

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN ALIMENTO SECO
COMERCIAL PARA PERROS ADULTOS DE RAZAS PEQUEÑAS EN
MANTENIMIENTO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

BELÉN PÉREZ MÁRQUEZ

Asesores:

DrC MPA MVZ Carlos Gutiérrez Olvera

MenC QA Juan Carlos Ramírez Orejel

Ciudad Universitaria, Cd.Mx

2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mis padres, Rosa y Luis; y a mi hermano, Esteban.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por formarme como persona y profesional.

A mi asesor de tesis el Dr. Carlos, por su apoyo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia y paciencia me ha motivado para poder terminar mis estudios con éxito.

De igual manera agradecer al Q.A Juan Carlos por su guía y apoyo para realizar este trabajo y a la Dra. Guadalupe Sánchez por compartirme sus conocimientos en estadística.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda la carrera y a mis sinodales, porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación profesional.

Además quiero agradecer al Hospital Veterinario Medican Center, primero al Dr. Eduardo por darme la oportunidad de aprender y practicar, al Dr. Iván, Dra. Sonia, Dr. Kaleb y Dra. Karla por su paciencia y entusiasmo para la enseñanza.

Por último agradecer a las empresas que aportaron con alimento para la realización de este trabajo; Nupec®, Royal Canin® y Virbac®.

CONTENIDO

	PÁGINA
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 GENERALIDADES	3
2.2 ELEMENTOS MINERALES	5
2.3 ALIMENTOS COMERCIALES	8
2.4 JUSTIFICACIÓN	16
2.5 HIPÓTESIS	16
2.6 OBJETIVOS	16
3. MATERIAL Y MÉTODOS	17
3.1 ALIMENTOS ANALIZADOS	19
3.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	19
3.3 OBTENCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES	22
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	23
4. RESULTADOS	25
4.1 VALORES DE PROMEDIOS Y MEDIANAS DE CENIZAS Y ELEMENTOS MINERALES DE LOS ALIMENTOS ANALIZADOS	25
4.2 COMPARACIÓN ESTADÍSTICA DE CENIZAS Y ELEMENTOS MINERALES ENTRE LOS TIPOS DE ALIMENTOS	36
4.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS CATEGORÍAS DE ALIMENTO CLASIFICADO CON BASE EN SU CALIDAD NUTRICIONAL	38
4.4 COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE CENIZAS Y ELEMENTOS MINERALES ENTRE CADA CATEGORÍA DE ALIMENTO CLASIFICADA POR SU CALIDAD NUTRICIONAL	38
5. DISCUSIÓN	43
6. CONCLUSIONES	53
7. REFERENCIAS	54
8. ANEXOS	59

1. RESUMEN

PÉREZ MÁRQUEZ BELÉN. Evaluación de elementos minerales en alimento seco comercial para perros adultos de razas pequeñas en mantenimiento (bajo dirección de: DrC MPA MVZ Carlos Gutiérrez Olvera y MenC QA Juan Carlos Ramírez Orejel).

Cada vez existe un mayor número de alimentos comerciales para perros adultos de razas pequeñas en mantenimiento. Sin embargo, los organismos reguladores nacionales e internacionales no exigen que las etiquetas muestren las concentraciones de elementos minerales que poseen sus alimentos. Por tal motivo, en este estudio se cuantificaron las concentraciones de calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, cobre, manganeso, zinc y hierro en alimento seco comercial para perros adultos de razas pequeñas en mantenimiento, comparando los resultados con las recomendaciones establecidas por la *Association of American Feed Control Officials (AAFCO)*.

Se analizaron por espectroscopía de absorción atómica y por espectrofotometría de UV-VIS, 15 marcas disponibles a la venta en la Ciudad de México. Cinco pertenecen a los alimentos clasificados como súper premium, cinco a los alimentos premium y cinco a los alimentos de valor. Como resultados, 60% de los elementos minerales evaluados se encontraron en los rangos propuestos por AAFCO; y el 40% no se cumplió, incluyendo los elementos minerales fósforo, cobre y potasio. Además, no

se encontró diferencia estadística entre las categorías de valor, premium y súper premium, indicando que todos los alimentos comerciales evaluados poseen la misma calidad nutricional en cuanto a elementos minerales.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Generalidades

El perro es un mamífero perteneciente al orden *Carnívora*. Se cree que los lobos fueron domesticados al menos hace 10 000 años¹, cuando los humanos pasaron de la depredación a la producción. Con ello, presentaron cambios morfológicos y de comportamiento originando al perro, el cual, al momento de ser domesticado, tuvo que adaptarse a distintos tipos de dieta^{2, 3}.

A lo largo de la historia, la relación entre los seres humanos y los perros ha beneficiado a ambos. Sin embargo, es responsabilidad del humano proporcionar a los perros hogares apropiados, buena asistencia sanitaria y una adecuada nutrición⁴.

La nutrición es la ciencia que se encarga del estudio de los procesos biológicos por los cuales el organismo toma, digiere, asimila y utiliza los nutrientes que contienen los alimentos para el funcionamiento, crecimiento y mantenimiento de los procesos vitales^{5,6}. Los nutrientes se pueden definir como sustancias que se encuentran en determinados ingredientes y cuyo consumo es requerido por los organismos vivos para cubrir sus necesidades energéticas y vitales⁵.

Existen nutrientes esenciales, los cuales no pueden ser sintetizados por el cuerpo en la proporción que éste requiere; y por lo tanto deben ser proporcionados en la dieta. También existen los nutrientes no esenciales, los cuales pueden ser

sintetizados por el organismo o bien, adquiridos en la dieta. Junto con los requerimientos de energía, los animales tienen requerimientos metabólicos de las seis categorías de nutrientes: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, elementos minerales y vitaminas; mostradas en la Figura 2.1⁷.

Se ha clasificado a los nutrientes en dos categorías: macro y micro nutrientes, dependiendo de la cantidad requerida por los animales para cumplir sus funciones vitales. Los macronutrientes son el agua, los carbohidratos, las proteínas y las grasas, mientras que los micronutrientes son considerados las vitaminas y los elementos minerales⁸.

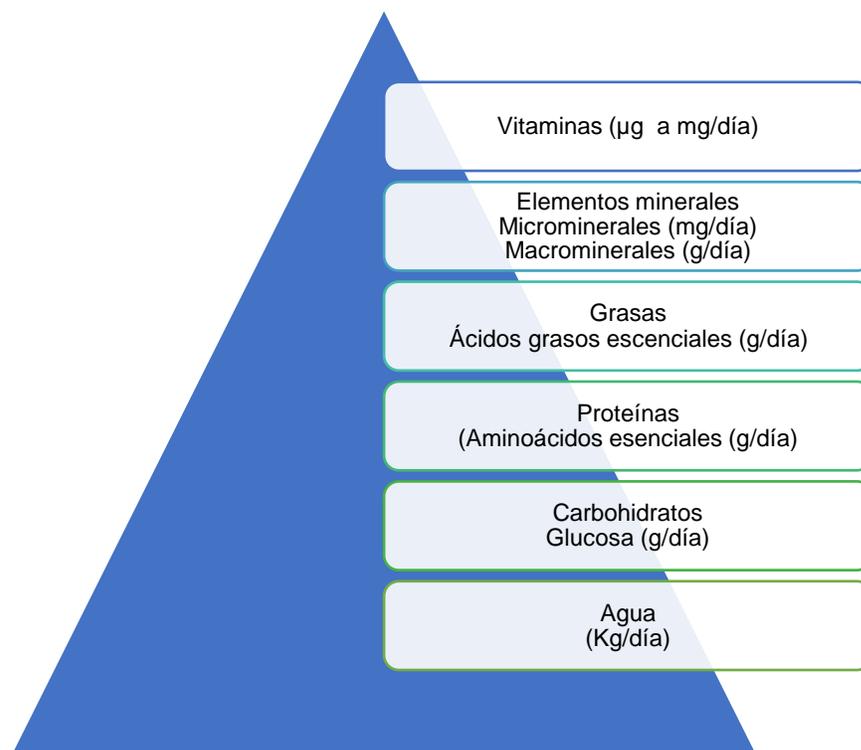


Figura 2.1
Los seis nutrientes básicos⁸.

2.2 Elementos minerales

Los minerales son elementos inorgánicos necesarios para los procesos metabólicos del organismo. Sólo el 4% del peso total vivo de un animal, corresponde a materia mineral⁷, sin embargo, más de 18 elementos minerales son vitales para un mamífero⁹.

Un esquema de clasificación general divide a los elementos minerales en dos grupos: macrominerales y microminerales. Los siete macrominerales son aquellos necesarios en cantidades relativamente altas (g/día o porcentaje) en el cuerpo; estos incluyen al calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, magnesio y azufre. Los microminerales son generalmente referidos como *elementos traza* u oligoelementos e incluye aquellos que se requieren en el organismo en muy pequeñas cantidades (mg/día). Los once microminerales son el hierro, zinc, cobre, yodo, selenio, manganeso, cobalto, molibdeno, flúor, boro y cromo^{2, 7, 8}.

La importancia de los elementos minerales en el organismo radica en que son componentes estructurales de órganos y tejidos, componentes de fluidos del cuerpo como electrolitos ayudando a mantener la presión osmótica, balance ácido base, contracción muscular y permeabilidad de la membrana; y son cofactores de enzimas y hormonas⁸. Cada uno de los elementos minerales tiene funciones fundamentales en el organismo:

- a) Calcio (Ca): elemento importante en la composición de huesos y dientes, coagulación de la sangre, transmisión de impulsos nerviosos, comunicación entre células y movimiento de fibras musculares.
- b) Fósforo (P): componente de huesos y dientes, parte de las membranas celulares, requerido para la producción de energía (metabolismo de carbohidratos, grasas y proteína), y elemento estructural del ADN y ARN.
- c) Potasio (K): se encuentra dentro de las células contribuyendo al balance osmótico, ayuda a regular el balance ácido-base, la transmisión de impulsos nerviosos, contracción muscular y forma parte del metabolismo de la energía (cofactor de enzimas).
- d) Sodio (Na): ayuda a mantener el balance ácido base, la presión intra y extracelular, absorción de nutrientes, participa en el metabolismo del agua y es necesario para la generación y transmisión de impulsos nerviosos.
- e) Cloro (Cl): importante en el mantenimiento de la concentración extracelular y en el balance ácido-base.
- f) Magnesio (Mg): participa en el metabolismo de la energía (componente activo de enzimas), metabolismo del ADN y ARN, síntesis de proteínas, así como, en la función de la membrana celular muscular y nerviosa. Al igual que el calcio y fósforo, forma parte de la composición de huesos y dientes.
- g) Azufre (S): síntesis de condroitín sulfato, mucopolisacárido que se encuentra en el cartílago; insulina, heparina, cisteína, glutatión, biotina y tiamina. Forma parte de las proteínas del organismo pues se encuentra en los aminoácidos cisteína y metionina.

- h) Hierro (Fe): componente fundamental de la hemoglobina (molécula que transporta oxígeno en la sangre) y mioglobina. Además, es componente de enzimas (oxigenasa y oxidasa) relacionadas con la respiración celular.
- i) Cobre (Cu): facilita la absorción intestinal del hierro y su incorporación a hemoglobina. Es un elemento activo en muchas enzimas, reduce el daño celular causado por radicales libres, involucrado en la síntesis de colágeno de los tendones, en la síntesis de mielina en el sistema nervioso y en la síntesis de melanina.
- j) Zinc (Zn): cofactor de aproximadamente 200 enzimas involucradas con la respiración celular, metabolismo de proteínas y carbohidratos; y estructura de membrana. De igual forma es esencial para el transporte de vitamina A en la sangre y está involucrado en la reproducción (desarrollo fetal). Este elemento también es requerido para la síntesis de colágeno y queratina, y por lo tanto, está involucrado en la salud del pelo y de la piel, y en la cicatrización de heridas.
- k) Manganeso (Mn): elemento mineral involucrado en el funcionamiento mitocondrial (membrana). También es importante para la formación de hueso y cartílago articular (matriz orgánica), para la función neuronal y es parte de la estructura de muchas enzimas (glucosil transferasas).
- l) Yodo (I): se requiere para la síntesis de hormonas tiroideas.
- m) Selenio (Se): reduce daño celular causado por radicales libres y está involucrado en una adecuada respuesta inmune^{8, 19}.

Existen interrelaciones importantes entre los elementos minerales que pueden afectar su absorción, metabolismo y función. Específicamente, el exceso o la deficiencia de algunos de ellos pueden afectar significativamente la capacidad del cuerpo para utilizar otros elementos minerales. Por esta razón, la cantidad de la mayoría de elementos minerales aportada en la dieta debe considerarse en relación a otros componentes, con el objetivo de alcanzar una dieta total balanceada⁷.

2.3 Alimentos comerciales

Antes del siglo XX, los perros eran alimentados con comida casera, sin tomar en cuenta las necesidades nutricionales de la especie y fue hasta la década de 1970 cuando se diseñó el primer documento oficial del National Research Council (NRC) sobre recomendaciones nutricionales para las dietas de perros. Hoy en día, la mayoría de propietarios proporcionan alimento comercial con la confianza de que tengan una adecuada cantidad de macro y micronutrientes^{10, 11, 12}.

