

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN ALIMENTO SECO  
COMERCIAL PARA GATOS EN MANTENIMIENTO**

**TÉSIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA**

**JOSÉ FRANCISCO YOUNG MEDINA**

**Asesores**

**Dr C MPA MVZ Carlos Gutiérrez Olvera**

**M en C QA Juan Carlos Ramírez Orejel**

**Ciudad Universitaria, CD.MX.**

**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.

## DEDICATORIA

A mis queridos padres, Paulina Medina Sánchez y José Francisco Young Coral y a mi amada esposa Anastasia que siempre creyeron en mi y me alentaron para concluir mis estudios con esfuerzo, pasión y dedicación; y a mis amados Bobby y Baloo, en paz descansen y a mi Ponchik por ser mis mejores amigos y compañeritos durante mi carrera y vida, a quienes les debo el sentido de mi dedicación para cada día ser mejor médico.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia por permitir desarrollarme y formarme como persona y profesional.

A mi asesor el Dr. Carlos Gutiérrez Olvera por ser tan excelente persona, buen amigo y un maravilloso tutor, siempre tan dispuesto a enseñar, guiar y apoyarme a través de este proceso y toda la carrera con paciencia y mucho cariño.

Al Químico Juan Carlos por enseñarme con tanta paciencia los procedimientos y sus fundamentos en el laboratorio.

A cada una de las personas que en diferentes circunstancias me recordaron que nunca me rindiera, ni quitara el dedo del renglón y concluyera mis estudios, mis amigos, familiares y en especial a mi amada Anastasiia, mi pilar más fuerte, mi total motivación para ser el mejor y lograr lo mejor , por siempre estar a mi lado y apoyarme hasta el final.

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 GENERALIDADES DE LOS FELINOS	3
2.2 NUTRICIÓN	4
2.3 DISPONIBILIDAD	5
2.4 MINERALES	6
2.5 CENIZAS	14
2.6 TIPOS DE ALIMENTO COMERCIAL	14
2.7 ORGANISMOS GUBERNAMENTALES	18
2.8 JUSTIFICACIÓN	21
2.9 HIPÓTESIS	21
2.10 OBJETIVO GENERAL	21
2.11 OBJETIVO ESPECÍFICO	21
3. MATERIAL Y MÉTODOS	22
3.1 ALIMENTOS ANALIZADOS	23
3.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	23
3.3 OBTENCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES	26
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
4. RESULTADOS	29
4.1 COMPARACIÓN ENTRE LAS CATEGORÍAS DE ALIMENTO CLASIFICADO CON BASE EN SU CALIDAD NUTRICIONAL	38
5. DISCUSIÓN	38
6. CONCLUSIONES	48
7. REFERENCIAS	49

## 1. RESUMEN

YOUNG MEDINA JOSÉ FRANCISCO. Evaluación de elementos minerales en alimento seco comercial para gatos en mantenimiento (bajo dirección de: DrC. MPA. MVZ Carlos Gutiérrez Olvera y M. en C. QA. Juan Carlos Ramírez Orejel).

Cada vez existe un mayor número de alimentos comerciales para gatos en el mercado, por lo que, es importante evaluar si cumplen con los requerimientos de elementos minerales para estos animales. Debido a que los organismos reguladores, tanto nacionales como internacionales no exigen que las etiquetas muestren las concentraciones de elementos minerales, se puede predisponer a la presentación de patologías causadas por un mal balance de micronutrientes en el alimento, por tal motivo se cuantificó las concentraciones de fósforo (P), calcio (Ca), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K) en alimento seco comercial, y posteriormente se compararon los resultados con las recomendaciones establecidas por la *Association of American Feed Control Officials (AAFCO)*.

Se analizaron nueve marcas de alimentos extrudizados (alimento seco) para gatos adultos en mantenimiento, se utilizaron tres marcas por clasificación: Súper Premium, Premium y de Valor. La concentración de Ca, Na, K, Mg, Cu, Fe y Zn se obtuvo por Espectroscopía de Absorción Atómica, mientras que la concentración de P se midió por el método colorimétrico por espectrofotometría de UV-VIS.

En los resultados se obtuvo que las concentraciones de fósforo para el alimento 1, así como las de potasio y cobre para el alimento 8 no cumplen con la normativa propuesta por AAFCO al presentar concentraciones menores, de la misma manera hay una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ), entre todos los alimentos en los diferentes minerales a evaluar (Ca, P, Na, K, Mg, Fe, Zn y Cu), así como de cenizas, las cuales no cumplen los valores máximos requeridos por la American Veterinary Medical Association (AVMA) y Canadian Veterinary Medical Association (CVMA) salvo en el alimento 2.

El estudio reveló que la significancia estadística reflejada, se debe a que entre los diferentes lotes de un mismo alimento no hay la misma concentración de minerales, por lo que hay mayor variabilidad de resultados.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 GENERALIDADES DE LOS FELINOS

El gato doméstico actual (*Felis silvestris catus*) desciende del gato salvaje africano (*Felis silvestris lybica*). Los gatos son carnívoros estrictos, por lo que su dieta debe ser basada en su mayoría en nutrientes provenientes de tejido animal, sin olvidar la importancia significativa de derivados de aminoácidos como la taurina y arginina respectivamente, los ácidos grasos como ácido araquidónico, ácido linoléico y vitamina A preformada (Marín, 2014). Su aparato digestivo está adaptado a una dieta estricta en proteína y una dentición apropiada, la cual está provista por 2 (I 3/3, C 1/1, M 4/3) = 30 dientes (Vaissare, 2003; Marín, 2014; Blank Hamer, 1983).

La energía en los gatos es aportada principalmente por grasas y proteínas y en una mínima porción por los carbohidratos. El requerimiento de carbohidratos para los gatos es bajo, solo el 17% debido a que digieren y asimilan mono y disacáridos, así como almidones presentes en el alimento. No pueden manejar grandes cantidades de glucosa intestinal (Marín, 2014).

Las grasas son una excelente fuente de energía ya que su digestibilidad se encuentra entre el 85% y 99%. Son necesarias para proveer de ácidos grasos esenciales (linoléico y araquidónico), los gatos no pueden sintetizar suficiente ácido araquidónico debido a su bajo nivel de enzimas hepáticas, de ahí la importancia de la adición de estos en los alimentos, la AAFCO recomienda un 0.5% de ácido linoléico y un 0.02% de ácido araquidónico en dietas en base seca (Case, 2001). Las grasas ayudan de igual manera a colaborar con la absorción de las vitaminas liposolubles A, D, E, K (Marín, 2014).

Los gatos requieren una gran cantidad de proteínas debido a que en el hígado existe un alto contenido de transaminasas y desaminasas, estas enzimas desaminan los aminoácidos formando cetoácidos utilizados para obtener energía o glucosa. Los 10 aminoácidos esenciales necesarios en la dieta de mamíferos son:



Arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, triptofano, treonina y valina (Marín, 2014).

La taurina también es un (derivado de aminoácido) esencial en la dieta de felinos, debido a su uso en la formación de sales biliares, este derivado no lo pueden sintetizar en concentraciones suficientes para satisfacer sus necesidades metabólicas, el requerimiento de taurina para los gatos es de 400 mg / kg (Marín, 2014).

## **2.2 NUTRICIÓN**

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 correcto funcionamiento, crecimiento y mantenimiento de los procesos vitales, la cual es fundamental para la salud y el bienestar animal (Gutiérrez y Cosío, 2014). De tal forma que la nutrición comprende las transformaciones a las que se somete el alimento desde el momento en que se ingiere hasta su expulsión en forma de residuos orgánicos. Los nutrientes se pueden definir como sustancias que se encuentran en determinados ingredientes como componentes básicos y cuyo consumo es requerido por los organismos vivos para cubrir sus necesidades energéticas y vitales. Los nutrientes se dividen en cinco grupos: Minerales, vitaminas, carbohidratos, proteínas y grasas (Gutiérrez y Cosío, 2014).

Los alimentos para animales se componen principalmente de sustancias de origen orgánico como glúcidos, proteínas y lípidos, los cuales forman parte de los macronutrientes y un pequeño porcentaje está formado por vitaminas y la llamada materia inorgánica o mineral, que son los micronutrientes, los cuales se clasifican en 2 grupos; esenciales y no esenciales (Shimada, 2015).

Existen nutrientes que son esenciales debido a que no pueden ser sintetizados por el organismo en cantidad suficiente para cubrir las necesidades que el organismo requiere y, por lo tanto, deben ser proporcionados en la dieta. Estos participan en funciones básicas del organismo como componentes estructurales favoreciendo o participando en las reacciones químicas del metabolismo, transportando sustancias hacia, a través de o afuera del organismo, además mantienen la temperatura corporal y aportan energía. También existen los nutrientes no esenciales, los cuales pueden ser sintetizados por el organismo o bien, adquiridos en la dieta (Gutiérrez y Cosío, 2014).

## **2.3 DISPONIBILIDAD**

Biodisponibilidad: Representa la velocidad y cantidad con la que los nutrientes o parte de ellos son absorbidos y se hacen disponibles en su lugar de acción (FDA).

La disponibilidad depende de la cantidad que el animal puede utilizar y el contenido en los alimentos ofrecidos. Ésta depende de varios factores:

- Su forma química afecta la solubilidad.
- La interacción metabólica entre minerales.
- Edad, género, especie, ingesta y necesidad del mineral.
- Forma orgánica o inorgánica.

Las fuentes orgánicas resultan de la unión de un metal con un quelante (aminoácido, péptido, polisacárido y EDTA), asimismo, los minerales quelados forman complejos que los protegen del secuestro por otros componentes de la dieta. Las fuentes inorgánicas resultan de la unión de un metal a otro grupo químico como cloruros, sulfatos, carbonatos y óxidos, los cuales son de menor disponibilidad. Los minerales adquiridos de fuentes cárnicas tienen mayor disponibilidad que los de fuentes vegetales ya que no cuentan con factores anti nutricionales.

La disponibilidad de diversos oligoelementos (hierro, cinc, manganeso y cobre) disminuye en el siguiente orden:

1. Sulfato y cloro
2. Carbonatos
3. Óxidos (Hierro y cobre son los de menor disponibilidad)

## 2.4 MINERALES

Los minerales constituyen el 4% del peso corporal del animal, (Gutiérrez y Cosío, 2014; Case, 2001). La importancia de los minerales en el organismo radica en que son componentes estructurales necesarios para el correcto funcionamiento de diferentes órganos y tejidos, así como ayudar a mantener la presión osmótica, el balance ácido-base, contracciones musculares, soporte esquelético, transmisión nerviosa entre otras funciones como actuar como cofactores de enzimas y hormonas (Hand, 2000). Pueden estar presentes naturalmente dentro de los ingredientes usados comúnmente en alimentos preparados para mascotas, sin embargo, también pueden añadirse como sales purificadas. Así mismo, los minerales se clasifican en dos grupos de acuerdo a la concentración y requerimiento del organismo: Macrominerales, microminerales y también los llamados minerales traza u oligoelementos (Case, 2001).

**Macrominerales:** Son aquellos que se expresan en partes por ciento, 1ppc = 10 g / kg en la dieta, por tanto, están en cantidades apreciables en el organismo y representan la mayoría del contenido mineral. Dentro de este grupo se encuentran el Ca, P, Na, Cl, K, Mg y S.

**Microminerales:** Son un amplio grupo de minerales presentes en una cantidad muy pequeña en el organismo, por lo que se requiere su administración en cantidades mínimas en la dieta, estos se expresan en partes por millón donde 1ppm = 1mg / kg en la dieta. Algunos de estos son el Cu, I, Fe, Mn, Se y Zn.

