



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA  
PRODUCCION Y SALUD ANIMAL

EFFECTO DE LOS MANANOOLIGOSACARIDOS EN LA  
DIGESTIBILIDAD APARENTE DE NUTRIENTES Y  
ABSORCIÓN DE ELEMENTOS MINERALES EN HURONES Y  
CHINCHILLAS.

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA:

**PAULINA GUTIERREZ CHAVEZ**

TUTOR PRINCIPAL: CARLOS GUTIERREZ OLVERA, FMVZ  
COMITÉ TUTOR: DRA. DINORAH VARGAS ESTRADA, FMVZ  
PHD MSC MVZ MARÍA ESTHER ORTEGA CERRILLA,  
COLPOS



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## DEDICATORIA

A mis padres, porque después de todo soy quien soy por ellos, gracias por todas las enseñanzas y el apoyo incondicional que me brindan día a día.

A mi hijo que siempre está al pie del cañón junto a mí, soportando los altibajos de nuestra pequeña familia, eres mi razón de ser y mi motor que me impulsa a ser mejor cada día. Te amo y eres lo mejor que me ha pasado.

A mis hermanos: Anette que siempre sabe cómo hacerme sentir mejor y me apoya en mis locuras. Lalo que con su forma de ser me demuestra que me quiere y le preocupamos y que además siempre está pendiente de que estemos bien.

A mis sobrinos para que crean que todo es posible y solo se necesita un poco de esfuerzo.

A Pao que siempre me escucha y me ayuda cuando lo necesito.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mi familia que siempre están dispuestos a brindarme su apoyo y se preocupan por mí.

Al Dr. Carlos Gutiérrez Olvera que me formó académicamente e inculcó que la nutrición es una forma divertida de trabajar, por enseñarme que la pasión por lo que haces es la mejor paga, por estar ahí siempre que necesite un consejo y por impulsarme a terminar lo que se inicia.

A mi comité tutor: Dra. Ma. Esther por sus observaciones y enriquecimiento para que este fuera un trabajo bien realizado. Dra. Dinorah por su apoyo y colaboración en mi tesis.

Gracias a la Dra. Adriana Ducoing Watty por su gran ayuda en el análisis estadístico de este trabajo.

A Tania por estar conmigo en todo momento y por todas las locuras y aventuras que hemos tenido, por tu apoyo, tus consejos y los regaños que sirvieron para incentivar me en la realización de este trabajo. Gracias por ser tú y permitirme ser yo.

A la familia Gutiérrez Torres por hacerme parte de ustedes y su apoyo.

A Girona, Tequila, Güell, Draco, Battlo, Furo, Skyy, Kahlua, Whisky, Lleida, Splinter, Carlota, Mr. Pignon, Akane, Chibis, Rexi, Ranma, Pelusa, Black Metal y Padme; los protagonistas de este trabajo y que sin ellos no se hubiera logrado.

## RESUMEN

Los alimentos funcionales han tomado fuerza dentro de la alimentación de los animales debido a las características que ofrecen y los beneficios que aportan dentro de la nutrición de los individuos. Los prebióticos, cadenas de carbohidratos no digeribles, han sido foco de atención de investigaciones debido a las aportaciones que ejercen dentro de la microbiota al marcar un crecimiento selectivo dentro de las bacterias del intestino lo cual a su vez modifica positivamente la digestión y asimilación de nutrientes a través de la membrana de los enterocitos; además de ayudar a prevenir enfermedades gastrointestinales, aumentar la inmunidad, entre otras cosas. El objetivo de este trabajo fue medir el efecto de un complemento de mananooligosacaridos al 1% en la dieta de chinchillas y hurones, sobre la capacidad de asimilación aparente de elementos minerales en pelo, así como la digestibilidad aparente de proteínas en heces. Se realizó un estudio con un diseño de un solo factor a dos niveles para cada especie, completamente aleatorizado y con seis observaciones repetidas en el tiempo. Los grupos de estudio se formaron por 10 individuos por especie divididos en dos grupos de cinco sujetos cada uno, un grupo control y un segundo grupo que recibió el complemento. No se encontraron diferencias ( $p > 0.1$ ) en el porcentaje de digestibilidad de proteínas y asimilación de elementos minerales entre el grupo control y el grupo tratado, así como en el contenido de elementos minerales en el pelo. Se concluyó que la adición de mananooligosacaridos en dosis de 1% a la dieta de hurones y chinchillas por un tiempo de tres meses no modifica el metabolismo y aprovechamiento de proteínas y minerales.

Palabras clave: prebióticos, mananooligosacaridos, hurones, chinchillas, absorción, proteínas, minerales.

## ABSTRACT

Functional foods have taken force inside the feeding of the animals due to the characteristics that they offer and the benefits that contribute within the nutrition of the individuals. Prebiotics, nondigestible carbohydrate chains, have been the focus of attention of research due to the contributions that exert within the microbiota by marking selective growth within the intestinal bacterias which at the same time it modify positively the digestion and assimilation of nutrients through the membrane of the enterocytes; In addition to helping prevent gastrointestinal diseases, increase immunity, among other things. The objective of this work was to measure the effect of a 1% mannanoligosaccharide supplement on the diet of chinchillas and ferrets, on the apparent assimilation capacity of mineral elements in hair, as well as the apparent digestibility of proteins in feces. A study was conducted with a single-factor design at two levels for each species, completely randomized and with six observations repeated over time. The study groups were formed by 10 individuals per species divided into two groups of five subjects each, a control group and a second group that received the complement. No differences ( $p > 0.1$ ) were found in the percentage of protein digestibility and assimilation of mineral elements between the control group and the treated group, as well as the content of mineral elements in the hair. It was concluded that the addition of mananoligosaccharides in doses of 1% to the diet of ferrets and chinchillas for a time of three months does not modify the metabolism and utilization of proteins and minerals.

Key words: prebiotics, mananoligosaccharides, ferrets, chinchillas, absorption, proteins, minerals.

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> Principales factores que influyen en la biodisponibilidad de nutrientes.....	<b>22</b>
<b>Cuadro 2</b> Inhibidores y potenciadores de la absorción de minerales.....	<b>24</b>
<b>Cuadro 3</b> Análisis químico proximal del alimento.....	<b>28</b>
<b>Cuadro 4</b> Consumo promedio de alimento en hurones.....	<b>34</b>
<b>Cuadro 5</b> Consumo promedio de alimento en chinchillas.....	<b>35</b>
<b>Cuadro 6</b> Digestibilidad aparente de proteína en hurones.....	<b>36</b>
<b>Cuadro 7</b> Digestibilidad aparente de proteína en chinchillas.....	<b>37</b>
<b>Cuadro 8</b> Digestibilidad aparente de calcio en hurones.....	<b>38</b>
<b>Cuadro 9</b> Digestibilidad aparente de calcio en chinchillas.....	<b>40</b>
<b>Cuadro 10</b> Digestibilidad aparente de magnesio en chinchillas.....	<b>42</b>
<b>Cuadro 11</b> Digestibilidad aparente de sodio en chinchilla.....	<b>44</b>
<b>Cuadro 12</b> Digestibilidad aparente de potasio en hurones.....	<b>45</b>
<b>Cuadro 13</b> Digestibilidad aparente de potasio en chinchillas.....	<b>46</b>
<b>Cuadro 14</b> Digestibilidad aparente de zinc en hurones.....	<b>47</b>
<b>Cuadro 15</b> Digestibilidad aparente de zinc en chinchillas.....	<b>48</b>
<b>Cuadro 16</b> Contenido promedio en pelo de elementos minerales en hurones y chinchillas.....	<b>49</b>

## CONTENIDO

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
ÌNDICE DE CUADROS.....	6
<b>1. INTRODUCCIÒN.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Prebiòticos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Mananooligosacàridos.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. Digestibilidad.....</b>	<b>14</b>
1.3.1. In vivo.....	15
1.3.2. In vitro.....	15
1.3.3. In situ.....	15
<b>1.4. Digestibilidad de proteínas.....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. Absorción de nutrientes.....</b>	<b>18</b>
1.5.1. Absorción de proteínas.....	19
1.5.2. Absorción de elementos minerales.....	20
<b>1.6. Justificación.....</b>	<b>24</b>
<b>1.7. Hipòtesis.....</b>	<b>24</b>
<b>1.8. Objetivo general.....</b>	<b>24</b>
<b>1.9. Objetivos específicos.....</b>	<b>24</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. Animales.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2. Alojamiento.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3. Alimentación.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4. Complemento.....</b>	<b>28</b>
<b>2.5. Toma de muestras.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6. Procesamiento de la muestra.....</b>	<b>29</b>
<b>2.7. Anàlisis estadístico.....</b>	<b>32</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. Consumo promedio de alimento en hurones.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. Consumo promedio de alimento en chinchillas.....</b>	<b>34</b>



3.3. Digestibilidad aparente.....	35
4. DISCUSIÓN.....	49
4.1. Consumo de alimento.....	49
4.2. Digestibilidad aparente de proteína.....	49
4.3. Absorción aparente de elementos minerales.....	52
5. CONCLUSIÓN.....	54
6. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS.....	56

## **1. Introducción**

El término de “animales de compañía no convencionales” o “nuevos animales de compañía” engloba a todas aquellas especies animales que no incluyen a los perros ni a los gatos, tales como peces, reptiles, aves, diversos mamíferos (como roedores y lagomorfos) e incluso invertebrados. Este término fue introducido desde 1984 por la Sociedad de Ciencias Veterinarias y Medicina Comparada en Lyon, Francia.

La mayoría de estas especies tienen realmente siglos de haber sido criadas, sin embargo, a partir de las últimas décadas del siglo XX, el incremento en su adquisición ha ido siendo exponencial, al grado de que es cada vez más frecuente que estos animales lleguen como pacientes a la clínica veterinaria.

Las necesidades para alimentar a estos animales son variadas y presentan, incluso, gran diferencia entre miembros de una misma familia, por lo que, en la mayoría de los casos, de los animales de este tipo, que ingresan a las clínicas veterinarias con algún padecimiento, este tiene una estrecha relación con los aspectos nutricionales y alimenticios. Es por esto que el médico veterinario debe de tener por lo menos el conocimiento básico para poder guiar al propietario de dichas especies a proporcionar una nutrición adecuada y de la mano mejorar la calidad de vida de dichos animales.

### **1.1 Prebióticos**

Hace algún tiempo la idea de nutrición era referida a la capacidad de un alimento para cubrir las necesidades básicas de un individuo, asegurar su supervivencia, cubrir las necesidades metabólicas y nutritivas y satisfacer la sensación de hambre. En la actualidad, se presta una mayor atención a la potencialidad de ciertos alimentos para promover la salud, mejorar el bienestar físico y reducir el riesgo de contraer enfermedades. Así, el concepto de nutrición adecuada tiende a ser sustituido por el de nutrición óptima, en cuyo ámbito aparecen los alimentos funcionales. Cabe mencionar que un alimento

puede ser funcional para una población en general o para grupos particulares de esta, definidos por sus características genéticas, sexo, edad u otros factores (Palou y Serra, 2000; Pérez-Conesa, et al., 2004).

Un alimento se considera funcional cuando se ha demostrado que afecta de forma beneficiosa a una o varias funciones relevantes del organismo, de manera que proporciona un mejor estado de salud y bienestar y/o reduce el riesgo de padecer enfermedad. Dentro de los alimentos funcionales se encuentran algunos tipos de fibras alimentaria soluble que en la actualidad son muy estimadas dentro de la dieta y son conocidas como prebióticos (Gibson y Roberfroid 1995).

Los prebióticos son ingredientes no digeribles de la dieta que llegan al colon y sirven de sustrato a los microorganismos, originando energía, metabolitos y micronutrientes utilizados por el hospedador y estimulando el crecimiento selectivo de determinadas especies beneficiosas de la microbiota intestinal (principalmente, bifidobacterias y lactobacilos). En 1976 Trowel los describió como diferentes compuestos de origen vegetal que están constituidos por macromoléculas no digeribles, recientemente se definen como el citoesqueleto de los vegetales, una sustancia aparentemente inerte que puede ser fermentada por algunas bacterias, pero no desdoblada por las enzimas digestivas, por lo que resulta imposible de absorber (Rojas, 1994; Corzo et al., 2015).

La estructura de los carbohidratos prebióticos, es decir la composición en monosacáridos, el tipo de enlace glicosidico y el peso molecular, ejerce una gran influencia en las propiedades que estos pueden presentar. Se ha desarrollado un gran número de modelos para evaluar la fermentación o biodegradabilidad intestinal de los prebióticos previamente caracterizados (origen, fuente, pureza composición química y estructura). Algunos estudios sugieren que los prebióticos podrían ejercer efectos fisiológicos beneficiosos para la salud y el bienestar del organismo, en relación con su capacidad para

modular la microbiota intestinal. Estos efectos pueden ser ejercidos no solo en el colon, sino también en todo el organismo contribuyendo, de esta forma, a reducir el riesgo de padecer ciertas enfermedades intestinales o sistémicas (Steed et al., 2009).

