



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE UNA FRACCIÓN RICA EN
MANANOS DE LA PARED CELULAR DE LA LEVADURA
Saccharomyces cerevisiae SOBRE PARÁMETROS
PRODUCTIVOS E INCIDENCIA DE DIARREA EN LECHONES
DURANTE LA ETAPA DE DESTETE**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A
TERESITA DE JESUS HIJUITL VALERIANO**



Asesor :

M en C Jesús Manuel Cortéz Sánchez

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

La ignorancia engendra más confianza de la que con frecuencia engendra el conocimiento: son aquellos que saben poco, y no aquellos que saben mucho, los que afirman positivamente que tal o cual problema jamás podrá ser resuelto por las ciencias.
-Charles Darwin

DEDICATORIA

A mi madre, **María Teresa Valeriano Arellano**, porqué sin su apoyo en todo este camino no hubiera logrado llegar hasta aquí; la persona que más admiro, y además de ser una mujer muy fuerte en todos sentidos, es buena consejera y buen ser humano con un gran corazón. ¡Te quiero mucho mamá chiquita!

A mi padre, **Fidel Hijuitl Tenorio**, por su forma de ser tan alegre y hacer que nosotras tengamos una sonrisa en el rostro; además de ser un papá único, es parte de mi motivación para seguir adelante. ¡Te quiero mucho papá!

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme educación en todos los sentidos, es un orgullo inmenso pertenecer a ésta institución.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por abrirme las puertas de esta maravillosa profesión y prepararme para hacer un buen trabajo.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina por darme las facilidades para elaborar la parte experimental de este trabajo, y al personal que en algún momento me apoyo.

Al MVZ Jesús Manuel Cortéz Sánchez, mi padre académico, por su apoyo para alcanzar esta meta y los consejos que me ha dado durante todos estos años.

A los miembros del jurado: QFB Carolina Segundo Zaragoza, MVZ Rosalba Angélica Gómez Sánchez, MVZ Susana Espinosa Hernández y MVZ Oscar Gutiérrez Pérez, por su guía para presentar este trabajo.

Al Dr. José Alfredo Arevalo Martínez y al Dr. José Manuel Berruecos Villalobos, por su ayuda y asesoramiento en la parte estadística de este trabajo.

A los profesores, amigos, compañeros y colegas del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica por abrirme las puertas y permitir que conociera más acerca del área, y por el apoyo que me han brindado para satisfacer mi curiosidad.

A mis padres, un agradecimiento eterno por ayudarme en este camino y estar conmigo cuando lo necesité.

A mi hermana, Citlali Hijuitl Valeriano, por ser mi compañera de bailes, películas y locuras, y dejarme expresar mis pensamientos y forma de ser.

A Mara, Lili y Juan, por su amistad en los años de prepa, los 9 más que llevamos y los que siguen. Love, love, love...

A Cris, Mitzy y Ale, por su amistad durante la carrera y más allá.

A Arturo Cornejo, por estar en los mejores y peores momentos brindándome su apoyo, gracias por tus palabras y por confiar en mí.

A las personas que he encontrado en el camino y que me han ofrecido su amistad, que me han regalado un poquito de su conocimiento, que me han dado palabras de apoyo, algún consejo o motivación para seguir adelante y que me han ayudado a crecer personalmente.

A mi pequeña Cuca, por que logré conocer un amor diferente y saber el valor de la responsabilidad y el compromiso con otro ser.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARNE DE CERDO A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL	4
Efecto de la economía mundial en la alimentación animal y la búsqueda de alternativas en respuesta	5
USO DE ADITIVOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS	7
Uso de antibióticos como aditivos	8
Alimentos funcionales como aditivos	8
USO DE MANANOLIGOSACÁRIDOS (MOS) EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS	10
Mecanismo de acción	11
IMPACTO DEL DESTETE EN EL LECHÓN	14
Cambios del tracto gastrointestinal en el lechón	15
JUSTIFICACIÓN	18
HIPÓTESIS	19
OBJETIVOS	20
MATERIAL Y MÉTODOS	21
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN	30
CONCLUSIÓN	35
REFERENCIAS	36

RESUMEN

HIJUITL VALERIANO TERESITA DE JESUS. Efecto de la inclusión de una fracción rica en mananos de la pared celular de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* sobre parámetros productivos en lechones durante la etapa de destete. Bajo la asesoría del M en C Jesús Manuel Cortéz Sánchez.

En la actualidad las regulaciones alimentarias de varios países prohíben el uso de antibióticos en la producción pecuaria, como alternativa se han estudiado los mananoligosacáridos (MOS); probados en varias especies animales, su efecto en cerdos como promotor del crecimiento es muy variable. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la adición a la dieta de una fracción rica en mananos de la pared celular de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en lechones durante la etapa de destete. Se utilizaron 48 lechones de 21 días de edad con peso de 8.52 kg \pm 0.93, asignados aleatoriamente a 3 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, considerando como unidad experimental (UE) la corraleta integrada por 4 animales. Los tratamientos establecidos fueron: 1) AB = alimento + antibiótico oxitetraciclina 50g/25kg; 2) AB+MOS = alimento + (antibiótico 26g + MOS 19.5g) /25kg y 3) MOS = alimento + MOS 37.5g/25kg. No se encontró respuesta significativa para la fase 1 (días 1 – 11) y 3 (días 26 – 35), sin embargo, para la fase 2 (días 12 – 25) se encontró efecto ($P < 0.05$). Se concluye que el uso de mananoligosacáridos solos o combinados no ejercen efecto significativo sobre los parámetros productivos evaluados y la incidencia de diarrea en los lechones.

INTRODUCCIÓN

El cerdo es un animal altamente eficiente para transformar el alimento a masa muscular; aunado a su precocidad y prolificidad, lo hacen un animal atractivo para la producción pecuaria (Navarrete, 2012). En México, la carne de cerdo ocupa el tercer lugar en consumo nacional aparente, por debajo del pollo y la res; sin embargo, la producción ha mantenido una tendencia creciente durante los últimos años (SAGARPA, 2016). Pese a ello, existe gran incertidumbre en el aspecto económico que obliga al sector pecuario a buscar estrategias de alimentación que reflejen en cierta medida mejores parámetros productivos, además que permitan cumplir con los estándares de calidad que el mercado establece.

En respuesta a ello se utilizan aditivos, que no son indispensables en el sentido de que no son nutrimentos, pero mejoran y preservan la calidad original, previenen enfermedades (Ávila et al. 1990), aumentan el aprovechamiento de los alimentos y la comercialización del producto final. De estos aditivos, la alternativa más utilizada son los antibióticos (Caja et al. 2003).

Actualmente las regulaciones alimentarias en muchos países prohíben la presencia de antibióticos en la carne, productos cárnicos y leche, a tal grado que la Organización Mundial de la Salud (OMS) alertó sobre el resurgimiento de enfermedades mortales causadas por bacterias resistentes a los antibióticos. La Administración de la Droga y Alimento (FDA) de los Estados Unidos de América reporta que se debe eliminar el uso subterapéutico de antibióticos como

promotores de crecimiento. Por su parte, la Unión Europea establece en el Reglamento (CE) No. 1831/2003, una prohibición generalizada para los antibióticos que se emplean como aditivos, lo que obliga a encontrar alternativas que generen respuesta similar y favorable sin hacer daño a terceros.

