neutro        | Ácido | Básico |      |     |         |                               | % perdidas  |
| A        | E             | I     | E      | I    | I   | I       | -                             | 5%          |
| D        | E             | -     | I      | I    | I   | -       | -                             | -           |
| E        | E             | E     | E      | I    | I   | I       | I                             | -           |

E: estable, I: inestable, - sin datos. (Gil, 2017; Case et al., 2000; Basulto et al., 2014).

Se analizaron los nuevos lotes de alimento inmediatamente después de su compra y nuevamente solo pudo detectarse vitamina K en todos los alimentos analizados, por lo que se llegó a la conclusión que la ausencia de las vitaminas A, E y D no se habían consumido por su almacenaje antes de su análisis y se prosiguió a analizar todos los lotes de alimento restantes. En todos los alimentos se detectaron únicamente concentraciones de vitamina K. Estos datos se sometieron a análisis estadístico con la prueba de Duncan (Tabla 7.7).

Tabla 7.7. Concentración de vitamina K en alimentos Concentración de vitaminas.

| Alimento | Vitamina K (mg/kg de MS) |
|----------|--------------------------|
| 1        | 26.39                    |
| 2        | 22.21                    |
| 3        | 22.85                    |
| 4        | 20.16                    |
| 5        | 24.68                    |

Tabla 7.7. Los valores reportados son el promedio del promedio de los duplicados de los análisis efectuados para cada lote de cada alimento. No se encontraron diferencias significativas entre la concentración de vitamina K en cada alimento con una significancia del 5%.

## 8. Discusión

### 8.1. Etiquetas y empaques

Uno de los primeros puntos a evaluar al momento de adquirir un alimento es la etiqueta pues es el principal medio por donde el fabricante puede proporcionar información concreta sobre su producto, tanto a los consumidores como a los organismos reguladores y por esto es considerado un documento legal (Gutiérrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014; Hand et al., 2010). En México el contenido de la etiqueta está regulado por la NOM-012-NOM-012-ZOO-1993. Además de la etiqueta, la calidad del empaque también es importante para mantener los productos inocuos tanto para los animales que consuman el producto como para las personas que lo manejen, así como ayudar a mantener sus propiedades organolépticas. Los empaques están regulados por la NOM-012-NOM-012-ZOO-1993 y la NOM-061-ZOO-1999.

La NOM-012-NOM-012-ZOO-1993 y la NOM-012-NOM-012-ZOO-1993 y la NOM-061-ZOO-1999 son obligatorias en todo el territorio nacional, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio puede apreciarse una pobre regulación de estas normas debido a que ningún alimento cumple al cien por ciento con lo establecido en las normas y son marcas que llevan mucho tiempo en el mercado.

Uno de los riesgos que se corre al no cumplir con estas normas es la pérdida de inocuidad de los alimentos, por ejemplo, en el caso del alimento dos que al sellar la bolsa con los datos de lote y fecha de caducidad, produce daños al empaque, produciendo a su vez, que se pierda el vacío en la bolsa y acelerar el crecimiento bacteriano dentro de esta, ya que, como es bien sabido estas dietas contienen diferentes cantidades de microorganismos en su interior (Nemser, et al., 2014; Davies, et al., 2019).

Además debido a la mala calidad del empaque puede existir pérdida de nutrientes importantes como por ejemplo con empaques transparentes o poco herméticos como los del alimento uno, dos, tres y cuatro pueden perderse vitaminas por oxidación o efecto de la luz (Del Angel Meza, et al., 2013).

### 8.2. Análisis químico proximal

El análisis químico proximal (AQP) es uno de los datos que por norma oficial Mexicana (NOM-012-ZOO-1993) debe contener la etiqueta. Es considerado uno de los análisis

primarios para determinar la calidad de los alimentos, pues permite obtener información general y cuantitativa (carente en muchos casos), de la composición química de un alimento. El AQP divide el alimento en seis fracciones: humedad, proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta, extracto libre de nitrógeno y cenizas totales. (Del Angel Meza et al., 2013; Gil, 2017), esta información debe reportarse en la etiqueta, pero el contenido de vitaminas y minerales no, por lo que los fabricantes no informan en la etiqueta (Hand et al., 2010; Gutierrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014) por lo que en general esta información es difícil de saber.

