

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LAS PAREDES CELULARES DE *Saccharomyces cerevisiae* Y  
BACITRACINA DE ZINC EN LA DIETA DE GALLINAS DE POSTURA EN  
DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN (PISO Y JAULA) Y EN DOS  
DIFERENTES LÍNEAS GENÉTICAS.

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

ALEXIS ARIAS CONTRERAS

ASESORES: MVZ. EPA. MC. BENJAMÍN FUENTE MARTÍNEZ  
MVZ. MSc. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ

## DEDICATORIA

A mi madre por todo su amor, comprensión, enseñanzas y consejos que he recibido y seguiré recibiendo. Este logro también es tuyo, por que solo tú sabes cuanto luchamos para que al fin se culminara esta meta. Todo esto te lo debo a ti, te quiero mucho Ma.

A mi hijo Emilio, que aunque seas aún muy pequeño para comprender lo que esto significa, se que llegarás a ser un gran hombre y todas tus metas se cumplirán a medida que te lo propongas. Te quiero mucho hijo.

A Daniela por hacerme fiel creyente del amor y por darme ánimos en los momentos en los que más los necesito. Por toda la ayuda incondicional que me ha brindado sin pedir nada a cambio. Eres parte de mi vida y este logro es de los dos.

A mi hermana Iliana, por siempre contar con ella en todo momento de mi vida y por saber que siempre estaremos unidos. A mí cuñado Oscar por todos los buenos consejos. A mi sobrina Audry por su cariño.

A mis tíos: Sergio, David, Héctor, Oscar y Rocío, por creer en mí en cada momento y por toda su confianza depositada en mí. De igual manera a mis tios: Isabel, Eugenia, Dulce, Bety y Ramón por ser parte de una gran familia llena de mucha alegría.

A mis primos: Gaby, Ale, Mich, Chris, Osiris, Andrea, Fer, Chino, Adrián, Irving, Diana, Sofía, que mas que primos son mis amigos y se que siempre voy a contar con ustedes. Hagan de este logro algo superable y sigan siempre adelante hasta cumplir sus metas,

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por toda la educación recibida a lo largo de toda mi carrera y por la formación como profesionista.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la UNAM.

Al Dr. Benjamín Fuente Martínez y al Dr. Ernesto Ávila González por su asesoría y apoyo en elaboración de este trabajo.

A todo el personal académico del CEIEPAV, Drs. Arturo, Ezequiel, Elizabeth, Jaime y Tomas.

A mis amigos: Mike, Carlos, Ricardo, Luis, Silvia, Yola, Meño, Rox, Enrique, Vero, José Luis, Zipo, Fany, Angel, Jhon, Norma, Diana, Gus Misael, José, Miguel, Isaias, Flor, Almita, Jorge, Beto por que juntos hemos crecidos como personas y nuestra amistad ha ido de la mano con nuestros triunfos.

A todos ustedes muchas gracias.

CONTENIDO	Página
1.-RESUMEN.	1
2.-INTRODUCCIÓN.	2
3.- JUSTIFICACIÓN.	17
4.- HIPOTESIS.	18
5.- OBJETIVOS.	19
6.- MATERIALES Y MÉTODOS.	21
7.- RESULTADOS.	24
8.- DISCUSIÓN.	34
9.-CONCLUSIONES.	38
10.- BIBLIOGRAFÍA.	39

## 1- RESUMEN

ARIAS CONTRERAS ALEXIS. Efecto de las paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* y bacitracina de zinc en la dieta de gallinas de postura en dos sistemas de producción (piso y jaula) y en dos diferentes líneas genéticas. (Bajo la dirección de MVZ. EPA. MC. Benjamín Fuente Martínez, MVZ. MSc Ernesto Ávila González).

Para evaluar la respuesta productiva en dos estirpes comerciales de gallinas, alimentadas con dietas sorgo + soya con paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* (PcSc) en la dieta, se realizaron dos experimentos. El primero se realizó en una caseta convencional con ambiente natural, se utilizaron 216 gallinas blancas de 45 semanas de edad alojadas en jaulas, las cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar en tres tratamientos con 6 réplicas de 12 gallinas cada uno. En el segundo, se utilizaron 600 gallinas rojas de 43 semanas de edad, las cuales se distribuyeron en pisos en tres tratamientos con 4 réplicas de 50 gallinas cada uno. La duración de los experimentos fue de 98 días. Para ambos experimentos, se emplearon los siguientes tratamientos: 1.- Tratamiento sin promotor de crecimiento, 2.- Tratamiento 1 + bacitracina de zinc (30 ppm), 3.- Tratamiento 1 + PCSC (500ppm). El alimento y el agua se proporcionaron a libre acceso. Durante 14 semanas se resumieron datos de consumo de alimento, porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo por ave por día y conversión alimenticia. Al finalizar el experimento, a las variables antes mencionadas, se les realizó un análisis de observaciones repetidas en el tiempo. Los resultados indicaron que el Experimento 1, no hubo efecto entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) en ninguna variable. En el Experimento 2, se encontró mejor porcentaje de postura (92b, 96a, 96a), conversión alimenticia (2.08a, 2.04b, 2.03b) y masa de huevo g(58.5b,61.1a,60.4a) con las PcSc, siendo estos resultados similares a los del tratamiento con bacitracina ( $P < 0.05$ ) y superiores a los de la dieta sin promotor. Los resultados de la calidad interna y externa del huevo de las dos líneas genéticas empleadas y los dos diferentes sistemas (piso y jaula), no indicaron diferencias entre tratamientos. Se observó una tendencia a mejor grosor de cascara en la gallina roja. Los datos indicaron un efecto promotor de la producción en gallina alojada en piso, cuando se incluyó en la dieta PcSc o bacitracina zinc.

## 2.- INTRODUCCION

### Situación actual de la avicultura en México.

Durante el 2007, la producción de huevo y pollo en México experimentó una desaceleración respecto a años anteriores. De acuerdo con los datos, para 2007, la producción de carne de pollo creció 3.5%, en tanto la producción de huevo decreció 1.3%, respecto a lo registrado en 2006 de 4.1%. Los principales estados productores de huevo son: Jalisco con el 50%, Puebla 18% y Sonora con el 7%, estos 3 estados representan el 75% de la producción nacional. En el periodo 1994-2007 el consumo de alimento balanceado para aves creció a un ritmo anual de 3.4%. En la actualidad se consumen 13.5 millones de toneladas de alimento balanceado de los cuales 8.5 son granos forrajeros (maíz y sorgo), 2.7 millones corresponden a pastas oleaginosas y 2.3 millones de toneladas de otros ingredientes. La industria de huevo consumió 3.7 millones de alimento balanceado en el 2007 y la carne de aves 4.7 millones de toneladas. La producción de huevo durante el periodo 1994-2007 creció a un ritmo anual de 3.5%, actualmente se producen 2.2 millones de toneladas de huevo y se espera un crecimiento en la producción en el 2008 de 3.3%. México es el primer consumidor de huevo fresco para plato a nivel mundial, en el 2007 el consumo per capita fue 21.63 Kg, lo que representa un consumo de 346 pieza por habitante al año. Para el 2008 se espera un consumo de 22.1Kg de huevo al año por habitante<sup>1</sup>.

### Antibióticos promotores de crecimiento.

Los antibióticos promotores de crecimiento pueden definirse de una manera práctica como sustancias no nutritivas que mejoran el crecimiento de animales aparentemente sanos y son administrados a una concentración relativamente baja en la dieta, mientras que a nivel terapéutico se administra para el control de enfermedades<sup>2</sup>.

Durante los últimos años la industria avícola ha evolucionado a grandes pasos en sus diferentes áreas, lo cual conlleva finalmente a una mayor eficiencia en el desarrollo de las parvadas; sin embargo, como en muchas otras áreas de la producción pecuaria y dada la problemática mundial las empresas han tenido que considerar también la salud y bienestar pública, siendo para la industria avícola un gran paradigma el manejo de los antibacterianos como promotores del crecimiento. En las últimas 5 décadas se han empleado los antibióticos a niveles subterapéuticos en el alimento de las aves con el fin de promover su crecimiento para protegerlas de microorganismos patógenos intestinales, aunque actúen también contra los no patógenos, hechos que han llevado a un sin fin de investigaciones sobre los efectos benéficos de estas prácticas sobre el crecimiento y flora normal de las aves y sus implicaciones en salud pública<sup>3</sup>.

En Medicina Veterinaria, los antibióticos comenzaron a ser utilizados en el alimento para el tratamiento de animales enfermos y con fines profilácticos en animales asintomáticos, todo esto comenzó a ocurrir a partir de la década de los 50. En esa época al alimentar cerdos con desechos de fermentación de tetraciclinas, se descubrió que esos cerdos crecían más que los que recibían otros alimentos. Al asociarse la respuesta lograda con el origen del alimento, se estaba descubriendo la capacidad de los antibióticos de contribuir al crecimiento de los animales, al mejorar los parámetros productivos cabe señalar también incremento en la producción de huevo. Este es el inicio histórico del uso de antibióticos como promotores de crecimiento a dosis muy bajas cuando son adicionados en cantidades subterapéuticas<sup>4</sup>.

Los antibióticos como promotores de crecimiento de los animales, también son denominados “modificadores digestivos”; en este grupo se encuentran la bacitracina, flavomicina, avilamicina, enramicina, entre otros. En la actualidad tanto en la Comunidad Europea como en otros países de América (Sudamérica) y Asia es un pequeño porcentaje de antibacterianos el que se acepta para este fin. La mayoría por su baja dosificación tienden a generar resistencia bacteriana por que generan residuos en los tejidos o en los productos de origen animal potencialmente peligroso para la salud pública. Aun así, los antibióticos promotores de crecimiento (APC) son los aditivos más utilizados en la industria pecuaria<sup>3,4</sup>.