**Elementos Traza u Oligoelementos:** Algunos de estos su requerimiento no se conoce con exactitud y son expresados en  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de la dieta, son importantes catalizadores a nivel celular. Algunos ejemplos son: Cromo (Cr), Flúor (F), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni) y Vanadio (V) (Gutiérrez y Cosío, 2014; Case, 2001).

De acuerdo con las funciones que desempeñan en el organismo los minerales también se pueden clasificar en:

**Estructurales.** Formando parte fundamental de la estructura ósea y proporcionando estabilidad mecánica al cuerpo, dentro de este grupo funcional se incluye el Ca, P y Mg.

**Electrolíticos.** Incluye a los elementos minerales que se involucran en el equilibrio ácido base y la presión osmótica, regulan la permeabilidad de la membrana y la excitabilidad muscular, los minerales que conforman este grupo son el Na, K y Cl.

**Elementos traza.** Son parte integral de enzimas, e interfieren en su acción, así mismo constituyen diversos compuestos biológicos importantes como el Fe en la hemoglobina y el Co en la vitamina B12. (Gutiérrez y Cosío, 2014).

La importancia y las diferentes funciones de los minerales en el organismo se describen a continuación:

**Calcio (Ca).** Es el elemento mineral más abundante en el organismo y principal componente inorgánico del hueso el 99% del calcio del organismo se halla en el esqueleto; el 1% restante se distribuye en el líquido extracelular e intracelular. Su absorción es del 25 al 90% y es dependiente de la calcemia, forma en que se encuentra y la ingesta. El calcio tiene dos funciones importantes, como componente estructural del esqueleto en huesos y dientes y como mensajero secundario intracelular que permite a las células responder a los estímulos como hormonas y neurotransmisores (Hand, 2000).

El calcio óseo confiere la integridad estructural al esqueleto y contribuye a mantener los niveles sanguíneos adecuados de calcio, gracias a su resorción y depósitos continuos, por lo que sirve de reservorio iónico, mientras que el calcio circulante ejerce acciones fundamentales en la transmisión de los impulsos nerviosos, la contracción muscular, la coagulación de la sangre, la activación de ciertos sistemas enzimáticos, la conservación de la permeabilidad y el transporte en la membrana celular normal y la función cardíaca (Shimada, 2015; Case, 2001).

**Fósforo (P).** Representa al sexto mineral más abundante e interviene en casi todos los procesos metabólicos. Su disponibilidad es mayor en los ingredientes de origen animal en su forma orgánica, que en los de origen vegetal. El 85% del fósforo corporal se encuentra combinado inorgánicamente con el calcio en forma de hidroxapatita en los huesos y los dientes, el fósforo restante se encuentra en los tejidos blandos. Forma parte del ácido desoxirribonucleico (ADN) y ribonucleico (ARN), también en varias coenzimas del grupo de la vitamina B y de los fosfolípidos de membrana, importantes para regular la entrada y salida de solutos de la célula. Es requerido para la producción de energía formando parte de los enlaces de fosfato de alta energía de la adenosina trifosfato (ATP) adenosina difosfato (ADP) y adenosina monofosfato cíclica (AMPc). En los fluidos extracelulares ayuda a mantener la presión osmótica, el equilibrio ácido-base y la actividad neuronal (Case, 2001; Shimada, 2015; Hand, 2000).

**Potasio (K).** Es el principal catión del líquido intracelular y el tercer mineral más abundante en el cuerpo, su disponibilidad es del 95% en la mayoría de los alimentos y no se almacena, por lo que requiere un aporte diario en la dieta. Un tercio del potasio celular está unido a proteínas, el resto se encuentra en forma ionizada, debido a esto, el potasio ionizado origina la fuerza osmótica que mantiene el volumen intracelular adecuado, de igual forma regula el equilibrio ácido-base, también es necesario para numerosas reacciones enzimáticas.

Una pequeña cantidad de potasio en líquido extracelular colabora en la transmisión de los impulsos nerviosos y en la contracción de fibras musculares, el mantenimiento del equilibrio del potasio es especialmente importante para el correcto funcionamiento del músculo cardíaco (Case, 2001; Shimada, 2015).

**Sodio (Na).** El sodio ionizado es el principal catión del líquido extracelular, proporciona la fuerza osmótica básica para mantener el ambiente acuoso del líquido extracelular. Mantiene la permeabilidad de las membranas celulares y la irritabilidad de las células nerviosas y contractibilidad de las fibras musculares. La bomba de sodio controla el equilibrio electrolítico entre el líquido intracelular y extracelular. Es regulador del equilibrio hídrico y ayuda en la absorción de nutrientes (Case, 2001).

**Cloro (Cl).** Los iones de cloro constituyen dos tercios del total de aniones del líquido extracelular y son necesarios para la regulación de la presión osmótica, el equilibrio hídrico y el equilibrio ácido-básico en el organismo. Es necesario para la formación de ácido clorhídrico (HCl) en el estómago, requerido para activar las diversas enzimas gástricas y el inicio de la digestión en el estómago (Case, 2001).

**Magnesio (Mg).** La absorción del magnesio es del 20 al 70% de la dieta, sin embargo, este depende de factores dietéticos y nutricionales como los niveles de P, Ca y K para su absorción intestinal y excreción renal. El 60- 70 % del magnesio presente se encuentra en forma de fosfatos y carbonatos en el hueso, el resto se encuentra en su mayoría en el interior de las células y una pequeña parte en el líquido extracelular, interviene en reacciones metabólicas (componente activo de enzimas) y energéticas (transferencia de fosfatos entre ATP, ADP y AMPc) metabolismo del ADN y ARN, síntesis de proteínas, así como en la función de la membrana muscular y nerviosa y mineralización de los huesos (Case, 2001; Shimada, 2015).

**Azufre (S).** Participa en la síntesis de condroitín sulfato (mucopolisacárido encontrado en el cartílago, la hormona de la insulina y el anticoagulante heparina). Como parte de la cisteína forma parte del tripéptido regulador glutatión, el cual protege a la célula de los peróxidos. Transporta aminoácidos a través de las membranas celulares y forma parte las vitaminas B (biotina y tiamina). La mayor parte del azufre en el cuerpo se encuentra en las proteínas formando parte de la cisteína y metionina (Case, 2001).

**Hierro (Fe).** Elemento traza más abundante en el organismo, la mayor parte del hierro está presente en la hemoglobina y mioglobina, es cofactor de otras enzimas tipo citocromo que intervienen en el transporte de hidrogeniones durante la respiración celular (Case, 2001). Existen 2 formas en el alimento: unido al hem, el cual proviene de origen animal en hemoglobina y mioglobina, presenta mayor absorción y el no unido al hem, en vegetales y granos. El balance de este elemento se mantiene por el ajuste de su absorción, la cual solo se aprovecha de un 5 a 10%, la cantidad que es absorbida depende del nivel corporal del hierro, la disponibilidad en la dieta y la cantidad de hem o no hem en el alimento. (Hand, 2000).

**Cobre (Cu).** La absorción del cobre es regulada por la necesidad del animal y metalotioneinas (proteínas fijadoras de metales). Su máxima concentración de cobre en el organismo se da en el hígado. Es necesario para la absorción y transporte del hierro ingerido, el cobre junto con el hierro es fundamental para la formación normal de la hemoglobina. La mayor parte del cobre sanguíneo esta unido a la proteína plasmática ceruloplasmina, la cual facilita la movilización del hierro a partir de sus depósitos hepáticos. Así mismo el cobre facilita la absorción intestinal del hierro y es un elemento activo en muchas enzimas, es necesario para convertir la tirosina en melanina, reduce el daño celular causado por radicales libres, también está involucrada en la síntesis de colágeno y elastina de los tejidos conectivos y para producir ATP, en la síntesis de mielina en el sistema nervioso (Case, 2001; Hand, 2000).

**Zinc (Zn).** Es el micromineral más abundante en los tejidos corporales. Su balance y absorción es muy influenciada por componentes de la dieta como factores anti nutricionales de los vegetales, sin embargo algunos aminoácidos tienden a favorecer su absorción. Influye en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, es esencial para el transporte de vitamina A, necesario para el mantenimiento de la integridad de la epidermis y ayuda en la cicatrización de las heridas, por lo que está íntimamente relacionado con la salud de la piel, agudeza visual y también es cofactor en la síntesis de ADN, ARN y proteínas, fundamental para la inmunidad celular y función reproductora. Cofactor de aproximadamente 200 enzimas involucradas con la respiración celular. Es requerido para la síntesis de colágeno y queratina (Case, 2001; Shimada, 2015; Hand, 2000).

**Manganeso (Mn).** Elemento mineral involucrado en el funcionamiento mitocondrial. 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 con acción antioxidante (piruvato carboxilasa, glucosil transferasas) (Shimada, 2015).

**Yodo (I).** Necesario para sintetizar las hormonas tiroideas tiroxina y triyodotironina, estas tienen una participación activa en la termorregulación, estimula los procesos celulares oxidativos y regula el metabolismo basal, reproducción, crecimiento y desarrollo y tienen estrecha relación con la piel y pelo. La regulación de las hormonas tiroideas compromete interacciones entre neurotransmisores, hormonas y enzimas del SNC, hipófisis, circulación y tejidos periféricos (Shimada, 2015; Hand, 2000).



**Selenio (Se).** Componente esencial de la glutatión peroxidasa, protegiendo a la membrana celular de los daños oxidativos, ésta desactiva los peróxidos lípidos formados durante la oxidación de los mismos de la membrana celular y protege a las membranas celulares de los daños oxidativos. Está estrechamente relacionado con la vitamina E y con los aminoácidos que contienen azufre, metionina y cisteína. Está involucrado en una adecuada respuesta inmune (Case, 2001).

Específicamente, el exceso o la deficiencia de algunos de los minerales 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 balanceada (Case, 2001).

La biodisponibilidad de los minerales varía entre las sales y este factor debe ser considerado al formular suplementos minerales para su uso en alimentos para mascotas (Grandjean, 2009). A continuación, se muestra en el cuadro 1 las principales fuentes orgánicas de minerales, así como sus deficiencias y excesos en la ingesta.

**Cuadro 1. Fuentes y efectos de las deficiencias e intoxicación de minerales. (Case, 2001; Shimada, 2015).**

<b>Elemento mineral</b>	<b>Deficiencia</b>	<b>Exceso</b>	<b>Fuente</b>
Calcio	Raquitismo, osteomalacia, hiperparatiroidismo nutricional secundario, crecimiento disminuido.	Alteración del desarrollo en esqueleto, nefrosis, deficiencias de otros elementos minerales.	Productos lácteos, carne, huesos, harina de cascarón, concha de ostión.
Fósforo	Raquitismo, osteomalacia y apetito deficiente.	Causa deficiencia de calcio.	Carne de res, cerdo, ave y pescado.

Sodio	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	Parálisis muscular, letargia, problemas locomotores, emaciación y problemas renales y cardíacos.	Paresis y bradicardia	Carne de res, puerco, 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, convulsiones.	Urolitos.	Granos de soya, maíz, cereales y harina de hueso.
Azufre	No reportado.	No reportado.	Carne de res, puerco, ave y pescado.
Hierro	Anemia microcítica hipocrómica.	Deficiencias de manganeso, cobre y zinc, vómitos y diarrea. Hemosiderosis.	Vísceras.
Cobre	Anemia, pobre crecimiento, despigmentación, queratinización de pelo, falla cardíaca.	Enfermedad hepática	Vísceras.