En este estudio, como paso previo al análisis de vitaminas y minerales, se realizó el AQP de cada lote de todos los alimentos y se verificó si cada nutriente obtenido del AQP cumplía con los requerimientos reportados por AAFCO para perros adulto en mantenimiento, lo cual se describe a continuación:

- Proteína Cruda

Las dietas BARF analizadas si cumplieron con el valor de PC según AAFCO, sin embargo, esto no garantiza que cubran sus necesidades de proteína verdadera total y de aminoácidos esenciales (Oberbauer & Larsen , 2021). Debido a que el valor de proteína en todos los casos sobrepasaba por mucho la concentración establecida por AAFCO se buscó si existía un límite máximo para la inclusión de proteína en un perro adulto en mantenimiento y se encontró que normalmente este requerimiento debe oscilar entre 18 y 22% de la materia seca (Gutiérrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014) se comparó con los resultados obtenidos para todos los alimentos analizados y se encontró que todos sobre pasaban el límite superior, siendo el alimento uno con 39.40% de MS y cuatro con 48.57% de MS los de mayor concentración.

El exceso de proteína en estas dietas lo que podría resultar contraproducente para el animal que lo consume pues al contrario que ocurre con los carbohidratos y lípidos, las proteínas no pueden ser almacenadas dentro del organismo por lo que el exceso se utiliza como fuente energética o bien se almacena en forma de grasa eliminando el nitrógeno restante por orina. (Case et al., 2000; Oberbauer & Larsen , 2021).

Además, el porcentaje de proteína cruda obtenido mediante el AQP siempre debe tomarse con cautela, pues lo que se mide realmente en este rubro es el nitrógeno ya que se basa en el supuesto que la mayoría del nitrógeno en la dieta proviene de las proteínas (Del Angel

Meza et al., 2013). Por lo que si hay ingredientes que contengan nitrógeno, aunque no aporten proteína puede sobre estimar este valor.

- Grasa Cruda:

La grasa es otro rubro reportado en la etiqueta, esta es importante pues es una buena fuente de energía, provee del ambiente necesario para la absorción de vitaminas liposolubles en el intestino, es además una fuente variable de ácidos grasos esenciales (ácidos omegas 3 y 6) importantes para varios procesos del organismo como el mantenimiento de piel y pelaje, mantener un sistema inmune y una función reproductiva adecuada (Grandjean & Butterwick, s.f.).

La grasa cruda obtenida luego del análisis se encontró también dentro de la concentración establecida por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento, sin embargo, esto no garantiza que cubran las necesidades de ácidos grasos esenciales y un adecuado balance de estos, ya que un exceso de ácidos grasos poliinsaturados podría incrementar el requerimiento de vitamina E y provocar que el alimento se enrancie fácilmente (Case et al., 2000).

Al igual que la proteína se observó que sobrepasaban por mucho este valor, por lo que al igual que con la proteína se buscó cual es el valor máximo de grasa que debe consumir un perro adulto en mantenimiento y se encontró que máximo el 10% de la MS (Gutierrez Olvera & Cosío Carpintero, 2014), comparando con los valores obtenidos durante el análisis se encontró que todos sobrepasaban este valor siendo la mayoría (alimento 2, 3 y 4) los que presentaban concentraciones mucho más altas por lo que estas dietas BARF pueden considerarse como dietas altamente energéticas.

El exceso de grasa (mayor al 10% de la MS) aumenta considerablemente así la densidad energética de los alimentos, pues la grasa contribuye en más de dos veces la cantidad de energía metabolizable por unidad de peso que las proteínas y los carbohidratos (Case et al., 2000). Este exceso puede generar problemas de obesidad en los perros que consuman los alimentos, además, de una disminución en el consumo de volumen alimenticio, por lo que si en ese volumen no se encuentran los nutrientes que requiere el animal puede causar deficiencias, otro problema observado en alimentos con exceso de grasa puede ser esteatorrea o diarreas pues a pesar de que los perros son buenos digiriendo grandes cantidades de grasa si se rebasa su límite de absorción podría causar estos problemas. (Hand et al., 2010).

