

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

Y ZOOTECNIA

EL EFECTO DEL BUTIRATO DE SODIO EN DIETAS PARA GALLINAS  
SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO

TESIS

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

PRESENTA

**ISAIAS SÁNCHEZ HERRERA**

Asesores:

M.V.Z MSc Ernesto Ávila González

M.V.Z MC Elizabeth Posadas Hernández

México, D. F.

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico al motor más importante de mi vida; MI FAMILIA Y MIS AMIGOS.

A mi Papá, a esa persona de carácter duro quién siempre me apoya en las decisiones que he tomado y me enseñó a valorar que todo esfuerzo siempre trae una gran recompensa.

A ti Mamá, quien me dio la vida, y siempre está dándome el apoyo necesario para levantarme en esos momentos difíciles.

A mi Hermano Heriberto a quien quiero mucho y siempre le deseo lo mejor, y que viéndolo ahora que es muy feliz me da mucho gusto.

A mi hermanita Ana Paola, quien siempre la voy a apoyar en lo que yo pueda, siendo mi niñita y que dio dos grandes alegrías a la familia; mis dos sobrinitos, Juan y Mayte, esas dos lindas pirinolas que no paran.

A mi cuñado que espero que siempre haga feliz a mi hermana.

A ti Tío Juan Francisco (Chico), que en paz descansa, quien me enseñó a trabajar desde niño cuando nos íbamos juntos a los cultivos de naranjas a cosechar para poder ganarnos unos pesos. Quién me dio un gran ejemplo de luchar en lo que quieres.

A mis amigos Badhi, Abraham, Gonzalo, quienes me apoyaron en toda la carrera y con quienes tengo muchas vivencias.

A Luis, Daniel, Paulina, Memo, a esa banda que compartieron muchas cosas.

A mi gran amigo Miguel, quien siempre me apoyó en la granja y me dio consejos y me enseñó todo el movimiento en este lugar, ese hermano quien siempre le deseo lo mejor. Así mismo a Alfredo quien espero que en todo lo que haga le vaya bien. Cúdense mucho hermanos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Doctor José Luis Laparra y la empresa BFI, por darme el apoyo y el producto para realizar este trabajo.

Al Doctor Ernesto Ávila González, a esa persona que a pesar del rango que tiene como investigador, tiene una gran sencillez con las personas que lo rodean. Quién me dio la oportunidad de trabajar junto a él y me escogió para darme el apoyo como su ayudante.

Al Doctor Ezequiel Sánchez y la Doctora Elizabeth Posadas, quienes me dieron clases y me dieron un impulso a tomar la decisión de querer hacer este trabajo.

Al Doctor Benjamín Fuente, quien me brindo su amistad, aclaro varias dudas hacia mi trabajo y me propuso varias soluciones a estas.

Al Doctor Arturo Cortes, quien me aceptó como servicio social en el C.E.I.E.P.Av, y así mismo darme la oportunidad de trabajar con este gran equipo de trabajo.

Al Doctor Tomás, Doctor Jaime y la Doctora Hilda; que me brindaron su amistad, así mismo como a Doña Oliva y Doña Irma, ese par de mujeres que siempre me apoyaron cuando les pedía algo.

A mis grandes amigos que conocí en el rancho Lulu, Jorge, Flor, Karla, Alexis, Cesar, José Luis, Maritza, Betzabet, Enrique, Gerardo.

## CONTENIDO

	Pagina
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
JUSTIFICACION.....	26
HIPOTESIS.....	27
OBJETIVO.....	28
MATERIAL Y METODOS.....	29
RESULTADOS.....	32
DISCUSION .....	34
CONCLUSIONES.....	37
REFERENCIAS.....	38
CUADROS.....	46
FIGURAS.....	49

## RESUMEN

SÁNCHEZ HERRERA ISAIAS. El efecto del butirato de sodio en dietas para gallinas sobre el comportamiento productivo y calidad del huevo (Bajo la dirección de M.V.Z MSc ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ y M.V.Z MC ELIZABETH POSADAS HERNÁNDEZ).

Con el objeto de estudiar la adición de butirato de sodio (Adimix®), en la dieta de gallinas, para mejorar la calidad del cascarón y los parámetros productivos, se realizaron dos experimentos con aves de dos estirpes comerciales, a dos edades y con dos sistemas de producción. En el primer experimento, se utilizaron 470 gallinas de la estirpe Isa-Babcock de 32 semanas de edad en estudio, sustitución de bacitracina de zinc (30ppm/ton) por de butirato en la dieta (300g/ton). Los resultados obtenidos en 24 semanas de experimentación fueron similares en: porcentaje de postura (92.6 y 91.9%), peso de huevo (63.0 y 62.9 g), masa de huevo (58.4 y 57.7 g), consumo/ave/día (123.6 y 124.3 g), conversión alimenticia (2.11 y 2.15); la calidad interna del huevo (82.9 y 83 Unidades Haugh), color de la yema (10.3 y 9.9), grosor de cascarón (392 y 394 mm) y peso del cascarón (6.26 y 8.03g), no mostraron diferencia ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. En el segundo experimento, se utilizaron 180 gallinas de la estirpe Bovans blanca de 63 semanas de edad, con adición de butirato en la dieta (0, 300, 500g/ton). Los resultados obtenidos en 10 semanas de experimentación, mostraron mejor postura (86.4b, 92.2a y 89.6a %), mejor peso del huevo (63.4b, 63.4b y 64.1a g), mejor conversión alimenticia (2.09a, 1.95b y 2.03ab), y menor porcentaje de micro-fracturas (20.8a, 14.9ab y 12.9b), con la adición de butirato la calidad del huevo (82.4, 85.2 y 83.7 Unidades Haugh) y color de la yema (10.7a, 10.6a y 10.5a).

## **INTRODUCCION:**

La industria avícola mexicana, ha logrado consolidarse a lo largo de los años como la actividad pecuaria más importante de México. Su crecimiento y desarrollo, se ha fundamentado en el esfuerzo de los avicultores mexicanos quienes han procurado mantener una actividad fuerte y vanguardista en todos los niveles productivos; y como parte de su fortaleza está tasa de crecimiento anual sostenida de alrededor de 5%, cuya producción registró un valor superior a los 57 mil millones de pesos en el 2006. <sup>1</sup>

La avicultura mexicana en 2005, aportó el 0.76% en el PIB total, el 16.57% en el PIB agropecuario y el 44.17% en el PIB pecuario. En los últimos 5 años la participación en el PIB pecuario, se ha incrementado anualmente en 5%. De 1994 al 2005 el consumo de insumos agrícolas ha crecido a un ritmo anual de 3.9% y cabe destacar que la avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal. Para el presente año la avicultura generará 1,072,000 empleos, de los cuales 178,000 son directos y 892,000 indirectos, cabe destacar que el 60% de los empleos los genera la rama avícola de pollo, el 38% la de huevo y sólo un 2% la de pavo. México cuenta con una parvada de más de 130 millones de gallinas ponedoras, 243 millones de pollos al ciclo y 865 mil pavos por ciclo. La producción de huevo durante la última década creció a un ritmo anual de 4.1%. El 97% de la producción de huevo en México durante 2005, se produjo en 7 Estados, localizados cerca de los centros de consumo, el 81% lo producen Puebla, Jalisco, Sonora y la Región Lagunera; quienes siguen siendo las principales zonas productoras desde hace varios años. <sup>2</sup>

Uno de los factores que han impulsado el crecimiento de la industria avícola; así como, la presencia en los mercados, es la preferencia del consumidor por los productos avícolas como es el caso particular del huevo y el pollo. En ambos casos la accesibilidad a los productos es cada vez mayor, en virtud de que los canales de comercialización se van fortaleciendo. Vale la pena comentar que 6 de cada 10 personas, es decir el 63.21%, incluyen en su dieta productos avícolas como huevo y pollo. Un dato del cual debemos recordar es que México es el principal consumidor de huevo fresco en el mundo. Para el año 2005 el consumo per-cápita llegó a 21.7Kg el consumo de huevo por habitante se sigue, incrementando cada año, la tasa media de crecimiento anual de los últimos años fue de casi 2%.<sup>2</sup>

En los últimos años, los precios del huevo han estado por debajo de los índices de inflación. La producción diaria de huevo se comercializa principalmente a granel 70% empaques cerrados doceneras y dieciochoneras 22% y un 8% se comercializa de forma procesada o industrializada.<sup>2</sup>

Históricamente los antibióticos a dosis bajas, se han utilizado como promotores de crecimiento en la alimentación de los animales para mejorar el crecimiento y la eficiencia en su conversión alimenticia; sin embargo, el uso continuo de estos en niveles subterapéuticos, ha creado preocupación por el aumento de residuos de estos mismos y con esto provocando el desarrollo de bacterias resistentes a estos mismos promotores y una reducción de la capacidad de eliminar enfermedades bacterianas en los humanos. Conociendo esta problemática del uso no controlado de antibióticos, se han estimulado a buscar

nuevas alternativas para la disminución de estos productos en la alimentación animal.<sup>3</sup>

En la búsqueda de nuevas alternativas como sustitutos de antibióticos como promotores de crecimiento en la alimentación de los animales, se ha encontrado que una buena opción a esto, es la utilización de ácidos orgánicos, debido a que estos han sido utilizados en la historia como aditivos alimenticios y preservadores para prevenir el deterioro del alimento y si darles una vida más duradera en anaquel. Otra de sus propiedades en las cuales se han utilizado, es para controlar la contaminación y difusión microbiana de patógenos <sup>4</sup>. Distintos ácidos orgánicos, en especial aquellos de cadena corta tienen propiedades antimicrobianas similares a los antibióticos, con diferencias de que dependen de un pH ácido para ejercer su máxima acción <sup>5</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 administran para el control de enfermedades.<sup>6</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 público, 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 en el alimento de las aves con fines como promotores de crecimiento y 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 las implicaciones que tienen en salud pública.<sup>7</sup>