Los alimentos comerciales pueden clasificarse por su contenido de humedad en húmedos, semi-húmedos y secos. Los alimentos húmedos poseen hasta el 87% de humedad. Existen dos tipos de alimentos húmedos; aquellos que dan una nutrición completa y balanceada y aquellos que son un complemento dietario. Los húmedos balanceados contienen mezclas de ingredientes tales como carnes, pollo, pescado o sus subproductos, cereales, proteínas vegetales, texturizados, vitaminas y minerales para hacer el producto nutricionalmente completo. Los productos

enlatados complementarios se diferencian porque no tienen vitaminas ni minerales agregados^{7, 8, 13}.

Los alimentos semi-húmedos poseen de 25 a 35% de humedad. Generalmente incluyen ingredientes como tejidos animales frescos o congelados, granos de cereal, grasas y azúcares simples. Son más suaves en textura que los alimentos secos, lo cual contribuye a su aceptación y palatabilidad^{7, 8, 13}.

Los alimentos secos tienen entre 3 y 11% de humedad. Esta categoría incluye alimentos extruidos, galletas, croquetas horneadas, entre otros; en cada caso, todos los ingredientes son mezclados homogéneamente y después cocidos. Actualmente los productos extruidos son los más comunes en el mercado. El proceso de extrusión consiste en la mezcla de todos los ingredientes de la fórmula en forma de masa, los cuales son cocinados bajo condiciones de altas presiones y temperaturas que van desde los 80°C hasta 200°C. Los ingredientes comúnmente utilizados para la elaboración de alimentos secos son variedades de granos, productos de carne, pescado, leche, aceites vegetales y complementos vitamínicos y minerales. La densidad calórica de estos alimentos generalmente va de 3000 a 4500 kcal de energía metabolizable (ME)/ kilogramo. El alimento seco para animales de compañía es muy conveniente para los propietarios pues es fácil de obtener y almacenar^{7, 8, 13}.

Los alimentos comerciales también pueden clasificarse por su calidad nutricional en: alimentos genéricos, alimentos de valor, premium y súper premium; las características de cada uno se observan en el Cuadro 2.1^{8, 13}.

Cuadro 2.1
Clasificación de los alimentos con base en su calidad nutricional (Modificado de Hand *et.al.* 2010).

Clasificación	Características
Genéricos o de valor	<ul style="list-style-type: none"> -Por lo general no tienen respaldo científico -Ingredientes y proceso de manufactura de bajo costo -Menor digestibilidad que los alimentos Premium -Cubren las necesidades nutricionales mínimas -Contienen fórmulas variables -En general no manejan etapas ni razas específicas
Premium	<ul style="list-style-type: none"> -Nutrición óptima -Fórmulas fijas -Manejan etapas de vida -Ingredientes de calidad media
Súper Premium	<ul style="list-style-type: none"> -Mayor digestibilidad que alimentos Premium -Fórmulas fijas con ingredientes de alta calidad -Manejan etapas de vida y alimentos de prescripción médica -Respaldo científico y pruebas analíticas -Disponibles en tiendas especializadas y clínicas veterinarias

Existen diferentes organismos que realizan guías para establecer los requerimientos nutricionales de perros^{2, 13}. A nivel internacional algunos organismos reguladores son:

- a. *National Research Council (NRC)*: El comité NRC co lecta y evalúa investigaciones recientes en el área de nutrición animal y proporciona recomendaciones nutricionales. Las guías más recientes de la NRC para perros y gatos se produjeron en 2006⁷.
- b. *American Association of Feed Control Officials (AAFCO)*: Las guías de la AAFCO son escritas por expertos de la industria y el área académica. Su cumplimiento es un requisito legal en la mayoría de los estados de los EE.UU y Canadá^{2, 13}. La última modificación se realizó en 2014 donde los requerimientos nutricionales de perros y gatos fueron comparados con los de la NRC¹⁴.
- c. *Food and Drug Administration (FDA)*: tiene autoridad para la aprobación de nuevos ingredientes. Trabaja con AAFCO durante este proceso, en lo que concierne a la inocuidad y contaminaciones en el alimento⁷.

En México el organismo regulador es la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-ZOO-1993, donde menciona el proceso de elaboración y los requisitos de un producto terminado; y la Norma Oficial Mexicana NOM-061-ZOO-1999, que menciona los requisitos zoonosanitarios de los productos para consumo animal^{15, 16}.

Sin embargo, ninguno de estos organismos exige la medición de elementos minerales presentes en los alimentos comerciales para perros, y mucho menos la presencia de sus cantidades en las etiquetas^{2, 15, 16,17}. Lo cual es de gran relevancia, por razones de seguridad alimenticia y nutricional¹⁸.

Los elementos minerales pueden estar presentes naturalmente en los ingredientes utilizados comúnmente en los alimentos de animales de compañía. Sin embargo, también se pueden añadir en forma de sales purificadas tales como carbonato de calcio, sulfato de calcio, fosfato de calcio, cloruro de potasio, carbonato de sodio, sulfato de hierro, óxido de zinc, óxido de manganeso, sulfato de cobre, etc¹⁹.

La presencia de elementos minerales dentro de los valores de referencia, que son límites mínimos y máximos (ver Cuadro 2.2) tiene el fin de evitar deficiencias o excesos que podrían conducir a trastornos menores, enfermedades, o incluso la muerte de los pacientes (ver Cuadro 2.3). Por ejemplo, la ingestión de hierro, cobre, zinc y selenio por encima de los valores adecuados, puede causar efectos tóxicos e incluso la muerte^{18, 20}. Entonces, se puede decir que el consumo equilibrado de elementos minerales en los alimentos, es de gran importancia desde el punto de vista cuantitativo, porque hay valores de concentración óptimos para todos aquellos, a fin de mantener las funciones esenciales en el organismo¹⁸.

Cuadro 2.2
Valores de referencia de elementos minerales para perros adultos en
mantenimiento (Modificado de AAFCO 2017).

Elemento mineral	Valores de referencia en Base Seca
Calcio (Ca)	0.5% mínimo 2.5% máximo
Fósforo (P)	0.4% mínimo 1.6% máximo
Potasio (K)	0.6% mínimo
Sodio (Na)	0.08% mínimo
Cloro (Cl)	0.12% mínimo
Magnesio (Mg)	0.06% mínimo
Hierro (Fe)	40.0 mg/kg mínimo
Cobre (Cu)	7.3mg/kg mínimo
Zinc (Zn)	80.0mg/kg mínimo
Manganeso (Mn)	5.0 mg/kg mínimo
Yodo (I)	1-11mg/kg
Selenio (Se)	0.35-2mg/kg

Cuadro 2.3
Deficiencias, excesos y fuentes de elementos minerales (Modificado de Case 2011 y Dominique 2009).

Elemento mineral	Deficiencia	Exceso	Fuente
Calcio	Raquitismo osteomalacia, hiperparatiroidismo nutricional secundario	Alteración del desarrollo en esqueleto. Contribuye a otras deficiencias de elementos minerales	Productos lácteos, carne y huesos
Fósforo	Raquitismo osteomalacia, hiperparatiroidismo nutricional secundario y apetito deficiente	Causa deficiencia de calcio	Carne de res, cerdo, ave y pescado
Sodio	La deficiencia dietética es poco probable. Podría haber inquietud, aumento de la frecuencia cardíaca, reducción del consumo de agua y aumento de la producción de orina	Aumento de consumo de agua voluntario. Vómito y mucosas secas	Productos lácteos, carnes y clara de huevo
Potasio	La deficiencia dietética es poco probable. Podría causar parálisis muscular	Exceso dietético poco probable.	Carne roja, ave, pescado; cereales integrales y vegetales
Magnesio	Calcificación de tejidos blandos, agrandamiento de metáfisis de huesos largos, irritabilidad neuromuscular, hiperextensión de articulaciones, parálisis e hipertensión	Exceso dietético poco probable, la absorción se regula según las necesidades	Granos de soya, maíz, cereales y harina de hueso
Azufre	No reportado	No reportado	Carne roja, ave y pescado

Hierro	Anemia microcítica hipocrómica	Exceso dietético improbable. Puede causar deficiencias marginales en Mn, Cu y Zn; y provocar vómitos y diarrea.	Vísceras
Cobre	Anemia microcítica hipocrómica, deterioro en el crecimiento esquelético	El trastorno hereditario del metabolismo del cobre causa enfermedad hepática	Vísceras
Zinc	Dermatosis, despigmentación del pelo, retraso del crecimiento, falla reproductiva	Causa deficiencia de calcio y cobre	Hígado de res, carne de aves de corral, leche, yemas de huevo y legumbres
Manganeso	La deficiencia dietética es poco probable. Deterioro en el crecimiento esquelético, cojera, agrandamiento de las articulaciones y locomoción pobre. También falla en reproducción, como retraso del celo y tasas bajas de natalidad	Exceso dietético poco probable. Puede causar deficiencia de hierro	Carne de res, cerdo, ave y pescado
Yodo	La deficiencia dietética es poco probable. Bocio, retardo en el crecimiento y falla reproductiva	Exceso dietético poco probable. Bocio	Pescado, carne de res, hígado
Selenio	La deficiencia dietética es poco probable. Miopatías esqueléticas y cardíacas	Exceso dietético poco probable. Miocarditis necrotizante, hepatitis en nefritis tóxica	Granos y carne

2.4 Justificación

Cada vez existe un mayor número de alimentos comerciales para perros adultos de razas pequeñas en mantenimiento. Sin embargo, los organismos reguladores tanto nacionales como internacionales no exigen que las etiquetas muestren las concentraciones de elementos minerales que poseen sus alimentos, por lo tanto, es importante evaluar si cumplen con los requerimientos de elementos minerales establecidos por la *Association of American Feed Control Officials (AAFCO)* para estos animales.

2.5 Hipótesis

Los alimentos secos comerciales para perros adultos de raza pequeña en mantenimiento cumplen con las especificaciones mínimas y máximas de elementos minerales, recomendadas por la *Association of American Feed Control Officials (AAFCO)*.

2.6 Objetivos

2.6.1 Objetivo general

Cuantificar las concentraciones de calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, cobre, manganeso, zinc y hierro en alimento seco comercial para perros adultos de razas pequeñas, en mantenimiento, y comparar los resultados con las recomendaciones establecidas por la *Association of American Feed Control Officials (AAFCO)* para perros adultos en mantenimiento; para así saber si se encuentran dentro de las especificaciones mínimas y máximas.

2.6.2 Objetivos específicos

1. Comparar las concentraciones de macrominerales (P, Ca, Mg, Na y K) en alimento seco comercial para perros adultos de razas pequeñas en mantenimiento, contra las especificaciones mínimas y máximas de la AAFCO.
2. Comparar las concentraciones de microminerales (Mn, Cu, Fe y Zn) en alimento seco comercial para perros adultos de razas pequeñas en mantenimiento, contra las especificaciones mínimas y máximas de la AAFCO.
3. Comparar las concentraciones de macro y micro minerales entre los tipos de alimentos, según su clasificación por calidad nutricional (de valor, premium y súper premium).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los Laboratorios de Toxicología y Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. En la Figura 3.1 se muestra el diagrama de la metodología experimental.

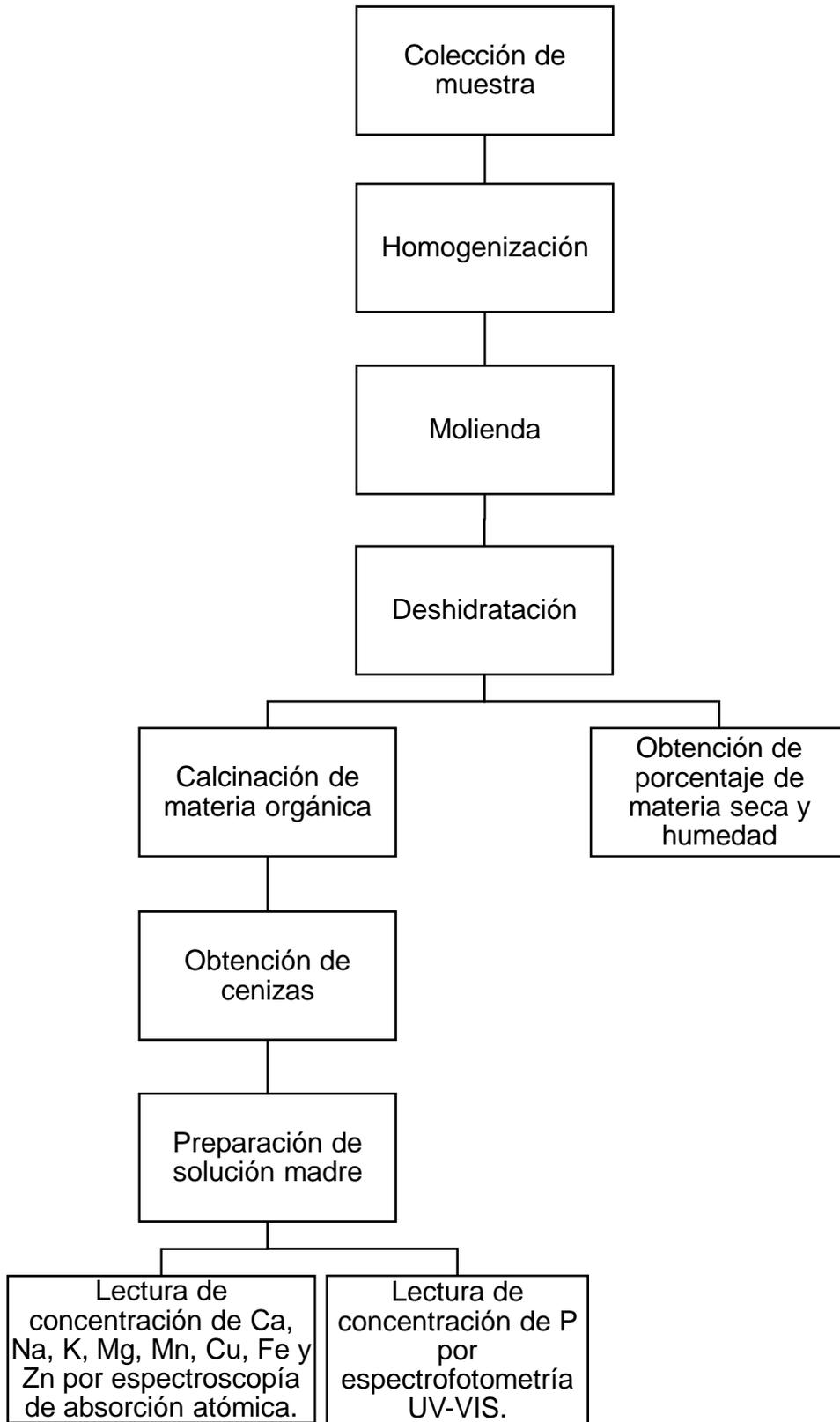


Figura 3.1
Diagrama de trabajo (Modificado de AOAC 1990).