- Fibra Cruda

No existe un valor establecido para fibra, pues no es considerado un nutriente esencial, no obstante, se requiere para mantener una adecuada motilidad y salud colónica por lo que se sugiere una inclusión menor al 5% de la materia seca pues también un exceso de esta puede causar problemas en la salud de animal como diarreas por un aumento en la motilidad intestinal y puede afectar la biodisponibilidad mineral. En todos los alimentos analizados ninguno rebasa este 5% de MS por lo que se encuentra dentro de los requerimientos necesarios para un perro adulto en mantenimiento, (Guerrero Sanchez, 2020).

### 8.3. Minerales

Los minerales son elementos inorgánicos esenciales para la vida pues fungen diversas funciones dentro del organismo, pese a su gran importancia dentro de la nutrición ningún alimento para mascotas en México está obligado a reportar la concentración de estos en sus etiquetas (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2001).

Las dietas BARF analizadas presentaron adecuadas concentraciones de microminerales, sin embargo, su presencia en el análisis no garantiza que estos puedan ser aprovechados en su totalidad por el animal (Badui, 2020) y los macrominerales se encontraban muy desbalanceados lo que pudiera causar serios problemas a la salud de los animales alimentados únicamente con esta dieta.

Dentro de las dietas BARF analizadas el mineral que se encontró en mayor concentración con respecto a los requerimientos establecidos por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento fue el sodio lo cual, es algo alarmante ya que el exceso de este mineral podría traer consecuencias graves para la salud de los perros como: sed, prurito, estreñimiento, convulsiones y muerte, por lo que es importante evitar su exceso en las formulaciones de los alimentos (Pedrinelli, et al., 2019; Case et al., 2000).

Otro mineral en desbalance que se encontró fue el calcio, aparentemente se encontraba dentro de los requerimientos establecidos por AAFCO, no obstante, no debe ser evaluado de manera individual pues siempre debe buscarse un adecuado balance entre el calcio y el

fosforo el cual AAFCO indica que debe estar en una proporción 1:1 o 2:1 (Hand, et al., 2010), relación que no fue cumplida por ninguno de los alimentos analizados.

La pérdida de esta relación Ca:P puede traer consigo problemas severos para el perro como: hiperparatiroidismo nutricional secundario, pérdida ósea, urolitos, calcificación de tejidos blandos y fracturas espontaneas (Dodd, et al., 2021; DeLay & Laing, 2002), lo que se considera un riesgo elevado para los perros que consuman esta dieta.

El potasio fue otro de los macrominerales encontrado por arriba del requerimiento establecido por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento. Se menciona en la literatura que un exceso de potasio es muy raro que se presente, y cuando llega a existir se manifiesta como: paraparesia y bradicardia (Hand, et al., 2010; Grandjean & Butterwick, s.f.)

#### 8.4. Vitaminas

Todas las dietas BARF se encontraron deficientes en vitamina A, D y E lo cual es preocupante pues ninguna de estas puede ser sintetizada por el organismo. En el caso de vitamina A, AAFCO establece que el requerimiento para un perro adulto en mantenimiento es de 5000 a 250000 UI/kg de MS.

Para la vitamina A se menciona en la literatura que encontrar su deficiencia en la práctica profesional es raro, pues los alimentos de mascotas en general contienen los niveles adecuados de esta vitamina, pero puede observarse en animales que son alimentados únicamente con sobras o bien en dietas caseras mal balanceadas como en este caso (Wills & Simpson, 1994; Case et al., 2000), por lo que un consumo prolongado de estos alimentos podría causar deficiencia de vitamina A, causando así la siguiente sinología: anorexia, retraso en el crecimiento, alteraciones de pelaje, debilidad xeroftalmia, nictalopía, aumento en la presión del líquido cefalorraquídeo, alteraciones en la espermatogénesis, resorción fetal (Hand et al., 2010; Green & Fascetti, 2016).

En cuanto a la vitamina D AAFCO estableció que se requiere de 500 a 5000 UI/kg de MS de vitamina D para un perro adulto en mantenimiento, por lo que al encontrarse ausente en esta dieta, los perros que la consuman a largo plazo tendrán una capacidad reducida de mantener la homeostasis de calcio y fosforo, provocando osteopatías como raquitismo en animales jóvenes, osteomalacia en animales adultos e hiperparatiroidismo nutricional secundario (condición poco común desde la introducción de dietas comerciales bien balanceadas), esta situación se agrava pues estas dietas tienen un mal balance de Ca:P.