Zinc	Dermatosis, despigmentación del pelo, retraso del crecimiento, falla reproductiva.	Deficiencia de calcio, hierro y cobre.	Hígado de res, carne de aves de corral, leche, yemas de huevo y legumbres.
Manganeso	Deterioro en el crecimiento esquelético, cojera, agrandamiento de las articulaciones, falla reproductiva, retraso del celo y tasas bajas de natalidad.	Deficiencia de hierro.	Carne de res, cerdo, ave y pescado.
Yodo	Bocio, retardo en el crecimiento y falla reproductiva.	Exceso dietético poco probable, puede causar bocio.	Pescado, carne de res, hígado.
Selenio	Miopatías esqueléticas y cardíacas.	Miocarditis necrotizante, hepatitis y nefritis tóxica.	Granos y carne.

## 2.5 CENIZAS

Las cenizas son el residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. El valor de la determinación de las cenizas recae en la calidad que tienen los diferentes alimentos, un exceso implica que las fuentes minerales no son absorbibles por lo tanto no los puede aprovechar el organismo (Iturbe, 2011).

## 2.6 TIPOS DE ALIMENTO COMERCIAL

De acuerdo con la Asociación de Productos Americanos para Mascotas (*American Pet Products Association*, APPA por sus siglas en inglés), se calculó que en Estados Unidos 84.6 millones de hogares tienen mascotas, de los cuales 47.1 millones tienen al menos un gato.

En el año 2017 se calculó que hay aproximadamente 94.2 millones de gatos en Estados Unidos (APPA 2017). En México, aún no hay un censo exacto del número de animales que existen, sin embargo la Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Pequeñas Especies (AMMVEPE) estima que hay alrededor de 28 millones es decir, uno por cada cuatro habitantes, si consideramos que la población es de aproximadamente 114 millones de personas (Gaceta del Senado, 2018).

La revista Forbes estima a través de una encuesta, que 58 de cada 100 viviendas tienen una mascota en México, donde el 29.6% son gatos (Franco, 2013).

A comienzos de la historia de los alimentos para perros y gatos, estos estaban basados en sobras de la comida que consumían los propietarios, evolucionando constantemente y en múltiples formas hasta llegar a ser los alimentos comerciales como los conocemos hoy en día.

Actualmente y debido a la gran variedad de productos que se encuentran disponibles en el mercado, se ha requerido clasificarlos con base en criterios que permitan estandarizarlos de forma simple y concreta (Gutiérrez y Cosío, 2014).

Los productos comerciales son de varios tipos dependiendo de los métodos de elaboración, los ingredientes utilizados y la forma de conservación, dividiéndose en tres clases:

**Húmedos:**

Contienen entre el 60% y 87% de agua, varían entre 3500 a 5000 kcal de energía metabolizable (ME) / kg, tienen un método de elaboración diferente a la extrusión. Hay dos tipos: Alimentos húmedos completos y balanceados y aquellos que son sólo complementos, premios o golosinas.

Los balanceados están hechos a partir de carne, subproductos de ave o pescado, cereales, proteína vegetal, vitaminas, minerales y son esterilizados en latas herméticas con diferentes texturas, mientras que los otros emplean ingredientes cárnicos sin balancear las porciones, no se añaden vitaminas, ni minerales y suelen perder nutrientes después la esterilización (Vaissaire, 2003; Hand, 2002; Case, 2001; Gutiérrez y Cosío, 2014).

### **Semihúmedos:**

Contienen entre el 15 y 30% de agua, y densidad energética 3000 a 4000 kcal/kg, los ingredientes principales son tejidos animales frescos o congelados, cereales, grasas y azúcares simples. La textura es más fina que la de los alimentos secos, lo que confiere mayor palatabilidad y se utilizan ciertos conservadores como el ácido ascórbico. Otro medio de conservación incluye la adición de pequeñas cantidades de acidificantes, como el láctico y el cítrico que disminuyen el pH e inhiben el crecimiento bacteriano, de levaduras y hongos. Estos alimentos se presentan como embutidos o preparaciones con aspecto de carne picada (Case, 2001; Vaissaire, 2003).

### **Secos:**

Cubren el 6 y 10% de humedad y entre el 90 y 93% de materia nutritiva seca (Vaissaire, 2003). La densidad energética es de 4000 a 5000 kcal (EM) / kg en materia seca (MS). En gatos el desglose de nutrientes se estima un 35% de proteína y entre 10 y 20% de grasa, los carbohidratos deben estar presentes en cantidades cercanas o mayores al 40% MS con una alta porción de almidones, necesarios para la textura de extrusión.

Estos pueden tener diferentes presentaciones (granulados, galletas y productos expandidos), estos últimos contienen ingredientes como: cereales, carne, derivados de aves o pescado y algunos productos lácteos, así como, suplementos vitamínicos y minerales, lo cual confiere ventajas de costo y facilidad de manejo y almacenamiento.

La forma que presentan permite la abrasión de los dientes favoreciendo a la salud dental. La extrusión de dichos productos permite reducir la humedad lo que inhibe la posibilidad de crecimiento de hongos y bacterias (Gutiérrez y Cosío, 2014).

Los productos también pueden clasificarse por su calidad nutricional o forma de comercialización.

**Cuadro 2. Clasificación de los alimentos con base en su calidad nutricional (Hand, 2000; Gutiérrez-Cosío 2014; Case, 2001).**

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

## 2.7 ORGANISMOS GUBERNAMENTALES

A partir de 1957 que empezaron a surgir las primeras grandes empresas de comida para perros y gatos, empezó a crecer el número de propietarios que esperaban una mejor nutrición para su mascota de tal forma que empezaron a surgir profesionales, esto debido al creciente interés por la nutrición animal y evaluación del tipo de alimento que se da a las mascotas y con esto, surgen los organismos reguladores que daten los precisos requerimientos para cada especie. Actualmente existen diferentes organismos o agencias gubernamentales que regulan los requerimientos nutricionales para animales, los más relevantes mundialmente son:

a) *National Research Council (NRC)*: El comité NRC está formado por expertos académicos en el campo de la nutrición de animales de compañía, donde se definen sus requerimientos nutricionales. Esta agencia recoge y evalúa investigaciones realizadas por otros comités y dependencias. Incluye un comité amplio sobre nutrición animal que identifica problemas y necesidades en este campo. Las guías de la NRC más recientes para perros y gatos se produjeron en 2006 (Grandjean, Butterwick, 2009). A partir de 1990 los perfiles nutricionales de la AAFCO sustituyeron a las recomendaciones de la NRC como guía básica para la fabricación de alimentos para perros y gatos.

b) *Association of American Feed Control Officials (AAFCO)*: Es la agencia más importante en la regulación de los alimentos comerciales para perros y gatos. Constituida en 1990 la AAFCO especifica el etiquetado y la nomenclatura de los ingredientes de todos los alimentos animales. Hoy en día la AAFCO garantiza que todos los alimentos comercializados en el país estén etiquetados uniformemente y sean nutricionalmente adecuados. 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 Estados Unidos (Grandjean, Butterwick 2009). La última modificación se realizó en 2014 donde los requerimientos nutricionales de perros y gatos fueron semejantes con los de la NRC (AAFCO 2014).

c) *Fédération Européenne de L'Industrie des Aliments Pour Animaux Familiers (FEDIAF)*: Estas guías representan la mejor práctica de la industria en Europa.

d) *Food and Drugs Administration (FDA)*: Esta organización ofrece información sobre los productos de medicamentos aprobados para animales por parte del departamento de agricultura, alimentos y piensos para animales (incluyendo alimentos para mascotas) (FDA 2017). Todos los fabricantes de alimentos deben de cumplir la normativa de la FDA sobre la identificación de los alimentos, pesos netos de las etiquetas, enumeración adecuada de ingredientes, nombre y dirección del fabricante, así como técnicas de elaboración aceptadas.

e) *Pet Food Institute (PFI)*: Organización comercial que representa a los fabricantes de alimentos caninos y felinos, evalúan las normativas actuales y recomiendan los cambios oportunos.

f) *Canadian Veterinary Medical Association (CVMA)*: Administra el programa de certificación de productos para fabricantes de alimentos de animales en Canadá.

En México el organismo regulador es la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SADER), 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.



Sin embargo, estos organismos exigen la inclusión de los ingredientes en las etiquetas, pero no se hace mención de la medición de elementos minerales presentes en los alimentos comerciales y mucho menos la presencia de sus cantidades en las etiquetas (FDA. 2016; NOM-012; NOM-061) lo cual es de gran importancia por razones de salud alimenticia y nutricional, de tal forma que el papel de los valores máximos y mínimos puede ser crucial para evitar deficiencias o excesos que pueden conducir a cierto tipo de enfermedades que llegan a ser fatales como es el caso en el exceso de hierro, cobre, zinc y selenio al causar efectos tóxicos (Dominique, Vaissaire 2000; NOM-012; NOM-061).

A manera de evitar posibles intoxicaciones o deficiencias los organismos reguladores como FEDIAF y AAFCO establecieron los siguientes valores de referencia (Ver Cuadro 3). Para mantener el consumo equilibrado de minerales y otros nutrientes a fin de preservar las funciones esenciales en el organismo.

**Cuadro 3. Valores de referencia de elementos minerales para gatos adultos en mantenimiento (AAFCO).**

<b>Elemento mineral</b>	<b>Valores de referencia mínimos en Base Seca (%)</b>
Calcio (Ca)	0.6%
Fósforo (P)	0.5%
Potasio (K)	0.6%
Sodio (Na)	0.2%
Magnesio (Mg)	0.04%
Hierro (Fe)	80ppm
Zinc (Zn)	75ppm
Cobre (Cu)	5ppm

## **2.8 JUSTIFICACIÓN**

Debido a que los organismos reguladores, tanto nacionales como internacionales no exigen que las etiquetas muestren las concentraciones de elementos minerales, se puede predisponer a la presentación de patologías causadas por un mal balanceo de micronutrientes en el alimento. Por lo tanto, es importante evaluar si cumplen con los requerimientos minerales establecidos por la *Association of American Feed Control Officials* (AAFCO) para gatos en mantenimiento.

## **2.9 HIPÓTESIS**

Los alimentos secos comerciales que fueron analizados para gatos en mantenimiento deberán cumplir con las especificaciones mínimas y máximas de elementos minerales, recomendadas por la *Association of American Feed Control Officials* (AAFCO).

## **2.10 OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar la concentración de diferentes elementos minerales en alimentos secos comerciales para gato mediante absorción atómica y posteriormente evaluar si cumple con las recomendaciones mínimas y máximas establecidas por la *Association of American Feed Control Officials* (AAFCO) para gatos en mantenimiento.

## **2.11 OBJETIVO ESPECÍFICO**

1. Comparar las concentraciones de macrominerales (P, Ca, Mg, Na y K) y microminerales (Cu, Zn y Fe) en alimento seco comercial para gatos adultos en mantenimiento, contra la media de especificaciones mínimas y máximas de la AAFCO.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en los Laboratorios 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 (Figura 1).