En respuesta a ello, se estudian hoy día los prebióticos u oligosacáridos no digestibles como modificadores nutritivos benéficos en aves, conejos y cerdos. Los oligosacáridos se encuentran en fuentes naturales como la pared celular de las levaduras, formada por carbohidratos complejos que incluyen mananoligosacáridos (MOS) y betaglucanos (McDonald 2011), los cuales disminuyen la incidencia de infecciones gastrointestinales (Pettigrew 2006).

Los problemas digestivos, al igual que las enfermedades respiratorias son comunes en animales jóvenes. El destete representa una etapa crítica en la vida productiva del cerdo y son muchos los factores que catalogan a este evento como estresante. En consecuencia, los trastornos gastrointestinales debidos al cambio y disminución en el consumo, reducción de la función del intestino y supresión inmunológica, permiten la proliferación de bacterias patógenas que inducen un proceso diarreico (Mota Rojas et al. 2014) (Brent et al. 1977)

Con base en lo anterior, en el presente estudio se evaluó el efecto de la adición de una fracción rica en mananos como alternativa al uso de antibióticos en la alimentación de cerdos al destete.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CARNE DE CERDO A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL

La porcicultura está distribuida en todo el mundo, con exclusión de algunas regiones que mantienen ciertas reservas culturales y religiosas en referencia al consumo de esta carne. Durante la última década la producción mundial de carne de cerdo presentó una tasa de crecimiento media anual de 1.6%, y este año se espera un incremento del 2.6%. Registros del 2016 mencionan a China, Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea con un aporte del 83.4% de la oferta mundial; México ocupa la novena posición con una participación del 1.3% (Panorama Agroalimentario 2017).

En México la carne de cerdo tiene una participación nacional en la producción pecuaria del 6.6%, después de la carne de bovino (9.1%), el huevo (13.1%) y la carne de pollo (14.7%). La producción nacional registró una tendencia creciente en los últimos años con una tasa promedio anual de 2.2%, para ubicarse en 1.38 millones de toneladas en 2016; teniendo a Jalisco y Sonora como las principales entidades productoras, al participar con 20.7% y 17.3% de la oferta nacional. Le siguen en orden de importancia Puebla, Yucatán, Veracruz y Guanajuato, concentrando el 76.5% de la producción nacional (Atlas Agroalimentario 2016).

El consumo presenta un comportamiento similar a las tasas de producción pues es la carne más consumida a nivel mundial y se espera que los incrementos anuales continúen. Dentro de los países que encabezan el mayor consumo encontramos a

China, la Unión Europea y Estados Unidos; sin embargo, hay países que han reportado incrementos en su consumo per cápita como Ucrania (43.0), Rusia (36.3), Corea (22.6%), Vietnam (26.4%), Uruguay (118.2%) y Argentina (40.3%). México reportó un consumo per cápita de 16.3 kilogramos, el cual tiene una tendencia alcista y consistente, contrario a lo que sucede con la carne de ave y res (Panorama Agroalimentario 2017). Además, el consumo de carnes en México está condicionado por el precio de los alimentos que encarece el costo de la producción. Finalmente, para los pequeños productores (sector de importancia en México), es difícil contar con un nivel de inversión, recurriendo al uso de cruza o animales adaptados se asegura el suministro a determinados segmentos del mercado, contribuyendo a la seguridad alimentaria.

Efecto de la economía mundial en la alimentación animal y la búsqueda de alternativas en respuesta

La compleja situación de la economía mundial y el encarecimiento de los granos utilizados en la alimentación de las especies pecuarias, son los principales factores que inciden sobre el comportamiento de la producción porcina a nivel nacional. A partir del año 2006, se incrementó el precio del maíz, factor que generó el alza del sorgo, impactando sensiblemente los costos de producción en todas las ramas de la ganadería a nivel mundial. Para el 2008, la demanda fue de 4.5 millones de toneladas, volumen que resulta 2.2% superior al estimado para 2007, y a su vez fue 2.5% mayor del 2006. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la producción de alimento balanceado en 2008

resultó inferior en 11.9% con respecto al año 2007, situación explicable por el encarecimiento de los granos.

Debido a que el mayor porcentaje (70 a 80%) de los costos de producción de cerdos recaen en la alimentación, es necesario que los productores lleven un buen control de las variables productivas y evaluación del alimento. Los parámetros que se implementan dentro de una granja se pueden definir como el rango óptimo a manejar de cada variable de producción. En las granjas porcinas se generan una gama mayor de variables que se pueden clasificar en reproductivas y productivas; éstos últimos son obtenidos de los cerdos de crianza y engorda. Los parámetros productivos ayudan a realizar una comparación entre granjas y con esto poder plantear objetivos reales, ayudan a evaluar el funcionamiento y trabajo que se realiza. Esta comparación se efectúa con parámetros de referencia de explotaciones medias o bien de explotaciones que tengan los mejores resultados

En la última década se realiza gran esfuerzo para mejorar la productividad. Estos cambios han tenido como resultado un mayor enfoque hacia las condiciones de alojamiento, composición de los alimentos y manejo de los animales. Con respecto a la formulación de dietas, el objetivo es cumplir con las necesidades nutritivas de los cerdos y ser amigables con el medio ambiente, lo que ha generado el estudio de productos provenientes de fuentes naturales (Danielsen 1998).

USO DE ADITIVOS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

Un aditivo se define como un producto o sustancia que se añade, en un nivel bajo de inclusión en el alimento, y cuyo propósito es mejorar la apariencia, la vida de anaquel, aceptación, ingestión, digestión, absorción o metabolismo del animal, aunque éste no es estrictamente esencial para la nutrición (Kellems 2010).

Una gran cantidad de productos han sido utilizados como aditivos, los cuales están clasificados en 4 grupos de acuerdo con su objetivo.

1.- Preservadores de los alimentos: Aditivos que influyen en la estabilidad, la fabricación y las propiedades de los alimentos (antioxidantes, micostáticos).

2.- Alteradores del metabolismo y salud: Aditivos que modifican el crecimiento animal, eficiencia alimentaria, metabolismo y rendimiento (hormonas, antibióticos, agonistas).

3.- Mejoradores del aprovechamiento de los alimentos a nivel tracto gastrointestinal: Aditivos que modifican o potencializan los procesos gastrointestinales (enzimas, prebióticos, ionóforos).

4.- Aditivos que modifican la aceptación del consumidor (pigmentos).

El número de aditivos comerciales cambia en función de la respuesta a factores económicos, residuales, tóxicos y más comúnmente por la falta de respuesta benéfica en el animal (Pond 2007). Existen razones teóricas evidentes por las que estos ingredientes deberían ser efectivos, pero, teniendo en cuenta la naturaleza

dinámica de la fisiología del intestino, en ocasiones resulta muy difícil demostrar los efectos en la práctica (McDonald 2011).

Uso de antibióticos como aditivos

El uso de antibióticos incorporados en cantidades subterapéuticas a los alimentos surgió como una forma común de controlar diarreas en animales jóvenes (Gaskins et al. 2002), con lo que se mejoró la ganancia diaria de peso (GDP) un 6 – 7% y la conversión alimenticia (CA) 3 – 4% (Danielsen 1998). De acuerdo con datos de la USDA y el Instituto de Salud Animal, los antibióticos son usados en 90% de iniciadores, 75% en crecimiento y más del 50% en finalización (Dewey et al. 1999).

Sin embargo, el aumento desmedido de su uso (no solo en la producción animal) ha resultado en un preocupante desarrollo de resistencia por parte de cepas bacterianas patógenas y por la contaminación residual de la cadena alimentaria (Ke et al. 2014; Attia et al. 2015). Además, el estudio realizado por Nochta et al. (2009) menciona que, aunque la suplementación con antibióticos puede mejorar los parámetros de crecimiento, en caso de una infección viral esto puede reducir la capacidad del sistema inmune para generar una respuesta; ante tal problemática se ha recurrido al uso de alimentos funcionales.