En Medicina Veterinaria, los antibióticos comenzaron a ser utilizados en el alimento también para tratamientos de animales enfermos, y cuando era considerado necesario realizaban tratamientos profilácticos en animales asintomáticos, todo esto comenzó a ocurrir a partir de la década de los 50's. 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. Este es el inicio histórico del uso de antibióticos como promotores de crecimiento cuando son adicionados en cantidades subterapéuticas.<sup>8</sup>

Los antibióticos como promotores del crecimiento de los animales, también son denominados "modificadores digestivos"; en este grupo se encuentran los más empleados, bacitracina, flavomicina avilamicina, enramicina, entre otros. En la actualidad en países de Sudamérica y Asia un pequeño porcentaje de antibacterianos el que se acepta para este fin. Otros antibióticos no resultan aptos porque su baja dosificación tiende a generar resistencias bacterianas, otros porque son tóxicos para el animal y algunos porque generan residuos en

los tejidos o en los productos de origen animal potencialmente peligrosos para la salud pública. Los antibióticos promotores de crecimiento (APC) son los aditivos más utilizados en la industria pecuaria.<sup>7,8</sup>

**Las características óptimas para un promotor de crecimiento antibiótico son:**

Al alimento de los animales con el fin de mejorar uno o más de las siguientes funciones;<sup>9</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) Satisfaga las necesidades nutricionales de los animales,
- e) Que no tenga un efecto negativo al medio ambiente a consecuencia de la producción animal.
- f) Efecto favorable sobre el bienestar animal, particularmente por modificar la flora gastrointestinal o la digestibilidad de los ingredientes,
- g) Que tengan efecto coccidiostatos o efecto contra Histomonas.

Por lo cual un aditivo no deberá:

Tener un efecto adverso sobre la salud animal, humana o que afecte el medio ambiente.

Que su presentación comercial tenga información engañosa con los usuarios.

**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

utilización de los alimentos y en mejoras significativas de la ganancia de peso y de su fin productivo.<sup>8</sup>

Algunos procesos metabólicos modificados por los antibióticos promotores del crecimiento (APC) son:<sup>9</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).
- Disminuyen el ritmo de tránsito de la digesta.
- Aumentan la absorción de algunos nutrientes (por ejemplo, vitaminas).
- Reducen la producción de amoníaco, 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; asimismo se sabe que un pH ácido va a inhibir en su mayoría el crecimiento de bacterias patógenas. Cabe mencionar 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 tiene 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>8, 10</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>11</sup>

#### **Bacitracina de zinc como promotor de crecimiento.**

La bacitracina de zinc es uno de los APC, más utilizado en la industria avícola mexicana aunque en Europa ya está prohibido el uso, es producida por ciertas cepas de *Bacillus licheniformis* y por *Bacillus subtilis* var. Tracy constituidos 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>12</sup>

#### **Farmacodinamia.**

Al ser un antibiótico polipeptídico inhibe la síntesis de la pared celular bacteriana, interfiere directamente sobre la síntesis de peptidoglicanos elementos esenciales en la constitución del a pared bacteriana y ésta hace a la bacteria osmóticamente 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>12</sup>

### **Resistencia bacteriana.**

El uso de antimicrobianos en nutrición animal antibióticos y quimioterapéuticos data de hace más de 50 años. Las primeras experiencias (en pollos) que demostraron sus efectos benéficos datan del periodo de los años 50, y ya 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>12</sup>

En 1969 se publicó en el Reino Unido un informe elaborado por un comité científico presidido por el Prof. 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>13</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>(14)</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>10</sup> lo que constituye el principal argumento de los defensores de la prohibición de los APC. Aunque no se ha 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>17</sup>, es por eso que la Unión Europea con base en el “principio de precaución” decidió a partir del 1 de enero del 2006 la total prohibición del uso de APC, en la alimentación animal. <sup>8</sup>

El riesgo de la presencia de APC en la alimentación animal puede tomar diferentes cauces dentro de los cuales existen problemas como los siguientes.<sup>16</sup>

- Alérgicos.
- Tóxicos.
- Asociados a las resistencias bacterianas

Los problemas alérgicos son conocidos y afectan a la población sensibilizada, en general las bajas concentraciones de antibióticos alergénicos no alcanzan para sensibilizar pacientes pero si para desencadenar reacciones que, aunque no sean graves eventualmente, pueden llegar a serlo.

Los problemas toxicológicos, por su parte, son bastante difíciles de probar, dadas las bajas concentraciones residuales de estos APC por lo que es probable que no existan riesgos toxicológicos, con sus claras excepciones y condiciones específicas.

Aunque la resistencia bacteriana ha sido asociada ampliamente a la presencia de residuos antibióticos en alimentos para humanos, es difícil creer que las concentraciones residuales de APC presentes en alimentos provenientes de animales tratados sean capaces de seleccionar bacterias resistentes, dado que a tan bajas concentraciones los antibióticos no pueden actuar sobre microorganismos resistentes ni sensibles. Especialmente cuando esas

concentraciones se encuentran por debajo del nivel de dosis sin efecto microbiológico.<sup>17</sup>

La resistencia bacteriana es un problema grave que representa una preocupación mundial, que se produce por múltiples causas, que probablemente sea inevitable y por lo que se tiene que trabajar en forma interdisciplinaria con el fin de limitar el surgimiento de esta y contrarrestar los efectos al máximo.<sup>8</sup>

El riesgo más grande para la salud de los consumidores que implica el uso de APC en animales no está dado por los residuos, sino por el desarrollo de resistencias en bacterias de los mismos animales dado que estas resistencias pueden hacer ineficiente los tratamientos terapéuticos veterinarios, sin dejar de lado el riesgo de transferencia de bacterias resistentes de los animales al hombre o de genes portadores de información que codifica resistencia de bacterias de animales a bacterias humanas.<sup>17</sup>

La base del desarrollo de la resistencia bacteriana, está en la selección de cepas resistentes que producen ciertas concentraciones de antibiótico. El antibiótico no induce resistencia, solamente selecciona. La resistencia de una bacteria no es la misma para todos los miembros de la población puede haber variedades con susceptibilidad totalmente diferente. Cuando las concentraciones que el antimicrobiano puede alcanzar en el organismo, no superan la concentración mínima inhibitoria por un tiempo prolongado y en dosis adecuada, la bacteria tiene amplias posibilidades de sobrevivir a ese tratamiento y se podría definir ya como una bacteria resistente.<sup>8</sup>

Los crecientes hallazgos de cepas multiresistentes en bacterias zoonóticas como Salmonella y E. coli, aumentaron los niveles de preocupación en los

organismos sanitarios y en el público en general. Los partidarios de prohibir los APC, alegan que los antibióticos se usan “de forma abusiva” en los animales de producción, consideran que son innecesarios y que contribuyen a elevar los costos de producción trayendo como consecuencia un aumento en el precio al mercado, además enfatizan en el hecho de que se posterga la salud humana a favor de los intereses económicos.<sup>8</sup>

Por esto a partir del 1 enero del 2006, se prohibió el uso total de APC en la alimentación animal en la Unión Europea, es de suma importancia considerar las alternativas que se tienen para que la industria avícola no se vea afectada en su funcionamiento general.<sup>18</sup>

Estas nuevas alternativas son el incluir en las dietas extractos vegetales con propiedades antimicrobianas, prebióticos, probióticos y nutraceuticos, que sean capaces de aumentar la velocidad de crecimiento, mejorar la conversión alimenticia, promover la salud intestinal disminuir la morbilidad y mortalidad en animales y que sean inocuos al consumidor.<sup>19</sup>

### **Consecuencia del retiro de los promotores de crecimiento.**

Una de las consecuencias de la retirada de los APC, se ha reflejado en el aumento de los costos de producción que se estiman en un 1.2% en el caso de los huevos y un 3.4% en el de los pollos, en un estudio de la Swedish University of Agricultural Science de 1997, que estimaba un aumento medio en el costo de producción del pollo de 0.01 €/kg, y en España, las pérdidas se estimaron en unos 51 millones de € en el sector de producción de pollos, sino se tomaban medidas alternativas.<sup>20,21</sup>

Otra consecuencia de la desaparición de estos promotores, ha provocado la aparición de patologías que se consideraban erradicadas desde hace años,

entre ellas la enteritis necrótica (EN). La EN está causada por *C. perfringens* tipos A y C que migran desde ciegos e intestino grueso al intestino delgado, donde producen toxinas que dañan la mucosa intestinal, las toxinas producidas por estos dos tipos de clostridios pueden ocasionar contaminación alimenticia<sup>(22)</sup>. Con la consecuencia de la aparición de estas nuevas patologías se han tomado otras alternativas, así como lo han hecho países como Dinamarca y Noruega donde aumentaron el uso de antibióticos por vía terapéutica en un 50 y un 220% respectivamente, después de la prohibición de los APC. Por el contrario, según estos mismos autores, en Suecia el uso total de antibióticos ha disminuido extraordinariamente (en un 55% durante un período de 13 años, con las adecuadas medidas de bioseguridad, manejo, instalaciones, ingredientes del pienso y en la nutrición), y en Gran Bretaña, el uso de antibióticos terapéuticos para pollos después de la prohibición de los APC no ha aumentado, aunque sí se ha incrementado el uso de coccidiostáticos con actividad terapéutica frente a *C. perfringens*. La industria avícola, tiene un gran compromiso; es la búsqueda de nuevas alternativas para la sustitución del empleo de APC, mientras tanto se encuentra, ante el reto de asumir unos peores rendimientos productivos de los animales, con los consiguientes aumentos de los costos de producción, en lo que encuentra las soluciones alternativas en cuanto a manejo, instalaciones, prevención sanitaria, productos y composición de los piensos que permitan mejorar la producción.<sup>23</sup>