#### Características deseables de un antibiótico promotor de crecimiento.

El Dr. John Walton<sup>5</sup>, de la Universidad de Liverpool, compiló una lista de características deseables de un APC ideal, tomando las siguientes características:

- Mejora el funcionamiento efectiva y económicamente.
- Para uso terapéutico relativamente bajo tanto en la medicina veterinaria como en la humana.
- No ocasiona resistencia cruzada a otros antimicrobianos.
- No debe estar involucrado en la resistencia transferible.
- No ocasionar disturbios indeseables a la microflora intestinal normal.
- No se debe absorber en el tracto gastrointestinal.
- No debe ser mutagénico o carcinogénico.
- No debe promover el derrame de *Salmonella*.
- Deberá ser fácilmente biodegradable.
- No debe ser tóxico para animales y humanos.

## Características óptimas para un antibiótico promotor de crecimiento.

Un aditivo promotor de crecimiento antibiótico es cualquier sustancia, microorganismo o preparación que intencionalmente se agregue al alimento de los animales con tal de mejorar una o más de las siguientes funciones<sup>6</sup>:

- a) Favorecer las características del alimento.
- b) Favorecer las características de los productos de origen animal.
- c) Mejorar el color de los peces y aves en su presentación.
- d) Que sea inocuo al medio ambiente a consecuencia de la producción animal.
- e) Favorecer el bienestar animal, particularmente por modificar la flora gastrointestinal o la digestibilidad de los ingredientes.
- f) Que tenga efecto coccidiostato o efecto contra histomonas.

## Mecanismo de acción de los antibióticos promotores del crecimiento.

Los antibióticos provocan modificaciones de los procesos digestivos y metabólicos de las aves lo cual se traduce en aumentos de la eficiencia de la utilización de los alimentos y en mejoras significativas de la ganancia de peso y de su fin productivo<sup>4</sup>.

Algunos procesos metabólicos modificados por los antibióticos promotores del crecimiento (APC) son<sup>5</sup>:

- La excreción de nitrógeno.
- La eficiencia de las reacciones de fosforilación en las células.
- La síntesis proteica.

Los APC también producen modificaciones en el tubo digestivo:

- Cambios en la composición de la flora digestiva (disminución de agentes patógenos).

- Disminuye el ritmo de tránsito de la digesta.
- Aumentan la absorción de algunos nutrientes (por ejemplo vitaminas).
- Reducen la producción de amoniaco, aminos tóxicas y otras toxinas que tienen que ser inactivadas a nivel hepático.
- Adelgazan el grosor de la pared intestinal.

El establecimiento de una población bacteriana en el tubo digestivo de las aves, se inicia en las primeras horas de vida; los diferentes tipos de microorganismos que colonizan son sumamente sensibles a cualquier cambio que ocurra en el tracto gastrointestinal como pH, temperatura, nutrientes, fluidos, etc. Esto mismo conlleva a una estrecha relación entre el pH y el tipo de bacterias de la flora bacteriana de las aves; así mismo se sabe que el pH ácido va a inhibir en su mayoría el crecimiento de bacterias patógenas. Cabe señalar que al nacimiento las aves en el intestino tienen un pH que fluctúa entre 5.5 a 6, lo cual facilita la proliferación de bacterias patógenas, además de que las aves jóvenes no tienen la capacidad suficiente de producción de ácido clorhídrico para mantener así un pH bajo y evitar la proliferación de bacterias patógenas. La flora bacteriana tienen un efecto directo sobre la función y metabolismo del lumen intestinal, por lo que las modificaciones positivas en la microflora reduce las demandas metabólicas de las aves ya que algunos nutrientes son obtenidos directamente de los metabolitos de las bacterias; también se ve beneficiada la tasa de recambio de la células de la mucosa luminal con la administración de antibióticos o prebióticos, con la reducción o modificación de la microflora<sup>4,7</sup>.

La situación así planteada debe asegurar entonces, que los nutrientes proporcionados en la dieta, sean absorbidos, digeridos y distribuidos a los tejidos en forma apropiada, por

lo que el uso de cualquier sustancia que actúe como promotor de crecimiento debe cumplir con este propósito<sup>8</sup>.

### Bacitracina zinc como promotor de crecimiento.

La bacitracina zinc es uno de los APC más utilizado en la industria avícola mexicana aunque en países de Europa ya está prohibido su uso, es producida por ciertas cepas de *Bacillus licheniformis* y por *Bacillus subtilis* var. *Tracy* constituidos por varios por varios componentes, entre ellos los más importantes son el A, B y C, por lo que comercialmente se encuentran bacitracinas A, B, C, D, E, F y G, siendo la bacitracina F un metabolito de degradación de la bacitracina A en bacitracina F, una forma casi sin actividad antimicrobiana<sup>9</sup>.

Farmacodinamia: al ser un antibiótico polipeptídico inhibe la síntesis de la pared celular bacteriana, interfiere directamente sobre la síntesis de peptodiglicanos elementos esenciales en la constitución de la pared bacteriana y ésta hace a la bacteria osmoticamente sensible, lo que resulta en lisis bacteriana. Su acción exige la presencia de cationes bivalentes como el zinc. El uso en medicina veterinaria es como promotor del crecimiento<sup>9</sup>.

### Resistencia bacteriana

El uso de antimicrobianos en nutrición animal, antibióticos y quimioterapéuticos data de hace mas de hace 50 años. Las primeras experiencias (en pollos) que demostraron sus efectos benéficos fue en los años 40, y para la década de los 60 su empleo comercial estaba ampliamente extendido en Europa. En aquellos años el uso de sustancias que a mayores dosis tenían actividades terapéuticas era práctica usual (penicilinas,

estreptomicinas, tetraciclinas). Muy pronto surgieron críticas a esta práctica, alegando posibles riesgos para la salud humana<sup>9</sup>.

En 1969 se publicó en el Reino Unido un informe elaborado por un comité científico presidido por el Profesor Swann que, si bien reconocía la escasez en aquel momento de datos científicos para evaluar dichos riesgos, recomendó abandonar el uso de antimicrobianos en el alimento de uso terapéutico, o con análogos empleados en medicina humana<sup>10</sup>.

Es claro que hay bacterias resistentes a los antimicrobianos y que están presentes en los animales pero su contribución a la existencia o variedad de microorganismos resistentes en humanos sigue siendo muy controvertida<sup>11</sup>.

La aparición de bacterias resistentes a los antibióticos es un proceso complejo que comprende distintos mecanismos y es una consecuencia inevitable de su uso terapéutico o subterapéutico. La administración de dosis bajas durante largo tiempo crea las condiciones ideales para la inducción de resistencias<sup>4</sup> lo que constituye el principal argumento de los defensores de la prohibición de los APC. Aunque no se han establecido claramente una relación directa entre el uso de APC y el aumento de resistencias bacterianas a los antibióticos, lo que si es cierto es el posible riesgo que puede suscitar el incluirlos en las dietas animales<sup>12</sup>, es por eso que la Unión Europea con base en el “principio de precaución” han decidido a partir del 1º de Enero del 2006 la total prohibición del uso de APC, en la alimentación animal principalmente con aquellos que tengan análogos de uso en medicina humana<sup>4</sup>.

## Prohibición de los APC en la Unión Europea

Los cambios ocurridos recientemente en los sistemas de producción animal de los países pertenecientes a la Unión Europea (UE), son debido a la posible relación entre la

utilización de APC en la industria pecuaria y la aparición de microorganismos resistentes a antibióticos empleados en terapéutica humana<sup>13</sup>. Actualmente la sensibilidad del consumidor hacia los productos de origen animal se ha incrementado y la preferencia por productos de mejor calidad y producidos en forma más natural es cada vez más frecuente<sup>14</sup>. De hecho, la posibilidad de que bacterias resistentes al tracto digestivo de animales puedan servir como reservorio y causar la diseminación de microorganismos resistentes a antibióticos empleados en terapéutica humana continúa siendo dudosa<sup>15,16,17</sup>.

Ya en 1969 surgieron las primeras alarmas sobre la preocupación de la presencia de resistencias bacterianas y su relación con el uso de APC en piensos para animales. En ese año se publicó el informe británico de Swann<sup>18</sup> en el cual se alertaba sobre el posible riesgo potencial de la selección de las bacterias resistentes en animales y que estas pudieran pasar al humano. Dichas recomendaciones consideraban que no se utilizarían como promotores de crecimiento, antibióticos que pudieran ser empleados en terapéutica humana o antibióticos que mostraran mecanismos de resistencias cruzadas.

En 1970 se publicó la directiva sobre el uso de aditivos en la alimentación animal dentro de la UE la cual establece que solamente podrían ser empleados como APC aquellas sustancias que tuvieran un efecto demostrado en el crecimiento animal, que fueran activas frente a bacterias gram-positivas y que no se absorbieran a nivel digestivo para prevenir la presencia de residuos en la carne<sup>19</sup>.

A partir de 1986, se inició una serie de prohibiciones entre los países Europeos para la utilización de APC en piensos para animales. Por ejemplo, el gobierno Sueco estableció que los antibióticos y los quimioterapéuticos solamente podrían ser incorporados en dietas para animales para aliviar o curar enfermedades y no para promover la eficiencia productiva<sup>19</sup>. En 1995 Suecia se une a la UE y mediante el tratado de adhesión se le

permite prohibir el uso de APC hasta finales de 1998. Durante este periodo, Dinamarca, Alemania y Finlandia, miembros de la UE, impusieron cláusulas de protección contra ciertos antibióticos como avoparcina, tilosina, espiramicina y virginamicina, que eran autorizados en alimentación animal como APC<sup>20</sup>.

Finalmente en 1997, la Comisión Europea efectuó la prohibición del empleo de la avoparcina en alimentación animal. Al finalizar 1998, el Consejo de Ministros de la UE, suspendió la autorización como aditivos del fosfato de tilosina, espiramicina, bacitracina de zinc y virginamicina<sup>21</sup>.

En el 2003, el diario oficial de la UE publicó la regulación No. 183/2003 sobre los aditivos empleados en nutrición animal, estableciendo que los antibióticos usados para promover el crecimiento en alimentación animal ya no serían permitidos a partir de enero del 2006.