Alimentos funcionales como aditivos

Un alimento funcional se define como aquel que además de tener características nutricionales, influye positivamente sobre una o varias funciones del organismo

para mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades (Roberfroid 1996). Entre los más conocidos por su efectividad están: enzimas, microorganismos, extractos de plantas, ácidos orgánicos, mananoligosacáridos e inmuno-estimulantes.

La inclusión de cultivos bacterianos (probióticos) a los alimentos fue la primera alternativa usada para reemplazar los antibióticos en la alimentación animal por su efecto en el control de las diarreas posdestete, observando con ello una disminución en la incidencia de las mismas (Reis de Souza et al. 2010). Otra alternativa son los prebióticos, que disminuyen la incidencia y severidad de las diarreas al ayudar en la exclusión competitiva de patógenos por el aumento del número de microbiota y que se asocia con un huésped sano (García Curbelo et al. 2012). Si los alimentos funcionales reducen la presencia de diarrea porque propician la proliferación de bacterias benéficas y reducen la presencia de patógenos, su inclusión en las dietas permitiría reducir el uso de antibióticos. Por lo tanto, su valor radica en la actividad como agentes profilácticos; pues no podrán competir como agentes terapéuticos (Velasco et al. 2006).

En los últimos años, la opción más estudiada como candidatos potenciales son los mananoligosacáridos (MOS). El interés inicial del uso de los MOS para proteger la salud gastrointestinal se originó de trabajos hechos a finales de los 80's. En esta época las investigaciones observaron la habilidad de la manosa (la unidad pura del complejo de los MOS) para inhibir la infección ocasionada por *Salmonella spp* (Spring et al. 2015).

USO DE MANANOLIGOSACÁRIDOS (MOS) EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

Los MOS se han utilizado en dietas de animales en los últimos 20 años, pero debido a que se requieren concentraciones altas de manosa para controlar la colonización de bacterias patógenas, el costo igualmente alto de usarlas en la producción comercial es prohibitivo incluso por períodos cortos. Por lo tanto, se están reemplazando por las fracciones ricas en mananos (FRM) (Spring et al. 2000), las cuales derivan de la pared celular externa de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y son consideradas una alternativa viable que sustituye a los antibióticos promotores del crecimiento (Attia et al. 2015).

En el estudio realizado por Nguyen et al. (1998), reporta que la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* contiene 10 – 15% de proteína y 85 – 90% de oligosacáridos (incluidos mananoligosacáridos y betaglucanos). Para comprobar que las FRM tienen la misma efectividad que los MOS puros Spring et al. (2000) realizaron un ensayo de aglutinación donde se evaluó cualitativamente la capacidad de las bacterias para adherirse a la manosa presente en la pared celular de la levadura, resultando que los patrones de aglutinación de la manosa pura fueron similares a los patrones de *S. cerevisiae*. Un metanálisis de 54 pruebas en cerdos alimentados con MOS, demostró mejorar la ganancia diaria promedio (+4.1%), el consumo de alimento (+2.1) y el índice de conversión alimenticia (-2.3%) (Miguel et al. 2004).

El trabajo realizado por Rosen (2006) en cerdos, mostró que el 73% de los ensayos generó mejor peso e índice de conversión alimenticia (ICA); esto equivalía a 15g por día de crecimiento extra y 7.5g por día mejor consumo de alimento.

Mecanismo de acción

El principal mecanismo de acción descrito para los MOS o derivados de la pared celular de levadura de *S. cerevisiae* adicionados a dietas, incluye el efecto de exclusión competitiva con patógenos digestivos, estimulación del desarrollo de la mucosa digestiva y del sistema inmunitario (López 2008).

a) Exclusión competitiva: Los MOS influyen en la población microbiana del tracto intestinal, lo cual es logrado por la habilidad de estos para adherirse con las proteínas de unión de algunas cepas bacterianas, tales como *E. coli* y *Salmonella*, evitando así que colonicen el intestino (Li and Kim 2014). La colonización de las bacterias en el tejido mucoso es reconocida como un paso importante en el proceso de infección. Para lograr esto, primero las bacterias deben unirse a las microvellosidades de las células epiteliales. La capacidad de adhesión por parte de las bacterias se debe principalmente a la producción de apéndices superficiales (fimbrias o pili) finos (3-7nm) que pueden ser morfológicamente, biológicamente y antigénicamente diferentes en varias cepas. Algunos de ellos se parecen morfológicamente a las fimbrias comunes ("tipo 1") de *E. coli*. Entonces debido a que la unión a menudo está mediada a través del reconocimiento de las lectinas

bacterianas a receptores que contienen D-manosa, puede ser posible bloquear las lectinas con manosa o azúcares similares e inhibir el nexo bacteriano (Pierzynowski and Zabielski 2005)

White et al. (2002), elaboraron una prueba de aglutinación con base en los métodos descritos por Mirelman (1980) para confirmar que la levadura seca de cerveza puede aglutinar las bacterias Gram negativas que tienen fimbria tipo 1. Se ha sugerido entonces, que al eliminar las bacterias potencialmente patógenas la microbiota benéfica aumentará y como parte de su metabolismo producirán ácidos grasos de cadena corta logrando disminuir el pH del contenido intestinal, lo cual puede resultar en una mayor hidrólisis proteica y mejorar la digestibilidad de las proteínas y aminoácidos, tan bien como la del calcio y fósforo (Yalçinkaya et al. 2008).

b) Estimulación del desarrollo de la mucosa digestiva: La suplementación con MOS incrementa el índice altura de la vellosidad con profundidad de la cripta en pollos y lechones destetados. Un incremento en la relación se asocia con mayor área de absorción (Heo et al. 2013). Un área superficial extensa es la llave para una óptima función digestiva y absorción de nutrientes, por lo tanto, la superficie del intestino delgado debe ser cubierta con vellosidades sanas largas. Una cripta poco profunda es un buen indicador de un intestino delgado saludable y eficiente, ya que entonces requiere menos nutrientes para renovarse; con un menor índice de renovación, las células del intestino son más maduras y su producción de

enzimas es más eficiente, lo que genera mejor absorción de nutrientes (Reis de Souza et al. 2005).

c) Estimulación del sistema inmune: Las paredes celulares de las levaduras pueden modular el sistema inmune (van der Peet-Schwering et al. 2007). Una hipótesis acerca de la influencia de la fracción rica en manosa (MFR) en el sistema inmune está basada en que mejora la resistencia a enfermedades pues le permite al animal mantener una respuesta a un bajo nivel inmune o a una alteración inmune, por lo tanto, la repartición de nutrientes está destinada exclusivamente hacia el crecimiento (Edwards et al. 2014).