Entre los efectos producidos en el colon, cabe mencionar que, los prebióticos estimulan el crecimiento de bacterias fermentativas con efectos beneficiosos (bifidobacterias y lactobacilos); generan ácidos grasos de cadena corta (AGCC) que producen un descenso de pH, controlando el desarrollo de ciertas comunidades bacterianas patógenas. Además, los prebióticos actúan sobre determinadas funciones intestinales reduciendo el tiempo de tránsito intestinal, al producir un aumento del bolo fecal y del número de deposiciones. Esto es debido a que los AGCC se absorben eficazmente y son utilizados por las células epiteliales del colon estimulando la secreción de agua y de sales (Corzo et al., 2015).

Los prebióticos podrían también tener un efecto protector frente a infecciones intestinales. Se han descrito varios mecanismos, uno de ellos se basa en la liberación, por parte de muchas especies de lactobacilos y bifidobacterias, de agentes antimicrobianos (AGCC y péptidos) de amplio espectro de acción. También se han utilizado prebióticos conjuntamente con probióticos, en estudios *in vitro*, obteniendo muy buenos resultados de inhibición de microorganismos patógenos. Otro mecanismo de acción se puede atribuir a las propiedades antiadherentes que presentan los prebióticos bloqueando los lugares donde se adhieren los microorganismos patógenos o sus toxinas en las células epiteliales, actuando, por lo tanto, como análogos de los receptores (Lamsal, 2012).

Los prebióticos también favorecen la absorción de minerales tales como el calcio, magnesio, zinc y el hierro debido a la capacidad de unirse a ellos impidiendo, de este modo, su absorción en el intestino delgado alcanzando el

colon donde son liberados y posteriormente absorbidos. Una mejor absorción del calcio está asociada a que la fermentación de los prebióticos, por parte de la microbiota intestinal, produce AGCC y baja el pH luminal aumentando la biodisponibilidad y la absorción pasiva del calcio a través de los colonocitos. También se ha comprobado que la biodisponibilidad del calcio mejora cuando se libera por hidrólisis del complejo fitato de calcio por la acción de las fitasas bacterianas presentes en la microbiota beneficiosa y cuando el calcio se vuelve más soluble gracias al aumento de agua en el colon, producido por el efecto osmótico que tienen los prebióticos (Rastall, 2010; Caselato de Sousa et al., 2011; Maning y Gibson, 2004).

En cuanto a la absorción de hierro y zinc los prebióticos estimulan dicha absorción en el colon, por el aumento de la fracción soluble en las células que se encuentran unidas al ácido fítico, por ello su administración en la dieta restablece la absorción de estos minerales (Steed et al., 2009).

## **1.2 Mananooligosacaridos**

Los mananooligosacaridos (MOS) son un tipo de oligosacáridos prebióticos que contienen manosa en su estructura, los cuales corresponden a azúcares complejos de membrana derivados de la pared celular de plantas superiores, bacterias, mohos y levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* (Nelson y Cox, 2001).

Los MOS se encuentran en una composición de polisacáridos dentro de la membrana del 80 a 85 % y cuyos componentes activos son la glucosa (glucanos) y manosa (mananos), los cuales forman aproximadamente el 92 % de los polisacáridos constituidos en la pared. Son reconocidos como inmunoestimulantes, así como colonizadores de la mucosa intestinal (al formar parte junto con algunos otros elementos de la pared celular), impidiendo la adhesión de algunas bacterias entero patógenas (Dildey, et al., 1997; Kollar, et al., 1998; Spring, et al., 2000; Fernandez, et al., 2000).

Los MOS son resistentes a la hidrólisis enzimática y a la fermentación de la microbiota intestinal; se considera que desempeñan un papel positivo en el mantenimiento de la integridad intestinal y en el crecimiento de bacterias benéficas (*Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp.), además de que actúan como barrera contra patógenos como *Clostridium* spp., *Salmonella* sp. y *E. coli*, manteniendo así la eubiosis dentro del tubo digestivo (Oyofó et al., 1989; Spring et al., 2000).

Por otro lado, mejoran la barrera de la mucina en el borde de cepillo y reducen la tasa de rotación de los enterocitos a través de la disminución del pH intestinal, por efecto de la producción de ácidos grasos de cadena corta además de la fermentación de los MOS que lleva a cabo la microbiota intestinal (Ferket, 2000).

Hablando del mecanismo de acción hacia las enfermedades gastrointestinales, las bacterias patógenas se unen a las manosas ubicadas en el exterior de las células intestinales del huésped, siendo éstas fermentadas por los patógenos. Un mecanismo de unión es a través de la Fimbria Tipo 1 manosa-sensitiva la que se encuentra en numerosas cepas de *Escherichia coli* y *Salmonella* sp. Los MOS actúan previniendo la adherencia de las lecitinas bacterianas a los carbohidratos presentes en la superficie de las células intestinales; esta acción reduce la colonización del tracto digestivo con patógenos causantes de la diarrea y son excretados en las heces. Así, los MOS previenen infecciones bacterianas a través de mecanismos diferentes a los utilizados por los antibióticos, impidiendo el desarrollo de resistencia por parte de los patógenos.

Por otra parte, los MOS han demostrado modular el sistema inmune reduciendo la incidencia de enfermedades respiratorias, intestinales y otras infecciones en relación a este tema, se consigna que alrededor de las tres cuartas partes de todas las células inmunológicas en el cuerpo del animal están localizadas dentro del intestino como parte del tejido linfoide, esto

proporciona protección inmunológica, tanto específica como no específica al proteger la superficie del tracto gastrointestinal (Dvorak et al., 1997; Finucane et al., 1999; Newman et al., 1993).

Los mecanismos mediante los cuales los MOS estimula la producción de la IgA no han sido totalmente esclarecidos; aunque existe la hipótesis de que las células M toman pequeñas porciones de MOS y los transporta a las placas de Peyer para que pueda actuar como auxiliar en el estímulo para la producción de IgA. Adicionalmente, los MOS han demostrado mejorar la integridad de la mucosa intestinal, se ha reportado una reducción en la profundidad de las criptas y un incremento en la relación del largo de las vellosidades con la profundidad de la cripta en pavos alimentados con MOS. Según los autores, es probable que dichos cambios, se deban a la capacidad de los MOS para mejorar la microbiota intestinal y no a un efecto directo de éstos sobre el tejido intestinal (Savage *et al.* 1996).

En cuanto a su efecto dentro de la absorción de nutrientes, al estar compuestos por carbohidratos una vez que son utilizados por las bacterias, se fermentan y acidifican el medio lo que favorece para la absorción de ciertos elementos como aminoácidos, algunos minerales; además de activar receptores de membrana que facilitan el paso hacia el interior de los enterocitos de estos elementos. Se ha mencionado que los prebióticos, como la manosa, mejoran la absorción de minerales a causa de un efecto osmótico que transfiere agua al ciego, aumentando así el volumen de fluido en el que estos minerales se pueden disolver. Además, como resultado de la fermentación, los prebióticos disminuyen pH cecal y, en consecuencia, aumenta las concentraciones de minerales ionizados, una condición que favorece la difusión pasiva de estos. La microflora beneficiada por la inclusión de las fibras prebióticas produce ácidos grasos de cadena corta a partir de estas que reduciendo el pH de la digesta a nivel ileal y colónica, resultando en una mayor hidrólisis de las proteínas mejorando su digestibilidad, así como de Ca y P (Roberfroid, 2000; Nochta *et al.*, 2010; Jahanian y Ashnagar, 2015).

Debido a estos efectos los MOS se han utilizado tanto para animales de producción y más recientemente para animales de compañía. En animales de producción se busca la protección y nutrición de la micro flora, lo cual influirá en un aumento de la ganancia de peso al digerir de una manera más eficiente el alimento que se proporcione.

Por otro lado, también se busca que estos prebióticos funcionen como una barrera ante las infecciones con bacterias patógenas disminuyendo así el uso de antibióticos o fármacos que puedan influir en la calidad de la canal, además de buscar un mejoramiento en la inmunidad intestinal. En cambio, para los animales de compañía se han utilizado para mejorar la salud intestinal y mejorar la digestión y aprovechamiento del alimento.

### **1.3 Digestibilidad**

La digestibilidad de un alimento se puede definir como la cantidad de alimento que ingiere el animal y no se elimina con las heces por lo que se supone que fue absorbida (McDonald, 1986).

Como las heces contienen cantidades importantes de materiales de origen no dietético, propios del animal como fluidos digestivos y células descamadas de la mucosa intestinal, los coeficientes de digestibilidad determinados de esta manera son aparentes. Estos coeficientes se han determinado en muchos estudios sobre nutrición y hacen referencia a la fracción de un determinado alimento o dieta que desaparece durante su paso a través del conducto gastrointestinal, suponiendo así que el proceso de absorción interviene también en la determinación del valor nutritivo (Church, 1993).

Existen algunos métodos con los cuales se logran medir los coeficientes de digestibilidad, como son in vivo, in vitro o insitu.



### **1.3.1 In vivo**

Esta técnica se realiza directamente en el animal. Consiste en suministrar al animal una cantidad conocida de alimento, posteriormente se recolectan y cuantifican las excretas (heces y orina), asumiendo que la porción de alimento no excretado corresponde a la parte digerida y absorbida. Siguiendo este mismo procedimiento, se puede medir la digestibilidad en el animal por medio de marcadores que se agrega al alimento y que en el momento de recoger las heces se debe tener en cuenta la presencia del primer marcador y termina cuando aparece el segundo. Entre los marcadores conocidos se tiene el óxido crómico, óxido férrico, sulfato de bario y hollín.

### **1.3.2 In Vitro**

Esta técnica es utilizada para la alimentación en rumiantes, simulándose al nivel de un laboratorio los procesos digestivos que se llevan a cabo en el animal. Se somete una muestra seca de forraje finamente molida (1 mm de espesor) a un proceso inicial de digestión con líquido ruminal y luego a uno posterior de digestión con ácido clorhídrico y pepsina, especialmente útil y confiable para la valoración de la digestibilidad de forrajes tropicales.

### **1.3.3 In Situ**

Este análisis se utilizaba únicamente para determinar la digestibilidad ruminal, en la actualidad se he utilizado esta técnica en el ciego ya que al ser una cámara fermentativa también tiene un proceso de digestión de nutrientes. Para ello se fistulan los animales a nivel de la cámara de elección, se utiliza la técnica de la bolsa de nailon para el rumen o una cánula en el caso del ciego. En esta bolsa se deposita una muestra seca finamente molida, de 1 mm para someterla a un proceso de digestión que tarde de 48 a 72 horas, luego de lo cual se evalúa la digestibilidad del alimento. También se puede utilizar la técnica del hilo de algodón, por medio de la cual se mide la actividad celulolítica ruminal, representada por la pérdida de peso que sufre el hilo durante el

proceso de digestión ruminal. Con la cánula se logra obtener muestras del líquido dentro de la cavidad para la medición de la digestibilidad del alimento.

La digestibilidad de un alimento es bastante variable, siendo influida por factores relacionados con el animal, con el medio ambiente y con el alimento, entre los cuales se destacan los siguientes:

- **Edad del animal:** en cada fase de desarrollo y productiva se presenta un desarrollo anatómico y funcional del tubo digestivo y una actividad enzimática, que permite el aprovechamiento más eficiente de ciertos alimentos.
- **Especie animal:** los rumiantes y los herbívoros mono gástricos están adaptados para el aprovechamiento de los carbohidratos estructurales, mediante procesos de fermentación microbiana a nivel ruminal o cecal.
- **Composición de los alimentos:** la cantidad de fibra bruta, especialmente del complejo lignina-celulosa, afecta de manera negativa la digestibilidad del alimento por reducción de la digestibilidad de las proteínas y los carbohidratos fermentables, los cuales quedan atrapados dentro de la pared celular. En todas las especies animales es indispensable una cierta cantidad de fibra bruta para ayudar al normal tránsito intestinal.
- **Composición de la dieta:** en una dieta mixta el exceso de carbohidratos fermentables puede disminuir el aprovechamiento de los carbohidratos estructurales. El exceso de proteína verdadera puede afectar la utilización del nitrógeno no proteico, en el caso de los rumiantes.
- **Tamaño de la partícula del alimento:** la molienda fina de los granos y los cereales favorece la digestibilidad por existir una mayor área de exposición a la acción de las enzimas. Pero puede provocar inconvenientes, representados en un incremento de problemas respiratorios y un mayor desperdicio del alimento. En el caso de los forrajes, la excesiva reducción del tamaño de las partículas aumenta la velocidad de tránsito del alimento, presentándose una reducción en la digestibilidad y en la exposición a la fermentación microbiana.

- Presencia de factores anti nutricionales: disminuye la digestibilidad de los alimentos como por ejemplo los glucanos en la cebada, el ácido cianhídrico en la yuca, los antitripsínicos en las semillas de leguminosas y los taninos en el sorgo.

#### **1.4 Digestibilidad de proteínas**

La mayoría de las proteínas en el cuerpo y la dieta son polipéptidos largos (100s de aminoácidos). La estructura de aminoácidos (aa) consiste en un átomo de carbono central unido a un hidrógeno, un ácido carboxílico, un grupo amino y un grupo lateral adicional que es único para cada aa. El grupo lateral crea características únicas para cada aa, por lo que difieren en forma, tamaño, composición, carga eléctrica y pH. Para la formación de proteínas los aa individuales se unen mediante enlaces peptídicos en secuencias y longitudes específicas para dar las características y funciones que necesita cada una.