#### **Diferentes tipos de promotores del crecimiento.**

Ha existido una importante actividad investigadora para encontrar nuevas alternativas a los mismos, en los cuales se encuentran los siguientes:

- Prebióticos

- Probióticos
- Enzimas
- Extractos de aceites vegetales
- Productos biotecnológicos
- Ácidos orgánicos

### **Prebióticos**

Los prebióticos son ingredientes no digestibles, que estimulan selectivamente el crecimiento y/o actividad de una o varias especies bacterianas de la microbiota intestinal, y que provocan una mejora de la salud del animal. Existen compuestos con interés potencial, la mayoría son hidratos de carbono, y entre ellos los más usados en avicultura son los oligosacáridos, carbohidratos de 3-10 unidades de azúcares monoméricos. Se distinguen según sus monómeros, tipo de unión, la estructura de la cadena, y por sus uniones a otras estructuras no hidrocarbonadas. La mayoría presentan un enlace glicosídico  $\beta$  entre sus unidades de azúcares, que no es degradado por las enzimas digestivos, pero sí por la microbiota intestinal. Los más estudiados son los fructo-oligosacáridos (FOS), los manano-oligosacáridos (MOS) y los xilo-oligosacáridos (XOS).<sup>24</sup>

Los oligosacáridos pueden ser de origen natural, pero en su mayoría se obtienen por síntesis o hidrólisis enzimática. Los FOS se obtienen industrialmente a partir de la sacarosa o por hidrólisis de fructanos de mayor tamaño como la inulina; los XOS, por hidrólisis enzimática de xilanos, y los MOS principalmente a partir de la pared celular de levaduras, aunque también los hay de otros orígenes (garrofa, sintéticos, etc.). Existen productos comerciales que contienen diferentes formas de oligosacáridos<sup>25</sup>. Por su estructura química estos oligosacáridos, resisten la acción de los enzimas,

llegando intactos hasta la parte distal del intestino delgado, intestino grueso y ciegos, donde serán sustrato para la flora bacteriana allí presente.<sup>26</sup>

### **Probióticos**

El término probiótico se ha entendido de muchas formas a lo largo del tiempo. Hoy se define como un cultivo de microorganismos vivos que, utilizado como aditivo alimentario, beneficia al animal mejorando el equilibrio de su microbiota intestinal<sup>27</sup>. En Estados Unidos se usa el término “direct-fed microbials” (DFM). Para que un microorganismo sea útil como probiótico debe cumplir las siguientes características<sup>28</sup>:

1. Seguro para el animal, sin causar enfermedad ni toxicidad.
2. Resistente al ácido y a la bilis; debe llegar vivo al intestino, por lo que debe soportar el pH gástrico y los ácidos biliares del intestino delgado.
3. Capacidad de colonización del intestino: Sólo algunas cepas se adhieren al epitelio intestinal. Esto es necesario para lograr una exclusión competitiva eficaz.
4. Capacidad de inhibir el crecimiento de patógenos: Deben producir ácidos u otras sustancias que inhiban el crecimiento de patógenos Gram negativos como E. coli.
5. Estables y viables durante los procesos tecnológicos
6. Estables y viables durante el almacenaje. Hay que tener en cuenta si el microorganismo usado es aerobio o anaerobio para conservarlo adecuadamente.

Los probióticos se pueden clasificar:

- Según su origen:

- Microbiota indígena: Puede ser un subcultivo del contenido intestinal inespecífico (varias especies sin definir), o específico (un solo microbio). Los cultivos indefinidos han mostrado más eficacia que los formados por un solo microorganismo (Lactobacillus o Streptococcus). Esto parece lógico, pues cuanto más variada sea la composición del probiótico será eficaz contra más microorganismos, se podrá usar en diferentes especies animales, tendrá menos efectos adversos, y cumplirá mejor con las características ideales de un probiótico. El problema es que resultan muy difíciles de registrar debido a esa inespecificidad, que los hace más “inseguros”.
- Microbiota ajena a la intestinal: Los microorganismos más estudiados en avicultura son: Bacillus, Enterobacterium y Saccharomyces <sup>29</sup>.
- Según su mecanismo de acción:
  - Formas vegetativas: Lactobacillus y Streptococcus han sido las más estudiadas por su producción de ácido láctico y su desarrollo comercial en humanos <sup>28</sup>.
  - Esporas de Bacillus.
  - Levaduras: Saccharomyces es la especie de levadura más utilizada como probiótico.

### **Enzimas.**

Son bien conocidos los efectos negativos de los polisacáridos no amiláceos solubles (PNAs), indigestibles por el animal y que aumentan la viscosidad de la digesta, lo que resulta en la disminución de la velocidad de tránsito intestinal y el aumento de la proliferación microbiana en intestino delgado. Como consecuencia se obtiene un menor crecimiento, peores índices de conversión y

disminuye la digestibilidad de los nutrientes en general <sup>24</sup>. Los ingredientes más problemáticos trigo y centeno (contienen arabinoxilanos) y la cebada ( $\beta$ -glucanos). Los enzimas más usados, por lo tanto, son arabinoxilanasas y  $\beta$ -glucanasas. Los enzimas actúan en dos fases <sup>30</sup>:

1. Fase ileal: Permiten una digestión más eficiente de hidratos de carbono, aunque su degradación suele ser parcial, y la cantidad de monosacáridos liberados, reducida. Sus efectos más pronunciados son indirectos: La reducción de la viscosidad mejora la actividad enzimática, el tránsito intestinal, y la digestibilidad de la grasa; también se ha indicado que la hidrólisis de los PNAs podría aumentar la hidrólisis de proteínas y grasas (al liberar compuestos ligados a los PNAs), con lo que hay una mayor absorción de nutrientes. En consecuencia hay menos almidón y proteína sin digerir en el intestino delgado, lo que reduce la población microbiana en el íleon <sup>31</sup>.

2. Fase cecal: La degradación de  $\beta$ -glucanos y arabinoxilanos produce como resultado oligómeros y azúcares libres. Algunos de estos productos no son absorbidos por el ave, llegando a ciegos y siendo fermentados, dando como resultado ácidos grasos volátiles (AGV) demostraron que la adición de enzimas a una dieta con arabinoxilanos resultaba en un incremento de la producción de AGV en ciego, que pueden ser aprovechados por el animal como fuente de energía. <sup>31</sup>

### **Extractos de plantas, especias y aceites esenciales**

Probablemente son los productos más antiguos utilizados en medicina humana, pero su uso en animales es relativamente nuevo. Se sabe que muchos extractos de plantas tienen efectos bactericidas, bacteriostáticos, fungistáticos etc., pero muy poco se sabe del verdadero mecanismo de acción de las

sustancias que contienen en el sistema digestivo del animal. Sus sustancias activas y mecanismos de acción son insuficientemente conocidos <sup>32</sup>, y hay más de 60 géneros de plantas de interés potencial, cuyos componentes poseen distintas propiedades: Antioxidantes, estimulantes de la función hepática y de la producción de enzimas digestivos, inmunomoduladoras y antimicrobianas <sup>21</sup>.

La composición química de los extractos de plantas es muy variada. Los aceites esenciales, son los componentes más estudiados en nutrición animal; a su vez integran una gran variedad de sustancias, como terpenos, fenoles, ácidos orgánicos, alcoholes, aldehídos y cetonas, que confieren propiedades aromáticas a las plantas que los contienen. Entre ellas, anís, orégano, pimienta, tomillo, romero, apio, rábano, sanguinaria, ajo, ginseng, etc. Se ha comprobado en condiciones experimentales que el uso de aceites esenciales, obtenidos de extractos de ciertas plantas y especias permite obtener resultados que pueden llegar a ser equivalentes al uso de APC. <sup>33</sup>

### **Productos biotecnológicos**

Ya existen cereales modificados genéticamente que contienen enzimas (arabinoxilanasas y  $\beta$ -glucanasas), por lo que reducen la viscosidad intestinal y aumentan la digestibilidad de los nutrientes en las aves <sup>34</sup>. También se pueden obtener anticuerpos monoclonales del maíz y proteínas con propiedades antibacterianas como lactoferrina y lisozima del arroz transgénico. La combinación de estas dos moléculas es eficaz y se afirma que protege el tracto intestinal de forma similar a los APC <sup>35</sup>.