La respuesta inmune humoral es el resultado de la activación de las células B, responsables de la producción de inmunoglobulinas de antígeno específico. White et al. (2002) reportó que la concentración en el suero de inmunoglobulinas G (IgG) tendió a incrementar en lechones destetados precozmente alimentados con mananos contenidos en la levadura. La mejor respuesta inmune humoral sistémica es probablemente el resultado de una mejor respuesta inmune local cuando se alimenta con mananos. Se ha reportado que el título de IgA fue el más alto en cerdos alimentados con 1 g / kg de MOS en comparación con los suplementados con antibiótico. La razón para esto es que hay uniones de receptores de manosa localizados en la superficie de las células de la mucosa y cuando los mananos están presentes en la luz del intestino, estos receptores activan las células fagocíticas, los linfocitos y el sistema del complemento (Gómez-Lucía 2006)

IMPACTO DEL DESTETE EN EL LECHÓN

El destete genera un enorme estrés a los lechones, el cual trae como consecuencia alteraciones en la fisiología, microbiología e inmunología gastrointestinal; se pueden identificar tres principales factores como causantes de su presentación:

- a) Cambios nutricionales: el lechón tiene que hacer frente a la retirada repentina de la leche de la cerda y adaptarse a dietas secas y menos digestibles.
- b) Cambios medioambientales: su aparato termorregulador está poco desarrollado por lo que necesita una temperatura ambiente alta, y cambios psicosociales, hay una interrupción abrupta en la interacción social con la cerda y la camada por lo que necesitará establecer una nueva jerarquía (Heo et al. 2013) (Magné Barrañón 2011).
- c) Cambios fisiológicos: la evidencia del estrés en los lechones es que las concentraciones de cortisol y de liberación de corticotropina en el plasma sanguíneo aumentan después del destete. Además, aproximadamente el 50% de los cerdos consumen su primer alimento dentro de las 24 horas posteriores, y aproximadamente el 10% lo hace hasta las 48 horas (Brooks et al. 2001). Debido a esta modificación en la ingesta de alimento, los lechones se caracterizan por presentar un estado de subnutrición y pobre desempeño en el crecimiento como repercusión a la anorexia y a las limitadas capacidades de digestión y absorción del sistema gastrointestinal (Kelly et al. 1991).

Sin embargo, el problema principal y el más grave es la presencia de diarrea, ésta se desarrolla debido a una de las secuelas más graves que afectan la salud de los lechones: el daño epitelial; como consecuencia provoca que las funciones de la barrera intestinal se debiliten, por lo tanto, existe una mayor permeabilidad y además la pérdida de la integridad de la mucosa más la falta de inmunidad activa aumenta la posibilidad de que las bacterias patógenas se puedan adherir (Wijtten et al. 2011) (Kim et al. 2011).

Cambios del tracto gastrointestinal en el lechón

Durante las primeras 24 a 36 horas postdestete se observan cambios en la mucosa del intestino delgado a nivel funcional y estructural, principalmente atrofia de las vellosidades e hipertrofia de las criptas de Lieberkühn. Con la reducción del 20 – 30% del peso de este órgano se produce una disminución en la superficie de absorción de nutrimentos alrededor de los 7 a 14 días posteriores. Asimismo, en la superficie de la vellosidad intestinal se observa un aumento de la tasa de migración de células epiteliales desde la cripta, y una proporción baja de enterocitos maduros (McCracken et al. 1999) (Lallès et al. 2004) (Tang et al. 1999)

En este periodo el proceso digestivo está altamente comprometido, ya que antes de las cuatro semanas de edad hay una baja síntesis, secreción y actividad de las enzimas: amilasa, maltasa, lipasa y proteasas, por lo tanto, se llevará a cabo la

fermentación de los nutrientes causando diarreas mecánicas; además, como se mencionó anteriormente, el estrés ejerce un efecto adverso sobre las funciones del aparato digestivo, por ejemplo, en el estómago las contracciones naturales se hacen más lentas y hay un aumento en el pH perdiendo propiedades bactericidas; en el intestino los nutrientes no digeridos y no absorbidos, presentes en la luz intestinal sirven de sustrato para las bacterias enteropatógenas haciendo que éstas proliferen y a su vez sintetizen metabolitos potencialmente tóxicos tales como el amoníaco (NH_3), aminas, fenoles volátiles e índoles (McCracken and Kelly 1993).

El movimiento de los lechones entre camadas con la finalidad de homogenizar grupos aumenta potencialmente el riesgo de desarrollar diarrea, no solo debido a un mayor nivel de estrés, sino también porque un mayor número de bacterias patógenas tienen la oportunidad de proliferar e invadir a los lechones vulnerables. Pero la práctica de mezclado no siempre puede ser perjudicial, especialmente si se hace bajo condiciones higiénicas adecuadas, ya que se ha demostrado que la población bacteriana durante el periodo de engorde es más diversa que la del periodo de lactancia, debido al hecho de que los lechones están expuestos a especies bacterianas más diversas.

El cambio en la dieta traerá consigo el establecimiento de una nueva microbiota en el intestino; en cerdos aparentemente sanos, la microbiota entérica se estabilizará de nuevo entre 2 a 3 semanas después del destete, no así cuando hay una infección a causa de cepas patógenas de *E. coli*. Durante los primeros 3 días

postestete la población bacteriana benéfica puede disminuir dramáticamente dejando sin protección al intestino no solo de microorganismos intrínsecos sino también de los de origen externo, esto indica una situación de peligro potencial debido a una menor resistencia a la colonización (Konstantinov et al. 2004) (Pierzynowski and Zabielski 2005).

Para contrarrestar este problema empezó el uso de agentes antimicrobianos incluyendo antibióticos y compuestos minerales, como el óxido de zinc (ZnO) y el sulfato de cobre (Cu_2SO_4), para el control de posibles infecciones gastrointestinales; sin embargo, actualmente se buscan opciones que no representen peligro para el medio y los consumidores (Heim et al. 2014).

JUSTIFICACIÓN

Investigaciones recientes indican que debido al uso subterapéutico de antibióticos algunas cepas bacterianas patógenas han desarrollado resistencia a los mismos; a lo cual diferentes organizaciones han establecido restricciones y prohibiciones, entonces resulta de interés la búsqueda de nuevos aditivos que eviten efecto residual, y que a su vez sean una opción que no afecte negativamente la producción de los animales. Debido a su mecanismo de acción, los mananoligosacáridos pueden cubrir estas necesidades; sin embargo, en los cerdos el efecto es inconsistente, motivo que resulta de interés para comprobar la efectividad de los MOS bajo las condiciones del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina.

HIPÓTESIS

El uso de una fracción rica en mananoligosacáridos de la pared celular de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* beneficiará los parámetros productivos y disminuirá la incidencia de diarrea en lechones durante la etapa de destete.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la adición a la dieta de una fracción rica en mananoligosacáridos de la pared celular de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en lechones durante la etapa de destete.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar el efecto del uso de una fracción rica en mananoligosacáridos de la pared celular de la levadura *S. cerevisiae* sobre parámetros productivos (Ganancia de Peso GP, Ganancia Diaria de Peso GDP, Consumo y Conversión Alimenticia CA) en lechones durante la etapa de destete.

- b) Determinar el efecto del uso de una fracción rica en mananoligosacáridos de la pared celular de la levadura *S. cerevisiae* sobre la incidencia de diarreas en lechones durante la etapa de destete.

- c) Comparar el uso de una fracción rica en mananoligosacáridos de la pared celular de la levadura *S. cerevisiae* con el uso de antibióticos promotores del crecimiento en la dieta de lechones durante la etapa de destete.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales, tratamientos y alojamientos.

La fase experimental se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP), ubicado en el km. 2 de la carretera Jilotepec-Corrales en el Municipio de Jilotepec, Estado de México, el cual se encuentra en los 99° 31' 45" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, su latitud norte es de 19° 57' 13", y a una altura de 2, 250 metros sobre el nivel del mar.

Se utilizaron un total de 48 lechones de la línea terminal ((Landrace X Yorkshire) X (Duroc/Hampshire/Pietrain)); fueron destetados a los 21 días de edad con un peso de 8.52 kg \pm 0.93 y fueron asignados aleatoriamente a 3 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, considerando como unidad experimental (UE) la corraleta integrada por 4 animales.