Debido a que las proteínas enteras no se absorben deben ser digeridas en aa o di- y tri-péptidos antes de la absorción, es importante mencionar que en el citosol se produce una digestión adicional. La digestión proteica comienza en el estómago y se lleva a cabo por medio de la acción de las proteasas gástricas, posteriormente sigue su paso a través del tubo digestivo hasta llegar al intestino delgado donde la proteasa pancreática lleva a cabo la mayor parte de la digestión, alrededor del 70 %. Es importante recordar que las estructuras de las proteínas son más diversas que los carbohidratos y por lo tanto requieren un espectro más amplio de peptidasas y transportadores.

La digestión adicional de la proteína ocurre en el borde del cepillo, aumentando la cantidad de proteína adecuada para el transporte intracelular. Las peptidasas de borde de cepillo son proteínas de membrana integrales que producen aa individuales y péptidos más pequeños (di y tri-péptidos) de tetrapéptidos y péptidos más grandes. Las peptidasas del borde del cepillo se encuentran en las puntas de las vellosidades y no están presentes en las criptas. Las peptidasas citoplasmáticas intracelulares también descomponen

dipéptidos y tripéptidos en aminoácidos individuales. Más del 99% de la proteína entra en el torrente sanguíneo como aminoácidos individuales, pero algunos permanecen en los enterocitos y se utilizan para consumo de la célula (Hannelore, 2004).

### **1.5 Absorción de nutrientes**

La absorción implica la transferencia de nutrientes digeridos desde la luz intestinal a la sangre o el sistema linfático para la entrega a los tejidos de todo el cuerpo. Como la digestión, la mayor parte de la absorción tiene lugar en el intestino delgado (Smeets-Peeters, et al., 1998).

La estructura de la pared interior del intestino delgado está diseñada para proporcionar una gran cantidad de superficie para la absorción de nutrientes, los pliegues de la mucosa, las vellosidades y microvellosidades conforman esta superficie interior de absorción que es aproximadamente 600 veces mayor que la de la capa serosa externa del intestino. Estas estructuras tienen la función del transporte de nutrientes a las circulaciones linfáticas o sanguíneas.

La absorción de nutrientes se lleva a cabo en el intestino delgado a través de varios procesos; algunas moléculas pequeñas se absorben por difusión pasiva de acuerdo con el gradiente osmótico, por ejemplo, electrolitos y moléculas de agua en respuesta a la presión osmótica. La difusión facilitada implica el transporte de moléculas grandes a través de la membrana celular en concurrencia con el gradiente de presión. Las proteínas transportadoras ubicadas en las membranas de los enterocitos facilitan el transporte de estos nutrientes a las células. El transporte activo implica el transporte de moléculas a través de la membrana epitelial intestinal contra un gradiente de concentración, este mecanismo de transporte se diferencia de la difusión

pasiva en el gasto de energía para el transporte de materiales en contra de un gradiente de concentración.

Se cree que algunos carbohidratos simples son absorbidos por el cuerpo a través de un proceso activo que está vinculado a transporte de sodio y utiliza una proteína portadora específica, aminoácidos individuales y algunos dipéptidos y tripéptidos también se absorben de esta manera. La absorción de grasa implica la interacción de las micelas que contienen grasa con la fase acuosa que rodea el borde en cepillo, estas micelas contienen ácidos biliares, monoglicéridos, diglicéridos, y ácidos grasos de cadena larga. Debido a que son miscibles con el agua, las micelas son capaces de viajar a la frontera cepillo, donde se rompen quedando libres las moléculas de grasa para poder ser absorbidas.

Las vitaminas solubles en agua son transportadas por difusión pasiva, pero algunas pueden ser absorbidas por un proceso activo cuando la dieta contiene niveles bajos; la vitamina B12 es la única que depende de un factor intrínseco para su absorción. Las vitaminas liposolubles se hacen soluble mediante la combinación con las sales biliares y luego son absorbidos por difusión pasiva a través de la fase lipídica de la membrana celular de la mucosa.

### **1.5.1 Absorción de proteínas**

La mayor parte de la absorción de proteínas tiene lugar en el duodeno y el yeyuno donde se transportan oligopéptidos y AA libres. Hay varios tipos de transportadores que trabajan por diferentes mecanismos. Uno de ellos es el PEPT1 que está acoplado al intercambiador de sodio-hidrógeno (NHE3), es el encargado de acomodar proteínas de varios tamaños y cargas. Los AA libres son transportados fuera del lumen por varios mecanismos como difusión facilitada o pasiva, portadores independientes de Na<sup>+</sup>, portadores dependientes de Na<sup>+</sup> y co-transporte de protones. Algunos aminoácidos

comparten el mismo sistema de transporte, por lo que, si una gran cantidad de un aminoácido particular se consume, la absorción de otros puede ser inhibido.

La membrana basolateral del enterocito contiene transportadores adicionales que exportan aminoácidos de la célula a la sangre tanto por difusión como por portadores dependientes e independientes de Na<sup>+</sup> (Hannelore, 2004).

### **1.5.2 Absorción de elementos minerales**

La mayoría de los minerales son absorbidos por el cuerpo en una forma ionizada. La absorción de minerales depende de varios factores entre los que se encuentran principalmente la fuente que se proporcione en la dieta, la biodisponibilidad, la cantidad en la dieta, el antagonismo entre elementos, el pH del ambiente intestinal y la interacción que exista con otros elementos. Los principales factores que influyen en la biodisponibilidad figuran en el cuadro 1 y se pueden clasificar en: fisiológicos, dependientes del sujeto y los dependientes del alimento (Wapnir, 1990; Coudray, et al., 1997).

Hablando de minerales, el concepto de biodisponibilidad implica que éstos deben encontrarse en forma soluble al pH del tracto gastrointestinal donde se realiza su absorción. Se ha visto que los minerales que se unen principalmente a aminoácidos y péptidos (proteínatos) así como a carbohidratos, vitaminas o incluso otros minerales (quelatos) tienen una mejor asimilación que los elementos inorgánicos ya que estos llegan a competir por los sitios de absorción y los elementos orgánicos, es decir, que se encuentran unidos con otros nutrientes utilizan los mecanismos de absorción de estos facilitando su asimilación hacia el interior de las células.

Cuadro 1

Principales factores que influyen en la biodisponibilidad de nutrientes.

<p style="text-align: center;"><b>Fisiológicos</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Dependientes del sujeto</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Alimentarios</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Dependientes de la matriz alimentaria</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo etario</li> <li>• Estado nutricional del individuo</li> <li>• Ingesta previa</li> <li>• Eficiencia del proceso digestivo</li> <li>• Tiempo de tránsito intestinal</li> <li>• Situaciones especiales</li> <li>• Enfermedades gastrointestinales</li> <li>• Patologías diversas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composición de la matriz alimentaria</li> <li>• Contenido intrínseco del alimento</li> <li>• Forma química del nutriente</li> <li>• Presencia de otros componentes y/o sustancias bioactivas</li> <li>• Agregado de componentes extrínsecos: ej. Ingredientes, aditivos, fortificantes, etc.</li> <li>• Procesado y/o almacenamiento</li> </ul>

(Wapnir, 1990; Coudray, et al., 1997)

Los más efectivos son aquellos que poseen una constante de estabilidad suficientemente elevada como para minimizar la interacción con posibles ligandos de la matriz alimentaria capaces de formar complejos insolubles. Por otra parte, los mecanismos homeostáticos del organismo inciden en parte en la amplitud de los rangos de absorción de minerales y de vitaminas, por factores de la matriz alimentaria o de la dieta. Entre otros factores, pueden mencionarse la presencia del nutriente en estructuras resistentes al proceso digestivo y la asociación intrínseca o interacción en el tracto gastrointestinal

con otros componentes que disminuyen su absorción (Wapnir, 1990; Gordon and Peilett, 1992; Miller, 2000).

Existen estudios de laboratorio para exponer los mecanismos de absorción de minerales donde se han realizado pruebas in vitro y todos los componentes involucrados en esta absorción como pH, temperatura y cantidad de elemento mineral son controlados y se asemejan al ambiente intestinal; lamentablemente estos estudios no se pueden extrapolar a los animales vivos ya que las condiciones dentro del tubo digestivo no siempre son constantes, además de que la fuente y biodisponibilidad de los elementos juega un papel importante en este proceso de absorción.

En cuanto a la biodisponibilidad mineral es importante tener en cuenta el concepto de inhibidores y potenciadores. En el cuadro 2 se enumeran los principales potenciadores e inhibidores de la biodisponibilidad de minerales. hablando de inhibidores se pueden enumerar a los ligandos que forman complejos insolubles, no absorbidos por su baja solubilidad y/o elevada constante de estabilidad. Los potenciadores son los ligandos que forman complejos solubles, absorbibles por formar complejos que por su solubilidad y constante de afinidad permiten su transferencia a los receptores de la mucosa intestinal (Hallberg y Hulthén, 2000).

Existen muchos factores que influyen en la absorción, distribución y excreción del calcio. La absorción del Ca se produce en un 90% en el duodeno, yeyuno e íleon, mientras que el 10% restante se lleva a cabo en el colon. Este proceso colónico se lleva a cabo a través del intestino de dos maneras diferentes: transcelular (transporte activo y pasivo) y para celular, y de acuerdo a lo que relata la bibliografía, ambas rutas se verían favorecidas por el consumo de prebióticos (Ross, et al., 2001; Case y Carey, 2001; Pond, et al., 2005).

El intestino grueso puede representar un importante sitio de la absorción de Ca, se han hecho estudios en ratas donde se ha demostrado que los oligosacáridos fermentables mejoran la absorción de calcio en el ciego. En



cuanto al potasio es absorbido principalmente mediante un proceso de difusión simple desde la región superior del intestino delgado, aunque también llega a ser absorbido en la parte inferior de este y en el intestino grueso. La disponibilidad del potasio es elevada (95% o más) en la mayoría de los alimentos, pero a diferencia de otros minerales no se almacena y requiere un aporte diario con la dieta (Mc Dowel, 1992; Kutsky, 1981; Ohta, et al., 1995; Demigné, et al., 1980; Hara, et al., 1999; Remesy, et al., 1993).

Cuadro 2

Inhibidores y potenciadores de la absorción de minerales.

<b>Inhibidores</b>	<b>Potenciadores</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fitatos: unión a cationes formando compuestos de baja solubilidad (Zn, Fe, Ca, Mg)</li> <li>• Fosfatos</li> <li>• Proteínas vegetales y lácteas</li> <li>• Poli fenoles</li> <li>• Complejos insolubles con Fe</li> <li>• Fibra</li> <li>• Ácido oxálico</li> <li>• Ácidos grasos saturados de cadena larga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácidos orgánicos: cítrico, láctico, butírico, etc.</li> <li>• Ácido ascórbico (hierro)</li> <li>• Proteína celular animal y amino ácidos (histidina, metionina)</li> <li>• Lípidos y algunos ácidos grasos</li> <li>• Carbohidratos: lactosa</li> <li>• Prebióticos</li> <li>• Quelantes como EDTA</li> </ul>

(Hallberg y Hulthén, 2000)

Del mismo modo, tanto el ciego y el intestino grueso de los omnívoros están agrandados en comparación con los de las especies carnívoras. La digestión microbiana de fibra dietética en el ciego y el colon de los herbívoros rumiantes contribuye significativamente a la ingesta de nutrientes y el equilibrio de estos animales. La medida en que la digestión bacteriana de fibra dietética en el ciego y el colon contribuye al equilibrio de energía en estas especies es pequeña en comparación con la contribución de las especies de herbívoros no

rumiantes. Sin embargo, los ácidos grasos de cadena corta producidos por la fermentación bacteriana de fibra son una importante fuente de energía para los colonocitos y contribuyen a la salud intestinal (Buddington, et al., 2000; Drackley, et al., 1998).

## **1.6 Justificación**

Debido al creciente interés en la salud y bienestar animal por medio de la nutrición, han surgido fuentes alternativas de nutrientes que apoyen este fin, como los alimentos funcionales o nutraceuticos. Los conocimientos que existen en medicina humana han sido trasladados hacia la medicina veterinaria y zootecnia; por lo que ha sido necesario ampliar las investigaciones sobre el uso adecuado de estos productos, así como el funcionamiento dentro de la salud y su verdadero papel como nutraceuticos en la nutrición de los animales de compañía.

## **1.7 Hipótesis**

La complementación de MOS a la dieta de hurones y chinchillas tendrá un efecto en la digestión del alimento y la absorción intestinal de nutrientes, como proteínas y elementos minerales principalmente.

## **1.8 Objetivo general**

Determinar el contenido de proteínas y elementos minerales en heces y pelo de chinchillas y hurones alimentados con una dieta comercial adicionada con un complemento nutricional de MOS.

## **1.9 Objetivos específicos**

- Determinar el consumo de alimento y agua diariamente por un periodo de tres meses en hurones y chinchillas macho adultos clínicamente sanos.

- Determinar la digestibilidad aparente de proteína al medir su concentración en heces de hurones y chinchillas.
- Determinar la concentración de proteínas en las dietas comerciales utilizadas para este estudio para conocer su relación con el consumo.
- Determinar la absorción aparente de calcio, sodio, magnesio, potasio y zinc al medir el contenido de estos en heces y pelo de hurones y chinchillas.
- Determinar la concentración de calcio, sodio, magnesio, potasio y zinc en las dietas utilizadas para conocer su relación con el consumo.
- Determinar la concentración de calcio, sodio, magnesio, potasio y zinc en el agua de bebida para conocer su relación con el consumo.