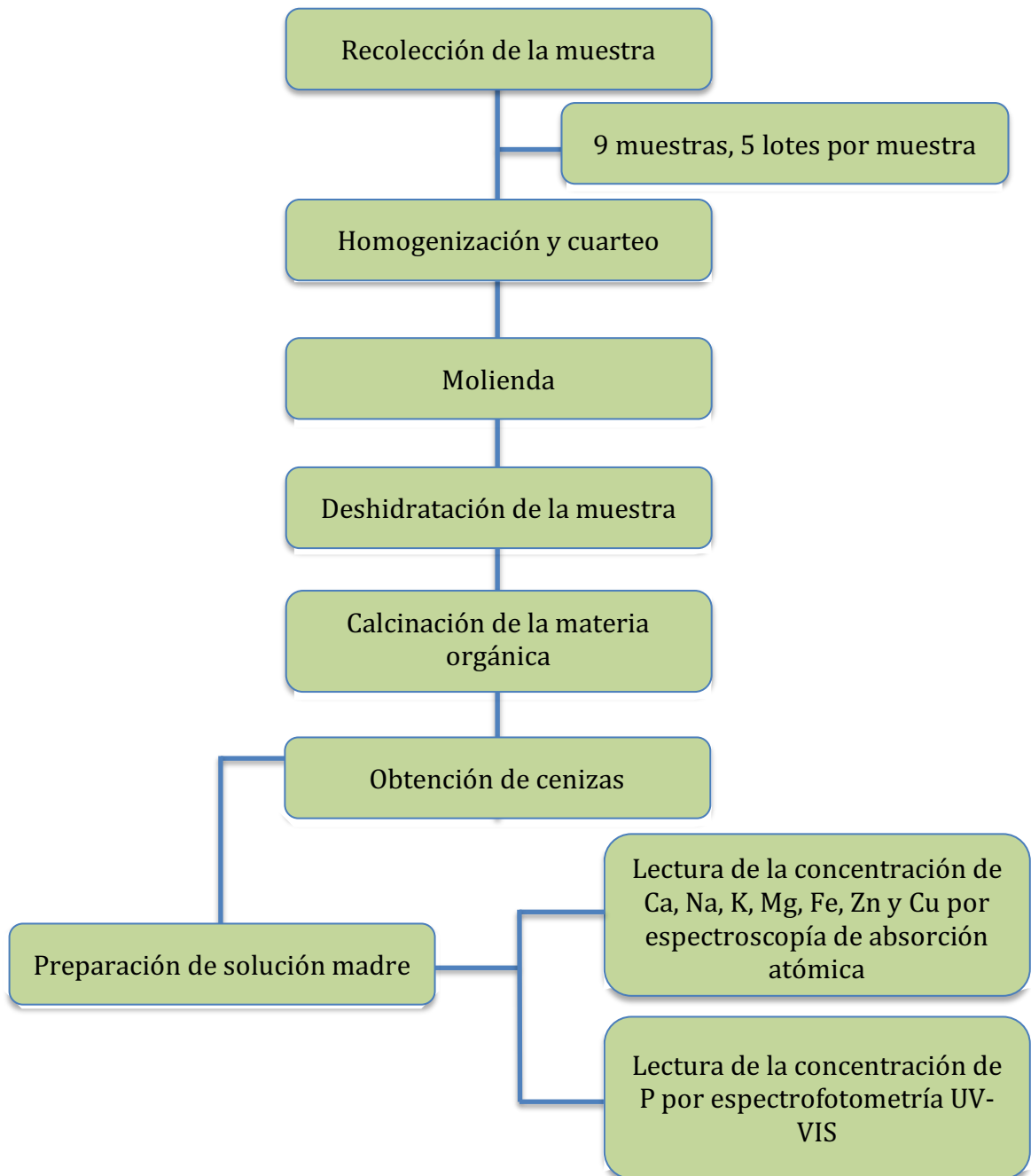


Figura 1 Diagrama general de la metodología para la cuantificación de minerales.

### 3.1 ALIMENTOS ANALIZADOS

Se examinaron 9 marcas de alimento comercial seco para gatos adultos en mantenimiento disponibles a la venta en la Ciudad de México, de estas 9 marcas 3 pertenecen al sector Súper Premium, 3 al Premium y las últimas 3 al de valor. Se analizaron 5 lotes de cada alimento con 3 repeticiones de cada lote, obteniendo así 45 lotes y 135 muestras.

### 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, 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 alimento (Tejeda HI, 1992). Una vez tomadas las muestras de manera aleatoria, se realizó la molienda con la ayuda de un molino hasta que la muestra quedó en partículas lo más finas posible (Figura 2).



Figura 2 Alimento molido de la marca 2 lote 1.

Para la obtención de las cenizas se utilizó el método de la AOAC 942.05 (AOAC 1990). En el cual una vez que se obtiene la partícula fina, se coloca en una estufa para que pierda humedad el alimento a una temperatura de 70°C por 24 horas (Figura 3). Mientras tanto se pesaron los crisoles a temperatura constante.



Figura 3 Secado de muestras en horno de convección a 70°C.

Al siguiente día se pesaron crisoles a peso constante, después se retiraron las muestras de la estufa y metieron a una campana secadora para perder calor sin adquirir humedad, se pesó un gramo de muestra y se quemaron las muestras colocándolas en una parrilla caliente a 200°C para reducir la mayor parte de la materia orgánica posible, después se metieron las muestras a una mufla, un horno, el cual también se calentó a una temperatura de 500°C por un período de 24 horas con el fin de eliminar por completo toda materia orgánica, dejando en los crisoles únicamente la materia inorgánica (Figuras 4 y 5).



Figura 4 Combustión de la materia orgánica.



Figura 5 Mufla con crisoles listos para hacer cenizas.

Al terminar la incineración, la materia sobrante fueron las cenizas o materia inorgánica, la cual se pesó para poder así calcular el porcentaje de cenizas. Con las cenizas se realizaron las soluciones madre para medir los minerales por el método de espectrometría de absorción atómica basado en el método de la AOAC 968.08 (AOAC, 1990).

Para la preparación de la solución madre se requirió una solución de ácido clorhídrico al 25%, se colocaron los crisoles a calentar en una parrilla a 70°C y se adicionaron 15 mL de ácido clorhídrico (Figuras 6 y 7). A este proceso se le llama digestión en seco (AOAC, 927.02, 1990).



Figura 6 Crisoles con cenizas en desecador.



Figura 7 Solubilización de las cenizas, crisoles con solución de HCl al 25%

Posteriormente se dejaron enfriar, se filtraron y aforaron en un matraz aforado a 50 mL con agua desionizada para ser depositados en envases (Figura 8).

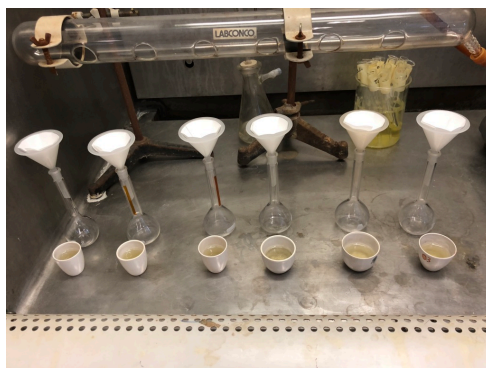


Figura 8 Matraces aforados de 50 mL con papel filtro y crisoles con la solución de HCl.

### 3.3 OBTENCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS MINERALES

Para la obtención de las concentraciones de elementos minerales en los alimentos comerciales se utilizaron dos técnicas diferentes:

1. La concentración de Ca, Na, K, Mg, Fe, Zn y Cu se obtuvo por espectroscopía de absorción atómica, según el método AOAC 968.08 (AOAC, 1990) (Figura 9).
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, 1990 (AOAC, 1990) (Figura 10).



Figura 9 Espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer®



Figura 10 Espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer®

Para la medición de los minerales Ca, Na, K, Mg, Fe, Zn y Cu se tuvieron que realizar series de diluciones con sus respectivas curvas de calibración con las cuales se establecieron los rangos lineales entre los que pueden entrar los parametros de cada mineral de las soluciones madre, de tal forma que se hicieron diluciones en 1:10, 1:50, 1:100 (Figura 11).



Figura 11 Diluciones con una concentración de 1:50 en matraces aforados de 50ml.

Para la medición del fósforo (P) se preparó la solución de molibdo-vanadato la cual permitió la medición del mineral siendo esta la solución contraste, se realizó también una curva de calibración para tener el rango lineal para la concentración de las muestras (Figura 12).



Figura 12 Espectrofotometro UV-Vis con las respectivas diluciones para la medición del P.



### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se llevó a cabo un estudio comparativo para saber la diferencia significativa de las concentraciones de las cenizas y elementos minerales contra las especificaciones establecidas por AAFCO.

El diseño del estudio fue completamente aleatorizado, con un factor fijo (alimento con 9 tratamientos conformados por marca y calidad) y un factor aleatorio (lote anidado en alimento). Se seleccionaron cinco lotes para cada alimento y de cada lote se seleccionaron tres muestras de alimento aleatoriamente, siendo la unidad experimental la muestra de croquetas y las respuestas a estudiar la concentración de: cenizas, Ca, Na, P, K, Mg, Fe, Zn y Cu. El análisis fue realizado con el programa JMP 7 del SAS Institute, el modelo que representa el experimento fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + l_{j(i)\text{aleatorio}} + \varepsilon_{k(ij)} \quad \varepsilon_{k(ij)} \text{ iid } N(0, \sigma^2)$$

$Y_{ijk}$  : valor de la respuesta estudiada en la muestra  $k$ , del lote  $j$ , en el tratamiento  $i$ .

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$k = 1, 2, 3$$

$\alpha_i$  : efecto del tratamiento  $i$ .

$$i = 1, \dots, 9$$

$l_{j(i)\text{aleatorio}}$  : efecto del lote  $j$  anidado en el tratamiento  $i$ , aleatorio.

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5$$

$\varepsilon_{k(ij)}$ : error aleatorio de la muestra  $k$  anidado en tratamiento  $i$  y lote  $j$ . aleatorio

$$i = 1, \dots, 9$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5$$

$$k = 1, 2, 3$$

## 4. RESULTADOS

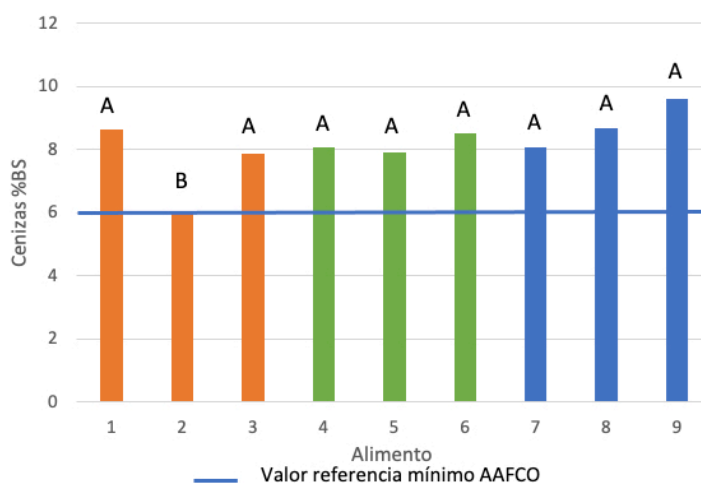
### CENIZAS

Se encontró que el alimento 2 es el único alimento que se encuentra dentro del límite permitido en base a los registros de cenizas proporcionados por la AVMA y CVMA, los alimentos restantes se encuentran por encima de límite superior. A su vez el alimento 2 presenta una diferencia estadísticamente significativa respecto a todos los demás (Cuadro 4) (Figura 13).

