

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias de la Salud

Análisis comparativo de la composición nutricional de la leche de zarigüeya (*Didelphis virginiana*) con la leche de otros mamíferos y posibles sustitutos para la crianza manual de neonatos

Erika Martina Delgado Ruilova

Medicina Veterinaria

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Médico Veterinario

Quito, 15 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias de la Salud

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Análisis comparativo de la composición nutricional de la leche de zarigüeya (*Didelphis virginiana*) con la leche de otros mamíferos y posibles sustitutos para la crianza manual de neonatos

Erika Martina Delgado Ruilova

Nombre del profesor, Título académico Dr. Rommel Lenin Vinueza, DMVZ, M. Sc. PhD

Quito, 15 de diciembre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Erika Martina Delgado

Código: 00206240

Cédula de identidad: 1105035610

Lugar y fecha: Quito, 15 de diciembre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Las zarigüeyas son un grupo de mamíferos marsupiales, es decir, que las hembras presentan un marsupio desarrollado que puede albergar hasta 13 crías, su periodo de gestación dura de 8 a 45 días, con una etapa de lactancia de 15 semanas. En los últimos años las zarigüeyas han encabezado la lista de animales con mayor ingreso a centros de rescate y tenencia de fauna silvestre. Durante la temporada de reproducción algunas hembras, al morir, aún llevan en el marsupio a sus crías, por lo que éstas quedan huérfanas con perspectivas limitadas de supervivencia. La crianza artificial de neonatos de zarigüeya representa un gran reto para los centros de rescate debido a que existe escasa información acerca de los cuidados y nutrición de esta especie. El objetivo del presente trabajo fue recopilar y sistematizar información de publicaciones científicas sobre la composición nutricional de la leche de zarigüeya para compararla la composición nutricional de la leche de otros mamíferos, con el fin de encontrar un sustituto de leche materna que cubra los requerimientos nutricionales de los neonatos de zarigüeya. Para esto, se realizó una revisión de artículos académicos, revistas indexadas, guías de manejo y libros, luego se sistematizo la información recolectada. Los resultados se presentan en tablas que describen y comparan la composición de los diferentes tipos de leche. La leche de cerda, alpaca, cobaya y gata podrían ser potenciales sustitutos de leche de zarigüeya, a pesar de que, presentaron ciertos déficits y excesos. Finalmente, se discutieron las limitaciones del presente trabajo y se sugiere recomendaciones para futuras investigaciones.

Palabras clave: Zarigüeya, composición de la leche, *Didelphis virginiana*, minerales, leche

ABSTRACT

Opossums are a group of marsupial mammals; females have a developed marsupium that can house up to 13 joeys. Their gestation period lasts from 8 to 45 days, with a lactation stage of 15 weeks. In recent years, opossums have topped the list of animals with the highest admission to wildlife rescue and care centers. When females die during the breeding season, some of them may still carry their young in their pouch, leaving orphans with limited prospects for survival. The artificial rearing of opossum neonates represents a great challenge for rescue centers because there is little information about the care and nutrition of this species. The objective of this work was to compile and systematize information from scientific publications on the nutritional composition of opossum milk to then compare that with the nutritional composition of the milk of other mammals to be able to find a breast milk substitute that covers the nutritional requirements of the opossum neonates. For this, a review of academic articles, indexed journals, management guides, and books were carried out. The results are presented in tables that describe and compare the composition of the different types of milk. Sow, alpaca, guinea pig, and cat milk could be potential substitutes for opossum milk, although they each presented certain deficits and excesses. Finally, the limitations of the present work were discussed and recommendations for future research are suggested.

Key words: Opossum, milk composition, *Didelphis virginiana*, minerals, milk

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
DESARROLLO DEL TEMA	12
METODOLOGÍA	13
RESULTADOS	14
DISCUSIÓN	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS	25

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1- Síntesis de publicaciones de la composición química de leche de zarigüeya (Didelphis spp)</i>	15
<i>Tabla 2 Síntesis de publicaciones de la composición química de leche de mamíferos domésticos y leche comercial de vaca</i>	16

INTRODUCCIÓN

Las zarigüeyas son un grupo de mamíferos marsupiales, omnívoros, de tamaño mediano, con un cuerpo ancho, patas cortas, hocico largo, orejas redondeadas y una cola prensil sin pelaje. Se define como marsupiales a los mamíferos cuyas hembras presentan un marsupio desarrollado, el cual es una bolsa de piel elástica que recubre las glándulas mamarias y puede albergar hasta 13 crías (Arcangeli, 2014). Las zarigüeyas se caracterizan por sus períodos cortos de gestación que van de 8 a 45 días, pasado este tiempo las crías nacen como formas fetales que migran hacia el marsupio donde se adhieren a las glándulas mamarias, y es aquí donde permanecen por un periodo de 90 a 108 días en los que completan su desarrollo para luego volverse independientes al salir del marsupio (Velásquez & José, 2023).