## **2. Material y Métodos**

### **2.1 Animales**

En el caso de los hurones, se contó con 10 animales machos castrados de 3 años de edad con un peso promedio de 1.11 kilogramos, divididos aleatoriamente en dos grupos de 5 animales cada uno; donde el grupo 1 fue el grupo testigo y el grupo 2 como grupo experimental con la complementación de MOS dentro de su dieta.

Para el caso de las chinchillas, se contó con 10 animales machos castrados, con una edad promedio de 2 años y con un peso promedio de 587 gramos, divididos aleatoriamente en dos grupos de 5 animales, donde el grupo 1 fungió como grupo testigo y el grupo 2 como grupo experimental con la complementación de MOS dentro de su dieta.

El estudio tuvo una duración de 3 meses con la finalidad de incluir el tiempo necesario para que la complementación de MOS influya en la micro flora intestinal y por lo tanto se vean reflejados los beneficios de su complementación.

## 2.2 Alojamiento

El albergue se localizó en un domicilio particular ubicado en el Estado de México, en el cual se acondicionaron dos habitaciones (una para cada especie), para su adaptación durante toda la ejecución del estudio. Este periodo tuvo una duración de 1 mes, tiempo suficiente para la adaptación al alimento, el lugar y los demás sujetos de estudio; en el caso de las chinchillas también se adaptaron a la omisión del baño diario que esta especie necesita para mantener limpio su pelaje.

Cada individuo permaneció en jaulas individuales; dentro de cada jaula se colocó un comedero y un bebedero de plástico; en el caso de las chinchillas además de cada jaula, tuvo una caja de 15 x 30 x 20 cm de plástico que sirvió como refugio, además en cada jaula se colocó una reja para impedir que los animales consumieran las heces, y para los hurones se colocó una hamaca para descanso y refugio.

Todos los días se sacaron a pasear mínimo 20 minutos, de manera individual durante el tiempo de limpieza de las jaulas.

## 2.3 Alimentación

Para cada una de las especies se utilizó un alimento comercial específico por especie de la marca Mazuri®, utilizándose alimento para todo el periodo experimental del mismo lote. Para el cálculo de la ración de alimento se tomó en cuenta las necesidades calóricas del animal y el aporte de energía de cada uno de los alimentos, utilizando las siguientes fórmulas:

- Cálculo de necesidades calóricas en hurones: 200 (PV)
- Cálculo de necesidades calóricas en chinchillas:  $95 (PV)^{0.75}$
- Cálculo de ración de alimento:  $(NE * 100) / EA$

Donde

PV = peso vivo expresado en kilogramos

NE = necesidades energéticas del animal expresado en kilo calorías

EA = energía del alimento contenida en 100 gr expresado en kilo calorías

El contenido energético del alimento se obtuvo a partir del análisis químico proximal de los alimentos utilizados que se expresan en el cuadro 3, obteniéndose una densidad energética de 357.7 kcal / 100 g en el caso de los hurones y de 245.9 kcal / 100 g en el caso de las chinchillas; por lo que la ración diaria de alimento se obtuvo a partir de la ración más alta calculada más un 10% para lograr establecer el consumo diario de este, además de la dosis del complemento que se calculó en función a la cantidad de alimento ofrecida.

Cuadro 3

Análisis químico proximal del alimento.

<b>Alimento</b>	<b>Proteína</b> %	<b>EE</b> %	<b>Fibra</b> %	<b>Humedad</b> %	<b>Cenizas</b> %	<b>ELN</b> %
<b>Hurones</b>	37.1	21.9	6.2	6.2	8.3	26
<b>Chinchillas</b>	21.3	2.8	17.7	7.9	8.3	42

(Frehoff, 2015)

Para el caso de los hurones se ofreció 70 gramos de alimento para así cubrir sus necesidades nutricionales; para las chinchillas la ración a utilizar fue de 30 gramos de alimento, suficientes también para cubrir sus necesidades diarias de nutrientes.

La ración se proporcionó por la noche (7pm) diariamente, debido a que las especies que se utilizaron son de hábitos nocturnos y su alimentación y mayor actividad la llevan a cabo durante la noche.

## **2.4 Complemento**

Para el complemento de MOS se utilizó un producto de laboratorios GABSA® a una dosis de 1% con respecto a la ración diaria de alimento, proporcionándose 700 mg/día/animal en el caso de los hurones y 300 mg mg/día/animal a las chinchillas.

La dosis se administró vía oral en dilución con agua corriente con ayuda de una jeringa plástica individual de 3 ml para las chinchillas y de 5 ml para los hurones. Esta dosis se dio antes de proporcionar la ración de alimento. Para el grupo control se administró un placebo de agua corriente por vía oral con ayuda de una jeringa plástica individual con la misma cantidad de agua que las dosis de MOS.

## **2.5 Toma de muestras**

Las muestras de heces se tomaron diariamente durante todo el estudio, se pesaron y se almacenaron a temperatura de congelación (2°C) en bolsas de plástico individuales, posteriormente se formó una dosis total por periodo de 7 días para la muestra inicial y de 15 días para el resto del tiempo del estudio, obteniendo así 7 muestras por animal para su procesamiento.

Las muestras de alimento se tomaron al abrir cada uno de los costales utilizados, se almacenaron en bolsas de plástico individuales en refrigeración y al final se hizo una muestra homogénea por cada una de las dietas utilizadas para su procesamiento. Para determinar el consumo diario se pesó el residuo de alimento y se dio la nueva ración.

Las muestras de pelo se tomaron dos veces, la primera al inicio del estudio y la segunda al final y se almacenaron en bolsas de plástico individuales a temperatura ambiente en un lugar seco y fresco. Para el caso de los hurones se utilizaron tijeras para cortar una región de 5 x 5 cm en la región lumbar y en el caso de las chinchillas la muestra se tomó con ayuda de una carda y se almaceno en bolsas plásticas.

Para determinar el consumo de agua se graduaron cada uno de los bebederos, diariamente se revisó los mililitros consumidos y se rellenaron los bebederos hasta su máxima capacidad.

## 2.6 Procesamiento de las muestras

Se llevó a cabo en los laboratorios de Toxicología y Bromatología del DNAB, FMVZ-UNAM.

- Humedad

Las muestras fueron descongeladas, se combinaron hasta obtener una mezcla homogénea; después se pesaron con la ayuda de una tara, la cual se pesó con anterioridad, posteriormente se metieron en el horno a 60° C durante un día para su total desecación. Una vez transcurrido este tiempo se sacaron y pesaron con la misma tara para llegar así por diferencia de pesos a estimar la humedad de cada una de las muestras mediante la siguiente fórmula:

$$HUMEDAD = \frac{(T + MF) - (T + MS)}{T + MS} \times 100$$

Donde

T = tara

MF = muestra fresca

MS = muestra seca

Una vez desecadas las muestras se molieron y se almacenaron en bolsas de plástico individuales identificadas, de esta mezcla se tomaron las cantidades necesarias para las determinaciones de proteína y minerales.

Para las muestras de alimento se hizo una muestra homogénea mezclando lo obtenido de cada uno de los bultos, se pesaron con ayuda de una tara y se metieron a desecar al horno a 50° C por 2 horas. Una vez secos se pesaron y

se calculó la humedad con la misma fórmula que las muestras de heces, se molieron y se almacenaron en bolsas plásticas previamente identificadas.

- Proteínas

Para la determinación de proteína se utilizó el método Kjeldahl el cual mide la cantidad de nitrógeno contenido en la muestra para que mediante una ecuación se estime la cantidad de proteína que contiene cada una de las muestras.

En este caso se utilizó la siguiente técnica:

- 0.2 g de muestra
- 0.5 g sulfato de cobre
- 1.5 g carbonato de sodio
- 10 ml ácido sulfúrico

Se colocaron en matraces para someterlos a una digestión ácida para su posterior destilación en el Kjeldahl para lo cual se añadió sosa al 36% y para la recepción de la muestra ácido bórico con un marcador de color. Una vez destiladas las muestras se titularon con ácido clorhídrico a una concentración de 1 normal hasta que el color virara al color original de la preparación del ácido bórico. El siguiente paso fue sustituir los valores obtenidos en la siguiente fórmula:

$$PROTEÍNA = \frac{ml\ HCl * N\ HCl * 14 * 100 * 6.25}{g\ M * 1000}$$

Donde

ml HCl = mililitros utilizados en la titulación de la muestra

N HCl = normalidad a la que se encuentra el HCl

14 = peso atómico del nitrógeno



6.25 = estimación del porcentaje de nitrógeno que contiene un gramo de proteína

g M = gramos de la muestra

- Digestibilidad

Para el cálculo de la digestibilidad aparente de la proteína y la retención de los elementos minerales se determinó la cantidad de alimento consumido y de heces por muestra, se obtuvieron estos datos en materia seca debido a que los contenidos de proteína y elementos minerales son determinados dentro de la materia seca de cada una de las muestras, además del contenido de cada uno de estos en el alimento utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ digestibilidad} = \frac{CC - CH}{CC} \times 100$$

Donde:

CC = cantidad consumida

CH = cantidad en heces

- Minerales

Se sometieron las muestras de heces y alimento a una digestión ácida abierta con 25 ml de una solución de ácido sulfúrico y ácido perclórico con 0.5 g de muestra durante 2 horas para su total digestión; posteriormente se aforaron a 50 ml. Una vez obtenido el volumen total se filtraron las muestras con ayuda de papel filtro y se almacenaron en frascos de polietileno con tapa de rosca y se colocaron en un lugar fresco y seco hasta su lectura.

Para las muestras de pelo se pesaron 0.5 g y se sometieron a una digestión ácida abierta con 5 ml de ácido nítrico, una vez digeridas se aforaron a 10 ml con agua desmineralizada, se filtraron y almacenaron en tubos de cultivo con tapa de rosca en un lugar fresco y seco hasta su lectura.

Para la muestra de agua se leyeron directamente.

## **2.7 Análisis estadístico**

Para cada especie el diseño fue de un solo factor con dos niveles, completamente aleatorizado y con seis observaciones repetidas en el tiempo.

Para la variante del tratamiento hubo dos rubros: con complemento (de MOS para hurones de 700 mg y para las chinchillas una dosis de 300 mg) y sin complemento.

Las repeticiones fueron 5 machos por especie y tratamiento, asignados aleatoriamente. Para las mediciones en el tiempo se realizaron cada semana durante un tiempo de 6 periodos quincenales con un total de 12 semanas.

Las respuestas obtenidas fueron el contenido de proteína, Ca, Mg, Na, Zn, y K en heces; el consumo de agua, alimento, materia seca, proteína, Ca, Mg, Na, Zn, y K; la digestibilidad de proteína, Ca, Mg, Na, Zn, y K; y el contenido de Ca, Mg, Na, Zn, y K en pelo.

## **3. Resultados**

### **3.1 Consumo promedio de alimento hurones**

Para el consumo de alimento no se encontró diferencia entre tratamientos ( $P=0.3492$ ) pero se observó un mayor consumo de alimento en el grupo de los hurones que recibieron la complementación de MOS. Las medias y sus errores estándar aparecen en el cuadro siguiente.

Cuadro 4  
Consumo promedio de alimento en hurones

Tratamiento	Medias (g)	Error estándar
Sin MOS	687.64	34.02
Con MOS	735.48	34.02

En la figura 1 se observa el mismo comportamiento en los dos grupos de estudio con una disminución del consumo de alimento en la medición cuatro, esto a pesar de que no se reportaron diferencias estadísticas y que el consumo fue más elevado para el grupo que recibió los MOS.