### **Ácidos orgánicos.**

Este tipo de ácidos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza como constituyente habituales en los tejidos vegetales o animales. También se

producen a partir de la fermentación microbiana de los hidratos de carbono, principalmente en el intestino grueso. Estos componentes deben de estar en su forma no-disociada (no-ionizada) para ejercer el efecto bactericida. En esta forma el ácido permite su penetración hacia la célula a través de la pared celular disminuyendo el pH interno y eventualmente causando la lisis de la bacteria <sup>36</sup>. Estos ácidos poseen la capacidad de pasar la pared celular y modificar el pH de los microorganismos, como se muestra en los siguientes puntos:

- 1) Poseen la capacidad que cuando se encuentran en forma molecular son transportados de forma pasiva a través de la pared celular de procariontes y eucariontes.
- 2) Estos ácidos en su forma molecular (RCOOH), se disocian en el citoplasma reduciendo el pH interno.
- 3) La base conjugada resultante (RCOO<sup>-</sup>) al estar cargada no puede atravesar de nuevo la pared formada por la capa de fosfolípidos.
- 4) Al reducirse el pH por el aumento de la concentración de H<sup>+</sup>, la célula ha de realizar un transporte activo de estos hidrogeniones para mantener estable su pH. Este bombeo continuo de protones junto con un aumento en la concentración de la base conjugada termina por agotar a la célula provocando su lisis. <sup>37</sup>

#### **Tipos de ácidos orgánicos:**

- 1) Ácidos grasos de cadena media
- 2) Ácidos grasos de cadena corta

#### **Ácidos Grasos de Cadena Media (AGCM)**

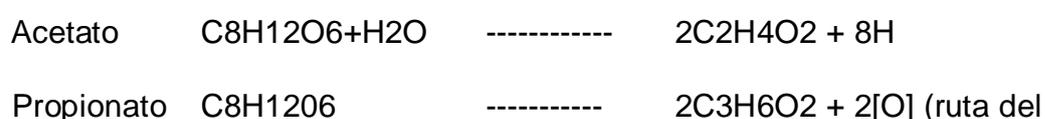
Este tipo de ácidos orgánicos que se están utilizando en la actualidad son los AGCM. En primer lugar, resultados in vitro, han demostrado que los AGCM

(caproico, caprílico y cáprico) son efectivos en la inhibición de ciertas bacterias patógenas, como E. coli, y C. perfringens, por lo que podrían ejercer un efecto positivo sobre la población microbiana. Los mecanismos de acción de estos ácidos orgánicos, se les atribuye a que tienen la capacidad de interaccionar con la membrana celular, por sus mayores propiedades lipofílicas que los AGCC, y así aumentar la polaridad de esta región de la membrana celular que permite el reflujo de protones al interior de la célula. Este aumento de la polaridad dificulta la absorción de nutrientes y contribuye a alterar el metabolismo y a la ruptura celular <sup>38</sup>. Por otro lado también funcionan como intermediarios en el ciclo de Krebs (cítrico, málico, fumárico) pueden servir como fuentes de energía para el animal a dosis relativamente elevadas), y aportar beneficios adicionales en la nutrición aviar (mejoran la digestión de la proteína, estimulan las secreciones del páncreas, quelan minerales. <sup>39</sup>

### **Ácidos de cadena corta (AGCC) o ácidos grasos volátiles (AGV)**

Los ácidos graso volátiles constituyen los principales productos de la fermentación animal, principalmente de los hidratos de carbono. Los AGV primarios son el acético, propiónico y butírico. Con frecuencia los AGV son denominados como sus iones disociados, acetato, propionato y butirato. Otros AGV cuantitativamente menores pero metabólicamente importantes son: el valérico, isovalérico, isobutírico y el 2 metil butírico <sup>40</sup>. Hasta hace poco el uso de ácidos grasos de cadena corta y mediana fue basado en gran parte sobre sus características antimicrobianas y antifúngicas fuera del TD. <sup>41</sup>

Formulas:





Las concentraciones de estos, son altos en el ciego, donde las concentraciones de la microflora son altas, siendo los niveles de pH bajos en esta zona <sup>42</sup>, 125 nm en pollos y 70 nm en el ganso recordando que puede ser subproductos de la descomposición microbiana del ácido úrico. Recordando que este producto es el desecho final de las aves, este producto es empaquetado por medio de pequeñas esferas que pueden pasar con facilidad a través del riñón, después de entrar en la cloaca, estas esferas son movilizadas con la orina por antiperístasis hacia el recto y los ciegos, el ácido úrico se expone a la población de bacterias que pueden usar este producto como sustrato metabólico, y así estas bacterias lo degradan a los ácidos grasos volátiles y amoníaco. En este mecanismo la degradación subsecuente por las mismas bacterias proporciona un mecanismo eficaz en la recuperación del carbono y del nitrógeno de la orina. Los AGV son absorbidos por el tejido fino del ciego y el amoníaco se incorpora en la producción de glutamina. Son los productos finales del metabolismo de la propia flora anaerobia intestinal y su producción se puede incrementar añadiendo prebióticos y probióticos al alimento <sup>43</sup>. Los ácidos grasos de cadena corta se absorben rápidamente en más del 90% por el colonocito (en su forma protonada) por lo que también se acompaña de una importante absorción de sodio y agua, lo que disminuye la diarrea que se asocia a la mala absorción de carbohidratos <sup>44</sup>. El orden de utilización de los AGCC por el enterocito es butirato > acetato > propionato <sup>45</sup>

### **Ácido Butírico**

El ácido butírico es uno de los ácidos grasos de cadena corta más comunes que se producen en el colon de humanos y animales, y en el rúmen como resultado de la fermentación bacteriana anaeróbica de la fibra dietaria, almidón no digerido y proteínas <sup>46</sup>. El ácido butírico solamente se encuentra en cantidades significantes en alimentos como el aceite de oliva y la grasa de la leche. Se conoce que el butirato tiene un efecto protector contra el cáncer en

intestino grueso, además de ser un estimulante del desarrollo intestinal <sup>47</sup>, y aumentar la superficie de contacto de las microvellosidades intestinales y la secreción de enzimas digestivas. El butirato es reconocido por su efecto directo sobre la secreción de mucina y principalmente por su efecto antibacteriano sobre enteropatógenos gram negativos como *E. coli* y *Salmonella spp* y gram positivos como *Clostridium spp* <sup>48</sup>. Este ácido tiene un mayor efecto para bajar el pH debido a su mayor pK, lo que favorece el crecimiento de bacterias no patógenas tales como lactobacilos. Finalmente, existen estudios, que indican que el butirato estimula el sistema inmune no específico mediado por macrófagos y aumenta la inmunidad local específica <sup>49</sup>. Este AGVCC es también utilizado por los colonocitos, metabolizándose hasta CO<sub>2</sub>, cuerpos cetónicos y agua. Es su principal fuente de energía, estimula la producción de moco, la absorción de iones y la formación de bicarbonato. Asimismo el butirato ejerce acciones antiinflamatorias específicas en el colon, disminuyendo la producción de algunas citoquinas proinflamatorias (TNF), modulando la actividad del factor de transcripción NF- $\kappa$ B en células colónicas in vitro <sup>50</sup>, es reconocido por su efecto directo sobre la secreción de la capa de mucílago, como fuente de energía para los enterocitos y como molécula de regulación importante en la proliferación de éstos <sup>51</sup>. Entre los AG-CC es especialmente el butirato el que ha atraído la atención. La administración del Na-butilato en alimentos lácteos para lechones resultó en una reducción significativa de la altura de las vellosidades y en el espesor de capa de mucílago en el duodeno. Ambos parámetros y la profundidad de las criptas fueron aumentando tanto en el yeyuno como en el íleo <sup>52</sup>.

Este tipo de ácidos tienen efectos antimicrobianos a nivel de buche y de la molleja. Administrados directamente en colon, mejoran la estructura del yeyuno, y en el caso del butírico, estimula la proliferación celular y la síntesis de proteína tanto de colágeno como no-colágeno en la mucosa<sup>53</sup> y regula los niveles de citoquinas IL-8 y IL-6 en el intestino durante la inflamación de modo que también interviene en la respuesta inmunitaria<sup>54</sup>. Este tipo de ácidos para que sean eficaces por vía oral a nivel del último tramo del tracto intestinal deben de administrarse protegidos, o para evitar su desaparición en los primeros tramos del intestino y obtener una liberación gradual, y en el caso del ácido butírico, por su olor penetrante y desagradable, también es necesario protegerlo mediante recubrimiento o suministrarlo en forma de glicérido.<sup>55</sup>

La forma más común en la cual se utiliza el butirato es la sal de sodio o de calcio y no como glicérido. Normalmente, y como todos los ácidos orgánicos volátiles, el ácido butírico libre es rápidamente absorbido y metabolizado en el tubo digestivo superior. Entonces con poco o ningún residuo o efecto aparente para la parte caudal del intestino delgado o el ciego. Las formas encapsuladas del ácido butírico reducen este problema y proporcionan el butirato disponible a lo largo del tubo digestivo. Además, la encapsulación reduce el olor característico asociado al ácido libre. Publicaciones sobre el uso de butirato o sus derivados en humanos, hacen referencia sobre su efecto en el crecimiento y desarrollo de los tejidos intestinales, como fuente de energía para la mucosa intestinal que resumió en las siguientes funciones para la nutrición y medicina.