## Probióticos, prebióticos y simbióticos

El uso de prebióticos y probióticos pueden representar dos alternativas potenciales para el control de enfermedades digestivas en avicultura<sup>22</sup>. Los probióticos, han sido definidos, como microorganismos vivos que al ser suplementados al alimento de animales, pueden provocar efectos benéficos en el huésped al mejorar el balance intestinal de microorganismos<sup>23</sup>. Los prebióticos, son ingredientes no digeribles que al ser ingeridos por el animal pueden ser utilizados como sustratos por bacterias específicas digestivas, provocando una estimulación del crecimiento y actividad de grupos selectivos bacterianos en los órganos digestivos<sup>24</sup>. La utilización de forma conjunta de sustancias prebióticas que sirven como sustrato para la proliferación y actividad de microorganismos probióticos con la finalidad de mejorar el balance de

microorganismos y condiciones digestivas del animal, ha sido definida como productos simbióticos.

En la UE hasta el 2006, fueron autorizadas de forma provisional o final 22 preparaciones de microorganismos probióticos como aditivos alimenticios para producción animal. Dentro de ellos 7 correspondían a probióticos autorizados para avicultura, todos ellos autorizados en pollos de engorde, uno en pavos y otro en gallinas ponedoras. Otros microorganismos utilizados como aditivos probióticos son las levaduras de las especies de *Saccharomyces cerevisiae* o *Kluyveromyces*<sup>25</sup>. Dentro de las sustancias prebióticas, los principales aditivos corresponden a base de fructooligosacáridos (FOS, oligofruktosa e inulina). No obstante, otro tipo de productos también han sido investigados para llevar a cabo esta función en el animal: trans-galactooligosacáridos, glucooligosacáridos, glicooligosacáridos, lactulosa, lactitol, maltooligosacáridos y xilooligosacáridos y los siguientes polisacáridos: fructooligosacáridos, agarooligosacáridos, mananooligosacáridos, arabinosilanos, estaquinoso, rafínoso y sucroso<sup>26</sup>.

De forma similar a otros nuevos aditivos, los mecanismos de acción de los microorganismos probióticos y sustancias prebióticas son conocidas solo en parte. De acuerdo a distintas investigaciones, los mecanismos de acción que estos aditivos pueden ejercer en el tracto digestivo del huésped, incluyen los siguientes efectos: competición por sitios y sustratos bacterianos; producción de compuestos tóxicos que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos; reducción de la colonización de bacterias patógenas; modificación de las poblaciones bacterianas; modificación del sistema inmunitario; reducción de triglicéridos, colesterol y otros compuestos (amonio, escatol, indol, p-cresol y fenol)<sup>27</sup>.

Las levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* y sus aplicaciones en alimentación animal.

Dentro de las especies de hongos unicelulares clasificados genéricamente como levaduras encontramos incluido al *Saccharomyces cerevisiae*<sup>28</sup>. Las levaduras del género *S. cerevisiae* son capaces de llevar a cabo procesos de fermentación a partir de transformación de azúcares a etanol y dióxido de carbono, propiedades que han sido ampliamente explotadas desde hace muchos años en la industria de la producción de pan y de bebidas alcohólicas<sup>29</sup>. Otras importantes aplicaciones de la levadura de *S. cerevisiae*, incluyen su empleo en modelos biológicos enfocados a elucidar procesos básicos de fisiología celular y su utilización de forma intensa en el área biotecnológica. En la actualidad, se considera que la levadura de *S. cerevisiae* es uno de los microorganismos eucariota más estudiado y estrechamente ligado al progreso de la humanidad<sup>30</sup>. Por otro lado, algunas levaduras del género *Saccharomyces* muestran buena capacidad para neutralizar toxinas de *Clostridium*, característica que ha sido aprovechada en terapéutica humana para controlar diarreas ocasionadas por una prolongada medicación con antibióticos por vía oral<sup>31</sup>.

A escala nutricional, las levaduras son capaces de metabolizar y transformar de forma natural minerales inorgánicos hacia formas orgánicas en un proceso similar al que realizan las plantas. Cuando un individuo consume las células de levadura muertas, estas pueden aportarle diferentes nutrientes aparte de los minerales como es el caso de vitaminas, péptidos y proteínas. Previo al descubrimiento de las vitaminas el complejo-B, las levaduras de cervecía se utilizaban como complemento alimenticio para monogástricos. En la actualidad las células de cervecía continúan adicionándose a dietas para animales con la finalidad de mejorar su salud y productividad, sobre todo en el caso de animales rumiantes<sup>32, 33, 34,35</sup>. Gracias a sus significativas propiedades

nutricionales y farmacéuticas, las levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* han sido aprobadas como un microorganismo seguro para su empleo en alimentación animal dentro de la UE. Situación que concuerda con otros países como Japón, lugar en el que desde hace varios años la levadura de *S. cerevisiae* forma parte de la farmacopea Japonesa<sup>36</sup> o Estados Unidos de América, donde la FDA le ha otorgado el grado de microorganismo seguro o grado GRAS (*Generally Recognised As Safe*).

### Fracciones de levadura.

Otro tipo de productos derivados de las células de levadura (*S. cerevisiae*), son los conocidos como extractos o autolisados de levadura y las paredes celulares de levadura, productos obtenidos a partir de la autólisis de la célula completa de la levadura<sup>37, 38</sup>. En el área de alimentación animal, desde la pasada década se ha incrementado el interés por la utilización en la dieta de fracciones de paredes celulares de levadura como fuentes de polisacáridos de tipo  $\beta$ -glucanos y mananooligosacáridos (MOS). Este tipo de polisacáridos son reconocidos como aditivos naturales capaces de ejercer efectos benéficos en la salud y productividad del individuo<sup>39</sup>.

### Fabricación industrial de paredes celulares y extractos de Levadura.

La producción de paredes celulares de levadura se realiza como un paso alterno y posterior a la producción industrial de las levaduras activas. Cuando la cantidad de levaduras es la adecuada dentro de los fermentadores, se realiza un proceso térmico que provoca la autólisis de las células de la levadura. A partir de aquí, se lleva a cabo un proceso de centrifugación del producto autolisado que provocará la separación de la pared celular y del contenido intracelular (extracto de levadura) de la levadura muerta. Posteriormente los productos separados (pared celular y extracto de levadura) son

concentrados y secados cuidadosamente para conservar sus características nutricionales<sup>37,40</sup>.

### Características de la pared celular de la levadura.

Recientemente se ha incrementado el interés por el estudio de las fracciones o polisacáridos de las paredes celulares de levadura como  $\beta$ - glucanos y mananos, ambas moléculas pueden mostrar efectos benéficos en la salud de animales de producción y humanos. No obstante, las concentraciones de estos polisacáridos dentro de las paredes celulares pueden verse modificados por diferentes circunstancias (cepa de origen y proceso de producción), situación que puede adquirir importantes implicaciones en los procesos de producción de este tipo de productos que comienzan a tener bastante interés en la alimentación animal e industria farmacéutica humana<sup>41</sup>. La pared celular de la levadura está constituida por polisacáridos y glicoproteínas en forma de una red tridimensional, que funciona como una estructura altamente dinámica adaptable al medio que la rodea. La pared celular de la levadura es capaz de adaptarse a cambios fisiológicos (multiplicación logarítmica o estacional) y morfológicos (conjugación, esporulación y crecimiento), o a las condiciones ambientales de su entorno. Por otro lado, las principales funciones de la pared celular están encaminadas a garantizar la supervivencia de la célula, entre estas se pueden incluir las siguientes: mantiene las condiciones de estabilidad osmótica dentro de la célula, brinda protección ante condiciones de estrés físico, mantiene la integridad y la forma celular durante los procesos de crecimiento y división<sup>42</sup>; limita la permeabilidad de macromoléculas a través de la pared celular y la blinda del ataque de proteínas externas; evita el escape hacia el medio externo de moléculas solubles intermediarias mediante la construcción

de la pared celular y crea los micro-ambientes internos adecuados para la membrana celular durante las fases de estancamiento de los cultivos y colonias<sup>42,43,44</sup>.

### Composición de paredes celulares de levadura.

Estudios realizados con levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida albicans* sugiere que dependiendo de las condiciones de crecimiento, la pared celular de la levadura puede presentar de 10 a un 25% del total de MS de la célula<sup>45</sup>. En estudios más recientes donde fueron evaluadas diferentes especies de levaduras, se encontraron valores de porcentajes de MS de pared celular de un 26 al 32%, observándose diferencias de acuerdo a la especie de levadura<sup>46</sup>. Se ha estimado que el porcentaje de polisacáridos que puede contener la pared celular de la levadura puede ser de alrededor de un 85 a un 90% y de un 10 a un 15% de proteínas. A escala estructural, la pared celular de la levadura está constituida por tres grupos de polisacáridos: 1) polímeros de manosa o manano-proteínas, 2) polímeros de glucosa o  $\beta$ -glucanos y 3) polímeros de N-acetil-glucosamina o quitina<sup>41,42,46</sup>.

De forma resumida, puede considerarse que aunque la construcción de la pared celular de la levadura es firmemente controlada por la levadura, la composición (polisacáridos), estructura y grosor, dependen en gran magnitud de las condiciones medioambientales impuestas dentro de los fermentadores<sup>41</sup>, del ciclo de la vida de la célula<sup>41</sup> y de la cepa de origen<sup>37</sup>. De hecho cuando las células de levadura son sometidas a variaciones drásticas en los parámetros de fermentación dentro de los fermentadores, como respuesta a este estrés la levadura incrementa las proporciones de quitina a escala de pared celular<sup>41</sup>.

## Estructura de la pared celular de levadura.

Los polisacáridos que constituyen la PCL, corresponden a moléculas de 1,3-  $\beta$ -glucanos, 1,6-  $\beta$ -glucanos, mananoproteínas y quitina, todos ellos con diferentes grados de polimerización, tamaño o peso molecular y porcentajes dentro de la pared. La capa interna de la pared celular la componen moléculas de 1,3-  $\beta$ -glucanos unidos por puentes de hidrogeno, que le proporcionan elasticidad a la red tridimensional que sirve de soporte a la capa externa constituida principalmente por manano-proteínas, o capa protectora que se extiende hacia el medio externo de la célula<sup>45</sup>. La gran elasticidad de la pared celular puede ser ejemplificada cuando se transfiere a la levadura a una solución hipertónica, observándose que la célula se encoge rápidamente llegando a perder mas de un 60% de su volumen, que le representaría una perdida de sus superficie de un 40 a un 60% no obstante, este proceso es revertido cuando la levadura se transfiere a su medio original<sup>47</sup>.