Los tratamientos establecidos fueron:

Tratamiento AB: antibiótico oxitetraciclina 50g/25kg de alimento.

Tratamiento AB+MOS: antibiótico 26g + MOS 19.5g/25kg de alimento.

Tratamiento MOS: MOS 37.5g/25kg de alimento.

La UE fue alojada en una corraleta elevada con las siguientes características: dimensiones de 1.5 m X 1.5 m, con piso de rejilla metálica, equipadas cada una

con comedero tipo tolva de 6 bocas y bebedero automático tipo chupón; el alimento se ofreció frecuentemente y el agua fue a libre acceso.

Procedimiento Experimental

La prueba se llevó a cabo durante 5 semanas (35 días), divididas en 3 etapas, realizando el manejo alimenticio que se practica en la granja, el cual consiste en ofrecer a lo largo de la estancia en el destete 3 tipos de alimento de la siguiente manera: semana 1, alimento Fase 1; semanas 2 y 3, alimento Fase 2; semanas 4 y 5, alimento iniciador elaborado en la granja. La presentación del alimento fue en forma de harina, al cual se le añadió Bio-Mos®, Oxitetraciclina GV® o la combinación de ambos según correspondiera al tratamiento; se integraron los aditivos en una mezcladora de pantalones para lograr la homogeneidad del producto. El alimento se suministró diariamente 4 veces al día, pesando diariamente lo ofrecido y el sobrante por corraleta, obteniendo el consumo de alimento mediante la diferencia. Los lechones fueron pesados al cambio de cada fase de alimento, es decir, a los 11, 25 y 35 días.

La incidencia y severidad de la diarrea se registró diariamente en cada grupo. La incidencia de diarrea (ID) se midió como el número de días en que se observó diarrea dentro de un grupo. La severidad de la diarrea (SD) consistió en otorgar una puntuación visual diaria en una escala de 0 a 3 basada en la consistencia fecal: 3 describe una diarrea severa y altamente fluida; 2 una diarrea moderada; 1 una diarrea, pastosa; y 0 sin diarrea. Las puntuaciones diarias se sumaron durante

el período para dar un índice de gravedad de la diarrea para cada grupo. Este método de evaluación de la diarrea ha sido documentado previamente por Ball and Aherne (1987).

Análisis estadístico

Se realizó una prueba de efectos fijos para determinar si existía interacción entre el tratamiento y el periodo, el modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + P_j + (TP)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

μ = media general

T_i = efecto del tratamiento

P_j = efecto del periodo

$(TP)_{ij}$ = interacción T x P

E_{ijk} = error

Posteriormente se realizó un análisis de varianza para un diseño de bloques al azar donde se comparó el efecto del tratamiento para cada periodo, con un nivel de confianza de ($P < 0.05$); si de esta prueba se obtuvo alguna diferencia entre las medias, se utilizó la prueba de Tukey.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = variable en estudio

μ = media general

T_i = efecto del tratamiento

E_{ijk} = error

Las variables fueron: Consumo, Ganancia de Peso, Ganancia Diaria de Peso y Conversión Alimenticia.

Cabe mencionar que durante el periodo 3, en el grupo 1 del tratamiento AB+MOS, un animal murió. Para mantener el modelo, los datos obtenidos fueron calculados con el promedio de los otros 3 grupos.

RESULTADOS

En el periodo que abarca del día 1 al 11, cuando se ofreció a los animales alimento Preiniciador Fase 1, no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) para ningún parámetro productivo entre los tratamientos (Cuadro 6.1). Los animales con AB como aditivo tuvieron ligeramente mejores resultados que los animales de los otros tratamientos, sin embargo, dentro de los grupos del primer tratamiento mencionado hubo uno que no mostro los efectos positivos del aditivo.

Cuadro 6.1. Efecto de la inclusión de antibiótico (**AB**), mezcla de antibiótico y mananos (**AB+MOS**) y mananos (**MOS**) a la dieta durante la etapa 1, sobre parámetros productivos: ganancia de peso (**GP**) ganancia diaria de peso (**GDP**), consumo de alimento y conversión alimenticia (**CA**).

	TRATAMIENTO			E.E.	VALOR DE P
	AB (2g/kg)	AB+MOS (1g+0.75g/kg)	MOS (1.5g/kg)		
Etapa 1 (1 - 11 d)					
GP (kg)	4.22	4.00	4.00	1.52	0.97
GDP (kg)	0.38	0.36	0.36	0.14	0.98
Consumo (kg)	5.90	6.39	6.88	1.20	0.54
CA	2.14	1.60	1.72	1.12	0.77

EE: Error Estándar

^{a,b,c} Dentro de la misma fila, medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Durante el periodo del día 12 al 25, con el alimento Preiniciador Fase 2, se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en todos los parámetros productivos. Los animales alimentados con la dieta AB mostraron una mayor ganancia de peso en relación con la obtenida por los animales alimentados con la dieta con MOS; ambos pesos no difieren del logrado por la dieta AB+MOS; la ganancia diaria de peso muestra un comportamiento similar al parámetro anterior, aunque la diferencia en las medias parece ser mínima. El consumo de alimento fue similar en los grupos suplementados con AB y MOS; aunque los animales suplementados con la mezcla AB+MOS tuvieron el mayor consumo, no se vio reflejado en la ganancia de peso. La conversión alimenticia fue mejor cuando se añadió AB a la dieta, lo cual concuerda con los valores arrojados en los parámetros productivos antes mencionados. En cuanto a la adición de AB+MOS y MOS no se muestran diferencias significativas en la conversión alimenticia, sin embargo, un valor cercano a 1 siempre es más conveniente (Cuadro 6.2).

Cuadro 6.2. Efecto de la inclusión de antibiótico (**AB**), mezcla de antibiótico y mananos (**AB+MOS**) y mananos (**MOS**) a la dieta durante la etapa 2, sobre parámetros productivos: ganancia de peso (**GP**) ganancia diaria de peso (**GDP**), consumo de alimento y conversión alimenticia (**CA**).

	TRATAMIENTO			E.E.	VALOR DE P
	AB (2g/kg)	AB+MOS (1g+0.75g/kg)	MOS (1.5g/kg)		
Etapa 2 (12 - 25 d)					
GP (kg)	27.95 ^{ab}	26.60 ^{bc}	25.20 ^c	0.99	0.01
GDP (kg)	1.99 ^{ab}	1.90 ^{bc}	1.80 ^c	0.07	0.01
Consumo (kg)	29.59 ^a	35.11 ^b	29.19 ^a	1.81	0.002
CA	1.06 ^a	1.32 ^b	1.16 ^b	0.06	0.00057

EE: Error Estándar

^{a,b,c} Dentro de la misma fila, medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)

Al final de la prueba, del día 26 al 35, donde se suministró a los animales alimento iniciador, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para los parámetros ganancia de peso ni ganancia diaria de peso ($P>0.05$), aunque el alimento con AB obtuvo los pesos más elevados. Tampoco hay diferencias para el consumo de alimento, pero como ocurrió en la fase anterior el valor más alto fue el logrado por el tratamiento AB+MOS, así mismo la conversión alimenticia fue mayor con este tratamiento y aunque fue diferente ($P<0.05$) esto no se ve relacionado con una mayor ganancia de peso (Cuadro 6.3).

Cuadro 6.3. Efecto de la inclusión de antibiótico (**AB**), mezcla de antibiótico y mananos (**AB+MOS**) y mananos (**MOS**) a la dieta durante la etapa 3, sobre parámetros productivos: ganancia de peso (**GP**) ganancia diaria de peso (**GDP**), consumo de alimento y conversión alimenticia (**CA**).