3.1 Alimentos analizados

Se analizaron 15 marcas de alimentos comerciales secos para perros adultos de razas pequeñas en mantenimiento, disponibles a la venta en la Ciudad de México, México. De estas marcas, cinco pertenecen a los alimentos clasificados como súper premium, cinco a los alimentos premium y cinco a los alimentos de valor. Se analizaron cinco lotes diferentes de cada marca de alimento, obteniendo un total de 75 lotes. Y de cada lote, se realizaron tres repeticiones.

3.2 Preparación de la muestra

Antes de llevar a cabo el muestreo, se revisó que los alimentos se encontraran en su empaque original, sin abrir y sin ningún tipo de daño. Se mantuvieron cerrados en un cuarto a temperatura ambiente hasta que se procedió a la toma de muestra (máximo una semana posterior al día de compra). Para la toma de muestra, se homogenizó el alimento y se llevó a cabo el método de cuarteo para así obtener una muestra representativa de cada bulto de alimento²².



Figura 3.2 Alimento homogenizado.

Una vez tomada la porción de cada bulto de alimento, se llevó a cabo la molienda del alimento seco con una máquina moledora KRUPS 6 x 4100®.



Figura 3.3 Molienda de alimento.

Ya molido el alimento comercial, se obtuvo materia seca según el método AOAC 930.15; y cenizas según el método AOAC 942.95²¹.

A



B



Figura 3.4 (A) Deseccación de muestras a 100°C por 24 horas. (B) Estufa de secado por convección para la obtención de materia seca.



Figura 3.5 Calcificación de la muestra de alimento por la vía seca en parrilla con resistencia eléctrica.



Figura 3.6 Incineración de muestras de alimento a 500°C por 24 horas, en mufla.

De las cenizas, se preparó la solución madre para poder realizar la lectura de las concentraciones de los distintos elementos minerales, según el método AOAC 968.08 Da²¹.



Figura 3.7 Filtración para la obtención de solución madre.

3.3 Obtención de la concentración de elementos minerales

La obtención de las concentraciones de elementos minerales en los alimentos comerciales se llevó a cabo mediante dos técnicas diferentes:

1. La concentración de Ca, Na, K, Mg, Cu, Mn, Fe y Zn se obtuvo por espectroscopía de absorción atómica, según el método AOAC 968.08²¹.
2. La concentración de P se obtuvo por el método colorimétrico de metavanadato- molibdeno por espectrofotometría de UV-VIS, según el método AOAC 965.17, 1990²¹.

A



B



Figura 3.8 (A) Equipo espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer®; y (B) equipo espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer®

3.4 Análisis estadístico

Se llevó a cabo un estudio comparativo de promedios y medianas de las concentraciones de cenizas y elementos minerales contra las especificaciones establecidas por AAFCO.

Se realizó prueba de normalidad para todos los alimentos. De las mediciones de elementos minerales que cumplieron con normalidad se realizó:

1. Prueba de t-Student para una media, para comparar el valor promedio de cada mineral contra el valor de referencia de AAFCO de cada uno de los elementos minerales en cada marca de alimento.
2. Intervalo de confianza para la media al 95%, de concentraciones de macro y microminerales entre las diferentes categorías de alimento según su clasificación por calidad de nutrientes (de valor, premium y súper premium).

De las mediciones que no cumplieron con normalidad, se les realizó:

1. Prueba de suma de rangos con signos de Wilcoxon, para cada uno de los elementos minerales en cada marca de alimento.
2. Intervalo de confianza para la mediana al 95%, de concentraciones de macro y microminerales entre las diferentes categorías de alimento según su clasificación por calidad de nutrientes (de valor, premium y súper premium).

La comparación de porcentaje de cenizas y concentraciones de cobre, manganeso, hierro, zinc, magnesio, calcio, sodio y potasio entre los cinco alimentos de valor, los cinco premium y los cinco súper premium en forma independiente, se realizó la

prueba de Kruskal-Wallis, y en caso de que hubiera diferencias significativas se realizó una comparación múltiple no paramétrica.

Los análisis se realizaron con los programas computacionales R versión 3.0 y SPSS versión 23, a un nivel de significancia el 5% ($P=0.05$).

4. RESULTADOS

Los resultados de porcentaje de cenizas y concentración de elementos minerales en 15 marcas de alimentos comerciales para perros adultos de raza pequeña en mantenimiento, obtenidas en este trabajo son los siguientes:

4.1 Valores de promedios y medianas de cenizas y elementos minerales de los alimentos analizados

En el Cuadro 4.1 se pueden observar todos los resultados en cuanto a promedios (para alimentos con normalidad) y medianas (para alimentos sin normalidad) de cenizas, calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, hierro, cobre, zinc y manganeso de las 15 marcas de alimentos analizadas.

Cuadro 4.1
Valores de promedios y medianas de cenizas y elementos minerales.

Categoría	Alimento	Cenizas %BS	Calcio %BS	Fósforo %BS	Potasio %BS	Sodio %BS	Magnesio %BS	Hierro mg/kg MS	Cobre mg/kg MS	Zinc mg/kg MS	Manganeso mg/kg MS
De valor	1	10.15 ^b	1.23 ^a	0.65 ^b	0.61 ^a	0.19 ^a	0.31 ^b	246.87 ^b	12.17 ^a	149.96 ^b	32.40 ^b
	2	6.95 ^a	0.78 ^b	0.33 ^a	0.59 ^a	0.13 ^a	0.29 ^a	233.65 ^a	7.27 ^a	147.52 ^a	29.49 ^b
	3	8.36 ^a	1.12 ^b	0.40 ^a	0.74 ^b	0.16 ^a	0.22 ^a	168.91 ^b	24.05 ^a	180.43 ^b	37.98 ^b
	4	7.60 ^a	0.85 ^a	0.45 ^a	0.61 ^a	0.25 ^b	0.34 ^a	113.49 ^a	5.14 ^b	153.48 ^a	29.29 ^a
	5	9.65 ^b	1.65 ^a	0.23 ^a	0.58 ^b	0.12 ^a	0.28 ^a	162.42 ^b	14.97 ^a	171.59 ^a	49.48 ^a
Premium	6	8.52 ^a	1.38 ^b	0.45 ^a	0.62 ^a	0.16 ^a	0.13 ^b	209.92 ^a	15.79 ^a	206.54 ^a	57.16 ^a
	7	10.18 ^b	1.51 ^b	0.47 ^a	0.51 ^b	0.17 ^b	0.15 ^b	168.28 ^b	7.94 ^b	129.30 ^b	20.40 ^b
	8	9.50 ^a	1.42 ^b	0.49 ^a	0.55 ^a	0.11 ^b	0.25 ^a	313.05 ^a	13.89 ^a	147.97 ^a	35.99 ^b
	9	7.59 ^a	1.26 ^b	0.31 ^a	0.60 ^b	0.10 ^a	0.24 ^b	181.51 ^b	15.52 ^b	180.02 ^b	49.06 ^b
	10	7.33 ^a	1.25 ^a	0.47 ^a	0.43 ^b	0.15 ^b	0.10 ^b	232.89 ^b	19.57 ^b	179.17 ^a	20.53 ^a
Súper premium	11	7.46 ^a	1.11 ^a	0.53 ^a	0.39 ^a	0.12 ^a	0.14 ^a	218.90 ^a	6.66 ^b	172.15 ^a	44.78 ^a
	12	6.70 ^b	1.02 ^b	0.49 ^a	0.60 ^b	0.13 ^a	0.10 ^a	262.71 ^a	25.33 ^b	196.16 ^b	29.59 ^b
	13	5.18 ^a	0.72 ^a	0.40 ^a	0.55 ^b	0.09 ^a	0.13 ^a	114.53 ^a	17.37 ^b	243.01 ^a	21.13 ^b
	14	6.20 ^a	0.95 ^a	0.42 ^a	0.65 ^a	0.17 ^a	0.05 ^b	104.33 ^a	15.24 ^b	235.65 ^a	61.12 ^a
	15	7.79 ^a	1.55 ^a	0.58 ^a	0.45 ^b	0.21 ^a	0.13 ^b	89.22 ^b	9.50 ^b	164.60 ^b	21.63 ^b

^a Promedio para alimentos con normalidad; ^b Mediana para alimentos sin normalidad

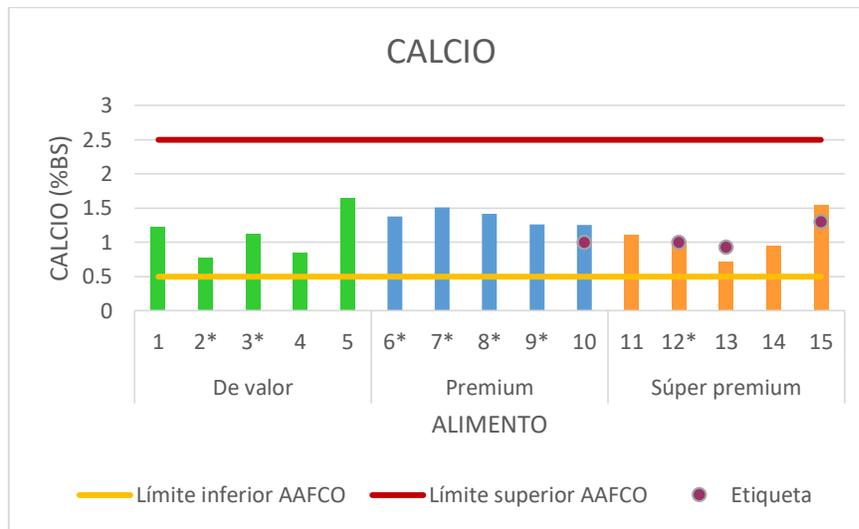
Respecto a las cenizas (ver Figura 4.1), sólo los alimentos 1 y 7 se encontraron por encima del valor recomendado por *Hand et.al.* (10%) con 10.15 y 10.18% de cenizas en materia seca. Además, el alimento 5 se encontró cercano al valor límite máximo con 9.65%. Los demás alimentos se encontraron dentro del valor de referencia de AAFCO.



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.1 Valores de promedios y medianas obtenidos de cenizas de cada alimento en este estudio, valor recomendado por *Hand et.al.* y valores de cenizas reportados en el análisis garantizado de las etiquetas de algunos alimentos.

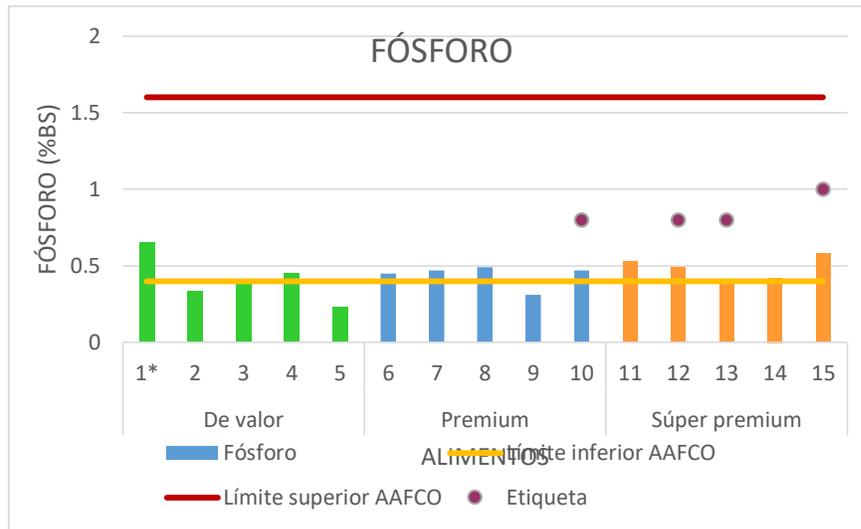
En cuanto a la concentración de calcio, todos los alimentos evaluados en este estudio cumplen con las especificaciones mínimas y máximas establecidas por AAFCO para el elemento mineral calcio en materia seca (0.5-2.5% para perros adultos en mantenimiento). No obstante, los alimentos 2 y 13, se encontraron sólo ligeramente superiores al límite mínimo con 0.71% y 0.72% respectivamente, como se puede observar en la Figura 4.2.