## Utilización de paredes celulares de levadura, MOS y $\beta$ -glucanos en alimentación animal.

Los PCL son fuentes ricas de polisacáridos naturales del tipo  $\beta$ -glucanos y mananooligosacáridos (MOS). Investigadores en el área de carbohidratos o polisacáridos, sugieren que este tipo de moléculas cumplen funciones vitales en los procesos de comunicación a escala intestinal y sistema inmunitario<sup>48, 49</sup>. En el caso concreto de las PCL, productos derivados de levaduras de *S. cerevisiae* y que frecuentemente son definidos como fuente de polisacáridos naturales del tipo MOS, su utilización en avicultura como aditivos alimenticios se remonta a inicios de los 90<sup>50</sup>. Los beneficios observados por la suplementación de MOS en la dieta, muestran ser similares a los obtenidos con APC; esta situación podría sugerir que este tipo de

aditivos pueden representar una buena herramienta para incrementar la eficiencia productiva del ave cuando los APC no estén presentes en el alimento<sup>51</sup>. La suplementación de MOS en dietas para cerdos y aves, ha reportado beneficios en términos de mejora en los parámetros productivos y de la salud animal<sup>50,52</sup>.

Una de las principales empresas que comercializa este tipo de nuevos aditivos o específicamente MOS, ha realizado una serie de análisis estadísticos globales, bajo diferentes condiciones experimentales y países<sup>52</sup>. En 29 pruebas realizadas añadiendo MOS a la dieta de pollos de engorde, los resultados muestran que la utilización de MOS en el alimento representó mejoras con respecto a los controles negativos (sin MOS)<sup>50</sup>. Los efectos observados por la utilización de MOS incluyen: incremento en los índices productivos, mayor resistencia ante infecciones bacterianas y coccidias, menores mortalidades y modificación de la deposición de la grasa abdominal en los pollos. En gallinas de postura, la utilización de MOS representó una mayor productividad y mejora de la calidad del huevo (unidades Haugh)<sup>53</sup>.

### 3.- JUSTIFICACIÓN.

A consecuencia de la prohibición de muchos antibióticos como aditivos promotores de crecimiento, se desprende la búsqueda de alternativas en un futuro para México y América Latina para sustituir los APC como la bacitracina zinc por productos del avance científico de la biotecnología como los probióticos y los prebióticos entre los cuales se encuentran las levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* y las paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae*.

#### 4.- HIPOTESIS

El uso de paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* en dietas para gallinas de postura como promotor de crecimiento, mejora los parámetros productivos y la calidad interna y externa del huevo de las aves, al igual que utilizando la bacitracina zinc como APC.

## 5.- OBJETIVOS

### Objetivos generales.

Evaluar el efecto promotor del crecimiento de un producto con base en paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* frente a un APC como la Bacitracina zinc, en dos sistemas de producción de huevo (piso y jaula) y en dos diferentes líneas genéticas (gallinas rojas y gallinas blancas).

### Objetivos particulares.

1. Medir los parámetros productivos (porcentaje de producción, peso promedio del huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa del huevo) en gallinas de postura alimentadas con paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* vs bacitracina zinc en dos sistemas de producción (piso y jaula) y en dos diferentes líneas genéticas (gallinas rojas y gallinas blancas).
2. Estimar la calidad interna (unidades Haugh y pigmentación de la yema), del huevo en gallinas de postura alimentadas con paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* y bacitracina zinc en dos sistemas de producción (piso y jaula) y en dos diferentes líneas genéticas (gallinas rojas y gallinas blancas).
3. Valorar el grosor de cascarón del huevo en gallinas de postura alimentadas con paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* y bacitracina zinc, en dos sistemas de producción (piso y jaula) y en dos diferentes líneas genéticas (gallinas rojas y gallinas blancas).

4. Determinar el porcentaje de huevo sucio, roto y en fáfara en gallinas de postura, alimentadas con paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* y bacitracina zinc en dos sistemas de producción (piso y jaula) y en dos diferentes líneas genéticas (gallinas rojas y gallinas blancas).

5. Observar el porcentaje de ventanas presentes en el huevo de gallinas de postura, alimentadas con paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* y bacitracina zinc en dos sistemas de producción (piso y jaula) y en dos diferentes líneas genéticas (gallinas rojas y gallinas blancas).

## 6.- MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Salvador Díaz Mirón # 89 en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal a una altura de 2250 m.s.n.m. entre los paralelos 19°15' latitud Oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747 mm.

Se realizaron dos experimentos simultáneamente en donde en el primer experimento se utilizaron 216 gallinas blancas de 45 semanas de edad y 28 semanas en producción, las cuales fueron alojadas en una caseta de ambiente natural en jaulas en pirámide. Las aves se distribuyeron en tres tratamientos y cada tratamiento contó con seis réplicas de doce aves cada uno. El alimento y el agua, se ofrecieron a libre acceso durante todo el experimento.

En el segundo experimento, se utilizaron 600 gallinas rojas de 43 semanas de edad y 25 semanas en producción las cuales fueron alojadas en piso en una caseta de ambiente natural en corrales con cama de paja. Las aves se distribuyeron en tres tratamientos con cuatro réplicas de 50 aves cada uno. El alimento y el agua, se ofrecieron a libre acceso durante todo el experimento.

Los tratamientos o dietas experimentales, fueron como sigue a continuación:

Tratamiento 1.- Dieta sin promotor de crecimiento.

Tratamiento 2.- Como 1 + Bacitracina zinc (30 ppm)

Tratamiento 3.- Como 1 + Paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae*\*

\*Safmanan 500g por ton.

Todas las dietas fueron tipo prácticas sorgo + pasta de soya que cubrieron los requerimientos de las líneas genéticas (cuadro 1). Se empleó un diseño con mediciones repetidas en el tiempo, mediante el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + d_{jk} + B_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk} \quad i = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 \text{ y } 14$$

$$j=1,2 \text{ y } 3$$

$$k= 1,2,3,4, 5 \text{ y } 6 \quad \text{Para el experimento 1}$$

$$k_1= 1,2 \text{ y } 3 \quad \text{Para el experimento 2}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta.

$\mu$ = media general.

$\alpha_i$ = efecto del tiempo.

$d_{jk}$ =error del tiempo.

$B_j$ =efecto del tratamiento.

$(\alpha\beta)_{ij}$ =interacción entre tiempo y tratamiento.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

Se llevaron en cada experimento registros semanales durante 14 semanas de porcentaje de postura, peso promedio de huevo, consumo de alimento, masa de huevo, conversión alimenticia, huevo sucio, huevo roto, huevo fáfara y huevo con ventanas. A las siete semanas y al final del experimento se midió el grosor de cascarón, la pigmentación de la yema y las unidades Haugh, a 5 huevos por réplica del experimento 1 y 10 huevos por réplica del experimento 2.

Al final del estudio en cada experimento, a las variables obtenidas de los parámetros productivos, se les realizó un análisis estadístico conforme al diseño experimental empleado, con el paquete computacional de la Universidad de Nuevo León ver. 2.5 y la diferencia entre medias se analizó mediante la prueba de tukey con una ( $P < 0.05$ ).

Cuadro1. Composición de la dieta basal para gallinas empleada sin promotores\*.

INGREDIENTES	KGS.
Sorgo	564.95
Pasta de soya	269.10
Ca CO <sup>3</sup>	99.59
Aceite	38.21
Ortofosfato	16.49
Sal	4.65
DL-metionina	1.79
Premezcla de vitaminas y minerales **	1.50
Pigmento amarillo y rojo	1.20
L-lisina HCl	0.87
Cloruro de colina 60%	0.50
Antioxidante	0.15
Micotoxinas	1.00
Total	1000

ANALISIS DE NUTRIENTES	
E.M. (Kcal/Kg)	2,850
Calcio total (%)	4.00
Fósforo (Disp.)	0.44
Sodio (%)	0.19
Proteína cruda (%)	17.90
Metionina + cistina (%)	0.75
Lisina (%)	1.00
Treonina (%)	0.71

\*Esta dieta fue suplementada con Bacitracina zinc o PcSc.

\*\* Aporta por tonelada: Vitamina A (10,000,000 UI), Vitamina D<sup>3</sup> (2,500,000 UI), Vitamina E (28,000 UI), Vitamina K (2.5 g), Tiamina (1.6 g), Riboflavina (5 g), Cianocobalamina (0.01 g), Ácido fólico (0.50 g), Pridoxina (1.5 g), Pantotenato de calcio (10 g), Niacina (30 g), Hierro (40 g), Manganeso (80 g), Cobre (10 g), Yodo (2 g), Zinc (60 g), Selenio (0.30 g).

## 7.- RESULTADOS

### Experimento 1

En el Cuadro 2, se muestra el efecto del tiempo en porcentaje de postura, peso promedio de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa de huevo, en donde se observa que fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) los valores entre las semanas como era de esperarse en todas las variables.

En el Cuadro 3, aparecen los datos promedios de las variables estudiadas. Para porcentaje de postura, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de huevo roto, porcentaje de huevo fáfara y porcentaje de huevo con ventanas (fisuras), se aprecia que los resultados entre tratamientos fueron similares ( $P > 0.05$ ). Sin embargo para peso de huevo, se aprecia que este fue mayor con la adición del promotor bacitracina, también se puede observar que el porcentaje de huevo sucio disminuyó significativamente con la adición de paredes celulares ( $P < 0.05$ ).

### Experimento 2.

En el Cuadro 4, se presentan los datos promedio semanales de los parámetros productivos para las gallinas rojas alojadas en piso. Los datos de las variables productivas mostraron diferencias ( $P < 0.05$ ) para los valores entre las semanas como era de esperarse en todas las variables

En el Cuadro 5, están los resultados promedios de las gallinas rojas alojadas en pisos con cama de paja. Para las variables consumo de alimento, porcentaje de huevo roto, porcentaje de huevo fáfara y porcentaje de huevo con ventanas (fisuras), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). Se aprecia en el Cuadro 5, que

existieron diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) en porcentaje de postura, peso de huevo, conversión alimenticia, masa de huevo (ave / día) y porcentaje de huevo sucio favorables a la adición de bacitracina de zinc o paredes celulares.