**Cuadro 4. Concentración promedio de cenizas BS (%) para cada alimento**

Alimento	(Medias/min cuadrados)
2	6.027 <sup>B</sup>
1	8.616 <sup>A</sup>
3	7.873 <sup>A</sup>
4	8.074 <sup>A</sup>
5	7.896 <sup>A</sup>
6	8.494 <sup>A</sup>
7	8.074 <sup>A</sup>
8	8.687 <sup>A</sup>
9	9.612 <sup>A</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 13: Comparación de la ceniza de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AVMA y CVMA.**

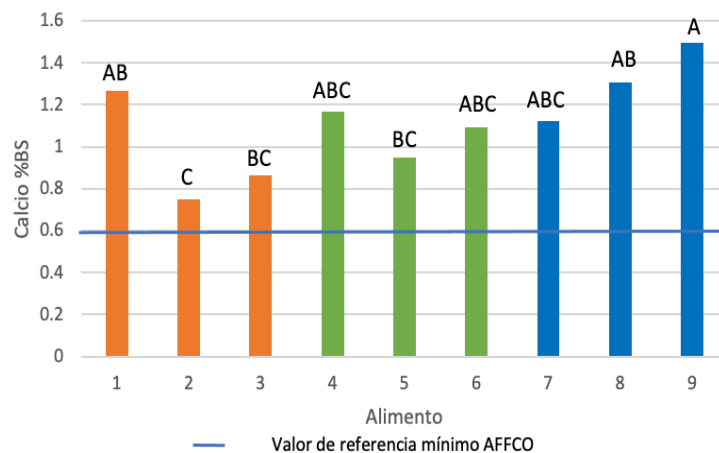
## Ca

De acuerdo con los resultados de este estudio no se encontraron diferencias significativas con el valor de referencia reportado por AAFCO. Sin embargo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los alimentos de valor, premium y super premium, de tal forma que la diferencia encontrada corresponde al alimento 9 con los alimentos 5 , 3 y 2. De los alimentos 8 y 1 con el alimento 2 (Cuadro 5) (Figura 14).

**Cuadro 5. Concentración promedio de Ca (%) para cada alimento.**

Alimento	(Medias/min cuadrados)
9	1.494 <sup>A</sup>
8	1.309 <sup>AB</sup>
1	1.265 <sup>AB</sup>
4	1.165 <sup>ABC</sup>
7	1.128 <sup>ABC</sup>
6	1.095 <sup>ABC</sup>
5	0.949 <sup>BC</sup>
3	0.862 <sup>BC</sup>
2	0.750 <sup>C</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 14: Comparación de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AAFCO para el porcentaje de calcio.**

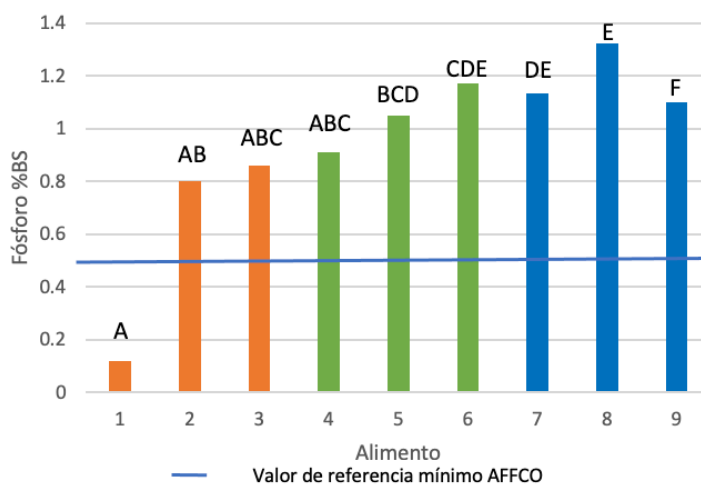
## P

De acuerdo con los resultados de este estudio, para el caso del fósforo, se encontraron diferencias en cuanto al valor de referencia reportado por AAFCO, estando por debajo del valor mínimo en el caso del alimento 1. También se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el alimento 8 y los alimentos 5, 4, 3, 2, 1. Del alimento 6 con los alimentos 4, 3, 2 y 1. De los alimentos 7 y 9 con los alimentos 3, 2 y 1. Del alimento 5 con el alimento 2 y 1. De los alimentos 4, 3 y 2 con el alimento 1. (Cuadro 6)

**Cuadro 6 Concentración promedio de P (%) para cada alimento.**

Alimento	(Medias/min cuadrados)
8	1.324 <sup>A</sup>
6	1.170 <sup>AB</sup>
7	1.132 <sup>ABC</sup>
9	1.099 <sup>ABC</sup>
5	1.050 <sup>BCD</sup>
4	0.912 <sup>CDE</sup>
3	0.858 <sup>DE</sup>
2	0.802 <sup>E</sup>
1	0.120 <sup>F</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 14: Comparación de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AAFCO para el porcentaje de Fósforo.**

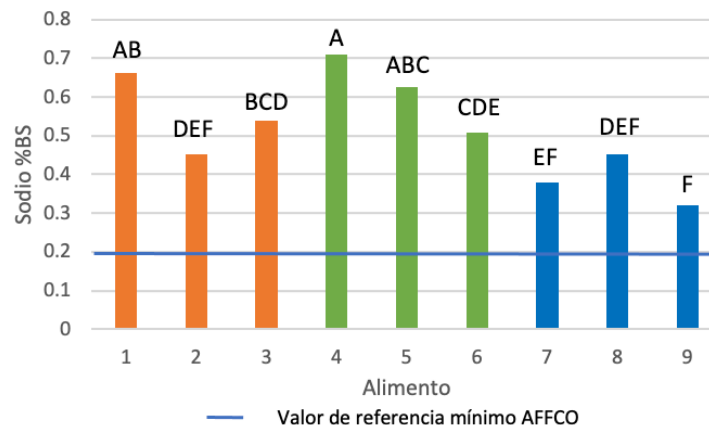
## Na

De acuerdo con los resultados de este estudio no se encontraron diferencias con el valor de referencia reportado por AAFCO, cumpliendo así con los valores estadísticamente hablando en cuanto al mineral sodio. Sin embargo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los alimentos de valor, premium y super premium, de tal forma que la diferencia encontrada corresponde al alimento 4 con los alimentos 3, 6, 8, 2, 7 y 9. Del alimento 1 con los alimentos 6, 8, 2, 7 y 9. Del alimento 5 con los alimentos 8, 2, 7 y 9. Del alimento 3 con los alimentos 7 y 9. Del alimento 6 con el alimento 9. (Cuadro 7)

**Cuadro 7. Concentración promedio de Na (%) para cada alimento.**

Alimento	(Medias/min cuadrados)
4	0.708 <sup>A</sup>
1	0.661 <sup>AB</sup>
5	0.624 <sup>ABC</sup>
3	0.539 <sup>BCD</sup>
6	0.506 <sup>CDE</sup>
8	0.453 <sup>DEF</sup>
2	0.453 <sup>DEF</sup>
7	0.379 <sup>EF</sup>
9	0.319 <sup>F</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 15: Comparación de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AAFCO para el porcentaje de sodio.**

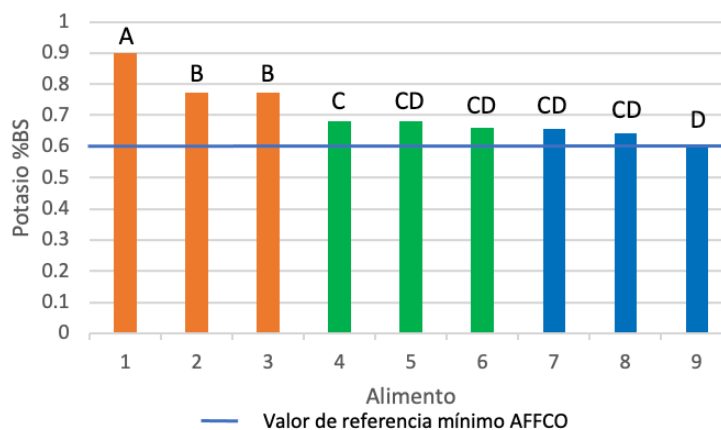
## K

De acuerdo con los resultados de este estudio, para el caso del potasio, se encontraron diferencias en cuanto al valor de referencia reportado por AAFCO, estando por debajo del valor mínimo en el caso del alimento 8. También se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el alimento 1 con todos los demás y de los alimentos 9 y 5 con los alimentos 6, 2, 4, 3, 7 y 8. Del alimento 6 con el alimento 8. (Cuadro 8)

**Cuadro 8. Concentración promedio de K (%) para cada alimento**

Alimento	(Medias/min cuadrados)
1	0.898 <sup>A</sup>
9	0.773 <sup>B</sup>
5	0.771 <sup>B</sup>
6	0.682 <sup>C</sup>
2	0.680 <sup>CD</sup>
4	0.660 <sup>CD</sup>
3	0.655 <sup>CD</sup>
7	0.640 <sup>CD</sup>
8	0.595 <sup>D</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 16: Comparación de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AAFCO para el porcentaje de Potasio.**

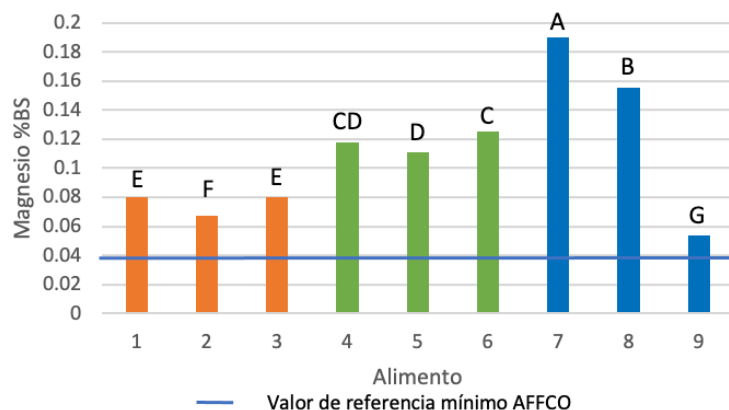
## Mg

De acuerdo con los resultados de este estudio no se encontraron diferencias con el valor de referencia reportado por AAFCO, cumpliendo así con los valores estadísticamente hablando en cuanto al mineral magnesio. Sin embargo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los alimentos de valor, premium y super premium, de tal forma que la diferencia encontrada corresponde al alimento 7 con todos los demás, del alimento 8 con todos los demás. Del alimento 6 con los alimentos 5, 3, 1, 2 y 9. De los alimentos 4 y 5 con los alimentos 3, 1, 2 y 9. De los alimentos 3 y 1 con los alimentos 2 y 9. Del alimento 2 con el alimento 9. (Cuadro 9)

**Cuadro 9. Concentración promedio de Mg (%) para cada alimento**

Alimento	(Medias/min cuadrados)
7	0.189 <sup>A</sup>
8	0.155 <sup>B</sup>
6	0.125 <sup>C</sup>
4	0.117 <sup>CD</sup>
5	0.110 <sup>D</sup>
3	0.080 <sup>E</sup>
1	0.080 <sup>E</sup>
2	0.067 <sup>F</sup>
9	0.053 <sup>G</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 17: Comparación de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AAFCO para el porcentaje de Magnesio.**