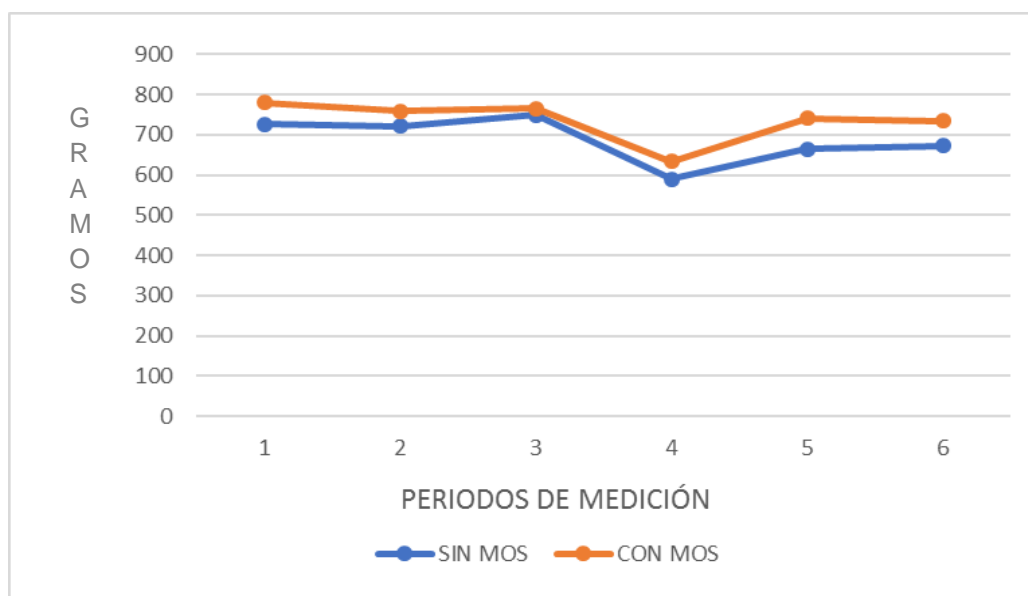


Figura 1. Consumo promedio de alimento en hurones

### 3.2 Consumo promedio de alimento chinchillas

En el caso de las chinchillas no se encontraron diferencias para el consumo de alimento entre tratamientos ( $p=0.6755$ ). Las medias y sus errores estándar aparecen en el cuadro siguiente:

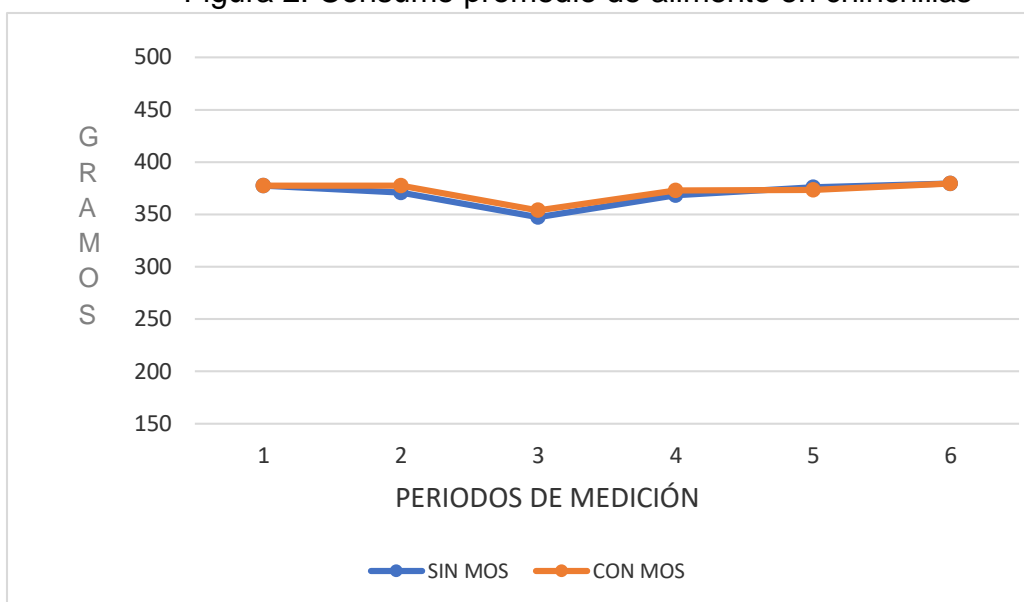
Cuadro 5

Consumo promedio de alimento en chinchillas

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias (g)</b>	<b>Error estándar</b>
Sin MOS	369.92	3.97
Con MOS	372.36	3.97

En cuanto a las chinchillas se observa el mismo comportamiento que en los hurones en los dos grupos de estudio, con una disminución del consumo en este caso en la medición tres, pero con un constante aumento de la ingesta en los animales del grupo que recibieron la complementación de MOS. En la figura 2 se muestra esta conducta.

Figura 2. Consumo promedio de alimento en chinchillas



### 3.3 Digestibilidad aparente

- **Proteína en hurones**

La interacción tiempo por tratamiento no resultó significativa ( $p=0.8169$ ) para la digestibilidad aparente de proteína. Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 6

Digestibilidad aparente de proteína en hurones

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
Sin MOS	81.11	0.66
Con MOS	81.33	0.66

En la figura 3 se logra apreciar que el comportamiento de los dos grupos de estudio es similar a lo largo del estudio. A partir del periodo 5 de medición se observa una ligera separación entre tratamientos, continuando esta diferencia en el último periodo, encontrando un leve aumento en el grupo que recibieron los MOS.

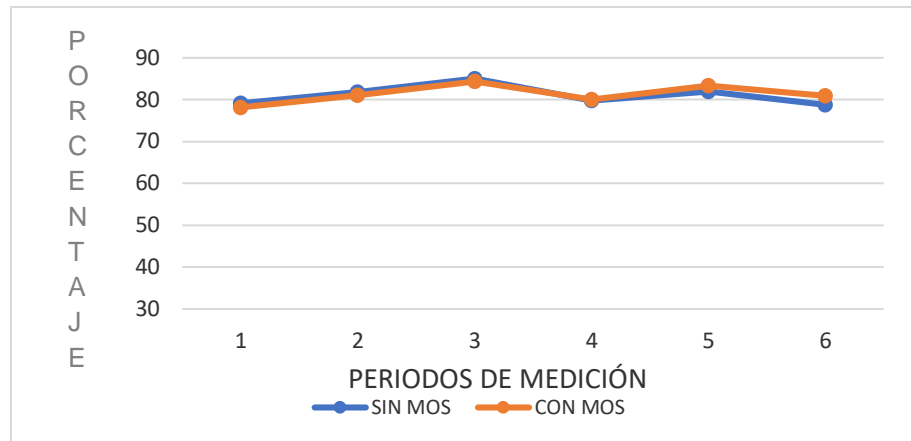


Figura 3. Digestibilidad aparente promedio de proteína en hurones

- **Proteína en chinchillas**

En el porcentaje de digestibilidad de proteína en chinchillas no se encontraron diferencias ( $p=0.3058$ ). Las medias y sus errores estándar se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 7

Digestibilidad aparente de proteína en chinchillas

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
Sin MOS	73.30	2.08
Con MOS	76.52	2.08

En el caso de las chinchillas se observa en la figura 4 una leve variación entre grupos de estudio en los periodos dos, tres y cuatro a pesar de no existir diferencias significativas entre ellos.

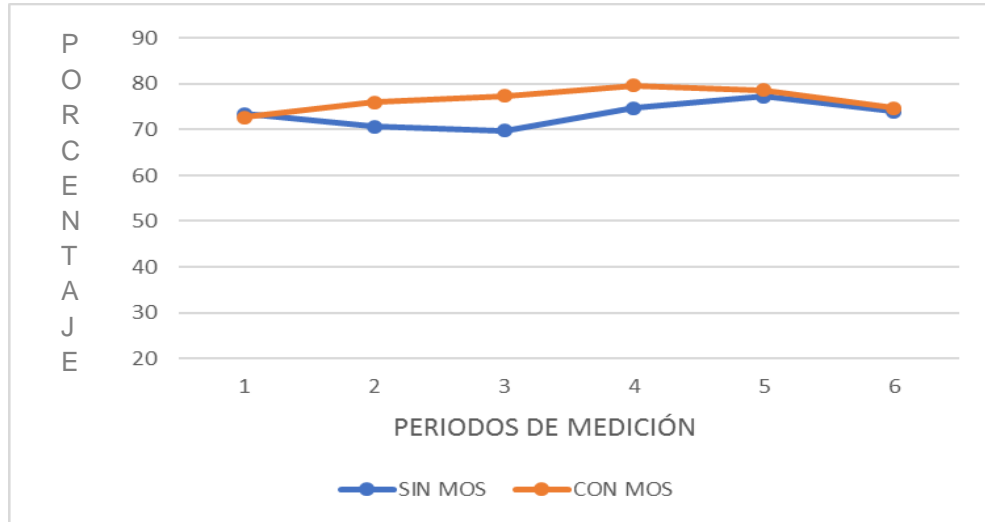


Figura 4. Digestibilidad aparente promedio de proteína en chinchillas

- **Calcio en hurones**

La digestibilidad de calcio en hurones no se vio afectada por el tratamiento por lo que no se observaron diferencias ( $p=0.4852$ ). Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 8

Digestibilidad aparente de calcio en hurones

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
Sin MOS	73.30	2.08
Con MOS	76.52	2.08

La absorción de calcio al contrario que de la proteína no tuvo diferencias entre los grupos de estudio a lo largo de las mediciones a excepción del tiempo 2 don el grupo sin tratamiento obtuvo una disminución visible en la absorción de calcio, esto se presenta en la figura cinco.

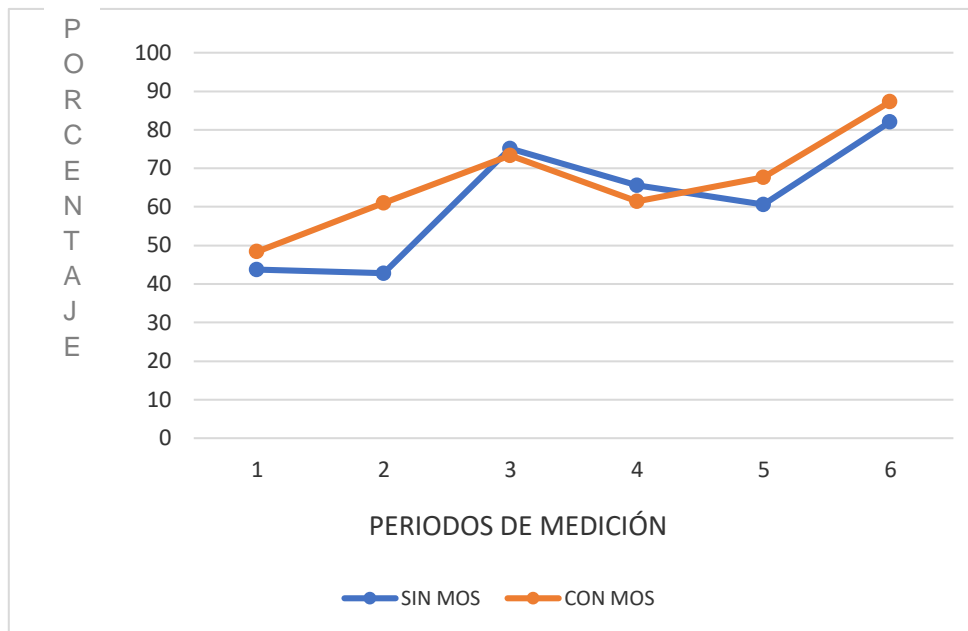


Figura 5. Digestibilidad aparente de calcio en hurones

- **Calcio en chinchillas**

Para la interacción tiempo y tratamiento en la absorción de calcio no se encontraron diferencias ( $p=0.1197$ ). Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro.



Cuadro 9

Digestibilidad aparente de calcio en chinchillas

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
Sin MOS	25.98	2.22
Con MOS	20.50	2.22

En la figura seis se muestra el comportamiento que se presentó en la absorción de calcio, donde hasta la medición cuatro los animales control sostenían una mayor absorción de calcio que el grupo de los tratados.

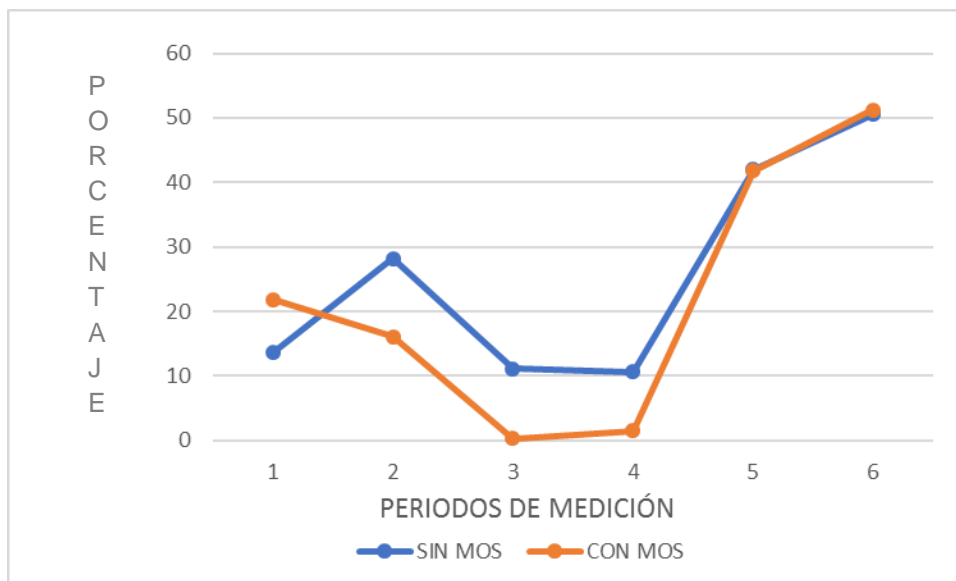


Figura 6. Digestibilidad aparente de calcio en chinchillas

- **Magnesio en hurones**

Si se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la absorción de magnesio ( $p=0.0058$ ) para la interacción tiempo tratamiento. Esto se puede ilustrar en la figura siete donde hubo contrastes en la medición dos, teniendo valores más altos en los animales control y en la medición cuatro con una mayor absorción en los animales tratados por lo que en cuanto a este nutriente el estudio no puede ser repetitivo debido a la variabilidad de los resultados y a la falta de un patrón de seguimiento a lo largo de todo el estudio.