En los últimos años las zarigüeyas se han convertido en una de las especies que encabezan la lista de animales con mayor ingreso a centros de rescate y tenencia de fauna silvestre (Velásquez & José, 2023). En 2016 el COE (Centro de Operación de Emergencias del Distrito Metropolitano) declaró que las zarigüeyas, comúnmente llamadas raposas, ocupaban el segundo lugar de los rescates realizados por esta entidad desde el 2015 (Alarcón, 2016). En 2019 se reportó que más de ochenta zarigüeyas fueron llevadas a centros de atención de fauna silvestre en Quito, 63 de ellas fueron ingresadas al Hospital de Fauna Silvestre Tueri de la Universidad San Francisco de Quito (Alarcón, 2020).

Entre los motivos de llegada de zarigüeyas a centros de rescate figuran el atropellamiento, ataque por perros o gatos domésticos, politraumatismo o trauma craneoencefálico por golpes, separación de madres y crías (Velásquez & José, 2023). En la temporada de reproducción, algunas hembras, al morir, aún llevan en el marsupio a sus crías, por lo que éstas quedan huérfanas con perspectivas limitadas de supervivencia. Esto supone uno de los retos más grandes para los veterinarios y cuidadores debido a que existe poca información acerca de los cuidados que requiere un neonato de zarigüeya huérfano, por lo que la mayoría muere (Arcangeli, 2014).

Factores como la temperatura, grado de hidratación y nutrición son elementos que se deben atender cuando se tiene crías huérfanas. En cuanto a la nutrición de neonatos varios autores coinciden en una dieta a base de formula reconstituida compuesta por dos partes Esbilac[®], una parte de Milk Matrix 30/55[®], cuatro partes de agua tibia y media cucharadita de fosfato dicálcico (McRuer & Jones, 2009; Taylor, 2002); sin embargo, estos productos no se encuentran disponibles en Sud América o tienen un alto costo.

La lactancia en zarigüeyas dura un promedio de 15 semanas, durante este tiempo la composición nutricional cambia constantemente. De acuerdo con el estudio de Green et al., (1996) la leche de zarigüeya al inicio de la lactancia se compone de 9% sólidos totales, 6% carbohidratos, 5% proteína, 8% grasa; sin embargo, estos valores fluctúan de acuerdo con la etapa de lactancia. Por otro lado, las concentraciones de magnesio, sodio y potasio se mantienen relativamente estables durante toda la lactancia. Existen estudios que indican que la galactosa y galactosa son los principales carbohidratos presentes en la leche de zarigüeya; lo que sugiere que las zarigüeyas podrían ser intolerantes a la lactosa (Jenness et al., 1964).

Es importante mencionar que existe escasa información acerca de los niveles de calcio en la leche de zarigüeya; sin embargo, se puede tomar como referencia los valores observados en otros marsupiales. Por ejemplo, Tyndale-Biscoe & Janssens (2012) toman como referencia a la zarigüeya australiana (*Trichosurus vulpecula*) cuya concentración de calcio en leche va de 250 mg/dl a 430 mg/dl durante la lactancia. Mientras que Green et al., (1996) indican que las concentraciones de calcio incrementan de 52.1 mg/dL a 400.8 mg/dL en la zarigüeya americana (*Didelphis virginiana*).

Existen varios estudios que comparan la composición nutricional de la leche de zarigüeya con otras especies, por ejemplo, Bergman & Houskey, (1968) demostraron que la leche de zarigüeya contiene valores más altos de sólidos, proteína, grasa y menor porcentaje de carbohidratos en comparación con la leche de oveja. Por otro lado, Figueroa et al (2009)

realizaron un estudio en el que comparan la leche de zarigüeya con la leche de vaca deslactosada; sin embargo, la leche deslactosada de vaca tiene notables deficiencias en grasa, proteína, carbohidratos y kilocalorías. Para solucionar estas deficiencias Figueroa et al., (2009) han propuesto la suplementación de grasa y proteína agregando huevos de gallina crudos a la leche y endulzante para mejorar la palatabilidad. Por otro lado, McRuer & Jones (2009) propusieron añadir fosfato dicálcico en polvo a la mezcla.

DESARROLLO DEL TEMA

1. Pregunta de investigación:

1.1 ¿Cuál es la composición nutricional de la leche de zarigüeya y si esta composición se aproxima a la leche de otros mamíferos con el fin de identificar un posible sustituto de la leche de zarigüeya para neonatos criados manualmente en centros de rescate de fauna silvestre?

2. Hipótesis

2.1 Los sustitutos de leche comercial y leches naturales de mamíferos domésticos tienen déficit de nutrientes en comparación con las necesidades nutricionales de las zarigüeyas lactantes

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Recopilar y sistematizar información de publicaciones científicas que describan la composición nutricional de la leche de zarigüeya y compararla con información acerca de la composición nutricional de la leche de otros mamíferos a fin de encontrar un sustituto de leche materna que cubra los requerimientos nutricionales de los neonatos de zarigüeya

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Recopilar información publicada de revistas indexadas, artículos científicos y libros académicos acerca de la composición nutricional de la leche de zarigüeya, mamíferos domésticos y leches comerciales de vacas

3.2.2 Sistematizar y sintetizar la información recopilada mediante la elaboración de tablas

3.2.3 Comparar la información recopilada e identificar que leche de mamífero se aproxima más a la composición nutricional de la leche de zarigüeya a fin de encontrar un sustituto de leche materna