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.2 Valores obtenidos de calcio de cada alimento en este estudio, valores de referencia establecidos por AAFCO, y valores reportados en las etiquetas de algunos alimentos.

Acerca de la concentración de fósforo, en este estudio, el promedio de concentración de los alimentos 2, 5 y 9 se encuentran por debajo del valor mínimo establecido por AAFCO (0.4% en materia seca) con 0.33, 0.23 y 0.31% respectivamente. Además, el promedio de los alimentos 13 y 14 se encuentran en el rango mínimo con 0.4% y 0.42% de fósforo en materia seca (ver Figura 4.3).



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.3 Valores obtenidos de fósforo de cada alimento en este estudio, valores de referencia establecidos por AAFCO, y valores reportados en las etiquetas de algunos alimentos.

Como se observa en la Figura 4.4 se sabe que la relación calcio-fósforo ideal en el alimento para perros adultos es de 1:1 a 2:1 según la AAFCO 2017. En el presente estudio se encontró que los alimentos 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 y 15 presentaron una relación Ca: P mayor a los lineamientos establecidos por AAFCO con 2.36, 2.80, 7.17, 3.07, 3.21, 2.90, 4.06, 2.66, 2.09, 2.08, 2.26 y 2.67:1 respectivamente. La relación Ca: P de los alimentos 1, 4 y 13 sí se encontraron dentro de los rangos de referencia establecidos por AAFCO.

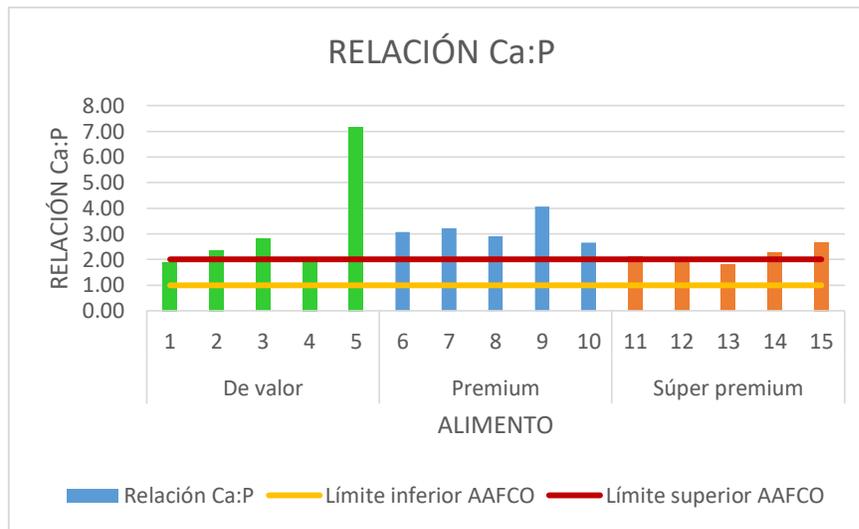
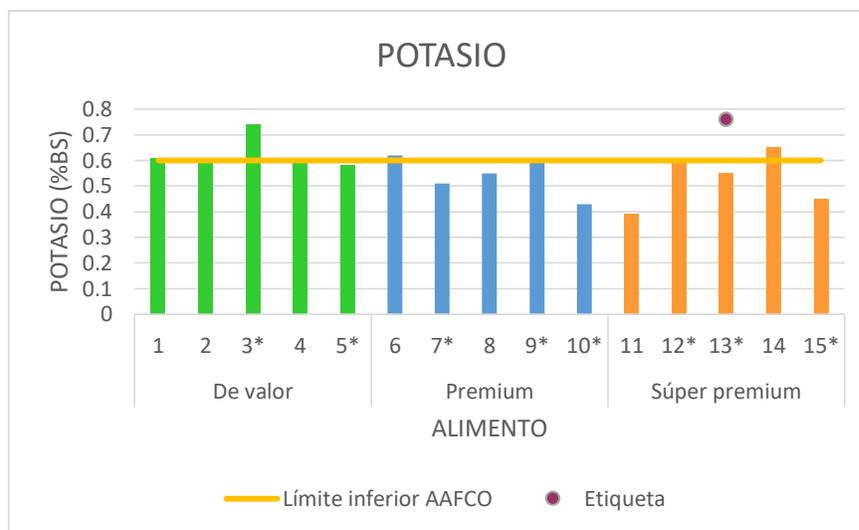


Figura 4.4 Valores obtenidos de la relación Ca: P en este estudio y valores de referencia establecidos por AAFCO.

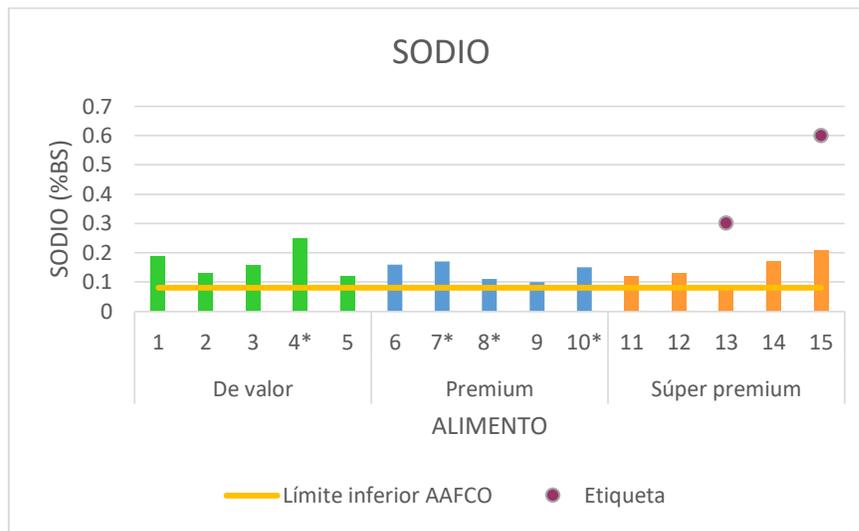
Correspondiente a la concentración de potasio, en este estudio se encontró que únicamente los alimentos 1, 3, 4, 6, 9, 12 y 14 cumplen con las especificaciones establecidas por AAFCO para el elemento mineral potasio; los demás se encuentran debajo del límite inferior (0.6%), como puede observarse en la Figura 4.5.



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.5 Valores obtenidos de potasio de cada alimento en este estudio, valor de referencia establecido por AAFCO, y valores reportados en las etiquetas de algunos alimentos.

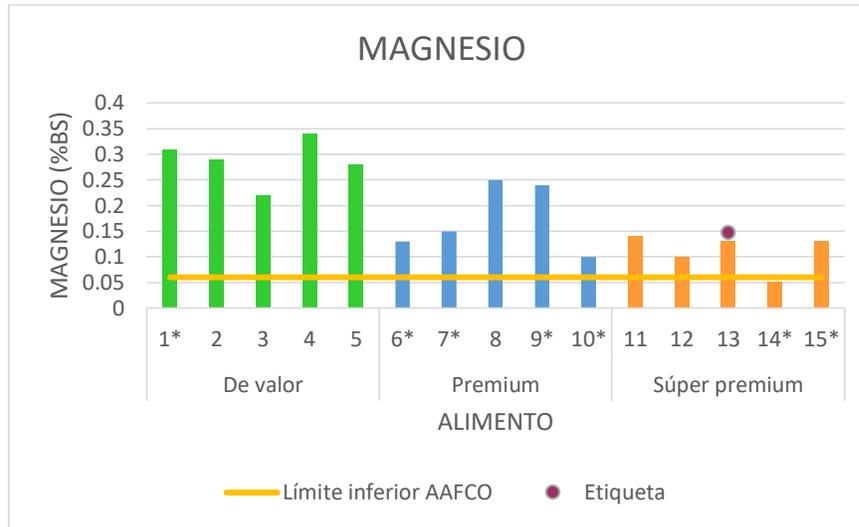
Respecto al sodio, como se observa en la Figura 4.6, en este trabajo se encontró que las 15 diferentes marcas de alimento cumplen con los valores de referencia proporcionados por AAFCO. Siendo superiores al límite mínimo de porcentaje de sodio en materia seca (0.08%). El único alimento que se encontró en el rango mínimo con 0.09%, fue el alimento 13.



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.6 Valores obtenidos de sodio de cada alimento en este estudio, valor de referencia establecido por AAFCO, y valores reportados en las etiquetas de algunos alimentos.

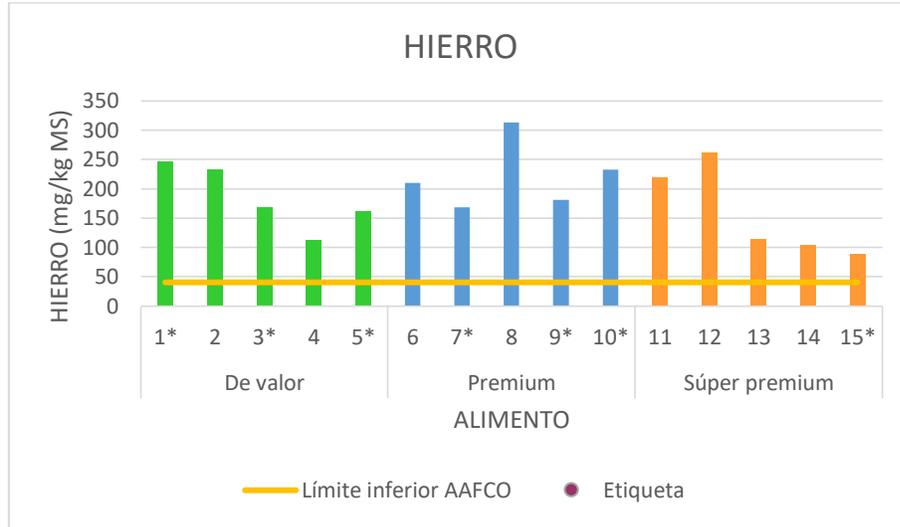
Como se observa en la Figura 4.7, en este estudio únicamente el alimento 14 se encontró debajo (0.05%) del valor mínimo (0.06%) de magnesio en materia seca, recomendado por AAFCO.



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.7 Valores obtenidos de magnesio de cada alimento en este estudio, valor de referencia establecido por AAFCO, y valores reportados en las etiquetas de algunos alimentos.

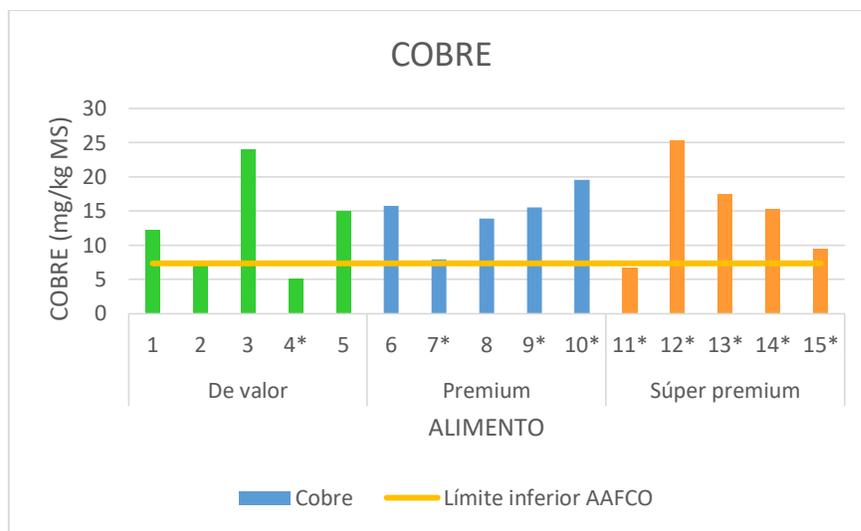
Las concentraciones de hierro de todos los alimentos analizados en este estudio sobrepasan el límite mínimo de porcentaje de hierro sugerido por la AAFCO en materia seca (40mg/kg); tal y como se observa en la Figura 4.8.



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.8 Valores obtenidos de hierro de cada alimento en este estudio, valor de referencia establecido por AAFCO. Sin valores reportados en la etiqueta.