	TRATAMIENTO			E.E.	VALOR DE P
	AB (2g/kg)	AB+MOS (1g+0.75g/kg)	MOS (1.5g/kg)		
Etapa 3 (26 - 35 d)					
GP (kg)	37.25	35.18	35.10	4.49	0.80
GDP (kg)	2.66	2.51	2.50	0.32	0.79
Consumo (kg)	54.48	64.84	52.22	7.72	0.14
CA	1.47 ^a	1.84 ^b	1.49 ^a	0.12	0.01

EE: Error Estándar

^{a,b,c} Dentro de la misma fila, medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$)

Respecto a la incidencia (ID) y la severidad (SD) de la diarrea de los lechones, en el cuadro 6.4 se muestran los valores obtenidos por los grupos dentro de los diferentes tratamientos.

Cuadro 6.4. Efecto de la inclusión de antibiótico (AB), mezcla de antibiótico y mananos (AB+MOS) y mananos (MOS) a la dieta de lechones durante la etapa de destete, sobre la ID (Incidencia de Diarrea = Número de días que se presentó diarrea) y SD (Severidad de la Diarrea = Calificación fecal)

Etapa 1 (1 - 11 d)											
GRUPO	AB			AB+MOS			MOS			E.E.	VALOR DE P
	ID	SD	\bar{x} S	ID	SD	\bar{x} S	ID	SD	\bar{x} S		
1	3	4	1.33	5	6	1.2	4	6	1.5		
2	1	1	1	4	4	1	5	7	1.4		
3	4	6	1.5	1	1	1	2	3	1.5		
4	4	7	1.75	5	7	1.4	1	1	1		
PROMEDIO			1.40			1.15			1.35	0.25	0.38

Etapa 2 (12 - 25 d)											
GRUPO	AB			AB+MOS			MOS			E.E.	VALOR DE P
	ID	SD	\bar{x} S	ID	SD	\bar{x} S	ID	SD	\bar{x} S		
1	2	3	1.5	3	4	1.33	2	2	1		
2	3	4	1.33	2	3	1.5	2	2	1		
3	1	1	1	2	3	1.5	1	1	1		
4	1	1	1	2	2	1	0	0	0		
PROMEDIO			1.21			1.33			0.75	0.35	0.1

Etapa 3 (26 - 35 d)											
GRUPO	AB			AB+MOS			MOS			E.E.	VALOR DE P
	ID	SD	\bar{x} S	ID	SD	\bar{x} S	ID	SD	\bar{x} S		
1	0	0	0	1	1	1	0	0	0		
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0		
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PROMEDIO			0.25			0.25			0	0.41	0.62

\bar{x} S: Promedio de la severidad

EE: Error Estándar

^{a,b,c} Dentro de la misma fila, medias con la misma letra no son significativamente diferentes P(>0.05)

La primera etapa es la que presenta la mayor cantidad de días con este trastorno, y son los grupos del tratamiento AB+MOS los que alcanzan un máximo de 5 días con el problema; de la misma forma es donde la severidad presenta las calificaciones más elevadas, pero no se encuentran diferencias significativas. Para la segunda etapa hay una considerable disminución de la incidencia, aunque la

severidad también disminuye en los tratamientos AB y MOS no existe diferencia estadística. En la última etapa la incidencia de diarrea es nula para el tratamiento MOS; en los otros dos solo se presentó un grupo con una ligera diarrea por 1 día. Cabe mencionar que en ningún grupo ni en ninguna fase se registró una calificación fecal de 3.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron imparciales, debido a que en la segunda fase el tratamiento AB generó una respuesta favorable en los animales al contrario de los otros; no obstante, en la primera y última fase del trabajo no hubo diferencias entre el uso de mananoligosacáridos y antibiótico en la dieta.

A pesar de que en el primer periodo no hay diferencia significativa en la ganancia de peso de los lechones los grupos del tratamiento AB reportaron 5% más peso. En el trabajo realizado por (Zhao et al. 2012), los lechones que comieron dietas adicionadas con antibiótico y mananos durante los primeros 14 días después del destete tampoco fueron diferentes, pero el primer grupo mencionado obtuvo un 3% mayor ganancia de peso. Los datos obtenidos en la primera fase, que abarca un periodo de 11 días, en general son bajos, ya que el destete es un estrés para los lechones que suele asociarse con un rechazo dramático de alimentación (Kojima et al. 2007). La anorexia inmediata genera una alteración en el tracto gastrointestinal que conduce a diferentes cambios fisiológicos, variación de la microbiota y aumento en la producción de citoquinas inflamatorias; incluso un corto período de desnutrición (2-3 días) da como resultado una atrofia de las vellosidades que debilita la capacidad de absorción al reducir la superficie de la pared del intestino. También se sabe que la actividad de las enzimas del borde de cepillo y de las enzimas pancreáticas disminuyen drásticamente después del destete (Halas and Nochtá 2012) (Mejía-Medina et al. 2012). Por lo tanto, estos primeros días son considerados como una fase de adaptación y los bajos valores

de los parámetros productivos están explicados por los trastornos antes mencionados.

En la segunda fase, los animales suplementados con antibiótico obtuvieron mayores ganancias de peso, estos efectos positivos están ampliamente comprobados al ser utilizados en el alimento como promotores de crecimiento (Gaskins et al. 2002). No hay efectos positivos sobre el rendimiento cuando se utilizaron mananoligosacáridos en la dieta; además, los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos son similares a los que reporta LeMieux et al. (2003), en donde la adición de antibiótico aumentó la ganancia diaria promedio en la fase 2 de su experimento. También señala que la adición de MOS disminuyó la ganancia diaria promedio y el índice ganancia:consumo cuando el antibiótico no estaba en la dieta pero aumentó la ganancia diaria promedio cuando el antibiótico estaba en la dieta; así como ocurrió en este trabajo se puede sugerir que hay sinergia entre los MOS y la presencia de antibiótico en la dieta, permitiendo que la microbiota intestinal sea benéfica para producir una respuesta favorable en el animal.

También se observa que hay diferencias en el consumo cuando se utiliza la mezcla MOS+AB al tener los valores más altos, desafortunadamente este aumento no se aprovecha para ganar masa muscular como se esperaría, pues al eliminar los microorganismos que compiten por la utilización de los nutrientes estos deberían ser aprovechados por el lechón; así lo menciona Rozeboom et al. (2005) al utilizar tratamientos y fases similares en tres granjas diferentes. Aunque

en su estudio se muestran efectos variados entre los tratamientos, concluyen que el antimicrobiano y los mananoligosacáridos, ya sean solos o combinados, aumentan la tasa de crecimiento de cerdos recién destetados, ya que estos productos parecen ser capaces de producir respuestas considerables en una amplia gama de condiciones.

En la última fase no se reportan diferencias significativas en los parámetros excepto en la conversión alimenticia. Esto coincide con Nochta et al. (2010), obtuvieron que el efecto de los tratamientos en la dieta sobre el rendimiento en crecimiento de los lechones no fue significativamente diferente entre los grupos, además se observa que los valores del tratamiento MOS fueron más bajos que los del tratamiento AB; consideran que la respuesta en el rendimiento puede estar influenciada por factores como el genotipo, la edad y el estatus sanitario de las instalaciones. En un estudio previó Nochta et al. (2009) también atribuyen que las condiciones extremadamente buenas pueden ser la causa de la ausencia de efectos estadísticamente probados en la promoción del crecimiento, tanto en el caso del control positivo (suplementación con antibióticos) como en el de los grupos suplementados con MOS; sin embargo, encontraron que los MOS tenían un efecto benéfico sobre algunas variables inmunes de lechones destetados cuando se suplementó el alimento con 1 g / kg, ya que mejoró las respuestas inmunitarias específicas y no específicas.