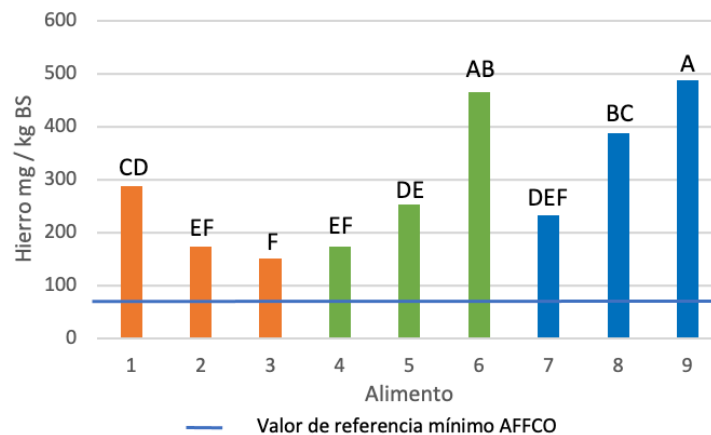
## Fe

De acuerdo con los resultados de este estudio no se encontraron diferencias con el valor de referencia reportado por AAFCO, cumpliendo así con los valores estadísticamente hablando en cuanto al mineral Hierro. Sin embargo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los alimentos de valor, premium y super premium, de tal forma que la diferencia encontrada corresponde al alimento 9 con los alimentos 8, 1, 5, 7, 4, 2 y 3. Del alimento 6 con los alimentos 1, 5, 7, 4, 2 y 3. Del alimento 8 con los alimentos 5, 7, 4, 2 y 3. Del alimento 1 con los alimentos 4, 2 y 3. Del alimento 5 con el alimento 3. (Cuadro 10)

**Cuadro 10. Concentración promedio de Fe (ppm) para cada alimento**

Alimento	(Medias/min cuadrados)
9	487.789 <sup>A</sup>
6	465.415 <sup>AB</sup>
8	386.503 <sup>BC</sup>
1	287.816 <sup>CD</sup>
5	252.605 <sup>DE</sup>
7	232.935 <sup>DEF</sup>
4	172.539 <sup>EF</sup>
2	171.988 <sup>EF</sup>
3	149.846 <sup>F</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 18: Comparación de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AAFCO en partes por millón de Hierro.**



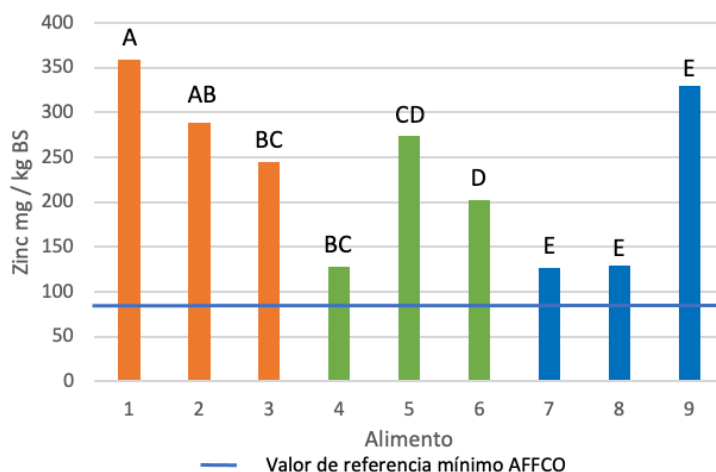
## Zn

De acuerdo con los resultados de este estudio no se encontraron diferencias con el valor de referencia reportado por AAFCO, cumpliendo con los valores estadísticamente hablando en cuanto al mineral zinc. Sin embargo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los alimentos de valor, premium y super premium, de tal forma que la diferencia encontrada corresponde al alimento 1 con los alimentos 2, 5, 3, 6, 8, 4 y 7. Del alimento 9 con los alimentos 3, 6, 8, 4 y 7. De los alimentos 2 y 5 con los alimentos 6, 8, 4 y 7. De los alimentos 3 y 6 con los alimentos 8, 4 y 7. Se puede decir que los alimentos 8, 4 y 7 difieren de todos los demás y tienen las concentraciones más bajas. (Cuadro 11)

**Cuadro 11. Concentración promedio de Zn (ppm) para cada alimento**

Level	(Medias/min cuadrados)
1	358.794 <sup>A</sup>
9	329.789 <sup>AB</sup>
2	288.902 <sup>BC</sup>
5	273.442 <sup>BC</sup>
3	245.382 <sup>CD</sup>
6	202.512 <sup>D</sup>
8	129.439 <sup>E</sup>
4	127.344 <sup>E</sup>
7	126.588 <sup>E</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 19: Comparación de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AAFCO para el porcentaje de Zinc.**

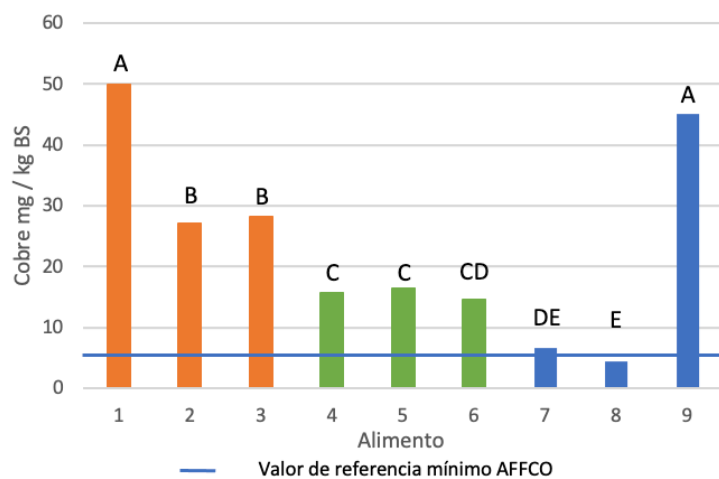
## Cu

De acuerdo con los resultados de este estudio, para el caso del cobre, se encontraron diferencias en cuanto al valor de referencia reportado por AAFCO, estando por debajo del valor mínimo en el caso del alimento 8. De la misma forma también se encontraron diferencias estadísticamente significativas de los alimentos 1 y 9 con todos los demás alimentos (pero no entre ellos), de los alimentos 3 y 2 con todos los demás alimentos (pero no entre ellos), de los alimentos 5 y 4 con los alimentos 7 y 8. Del alimento 6 con el alimento 8. (Cuadro 12)

**Cuadro 12. Concentración promedio de Cu (ppm) para cada alimento**

Alimento	(Medias/min cuadrados)
1	49.931 <sup>A</sup>
9	45.153 <sup>A</sup>
3	28.188 <sup>B</sup>
2	27.080 <sup>B</sup>
5	16.380 <sup>C</sup>
4	15.636 <sup>C</sup>
6	14.496 <sup>CD</sup>
7	6.592 <sup>DE</sup>
8	4.333 <sup>E</sup>

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )



**Figura 20: Comparación de los alimentos de acuerdo a su valor nutricional (super premium, premium y valor) con los valores referidos por AAFCO para el porcentaje de fósforo.**

#### **4.1 Comparación entre las categorías de alimento clasificado con base en su calidad nutricional.**

Los alimentos que fueron analizados en este estudio, procedentes de diferentes clasificaciones (super premium, premium y de valor), presentan diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en cuanto a su porcentaje de cenizas, calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, hierro, zinc y cobre, por lo que presentan una calidad nutricional diferente entre las 9 marcas.

### **5. DISCUSIÓN**

El número de personas que actualmente tiene un perro o un gato va creciendo fuertemente, lo que ha permitido que la industria del alimento se vea influenciada de la misma manera, hoy en día se pueden encontrar muchas marcas diferentes de alimento para perros y gatos en diversas presentaciones, el mercado que va creciendo cada vez más, exige dietas apropiadas así como presentaciones nuevas., pero la falta de normativas da lugar a que los alimentos no sean necesariamente nutritivos o que el balanceo no sea correctamente apropiado, lo que da como resultado muchos problemas de salud especialmente enfermedades de origen nutricional, en este caso los problemas por excesos o deficiencias de minerales se ven agravados. Estos problemas dan lugar a la necesidad de que sean analizados los alimentos para evaluar las dietas comerciales en la concentración de dichos elementos minerales. Actualmente no se requiere garantía del contenido de cenizas en el etiquetado de alimentos para mascotas (AAFCO, 2014).

La finalidad de este estudio fue llevar a cabo la cuantificación de ciertos minerales (calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, hierro, zinc y cobre), así como de cenizas en alimento seco comercial para gatos en mantenimiento, para poder compararlos con los valores mínimos recomendados en los registros de la

*Association of American Feed Control Officials (AAFCO)*, para así saber si las diferentes presentaciones cumplen con los requerimientos establecidos de máximos y mínimos. Las concentraciones fueron obtenidas en porcentaje de materia seca y en miligramos por kilogramo de materia seca (mg / kg) para que fuera posible comparar todos los datos obtenidos con los valores de referencia establecidos por AAFCO. La importancia de este estudio recae en que hasta el momento hay solo tres estudios registrados para saber si los alimentos cumplen con los requerimientos establecidos por AAFCO, dos de ellos son específicos para alimentos en perros, en Estados Unidos (Gagné, 2013) y en la Universidad Nacional Autónoma de México (Pérez, 2017), mientras que el otro es un estudio completo del alimento comercial para perros y gatos en Reino Unido bajo las guías de la *Fédération Européenne de L'Industrie des Aliments Pour Animaux Familiars (FEDIAF)* (Davies, 2017), es por eso que este estudio se centra en la cuantificación de minerales específicamente en alimento para gatos en mantenimiento, ya que en México no se ha reportado ningún estudio similar en gatos.

Las cenizas consisten en los productos inorgánicos resultantes después de la incineración de la materia orgánica de las muestras objeto de estudio en aquellos equipos de laboratorio propios para el procesamiento de muestras (Mufla, incinerador, parrillas para calcinar, etc.), éstas contienen todos aquellos elementos macro y micro minerales así como minerales traza. El alto contenido de cenizas en un alimento seco para gato (>6% MS) es un indicador de que existe una menor calidad de ingredientes, la cual da como resultado una menor digestibilidad (Pérez 2017, AVMA, 2009). Debido a esto el contenido de cenizas puede hablar de la calidad de ingredientes que maneja el alimento y por ende la calidad nutricional del producto. En el estudio realizado por (Davies, et al, 2017), confirma que las dietas comerciales o de valor tienen porcentajes más altos de cenizas.

En este estudio se analizaron 9 alimentos, 3 super premium, 3 premium y 3 de valor, de los cuales 8 presentaron un porcentaje de cenizas mayor al límite

superior referido por AVMA y CVMA siendo este del 6% en base seca para alimentos secos para gato en mantenimiento, sin embargo el contenido mineral que se cuantificó si se encuentra dentro de los parámetros ideales proporcionados por AVMA y CVMA, por lo que podemos decir que el resto de minerales no medidos es lo que realmente saca del límite superior a cada uno de los alimentos estudiados. En este caso no podemos hablar de una mala calidad debido a que ninguno de los diferentes alimentos sobrepasa el 10% de cenizas. Por otro lado el alimento número 2 sí cumplió con los valores referidos por la AVMA y CVMA presentando un 6.02% de cenizas en base seca. Con base a los resultados de este estudio se puede decir que el exceso de cenizas en los alimentos no tiene una importancia significativa ya que los elementos minerales a evaluar, mayormente macrominerales (los cuales se interpretan más adelante) se encuentran en su mayoría dentro de los rangos establecidos por la AVMA, CVMA así como por la AAFCO y dado que la cantidad de cenizas que posee el alimento no es un requerimiento, podemos decir que los resultados no son significativos para causar alteraciones en los animales después su ingesta (AVMA, 2009; Hand, 2000).