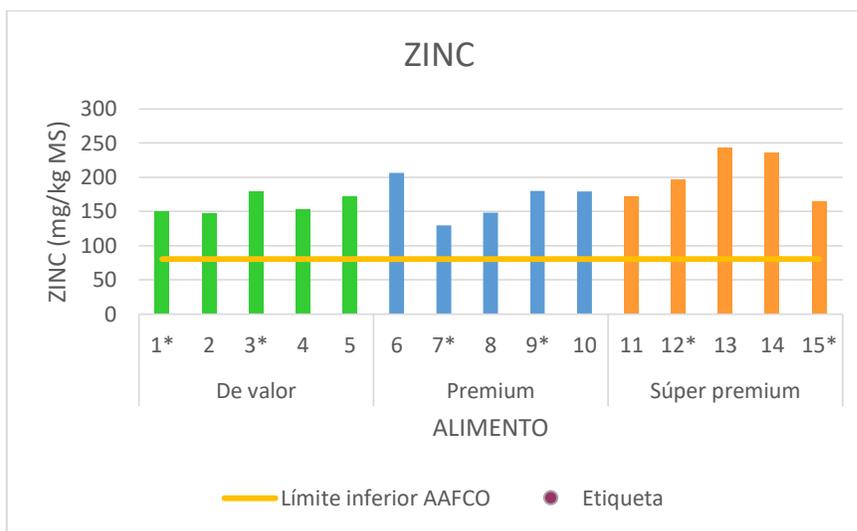
En cuanto a la concentración de cobre, en este estudio, sólo los alimentos 2 y 4 mostraron un valor menor al límite mínimo (7.3mg/kg MS) con 7.27 y 5.14mg/kg de materia seca, respectivamente. Además el alimento 7 se encontró muy cercano al límite inferior con 7.94mg/kg de cobre en MS. Los demás alimentos se encontraron por encima del límite mínimo establecido por AAFCO, como se observa en la Figura 4.9.



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.9 Valores obtenidos de cobre de cada alimento en este estudio, valor de referencia establecido por AAFCO. Sin valores reportados en la etiqueta.

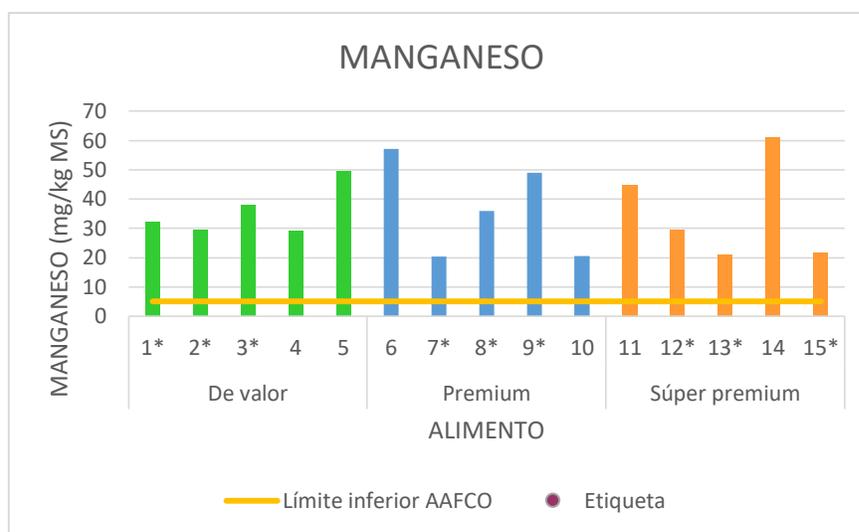
Con respecto al zinc, en este estudio se encontró que todos los alimentos analizados sobrepasaron el valor mínimo establecido por AAFCO (80mg/kg de MS), encontrándose dentro del valor de referencia (ver Figura 4.10).



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.10 Valores obtenidos de zinc de cada alimento en este estudio, valor de referencia establecido por AAFCO. Sin valores reportados en la etiqueta.

Correspondiente al elemento mineral manganeso, en el presente trabajo se encontró que todos los alimentos cumplen con el valor de referencia mínimo establecido por AAFCO para manganeso (5 mg/kg de MS), encontrándose por encima del valor mínimo de referencia (ver Figura 4.11).



* Mediana: alimentos sin normalidad (promedio para alimentos sin asterisco)

Figura 4.11 Valores obtenidos de manganeso de cada alimento en este estudio, valor de referencia establecido por AAFCO. Sin valores reportados en la etiqueta.

4.2 Comparación estadística de cenizas y elementos minerales entre los tipos de alimentos

4.2.1 Alimentos de valor

De acuerdo con los resultados de este estudio, los alimentos de valor 2 y 4 (obsérvese Cuadro 8.1 y 8.2 de Anexo) fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$) al valor de referencia proporcionado por AAFCO en cuanto al elemento mineral

potasio. El alimento 2, tuvo igualdad estadística ($P > 0.05$) al valor de referencia proporcionado por AAFCO en cuanto a cobre. El resto de los alimentos no cumplieron estadísticamente ($P < 0.05$) con los valores de referencia proporcionados por AAFCO.

4.2.2 Alimentos premium

De acuerdo con los resultados de este estudio, el alimento premium 7 (obsérvese Cuadro 8.3 y 8.4 de Anexo) fue estadísticamente igual ($P > 0.05$) al valor de referencia proporcionado por AAFCO en cuanto a cenizas y al elemento mineral calcio. El alimento 9, tuvo igualdad estadística ($P > 0.05$) al valor de referencia proporcionado por AAFCO en cuanto al elemento mineral potasio. El resto de los alimentos no cumplieron estadísticamente ($P < 0.05$) con los valores de referencia proporcionados por AAFCO.

4.2.3 Alimentos súper premium

De acuerdo con los resultados de este estudio, el alimento súper premium 11 (obsérvese Cuadro 8.5 y 8.6 de Anexo) fue estadísticamente igual ($P > 0.05$) al valor de referencia proporcionado por AAFCO en cuanto al elemento mineral cobre. El alimento 12, tuvo igualdad estadística ($P > 0.05$) al valor de referencia proporcionado por AAFCO en cuanto al elemento mineral potasio. El resto de los alimentos no cumplieron estadísticamente ($P < 0.05$) con los valores de referencia proporcionados por AAFCO.

4.3 Comparación entre las categorías de alimento clasificado con base en su calidad nutricional

Los alimentos clasificados como de valor, los clasificados como premium y los clasificados como súper premium poseen calidad nutricional diferente en cuanto a porcentajes de cenizas y concentraciones de cobre, manganeso, hierro, zinc, magnesio, calcio, sodio y potasio; mostrando diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre las cinco marcas de alimentos comparadas entre cada una de las categorías de alimento.

4.4 Comparación múltiple de cenizas y elementos minerales entre cada categoría de alimento clasificada por su calidad nutricional

Los resultados de las comparaciones múltiples no paramétricas entre los cinco alimentos de valor, entre los cinco alimentos premium y entre los cinco alimentos súper premium muestran que todos los alimentos según su clasificación son diferentes en cuanto a la calidad de elementos minerales, como puede observarse en los Cuadros 4.4, 4.5 y 4.6.

Cuadro 4.4
Comparación múltiple de cenizas y elementos minerales entre los cinco
alimentos de valor

Elemento	Alimento	Rango promedio
Cenizas	1	67.60 ^A
	5	50.33 ^B
	3	38.00 ^{B,C}
	4	26.07 ^C
	2	8.00 ^D
Calcio	5	66.93 ^A
	1	47.00 ^B
	3	44.13 ^B
	4	20.87 ^C
	2	11.07 ^{C,D}
Fósforo	1	68.00 ^A
	4	48.67 ^B
	3	39.20 ^{B,C}
	2	26.13 ^{C,D}
	5	8.00 ^E
Potasio	3	52.27 ^A
	1	47.27 ^A
	4	45.87 ^A
	2	29.53 ^B
	5	15.07 ^B
Sodio	4	64.13 ^A
	1	53.40 ^{A,B}
	3	40.13 ^B
	2	21.13 ^C
	5	11.20 ^C
Magnesio	4	52.73 ^A
	1	50.87 ^A
	2	39.93 ^A
	5	37.20 ^A
	3	9.27 ^B
Hierro	1	62.73 ^A
	2	54.87 ^A
	3	33.73 ^B
	5	30.67 ^{B,C}
	4	8.00 ^D
Cobre	3	68.00 ^A
	5	50.53 ^B
	1	40.47 ^B
	2	22.73 ^{C,D}
	4	8.27 ^D
Zinc	3	58.67 ^A

	5	48.13 ^{A,B}
	4	33.80 ^{B,C}
	2	29.60 ^C
	1	19.80 ^C
Manganeso	5	68.00 ^A
	3	41.60 ^B
	1	37.40 ^{B,C}
	2	25.93 ^C
	4	17.07 ^C

Literales iguales muestran equidad estadística entre los alimentos.

Cuadro 4.5
Comparación múltiple de cenizas y elementos minerales entre los cinco alimentos premium

Elemento	Alimento	Rango promedio
Cenizas	7	64.75 ^A
	8	49.93 ^{A,B}
	6	34.87 ^{B,C}
	9	20.93 ^C
	10	18.43 ^C
Calcio	7	49.81 ^A
	8	47.64 ^A
	6	34.73 ^{A,B}
	9	29.47 ^B
	10	28.20 ^B
Fósforo	8	54.07 ^A
	10	48.73 ^{A,B}
	7	44.38 ^{A,B}
	6	35.47 ^B
	9	8.00 ^C
Potasio	6	61.73 ^A
	9	45.20 ^B
	8	36.43 ^B
	7	32.25 ^B
	10	14.67 ^C
Sodio	7	55.00 ^A
	10	52.53 ^A
	6	49.67 ^A
	8	16.21 ^B
	9	14.00 ^B
Magnesio	9	61.40 ^A
	8	58.71 ^A
	7	36.63 ^B
	6	26.00 ^B
	10	8.73 ^C

Hierro	8	67.14 ^A
	6	40.40 ^B
	10	38.53 ^B
	9	28.40 ^{B,C}
	7	18.75 ^C
Cobre	6	51.73 ^A
	10	51.60 ^A
	9	39.40 ^A
	8	37.21 ^A
	7	11.75 ^B
Zinc	6	67.13 ^A
	10	44.53 ^{B,C}
	9	41.87 ^{C,D}
	8	26.29 ^D
	7	11.19 ^D
Manganeso	6	63.13 ^A
	9	57.87 ^A
	8	38.21 ^B
	10	18.27 ^C
	7	14.13 ^C

Literales iguales muestran equidad estadística entre los alimentos.

Cuadro 4.6
Comparación múltiple de cenizas y elementos minerales entre los cinco
alimentos súper premium

Elemento	Alimento	Rango promedio
Cenizas	15	63.47 ^A
	11	56.53 ^A
	12	31.20 ^B
	14	28.93 ^C
	13	9.87 ^D
Calcio	15	64.80 ^{A,B}
	11	51.20 ^{B,C}
	12	36.73 ^{C,D}
	14	29.27 ^D
	13	8.00 ^E
Fósforo	15	61.13 ^A
	11	56.07 ^A
	12	40.4 ^B
	14	20.93 ^{C,D}
	13	11.47 ^D
Potasio	14	61.53 ^A
	12	44.60 ^{B,D}
	15	34.40 ^{B,C}

	13	33.67 ^{C,D}
	11	15.80 ^E
Sodio	15	68.00 ^{A,B}
	14	53.00 ^B
	12	35.40 ^{C,D}
	11	25.60 ^D
	13	8.00 ^E
Magnesio	11	65.20 ^A
	13	44.67 ^B
	15	44.33 ^{B,C}
	12	26.00 ^D
	14	9.80 ^E
Hierro	12	64.47 ^A
	11	56.53 ^A
	13	25.73 ^{B,C}
	14	22.60 ^{C,D}
	15	20.67 ^{B,D}
Cobre	12	68.00 ^A
	13	44.67 ^{B,C}
	14	35.40 ^{C,D}
	15	25.93 ^{D,E}
	11	16.00 ^E
Zinc	13	59.47 ^A
	14	53.33 ^{A,B}
	12	40.67 ^B
	11	20.60 ^{C,D}
	15	15.93 ^D
Manganeso	14	68.00 ^A
	11	53.00 ^A
	12	35.53 ^B
	15	17.20 ^C
	13	16.27 ^{C,D}

Literales iguales muestran equidad estadística entre los alimentos.

5. DISCUSIÓN

Se sabe que existen enfermedades de origen nutricional causadas por exceso o deficiencia de elementos minerales, generando la necesidad de evaluar las dietas comerciales de perros tanto en la concentración de dichos elementos minerales, como en su biodisponibilidad¹¹.

Las cenizas consisten en material no combustible encontrado en el alimento analizado, usualmente compuestas por distintos elementos minerales. Dependiendo de los ingredientes y el tipo de proceso de manufactura que se utilice en cada alimento, la cantidad de material no combustible puede variar enormemente^{8, 23}. Se dice que el contenido de cenizas puede dar una idea de la calidad de ingredientes utilizados en alimento comercial para perro. El alto contenido de ceniza (>10% en MS) es un indicador de una menor calidad de ingredientes y a su vez menor digestibilidad; en este estudio, dos alimentos (uno de valor y uno premium) sobrepasaron este límite inferior indicando mayor cantidad de material no combustible, del recomendando. Aunque actualmente la cantidad de cenizas que posee el alimento comercial para animales de compañía no es un requerimiento de AAFCO^{8, 23}.