En el Cuadro 6, se muestran los resultados de la calidad interna y externa del huevo de las dos líneas genéticas empleadas y los dos diferentes sistemas (piso y jaula), en donde se observan datos similares entre los tratamientos. No se observaron diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) en grosor, unidades Haugh, ni color de yema. Se observaron menores unidades Haugh y mayor grosor de cascara en la gallina roja respecto a la gallina blanca. Por otra parte, se aprecia que las paredes celulares incrementaron las unidades Haugh en las gallinas rojas.

Cuadro 2. Promedio semanales en parámetros productivos de gallinas blancas en jaula (Experimento 1).

Semanas	% postura	Peso del huevo (g)	Consumo alimento (g)	Índice de conversión (Kg:Kg)	Masa de huevo (g)
1	89.8	58.2	104.5	2.00	52.3
2	91.2	58.6	107.6	2.01	53.5
3	92.3	59.7	110.1	2.00	55.1
4	92.4	60.2	109.3	1.96	55.6
5	90.5	60.9	113.9	2.06	55.2
6	93.3	61.5	111.7	1.95	57.4
7	91.9	61.8	107.8	1.90	56.8
8	93.1	62.3	111.1	1.91	58.0
9	93.0	62.7	124.4	2.14	58.2
10	91.9	62.8	114.9	2.08	57.7
11	89.6	62.4	109.0	1.95	56.0
12	92.5	62.2	118.4	2.06	57.5
13	92.9	62.9	114.7	1.96	58.5
14	90.7	62.8	108.7	1.91	57.0
EEM	0.36	0.43	1.36	0.02	0.64
probabilidad	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05

EEM= Error estándar de la media

Cuadro 3. Resultados promedio en gallinas blancas en jaula alimentadas con y sin promotor de crecimiento antibiótico y paredes celulares de levadura (Experimento 1).

	TESTIGO	BACITRACINA	PAREDES CELULARES
% postura	92.6±0.85 <sup>a</sup>	91.7± 1.39 <sup>a</sup>	91.2±1.81 <sup>a</sup>
Peso de huevo (g)	61.0±0.41 <sup>b</sup>	61.8±0.28 <sup>a</sup>	61.3± 0.49 <sup>b</sup>
Consumo de alimento (g)	112.82± 0.51 <sup>a</sup>	111.68±1.24 <sup>a</sup>	112.22±2.16 <sup>a</sup>
Conversión alimenticia (Kg:Kg)	2.00±0.02 <sup>a</sup>	1.97±0.03 <sup>b</sup>	2.01±0.03 <sup>a</sup>
Masa de huevo (g)	56.47±0.62 <sup>a</sup>	55.69±0.87 <sup>a</sup>	55.89±1.28 <sup>a</sup>
Huevo roto (%)	0.38±0.24 <sup>a</sup>	0.42±0.14 <sup>a</sup>	0.61±0.37 <sup>a</sup>
Huevo sucio (%)	4.90±0.50 <sup>a</sup>	3.37±0.65 <sup>b</sup>	2.68±0.99 <sup>c</sup>
Huevo fáfara (%)	0.38±0.24 <sup>a</sup>	0.34±0.13 <sup>a</sup>	0.63±0.39 <sup>a</sup>
Huevo ventanas (%)	6.93±0.93 <sup>a</sup>	8.08±0.77 <sup>a</sup>	9.46±1.20 <sup>a</sup>

Valores con distinta letra son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Promedio ± error estándar

Cuadro 4. Resumen semanal de parámetros productivos de gallinas rojas en piso (Experimento 2).

Semanas	% postura	Peso del huevo (g)	Consumo alimento (g)	Indice de conversión (Kg:Kg)	Masa de huevo (g)
1	96.1	61.2	123.9	2.11	58.8
2	95.6	62.0	126.2	2.13	59.2
3	95.9	61.9	125.2	2.11	59.4
4	94.9	62.5	127.2	2.15	59.3
5	96.9	62.7	123.7	2.04	60.8
6	95.8	63.3	129.7	2.16	60.6
7	96.3	63.6	129.6	2.12	61.3
8	94.9	63.9	119.7	1.97	60.9
9	94.0	63.5	121.1	2.03	59.9
10	94.7	63.6	122.3	2.03	60.2
11	96.0	63.7	117.6	1.92	61.3
12	94.5	63.8	121.6	2.02	60.4
13	92.9	63.7	116.3	1.96	59.4
14	93.3	63.2	116.1	1.97	59.0
EEM	0.31	0.23	0.31	0.10	0.05
probabilidad	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05	P<0.05

EEM= Error estándar de la media

Cuadro 5. Resultados promedio de gallinas rojas en piso alimentadas con y sin promotor de crecimiento antibiótico y paredes celulares (Experimento 2).

	TESTIGO	BACITRACINA	PAREDES CELULARES
% postura	92.9±0.53 <sup>b</sup>	96.16±0.73 <sup>a</sup>	96.27±0.73 <sup>a</sup>
Peso de huevo (g)	63.00±0.21 <sup>b</sup>	63.56±0.18 <sup>a</sup>	62.54±0.33 <sup>c</sup>
Consumo de alimento (g)	122.58±0.91 <sup>a</sup>	124.33±1.15 <sup>a</sup>	122.37±0.70 <sup>a</sup>
Conversión alimenticia (Kg:Kg)	2.08±0.01 <sup>a</sup>	2.04±0.01 <sup>b</sup>	2.03±0.01 <sup>b</sup>
Masa de huevo (g)	58.52±0.22 <sup>b</sup>	61.13±0.63 <sup>a</sup>	60.43±0.44 <sup>a</sup>
Huevo roto (%)	0.34±0.03 <sup>a</sup>	0.27±0.07 <sup>a</sup>	0.21±0.04 <sup>a</sup>
Huevo sucio (%)	8.66±1.0 <sup>a</sup>	4.58±0.69 <sup>b</sup>	3.62±0.39 <sup>b</sup>
Huevo fáfara (%)	0.04±0.02 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>
Huevo ventanas (%)	4.22±0.31 <sup>a</sup>	3.13±0.68 <sup>a</sup>	1.91±0.47 <sup>b</sup>

Valores con distinta letra son estadísticamente diferentes (P<0.05)

Promedio ± error estándar

Cuadro 6. Resultados de la calidad interna y externa del huevo de las dos líneas genéticas (Experimento 1 y 2).

TRATAMIENTOS	Gallina blanca. Exp. 1			Gallina roja. Exp. 2		
	Haugh	Color*	Grosor**	Haugh	Color*	Grosor**
Testigo	92.00±1.92 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	341 <sup>a</sup>	88.24±1.44 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	366 <sup>a</sup>
Bacitracina zinc	96.02±0.90 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	347 <sup>a</sup>	87.00±1.13 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	374 <sup>a</sup>
Paredes celulares	93.24±2.09 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	335 <sup>a</sup>	92.68±2.33 <sup>b</sup>	8 <sup>a</sup>	373 <sup>a</sup>

Valores con distinta letra son estadísticamente diferentes (P<0.08)

Promedio ± error estándar

\* Abanico de DSM

\*\* Valor en micras.

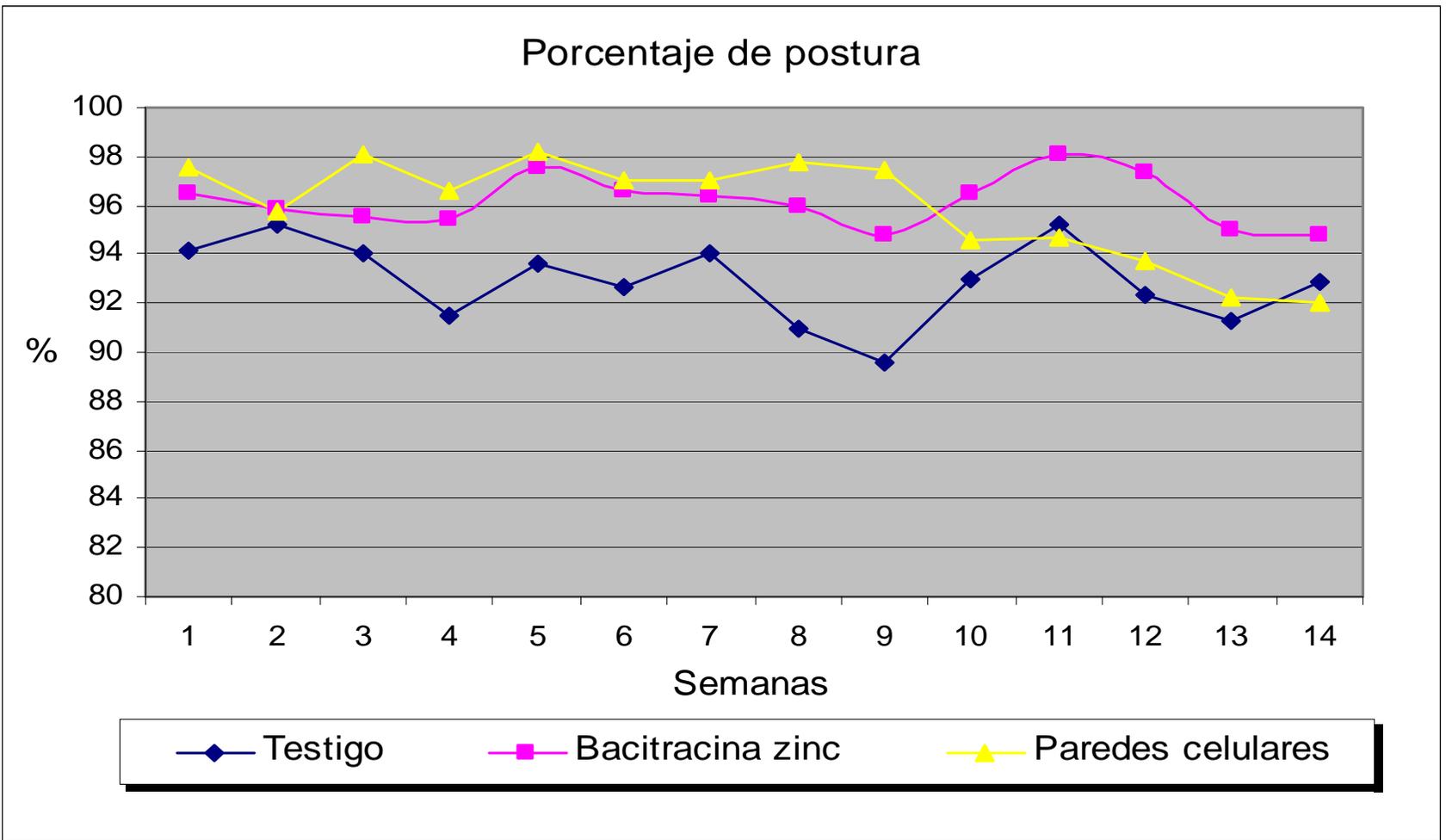


Figura 1. Porcentaje de postura de gallinas rojas alimentadas con diferentes promotores de crecimiento.