Entre las investigaciones que muestran inconsistencia en los resultados cuando se utilizan MOS en la dieta se encuentran las siguientes (Grela et al. 2006):

Dvorak y Jacques (1998) informaron que los cerdos destetados alimentados con MOS tenían admisiblemente mayor ingesta de alimento, y aunque en este trabajo no ocurrió lo mismo, hay una coincidencia en que los cerdos alimentados con dietas que contenían antibióticos tuvieron mayores ganancias diarias de peso corporal y consumo de alimento. Pettigrew (2008) revisó 17 estudios en los que los cerdos destetados fueron alimentados con MOS e informó que 14 de estos mostraron ventajas numéricas, aunque pequeñas, en el crecimiento, la ingesta de alimento y la eficiencia de la alimentación. Sin embargo, la respuesta general de la tasa de crecimiento mejorada fue del 4,4%, que es menor que el aumento promedio del 16% en el crecimiento cuando se alimentaron antibióticos. Miguel et al. (2002) llegaron a la conclusión de que no había suficientes pruebas para sugerir un efecto beneficioso sobre el rendimiento de crecimiento de los cerdos alimentados con MOS.

Considerando que la SD observada en los tratamientos durante la primera fase cae entre la calificación de ligera y moderada, se puede suponer que las diarreas que se presentaron en los grupos fueron de tipo fisiológico y no de tipo patológico, esto debido a que el destete provoca una depresión temporal en el consumo de alimento, la baja de consumo posdestete causa una reducción en la altura de las vellosidades intestinales y afecta la capacidad de absorción provocando diarreas (Magné 2011). En la segunda fase, donde se observa que hay un aumento de la severidad de la diarrea en el tratamiento AB+MOS también se reportó un aumento en el consumo de alimento, pero no hay beneficios para obtener ganancia de

peso; se considera entonces que las vellosidades intestinales permanecen aún en estado de recuperación, por lo tanto, el tracto gastrointestinal del lechón aún no está apto para absorber los nutrientes contenidos en la dieta y es por eso por lo que aumenta la SD (Kim et al. 1999) (Ball and Aherne 1987). En la tercera fase se observa que los animales no desarrollan diarrea debido a que la función digestiva ha madurado, de manera que es capaz de tolerar un cambio de dieta y aprovecharla.

CONCLUSIÓN

La adición de mananoligosacáridos a la dieta no mejoró los parámetros productivos; sin embargo, tampoco provocaron un efecto antagónico en los animales. Con respecto a su efecto sobre la incidencia de diarrea tampoco se observaron diferencias entre los tratamientos.

PROPUESTAS

Una investigación con más factores nutricionales, biológicos y físicos podría contribuir con el objetivo de corroborar la efectividad de la adición de MOS en el rendimiento de los animales, y también como estimulante del sistema inmunológico.

REFERENCIAS

Atlas Agroalimentario 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. SAGARPA.

Attia Y, Hamed R, El-Hamid AA, Shahba H, Bovera F. Effect of inulin and mannan-oligosaccharides compared with zinc-bacitracin on growing performance, nutrient digestibility and hematological profiles of growing rabbits. *Animal Production Science*; 2015; 55(1): 80-6.

Ávila, E.; Shimada, A y Llamas, G. (1990) Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria. México: Consultores en Producción Animal.

Ball RO, Aherne FX. Influence of dietary nutrient density, level of feed intake and weaning age on young pigs. II. Apparent nutrient digestibility and incidence and severity of diarrhea. *Canadian Journal of Animal Science*. 1987 Dec 1;67(4):1105-15.

Brent, G. Destete precoz de los lechones. Hovell, D.; Ridgeon, R.F. y Smith, W.J. Barcelona (España): Editorial Aedos;1997.

Brooks P, Beal J, Niven S. Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. *Recent advances in animal nutrition in Australia*. University of New England Armidale, Australia; 2001; 13:49-63.

Caja, G; González, E.; Flores, C.; Carro, M.D. y Albenell, E. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. XIX Curso de Especialización FEDNA (2003).

Danielsen VO. Nutrición y alimentación de lechones en condiciones de manejo del norte de Europa. XIV Curso de Especialización FEDNA (1998).

Dewey CE, Cox BD, Straw BE, Bush EJ, Hurd S. Use of antimicrobials in swine feeds in the United States. *Journal of Swine Health and Production*. 1999;7(1):19–25.

Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento (CE) No 1831/2003 del Parlamento Europeo y del consejo del 22 de Septiembre de 2003 sobre los aditivos en la alimentación animal.

Doyle ME. Alternatives to antibiotic use for growth promotion in animal husbandry. Food Research Institute, Department Food Microbiology and Toxicology, University of Wisconsin-Madison; 2001.

Edwards M, Edwards A, Millard P, Kocher A. Mannose rich fraction of *Saccharomyces cerevisiae* promotes growth and enhances carcass yield in commercially housed grower-finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*. Elsevier; 2014; 197:227–32.

García Curbelo Y, López MG, Bocourt r, Rodríguez Z. Savón L. Los prebióticos en la alimentación de animales monogástricos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Instituto de Ciencia Animal; 2012; 46(3).

Gaskins H, Collier C, Anderson D. Antibiotics as growth promotants: mode of action. *Animal biotechnology*. Taylor and Francis; 2002;13(1):29–42.

Grela ER, Semeniuk V, Czech A, others. Efficacy of fructooligosaccharides and mannanoligosaccharides in piglet diets. *Medycyna Weterynaryjna*; 2006;62(07):762–5.

Gomez-Lucía E, del Mar Blanco M, Doménech A. Manual de Inmunología Veterinaria. Madrid (España): Pearson Prentice Hall; 2006.

Halas V, Nochta I. Mannan oligosaccharides in nursery pig nutrition and their potential mode of action. *Animals. Molecular Diversity Preservation International*; 2012;2(2):261–74.

Heim G, Walsh A, Sweeney T, Doyle D, O’shea C, Ryan M, et al. Effect of seaweed-derived laminarin and fucoidan and zinc oxide on gut morphology, nutrient transporters, nutrient digestibility, growth performance and selected microbial populations in weaned pigs. *British Journal of Nutrition. Cambridge University Press*; 2014;111(9):1577–85.

Heo J, Opapeju F, Pluske J, Kim J, Hampson D, Nyachoti C. Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. *Journal of animal physiology and animal nutrition. Wiley Online Library*; 2013;97(2):207–37.

Ke Y, Jiao L, Song Z, Xiao K, Lai T, Lu J. Effects of cetylpyridinium-montmorillonite, as alternative to antibiotic, on the growth performance, intestinal microflora and mucosal architecture of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology. Elsevier*; 2014; 198:257-62.

Kellems RO, Church DC. *Livestock Feeds and Feeding* 6° ed. Boston (EUA): Pearson; 2010.

Kelly D, Smyth J, McCracken K. Digestive development of the early-weaned pig: 1. Effect of continuous nutrient supply on the development of the digestive tract and on changes in digestive enzyme activity during the first week post-weaning. *British Journal of Nutrition. Cambridge University Press*; 1991;65(2):169–80.

Kim J, Heo J, Mullan B, Pluske J. Efficacy of a reduced protein diet on clinical expression of post-weaning diarrhoea and life-time performance after experimental challenge with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *Animal feed science and technology*. Elsevier; 2011;170(3):222–30.