Esto se debe a que la homeostasis del calcio esta estrechamente regulada por la Parathormona y la 1,25-dihidroxitamina D) (Dodd, et al., 2021; de Fornel, et al., 2007).

Y finalmente para la vitamina E el rango de este requerimiento establecido por AAFCO para un perro adulto en mantenimiento es de 50 a 1000 UI/kg de MS por lo que un consumo prolongado de esta dieta podria ocasionar deficiencia de esta vitamina, siendo, los sistemas neuromuscular, reproductivo y vascular los afectados mas frecuentemente (Zafalon, et al., 2019; Hand et al., 2010).

En perros la deficiencia de vitamina E se ha visto relacionado con distrofia de la musculatura esqueletica, disminucion de la respuesta inmune y problemas reproductivos incluyendo la degeneracion del tejido testicular, falta de espermatogenesis, falla en la gestacion o nacimiento de cachorros débiles (Wills & Simpson, 1994). Ademas la ausencia de esta vitamina tambien dañaria las propiedades organolepticas del alimento al predisponer mayormente a su envejecimiento. (Del Angel Meza, et al., 2013)

En las dietas BARF unicamente presentaron concentraciones de Vitamina K, sin embargo, AAFCO no tiene un valor establecido para el requerimiento de un perro adulto en mantenimiento, ya que, en condiciones normales de un perro adulto, el perro tienen la capacidad de absorber por difusión simple a nivel de colon la metaquinona sintetizada gracias a la microbiota intestinal presente a este nivel de tracto gastrointestinal, por lo que, no se considera importante su suplementacion en el alimento (Hand et al., 2010).

Pero debido a que no se encontro un valor establecido y buscando tener un punto de comparacion se busco en la literatura si existia un valor considerado necesario como requerimiento para un perro adulto en mantenimiento y se encontro que el NRC establecio que un pequeño porcentaje (1.6 mg/kg de MS) debe ser incluido en la dieta, pues algunos autores mencionan que la absorcion de esta vitamina en monogasticos es poca a menos que realicen la coprofagia (Church et al., 2002).

Ademas en los alimentos analizados en este estudio se observo que todos sobrepasan por mucho este valor (Figura 8.1), a lo que, se decidio buscar si existen casos de intoxicacion por vitamina K. Lo que se encontro fue que la intoxicacion por K<sub>1</sub> o K<sub>2</sub> es infrecuente incluso si se ingiere en grandes cantidades, por lo que ni AAFCO ni NRC han establecido niveles máximos de seguridad de vitamina K y la intoxicación por vitamina K solo se ha reportado por K<sub>3</sub> metadiona un precursor sintético e hidrosoluble que en exceso puede producir anemia fatal, hiperbilirrubinemia e ictericia severa (Hand et al., 2010).

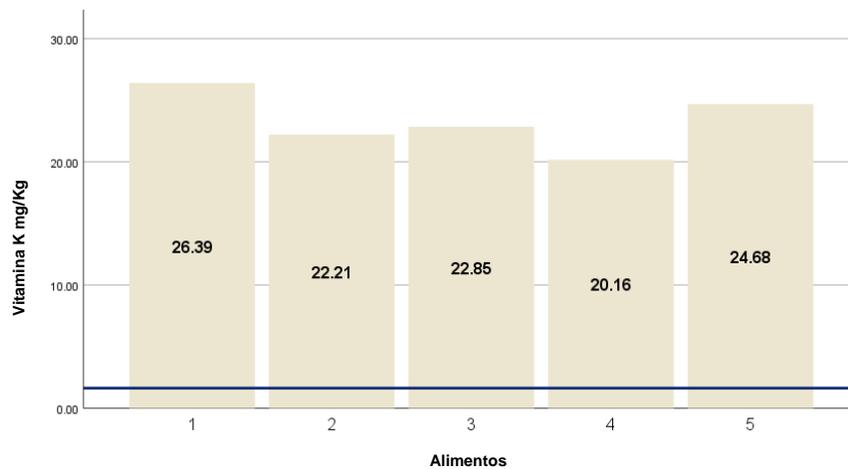


Figura 8.1. Concentración de vitamina K encontrada en los alimentos analizados, expresada en mg/kg de MS. La línea azul indica el requerimiento establecido por NRC para un perro adulto en mantenimiento.