49

- Regula la expresión genética en el epitelio intestinal

- Induce la diferenciación celular (enterocitos)
- Estimula el crecimiento de los colonocitos, enterocitos y de células basales
- Aumenta la superficie de las vellosidades intestinales
- Aumenta de la secreción de enzimas digestivas
- Aumenta la absorción de calcio

Las concentraciones elevadas de este ácido de cadena corta pueden ayudar a controlar el índice del volumen de las células, las concentraciones elevadas de calcio en diferentes puntos pueden ayudar a controlar la formación de bilis o sales insolubles de ácidos grasos, esto puede reducir los efectos perjudiciales potenciales de la bilis o de los ácidos grasos en los enterocitos, también estimula el crecimiento de bifidobacterias y de lactobacilos en el intestino grueso. Estudios *in vitro* y en animales que sugieren que estas bacterias pueden atacar y hacer inactivar algunos agentes carcinogénicos, pueden inhibir directamente el crecimiento de algunos tumores y inhibir las bacterias que pueden convertirse precarcinogénicos en agentes carcinogénicos. Las investigaciones con el butirato de sodio en dietas de ponedoras comerciales, muestran repetitividad de algunos parámetros evaluados, como el aumento de la masa de huevos, el aumento del porcentaje de producción y la mejora sustancial de la cáscara de los huevos <sup>56</sup>. Es normal que la producción de huevo y la calidad del cascarón disminuyan conforme la edad de las gallinas. En gallinas viejas, la calidad de las células de la mucosa del intestino y altura de las vellosidades intestinales es menor en el duodeno, debido a esto la digestión y absorción de nutrientes para producir huevo y formar el cascarón son insuficientes. Se ha determinado que el butirato, juega un papel importante

en el mantenimiento de la mucosa intestinal, razón por la cual se plantea el presente estudio.<sup>56</sup>

## JUSTIFICACION:

La proporción de huevos rotos o dañados accidentalmente supone como un mínimo entre 7 y 8% del total producido, Washburn indicó que la ruptura del huevo en postura promedia 3.5 %, con rangos desde 0.3 a 8.2 % durante la colecta y desde 1 a 11% durante su procesamiento. Las pérdidas durante la transportación promedian 1%.<sup>61</sup>. De 15, 000 millones de huevos que se producen anualmente en el Reino Unido, 6-7% no son utilizados para comercializarlos debido al daño en el cascarón; en Alemania se estima que las pérdidas anuales de huevos entre el momento de puesta y la llegada al consumidor es de 8%; en Estados Unidos de América en 1997 se tenían pérdidas de 6.4%, por mala calidad del cascarón. En 1998 se mencionó una pérdida de 250 millones de dólares por año. En Canadá se perdieron 10 millones de dólares anuales y en México no se tienen datos, los daños pueden ser iguales o menores a los mencionados <sup>60</sup>. En México se producen anualmente 2,341, 465 millones de huevos <sup>1</sup> se pierden aproximadamente entre 7,024 a 192,000 huevos durante la colecta y desde 23, 415 a 257,561 huevos durante su procesamiento. El presente estudio se realizó con el fin de utilizar el butirato de sodio en gallinas de postura de 32 semanas y 63 semanas de edad, para mejorar la calidad de las células de la mucosa del intestino y la altura de las vellosidades intestinales para que haya una mayor absorción de nutrientes y se mejore la calidad del cascarón disminuyéndose las pérdidas por huevo roto.

## **HIPOTESIS:**

1. La sustitución de un promotor de crecimiento (antibiótico) por butirato de sodio (ácidos orgánicos de cadena corta), en el alimento no afecta el comportamiento productivo de las gallinas de postura.
2. La adición de butirato de sodio en el alimento mejorara la calidad interna y externa del huevo y disminuye el porcentaje de huevo roto.

## **OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas de postura de dos diferentes estirpes y dos edades diferentes, adicionando butirato de sodio en dietas tipo práctico para gallina.

## **OBJETIVOS PARTICULARES.**

1. Analizar parámetros productivos (porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia) de gallinas de postura de dos diferentes estirpes y dos edades diferentes, al adicionar Butirato de sodio en la dieta.
2. Medir la calidad huevo interna (color y unidades haugh) y externa (grosor de cascarón y peso de cascarón) de gallinas de postura de dos diferentes estirpes y dos edades diferentes, al adicionar Butirato de sodio en la dieta.
3. Evaluar el porcentaje de fisuras presentes en el cascarón del huevo en gallinas de postura de dos diferentes estirpes y dos edades diferentes, al adicionar Butirato de sodio en la dieta.

## MATERIAL Y METODOS

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 S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal a una altura de 2250 msnm, 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 una precipitación pluvial anual media de 747 mm.<sup>57</sup>

Se realizaron dos experimentos con diferentes tipos de estirpes de gallinas, así como de diferente edad y diferentes sistemas de producción.

En el primer experimento se utilizaron 470 gallinas rojas semipesadas de la estirpe Isa-Babcock B-380 de 32 semanas de edad y 10 semanas en producción. Las aves se alimentaron con dietas con base en sorgo + pasta de soya,<sup>58</sup> que se presentan en el Cuadro 1

Los tratamientos experimentales, consistieron como se señala a continuación:

- Tratamiento 1.- Dieta con promotor de crecimiento (bacitracina zinc 30ppm/ton).
- Tratamiento 2.- Dieta sin promotor de crecimiento (butirato de sodio 300g/ton).

### Experimento 1

Se empleó un diseño completamente al azar con 2 tratamientos cada uno con 5 repeticiones de 47 gallinas; las aves, se alojaron en corrales con salidas a parques con una duración de 4 hrs de pastoreo. A las aves se les proporcionó

un foto periodo de 16 hrs luz x día. La alimentación y el agua se proporcionó ad libitum durante todo el experimento.<sup>59</sup>

Se llevaron registros semanales, durante 24 semanas de porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa del huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y análisis de fisuras en el cascarón del huevo.

#### Experimento 2.

Se utilizaron 180 gallinas blancas ligeras de la estirpe Bovans de 63 semanas de edad y 45 semanas de producción. Las aves se alimentaron con una dieta (Cuadro 1) con base en sorgo + pasta de soya.<sup>58</sup>

Los tratamientos experimentales, consistieron como se señala a continuación:

- Tratamiento 1.- Dieta con promotor de crecimiento (bacitracina zinc 30ppm/ton).
- Tratamiento 2.- Como T1 + butirato de sodio 300g /ton
- Tratamiento 3.- Como T1 + butirato de sodio 500g/ton.

Se empleó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos, cada uno con 5 réplicas con 12 gallinas. Las aves se alojaron en jaulas convencionales, 3 gallinas por jaulas. A las aves se les proporcionó un foto periodo de 16 hrs luz x día. La alimentación y el agua se proporcionaron ad libitum durante todo el experimento.<sup>59</sup>

Se llevaron registros semanales, durante 10 semanas de porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa del huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y análisis de fisuras en el cascarón del huevo. A la semana número 10 se realizó un estudio de calidad de huevo.

A las variables en estudio en los dos experimentos, se les realizó un análisis de varianza conforme a un diseño completamente al azar con mediciones repetidas a través del tiempo.<sup>62</sup>

$$Y_{ijk} = m + \alpha_i + d_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

$m$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tiempo

$d_{ik}$  = Error del tiempo

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tiempo

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

$e_{ijk}$  = Error experimental

Donde: en el experimento 1.

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24$

$j = 1, 2$

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

En el experimento 2.

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$

$j = 1, 2, 3$

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

## RESULTADOS.

### Experimento 1

En el Cuadro 2, se presentan los resultados obtenidos en 24 semanas de experimentación del Experimento 1, con la inclusión de bacitracina de zinc o butirato de sodio (ácido graso de cadena corta) en dietas para gallinas rojas semipesadas de la estirpe Isa-Babcock B-380 de 32 semanas de edad, como sustituto del promotor de crecimiento (Bacitracina de Zinc). Para porcentaje de postura (92.6 y 91.9%), peso de huevo (63.0 y 62.9 g), masa de huevo (58.4 y 57.7 g), consumo/ave/día (123.6 y 124.3 g), conversión alimenticia (2.11 y 2.15); porcentaje de fisuras en el cascarón (2.4 y 2.9%); la calidad interna del huevo (82.9 y 83 Unidades Haugh), color de la yema (10.3 y 9.9), grosor de cascarón (392 y 394 mm) y peso del cascarón (6.26 y 8.03g), se encontraron datos similares ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos.

### Experimento 2.

Los resultados obtenidos en 10 semanas de experimentación, con la adición de butirato de sodio (0, 300 y 500g/ton), como suplemento en la dieta de gallinas Bovans blanca de 63 semanas de edad, aparecen en el Cuadro 3. En el porcentaje de postura (86.4b, 92.2a y 89.6a%), fueron superior en los tratamientos 2 y 3, con un incremento del (5.8 y 2.6%) sobre el testigo; en el peso de huevo (63.4b, 63.4b y 64.1a g), fue mejor el tratamiento 3, con un incremento del (0.7g) sobre los otros tratamientos; en la masa de huevo (54.8b, 58.5a y 57.4a g) fue alto en el tratamiento 2, con incremento (3.7 y 1.1g) sobre los otros tratamientos; el consumo/ave/día (111.4b, 111.9ab y 113.4a g), fue menor con el tratamiento 1, observándose una disminución (2 y 1.5g) sobre los otros tratamientos; en la conversión alimenticia (2.09a, 1.95b y 2.03 ab) el

mejor fue el tratamiento 2, observándose una disminución (0.14 y 0.08) sobre los otros tratamientos. Para porcentaje de fisuras en el cascarón (20.8a, 14.ab, 12.9b %), el mejor fue el tratamiento 3, en el cual se observó una disminución significativa, en relación con el tratamiento testigo. Para la calidad interna del huevo (82.4, 85.2 y 83.7) Unidades Haugh, color de la yema (10.7a, 10.6a y 10.5a) y calidad externa; grosor de cascarón (347, 344 y 354 mm) no hubo diferencia entre tratamientos. Se tuvieron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos en la mayoría de las variables en estudio a excepción de grosor de cascarón, color de la yema y Unidades Haugh, que no mostraron diferencia ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.