Kim JD, Hyun Y, Sohn KS, Woo HJ, Kim TJ, Han IK. Effects of immunostimulators on growth performance and immune response in pigs weaned at 21 days of age. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2000 Jan 1;9(2):333-46.

Kojima CJ, Carroll JA, Matteri RL, Touchette KJ, Allee GL. Effects of weaning and weaning weight on neuroendocrine regulators of feed intake in pigs. *J Anim Sci*. 2007;85(9):2133–9.

Konstantinov SR, Favier CF, Zhu WY, Williams BA, Klüß J, Souffrant W-B, et al. Microbial diversity studies of the porcine gastrointestinal ecosystem during weaning transition. *Animal Research*. EDP sciences; 2004;53(4):317–24.

Lallès J-P, Boudry G, Favier C, Le Floc'h N, Luron I, Montagne L, et al. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. *Animal Research*. EDP sciences; 2004;53(4):301-16.

Li J, Kim IH. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* cell wall extract and poplar propolis ethanol extract supplementation on growth performance, digestibility, blood profile, fecal microbiota and fecal noxious gas emissions in growing pigs. *Animal science journal*. Wiley Online Library; 2014;85(6):698–705.

López RM. Las paredes celulares de levadura de *Saccharomyces cerevisiae*: un aditivo natural capaz de mejorar la productividad y salud del pollo de engorde. 2008.

Magné Barrañon A. Efecto del nivel de proteína dietaria sobre la incidencia de diarreas y el desarrollo digestivo de lechones destetados alimentados con pasta de ajonjolí (*Sesamun indicum L.*). [tesis de maestría]. Querétaro (MEX): Universidad Autónoma de Querétaro; 2011.

McCracken BA, Spurlock ME, Roos MA, Zuckermann FA, Gaskins HR. Weaning anorexia may contribute to local inflammation in the piglet small intestine. *The Journal of nutrition. Am Soc Nutrition*; 1999;129(3):613–9.

McCracken K, Kelly D. Development of digestive function and nutrition/disease interactions in the weaned pig. *Recent advances in animal nutrition in Australia. Univ. of New England Press, Armidale, AU*; 1993;182–92.

McDonald P. *Nutrición Animal*. 7° ed. Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA y Wilkinson RG. Zaragoza (España): Editorial Acribia; 2011.

Mejía-Medina J, Rincón-Ruiz J, Gutiérrez-Vergara C, Correa-Londoño G, López-Herrera A, Parra-Suescún J. Valoración de parámetros clínicos y lesiones en órganos de cerdos durante el periodo posdestete. *Acta Agronómica. Universidad Nacional de Colombia*; 2012;61(1).

Miguel JC, Rodríguez-Zas SL, Pettigrew JE. Efficacy of a mannan oligosaccharide (Bio-Mos®) for improving nursery pig performance. *Journal of Swine Health and Production*. 2004; 12(6):296-307.

Mota Rojas D, Roldán Santiago P, Pérez Pedraza E, Martínez Rodríguez R, Hernández-Trujillo E, Trujillo Ortega ME. Factores estresantes en lechones destetados comercialmente. *Veterinaria México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM*; 2014;(45):37–51.

Navarrete PJ. Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación Económica y Sectorial. FIRA; 2012.

Nguyen T, Fleet G, Rogers P. Composition of the cell walls of several yeast species. Applied microbiology and biotechnology. Springer; 1998;50(2):206–12.

Nochta I, Tuboly T, Halas V, Babinszky L. Effect of different levels of mannan-oligosaccharide supplementation on some immunological variables in weaned piglets. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2009;93(4):496–504.

Nochta I, Tuboly T, Halas V, Babinszky L. Effect of different levels of mannan-oligosaccharide supplementation on some immunological variables in weaned piglets. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2009;93(4):496–504.

Panorama Agroalimentario. Carne de Cerdo. Dirección de Investigación y Evaluación Sectorial. FIRA; 2017.

Pettigrew JE. Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weanling pigs: dietary tools, part 1. Anim Biotechnol. 2006;17(2):207–15.

Pierzynowski SG, Zabielski R. Microbial Ecology in Growing Animals. Holzapfel WH, Naughton PJ, editores. Elsevier; 2005.

Pond WG, Church DC. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2ª ed. Pérez Calderón LJ, traductor. México: Limusa Wiley; 2007.

Reis de Souza TC, Guerrero Carrillo M de J, Aguilera Barreyro A, Mariscal Landín G. Efecto de diferentes cereales sobre la morfología intestinal de lechones recién destetados. Técnica Pecuaria en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; 2005;43(3).

Reis de Souza TC, Mariscal Landín G, Escobar García K. Algunos factores fisiológicos y nutricionales que afectan la incidencia de diarreas posdestete en lechones. Veterinaria México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; 2010; 41(4):275-88.

Roberfroid MB. Functional effects of food components and the gastrointestinal system: chicory fructooligosaccharides. Nutr Rev. 1996;54(11 Pt 2): S38–42.

Rosen GD. Holo-analysis of the efficacy of Bio-Mos® in pig nutrition. Animal Science. Cambridge University Press; 2006;82(5):683–9.

Rozeboom D, Shaw D, Tempelman R, Miguel J, Pettigrew J, Connolly A. Effects of mannan oligosaccharide and an antimicrobial product in nursery diets on performance of pigs reared on three different farms. Journal of animal science. American Society of Animal Science; 2005;83(11):2637–44.

SAGARPA (2016), Consumos Nacionales Aparentes. Obtenida el 10 de Febrero de 2016, de www.sagarpa.gob.mx/ganadería/Estadísticas/

Spring P, Wenk C, Connolly A, Kiers A. A review of 733 published trials on Bio-Mos®, a mannan oligosaccharide, and Actigen®, a second generation mannose rich fraction, on farm and companion animals. Journal of Applied Animal Nutrition. Cambridge University Press; 2015;3.

Spring P, Wenk C, Dawson K, Newman K. The effects of dietary mannaoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. Poultry science. Oxford University Press. Oxford, UK; 2007;79(2):205-11.

Tang M, Laarveld B, Van Kessel AG, Hamilton DL, Estrada A, Patience JF. Effect of segregated early weaning on postweaning small intestinal development in pigs. *J Anim Sci.* 1999;77(12):3191–200.

van der Peet-Schwering CMC, Jansman AJM, Smidt H, Yoon I. Effects of yeast culture on performance, gut integrity, and blood cell composition of weanling pigs. *J Animal Science* 2001; 85(11):3099-109.

Velasco JLF, Moreno EEC, Ramírez MC, Vara IAD. Alimentos funcionales para cerdos al destete Functional foods for weanling pigs. *Vet Méx.* 2006;37:1.

White LA, Newman MC, Cromwell GL, Lindemann MD. Brewers dried yeast as a source of mannan oligosaccharides for weanling pigs. *J Anim Sci.* 2002;80(10):2619–28.

Wijten PJA, van der Meulen J, Versteegen MWA. Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning: a review. *Br J Nutr.* 2011;105(7):967–81.

Yalçinkaya I, Güngör T, Basalan M, Erdem E. Mannan oligosaccharides (MOS) from *Saccharomyces cerevisiae* in broilers: Effects on performance and blood biochemistry. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. The Scientific and Technological Research Council of Turkey;* 2008;32(1):43–8.

Zhao P, Jung J, Kim I. Effect of mannan oligosaccharides and fructan on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and diarrhea score in weanling pigs. *Journal of Animal Science. American Society of Animal Science;* 2012;90(3):833–9.