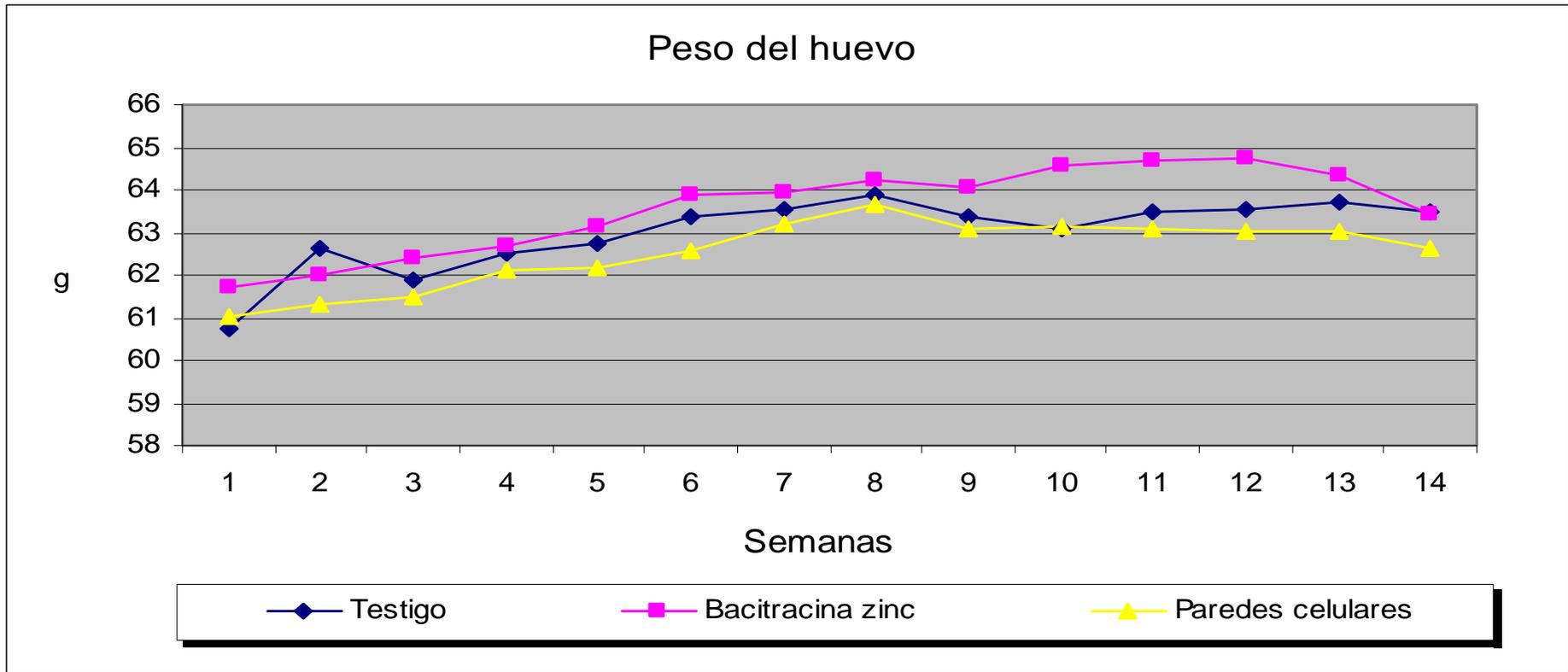


Figura 2. Peso del huevo de gallinas rojas alimentadas con diferentes promotores de crecimiento.

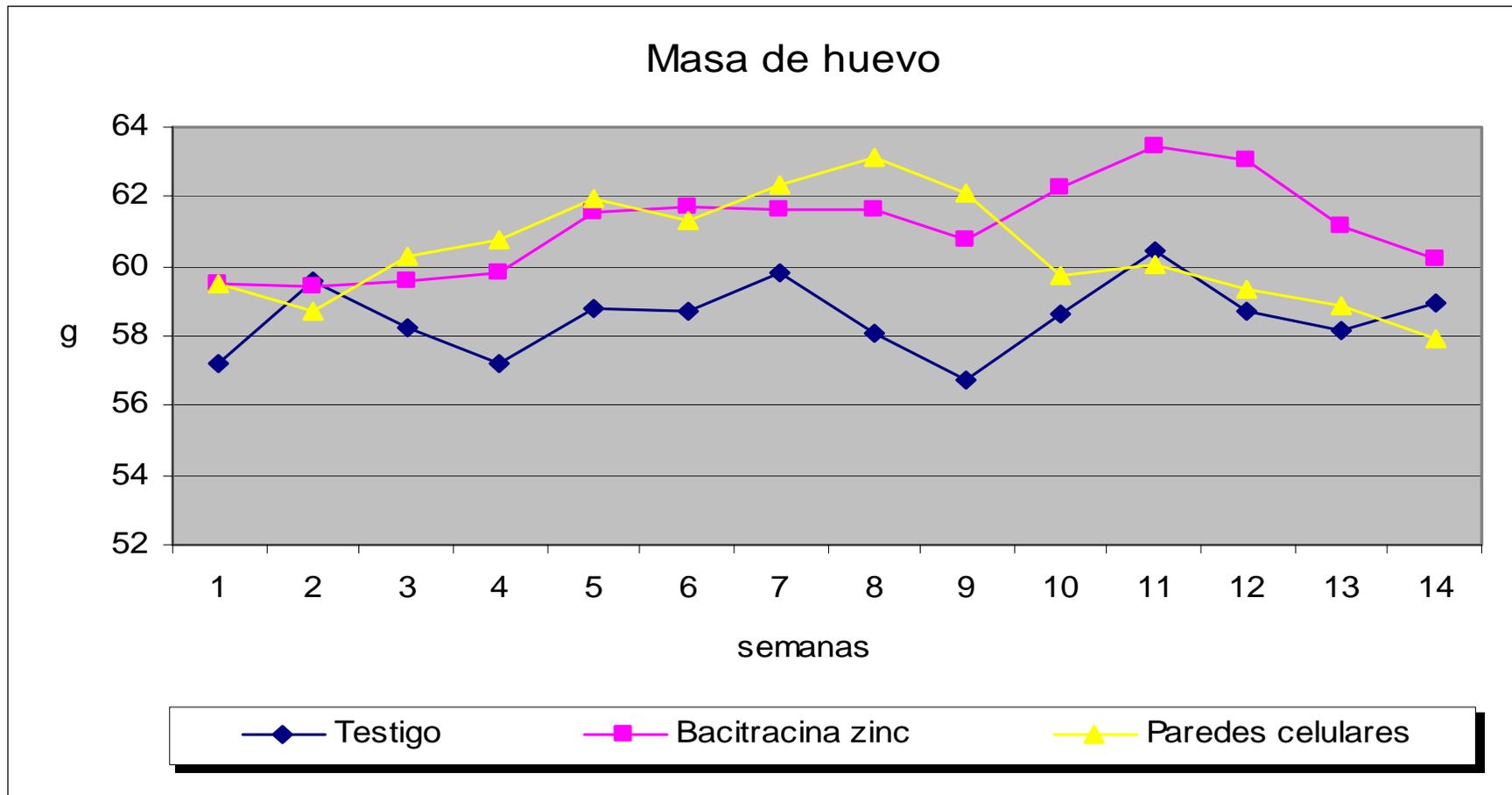


Figura 3. Masa de huevo/ave/día de gallinas rojas alimentadas con diferentes promotores de crecimiento.