## 9. Conclusiones

La dieta BARF es una dieta de la que falta mucha información y regulación, esto puede notarse desde la etiqueta, la cual tiene varias faltas a la NOM-012-ZOO-1993, lo cual indica que no se supervisa adecuadamente el cumplimiento de la norma; tampoco se le pone mucha atención a su conservación pues cuando se compraron en las diferentes tiendas se pudo apreciar que muchas de las bolsas de los alimentos se encontraban con agujeros que no se hacían notar a simple vista, pues la dieta estaba congelada, mientras que en los casos de los alimentos que se pidieron por envío, de lugares externos a la ciudad de México, dio a denotar que no se cuidaba adecuadamente la cadena fría, pues tardó un día en llegar desde que se envió y solo se envió en un recipiente de unicel y un aislante térmico, sin embargo, al llegar al domicilio el alimento ya estaba descongelado en la mayoría de las veces, esto además de afectar su calidad puede potenciar su riesgo microbiológico pues es una dieta que se sirve cruda directo de su bolsa de empaque.

Por parte del análisis de los minerales hay varios minerales importantes desbalanceados (Ca, P, Na, K) que pueden causar graves consecuencias incluso la muerte de los perros, esto resalta que al no estar adecuadamente vigiladas los creadores de las diversas marcas de estos alimentos no prestan atención a su balance nutricional, aunado a esto las vitaminas

liposolubles A, E y D no se encontraron en los alimentos, lo cual debido a su capacidad de almacenaje en el hígado no causaría problemas de manera inmediata, sin embargo, de consumirse de manera prolongada como único alimento sin ningún tipo de suplementación podría causar problemas graves a la salud.

## 10. Bibliografía

1. Association, Canadian Veterinary Medical, 2007. *Association, Canadian Veterinary Medical*. [En línea] Available at: <https://www.canadianveterinarians.net/documents/alternative-petfoods> [Último acceso: 6 Mayo 2021].
2. Axelsson, E. y otros, 2013. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature*, Volumen 495, p. 360–364.
3. Badui, S., 2020. *Química de los alimentos*. 6 ed. México: Pearson.
4. Basulto, J. y otros, 2014. Recomendaciones de manipulación doméstica de frutas y hortalizas para. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 18(2), pp. 100 - 115.
5. Batt, C. A. & Tortorello, M.-L., 2014. *Encyclopedia of Food Microbiology*. segunda ed. San Diego: ELSEVIER.
6. Billingham, I., 2001. *La dieta BARF*. 1 ed. Australia: Helen Fairgrieve.
7. Bosch, G., Hagen-Plantinga, E. . A. & Hendriks, W. H., 2015. Dietary nutrient profiles of wild wolves: insights for optimal dog nutrition?. *British Journal of Nutrition*, Volumen 113, p. S40–S54.
8. Case, L. P., Hayek, M. G., Daristotle, L. & Foes, M., 2000. *Canine and Feline Nutrition*. 3 ed. Estados Unidos de América: ELSEVIER.
9. Chotyakul, N. y otros, 2014. Simultaneous HPLC-DAD quantification of vitamins A and E content in raw, pasteurized, and UTH cow's milk and their changes during storage. *Eur Food Res Technol*, Volumen 238, pp. 535-547.
10. Church, D. C., Pond, W. G. & Pond, K. R., 2002. *Fundamentos de nutrición y alimentación animal*. 2 ed. Ciudad de México: LIMUSA.
11. Craig, J. M., 2019. Food intolerance in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 60(2), pp. 77-85.
12. Dasgupta, A., 2019. *Biotin and Other Interferences in Immunoassays*. 1st ed. EUA: ELSEVIER.
13. Davies, R. H., Lawes, . J. R. & Wales, A. D., 2019. Raw diets for dogs and cats: a review, with particular reference to microbiological hazards. *Journal of Small Animal Practice*, 26 ABRIL, 60(6), pp. 329-339.