Los niveles de calcio para todas las muestras de alimento para gato adulto en mantenimiento se encontraron dentro de los límites permitidos por AAFCO, lo cual es esencial dado que los problemas nutrimentales en caso de un exceso o una deficiencia podrían ser cruciales para el desarrollo y vida de los animales. Las deficiencias de calcio hoy en día son raras debido a que se cuida la formulación de los alimentos, sin embargo algunos desequilibrios pueden suceder a consecuencia de prácticas dietéticas inadecuadas. La causa más frecuente de deficiencia de calcio son las dietas basadas en vísceras y carne en gatitos los cuales son deficientes en calcio, provocando así el síndrome de hiperparatiroidismo nutricional secundario. Otras enfermedades del desarrollo del crecimiento y pérdida de masa ósea se han registrado por bajos niveles de calcio (Case, 2001), así mismo una hipovitaminosis D con o sin bajos niveles de calcio puede provocar raquitismo (Pibot, et al. 2006).

En el caso del fósforo, este estudio destacó el alimento 1, el cual presentó los niveles más bajos de fósforo de todos los alimentos por lo que tuvo una diferencia significativa con todos los alimentos, incluso sin presentar el mínimo requerido por la AAFCO. En el estudio realizado por (Davies, et al, 2017), se obtuvo como resultado que los alimentos secos para gatos mostraban un mayor nivel de fosforo en las dietas secas.

En un estudio de (Kienzle, et al, 1998a) donde se evaluó el efecto de dietas con deficiencia de fósforo, se mostró que la deficiencia de fósforo derivada de dietas altas en calcio, para este caso con una relación Ca:P de 4:1 causa anemia hemolítica, alteraciones locomotoras, así como acidosis metabólica (Kienzle, et al, 1998a). Por otro lado se analizó un estudio donde inversamente se observó un exceso de fósforo a consecuencia de una suplementación con fósforo (Fulton and Fruechte, 1991; NRC, 2006), de igual forma se analizó un estudio en donde se comprobó que las dietas altas en fósforo provocan deficiencias en calcio y magnesio (Pastoor, et al, 1995b).

En una dieta común, el fósforo se absorbe alrededor de un 60 a un 70%, la disponibilidad del fósforo en los ingredientes de origen animal es mayor que en los de origen vegetal, ya que se encuentra su forma orgánica en la carne (Hand, 2000). En el caso del alimento 1 el cual presenta notable deficiencia de fósforo, se puede decir que de ser consumido constantemente cause problemas óseos tales como osteomalacia así como causar desequilibrio en relación al calcio.

En el sodio este estudio no se encontró ninguna diferencia en cuanto a los límites referidos por AAFCO, sin embargo la diferencia entre marcas de alimento es de interés debido a que el exceso podría ocasionar deshidratación así como hipertensión, constipación y convulsiones (Hand, 2000), por otro lado el sodio también sirve como palatante el cual promueve la ingesta de una manera más fácil así como también la ingesta de consumo de agua, es importante observar la conducta de los animales y de ser necesario hacer pruebas sanguíneas para

descartar posibles intoxicaciones que conlleven a futuras complicaciones tanto nutricionales como de salud que repercutan el estado íntegro del animal.

Los resultados del potasio en este estudio revelaron que el alimento 8 presenta una deficiencia marginal, encontrándose en un 0.59% lo cual no es significativo para clasificarlo como posible causa de enfermedades, sin embargo es de importancia señalar que de disminuir más los niveles si podría ejercer efectos negativos, que afecten el equilibrio osmótico, contracciones musculares, hasta posibles daños renales y cardiacos.

Este alimento presentó una diferencia significativa en cuanto a los demás alimentos, debido a que hay diferente cantidad del mineral entre marcas, como no hay un registro por parte de la AAFCO para definir el límite superior, las otras muestras se encuentran en un margen amplio el cual permite esta brecha entre lo suficiente y lo posiblemente excesivo, tal es el caso del alimento 1 el cual presenta un 0.89%, al no haber una normativa sobre el límite superior seguro no podemos asegurar que no sean niveles tóxicos, sin embargo no se han hecho estudios que presenten concentraciones tóxicas con tales valores, tampoco hay ningún registro de efectos adversos por consumo excesivo de potasio. En el estudio de (Dow, et al, 1987) se observó deficiencia de potasio en dietas comerciales de nueve gatos adultos conteniendo 3.4 g/kg BS de potasio, en este caso se observó una elevada concentración de creatinina en la mayoría de los gatos (7 de ellos), con una alta excreción de potasio, lo que sugirió que las pérdidas de potasio son altamente sugerentes de una respuesta a una disfunción renal en gatos. En otro estudio realizado por (Buffington, et al, 1991) también se analizó el efecto de dietas comerciales no purificadas deficientes en potasio en gatos adultos, donde los resultados fueron similares al de (Dow, et al, (1987) ya que de 10 gatos 3 gatos mostraron excreción renal de potasio con incremento de la creatinina y dos de tres gatos presentaron acidosis metabólica, al final los tres ejemplares mostraron falla renal con hipercalemia.

La absorción del potasio es de un 90% a 95% (NRC, 2006) y tiene lugar principalmente en el intestino por difusión simple, y aunque tiene una disponibilidad del 95% en los alimentos no se almacena fácilmente, por lo que es importante la adición de este mineral en la dieta (Hand, 2000).

La absorción del magnesio va del 20% al 70% del contenido en la dieta, la cual se ve influenciada por diferentes factores incluyendo los niveles de Ca, P, K, grasa y proteína. Los riñones juegan un papel muy importante en la homeostasis del magnesio ya que aproximadamente el 70% del magnesio absorbido se filtra por el glomérulo, logrando una absorción hasta de un 95%, por lo que al haber una alteración en riñones, la excreción del magnesio se ve incrementada. En un estudio se comprobó que las dietas con alto contenido de fósforo provocan mayor eliminación de magnesio y a su vez también una menor absorción (Pastoor, et al, 1995b).

(Pastoor, et al, 1994b) realizó otro estudio donde también se señala una disminución en la absorción del magnesio a partir de dietas con alto contenido de calcio. Así como en el otro estudio, se dedujo que las dietas altas tanto en fósforo como en calcio promueven la formación de un compuesto insoluble de calcio-magnesio-fosfato, el cual inhibe la absorción del magnesio en intestino delgado.

En este estudio se observó que todos los alimentos cumplen con los requerimientos mínimos de magnesio prescritos por AAFCO, sin embargo es de importancia señalar que al no contar con los límites superiores nos encontramos con 4 marcas que podrían tener cierto impacto en la salud de los gatos adultos en un cierto periodo de tiempo, siendo los más altos los alimentos 7 y 8 contando con 0.18 y 0.15 % BS respectivamente, esto podría resultar en una posible urolitiasis por cristales de estruvita derivado de los altos contenidos de magnesio, se sabe que los cristales de estruvita se forman por una concentración saturada de magnesio, amoníaco y fosfato con un pH favorable para que se precipiten los cristales, el cual debe ser alcalino, 7.0 o superior (Case, 2001).



Se ha demostrado que el mejor método para prevenir la formación de urolitos es controlar el pH urinario antes que las concentraciones de magnesio las cuales pueden incluso llegar a 1 g/kg BS (NRC, 2006).

La fuente de hierro proveniente de tejido animal contiene mayor nivel de absorción debido al grupo heme contenido en los tejidos, los factores dietéticos que pueden inhibir la absorción son la presencia de fitatos, fosfatos, oxalatos y exceso de zinc. Solo del 5-10% del hierro contenido en la dieta es absorbido por el organismo a consecuencia de varios factores como lo son el pH intestinal, un pH ácido más favorable para la absorción.

En el caso de hierro no se observaron diferencias en cuanto a las concentraciones mínimas recomendadas por AAFCO, sin embargo si hubo diferencias significativas entre todas las marcas de alimentos presentando los alimentos 9, 6 y 8 las concentraciones más altas con 487, 465 y 386 partes por millón (ppm). Las intoxicaciones con hierro no son comunes debido al porcentaje de absorción tan bajo que presenta, sin embargo como la mayoría de los oligoelementos o minerales traza es tóxico al consumirse en exceso.

Se realizó un estudio para comprobar los límites inferiores de hierro, donde se confirmó que las dietas con menos de 80 mg de Fe/kg en gatitos destetados resulto en niveles bajos de hemoglobina así como un hematocrito muy bajo (Chausow and Czarnecki-Maulden, 1987). Los signos de deficiencia de hierro reportados en gatos son: membranas mucosas pálidas, letargia, debilidad, pérdida de peso o falta de ganancia de peso, hematuria y melena. (NRC, 2006). De tal forma la causa más común de deficiencia de hierro en perros y gatos son las pérdidas de sangre causantes de una anemia regenerativa, microcítica-hipocrómica ya sea por endoparásitos, ectoparásitos, hemorragias en piel, coagulopatías, trombocitopenia y hemorragias gastrointestinales por úlceras o neoplasias (Naigamwalla, et al, 2012).

En un estudio se comenta la importancia de la sobredosis de hierro debido al uso de multivitamínicos o medicamentos causando toxicidad al absorberse en intestino, en la hemosiderosis, hay un incremento asintomático de la deposición de hierro en los tejidos y la hemocromatosis, caracterizada por la disfunción secundaria de los órganos debido a lesiones inducidas por el hierro (McCown, Specht, 2011). La dosis letal se alcanza entre los 100 y 200 mg/kg de hierro, mientras que la NRC reporta una dosis letal de hierro en forma de sulfato ferroso heptahidratado mayor a los 500 mg/kg base húmeda (BH). La signología inicial de una intoxicación de hierro se aprecia con una irritación y distensión gastrointestinal aguda, seguido de un colapso vascular periférico caracterizado por debilidad, letargia y pulso rápido, hipotensión, cianosis y ataxia seguido de un posible coma, el cuadro se complica con edema pulmonar y falla hepática fulminante lo que desemboca en la muerte (McCown, Specht, 2011).

El zinc es relativamente no tóxico, sin embargo la deficiencia es más común debido a que la disponibilidad del zinc depende de los niveles de concentración de calcio, fitatos, fosfatos, cobre, hierro, cadmio y cromo. El efecto antagonista del calcio es mayor cuando hay presencia de fitatos, resultando complejos insolubles de los tres minerales, las altas concentraciones de magnesio, hierro y cobre también pueden aumentar o potenciar el efecto de los fitatos en la absorción del zinc sin embargo no tanto como el efecto del calcio, dichas cantidades de minerales no han sido reportadas en algún alimento para perros o gatos. Hoy en día las fuentes de Zn son muy variadas, desde carnes rojas como la res, así como algunos granos enteros y algunas leguminosas, sin embargo algunos vegetales interfieren con la absorción del zinc, los fitatos, contienen mayor contenido en cereales como maíz, trigo y arroz así como la soya, cacahuates y ajonjolí.

Actualmente no han sido reportado casos de intoxicación por zinc en gatos, sin embargo se sabe que de forma inversa un exceso de zinc causa una deficiencia en calcio y cobre (Case, 2001). Por otro lado las deficiencias de zinc desarrollan predisposición a enfermedades cutáneas así como un crecimiento disminuido y

retardado así como atrofia testicular, un estudio reportó lesiones en piel y retraso en el crecimiento en gatitos alimentados con una dieta basada en vegetales con un contenido de zinc de 40 mg/kg (NRC, 2006; Aiken, et al, 1978).

En este estudio todos los alimentos coincidieron con las especificaciones establecidas por AAFCO para el zinc, por lo que las únicas diferencias marcadas corresponden a las diferentes concentraciones de los diferentes alimentos. En cuanto al alimento 1 y 9 se observaron concentraciones por 358 mg/kg para el alimento 1 y 329 mg/kg marcando la mayor diferencia significativa, sin embargo se realizó un estudio en el cual no se observaron cambios aparentes en la salud de gatos adultos con dietas de 600 mg/kg por lo que una posible intoxicación queda completamente descartado estando todos los alimentos en un margen adecuado para poder ser consumidos con seguridad (NRC, 2006).