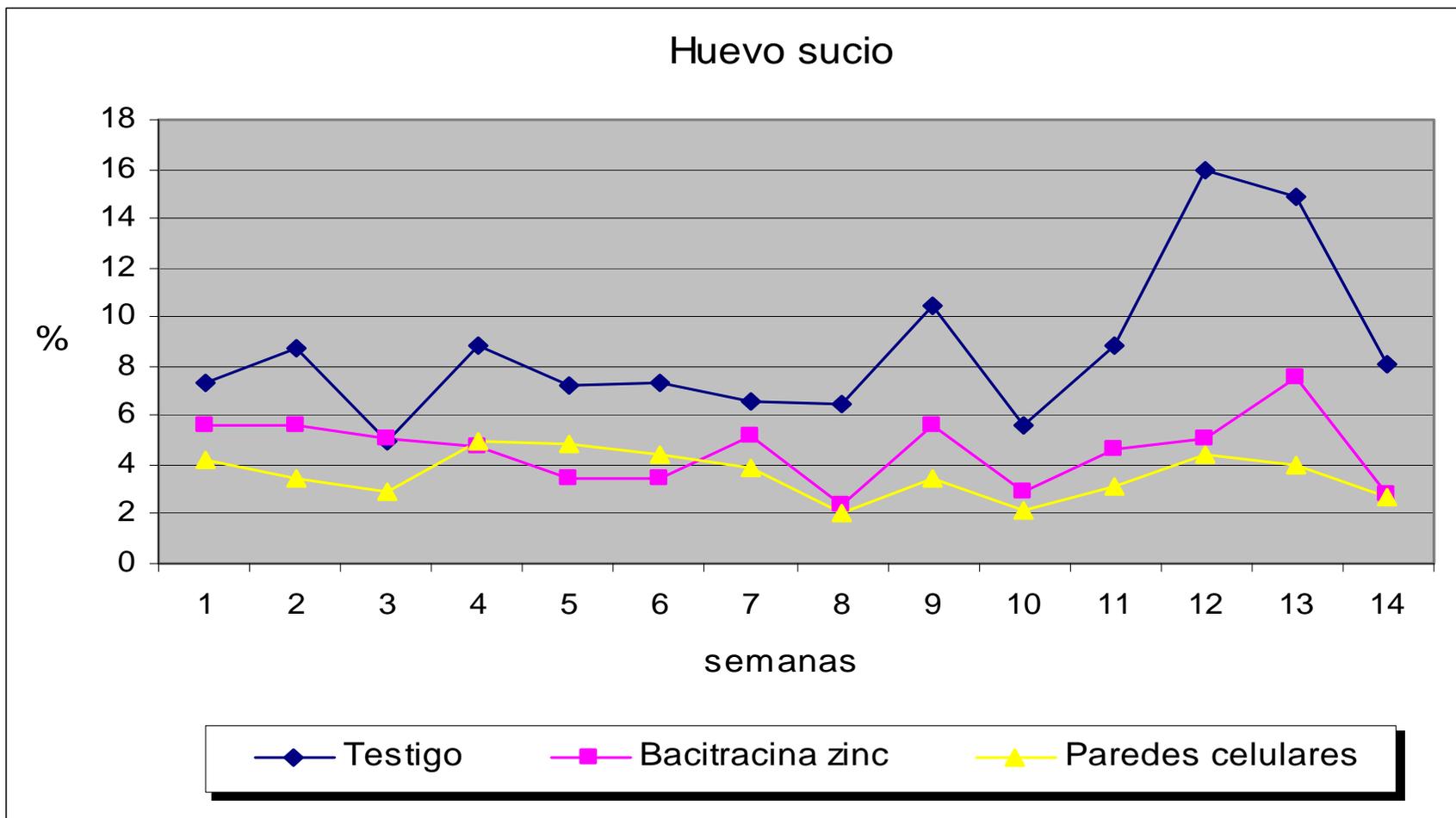


Figura 4. Porcentaje de huevos sucios en gallinas rojas alimentadas con diferentes promotores de crecimiento.

## 8.- DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en el Experimento 1, con gallinas blancas alojadas en jaulas no indicaron efecto de los promotores ya sea bacitracina de zinc o paredes celulares pues no mostraron efecto benéfico a la adición de promotores en las variables estudiadas, pero el porcentaje de huevo sucio disminuyó con la adición de bacitracina de zinc o paredes celulares. En el Experimento 2, en gallinas alojadas en piso la adición a la dieta con bacitracina de zinc o paredes celulares incrementó el porcentaje de postura, la masa de huevo producida y mejoró la conversión alimenticia; por otra parte redujo el porcentaje de huevo sucio y porcentaje de huevo con ventanas.

De la información obtenida se podría argumentar, que la flora bacteriana tienen un efecto directo sobre la función y metabolismo del lumen intestinal, por lo que modificaciones positivas en la microflora reducen las demandas metabólicas de las aves, ya que algunos nutrientes son obtenidos directamente de los metabolitos de las bacterias; también se ve beneficiada la tasa de recambio de la células de la mucosa luminal con la administración de antibióticos o prebióticos, por la reducción o modificación de la microflora<sup>4,7</sup>.

Lo anterior indicaría que los nutrientes proporcionados en la dieta en ambos experimentos, fueron absorbidos, digeridos y distribuidos a los tejidos en forma apropiada, por lo que el uso de bacitracina o paredes celulares de levadura en nuestro estudio fue como promotor de crecimiento o de la producción siendo mayor este efecto en el Experimento 2 realizado en piso.

Es claro que hay bacterias resistentes a los antimicrobianos y que están presentes en los animales, pero su contribución a la existencia o variedad de microorganismos resistentes en humanos sigue siendo muy controvertida<sup>11</sup>.

La aparición de bacterias resistentes a los antibióticos es un proceso complejo que comprende distintos mecanismos y es una consecuencia inevitable de su uso terapéutico o subterapéutico. La administración de dosis bajas durante largo tiempo crea las condiciones ideales para la inducción de resistencias<sup>4</sup> lo que constituye el principal argumento de los defensores de la prohibición de los APC. Aunque no se han establecido claramente una relación directa entre el uso de APC y el aumento de resistencias bacterianas a los antibióticos, lo que sí es cierto es el posible riesgo que puede suscitar el incluirlos en las dietas animales<sup>12</sup>, es por eso que la Unión Europea con base en el “principio de precaución” han decidido a partir del 1° de Enero del 2006 la total prohibición del uso de APC, en la alimentación animal principalmente con aquellos que tengan análogos de uso en medicina humana<sup>4</sup>. Los datos obtenidos en este estudio mostraron que la bacitracina cuando se proporciona en gallinas en piso incremento el comportamiento productivo de las gallinas al igual que las paredes celulares.

Actualmente la sensibilidad del consumidor hacia los productos de origen animal se ha incrementado y la preferencia por productos de mejor calidad y producidos en formas más naturales es cada vez más frecuente<sup>13, 14</sup>. De hecho, la posibilidad de que bacterias resistentes al tracto digestivo de animales puedan servir como reservorio y causar la diseminación de microorganismos resistentes a antibióticos empleados en terapéutica humana continúa siendo dudosa<sup>15, 16, 17</sup>.

El uso de sustancias prebióticas es una alternativa para el control de enfermedades digestivas en avicultura. Las sustancias denominados prebióticos, son ingredientes no digeribles que al ser ingeridos por el animal pueden ser utilizados como sustratos por bacterias específicas digestivas, provocando una estimulación del crecimiento y actividad de grupos selectivos bacterianos en los órganos digestivos<sup>24</sup>. La utilización de forma conjunta de sustancias prebióticas que sirven como sustrato para la proliferación y actividad de microorganismos probióticos con la finalidad de mejorar el balance de microorganismos y condiciones digestivas del animal, ha sido definida como productos simbióticos

Otros microorganismos utilizados como aditivos probióticos son las levaduras de las especies de *Saccharomyces cerevisiae* o *Kluyveromyces*<sup>25</sup>. Dentro de las sustancias prebióticas, los principales aditivos son a base de fructooligosacáridos (FOS, oligofruktosa e inulina). No obstante, otro tipo de productos también han sido investigados para llevar a cabo esta función en el animal: trans-galactooligosacáridos, glucooligosacáridos, glicooligosacáridos, lactulosa, lactitol, maltooligosacáridos y xilooligosacáridos y los siguientes polisacáridos: fructooligosacáridos, agarooligosacáridos, mananooligosacáridos, arabinosilanos, estaquiosilano, rafinosa y sucrosa<sup>26</sup>.

De forma similar a otros nuevos aditivos, los mecanismos de acción de los microorganismos probióticos y sustancias prebióticas son conocidas solo en parte. De acuerdo a distintas investigaciones, los mecanismos de acción que estos aditivos pueden ejercer en el tracto digestivo del huésped, incluyen los siguientes efectos: competición por sitios y sustratos bacterianos; producción de compuestos tóxicos que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos; reducción de la colonización de bacterias

patógenas; modificación de las poblaciones bacterianas; modificación del sistema inmunitario; reducción de triglicéridos, colesterol y otros compuestos (amonio, escatol, indol, p-cresol y fenol)<sup>27</sup>.

Los productos derivados de las células de levadura (*S. cerevisiae*), son los conocidos como extractos o autolisados de levadura y las paredes celulares de levadura, productos obtenidos a partir de la autólisis de la célula completa de la levadura<sup>37, 38</sup>. En el área de alimentación animal, desde la pasada década se ha incrementado el interés por la utilización en la dieta de fracciones de paredes celulares de levadura como fuentes de polisacáridos de tipo  $\beta$ - glucanos y mananooligosacáridos (MOS). Este tipo de polisacáridos son reconocidos como aditivos naturales capaces de ejercer efectos benéficos en la salud y productividad del individuo<sup>39</sup>.

Los PCL son fuentes ricas de polisacáridos naturales del tipo  $\beta$ -glucanos y mananooligosacáridos (MOS). Investigadores en el área de carbohidratos o polisacáridos, sugieren que este tipo de moléculas cumplen funciones vitales en los procesos de comunicación a escala intestinal y sistema inmunitario<sup>48, 49</sup>. Los beneficios observados por la suplementación de MOS en la dieta, muestran ser similares a los obtenidos con APC; esta situación podría sugerir que este tipo de aditivos pueden representar una buena herramienta para incrementar la eficiencia productiva del ave cuando los APC no estén presentes en el alimento<sup>51</sup>. La suplementación de MOS en dietas para cerdos y aves, ha reportado beneficios en términos de mejora en los parámetros productivos y de la salud animal<sup>50, 52</sup>.

Una de las principales empresas que comercializa este tipo de nuevos aditivos o específicamente MOS, ha realizado una serie de análisis, bajo diferentes condiciones

experimentales y países<sup>52</sup>. En 29 pruebas realizadas añadiendo MOS a la dieta de pollos de engorde, los resultados muestran que la utilización de MOS en el alimento representó mejoras con respecto a los controles negativos (sin MOS)<sup>50</sup>. Los efectos observados por la utilización de MOS incluyen; mejoras en los índices productivos, mayor resistencia ante infecciones bacterianas y coccidias, menores mortalidades y modificación de la deposición de la grasa abdominal en los pollos. Los trabajos en gallinas son mínimos en un estudio, en gallinas de postura, la utilización de MOS presentó una mayor productividad y mejora de la calidad del huevo (unidades Haugh)<sup>53</sup> como lo observado en este estudio.

## 9.- CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir que la adición de paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* en dietas para gallinas de postura con base en sorgo + pasta de soya:

1. En gallinas blancas alojadas en jaula, al igual que con Bacitracina zinc, la producción de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de huevo roto, porcentaje de huevo en fáfara, porcentaje de fisuras en el huevo y el color de la yema no se afectaron. Sin embargo, disminuyó el porcentaje de huevo sucio con los dos promotores.
2. En gallinas rojas alojadas en piso, aumentó (al igual que con Bacitracina zinc) la producción de huevo, masa de huevo ave/día/ g. Mejorando el índice de conversión alimenticia, se redujo el porcentaje de huevo sucio y el porcentaje de fisuras en el huevo. El índice de unidades Haugh incrementó con las paredes celulares, por lo que es una alternativa como antibiótico promotor de la producción.