14. Del Angel Meza, A. R., Interián Gomez, L. & Esperanza Merino , R. M., 2013. *Principios básicos de bromatología para estudiantes de nutrición*. 1 ed. EUA: Palibro.
15. DeLay , J. & Laing, J., 2002. Nutritional osteodystrophy in puppies fed a BARF diet. *AHL Newsletter*, 6(2), p. 23.
16. Dukes & William O., R., 2009. *DUKES Fisiología de los animales domésticos*. 1 ed. Zaragoza: Acribia.
17. FDA, 2017. *U.S. Food and Drug Administration*. [En línea] Available at: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/razones-para-no-darle-huesos-su-perro-ya-sean-huesos-caseros-o-comerciales> [Último acceso: 5 Mayo 2021].
18. Freeman , L. M. & Michel, K. E., 2001. Evaluation of raw food diets for dogs. *Vet Med Today: Timely Topics in Nutrition*, 218(5), pp. 705--709.
19. Freeman, L. M., Chandler, M. L., Hamper, B. A. & Weeth, L. P., 2013. Current knowledge about the risks and benefits. *Vet Med Today: Timely Topics in Nutrition*, 243(11), pp. 1549-1558.
20. Gil Hernández, A., 2017. *Tratado de nutrición (Tomo I) Bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición*. 3 ed. Madrid: Panamericana .
21. Gil, Á., 2017. *Tratado de Nutrición (Tomo III) Composición y calidad nutritiva de los alimntos*. 3 ed. Madrid: Panamericana.
22. Grandjean, D. & Butterwick, R., s.f. *Libro de bolsillo Waltham® sobre nutrición esencial de gatos y perros*. 1 ed. s.l.:Waltham.
23. Green, A. S. & Fascetti, A. J., 2016. Meeting the Vitamin A Requirement: The Efficacy and Importance of  $\beta$ -Carotene in Animal Species. *Emerging Advancements in Canine and Feline Metabolism and Nutrition*, Volumen 2016, pp. 1-22.
24. Guerrero Sanchez, P. A., 2020. *Diplomado en línea Nutrición y Alimentación Básica y Clínica de Perros y Gatos. Nutrición y alimentación en mantenimiento*. Ciudad de Mexico, s.n.
25. Gutierrez Olvera, C. & Cosío Carpintero, K. E., 2014. *Manual de nutrición y alimentación de perros y gatos*. 1 ed. Ciudad de México : CEAMVET.
26. Halloran, C. O., 2020. Raw food diets for companion carnivores: an untapped panacea or a disaster waiting to happen?. *Companion animal*, 25(3).
27. Hand, M. y otros, 2010. *Small Animal Clinical Nutrition*. 5 ed. Kansas: Mark Morris Institute.
28. Harrison, E. H., 2005. Mecanismos de digestión and absortion of dietary vitamin A. *Annual Review of Nutrition*, Volumen 25, pp. 87-103.
29. Lennarz, W. . J. & Lane, M. D., 2013. *Encyclopedia of Biological Chemistry*. Second ed. EUA: Academic Press.