El organismo de los gatos contiene muy pequeñas cantidades de cobre, después de ser absorbido por el intestino el cobre se une o fija a la albúmina plasmática y viaja hasta hígado, la mayor parte del cobre se encuentra unido o fijado a metalotioneinas en el hígado, donde después se unen a la ceruloplasmina. Las concentraciones de cobre son un indicador del estado de salud del animal, dado su almacenamiento en hígado y excreción biliar.

El cobre no se encuentra fácilmente en altas cantidades en el alimento para mascotas, las fuentes disponibles con mayor contenido de cobre son el salvado y germen de los granos, por lo que generalmente se tiene que adicionar como suplemento en los alimentos comerciales.

En este estudio los resultados del alimento 8 no cumplieron con las especificaciones de AAFCO para el requerimiento mínimo de cobre con una media de 4.3 mg / kg de BS siendo el requerimiento mínimo de 5ppm, en este caso los animales que ingieran este alimento están expuestos a deficiencias de cobre que puedan derivar en otras patologías debido al papel que juega el cobre junto con el

hierro. El alimento 7 se encuentra arriba del límite inferior de igual manera por lo que no representa un problema para el consumo sin embargo sería importante que los valores subieran un poco más para evitar complicaciones.

De manera opuesta los alimentos 1 y 9 cuentan con valores muy altos, 49.9 mg/kg de BS y 45.1 mg/kg de BS, al no tener referencia del límite superior no podemos asumir que son propensos a causar intoxicaciones. En un estudio que se realizó en perros, se observó que con una dosis de 165 mg/kg de sulfato de cobre los perros sufrieron intoxicaciones vomitando y muriendo en un periodo de 4 horas (Gubler, et al, 1953) sin embargo aún no hay estudios recientes que documenten los niveles de intoxicación en gatos, así como los efectos adversos de un exceso en la ingesta normal de gatos adultos. En otro estudio realizado por (Doong, et al, 1983) se observó a gatitos destetados alimentados con menos de 1.0 mg de Cu por 1000 kcal de energía metabolizable, demostrando la deficiencia por la disminución de ganancia de peso y poca concentración de cobre en hígado.

## 6. CONCLUSIÓN

Todos los alimentos evaluados son de diferente calidad nutricional en base a sus ingredientes y clasificación en el cuadro 2, debido a que el contenido de nutrientes es muy variable, algunos de ellos se encuentran dentro de los diferentes lineamientos proporcionados por AAFCO para cada mineral, lo que permite que sean aptos para su consumo, sin embargo algunos de ellos no respetaron los límites inferiores, lo cual presenta un foco de atención al no mencionar la fuente de dichos minerales y así ser 100% seguros para la salud de gatos adultos en mantenimiento.

Los diferentes organismos no obligan a las diferentes marcas de alimento a desglosar el contenido de minerales que tienen los alimentos en las etiquetas y debido a que ninguna norma exige el cumplimiento de valores máximos y mínimos, las diferentes empresas no hacen un énfasis en el cumplimiento de los requerimientos de estos elementos así como de las cenizas, por lo que la salud de las mascotas podría volverse cada vez más predisponente a enfermedades nutricionales de no tomarse en cuenta estos valores. Poder garantizar un buen desarrollo y salud de los animales de compañía depende de las buenas prácticas y normas que se implementen para crear un alimento y cubrir el principio de nutrición.

## 7. REFERENCIAS

1. Aiken T, L. Schnepfer, R. Forbes, and J. Corbin. 1978. The effect of a low-zinc diet on the growth and skin condition in cats. Proceedings of the 112th Annual meeting of the American Society of Animal Science Midwest Section January 5-6.
2. [APPA] *American Pet Products Association*, [actualización 2017], Glenville road, Greenwich, Connecticut, [www.americanpetproducts.org/press\\_industrytrends.asp](http://www.americanpetproducts.org/press_industrytrends.asp)
3. [AAFCO] *Association of American Feed Control Officials* [actualización 2014]. Consultado: 8 Septiembre del 2017, [http://www.aafco.org/Portals/0/SiteContent/Regulatory/Committees/Pet-Food/Reports/Pet\\_Food\\_Report\\_2013\\_Midyear\\_Proposed\\_Revisions\\_to\\_AAFCO\\_Nutrient\\_Profiles.pdf](http://www.aafco.org/Portals/0/SiteContent/Regulatory/Committees/Pet-Food/Reports/Pet_Food_Report_2013_Midyear_Proposed_Revisions_to_AAFCO_Nutrient_Profiles.pdf)
4. [AVMA] *American Veterinary Medical Association*, Hill Richard, Choate Christina, Scott Karen, Molenberghs Geert. 2009. Comparison of the guaranteed analysis with the measured nutrient composition of commercial pet foods. J AVMA. Vol 234, issue 3. <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/234/3/javma.234.3.347.xml?rskey=YagGYD&result=1>.
5. [AOAC] *Official Methods of Analysis* (1990) *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists*, fiteenth edition, United States of America.
6. Blank Hamer, I J. (1983), *El maravilloso mundo de los gatos*, 1ª edición, Editorial continental, México D.F.
7. Buffington C, S. DiBartola, and D. Chew. 1991. Effect of low potassium comercial nonpurified diet on renal function of adult cats. J. Nutr. 121(suppl): 91S-92S.
8. Case, L. Carey, D. Hirakawa, D. Daristotle, L. (2001), *Nutrición canina y felina*, 2ª edición, Editorial Harcourt, Madrid, España.

9. Chausow D, and G. Czarnecki-Maulden. 1987. Estimation of dietary iron requirement for the weanling puppy and kitten. *J. Nutr.* 117:928-932.
10. Davies M, Alborough R, Jones L, Davis C, Williams C, Gardner D.S. 2017. UK. Mineral analysis of complete dog and cat foods in the UK and compliance with European guidelines. *Scientific Reports*, p. 17107. ISSN 2045-2322
11. Dominique GP. 2009. *WALTHAM pocket book of essential nutrition for cats and dogs*. United Kindom: Waltham.
12. Dominique GP, Vaissaire JP. 2000. *The Royal Canin Dog Encyclopedia*. Paris, France: Diffomédia.
13. Doong G, C. Keen, Q. Rogers, J. Morris, and R. Rucker. 1983. Selected features of copper metabloism in the cat. *J. Nutr.* 113:1963-1971.
14. Dow S, M. Fettman, R. LeCouteur, and D. Hamar. 1987. Potassium depletion in cats: Renal and dietary influences. *J. Am. Vet. Med. Assn.* 191: 1569-1575.
15. [FDA] *U.S Food and drug administration*, [actualizado el 2 de septiembre del 2016], Consultado: 8 septiembre del 2017, <https://www.fda.gov/AboutFDA/Transparency/Basics/ucm194879.htm>
16. Franco, F., ¿Por qué adoptar y no comprar? *Forbes México*, 2013, 24 de mayo. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/por-que-adoptar-y-no-comprar/#gs.fhPW3Sc>
17. Fulton R., and L Fruechte., 1991, Poisoning induced by administration of a phosphate containing urinary acidifier in a cat, *J. Am. Vet. Assn.* 198:883-885.
18. Gagné JW, Wakshlag JJ, Center SA, Rutzke MA, Glahn RP. 2013. Evaluation of calcium, phosphorus, and selected trace mineral status in commercially available dry foods formulated for dogs. *JAVMA*, 243: 658-666.

19. Grandjean, D Butterwick, R. Waltham<sup>R</sup> (2009), *Pocket book of essential nutrition for cats and dogs*, Leicestershire, United Kingdom, Disponible en: [https://www.waltham.com/dyn/\\_assets/\\_pdfs/waltham-booklets/Essentialcatanddognutritionbookletelectronicversion.pdf](https://www.waltham.com/dyn/_assets/_pdfs/waltham-booklets/Essentialcatanddognutritionbookletelectronicversion.pdf)
20. Gutiérrez, C. Cosío, K. (2014), *Manual de nutrición y alimentación de perros y gatos*, 1ª edición, Editorial CEAMVET, México D.F.
21. Gubler C., M. Lahey, G, Cartwright, and M. Wintrobe. 1953. Studies on copper metabolism. IX. The transportation of copper in blood. J. Clin. Investig. 32:405-414.
22. Hand, M S. Thatcher, C D. Remillard, R L. Roudebush, P. (2000). *Nutrición Clínica en Pequeños Animales*. 4ª edición. Argentina: Buenos Aires.
23. Iturbe Francisco. Sandoval Julieta. (2011). Análisis de alimentos, fundamentos y técnicas. México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.
24. Kienzle E., C. Thielen and C. Pessinger. 1998a. Investigations on phosphorus requirements of adult cats. J. Nutr. 128. 2598S-2600S.
25. Marín, J. (2014), *Enfermedades de los gatos y su manejo clínico*, 2ª edición JAISER editores, México D.F.
26. McCown Jennifer L, Specht Andrew J. 2011. Iron Homeostasis and disorders in dogs and cats: A review. J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 47:151-160.
27. Naigamwalla Dinaz Z., Webb Jinelle A., and Giger Urs. 2012. Iron deficiency anemia. Can. Vet. J. 53(3):250-256.
28. [NOM-012] *Norma Oficial Mexicana* [Fecha de publicación 27 de enero 2004]. NOM-012-ZOO-1993, Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por estos. México: SAGARPA.
29. [NOM-061] *Norma Oficial Mexicana* [Fecha de publicación 11 de octubre del 2000]. *NOM-061-ZOO-1999*, Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal. Mexico: SAGARPA.



30. National Research Council (NRC). 1986. Nutrient Requirements Of Cats, National Academy Press, Washington DC. Pg 15-19, 30-32.
31. National Research Council (NRC). 2006. Nutrient Requirements Of Dogs And Cats, National Academy Press, Washington DC.
32. Pastoor F, R. Opitz, A. Van't Klooster, and A Beynen. 1994b. Dietary calcium chloride vs. calcium carbonate reduces urinary pH and phosphorus concentration, improves bone mineralization and depresses kidney calcium levels in cats. J. Nutr. 124:2212-2222.
33. Pastoor F, A. Van't Klooster, J. Mothot, and A Beynen. 1995b. Increasing phosphorus intake reduces urinary concentrations of magnesium and calcium in adult ovariectomized cats fed purified diets. J. Nutr. 125:1334-1341.
34. Pibot P, Biourge V, Elliott D, Royal Canine (2006), *Encyclopedia of canine clinical nutrition*, 1ª edición, Editorial Aniwa, Estados Unidos.
35. Pérez Márquez Belén, 2017, Evaluación de elementos minerales en alimento seco comercial para perros adultos de razas pequeñas en mantenimiento, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
36. Schneck, M. Caravan, J. (1991), *Gatos del mundo*, 1ª edición, Editorial Hispano Europea, Barcelona.
37. Gaceta del senado: Sen. Delfina Gómez Álvarez, gaceta LXIV/1PPO-56/86584, publicado martes 27 del 2018, disponible en: [www.senado.gob.mx/64/gaceta\\_del\\_senado/documento/86584](http://www.senado.gob.mx/64/gaceta_del_senado/documento/86584).
38. Shimada Miyasaka Armando. (2015), Nutrición animal, 3ª edición, editorial Trillas, México D.F
39. Tejeda HI. 1992. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para Animales. México: Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C.
40. Vaissaire, J. Royal Canin, (2003), *Enciclopedia del gato*, 1ª edición, Editorial Aniwa, París.