## DISCUSION

En el Experimento 1, bajo las condiciones del presente experimento, se observó que el uso de butirato de sodio, como sustituto de un promotor de crecimiento (Bacitracina de zinc) durante 24 semanas, tuvo un efecto similar, en las variables productivas. En las últimas 5 décadas se han empleado los antibióticos en el alimento de las aves con fines de promoción del crecimiento y para protegerlas de microorganismos patógenos intestinales, aunque actúen también contra los no patógenos, hechos que han llevado a un sinnúmero de investigaciones sobre los efectos benéficos de estas prácticas sobre el crecimiento y flora normal de las aves y las implicaciones que tienen en salud pública.<sup>7</sup>

El butirato es reconocido por su efecto directo sobre la secreción de mucina y principalmente por su efecto antibacteriano sobre enteropatógenos gram negativos como *E. coli* y *Salmonella* spp y gram positivos como *Clostridium* spp<sup>48</sup>. Este ácido tiene un mayor efecto para bajar el pH debido a su mayor pK, lo que favorece el crecimiento de bacterias no patógenas tales como lactobacilos. Existen estudios, que indican que el butirato estimula el sistema inmune no específico mediado por macrófagos y aumenta la inmunidad local específica<sup>49</sup>. Este AGVCC es utilizado por los colonocitos, metabolizándose hasta CO<sub>2</sub>, cuerpos cetónicos y agua. Es su principal fuente de energía, estimula la producción de moco, la absorción de iones y la formación de bicarbonato. Asimismo el butirato ejerce acciones antiinflamatorias específicas en el colon, disminuyendo la producción de algunas citoquinas proinflamatorias (TNF)<sup>50</sup>. Estos resultados similares, indican que el butirato es una alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento en dietas para gallinas.

En el Experimento 2, la adición de butirato de sodio en el alimento, como suplemento en la dieta de gallinas de 63 semanas de edad, mejoró el porcentaje de postura (Figura 1), como fue reportado por Fuente et al (2003); en la variable peso de huevo (Figura 2), también se observó el incremento de este, a dosis elevadas, esta misma observación la señala Van Vugt et al (2001) y Fuente et al (2003). En la variable masa de huevo (Figura 3), hubo un incremento en esta variable con el butirato, similar a como señalan las investigaciones de Nollet et al (2002). La conversión alimenticia (2.09a, 1.95b y 2.03 ab) se mejoró con butirato al igual que otros autores (Van Vugt et al 2001, Fuente et al, 2003). En el porcentaje de fisuras en el cascarón los tratamientos con butirato (Figura 4), fueron mejores en relación con el tratamiento testigo. En la calidad interna del huevo el color de la yema (Figura 5) no hubo diferencia entre tratamientos. Es reconocido, que el ácido butírico es uno de los ácidos grasos de cadena corta más comunes que se producen en el colon de humanos y animales, y en el rúmen como resultado de la fermentación bacteriana anaeróbica de la fibra dietaria, almidón no digerido y proteínas <sup>46</sup>. Las investigaciones publicadas en el nivel mundial con el butirato de sodio en dietas de ponedoras comerciales, muestran como en este estudio repetitividad de algunos parámetros evaluados, como el aumento de la masa de huevos, el aumento del porcentaje de producción y la mejora sustancial de la cáscara de los huevos. <sup>56</sup> Es generalmente aceptado que la producción de huevo y la calidad del cascarón disminuye conforme la edad y el ciclo de producción de las gallinas es mayor. En gallinas viejas, la calidad de las células de la mucosa del intestino y altura de las vellosidades intestinales es menor en el duodeno,

debido a esto la digestión y absorción de nutrientes para producir huevo y formar el cascarón son insuficientes. Se ha determinado que el butirato, juega un papel importante en el mantenimiento de la mucosa intestinal, razón por la cual se planteó el presente estudio.<sup>56</sup>

Esta información nos indica, que el butirato de sodio en dietas, mejora el comportamiento productivo, la calidad del cascarón y la disminución de fisuras en el cascarón de huevo.

## **CONCLUSIONES.**

De acuerdo con la información obtenida a las 24 semanas de experimentación, en gallinas de 32 semanas de edad, la adición de butirato de sodio en el alimento, como sustituto de promotor de crecimiento, se comporto de forma similar, en el comportamiento la bacitracina como productivo y la calidad del huevo.

En el segundo experimento la información obtenida a las 10 semanas de experimentación en gallinas de 63 semanas de edad, indica que la adición de butirato de sodio a dosis de 300g/ton, fue suficiente, a esta dosis mejoró el porcentaje de postura, masa de huevo e índice de conversión. A esta dosis de 300g/ton se observó también una disminución en el porcentaje de fisuras en el cascarón y así como, un mayor color en la yema y un mayor peso en el cascarón.

## REFERENCIAS

1. Una.org.mx. México: Unión Nacional de Avicultores. Monografía de indicadores económicos del sector avícola 2006. Citado febrero 16 del 2006. Disponible desde:  
  
URL:[http://www.una.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=18&Itemid=27](http://www.una.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=18&Itemid=27)
2. Una.org.mx. México: Unión Nacional de Avicultores. Industria Avícola Mexicana del 2006. Citado febrero 16 del 2006. Disponible desde:  
[http://www.una.org.mx/index.php?option=com\\_frontpage&Itemid=1](http://www.una.org.mx/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1)
3. Murry Jr AC, Hinton Jr A, Buhr RJ. Effect of Botanical Probiotic Containing Lactobacilli on Growth Performance and Populations of Bacteria in the Ceca, Cloaca, and Carcass Rinse of Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science* 5 (4): 344-350, 2006
4. Ricke SC. Perspectives on the Use of Organic Acids and Short Chain Fatty Acids as Antimicrobials. *2003 Poultry Science* 82:632–639.
5. [www.wpsaaeca.com](http://www.wpsaaeca.com). Asociación Española de Ciencia Avícola. Citado en el 2003, disponible en:  
[http://www.wpsaaeca.com/img/informacion/13\\_07\\_21\\_Mitos\\_y\\_realidades\\_del\\_sistema\\_digestivo.pdf](http://www.wpsaaeca.com/img/informacion/13_07_21_Mitos_y_realidades_del_sistema_digestivo.pdf). López CC, Arce MJ, Ávila GE. Mitos y Realidades del Sistema Digestivo y sus Implicaciones sobre la Productividad
6. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. 8° ed Universidad Autónoma Chapingo, Edo de México, 1996.

7. Sumano LH, Gutiérrez OL. Farmacología clínica de las aves. ed. FMVZ UNAM. México DF, 2005
8. Errecalde JO. Uso de antimicrobianos en animales de consumo. Incidencia del desarrollo de resistencias en salud pública. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. ed. FAO, 2004.
9. 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.
10. Donoghue JD. Antibiotic residues in poultry tissues and eggs: human health concerns? Poultry Sci. 2003; 82: 618-621.
11. Jeroch H. Nutrición de las Aves. edit. Acribia. Zaragoza. 1978.
12. Botsoglov NA, Fletouris DJ. Drug residues in foods. Pharmacology, food safety and analysis. Ed Marcel Dekker, Inc. New York. 2001
13. Ewing WN, Cole DJA. The living gut. 1<sup>st</sup> published, edit. Context publications. England, 1994
14. Quigley L. A closer look at antibiotic resistance. Meat and Poultry 2002; 12: 22-28
15. Cortes CA, Ávila GE, Casaubon HMT, Carrillo DS. El efecto del Bacillus Toyos sobre el comportamiento productivo en pollos de engorda. Vet- Méx., 2000; 31:301-307.
16. Barrow PA, Mead GC, Wray C, Duchet MS. Control of food poisoning in salmonella in poultry biological options. World's Poultry Science Journal 2003, 59:373-383

17. Roe MT, Pillai SD. Monitoring and identifying antibiotic resistance mechanisms in bacteria. *Poultry Science* 2003. 82:622-626
18. Cepero, B.R. Retirada de los antibióticos promotores de crecimiento en la Unión Europea: Causas y Consecuencias. Memorias del XII Congreso Nacional Amena; 2005 Yucatán. México (DF): Asociación de Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, 2005
19. Juárez BA. Evaluación de diferentes promotores del crecimiento en dietas para pollo de engorda (tesis de licenciatura). (DF) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2006.
20. Viaene, J.; De Craene, A. Performance Enhancers their impacto n farmers and consumers. 1993. *World Poultry* 9(11), 45-46.
21. Santomá, G. Aditivos alternativos a los antibióticos y promotores de crecimiento. Memoria XXXVI Symp. Avicultura, Sec. Esp. FEDNA 1999; Valladolid 20-22/10/99, pp. 95-132.
22. Cervantes, H. La prohibición de la unión europea sobre el uso de antibióticos. *Industria avícola*. Marzo 2006. Vol (53) #3. Pp 14-15.
23. McDewitt, R.M; Broker, J.D.; Acamovic, T.; Sparks, N.H.C. Necrotic enteritis; a continuing challenge for the poultry industry. *World's Poultry Science Journal*. 2006; 62, 221-247.
24. Choct, M. Effects of organic acids, prebiotics and enzymes on control of necrotic enteritis and performance of broiler chickens. Proc. XXI World's Poultry Congress 2000; Montreal, Canada,
25. Iji, P.A.; Tivey, D.R. Natural and synthetic oligosaccharides in broiler chicken diets. *World's Poultry Science Journal* 1998, 54:129-143

26. Spring, P., Wenk, C., Dawson, K.A. and Newman, K.E. The effects of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. *Poultry Science* 2000; 79: 209-211.
27. Griggs, J. P.; Jacob, J.P. Alternatives to antibiotics for organic poultry production. *J. Appl. Poultry Res* 2005; 14, 750-756.
28. Ewing, W.N.; Cole, D.J.A. The Living Gut: An Introduction to Microorganisms in Nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 1997; Volume 68, Number 1, September , pp. 190-192(3)
29. Patterson, J. A.; Burkholder, K.M. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science* 2003; 82:627-631.
30. Bedford, M. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimise subsequent problems. *WPSA J* 2000; 56:347-365.
31. Choct, M., Hughes, R.J., Wang, J., Bedford, M.R., Morgan, A.J. and Annison, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *Brit. Poultry. Science* 1996; 37: 609-621.
32. Castro M. Uso de aditivos en la alimentación de animales monogástricos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 39, Número Especial, 2005. pp. 451-457.
33. Costa-Batllo, P.; Salado, S.; Medel, P. y Asensio, J.J. Productos naturales de origen vegetal: una alternativa a los aditivos antimicrobianos en alimentación animal. [Producción Animal, 1999 MAY; XIV \(144\)](#), pp.27-34.