METODOLOGÍA

El presente trabajo consistió en realizar una recopilación de información acerca de la composición nutricional de la leche de zarigüeya, mamíferos domésticos y leches comerciales de vaca. Para esta investigación se tomó como especie modelo a la zarigüeya americana (*Didelphis virginiana*) debido a que no existen publicaciones acerca de la composición nutricional de la leche de la zarigüeya andina de orejas blancas (*Didelphis pernigra*), la cuál es la especie que se encuentra distribuida a lo largo de Sudamérica. Esta recopilación se basó en una revisión de artículos académicos, revistas indexadas, guías de manejo y libros publicados desde 1968 hasta la actualidad, provenientes de fuentes como: *PubMed*, *Elsevier*, *Google Scholar*, *Redalyc*, *Scielo* y otras fuentes como *Libros digitales*; utilizando palabras claves en inglés como: *opossum milk*, *milk composition*, *Didelphis virginiana*, *minerals*, *energy*, *llama*, *alpaca*, *dog milk*, *queen milk*, *sow milk*, *mares's milk*, *sheep milk*, *cow milk*, *rabbit milk*, *guinea pig milk*.

Inicialmente se sistematizó información a partir de 62 publicaciones, de las cuales se seleccionaron 33 publicaciones que cumplieran con los parámetros necesarios acerca de la composición nutricional de la leche como: porcentaje de sólidos, proteínas, grasa, carbohidratos, energía y minerales como calcio, fosforo, potasio, magnesio y sodio. Esta información fue sintetizada mediante la elaboración de tablas, con el fin de facilitar la comparación de datos y cumplir con el tercer objetivo del presente trabajo.

RESULTADOS

El primer objetivo del presente trabajo fue recopilar información de publicaciones respecto a la composición nutricional de la leche de zarigüeya. Se encontraron 7 publicaciones, de las cuales 5 fueron artículos académicos y 2 correspondían a libros.

Para la selección de publicaciones se tomó como referencia el porcentaje de sólidos totales, proteínas, grasa, carbohidratos, energía y minerales como calcio, fósforo, potasio, magnesio y sodio; de acuerdo con esto, se seleccionó 5 publicaciones que fueron relevantes para la síntesis de datos, como se observa en la tabla 1.

Con el objetivo de estandarizar los valores en una sola unidad y facilitar la comparación, se transformó los valores de minerales de *mmol/L* a *mg/dL* usando un conversor que tomó en cuenta el peso molecular de cada elemento. Se observó que los autores de las publicaciones más recientes basaron sus estudios en datos de publicaciones antiguas. De los valores obtenidos se observó que la composición química de la leche de zarigüeya consiste en un 4.8 a 10% de proteína; 9 a 34% de sólidos totales; 1.6 a 7% de carbohidratos; 8 a 17% grasa; 0.99 a 2.4 kcal/ml de energía; 52.1 a 400.8 mg/dL de calcio; 26.05 a 200.4 mg/dL de fósforo; 94.25 mg/dL de sodio; 22.37 mg/dL de magnesio; 136.86 mg/dL de potasio.

Tabla 1- Síntesis de publicaciones de la composición química de leche de zarigüeya (*Didelphis spp.*)

Estudio	Proteína %	Sólidos %	Carbohidratos %	Grasa %	Energía (Kcal/ml)	Ca (mg/dL)	P (mg/dL)	Na (mg/dL)	Mg (mg/dL)	K (mg/dL)
(McRuer & Jones, 2009)	10	9-34	7	8-17	2.3-2.4 ^a	52.1-400.8 ^b	26.05-200.4 ^c	94.25 ^b	22.37 ^b	136.86 ^b
(Figueroa et al., 2009)	4.8-8.4	ND	1.6-4.1	7-11.3	0.99-1.42	ND	ND	ND	ND	ND
(Taylor, 2002)	4.8	24.4	4.1	7	0.99	ND	ND	ND	ND	ND
(Green et al., 1996)	10	9-34	7	8-17	2.4 ^a	52.1-400.8 ^b	26.05-200.4 ^c	94.25 ^b	22.37 ^b	136.86 ^b
(Bergman & Houskey, 1968)	8.4	23.2	1.6	11.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: no data; ^a Transformado de kJ/ 100ml ^b Conversión de mmol/L a mg/dL; ^c Calculado en base a la relación Ca:P 2:1

El segundo objetivo de este trabajo fue recopilar y sistematizar información de publicaciones con respecto a la composición nutricional de leche de mamíferos incluida la leche de vaca comercial. Se encontraron 55 publicaciones, de los cuales 48 fueron artículos académicos y 4 correspondían a libros. Se seleccionaron 28 publicaciones que cumplieron con los parámetros necesarios con respecto al porcentaje de sólidos, proteínas, grasa, carbohidratos, energía y minerales como calcio, fósforo, potasio, magnesio y sodio, como se observa en la tabla 2. Con el objetivo de facilitar la comparación de la composición química de las diferentes leches se estandarizó los valores de energía a *Kcal/ml* y los valores de minerales a *mg/dL* respectivamente. Se tomó en cuenta 10 especies domésticas incluida la leche de vaca comercial entera y deslactosada.