El calcio es un macromineral importante en la composición de huesos y dientes, coagulación de la sangre, transmisión de impulsos nerviosos, comunicación entre células y movimiento de fibras musculares^{8, 13}. Todos los alimentos evaluados en

este estudio cumplen con las especificaciones mínimas y máximas establecidas por AAFCO para el elemento mineral calcio en materia seca, para perros adultos en mantenimiento. No obstante, dos alimentos (uno de valor y uno súper premium), se encontraron sólo ligeramente superiores al límite mínimo. Esto podría traer una repercusión en caso de que la absorción de calcio se vea afectada⁸. Se ha reportado que el coeficiente de absorción de calcio puede variar desde el 0% al 90%, dependiendo de la composición de la dieta, la edad del animal (el coeficiente disminuye conforme a la madurez del perro) y el tamaño de la raza del perro⁷. Algunas razones que aumentan o disminuyen la absorción de calcio a nivel gastrointestinal son la utilización de distintos ingredientes como fuentes de calcio en las dietas, la interacción con otros elementos minerales, la concentración de calcitriol en el organismo, el tiempo de tránsito gastrointestinal y la permeabilidad de la mucosa gastrointestinal^{7, 8}. La ingestión deficiente de calcio produce hipocalcemia, que estimula la liberación de la hormona paratiroidea (PTH) que a su vez estimula la producción de calcitriol, causando mayor absorción de calcio y fósforo generando desbalances. Esto puede causar hiperparatiroidismo nutricional secundario cuando la ingestión de fósforo es la adecuada. Además, en los casos en que la deficiencia de calcio es significativa, puede haber fracturas espontáneas, pérdida de dientes, tetania, convulsiones, raquitismo y osteomalacia⁸. La importancia en el consumo de elementos minerales en la comida para perro comenzó en la década de los 90's cuando el exceso de calcio estuvo implicado en el desarrollo de desórdenes ortopédicos en perros de raza grande y gigante^{24, 25, 26, 27}. Este descubrimiento resultó en la modificación de las recomendaciones de calcio en el alimento comercial para perros en desarrollo de razas grandes y gigantes. En

el estudio realizado por Gagné *et. al.* ningún alimento tuvo concentraciones menores a las recomendadas por AAFCO para mantenimiento de perros adultos. Sin embargo, cuatro alimentos excedieron la concentración máxima de calcio (7.1 g/1,000 kcal EM) con 7.2, 7.7, 7.9 y 7.4 g/1,000 kcal EM a diferencia de este estudio, en el cual todos cumplieron con las especificaciones de AAFCO.

El fósforo es componente de huesos y dientes, parte de las membranas celulares, requerido para la producción de energía y elemento estructural del ADN y ARN^{7, 8}. En el estudio realizado por Gagné *et. al.* tres alimentos excedieron la concentración de fósforo (4.6 g/1,000 kcal ME) con 4.8, 4.9 y 4.7 g/1,000 kcal ME. Sin embargo, en este estudio el promedio de concentración de tres alimentos (dos de valor y uno premium) se encuentran por debajo del valor mínimo establecido. Considerando que en una dieta típica, se absorbe alrededor del 60-70% de fósforo, en los alimentos previamente mencionados se puede ocasionar una deficiencia de este elemento mineral aún mayor, causando probablemente disminución del apetito, pelaje sin brillo, fracturas espontáneas y raquitismo⁸.

Se sabe que la relación calcio-fósforo ideal en el alimento para perros adultos es de 1:1 a 2:1 (AAFCO 2017). En el presente estudio se encontró que la mayoría de alimentos (12 de 15 alimentos) presentaron una relación Ca: P mayor a los lineamientos establecidos por AAFCO. En contraste con el estudio realizado por Gagné *et.al.* en donde todos los alimentos para perros en mantenimiento tuvieron un relación Ca: P dentro de los límites recomendados por AAFCO. Sin embargo, existen distintos factores que influyen en la importancia de esta relación. El

incremento de niveles de vitamina D reduce significativamente esta relación. Además, ésta puede variar con la disponibilidad de calcio y fósforo en la dieta. Por ejemplo, los animales que consumen dietas con alto contenido de fitatos requieren una ingestión mayor de fósforo para cumplir sus necesidades. En ese caso, la relación Ca: P bajaría, e incrementaría con alimentos compuestos principalmente por ingredientes de carne. Esto lleva a que las industrias de alimento deben considerar la diferente biodisponibilidad del calcio y fósforo en los distintos ingredientes que usan⁷.

El potasio se encuentra dentro de las células contribuyendo al balance osmótico, ayuda a regular el balance ácido-base, la transmisión de impulsos nerviosos, contracción muscular y forma parte del metabolismo de la energía^{7,8}. En este estudio se encontró que únicamente 7 de 15 alimentos cumplen con las especificaciones establecidas por AAFCO para el elemento mineral potasio; y 8 de 15 se encuentran debajo del límite inferior (0.6%). Afortunadamente se sabe que, al ser un catión, el potasio se absorbe mediante un proceso de difusión simple desde la región superior del intestino delgado hasta el intestino grueso, siendo la disponibilidad de potasio de 95% o superior en la mayoría de los comestibles; aunque no se almacena y requiere un aporte diario en la dieta. En casos extremos, la deficiencia de potasio puede causar hipokalemia, anorexia, emaciación, problemas de locomoción, letargia y lesiones cardíacas y renales. Sin embargo, la abundancia de este elemento mineral en los ingredientes para alimentos hace que la deficiencia de potasio sea raramente de origen alimentario en perros y gatos^{7, 8}.

El sodio ayuda a mantener el balance ácido base, la presión intra y extracelular, absorción de nutrientes, participa en el metabolismo del agua y es necesario para la generación y transmisión de impulsos nerviosos, por lo que es importante su aporte en la dieta^{7, 8}. En este trabajo se encontró que las 15 diferentes marcas de alimento cumplen con los valores de referencia proporcionados por AAFCO y sólo un alimento súper premium se encontró en el rango mínimo, demostrando la importancia que brindan las empresas productoras de alimento al cuidado de la concentración de sodio en sus productos. Las repercusiones de un aporte deficiente de sodio en la dieta y por lo tanto, las concentraciones insuficientes de sodio reducen la utilización de las proteínas digeridas y de la energía. También influye en la absorción y movilización de calcio y puede afectar la absorción de numerosas vitaminas hidrosolubles que están acopladas al sodio. Por el contrario, se ha demostrado que el exceso de sodio en perros, a diferencia de los humanos, no produce hipertensión^{7, 8}.

El magnesio participa en el metabolismo de la energía, metabolismo del ADN y ARN, síntesis de proteínas, así como, en la función de la membrana celular muscular y nerviosa. Y al igual que el calcio y fósforo, forma parte de la composición e huesos y dientes^{7, 8}. En este estudio únicamente un alimento súper premium se encontró ligeramente debajo del valor mínimo recomendado, confirmando la difícil deficiencia de este elemento mineral de origen dietético. Considerando las funciones del magnesio en el organismo, se puede saber que una deficiencia importante en este elemento mineral puede causar hiperirritabilidad, tetania, vasodilatación periférica, anorexia, incoordinación muscular y convulsiones. Otras

repercusiones metabólicas incluyen calcificación renal y hepática y reducción de la presión arterial, la temperatura corporal y de las concentraciones tisulares de tiamina. Sin embargo, dos alimentos se encontraron cercanos al límite inferior recomendado, esto podría ocasionar una deficiencia de este elemento ya que se sabe que en general se absorbe del 20 al 70% del magnesio de la dieta. Numerosos factores dietéticos y fisiológicos ejercen una influencia negativa sobre la absorción de magnesio, como los niveles elevados de fósforo, calcio, potasio, grasas y proteína en la dieta⁸.

El hierro es un componente fundamental de la hemoglobina, mioglobina y de enzimas (oxigenasa y oxidasa) relacionadas con la respiración celular. La mayor parte de los alimentos para perros son ricos en hierro debido a sus ingredientes derivados de carne, en especial de órganos; y estudios realizados demostraron que la disponibilidad de hierro es relativamente elevada con fuentes de hígado, músculo y derivados animales. Por lo tanto, la deficiencia de hierro no constituye un problema en la mayoría de los alimentos para perros^{7, 8}. Tal y como se demostró en este estudio, en el que todos los alimentos sobrepasan el límite mínimo de porcentaje de hierro sugerido por la AAFCO en materia seca y en el estudio realizado por Gagné *et.al.* se observa el mismo comportamiento. Si bien, los alimentos para mascotas tienen niveles de hierro elevados (a veces exceden en 15 veces el requerimiento), la AAFCO estableció un nivel máximo de 3000mg de hierro/kg de materia seca en alimento para perros. En este estudio se encontró que el alimento con mayor cantidad de hierro fue el 8, con 313.05mg/kg en MS, siendo este valor mucho menor al límite máximo establecido por AAFCO. Esto tiene gran importancia ya que los

excesos de hierro deben evitarse debido a su antagonismo potencial con otros minerales como el zinc y cobre⁸. Los mamíferos no tienen un mecanismo fisiológico para eliminar el exceso de hierro, lo cual hace que la homeostasis sea muy elevada a nivel de su absorción²⁸, y aunque la mayoría de animales son poco afectados por el exceso de hierro en la dieta, comparado con los humanos, y la mayoría de reportes que incluye animales están asociados con contaminación de agua y suelo, no ha habido estudios confirmando la concentración de hierro como toxicosis en perros^{29, 30, 31}.

El cobre facilita la absorción intestinal del hierro y su incorporación a hemoglobina. Es un elemento activo en muchas enzimas, reduce el daño celular causado por radicales libres, está involucrado en la síntesis de colágeno de los tendones, en la síntesis de mielina en el sistema nervioso y en la síntesis de melanina^{7, 8}. En este estudio, sólo dos alimentos de valor mostraron una concentración menor al límite inferior; y un alimento premium se encontró muy cercano al límite inferior. A diferencia del estudio de Gagné *et. al.* donde todos los alimentos se encontraron en los límites de referencia. Los informes de deficiencia de cobre en la dieta de perros indican que es un problema ya que la disponibilidad de cobre en diferentes alimentos y suplementos es muy variable, por lo cual es difícil definir su requerimiento. El requerimiento depende de la fuente de cobre o del nivel de otros ingredientes, nutrientes y no nutrientes en el alimento, por ejemplo interacciones con fitato, calcio, zinc y hierro. Los signos clínicos de deficiencia de cobre en perros incluyen despigmentación del pelo e hiperextensión de la región distal de los miembros torácicos⁸. Y aunque el exceso de este elemento mineral no se observó

en este estudio, recientemente se ha sugerido que el cobre presente en la dieta es una causa potencial de hepatopatía asociada al cobre en perros Labrador Retriever^{32, 33}. Sin embargo, esta patología ha sido reconocida por largo tiempo como una enfermedad esporádica en perros de diferentes razas e incluso mestizos^{34, 35, 36, 37, 38}. Desde 1930, la concentración hepática de cobre considerada normal en perros ha incrementado 10 veces³⁹. Esto corresponde con la dependencia de alimento comercial para perros⁴⁰. Es razonable especular que algunos perros con enfermedad necroinflamatoria hepática podrían acumular concentraciones patológicas altas de cobre y hierro (como se determinó en las tinciones de estos metales y su cuantificación en tejidos) y que la dieta podría estar relacionada con la patogénesis de este daño hepático³⁹.

El zinc es cofactor de aproximadamente 200 enzimas involucradas con la respiración celular, metabolismo de proteínas y carbohidratos; y estructura de membrana. De igual forma es esencial para el transporte de vitamina A en la sangre y está involucrado en la reproducción (desarrollo fetal). Este elemento también es requerido para la síntesis de colágeno y queratina, y por lo tanto, está involucrado en la salud del pelo y de la piel, y en la cicatrización de heridas^{7, 8}. En este estudio se encontró que todos los alimentos analizados sobrepasaron el valor mínimo establecido por AAFCO, dificultando así la deficiencia de zinc de origen dietético⁸. Sin embargo, en 1981-1982 una dermatopatía paraqueratótica canina ligada a la deficiencia de zinc se atribuyó a la quelación de este elemento mineral con fitatos, fue entonces cuando los requerimientos de zinc fueron incrementados por la AAFCO⁴². En el estudio realizado por Gagné *et. al.* se observó que dos alimentos

tuvieron concentraciones ligeramente por debajo del límite inferior (34 mg de zinc/1,000 kcal EM) con 33.0 y 33.3 mg/1,000 kcal EM.

El manganeso es un elemento mineral involucrado en el funcionamiento mitocondrial (membrana). También es importante para la formación de hueso y cartílago articular (matriz orgánica), para la función neuronal y es parte de la estructura de muchas enzimas (glucosil transferasas)^{7, 8}. En el presente trabajo se encontró que todos los alimentos cumplen con el valor de referencia mínimo establecido por AAFCO para manganeso. Y de igual manera todos los alimentos analizados en el estudio de Gagné *et. al.* cumplieron con el límite de referencia para manganeso. Aunque se ha establecido un valor mínimo de manganeso en alimento comercial para perro, la deficiencia de manganeso no ha sido reportada en perros, sin embargo, en otras especies se caracteriza por dificultad en la reproducción y en el metabolismo lipídico⁸.