34. Wettstein, V.D., Mikhaylenko, G., Froseth, J.A.A.; Kannangara, C.G. Improved barley broiler feed with transgenic malt containing heat-stable (1,3-1,4)- $\beta$ -glucanase. Proc. Nat. Acad. Science 2000; 97: 13512- 13517.
35. Humphrey, B., Huang, N.; Klasing, K. Genetically modified rice containing lactoferrin and lysozyme as an antibiotic substitute in broiler diets. J. Nutr. 2002. 132. pp.1214-1218
36. Quiroz M.A., Dibner J.J., Knight C.D. y González-Esquerro R. Uso de ácidos orgánicos como alternativa para el control de la enteritis necrótica. Seminario Internacional Novus–Nra, Santiago De Querétaro, México, Abril 8, 2005
37. www.Agqsl.com. España. AGQ Nutrición. Ácidos Grasos Volátiles y sus Precursores, Citado el 16 de mayo del 2007. Disponible desde: [http://www.agqsl.com/productos/vfappetite/vfa\\_ppetite\\_dosis.htm](http://www.agqsl.com/productos/vfappetite/vfa_ppetite_dosis.htm)
38. Van HH; Van GB. "How to get the best out of phytase". Fedmix 2002; 10 (6), 27-29
39. García, V.; Catalá, P.; Hernández, F.; Madrid, J.; Orengo, J.; Megías, M.D. Effect of formic acid on ileal apparent digestibility and carcass yield in broilers at level of farm. J Appl Poult Res 2007. 16. pp 555-562.
40. www.biopsicologia.net. Ciclo de la urea - N3: Participación Funcional Registro General de Propiedad Intelectual. Núm. 2000/28/28429 (ESP); disponible: [http://www.biopsicologia.net/fichas/page\\_681.html](http://www.biopsicologia.net/fichas/page_681.html) )

41. Ricke SC. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Science* 2003; 82:632-639.
42. Rodríguez P, García J, Blas C. Fibra Soluble y su Aplicación en Nutrición Animal: Enzimas y Prebióticos. XIV Curso de Especialización. Avances en la Nutrición y Alimentación Animal. Año 1998. XIV Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Eds.: P.G<sup>a</sup>. Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos. Fira de Barcelona, España.
43. Braun EJ, Campell CE, uric acid decomposition in the lower gastrointestinal trac. *Expl zool suppl.* 1983, 3:70-74.
44. Musch MW, Bookstein C, Xie Y: SCFA increase interfinal Na absorption by induction of NHE3 in rat colon and human intestinal C2/bbe cells. *Am J Physiol* 2001; 280: 687-693.
45. Kasper H, Goebell H. The effect of bacterial metabolites on nutrition and function of the colonic mucosa symbiosis between man and bacteria. Kasper H, Goebell H. *Colon and Nutrition*. Lancaster: Lancaster Press. Falk Symposium, 1981.32. pp. 11-25.
46. Laparra VJL, Avila GE , López CC , Arce MJ, Efecto de la adición de butirato sódico, en el alimento del pollo de engorda, sobre los parámetro productivos, XII congreso BIENAL de AMENA, 2007.
47. Gálfi, P. and Bokori, J. Feeding trial in pigs with a diet containing sodium n- butyrate. *Acta Veterinaria Hungaric* 1995; 38: 3-17
48. Van Immerseel F. Russell J, Flythe M, Gantois I. Timbermont L. Pasmans F, Haesebrouck F AND Ducatelle R. The use of organic

acids to combat Salmonella in poultry: a mechanistic explanation of the efficacy. *Avian Pathology* 2006, 35 (3):182-188.

49. Pouillart PR. Role of butyric acid and its derivatives in the treatment of colorectal cancer and hemoglobinopathies. *Life Sci.* 1998, 63(20), 1739-1760.
50. Inan HS, Rasoulpour RJ, Yin L, Hubbard A, Rosenberg DM, Giordina C: The luminal short-chain fatty acid butyrate modulates NF-KB activity in a human colonic epithelial cell line. *Gastroenterology* 2000; 118: 724-734.
51. Thompson K. and Applegate TJ. Nutrients, nutritional states and small intestinal microbiota. Ferket, P.R., A.A. Santos 2005, Jr., and E.O. Oviedo-Rondón
52. Kotunia A, Wolinsk D, Laubitz M, Jurkowskai V, Rome P, Guilleateau and Zabielski R. Effect of sodium butyrate on the small intestine development in neonatal piglets fed by artificial sow. *J. Of Physiology and Parmacology* 2004; 55 (2) 59 – 68
53. Lan Y, Verstegen MW, Tamminga S, Williams BA. In vitro fermentation kinetics of some non-digestible carbohydrates by the cecal microbial community of broilers. *World's Poultry Science Journal* 2005.65,95-104
54. Ziegler TR, Evasn ME, Fernández EC. Dietary Supplementation With Orotate and Uracil Increases Adaptive Growth of Jejunal Mucosa After Massive Small Bowel Resection in Rats/Discussant/Author's Response. 2003, *Annu. Rev. Nutr.* 23,229-261

55. Van Immerseel V, Fievez J, Buck F, Pasmans A, Martel F Haesebrouck and Ducatelle R. Microencapsulated short-chain fatty acids in feed modify colonization and invasion early after infection with salmonella enteritidis in young chickens. Poultry science 2004 83: 69-74
56. Van Vugt PNA, Wijtten PJA, Perdok HB, Langhout DJ. PROVIMAX improves the Technical Performance and Eggshell Quality of Laying Hens. Poult. Nutr. Oct 2001.
57. Garcia E. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Copen. 2º Ed. México D.F.
58. National. Research Council 1994 Nutrient Requirements of poultry National academy press.1994
59. Quintana JA. Avitecnia. Manejo de las Aves Domesticas más comunes. 3ª ed. México (DF). Trillas 1999.
60. Cuca GM. Estudios recientes con calcio en gallinas de postura. Programa de ganadería, colegio de posgraduados. México 2005.
61. Garcia HM. Mejoramiento de la calidad del cascaron con 25 hidroxicolecalciferol [25- (OH) D3] en dietas de gallinas de primero y segundo ciclos. Veterinaria México, julio-septiembre, año/vol. 32, número 003. Pp167-174
62. Robert O. Diseño Experimentales, 2da edición. Editorial Thomson Learning, México 2001.

## CUADROS

Cuadro 1. Composición de la dieta base para gallinas empleadas.

Ingrediente	Dieta Kg
Sorgo	654.823
Pasta de soya	269.096
Carbonato de calcio	99.593
Aceite de vegetal	38.212
Fosfato de calcio	16.490
Sal	4.649
DL-metionina	1.768
Premezclas de Vitaminas *	1.000
Premezclas de Minerales **	0.500
Secuestrante de micotoxinas	1.000
Pigmento Tagetes amarillo	1.000
L-lisina HCl	0.870
Cloruro de colina 60%	0.500
Pigmento rojo Capsicum	0.250
Bacitracina de zinc ***	0.300
Antioxidante	0.150
Total	1000

Análisis calculado de nutrientes

Proteína cruda %	17.9
E.M aves (Kcal/kg)	2,850
Lisina %	1.00
Met-Cistina %	0.75
Treonina %	0.71
Calcio total	4.00
Fosforo (disp)	0.44

\*Vitamina A 10,000,000 UI; Vitamina D3 2,500,000, UI; Vitamina E UI; Vitamina K 2.5g; Tiamina 1.6g; Riboflavina 5g; Cianocobalamina 0.010g, Ácido Fólico 0.50g; Piridoxina 1.5g; Pantotenato de calcio 10g; Niacina 30g; Cloruro de colina 60% 200g;

\*\*Proporciona, Hierro 40g; Manganeso 80g; Cobre 10g; Yodo 2g; Zinc 60g; Selenio 0.30g; Antioxidante 125g; Vehículo c.b.p 500g.

\*\*\*Se reemplazo en el tratamiento 2 por butirato de sodio 300g/ton (Adimix®; dosis 250-500g/ton), en el experimento 1.

Cuadro 2. Datos promedio del experimento 1 de gallinas de postura de la estirpe ISA-Babcock B-380 de 32 a 56 semanas de edad, alimentadas con diferentes promotores.