Tabla 2 Síntesis de publicaciones de la composición química de leche de mamíferos domésticos y leche comercial de vaca

Estudio	Tipo de leche	Proteína %	Sólidos %	Carbohidratos %	Grasa %	Energía (Kcal/ml)	Ca (mg/dL)	P (mg/dL)	Na (mg/dL)	Mg (mg/dL)	K (mg/dL)
(Bergman & Houskey, 1968; Sosa et al., 2001)	Oveja	5.09-5.45	20-20.1	4.5	6.95-7.05	0.97 ^a	79.1-111.7 ^b	132.9-151.8 ^b	76.1-82.3 ^b	29.8-33.5 ^b	123.6-153.3 ^b
(Chacón Villalobos, 2013)	Cabra	3.56	12.97	4.45	4.14	68.77 ^c	134	111	41-50	14-16	181-204
(Adkins et al., 2001; Zhang et al., 2022)	Perra	4.3-6.68	64.97-79.41	1.66-4.02	1.13-1.37	144.4-183.1	136.3-244	91.4-140.1	80.7-110.2	8.58-12.85	76.9-189.4
(Musaev et al., 2021; Salimei & Park, 2017)	Yegua	8-17	15-25	2.5-4.8	1.2-2.1	115.96 ^d	50-135	20-121	8-85	ND	25-87
(Hurley, 2014; Park, 2006)	Cerda	5.1	16.9	5.7	5.4	1.5 ^c	200	142	42	10.5	89
(Medhammar et al., 2011; Möbller et al., 2021; Rosenberg, 2006)	Alpaca	10.55	25.59	6.86	9.9	3.08 ^f	123 ^g	116 ^g	42 ^g	15 ^g	98 ^g
(Pinto et al., 1978; Riek & Gerken, 2006)	Llama	4.23	15.61	5.93	4.70	0.9 ^c	13-19	5-23	8-14	ND	14-19
(Alnaimy Habeeb et al., 2020; Plasencia et al., 2011)	Conejo	11.87-13.94	25.34-27.98	0.41-1.85	7.76-15.68	2.2 ^f	485.5	260.5	111.42	36.83	173.08
(Anderson & Sheffield, 1988; Nelson et al., 1951)	Cobaya	8.10	16.44	3.02	3.92	ND	312 ^h	157 ^h	97 ^h	32 ^h	128 ^h
(Baines, 1981; Dobenecker et al., 1998; Duque-Quintero et al., 2022)	Gata	8.1	22.7	3.1	5.1	1.2 ⁱ	35 ⁱ	70 ⁱ	ND	10.5 ^k	ND
(MAPA, 2023; Vita Alimentos C.A., 2023)	Vaca (entera)	3.3	ND	4	3.6	0.67 ^f	121	92	0.3	12	150
(Vita Alimentos C.A., 2023)	Vaca (deslactosada)	14	ND	4	11	0.58 ^f	32	16	5	ND	ND

ND: no data ^aTransformado de kcal/ kg ^bTransformado de mmol/L ^cTransformado de kJ/ ml ^dTransformado de Mj/kg ^eTransformado de kJ/g ^fTransformado de kcal/100g ^gTransformado de g/L ^hTransformado de mg/ml ⁱTransformado de kJ/100g ^jTransformado de g/dL ^kTransformado de microgramo/ml

Luego de recopilar y sistematizar la información acerca de la composición nutricional de la leche de mamíferos (Tabla 2), se pudo observar que la leche que presentó el valor más alto de proteína fue la leche de yegua (8% a 17%), mientras que la leche entera de vaca fue la que presentó los valores más bajos (3.3%). En cuanto a sólidos totales la leche de perra presentó los valores más altos (64.97% a 79,41%), mientras que la leche de cerda presentó los valores más bajos (12.97%). La leche que presentó el mayor porcentaje de carbohidratos fue la de leche de alpaca (6,86%), mientras que la leche con el valor más bajo fue la de conejo (0.41-1.85%). Por otro lado, se pudo observar que las leches con el mayor porcentaje de grasa fueron la de conejo (7.76% a 15.68%) y la de alpaca (9.9%), mientras que la leche de perra fue la que presentó menor porcentaje de grasa (1.13% a 1.37%).

La leche deslactosada de vaca fue la que presentó el valor más bajo de energía metabolizable (0.58 Kcal/ml), mientras que la leche con mayor energía metabolizable fue la de perra (144.4 a 183.1 Kcal/ml). En cuanto a minerales la leche que presentó una concentración más alta de calcio fue la de conejo (485.5 mg/dL), mientras que la leche de vaca deslactosada fue la que presento una concentración más baja (32 mg/dL). La leche de cobaya presentó una concentración más alta de fósforo (157 mg/dL), mientras que la leche de llama (5-23 mg/dL) y de vaca deslactosada (16 mg/dL) presentaron los valores más bajos. La concentración más alta de sodio se presentó en la leche de oveja (76.1 a 82.3 mg/dL), de perra (80.7 a 110.2 mg/dL) y de yegua (8 a 85 mg/dL), mientras que la leche de vaca entera (0.3 mg/dL) presentó el valor más bajo. La leche de conejo presentó el valor más alto (36.83 mg/dL) de magnesio, mientras que la leche de gata y cerda presentaron los valores más bajos (10.5 mg/dL). La leche con la concentración más alta de potasio fue la de cabra (181 a 204 mg/dL) y la leche con el valor más bajo fue la de llama (14 a 19 mg/dL).