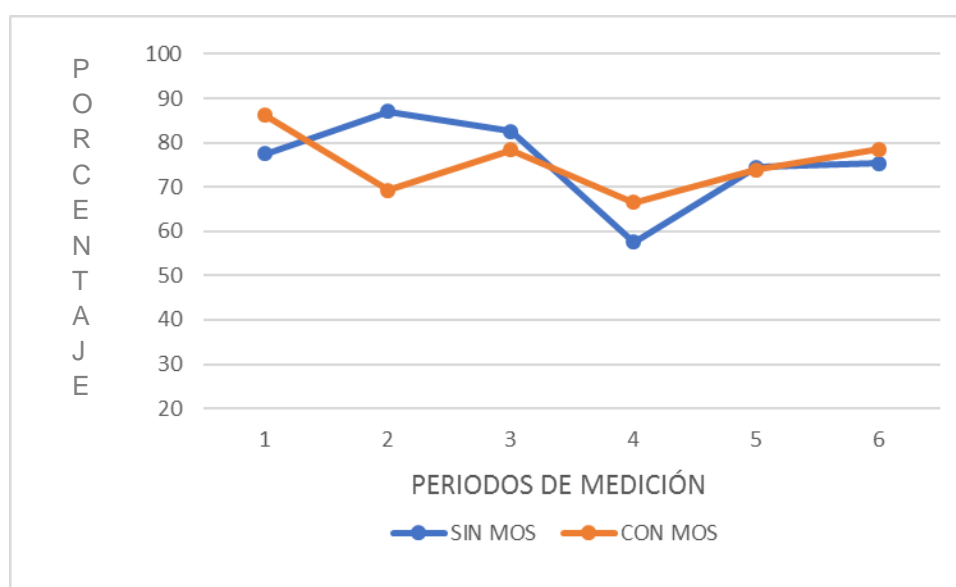


Figura 7. Digestibilidad aparente de magnesio en hurones

- **Magnesio en chinchillas**

No se encontraron diferencias en la medición de absorción en chinchillas para ninguno de los grupos de estudio ( $p=0.7029$ ) para la interacción tiempo-tratamiento. Las medias y sus errores estándar parecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 10

Digestibilidad aparente de magnesio en chinchillas

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
Sin MOS	25.98	2.22
Con MOS	20.50	2.22

En la figura ocho se representa el comportamiento que se obtuvo durante las mediciones a través de todo el estudio, se logra observar que no se presentó ninguna diferencia en los tiempos y que todos los animales tuvieron absorciones similares sin importar el grupo de estudio al que pertenecieron.

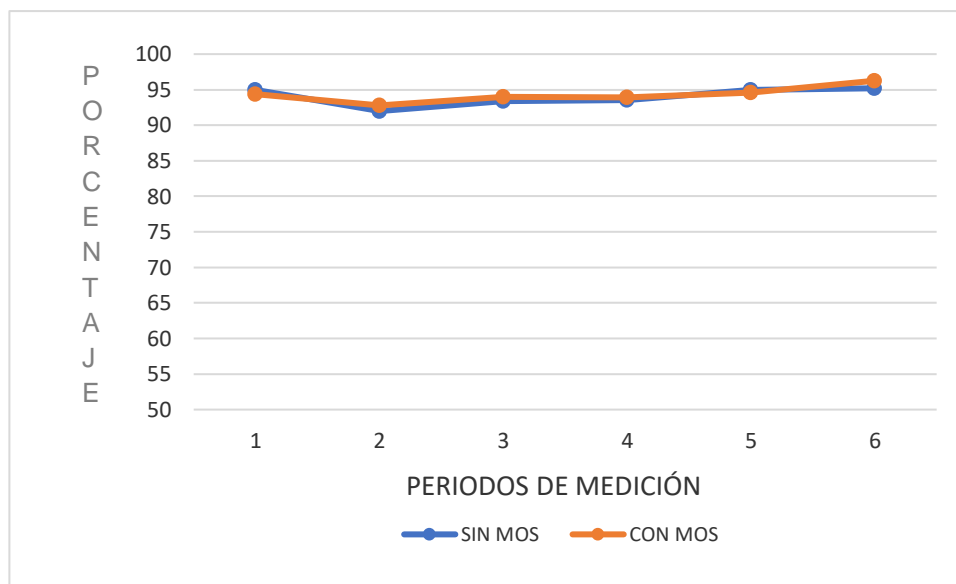


Figura 8. Digestibilidad aparente de magnesio en chinchillas

- **Sodio en hurones**

Para la interacción tiempo-tratamiento se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0237$ ) en la absorción de sodio en los hurones a través del tiempo. En la figura nueve se aprecia una disminución en el tiempo de medición cuatro para el grupo control lo que modifica después para el tiempo cinco y seis las absorciones entre los grupos, finalizando el estudio con valores mayores en el caso del grupo control.

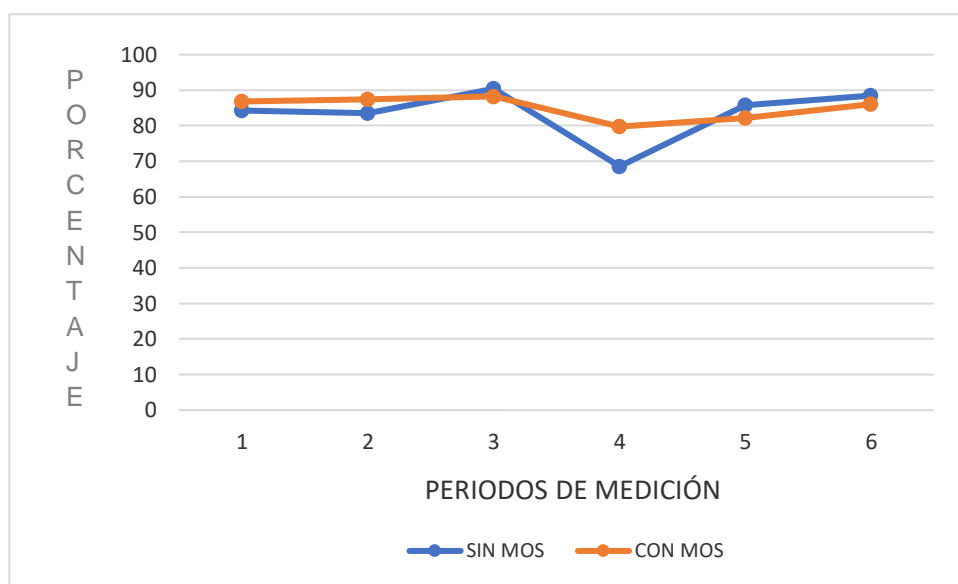


Figura 9. Digestibilidad aparente de sodio en hurones

- **Sodio en chinchillas**

En el caso de las chinchillas la absorción de sodio tuvo un comportamiento similar al de los hurones, pero en este caso la disminución de la absorción se observó hasta el quinto tiempo de medición y en el grupo de los animales que recibieron tratamiento. Esto se puede observar en la figura 10.

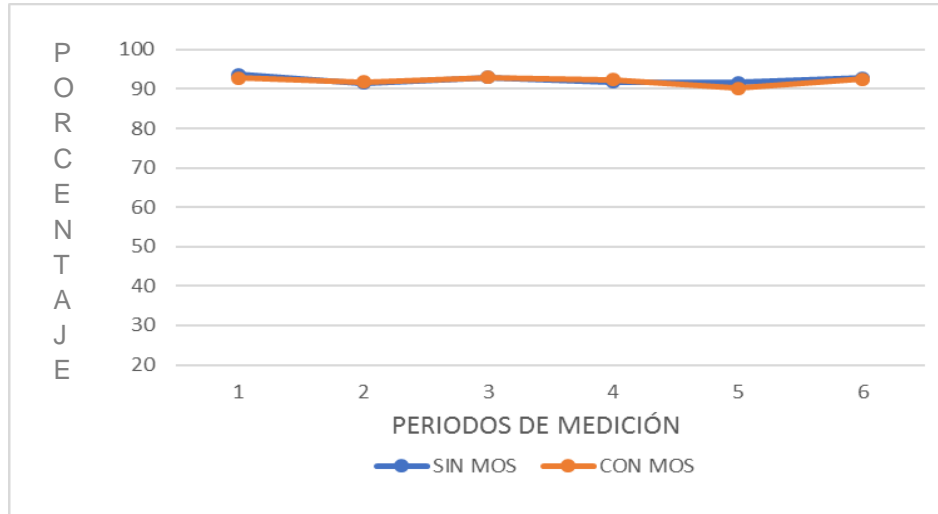


Figura 10. Digestibilidad aparente de sodio en chinchillas

A pesar de esto no se encontraron diferencias en la interacción tiempo tratamiento para la absorción de sodio en los grupos de las chinchillas. Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 11

Digestibilidad aparente de sodio en chinchillas

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
SIN MOS	92.37	0.24
CON MOS	92.06	0.24

- **Potasio en hurones**

Al igual que en el sodio la disminución en la absorción de potasio se observó en el tiempo cuatro de medición en el grupo de animales que si recibieron tratamiento. En la figura 11 se delimita esta diferencia entre tratamientos.

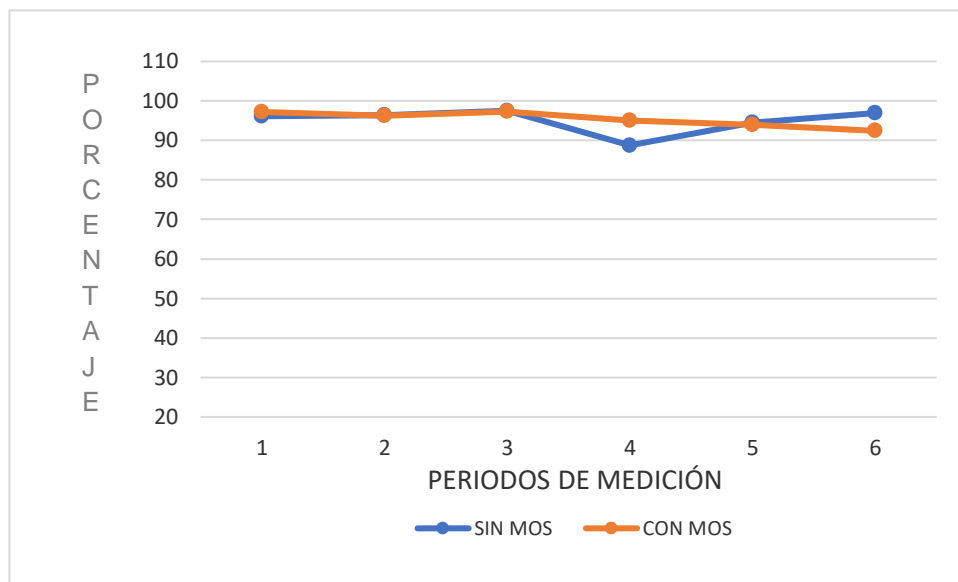


Figura 11. Digestibilidad aparente de potasio en hurones

Para la absorción de potasio en hurones no se encontraron diferencias ( $p=0.7467$ ) para la interacción tiempo-tratamiento. Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro

Cuadro 12

Digestibilidad aparente de potasio en hurones

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
SIN MOS	95.04	0.66
CON MOS	95.35	0.66

- **Potasio en chinchillas**

En este caso el comportamiento de la absorción no fue constante debido a que hubo diferencias entre los grupos de estudio a lo largo de todas las mediciones. En la figura 12 se muestran los resultados.

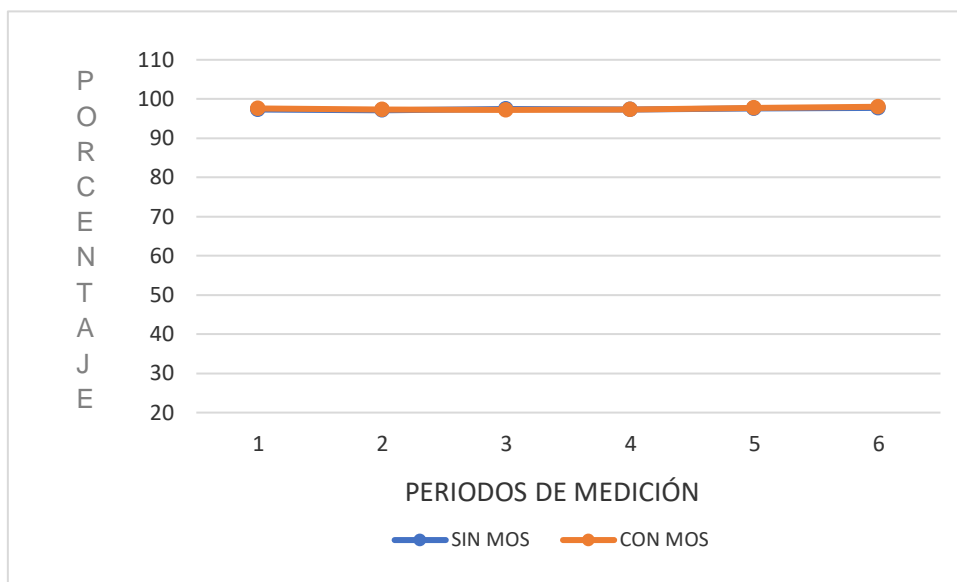


Figura 12. Digestibilidad aparente de potasio en chinchillas

En la absorción de potasio, no se encontraron diferencias para la interacción tiempo-tratamiento ( $p=0.5597$ ). Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 13

Digestibilidad aparente de potasio en chinchillas

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
SIN MOS	97.41	0.12
CON MOS	97.52	0.12

- **Zinc en hurones**

Con la absorción de zinc en hurones se observó el mismo patrón de comportamiento que en sodio y potasio encontrándose una disminución en el

periodo cuatro de medición, pero en el caso de los animales que recibieron tratamiento. En la figura 13 se analizan estos resultados.