	T1	T2
Variable en estudio	Bacitracina	Con butirato
% postura	92.6 ± 0.302	91.9 ± 0.301
Peso de huevo (g)	63.0 ± 0.104	62.9 ± 0.144
Masa de huevo (g)	58.4 ± 0.187	57.7 ± 0.220
Consumo/Ave/día (g)	123.6 ± 0.478	124.3 ± 0.533
Índice de conversión	2.11 ± 0.010	2.15 ± 0.008
% de fisuras	2.4 ± 0.010	2.9 ± 0.348
Unidades Haugh	82.9 ± 2.542	83.0 ± 2.264
Grosor del cascarón (mm)	392 ± 5.747	394 ± 6.511
Peso del cascarón(g)	6.26 ± 0.105	6.03 ± 1.751
Color de la yema (abanico DSM)	10.3 ± 0.088	9.9 ± 0.135

No se encontró diferencia estadística significativa ( $P>0.05$ )

Promedio ± Error estándar de la media

Cuadro 3. Resultados promedio del experimento 2 en gallinas de postura de la estirpe Bovans de 63 a 73 semanas de edad, alimentados con diferentes niveles de butirato.

	T1	T2	T3
Variable en estudio	Sin butirato	300g/Ton	500g/Ton
% postura	86.4 b $\pm$ 0.998	92.2 a $\pm$ 0.603	89.6 a $\pm$ 0.922
Peso de huevo (g)	63.4 b $\pm$ 0.212	63.4 b $\pm$ 0.132	64.1 a $\pm$ 0.137
Masa de huevo (g)	54.8 b $\pm$ 0.716	58.5 a $\pm$ 0.417	57.4 a $\pm$ 0.606
Consumo/Ave/día (g)	111.4 b $\pm$ 1.047	111.9 ab $\pm$ 1.037	113.4 a $\pm$ 0.919
Índice de conversión	2.09 a $\pm$ 0.046	1.95 b $\pm$ 0.038	2.03 ab $\pm$ 0.045
% de fisuras	20.8 a $\pm$ 2.204	14.9 ab $\pm$ 1.700	12.9 b $\pm$ 1.558
Unidades Haugh	82.4 $\pm$ 2.483	85.2 $\pm$ 0.963	83.7 $\pm$ 1.008
Grosor del cascarón (mm)	347 $\pm$ 6.012	344 $\pm$ 6.752	354 $\pm$ 4.489
Color de la yema (abanico DSM)	10.7 a $\pm$ 0.119	10.6 a $\pm$ 0.139	10.5 a $\pm$ 0.088

Letras diferentes en filas son estadísticamente diferente (P< 0.05)  
Promedio  $\pm$  Error estándar de la media.

## FIGURAS

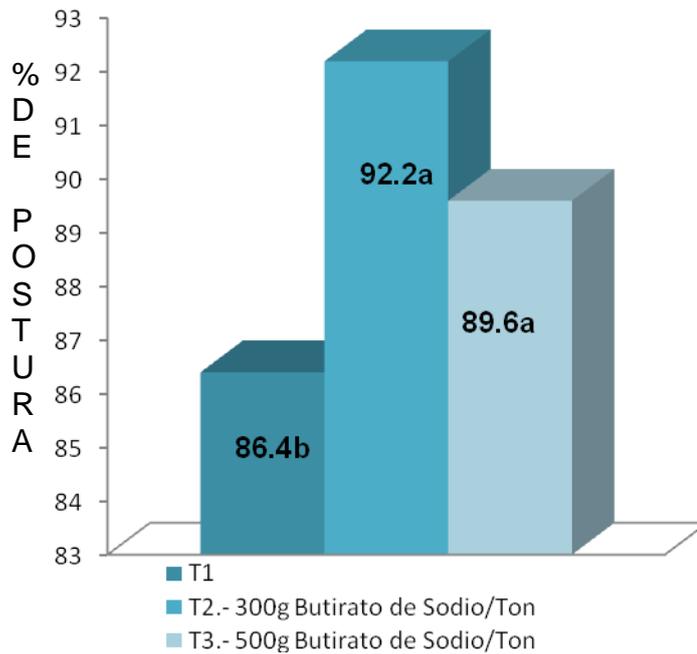


Figura 1. Porcentaje de postura gallina de Bovans de 63 semanas de edad con el uso de Butirato de Sodio (BS) en la dieta (Experimento 2).

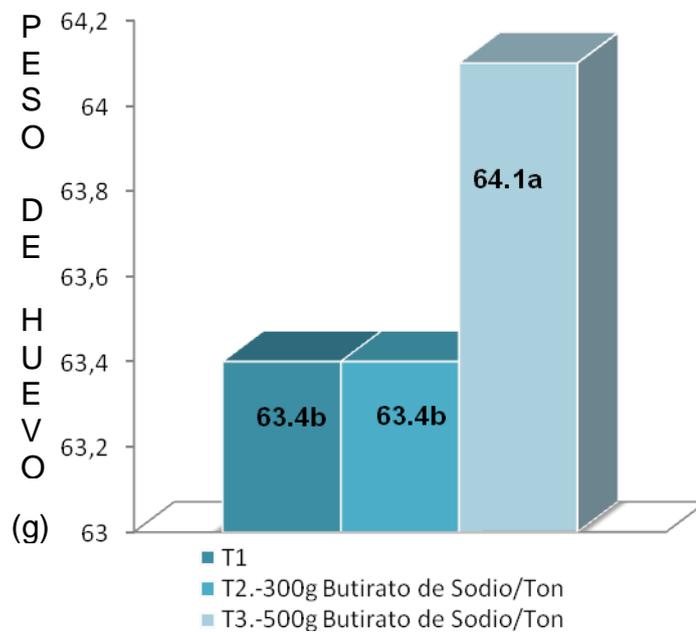


Figura 2. Comportamiento del peso de huevo en gallinas Bovans de 63 semanas de edad con el uso de Butirato de Sodio en la dieta (Experimento 2)

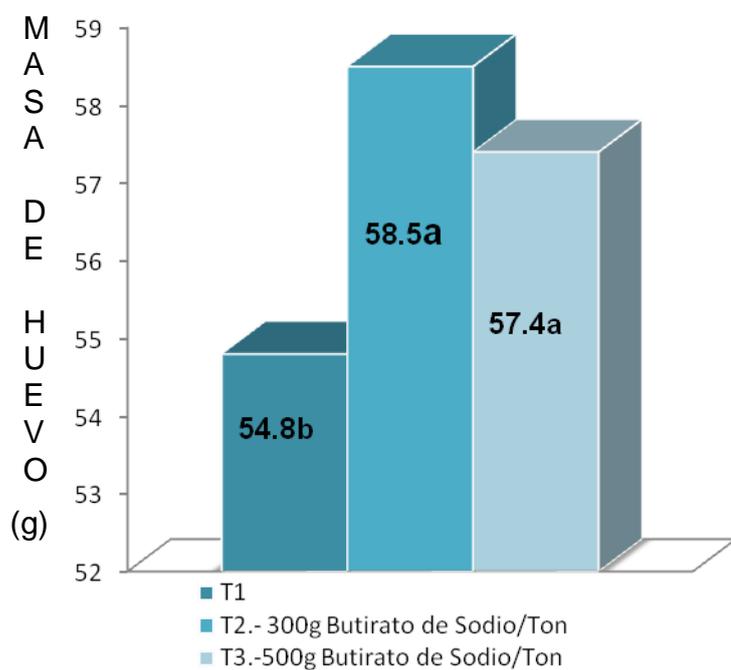


Figura 3. Comportamiento de la masa de huevo en gallinas Bovans de 63 semanas de edad con el uso de Butirato de Sodio en la dieta (Experimento 2).

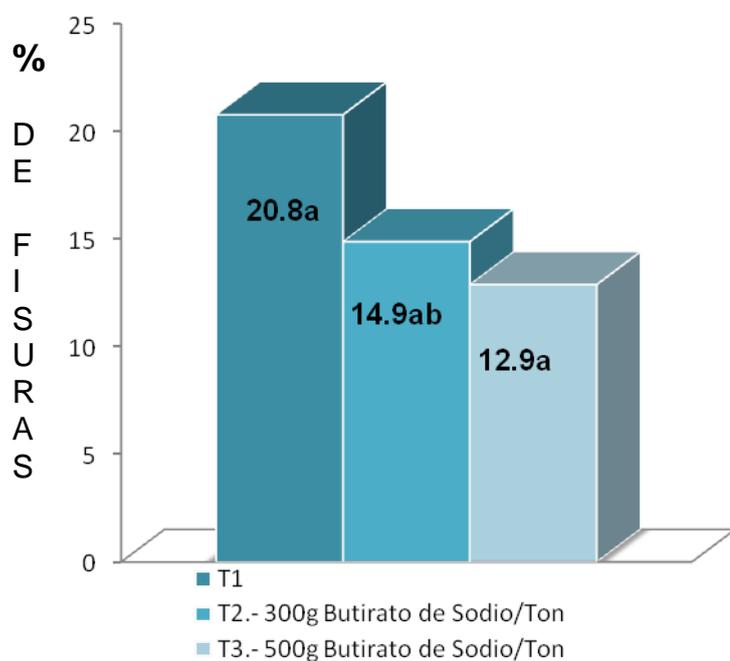


Figura 4. Porcentaje de fisuras en el cascarón en gallinas Bovans de 63 semanas de edad con el uso de Butirato de Sodio en la dieta (Experimento 2)