DISCUSIÓN

El objetivo general del presente estudio fue recopilar y sistematizar información acerca de la composición química de la leche de zarigüeya y compararla con información acerca de la composición nutricional de leche de otros mamíferos, a fin de encontrar un sustituto de leche materna que cubra los requerimientos nutricionales de los neonatos de zarigüeya. Para esto, primero se sintetizó la información disponible acerca de la composición de leche de zarigüeya como se observa en la Tabla 1.

Es importante mencionar que la información acerca de la composición nutricional de la leche de zarigüeya es escasa y no ha sido actualizada con nuevos estudios bromatológicos. Como se puede observar en la tabla 1 los valores de los autores Taylor (2022); Figueroa et. al (2009) y McRuer & Jones (2009) basan sus artículos en los valores ya antes presentados por Green et al (1996) y Bergman & Houskey (1968). Ninguno de los estudios reportó valores de vitaminas presentes en la leche de zarigüeya; por lo cual, no fue posible incluir esta información dentro de los resultados. Conocer los valores acerca de las vitaminas es relevante, debido a que, las zarigüeyas son animales crepusculares altamente eficientes en sintetizar vitamina D3 en la piel, por lo que, un exceso de vitamina D3 en la dieta podría causar desmineralización del hueso y mineralización de tejidos blandos, acarreado enfermedades de degeneración ósea que comprometen el desarrollo saludable de los neonatos (McRuer & Jones, 2009).

Los autores Bergman & Housley (1968) fueron los primeros en realizar un estudio bromatológico de la composición de la leche de zarigüeya obtenida de 10 especímenes durante los días 18 a 110 post parto, es importante destacar que la composición química de la leche de zarigüeya varía dependiendo la etapa de lactancia, por esta razón, se colocaron rangos en cada parámetro (Tabla1). Los resultados obtenidos en el estudio de Bergman & Housley (1968) fueron comparados con la composición de leche de oveja, demostrando que la leche de zarigüeya contiene porcentajes más altos de sólidos, proteínas y grasa, mientras que, la leche

de oveja presenta mayor porcentaje de carbohidratos. A pesar de que los autores reportaron el porcentaje de cenizas presente en ambas leches, estos valores no se consideraron relevantes para este trabajo debido a que, no se reportaron los valores individuales de cada mineral.

En el estudio de Green et. al (1996) se realizó un análisis químico de la composición de leche de zarigüeya, en donde se evaluó la variación de los valores de proteína, sólidos, grasa, carbohidratos y minerales desde el inicio de la lactancia hasta el término de esta en la semana once. Para esto se recolectó muestras periódicas de 15 especímenes obteniendo como resultado los datos en la tabla 1. Es importante recalcar que este estudio constituye la única fuente que provee información sobre los valores de minerales como calcio, sodio, magnesio y potasio presentes en la leche. No existen documentos que indiquen el valor de fósforo presente en la leche; sin embargo, McRuer & Jones (2009) reportaron que la relación calcio-fósforo ideal en el cuerpo de una zarigüeya adulta es aproximadamente 2:1, por lo que, al tener el valor de calcio se puede asumir que el valor de fósforo es la mitad del valor del calcio.

Varios autores reportan que los carbohidratos más abundantes en la leche de zarigüeya son la lactosa y glucosa (Green et al., 1996), lo que sugiere que las zarigüeyas podrían ser intolerantes a la lactosa; sin embargo, otros autores han demostrado que la leche de zarigüeya si contiene lactosa, esta alcanza su concentración máxima durante las primeras semanas de lactancia y luego su concentración va disminuyendo hasta ser casi imperceptible a la semana 15 post parto (Bergman & Houskey, 1968). Debido a esto, algunas guías de manejo de zarigüeyas sugieren el uso de leche de vaca deslactosada; sin embargo, en el estudio de Figueroa et al (2009) donde compararon la leche de vaca deslactosada con la leche de zarigüeya, se pudo observar la notable deficiencia de grasa, proteína y energía.

En este trabajo se comparó la leche de vaca comercial entera y deslactosada de marca Vita® (Tabla 2) con la leche de zarigüeya (Tabla 1). La leche de vaca deslactosada presentó un 42.8% menos de carbohidratos, 35.3% menos de grasa y 75.84% menos de energía

metabolizable (Kcal/ml), estas deficiencias nutricionales coincidieron con los resultados del estudio de Figueroa et al (2009). Sin embargo, en el presente trabajo se observó que la leche deslactosada presentó un porcentaje mayor de proteína (14%) en comparación con la leche de zarigüeya (10%), lo que podría sugerir que la concentración de proteína en leche de vaca comercial puede variar dependiendo del fabricante. Además, se pudo observar un déficit de minerales como calcio (92.02%), fósforo (92.02%) y sodio (94.7%), no se obtuvo referencias de los valores de magnesio y potasio presentes en la leche deslactosada.