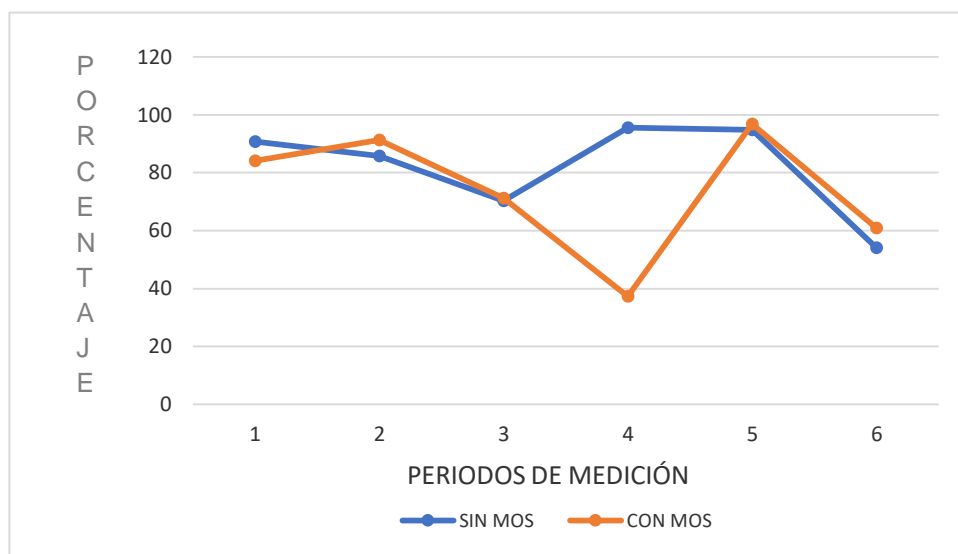


Figura 13. Digestibilidad aparente de zinc en hurones

A pesar de los contrastes observados en el comportamiento de la asimilación de este elemento, no se encontraron diferencias ( $p=0.1933$ ). Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 14

Digestibilidad aparente de zinc en hurones

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
SIN MOS	81.90	4.13
CON MOS	73.60	4.13

- **Zinc en chinchillas**

En la absorción de zinc el comportamiento observado es similar al de los hurones ya que las disminuciones de los valores se vieron reflejadas en el



periodo cuarto de medición para el grupo de los animales tratados y aumentadas en el grupo del grupo control. En la figura 14 se encuentran sintetizados estos resultados.

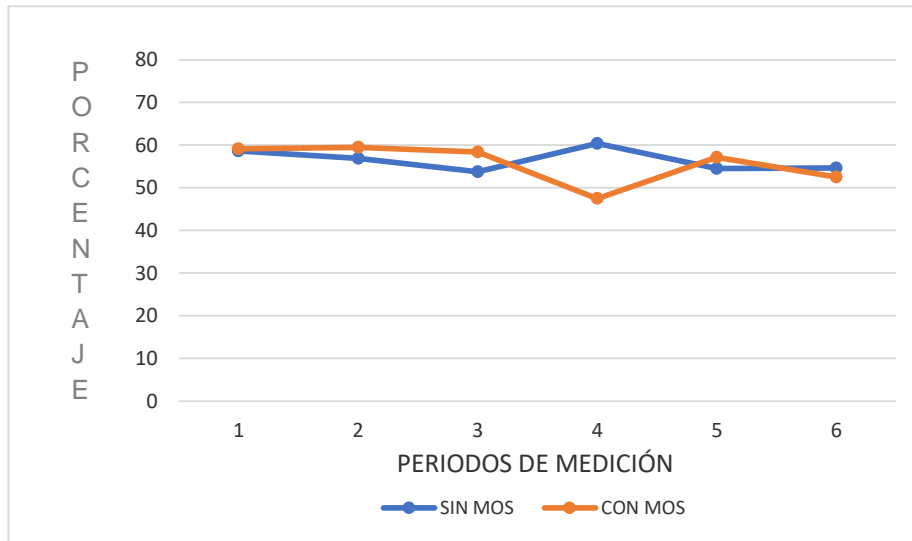


Figura 14. Digestibilidad aparente de zinc en chinchillas

Para el caso de las chinchillas no se observaron diferencias ( $p=0.7868$ ) para la absorción de zinc. Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 15

Digestibilidad aparente de zinc en chinchillas

Tratamiento	Medias (%)	Error estándar
SIN MOS	56.50	2.01
CON MOS	55.70	2.01

### 3.4 Contenido en pelo

Para el contenido en pelo de elementos minerales no se encontraron diferencias ( $p>0.01$ ) para ninguno de los elementos que se midieron en este estudio para la interacción tiempo-tratamiento. Las medias y sus errores estándar aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro 16

Contenido promedio en pelo de elementos minerales en hurones y chinchillas

<b>Elemento mineral</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media en Hurones (%)</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Media en Chinchillas (%)</b>	<b>Error estándar</b>
Calcio	SIN MOS	0.33	0.06	1.15	0.64
	CON MOS	0.38		2.28	
Magnesio	SIN MOS	0.12	0.01	0.15	0.01
	CON MOS	0.14		0.17	
Sodio	SIN MOS	0.49	0.04	0.52	0.10
	CON MOS	0.53		0.64	
Potasio	SIN MOS	0.34	0.03	0.37	0.05
	CON MOS	0.30		0.39	
Zinc	SIN MOS	0.02	0.001	0.04	0.004
	CON MOS	0.028		0.04	

## **4. Discusión**

### **4.1 Consumo de alimento**

Al igual que lo reportado por Jahanian y Ashnagar (2015) en gallina de postura y Basay et al (2014) en cuye, la complementación de los MOS en la dieta de los animales, no provocó un cambio estadístico significativo en el consumo de alimento de las chinchillas y los hurones; a diferencia de estos resultados Gao et al. (2008) informaron que la complementación de la dieta con un cultivo de levadura con una inclusión del 0.25% de la dieta de pollos de engorda disminuyó la ingesta de alimento en comparación con las aves control.

A pesar de la falta de significancia en los resultados obtenidos el consumo se vio afectado con un aumento en el consumo para los animales que recibieron el complemento en comparación con los grupos controles de ambas especies; esta postura concuerda con lo reportado por Piccolo et al. (2010) donde encontraron un mayor consumo de materia seca en conejos por efecto del MOS; sin embargo, otros estudios en conejos demuestran que consumos similares en dietas suplementadas con MOS en comparación con los grupos control no existe diferencia en el consumo de materia seca (Mourão et al., 2006; Bovera et al., 2009,2010)

Aunque la fibra es considerada como un ingrediente dentro de la dieta que promueve la saciedad, la cantidad proporcionada en el presente estudio realmente fue escasa, por lo que no causó ningún efecto significativo en el consumo.

### **4.2 Digestibilidad aparente de proteína cruda**

No hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos en la digestibilidad aparente de la proteína cruda, tanto en los hurones, como en las chinchillas.

Kim et al. (2000) encontraron que al complementar 1g/kg de MOS a la dieta de lechones recién destetados, la digestibilidad a nivel ileal de aminoácidos, principalmente valina, isoleucina, leucina, lisina y arginina, se incrementaba, aunque sin existir diferencias estadísticamente significativas. En este estudio se observó que, en el caso de las chinchillas, durante todo el estudio la digestibilidad de la proteína fue mayor en los animales complementados con manooligosacáridos, y en el caso de los hurones esto se presentó al final del estudio, sin embargo, al igual que lo que mencionan Kim et al., no existió diferencia estadística significativa.

Un estudio realizado en caballos (animales fermentadores posgástricos, como las chinchillas de este estudio), Gürbüz et al. (2010) no observaron diferencias significativas entre tratamientos en la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y fracciones de la fibra, al complementar la dieta de estos animales con 30g/día de MOS, 30g /día de FOS o 15g de MOS y 15g de FOS, concluyendo que ninguno de los dos tipos de prebióticos tienen efecto en la digestibilidad de la dieta. El resultado obtenido por estos autores concuerda con el del presente estudio en cuanto a no encontrar diferencias estadísticas significativas, sin embargo, en el caso de los caballos, los MOS redujeron la digestibilidad de la proteína, caso contrario a lo ocurrido con las chinchillas.

Swanson et al. (2002), utilizando como modelo al perro (carnívoro, con tubo digestivo similar al del hurón), no encontraron diferencias significativas en cuanto a digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y proteína cruda entre los animales complementados con 1g/día de MOS en comparación con el grupo control y animales tratados con 1g/día de FOS, sin embargo mostraron que la digestibilidad fue menor en los animales tratados con MOS, y al igual que Zentek, et al. (2002), quienes obtuvieron resultados similares, concluyendo que es posible que los mananos actúen como aglutinante al unirse a las proteínas dentro de la luz intestinal, haciéndola menos digerible en el intestino delgado debido al impedimento físico que esto provoca. En el

caso del presente trabajo se pudo observar, que aunque no hubo diferencia significativa, al igual que en los estudios ya mencionados, al inicio, la digestibilidad de la proteína en el grupo tratado fue menor al grupo control, sin embargo, al final del estudio la digestibilidad del grupo tratado con MOS fue incrementándose, lo cual pudo deberse a la modificación de la microbiota y a su vez del pH del tubo digestivo ayudando a mejorar la digestibilidad de la proteína como lo observaron Swanson et al., que al suministrar los MOS a la dieta incrementaron la concentración de lactobacillus, promoviendo un pH más bajo, provocando que los nutrientes se solubilicen y se asimilen con mayor facilidad a través de la membrana.

Por el contrario, Nochta et al. (2010) si encontraron diferencia estadística significativa en la digestibilidad aparente, a nivel ileal, de los aminoácidos lisina, metionina y treonina, al igual que en los minerales Ca y P, al complementar la dieta con MOS, a razón de 2g/kg de alimento, en lechones recién destetados. Este efecto positivo sobre la digestibilidad se puede explicar al menos en parte, por la disminución del pH atribuido a la fermentación más activa de las bacterias del intestino posterior. La microflora benéfica produce ácidos grasos de cadena corta que reducen el pH de la digesta ileal, resultando en una mayor hidrólisis de las proteínas mejorando su digestibilidad, así como de Ca y P. Por otro lado, Jahanian y Ashnagar (2015) encontraron que la complementación de MOS en aves de postura, a dosis de 0.05, 0.1, 0.15 y 0.2% de la dieta, mejoró significativamente la digestión de la proteína cruda y de la materia seca de la dieta, además de que observaron la modificación de la microbiota intestinal, incrementándose la concentración de lactobacillus, los cuales, aparentemente incidieron en la respuesta al reducir el pH del tubo digestivo y por tanto incrementar la digestibilidad de la proteína dietaria. Bovera et al. (2010) también encontraron diferencia significativa en la digestibilidad de la proteína en conejos tratados con MOS a dosis de 0.5, 1.0 y 1.5 g/kg de la dieta (encontrando que el mejor desempeño fue con el grupo de 1.5g/kg), adjudicando este resultado a la modificación del pH del tubo digestivo de los conejos, debido a la acción de los MOS sobre la modificación

de la microbiota intestinal. Hablando del presente estudio, como ya fue mencionado, no existió diferencia estadística entre los tratamientos, sin embargo, si existió, sobre todo en el caso de las chinchillas, una mayor digestibilidad aparente de la proteína a lo largo del estudio, esto pudo deberse a una mayor fermentación en estos animales, sobre todo a nivel cecal que pudo ser favorecida por la presencia de los MOS. En el caso de los hurones, cuyo aparato digestivo es muy corto, la acción de los MOS pudo no verse reflejada debido a su paso rápido por el tubo digestivo, sin embargo, al final del estudio (aunque no hubo diferencia significativa) se pudo observar una mayor digestibilidad de la proteína en el grupo tratado, esto puede ser indicativo que la flora podría empezar a modificarse y permitir una mayor acción en la digestibilidad aparente de la proteína, por lo que es posible que la duración del período experimental de este estudio podría haber limitado el efecto de MOS en la flora intestinal, como lo señalan Houdijk et al. (1999), quienes utilizando otro tipo de carbohidratos no digestibles, como la inulina y FOS, observaron que en cerdos la adaptación es lenta y se requiere de un periodo largo para que se vean efectos, por lo que quizá, tanto para chinchillas, como para hurones, sería necesario mantener el tratamiento por más tiempo (más de tres meses) y así favorecer a una mejora en este parámetro medidos.

#### **4.3 Absorción aparente de los elementos minerales**

No se mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos en la digestibilidad aparente de la absorción aparente de calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio y cinc, tanto en los hurones, como en las chinchillas

Roberfroid (2000) menciona que los prebióticos mejoran la absorción de minerales a causa de un efecto osmótico que transfiere agua al ciego, aumentando así el volumen de fluido en el que estos minerales se pueden disolver. Además, como resultado de la fermentación, los prebióticos disminuyen pH cecal y, en consecuencia, aumenta las concentraciones de minerales ionizados, una condición que favorece la difusión pasiva de estos.