En este estudio, todos los alimentos cumplieron con el 60% de los analitos evaluados (nueve elementos minerales y cenizas) según los valores de referencia proporcionados por AAFCO, los cuales fueron: calcio, sodio, magnesio, hierro, zinc y manganeso, concluyendo así que los pacientes adultos sanos en mantenimiento no desarrollarían alguna patología asociada a la deficiencia o exceso de los elementos minerales previamente mencionados al consumir los alimentos comerciales analizados. Sin embargo, el 40% de los analitos evaluados tuvieron diferencias en exceso o deficiencia con respecto a los valores proporcionados por AAFCO para alimento seco comercial de perros adultos en mantenimiento, los

cuales fueron: cenizas, fósforo, potasio y cobre; pudiendo generar así, patologías asociadas a la dieta.

Respecto a los estudios estadísticos comparando la media o mediana contra los valores de referencia proporcionados por AAFCO se obtuvo que la mayoría de los alimentos fueron estadísticamente diferentes a dichos valores. Esto se debe a que la comparación se realizó únicamente contra un solo valor de referencia, sin considerar intervalos, rangos mínimos o máximos.

En cuanto a la comparación alimentos por categoría basada en calidad nutricional (valor, premium y súper premium) se observó que todos fueron diferentes, por lo que ninguna categoría se distingue en mejor o peor calidad con respecto a la concentración de elementos minerales. Además, en la comparación múltiple de cenizas y elementos minerales igualmente se observó que no fueron iguales entre sí, concluyendo que poseen calidad nutricional distinta en cuanto a cenizas y elementos minerales por categoría.

6. CONCLUSIONES

Con este estudio se puede concluir que todos los alimentos (de valor, premium y súper premium) son iguales respecto al cumplimiento o no de los elementos minerales evaluados (calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, cobre, manganeso, zinc y hierro) y cenizas.

Debido a que no existe ninguna ley o norma que exija el cumplimiento de valores mínimos o máximos de las concentraciones de dichos analitos, las empresas no profundizan tanto en el cumplimiento o no de las necesidades de estos elementos. La mayoría de los analitos (60%) se encuentra dentro de los límites sugeridos por AAFCO, aunque, éstos están cercanos a los límites inferiores, pudiendo ser un problema debido a que algunas de las fuentes pueden tener baja biodisponibilidad en el organismo, ocasionando que no se aprovechen y cumplan realmente con los requerimientos de los animales.

Por lo ya mencionado, una recomendación para futuros estudios sería verificar la biodisponibilidad de los elementos minerales en distintas fuentes de ingredientes de alimento seco comercial para perros.

.

7. REFERENCIAS

1. Axelsson E, Ratnakumar A, Arendt ML, Maqbool K, Webster MT, Perloski M. The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. *Nature*. 2012; 495: 360-364.
2. Dominique GP. *WALTHAM pocket book of essential nutrition for cats and dogs*. United Kindom: Waltham; 2009.
3. National Research Council. *Nutrient requirements of dogs* (Vol. 8). Washingto, DC (USA): National Academies Press; 1985.
4. Serpell J, McCune S. *Waltham pocket book of human-animal interactions*. United Kindom: Waltham; 2012.
5. Gutiérrez OC, Cosío CK. *Manual de nutrición clínica de perros y gatos*. Ciudad de México (México): CEAMVET; 2014.
6. Bowland Z. Nutrition (part 1): life stage diets. *Companion animal*. 2014; 19: 578-581.
7. Case LP, Daristotle L, Hayek MG, Foess MR. *Canine and feline nutrition: a resource for companion animal professionals*. 3° ed. USA: Elsevier Health Sciences; 2011.
8. Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, Roudebush P, Novotony BJ. *Nutrición Clínica en Pequeños Animales*. 5ª ed. Argentina (Buenos Aires): Mark Morris Institute; 2010.
9. McDowell LR. *Minerals in Animal and Human Nutrition*. 2° ed. The Netherlands: Elsevier; 2003.

10. Covert SJ. Feeding the Dog. University of Missouri [Internet]. 2010 [citado: 28 sep 2016]. Disponible en: <http://extension.missouri.edu/p/G9920>
11. Gagné JW, Wakshlag JJ, Center SA, Rutzke MA, Glahn RP. Evaluation of calcium, phosphorus, and selected trace mineral status in commercially available dry foods formulated for dogs. *JAVMA*. 2013; 243: 658-666.
12. Nottingham University. *Recent Advances in Pet Nutrition*. Nottingham (England): Nottingham University; 2006.
13. Colín A. *Evaluación nutricional de alimentos balanceados secos para perros adultos de razas consideradas pequeñas en mantenimiento* [tesis de licenciatura]. Ciudad de México (México): FMVZ, UNAM; 2010.
14. *Association of American Feed Control Officials* [Internet]. 2014 [citado septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.aafco.org/Regulatory/Committees/Pet-Food>
15. *Norma Oficial Mexicana. NOM-061-ZOO-1999*, Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal. Mexico: SAGARPA (11 de octubre 2000).
16. [NOM-012] *Norma Oficial Mexicana. NOM-012-ZOO-1993*, Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y. México: SAGARPA (27 de enero 2004).
17. Department of Health and Human Services, *Food and Drug Administration* [Internet]. 2016 [citado 29 de septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.fda.gov/animalveterinary/products/animalfoodfeeds/petfood/ucm2006475>

18. Schmitt S, Garrigues S, De la Guardia M. Determination of the Mineral Composition of Foods by Infrared Spectroscopy: A Review of a Green Alternative. *Crit Rev Anal Chem.* 2014; 186-197.
19. Dominique GP, Vaissaire JP. *The Royal Canin Dog Encyclopedia.* Paris (France): Diffomédia; 2000.
20. Fraga CG. Relevance, Essentiality and Toxicity of Trace Elements in Human Health. *Mol. Aspects Med.* 2005, 26: 235–244.
21. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis.* 15th ed. Virginia: (USA); 1990.
22. Tejeda HI. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para Animales. México: Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C; 1992.
23. Wortinger A. Nutrition for Veterinary Technicians and Nurses. USA: Blackwell Publishing; 2013.
24. Hedhammar A, Wu FM, Krook L, Schryver HF, De Lahunta A, Whalen JP, Kallfelz FA, Nunez EA, Hintz HF, Sheffy BE, Ryan GD. Overnutrition and skeletal disease. An experimental study in growing Great Dane dogs. *Cornell Vet.* 1974; 64(suppl 5): 5–160.
25. Nap RC, Hazewinkel HA. Growth and skeletal development in the dog in relation to nutrition; a review. *Vet. Q.* 1994; 16:50–59.
26. Hazewinkel HA, Goudegebuure SA, Poulos PW, Wolvekamp, WT. Influences of chronic calcium excess on the skeletal development of growing Great Danes. *J Am Anim Hosp Assoc.* 1985; 21: 377–391.

27. Schoenmakers I, Hazewinkel H, Van Den Brown W. Excessive Ca and P intake during early maturation in dogs alters Ca and P balance without long-term effects after dietary normalization. *J Nutr.* 1990; 129: 1068–1074.
28. Bothwell TH. The control of iron absorption. *Br J Haematol.* 1968; 14: 453–456.
29. Pietrangelo A, Caleffi A, Corradini E. Non-HFE hepatic iron overload. *Semin Liver Dis.* 2011; 31: 302–318.
30. Borch-Iohnsen B, Myhre K, Norheim G. Hypoxia and deposition of iron in liver and spleen of mice given iron supplement. *Eur J Haematol.* 1990; 44: 56–62.
31. Kincaid AL, Stoskopf MK. Passerine dietary iron overload syndrome. *Zoo Biol.* 1987; 6: 79–88.
32. Hoffmann G, Van Den Ingh TS, Bode P, Rothuizen J. Copper-associated chronic hepatitis in Labrador Retrievers. *J Vet Intern Med.* 2006; 20:856–861.
33. Smedley R, Mullaney T, Rumberiha W. Copper-associated hepatitis in Labrador Retrievers. *Vet Pathol.* 2009; 46: 484–490.
34. Hultgren BD, Stevens JB, Hardy RM. Inherited, chronic, progressive hepatic degeneration in Bedlington Terriers with increased liver copper concentrations: clinical and pathologic observations and comparison with other copper-associated liver diseases. *Am J Vet Res.* 1986; 47: 365–377.
35. Thornburg LP, Shaw D, Dolan M, Raisbeck M, Crawford S, Dennis GL, Olwin DB. Hereditary copper toxicosis in West Highland White Terriers. *Vet Pathol.* 1986; 23: 148–154.
36. Haywood S, Rutgers HC, Christian MK. Hepatitis and copper accumulation in Skye Terriers. *Vet Pathol.* 1988; 25: 408–414.

37. Mandigers PJ, Van Den Ingh TS, Bode P, Teske E, Rothuizen J. Association between liver copper concentration and subclinical hepatitis in Doberman Pinschers. *J Vet Intern Med.* 2004; 18: 647–650.
38. Webb CB, Twedt DC, Meyer DJ. Copper-associated liver disease in Dalmatians: a review of 10 dogs (1998–2001). *J Vet Intern Med.* 2002; 16: 665–668.
39. Su Le-Chu, Charles A. Owen Jr., Paul E. Zollman, Robert M. Hardy. A defect of biliary excretion of copper in copper-laden Bedlington Terriers. *Am J Physiol.* 1982; 243: G231–G236.
40. Watson D. Longevity and diet. *Vet Rec,* 1996; 138: 71.
41. Johnston AN, Center SA, McDonough SP, Wakshlag JJ, Warner KL. Hepatic copper concentrations in Labrador Retrievers with and without chronic hepatitis: 72 cases (1980–2010). *J Am Vet Med Assoc.* 2013; 242: 372–380.
42. Sousa CA, Stannard AA, Ihrke PJ, Reinke SI, Schmeitzel LP. Dermatitis associated with feeding generic dog food: 13 cases (1981–1982). *J Am Vet Med Assoc.* 1988; 192: 676–680.

8. ANEXOS

Cuadro 8.1
Comparación de resultados de cenizas y elementos minerales de los
alimentos de valor con normalidad.

Elemento	Media \pm desviación estándar	Valor de referencia AAFCO (BS)	Prueba de T para una media	Intervalo de confianza para la media
Cenizas				
Alimento 2	6.95 \pm 0.25	< 10% ^a	0.000	6.81-7.09
Alimento 3	8.36 \pm 0.80	< 10% ^a	0.000	7.91-8.80
Alimento 4	7.60 \pm 0.25	< 10% ^a	0.000	7.47-7.74
Calcio				
Alimento 1	1.23 \pm 0.03	0.5- 2.5%	0.000	1.21-1.24
Alimento 4	0.85 \pm 0.08	0.5- 2.5%	0.000	0.80-0.89
Alimento 5	1.65 \pm 0.15	0.5- 2.5%	0.002	1.56-1.73
Fósforo				
Alimento 2	0.33 \pm 0.03	0.4-1.6%	0.000	0.32-0.35
Alimento 3	0.04 \pm 0.07	0.4-1.6%	0.000	0.36-0.44
Alimento 4	0.45 \pm 0.03	0.4-1.6%	0.000	0.44-0.47
Alimento 5	0.23 \pm 0.01	0.4-1.6%	0.000	0.22-0.24
Potasio				
Alimento 1	0.61 \pm 0.01	> 0.6%	0.006	0.60-0.62
Alimento 2	0.59 \pm 0.02	> 0.6%	0.118 [*]	0.58-0.60
Alimento 4	0.61 \pm 0.02	> 0.6%	0.085 [*]	0.60-0.62
Sodio				
Alimento 1	0.18 \pm 0.01	> 0.08%	0.000	0.18-0.19
Alimento 2	0.13 \pm 0.01	> 0.08%	0.000	0.13-0.14
Alimento 3	0.16 \pm 0.02	> 0.08%	0.000	0.15-0.17
Alimento 5	0.12 \pm 0.01	> 0.08%	0.000	0.12-0.13
Magnesio				
Alimento 2	0.29 \pm 0.04	> 0.06%	0.000	0.27-0.31
Alimento 3	0.22 \pm 0.02	> 0.06%	0.000	0.20-0.23
Alimento 4	0.34 \pm 0.07	> 0.06%	0.000	0.30-0.38
Alimento 5	0.28 \pm 0.02	> 0.06%	0.000	0.27-0.29
Hierro				
Alimento 2	233.65 \pm 53.1	> 40mg/kg	0.000	204.24-263.06
Alimento 4	113.49 \pm 11.89	> 40mg/kg	0.000	106.91-120.08
Cobre				
Alimento 1	12.17 \pm 1.31	> 7.3mg/kg	0.000	11.44-12.90
Alimento 2	7.27 \pm 0.87	> 7.3mg/kg	0.908 [*]	6.79-7.75
Alimento 3	24.05 \pm 2.42	> 7.3mg/kg	0.000	22.70-25.39

Alimento 5	14.97 ± 2.48	> 7.3mg/kg	0.000	13.59-16.34
Zinc				
Alimento 2	147.52 ± 29.37	> 80.0mg/kg	0.000	131.26-163.78
Alimento 4	153.48 ± 32.87	> 80.0mg/kg	0.000	135.29-171.68
Alimento 5	171.60 ± 8.56	> 80.0mg/kg	0.000	166.85-176.33
Manganeso				
Alimento 4	29.29 ± 2.72	> 5.0 mg/kg	0.000	27.78-30.80
Alimento 5	49.47 ± 2.11	> 5.0 mg/kg	0.000	48.31-50.64