Por otro lado, la leche entera de vaca presentó un 67% menos de proteína, 42.86% menos de carbohidratos, 78.83% menos de grasa y 72,09% menos de energía metabolizable (Kcal/ml) en comparación con la leche de zarigüeya. De igual manera se observó deficiencia en los siguientes minerales: calcio (69.83%), fósforo (54.09%), sodio (99.68%) y magnesio (46.36%), por otro lado, se encontró que la leche entera de vaca contiene valores más altos de potasio (150mg/dL) en comparación con la leche de zarigüeya (136.86 mg/dl), que equivale a un exceso del 9.6%.

Al comparar la composición química de la leche de zarigüeya (Tabla 1) con la leche de otros mamíferos (Tabla 2), se observó que las cuatro especies que presentaron mayor similitud en cuanto a la composición de la leche de zarigüeya fueron: cerda, alpaca, cobaya y gata. La leche de zarigüeya contiene un valor de 4.8 a 10% de proteína, al compararla con la leche de otros mamíferos se observó que, los valores de proteína de la leche de cerda (5.1%), cobaya (8.10%) y gata (8.10%) están en rango. Mientras que la leche de alpaca presentó un ligero exceso de 5.5% de proteína. La leche de cerda (16.9%), alpaca (25.59%), cobaya (16.44%) y gata (22.7%) presentaron valores de sólidos totales en rango con los valores que se observaron en la leche de zarigüeya (9-34%). Se pudo observar que la leche de zarigüeya contiene valores de carbohidratos que van de 1.6 a 7%, al igual que los sólidos totales la leche de cerda (5.7%), alpaca (6.86 %), cobaya (3.02 %) y gata (3.1%) se encontraron en rango.

En cuanto a la cantidad de grasa presente en la leche se observó que la leche de zarigüeya presento valores más altos de grasa (8 a 17%), en comparación con la leche de cerda, cobaya y gata las cuales presentaron un déficit de 68.2%, 44% y 63.75% respectivamente. Mientras que la leche de alpaca presento un porcentaje de grasa en leche de 9.9%, es decir, que su valor se encontró en rango con la leche de zarigüeya. Por otro lado, se encontró que la leche de alpaca (3.08 kcal/ml) contiene más energía metabolizable en comparación con la leche de zarigüeya (0.99 a 2.5 kcal/ml), mientras que la leche de cerda (1.5 kcal/ml) y gata (1.2 kcal/ml) presentaron valores en rango; no se obtuvo datos acerca de los valores de energía en leche de cobaya.

Se pudo observar que la leche de zarigüeya contiene un alto contenido de calcio (52.1-400.8 mg/dL) en comparación a otras especies. A pesar de esto, leche de especies como cerda (200 mg/dL), alpaca (123 mg/dL) y cobaya (312 mg/dL) se encontraron en el rango requerido sin llegar al valor máximo, por otro lado, la leche de gata presento un déficit de 67.17%. De igual manera se observó que la leche de zarigüeya presenta un valor alto de fosforo (26.05 a 200.4 mg/dL) en comparación con la leche de cerda (142 mg/dL), alpaca (116 mg/dL), cobaya (157 mg/dL) y gata (70 mg/dL). En cuanto al sodio se observó que la leche de cerda y alpaca presentaron una notable deficiencia del 55.4%, en comparación con la leche de zarigüeya que presento un valor de 94.25 mg/dL. Mientras que la leche de cobaya presento un valor de sodio más elevado (97 mg/dL), lo que representa un exceso del 2.91%.

Al igual que en los valores de sodio, la leche de cobaya presento mayor cantidad de magnesio (32 mg/dL), en comparación con el valor de magnesio en leche de zarigüeya que fue de 22.37 mg/dL, lo que representa un exceso del 43.05%. Por otro lado, la leche de cerda, alpaca y gata presentaron una notable deficiencia de magnesio de 53.06%, 32.95% y 53.06% respectivamente. En cuanto a los niveles de potasio, la leche de zarigüeya presento el valor más alto (136.86 mg/dL), en comparación con la leche de cerda, alpaca y cobaya, las cuales

presentaron un déficit de 34.97%, 28.39% y 6.47% respectivamente. No se encontró referencias acerca del valor de magnesio presente en la leche de gata.

Tomando en cuenta los parámetros antes expuestos, se podría decir que la leche de cerda es la que más se asemeja a la composición nutricional de la leche de zarigüeya; sin embargo, como ya se mencionó antes la leche de esta especie presenta deficiencia en porcentaje de grasa y minerales como sodio, magnesio y potasio. De acuerdo con el estudio de (Figuerola et al., 2009) el déficit de grasa se puede corregir añadiendo huevos crudos de gallina a la leche, los cuales no solo aportan un 9.5% de grasa, sino que también aportan 12,6% de proteína y 0.7% de carbohidratos. Además, contienen 56 mg/100g de calcio, 198 mg/100g de fósforo, 142 mg/100g de sodio, 12 mg/100g de magnesio y 138 mg/100g de potasio (Réhault-Godbert et al., 2019).