30. Li, P. & Wu, G., 2023. Amino acid nutrition and metabolism in domestic cats and dogs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(19), pp. 1-21.
31. Markovich, J. E., Heinze, C. R. & Freeman, L. M., 2013. Thiamine deficiency in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 243(5), pp. 649-656.
32. McDonald, E. & Greenhalgh, M., 1999. *Nutricion Animal*. 5 ed. Madrid: Acribia.
33. Merck , Sharp & Dohme, 2021. *MSD MANUAL Veterinary Manual*. [En línea] Available at: <https://www.msdsvetmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-small-animals/nutritional-requirements-and-related-diseases-of-small-animals> [Último acceso: 20 Mayo 2021].
34. Michel, K. E., 2006. Unconventional Diets for Dogs and Cats. *Vet Clin Small Anim*, Volumen 36, p. 1269–1281.
35. Moon, S.-J., Kang, M.-H. & Park, H.-M., 2013. Clinical signs, MRI features, and outcomes of two cats with thiamine deficiency secondary to diet change. *J. Vet. Sci*, 14(4), pp. 499-502.
36. Navarro Gallo , L., 2021. *Manual practico de Nutrición Clínica*. 3 ed. México: nutbook.
37. Nemser, S. M. y otros, 2014. Investigation of Listeria, Salmonella, and Toxigenic Escherichia coli in Various Pet Foods. *Foodborne pathogens and disease*, 11(9), pp. 706-712.
38. Niza, M., Vilela, C. L. & Ferreira, L. M., 2003. Journal of Feline Medicine and Surgery Journal of Feline Medicine and Surgery. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, Volumen 5, p. Journal of Feline Medicine and Surgery.
39. Oberbauer, A. M. & Larsen , J. A., 2021. *Amino Acids in Dog Nutrition and Health*. 1 ed. Texas: Springer Link.
40. Palus, V., Penderis, J., Jakovljevic, S. & Cherubini, G. B., 2010. Thiamine deficiency in a cat: resolution of MRI abnormalities following thiamine supplementation. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, Volumen 12, pp. 807-810.
41. Parr, J. M. & Remillard, R. L., 2014. Handling Alternative Dietary Requests from Pet Owners. *Vet Clin Small Anim* , Volumen 44, p. 667–688.
42. Pet Partners, 2021. *Pet Partners*. [En línea] Available at: <https://petpartners.org/volunteer/become-a-handler/program-requirements/> [Último acceso: 8 mayo 2021].
43. Polizopoulou, Z., Kazakos, G., Patsikas, M. & Roubies, N., 2005. Hypervitaminosis A in the cat: a case report and. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 7(363), p. 363e368.
44. Rodwell, V. E. y otros, 2018. *Harper Bioquímica Ilustrada*. 31 ed. Ciudad de México: McGraw Hill Education LANGE.

45. Runesvärd, E., Wikström, C., Fernström, L.-L. & Hansson, I., 2020. Presence of pathogenic bacteria in faeces from dogs fed raw meat-based diets or dry kibble. *Veterinary Record*, 13 FEBRERO, 187(9), pp. 71-76.
46. Saad, M. & Hussan, M., 2010. *Bioquímica*. 2 ed. Ciudad de México: Manual Moderno.
47. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2001. *NOM-061-ZOO-1999*. [En línea] Available at: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-061-zoo-1999> [Último acceso: 10 11 2021].
48. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2018. *NOM-012-ZOO-1993*. [En línea] Available at: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-012-zoo-1993> [Último acceso: 10 11 2021].
49. Shimada Miyasaka, A., 2018. *Alimentacion animal*. 1 ed. Ciudad de México: Trillas .
50. Shimada Miyasaka, A., 2018. *Nutricion Animal*. 4 ed. Ciudad de México: Trillas.
51. Stiver, S. L., Frazier, K. S., Mauel, M. . J. & Styer, E. . L., 2003. Septicemic Salmonellosis in Two Cats Fed a Raw-Meat Die. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 39(6), pp. 538-542.
52. Valádez , A. R., 2000. El origen del perro primera parte (entre el lobo y el perro). *AMMVEPE*, 11(3), pp. 75-84.
53. Weeth, L., 2017. *powered by VIN for vet, by vets*. [En línea] Available at: <https://www.vin.com/apputil/content/defaultadv1.aspx?pld=20539&id=8506270> [Último acceso: 6 mayo 2021].
54. Wills, J. M. & Simpson, K. W., 1994. *El libro de Waltham de nutrición clínica del perro y el gato*. 1 ed. Zaragoza: Acribia.
55. WSAVA, 2020. *The word small animal veterinary association, Global Nutrition Committee*. [En línea] Available at: <https://wsava.org/wp-content/uploads/2020/05/WSAVA-Global-Nutrition-Committee-Statement-on-Risks-of-Raw-Meat.pdf> [Último acceso: 5 mayo 2021].
56. Yoshihiko , Y., Atsushi , S., Takashi , K. & Daisuke , H., 2021. CT and MRI characteristics of presumptive hypervitaminosis A in a Cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, p. 1–7.
57. Zafalon, R. y otros, 2019. Vitamin D metabolism in dogs and cats and its relation to diseases not associated with bone metabolism. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(1), pp. 322-342].