En un estudio realizado por Sohail, et al. (2011) en pollo de engorda, a los cuales se les complemento con MOS a dosis de 0.5% de la dieta, la concentración de cinc, cobre y manganeso se incrementó en suero, aún siendo sometidos a estrés calórico, mostrándose así una mejora en la absorción de estos minerales. También Nohta et al. (2010) encontraron diferencia estadística significativa en la absorción de Ca y P en lechones recién destetados al complementar la dieta con MOS, a razón de 2g/kg de alimento, adjudicando este resultado a la disminución del pH, originado por bacterias ácido lácticas favorecidas por los MOS.

A diferencia de las dos citas anteriores, Label, et al. (2014) proporcionaron un complemento de MOS (0.1%) a cerdos castrados, junto con complementos de Cu y Zn orgánicos, observaron que, aunque el complemento de MOS aumentó la solubilidad de Cu en el íleon ( $p < 0,05$ ), no tuvo ningún efecto sobre la digestibilidad de Zn y Cu en íleon, ciego y las heces, ni en la relación Zn y Cu retenido/ingerida, ni en el pH y la concentración de ácidos grasos volátiles a nivel ileal y digesta cecal. Al igual que en el caso anterior, Zentek, et al. (2002), no encontraron diferencias en la absorción aparente de Ca, P, Mg, Na y K, en perros a los que se administró un complemento a la dieta de MOS a dosis de 1g/kg de peso al día. En comparación con una dieta control y otras complementadas con transgalactosacáridos, lactosa y lactulosa.

Al igual que lo mostrado por los dos estudios antes mencionados, en el presente trabajo no hubo diferencia estadísticamente significativa en la absorción de los elementos minerales, ni para el caso de los hurones, como el de las chinchillas, esto pudo ser debido, a que, como ya fue mencionado, el efecto de los MOS sobre la modificación de la microbiota intestinal y a su vez, sobre la reducción del pH intestinal, puede llevar un largo tiempo, por lo cual el tiempo que duró este estudio no fue suficiente para encontrar un efecto sobre la absorción.

## **5. Conclusión**

Se concluye que la inclusión del 1% de MOS con respecto a la dieta en hurones y chinchillas macho adultos no tienen significancia estadística para la absorción de elementos minerales (calcio, fosforo, sodio, zinc, potasio y magnesio) y la digestibilidad aparente de proteínas, además de que el consumo de alimento no se ve afectado por esta inclusión de MOS por un periodo de tres meses.

Las diferencias en los resultados de este estudio con respecto a los encontrados en la literatura pueden estar vinculados a diferencias en la dosificación de los prebióticos, las condiciones ambientales, el estado fisiológico de los animales, las características de las dietas y, especialmente, e incluso el desafío sanitario de los estudios.

Basándose en esto, la dosis utilizada de MOS en estas especies y en el tiempo de tres meses no tiene ningún beneficio sobre el metabolismo de proteínas y elementos minerales en el tubo digestivo de estas especies.

## **6. Recomendaciones**

Existen estudios donde los efectos de los prebióticos se ven modificados dependiendo la dosis de uso, por lo tanto este aspecto deberá considerarse para futuras investigaciones además de las muestras a utilizar para la obtención de resultados debido a que para obtener un mejor vista de los efectos dentro del metabolismo de nutrientes de los prebióticos de deben pensar aspectos importantes del alimento, los ingredientes que se utilizan para su elaboración, la disponibilidad de estos, la fuente del prebiótico que se utilizara, la dosis, y las muestras que darán el reflejo del camino que tomaron los nutrientes dentro del organismo, como la cantidad de consumo ya sea por alimento o agua, el origen de los nutrientes, la cantidad de desecho por orina, heces, leche, etc., y muestras de sangre para observar el camino hacia las funciones que desempeñan en el organismo. Debido a que el tiempo de acción



de los MOS en el tubo digestivo, con respecto a la modificación de la microbiota varía en gran medida de acuerdo a la especie animal en la que se trabaje, se recomienda suministrar el prebiótico por más de tres meses para ver si se encuentra algún efecto entre los tratamientos.

## REFERENCIAS

- Bazay DG, Carcelén CF, Ara GM, Jiménez AR, González VR, Quevedo GW. Efecto de los manano-oligosacáridos sobre los parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de engorde. *Rev Inv Vet Perú*. 2014; 25: 198-204.
- Bovera F, Marono S, Nizza S. Use of mannan oligosaccharides during “post-weaning enteric syndrome” in rabbits: effect on in vivo performance from 35 to 60 days. *Ital J Anim Sci*. 2009;8: 775-777.
- Bovera F, Nizza S, Marono S, Mallardo K, Piccolo G, Tudisco R, et al. Effect of mannan oligosaccharides on rabbit performance, digestibility and rectal Bacterial anaerobic populations during an episode of epizootic rabbit enteropathy. *World Rabbit Sci*. 2010; 18: 9 – 16.
- Case H, Carey D. *Nutrición canina y felina. Guía para profesionales de los animales de compañía*. 2ª ed. Madrid (España): Harcourt; 2001.
- Caselato de Sousa VM, Freitas dos Santos E, Sgarbier, VC. The importance of prebiotics in functional foods and clinical practice. *Food Nutr Sci*. 2011; 2: 133-144.
- Church DC. *El Rumiante, Fisiología digestiva y nutrición*. 1ª ed. Zaragoza (España): Editorial Acribia; 1993.
- Corzo N, Alonso JL, Azpiroz F, Calvo MA, Cirici M, Leis R, et al. Prebióticos, concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutr Hosp*. 2015; 31: 99-118.
- Dallies N, Paquet JF, Paquet V. New method for quantitative determination of polysaccharides in the yeast cell wall. Application to the cell wall defective mutant of *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast*. 1998; 14: 1297-1306.

- Demigné C, Rémésy C, Rayssiguier Y. Effects of fermentable carbohydrates on volatile fatty acids, ammonia and mineral absorption in the rat caecum. *Reprod. Nutr. Dev.* 1980; 20: 1351–1359.
- Dilley D, Sellars K, Burrell M, Tree J, Newman K, Jacques K. Effect of mannan oligosaccharide supplementation on performance and health of Holstein calves. *J Dairy Sci.* 1997; 80:188.
- Ferket P. Feeding whole grains to poultry improves gut health. *Feedstuffs.* 2000; 72:12–14.
- Fernández F, Hinton M, Van-Glis B. Evaluation of the effect of mannanoligosaccharides on the competitive exclusion of *Salmonella* enteritis colonization in broiler chicks. *Avian Pathol.* 2000; 29: 575-581.
- Gao J, Zhang HJ, Yu SH, Wu SG, Yoon I, Quigley J, Gao YP, Qi GH. Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poult Sci.* 2008; 87:1377-84.
- Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr.* 1995; 125: 1401-12.
- Gürbüz E, Inal F, Ata SA, Cıtil OB, Kav K, Küçükkay F. Effects of supplemental fructo-oligosaccharide and mannanoligosaccharide on nutrient digestibilities, volatile fatty acid concentrations, and immune function in horses. *J Vet Anim Sci.* 2010; 34: 39-44.
- Hallberg L, Hulthén L. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *J Clin Nutr.* 200; 71:1147–60.
- Hannelore D. Molecular and integrative physiology of intestinal peptide transport. *Annu Rev Physiol.* 2000; 66: 361-384.

- Hara H, Suzuki T, Kanai T, Aoyama Y, Ohta A. Ingestion of guar gum hydrolysate, a soluble fiber, increases calcium absorption in totally gastrectomized rats. *J Nutr.* 1999; 129: 39–45.
- Houdijk JGJ, Bosch MW, Tamminga S, Verstegen MW, Berenpas EB, Knoop H. Apparent ileal and total-tract nutrient digestion by pigs as affected by dietary nondigestible oligosaccharides. *J Anim Sci.* 1999; 77:148–15.
- Jahanian R, Ashnagar M. Effect of dietary supplementation of mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, ileal nutrient digestibility, and gut microflora in *Escherichia coli*-challenged laying hens. *Poult Sci.* 2015; 94: 2165-72
- Kim JD, Hyun Y, Sohn KS, Woo HJ, Kim TJ, Han IK. Effects of immune stimulators on growth performance and immune response in pigs weaned at 21 days of age. *J Anim Sci.* 2000; 9: 333–346.
- Kollar R, Reinhold BB, Petrakova E, Yeh HJC, Ashwell G, Drgonova J, et al. Architecture of the yeast cell wall B 1 glucan interconnects mannoprotein, B-1,3-glucan and chitin. *J Biol Chem.* 1997; 272: 17762-17775.
- Kutsky RJ. *Handbook of vitamins, minerals and hormones.* 2<sup>a</sup> ed. USA: Van Nostrand Reinhold Company; 1981.
- Lamsal BP. Production, health aspects and potential food uses of dairy prebiotic galactooligosaccharides. *J Sci Food Agric.* 2012; 92: 2020-2028.
- Lebel A, Matte J, Guay F. Effect of mineral source and mannan oligosaccharide supplements on zinc and copper digestibility in growing pigs. *Arch Anim Nutr.* 2014; 68: 370-384
- Maning TS, Gibson GR. Prebiotics. *Best Pract Res Clin Gastroenterol.* 2004; 18: 287-298.

- Mc Dowel LR. Mineral in animal and human nutrition. 1<sup>a</sup> ed. USA: Academic Press INC; 1992.
- Mourão JL, Pinheiro V, Alves A, Guedes CM, Pinto L, Saavedra MJ, Spring P. Effect of mannanoligosaccharides on the performance, intestinal morphology and cecal fermentation of fattening rabbits. Anim Feed Sci Tech. 2006; 126: 107-120
- Nelson LD, Cox MM. Lehninger Principios de Bioquímica. 3<sup>a</sup> ed. Barcelona (España). Ediciones Omega; 2001.
- Nochta I, Halas V, Tossenberger J, Babinszky L. Effect of different levels of mannan oligosaccharide supplementation on the apparent ileal digestibility of nutrients, N-balance and growth performance of weaned piglets. J Anim Physiol Anim Nutr. 2010; 94: 747–756
- Ohta A, Ohtsuki M, Baba S, Adachi T, Sakata T, Sakagushi E. Calcium and magnesium absorption from the colon and rectum are increased in rats fed fructooligosaccharides. J. Nutr. 1995; 125: 2417–2424.
- Oyofa BA, DeLoach JR, Corrier DE, Norman JD, Ziprin RL, Molenhauer HH. Prevention of *Salmonella typhimurium* colonization of broilers with d-mannose. Poult. Sci. 1989; 68: 1351–1356.
- Palou A, Serra P. Perspectivas europeas sobre alimentos funcionales. Alim Nutr Salud. 2000; 7: 76-90.
- Pérez-Conesa D, López G, Ros G. Principales prebióticos y sus efectos en la alimentación humana. An Vet. 2004; 20: 5-20.
- Piccolo G, Bovera F, Meo CD. Mannan oligosaccharides as growth promoter in finishing rabbit: effect on in vivo performance and carcass traits. Ital J Anim Sci. 2010; 8: 796-798.
- Pond WG, Church DC, Pond KR, Schoknecht PA. Basic animal nutrition and feeding. 5<sup>a</sup> ed. Massachusetts: Wiley; 2005.
- Rastall RA. Functional oligosaccharides: application and manufacture. Annu Rev Food Sci Technol. 2010; 1: 305-339.

- Rémésy C, Levrat-Verny MA, Gamet L, Demigné C. Cecal fermentations in rats fed oligosaccharides (inulin) are modulated by dietary calcium level. *Am. J. Physiol.* 1993; 264: 855–862
- Roberfroid MB. Prebiotics and probiotics: Are they functional foods? *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 1682–1687.
- Rojas E. La fibra dietética. Los carbohidratos en nutrición humana. Madrid: Grupo Aula Médica. 1994.
- Ross AC, Manson JE, Abrams SA, Aloia JF, Brannon PM, Clinton SK, et al. The 2011 Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D: what dietetics practitioners need to know. *J Am Diet Assoc.* 2011; 111: 524-527.
- Sohail MU, Rahman ZU, Ijaz A, Yousaf MS, Ashraf K, Yaqub T, et al. Single or combined effects of mannan-oligosaccharides and probiotic supplements on the total oxidants, total antioxidants, enzymatic antioxidants, liver enzymes, and serum trace minerals in cyclic heat stressed broilers. *Poult Sci.* 2011; 90 : 2573–2577
- Spring P, Wenk C, Dawson KA, Newman KE. The effect of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of *Salmonella* challenged broiler chicks. *Poult. Sci.* 2000; 79: 205–211.
- Stanley VG, Brown C, Sefton T. Single and combined effects of dietary protease and mannanoligosaccharide on the performance of laying hens. *Poult. Sci.* 2000; 79: 62.
- Steed H, Macfarlane S. Mechanisms of prebiotic impact on health. Springer Science, 2009; 135-161.
- Swanson KS, Grieshop CM, Flickinger EA, Bauer LL, Healy HP, Dawson KA, et al. Supplemental fructooligosaccharides and mannanoligosaccharides influence immune function, ileal and total tract nutrient digestibilities, microbial populations and concentrations of

protein catabolites in the large bowel of dogs. J Nutr. 2002; 132: 980-989

- Zentek J, Marquart B, Pietrzak T. Intestinal effects of mannoseoligosaccharides, transgalactosylatedoligosaccharides, lactose, and lactulose in dogs. J Nutr. 2002; 132: 1682–1684.