Otra alternativa para corregir los déficits presentes en la leche de cerda sería realizar una mezcla con leche de alpaca, que es la segunda con una composición similar a la leche de zarigüeya. Existen estudios como el de Boukria et al 2020) en el cual mezclaron leche de diferentes especies para mejorar las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales del yogurt. A pesar de que, este estudio no menciona el posible beneficio de la mezcla de leches en la crianza de neonatos, se puede extrapolar el éxito que tuvieron al aumentar los niveles de proteínas, grasa, sólidos totales y minerales, al mezclar leche de oveja con leche de cabra en relaciones 1:1, 1:3 y 3:1. Por lo tanto, se plantea que al mezclar la leche de cerda con la leche de alpaca se podría aumentar el porcentaje de proteínas, grasa y minerales, obteniendo así un posible sustituto de leche de zarigüeya.

Por último, en este trabajo únicamente se recopiló y comparó la información de la composición nutricional entre la leche de zarigüeya y otros mamíferos, basándose en los rangos obtenidos de la tabla 1 y 2; sin embargo, no se realizó un estudio que indique que tan considerables son los déficits o excesos de cada uno de los parámetros anteriormente expuestos.

Es importante aclarar que además el presente trabajo se limitó a la recopilación de información bibliográfica, es decir, las hipótesis planteadas no han sido puestas en práctica. Por lo que, se sugiere realizar pruebas de bromatología que comprueben o rechacen la probabilidad de que, al mezclar dos leches de diferentes mamíferos, se puede obtener un sustituto de leche de zarigüeya que cubra las necesidades nutricionales de los neonatos de esta especie.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los objetivos del presente trabajo se cumplieron al recopilar y sistematizar información sobre la composición química de la leche de zarigüeya y de otros mamíferos domésticos. Es importante destacar que existe información limitada acerca de la composición nutricional de leche de zarigüeya y que esta no ha sido actualizada con nuevos estudios bromatológicos. Al comparar la composición de la leche de zarigüeya, con los datos obtenidos de la composición de la leche de otros mamíferos domésticos, se observó que las especies con la composición más similar son la cerda, alpaca, cobaya y gata; sin embargo, la leche de estas especies también presentó ciertas diferencias en composición que podrían ser solucionadas mediante la suplementación de minerales y grasa, añadiendo huevos crudos de gallina en la leche.

Además, se observó que la leche de vaca comercial que ha sido utilizada en centros de rescate para alimentar neonatos de zarigüeyas no es un buen lacto reemplazante, ya que, presenta déficit de energía y minerales. Se destaca que, a pesar de que se llevó a cabo una comparación nutricional, no se realizó un estudio que evalúe la magnitud de los déficits o excesos en cada parámetro, ni su impacto en el desarrollo de los neonatos, por lo que se recomienda realizar investigaciones adicionales.

Los resultados del presente trabajo confirmaron la hipótesis de que los sustitutos de leche comercial y leches naturales de mamíferos domésticos tienen déficit de nutrientes en comparación con la leche de zarigüeya. De igual manera, pueden ser usados como una base de datos para futuros estudios, en los que se ponga a prueba la viabilidad de cada una de las leches de las especies anteriormente mencionadas. Además, se plantea la hipótesis de que al mezclar

leche de cerda con leche de alpaca se podría obtener un sustituto lácteo que cumpla con los requerimientos nutricionales de los neonatos de zarigüeya; sin embargo, esta hipótesis no ha sido probada en estudios de campo por lo que se recomienda realizar pruebas de bromatología junto con pruebas de campo en neonatos de zarigüeya.

REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS

- Adkins, Y., Lepine, A. J., & Lönnerdal, B. (2001). Changes in protein and nutrient composition of milk throughout lactation in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 62(8), 1266-1272. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.1266>
- Alarcón, I (15 de febrero de 2020). La zarigüeya, un mamífero amenazado en Quito. *El comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/zarigueeya-mamifero-amenazado-biodiversidad-quito.html>
- Alarcón, I (04 de marzo de 2016). La zarigüeyas son las segundas más rescatadas. *El comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/zarigueyas-rescateanimal-quito.htm>
- Alnaimy Habeeb, A., Edrees Ibrahim Teama, F., & Kamel Sharaf, A. (2020). Milk Yield and Composition in New Zealand White and Californian Rabbits and Comparison of Rabbit's Milk with Cow's Milk Components. *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*, 4(1), 9-18. <https://doi.org/10.22259/2637-5354.0401002>
- Anderson, R. R., & Sheffield, L. G. (1988). Macrominerals in Guinea Pig Milk during 21 Days of Lactation1. *Journal of Dairy Science*, 71(2), 337-345. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79562-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79562-4)
- Arcangeli, J. (2014). *Care for opossum (Didelphis virginiana) joeys in captivity*. 15.
- Baines, F. M. (1981). Milk substitutes and the hand rearing of orphan puppies and kittens. *Journal of Small Animal Practice*, 22(9), 555-578. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1981.tb01413.x>
- Bergman, H. C., & Houskey, C. (1968). *Chemical analyses of American opossum (didelphys virginiana) milk*. 25(1), 213-218.
- Boukria, O., El Hadrami, E. M., Boudalia, S., Safarov, J., Leriche, F., & Aït-Kaddour, A. (2020). The Effect of Mixing Milk of Different Species on Chemical, Physicochemical, and Sensory Features of Cheeses: A Review. *Foods*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/foods9091309>
- Chacón Villalobos, A. (2013). Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 239. <https://doi.org/10.15517/am.v16i2.11878>
- Dobenecker, B., Zottmann, B., Kienzle, E., Wolf, P., & Zentek, J. (1998). Milk yield and milk