* Significancia mayor a 0.05; ^a Valor recomendado por Hand *et. al.* 2010

Cuadro 8.2
Comparación de resultados de cenizas y elementos minerales de los
alimentos de valor sin normalidad

Elemento	Mediana	Valor de referencia AAFCO	Prueba de suma de rangos con signos de Wilcoxon	Intervalo de confianza para mediana
Cenizas				
Alimento 1	10.15	< 10% ^a	0.00006	10.2,10.4
Alimento 5	9.65	< 10% ^a	0.01	8.91,9.87
Calcio				
Alimento 2	0.78	0.5- 2.5%	0.00006	0.66,0.8
Alimento 3	1.12	0.5- 2.5%	0.003	1.03,1.36
Fósforo				
Alimento 1	0.65	0.4-1.6%	0.00006	0.64,0.66
Potasio				
Alimento 3	0.74	> 0.6%	0.022	0.66,0.75
Alimento 5	0.58	> 0.6%	0.00006	0.47,0.59
Sodio				
Alimento 4	0.25	> 0.08%	0.00006	0.22,.27
Magnesio				
Alimento 1	0.31	> 0.06%	0.00006	0.28,0.39
Hierro				
Alimento 1	246.87	> 40mg/kg	0.00006	244.35,259.4
Alimento 3	168.91	> 40mg/kg	0.00006	244.35,259.4
Alimento 5	162.42	> 40mg/kg	0.00006	158.07,187.11
Cobre				
Alimento 4	5.14	> 7.3mg/kg	0.00006	4.74,5.88
Zinc				
Alimento 1	149.96	> 80.0mg/kg	0.00006	137.61,154.76
Alimento 3	180.43	> 80.0mg/kg	0.00006	174.18,192.93
Manganeso				
Alimento 1	32.40	> 5.0 mg/kg	0.00006	31.92,36.12

Alimento 2	29.49	> 5.0 mg/kg	0.00006	28.6,34.55
Alimento 3	37.98	> 5.0 mg/kg	0.00006	33.77,38.86

* Significancia mayor a 0.05; ^a Valor recomendado por Hand *et. al.* 2010

Cuadro 8.3
Comparación de resultados de cenizas y elementos minerales de los alimentos premium con normalidad.

Elemento	Media ± desviación estándar	Valor de referencia AAFCO	Prueba de T para una media	Intervalo de confianza para media
Cenizas				
Alimento 6	8.52 ± 0.96	< 10% ^a	0.000	7.99-9.05
Alimento 8	9.47 ± 0.53	< 10% ^a	0.002	9.16-9.77
Alimento 9	7.59 ± 0.76	< 10% ^a	0.000	7.17-8.01
Alimento 10	7.33 ± 1.15	< 10% ^a	0.000	6.69-7.97
Calcio				
Alimento 10	1.25 ± 0.37	0.5- 2.5%	0.021	1.05-1.46
Fósforo				
Alimento 6	0.45 ± 0.04	0.4-1.6%	0.000	0.42-0.47
Alimento 7	0.47 ± 0.01	0.4-1.6%	0.000	0.46-0.48
Alimento 8	0.49 ± 0.02	0.4-1.6%	0.000	0.47-0.50
Alimento 9	0.31 ± 0.03	0.4-1.6%	0.000	0.30-0.33
Alimento 10	0.47 ± 0.05	0.4-1.6%	0.000	0.45-0.50
Potasio				
Alimento 6	0.62 ± 0.03	> 0.6%	0.028	0.60-0.63
Alimento 8	0.56 ± 0.03	> 0.6%	0.000	0.54-0.57
Sodio				
Alimento 6	0.16 ± 0.02	> 0.08%	0.000	0.15-0.17
Alimento 9	0.10 ± 0.004	> 0.08%	0.000	0.10-0.11
Magnesio				
Alimento 8	0.25 ± 0.03	> 0.06%	0.000	0.23-0.26
Hierro				
Alimento 6	209.93 ± 20.83	> 40mg/kg	0.000	198.39-221.46
Alimento 8	310.97 ± 42.81	> 40mg/kg	0.000	286.25-335.69
Cobre				
Alimento 6	15.79 ± 1.53	> 7.3mg/kg	0.000	14.94-16.94
Alimento 8	13.95 ± 0.88	> 7.3mg/kg	0.000	13.44-14.46
Zinc				
Alimento 6	206.54 ± 10.40	> 80.0mg/kg	0.000	200.78-212.30
Alimento 8	148.77 ± 17.98	> 80.0mg/kg	0.000	138.39-159.15
Alimento 10	179.17 ± 12.55	> 80.0mg/kg	0.000	172.22-186.12
Manganeso				
Alimento 6	57.16 ± 3.60	> 5.0 mg/kg	0.000	55.17-59.16

Alimento 10	20.53 ± 3.53	> 5.0 mg/kg	0.000	18.58-22.49
-------------	--------------	-------------	-------	-------------

* Significancia mayor a 0.05; ^a Valor recomendado por Hand *et. al.* 2010

Cuadro 8.4
Comparación de resultados de cenizas y elementos minerales de los
alimentos premium sin normalidad

Elemento	Mediana	Valor de referencia AAFCO	Prueba de suma de rangos con signos de Wilcoxon	Intervalo de confianza para mediana
Cenizas				
Alimento 7	10.18	< 10% ^a	0.144 *	9.85,10.26
Calcio				
Alimento 6	1.38	0.5- 2.5%	0.0003	1.23,1.43
Alimento 7	1.51	0.5- 2.5%	0.899 *	1.31,1.65
Alimento 8	1.42	0.5- 2.5%	0.017	1.41,1.46
Alimento 9	1.26	0.5- 2.5%	0.002	1.24,1.45
Potasio				
Alimento 7	0.51	> 0.6%	0.003	0.51,0.57
Alimento 9	0.60	> 0.6%	0.85 *	0.49,0.61
Alimento 10	0.43	> 0.6%	0.00006	0.41,0.48
Sodio				
Alimento 7	0.17	> 0.08%	0.00003	0.16,0.17
Alimento 8	0.11	> 0.08%	0.0001	0.10,0.12
Alimento 10	0.15	> 0.08%	0.00006	0.15,0.18
Magnesio				
Alimento 6	0.13	> 0.06%	0.00006	0.13,0.16
Alimento 7	0.15	> 0.06%	0.00003	0.14,0.15
Alimento 9	0.24	> 0.06%	0.00006	0.23,0.3
Alimento 10	0.10	> 0.06%	0.0009	0.07,0.11
Hierro				
Alimento 7	168.28	> 40mg/kg	0.00003	162.44,178.3
Alimento 9	181.51	> 40mg/kg	0.00006	178.57,201.9
Alimento 10	232.89	> 40mg/kg	0.00006	168.96,235.15
Cobre				
Alimento 7	7.94	> 7.3mg/kg	0.009	7.53,8.33
Alimento 9	15.52	> 7.3mg/kg	0.0003	11.47,16.2
Alimento 10	19.57	> 7.3mg/kg	0.00006	15.42,21.91
Zinc				
Alimento 7	129.30	> 80.0mg/kg	0.00003	117.93,131.94
Alimento 9	180.02	> 80.0mg/kg	0.00006	159.43,188.18
Manganeso				
Alimento 7	20.40	> 5.0 mg/kg	0.00003	16.43,21.24

Alimento 8	35.99	> 5.0 mg/kg	0.0001	34.03,36.37
Alimento 9	49.06	> 5.0 mg/kg	0.00006	47.4,58.47

* Significancia mayor a 0.05; ^a Valor recomendado por Hand *et. al.* 2010

Cuadro 8.5
Comparación de resultados de cenizas y elementos minerales de los
alimentos súper premium con normalidad

Elemento	Media \pm desviación estándar	Valor de referencia AAFCO	Prueba de T para una media	Intervalo de confianza para media
Cenizas				
Alimento 11	7.46 \pm 0.32	< 10% ^a	0.000	7.28-7.63
Alimento 13	5.18 \pm 0.40	< 10% ^a	0.000	4.97-5.40
Alimento 14	6.20 \pm 0.24	< 10% ^a	0.000	6.07-6.33
Alimento 15	7.79 \pm 0.47	< 10% ^a	0.000	7.53-8.04
Calcio				
Alimento 11	1.11 \pm 0.07	0.5- 2.5%	0.000	1.08-1.15
Alimento 13	0.72 \pm 0.04	0.5- 2.5%	0.000	0.70-0.74
Alimento 14	0.95 \pm 0.05	0.5- 2.5%	0.000	0.92-0.97
Alimento 15	1.55 \pm 0.38	0.5- 2.5%	0.634 *	1.13-1.76
Fósforo				
Alimento 11	0.53 \pm 0.02	0.4-1.6%	0.000	0.52-0.54
Alimento 12	0.49 \pm 0.03	0.4-1.6%	0.000	0.47-0.50
Alimento 13	0.40 \pm 0.02	0.4-1.6%	0.000	0.39-0.41
Alimento 14	0.42 \pm 0.03	0.4-1.6%	0.000	0.40-0.44
Alimento 15	0.58 \pm 0.09	0.4-1.6%	0.000	0.53-0.63
Potasio				
Alimento 11	0.39 \pm 0.11	> 0.6%	0.000	0.33-0.45
Alimento 14	0.65 \pm 0.07	> 0.6%	0.012	0.61-0.69
Sodio				
Alimento 11	0.12 \pm 0.005	> 0.08%	0.000	0.12-0.13
Alimento 12	0.13 \pm 0.006	> 0.08%	0.000	0.12-0.13
Alimento 13	0.09 \pm 0.002	> 0.08%	0.000	0.08-0.09
Alimento 14	0.17 \pm 0.005	> 0.08%	0.000	0.16-0.17
Alimento 15	0.21 \pm 0.02	> 0.08%	0.000	0.20-0.22
Magnesio				
Alimento 11	0.14 \pm 0.006	> 0.06%	0.000	0.14-0.15
Alimento 12	0.10 \pm 0.006	> 0.06%	0.000	0.09-0.10
Alimento 13	0.13 \pm 0.005	> 0.06%	0.000	0.12-0.13
Hierro				
Alimento 11	218.90 \pm 18.06	> 40mg/kg	0.000	208.89-228.90
Alimento 12	262.71 \pm 47.76	> 40mg/kg	0.000	236.26-289.16
Alimento 13	114.53 \pm 26.07	> 40mg/kg	0.000	100.09-128.97

Alimento 14	104.33±5.95	> 40mg/kg	0.000	101.04-107.63
Zinc				
Alimento 11	172.15±8.09	> 80.0mg/kg	0.000	167.67-176.63
Alimento 13	243.01±14.63	> 80.0mg/kg	0.000	234.91-251.11
Alimento 14	235.65±10.03	> 80.0mg/kg	0.000	230.09-241.20
Manganeso				
Alimento 11	44.78±4.71	> 5.0 mg/kg	0.000	42.17-47.39
Alimento 14	61.12±3.63	> 5.0 mg/kg	0.000	59.11-63.13

* Significancia mayor a 0.05; ^a Valor recomendado por Hand *et. al.* 2010

Cuadro 8.6
Comparación de resultados de cenizas y elementos minerales de los
alimentos súper premium sin normalidad

Elemento	Mediana	Valor de referencia AAFCO	Prueba de suma de rangos con signos de Wilcoxon	Intervalo de confianza para mediana
Cenizas				
Alimento 12	6.70	< 10% ^a	0.00006	6.10-6.98
Calcio				
Alimento 12	1.02	0.5- 2.5%	0.00006	0.91-1.08
Potasio				
Alimento 12	0.60	> 0.6%	0.389 *	0.5-0.63
Alimento 13	0.55	> 0.6%	0.00006	0.45-0.57
Alimento 15	0.45	> 0.6%	0.002	0.44-0.54
Magnesio				
Alimento 14	0.05	> 0.06%	0.00006	0.04-0.05
Alimento 15	0.13	> 0.06%	0.001	0.09-0.14
Hierro				
Alimento 15	89.22	> 40mg/kg	0.00006	81.26-129.16
Cobre				
Alimento 11	6.66	> 7.3mg/kg	0.525 *	5.88-11.27
Alimento 12	25.33	> 7.3mg/kg	0.00006	23.57-28.8
Alimento 13	17.37	> 7.3mg/kg	0.0009	11.88-17.83
Alimento 14	15.24	> 7.3mg/kg	0.00006	14.48-15.63
Alimento 15	9.50	> 7.3mg/kg	0.0001	9.13-13.04
Zinc				
Alimento 12	196.16	> 80.0mg/kg	0.00006	184.19-244.98
Alimento 15	164.60	> 80.0mg/kg	0.00006	155.41-183.75
Manganeso				
Alimento 12	29.59	> 5.0 mg/kg	0.00006	26.1-29.9
Alimento 13	21.13	> 5.0 mg/kg	0.00006	19.32-25.04
Alimento 15	21.63	> 5.0 mg/kg	0.00006	17.97-22.68

* Significancia mayor a 0.05; ^a Valor recomendado por Hand *et. al.* 2010