## 10.- BIBLIOGRAFÍA

1. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 2008. Consumo per capita de huevo en México.
2. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. 8ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Edo de México, 1996.
3. Sumano H, Gutiérrez OL. Farmacología clínica de las Aves. Ed. FMVZ UNAM. México D.F. 2005.
4. Errecalde JO. Uso de antimicrobianos en animales de consumo. Incidencia de desarrollo de resistencias en salud pública. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. ed. Fao,2004.
5. Iván, R. Temas de actualidad para la industria avícola. Ed. Midia Relaciones, S.A. de C. V. México, D.F. 1995.
6. Granero-Rosel MA. New European Legislation on Feed Additives. In Recent advances in animal nutrition 2004, Gainswothy,P.C & Wiseman, J Editors J. Nottingham University Pres, UK. pp 67-71.
7. Donoghue JD. Antibiotic residues in poultry tissues end eggs: human helth concerns? Poultry Sci. 2003; 82: 618-621.
8. Jeroch H. Nutrición de las Aves. Edit. Acribia. Zaragoza. 1978.
9. Botsoglov NA, Fletouris DJ. Drug residues in foods. Pharmacology, food safety and analysis. Ed. Marcel Dekker, Inc. New York. 2001.
10. Edwing WN, Cole DJA. The living gut. 1<sup>st</sup> published, edit. Context publications. England, 1994.
11. Quiggley L. A closer look at antibiotic resistance. Meat and Poultry 2002;12:22-28

12. Cortes CA, Ávila GE, Casaubon HMT, Carrillo DS. El efecto de *Bacillus Toyos* sobre el comportamiento productivo en pollo de engorda. *Vet. Mex.* 2000; 31:301-307.
13. Brufau, J. The European Union ban of Antibiotics performance enhancer in animal feeding and consequences: Potential alternatives. Pages 93-106 in *Selected Topics in Animal Nutrition, Biochemistry and Physiology*, Winnipeg, Canada. 2000.
14. Halfhide, B. Role of European probiotic association (EPA). Pages 3-4 in Role of probióticos and their link to the demands of European consumers. 11 February 2003, ID- Leistad report 03/0002713. 2003.
15. Witte, W. Selective pressure by antibiotic use in livestock. *Int. J. Antimicrob. Agents.* Suppl. 1:S19.S24.
16. Butaye, P. Devriese, LA, and Haesebrouck, F. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: Effects of the withdrawal of antibiotics on gram-positive bacteria. *Clin. Microbiol. Rev.* 16:175-187.
17. Phillips, I., M. Casewell, B. DE Groot, C. Friis, R. Jones, C. Nightingale, R. Preston, and J. Waddell. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *J. Antimicrob. Chemoth.* 53:28-52.
18. Swann Committee Report. Report of the Joint Committee of the use of antibiotics in animal husbandry and veterinary medicine. London: HMSO, 1969.
19. Anonymous. Government Official Reports 1997:132 Ministry of Agriculture. Report from the Commission on Antimicrobial Feed Additives 1997. Stockholm, Sweden. pp. 9-10. 1997.

20. Anonymous. Antimicrobial growths promoters. Health Council of the Netherlands: Committee on Antimicrobial Growth Promotor. Gezondheidsraad. No. 1998/15E, Rijswijk, the Netherlands.
21. Consejo de Ministros de la Unión Europea. 1998.  
[http:// europa.eu.int/comm./food/fs/sc/scan/outcome\\_en.html](http://europa.eu.int/comm./food/fs/sc/scan/outcome_en.html).
22. Patterson, J. A. Burkholder, KM. Application of Prebiotics and Probiotics in Poultry Production. *Poultry Science*. 82:627-631.
23. Fuller, R. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66:365-378.
24. Gibson, G. R., Roberfroid, M. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 125:1401-1412.
25. Anadón, A. The EU ban of antibiotics as feed additives: alternatives and Consumer safety. *J. Vet. Pharmacol. Therp.* 29(Suppl. 1): 41-46. 2006.
26. Monsan, P. Paul F. Oligosaccharide feed additives. Pages 233-245 in *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*. F .J. Wallace and a. Chesson, ed. VCH, New York. 1995.
27. Walker, P. Oviedo-Randon, E.O. Fritts, CA. 2003b. Comparison of Bio-Mos and Antibiotic feeding program in broiler diets containing copper sulphate. *Int. J. Pult. Sci.* 2: 28-31.
28. Gonzalez, A. Valenzuela L. 2006. *Saccharomyces cerevisiae*.  
<http://www.microbiología.org.mx/microbiosenlinea/CAPITULO20/Capitulo20.pdf>.
29. Stewart, G, G, and I. Russell. An Introduction to brewery science & technology. Series III. Brewers yeast. The institute of brewing, 33 Clarges street, London W1Y 8EE, England. 1998.

30. Mewes, H. Alberman, K. Bahr, M. Frishmann, D. Gleissner, A. Hani, J. Heumann, K. Kleine, K. Maieri, A. Oliver, SG. Pfeiter, F. Zollner. A. Overview of the yeast genome. *Nature*. 387: 7-9. 1997.
31. Castagliuolo, I. Riegler, MF. Valenick. L, Lamont. JT, Pothoulakis, C. *Saccharomyces boulardii* Proteasa Inhibits the Effects of *Clostridium difficile* Toxins A and B in Human Colonic Mucosa. *Infect. Immun.* 67: 302-307. 1999.
32. Cuaron, I. La influencia de la levadura en la dieta, respuesta microbiológica antagonista. Proc. Anais do Simpósio sobre Aditivos Alternativos na Nutrição Animal. 16-17 agosto, 2000. Campinas. SP. 2000.
33. Lesson, S. Summers, JD. Non-Nutritive Feed Additives. Pages 452-453 in Scotts Nutrition of the chicken. S. Lesson, and J. D. Summers eds. Guelph, Ontario, Canada. 2001.
34. Newbold, C. J. Probiotics. Principles for the demands of European consumers. 11 February 2003, ID-Lelistad report 03/0002713. 2003.
35. Van Vuuren, A. M. Effect of live yeast on the performance of dairy cows. Pages 41-48 in Role of probiotics and their link to the demands of European consumers. 11 February 2003, ID-Leilistad report 03/0002713. 2003.
36. Nitta, K., and F. Kobayashi. 1999. Brewers yeast as health foodstuff. *New Food Ind. (Japan)*.
37. Oriol, E. 2004. SAF-Mannan: Origen, Producción y Análisis. CD in VI Seminario Internacional ( Microbiología aplicada a Nutrición Animal). Lesaffre Feed Additives/Saf Agri. Nov. 4, Veracruz, México.
38. Stone, C. Yeast Products in the Feed industry. A Practical Guide for Feed Professionals. <http://www.diamondv.com/articles/booklet/booklet.html>. 2006.

39. Hogge, D. Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide, 1993-2003. *Int. J. Puolt. Sci.* 3:163-174. 2004.
40. Romero, R. Gomez-Basauri, J. Yeast and yeast products, past present and future: From flavour to nutrition and health. Pages 365-371 in Beyond the tornado natural technologies: the calm after the storm. Nutritional biotechnology in the feed and food industries. T. P. Lyons and K. A. Jacques, eds. *Nottingham University Press*, Nottingham, UK. 2003.
41. Aguilar-Uscanga, B., and J. M. François. A study of the yeast cell wall composition and structure in response to growth conditions and mode of cultivation. *Lett, Appl. Microbiol.* 37: 268-274. 2003.
42. Klis, F. M, Boorsma, A. De Groot, PWJ. 2006. Cell wall construction in *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast.* 23:185-2002.
43. Orleans, P. Biogenesis of yeast wall and surface components. Pages 229-362 in *Cell Cycle and Cell Biology, Vol 3*, J. R. Pringle, J. R. Broach, E. W. Jones, eds. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY. 1997.
44. Osumi, M. The ultrastructure of yeast: cell wall structure and formation. *Micron.* 29: 207-233. 1998.
45. Fleet, G. Cell walls. Pages 199-277 in *The Yeasts*, 2<sup>nd</sup> edn, vol 4, A. H. Rose, and J. S. Harrison, eds. Academic Press, New York. 1991.
46. Nguyen, T. Fleet, G. and Rogers, P. Composition of the cell wall of several yeast species. *App. Microbiol. Biotechnol.* 50: 206-212. 1998
47. Morris, G. J., L- Winters, G. E. Coulson, and K. J. Clarke. Effect of osmotic stress on the ultrastructure and viability of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Gen. Microbiol.* 132: 2023-2024. 1986.

48. Osborn, H.M.I. and Khan, T.H. 2000. *oligosaccharides: Their Sythesis and Biological Roles*. Oxford Chemistry Master, OUP, 2000.
49. Kocher, A. Glycomics-The new frontier in poultry nutrition. Pages 53-56 in Proc. 17<sup>th</sup> Annual Australian Pultry Science Association Australian Branch. 7-9 february, 2005. Sydney, New South Wales. 2005.
50. Hooge, D. M. Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan olisaccharide, 1993-2003. *Int. J. Poult. Sci.* 3:163-174. 2004.
51. Ferket, P. Parks, C. Grimes, L. Benefits of dietary antibiotic and mannanoligosaccharide supplementation for poultry. 22 Pages. In: Proc. Multi-Satate Poult. Feeding and Nutr. Conf., Indianapolis, Indiana USA. May 14-16. 2004.
52. Pettigrew, J. E. Mannanligosacarides effects on performance reviewed. *Feedstuffs*. 25: 12-14. 2000.
53. Dimovelis, P. Chistaki, E. Tserveni-Goussi, A. Spais, B. Performance of layer fed a diet with mannan-olisaccharides from *Saccharomyces cerevisiae* (Bio-Mos). Compac disk in XXII World's Poultry Congres, The World's Poultry Science Association WPSA, Istambul Turkey. 2004.