- composition of lactating queens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition - J ANIM PHYSIOL ANIM NUTR*, 80, 173-178. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1998.tb00523.x>
- Duque-Quintero, M., Benítez-Ceballos, M. A., Mejía-Gutiérrez, P., & Goetz-Tuberquia, V. (2022). REVISIÓN SISTEMÁTICA. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA LECHE DE GATA DOMÉSTICA. *Revista Sinergia*, 11, Article 11.
- Figueroa, Brieva, C., Trujillo, M, & Moreno, O. (2009). *Experiencias sobre manejo y crianza de zarigüeyas (Didelphis albiventris)*.
- Green, B., Krause, W. J., & Newgrain, K. (1996). Milk composition in the North American opossum (*Didelphis virginiana*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 113(3), 619-623. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(95\)02034-9](https://doi.org/10.1016/0305-0491(95)02034-9)
- Hurley, W. I. (2014). 9. Composition of sow colostrum and milk. En *The gestating and lactating sow* (pp. 193-230). Wageningen Academic Publishers. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-803-2_9
- Jenness, R., Regehr, E. A., & Sloan, R. E. (1964). Comparative biochemical studies of milks. 2. Dialyzable carbohydrates. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 13, 339-352.
- MAPA. (2023). Leche Entera. *Vita Alimentos*. <https://vita.com.ec/producto/leche-entera-funda/>
- McRuer, D. L., & Jones, K. D. (2009). Behavioral and Nutritional Aspects of the Virginian Opossum (*Didelphis virginiana*). *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 12(2), 217-236. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2009.01.007>
- Medhammar, E., Wijesinha-Bettoni, R., Stadlmayr, B., Nilsson, E., Charrondiere, U. R., & Burlingame, B. (2011). *Composition of milk from minor dairy animals and buffalo breeds: A biodiversity perspective*. 92(3), 445-474. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4690>
- Möbller, M., Aichner, J., Müller, A., Albert, T., & Wittek, T. (2021). Concentrations of Fat, Protein, Lactose, Macro and Trace Minerals in Alpaca Colostrum and Milk at Different Lactation Stages. *Animals*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/ani11071955>
- Nelson, W. L., Kaye, A., Moore, M., Williams, H. H., & Herrington, B. L. (1951). Milking Techniques and the Composition of Guinea Pig Milk¹. *The Journal of Nutrition*, 44(4), 585-594. <https://doi.org/10.1093/jn/44.4.585>

- Park, Y. W. (2006). Sow Milk. En *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals* (pp. 371-381). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470999738.ch15>
- Pinto, M., Molina, H., Rojas, M., & Luz, I. (1978). *Composición química de la leche y sus variaciones estacionales. Zona sur de Chile II Sodio, potasio, calcio y fósforo*. (Vol. 10). Universidad Austral de Chile.
- Plasencia, F. A., Muelas, R., García, M. L., & Argente, M.J. (2011). *La lactación de la coneja: 2 composición*. *I*(165), 49-57.
- Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*, *11*(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Riek, A., & Gerken, M. (2006). Changes in Llama (*Lama glama*) Milk Composition During Lactation. *Journal of Dairy Science*, *89*(9), 3484-3493. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)723876](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)723876)
- Rosenberg, M. (2006). Llama Milk. En *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals* (pp. 383-391). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470999738.ch16>
- Sosa, J., Althaus, R. L., Scaglione, L. M., Roldan, V., & Moreyra, E. (2001). *Composición química y mineral de la leche de ovejas corriedale y hampshire down*. *15*(2), 7-12.
- Taylor, P. (2002). Opossums. En *Hand-Rearing Wild and Domestic Mammals* (pp. 45-54). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470385005.ch8>
- Velásquez, O., & José, M. (2023). *Enfermedad Metabólica Ósea (EMO) en un ejemplar juvenil de zarigüeya (Didelphis marsupialis) del hogar de paso CARDER-APAP del municipio de Pereira, reporte de caso*. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/3442>
- Vita Alimentos C.A. (2023). Leche entera. *Vita*. <https://vita.com.ec/producto/leche-entera-funda/>
- Zhang, M., Sun, X., Cheng, J., & Guo, M. (2022). Analysis and Comparison of Nutrition Profiles of Canine Milk with Bovine and Caprine Milk. *Foods*, *11*(3), 472. <https://doi.org/10.3390/foods11030472>