



# **UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECHNIA

TESIS QUE PRESENTA

**JOHANA NOEMI BAROCIO URUE**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECHNISTA**

Asesores:

DR. José Arce Menocal.

MC. Luis Garibay Torres.

DR. Ernesto Ávila González.

DR. Carlos López Coello

MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DEL 2012.



# **UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECHNIA

## **“ADICIÓN DEL BUTIRATO DE SODIO EN EL ALIMENTO DEL POLLO DE ENGORDA, SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y MORTALIDAD”**

TESIS QUE PRESENTA

**JOHANA NOEMI BAROCIO URUE**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

MORELIA, MICHUACÁN, AGOSTO DEL 2012.





## AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

*Son muchas las personas especiales a las que quiero agradecer su apoyo, amistad, ánimo y compañía en esta linda etapa de mi vida.*

*A dios que me ha heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo (sus padres) y por ayudarme a cumplir uno más de mis sueños.*

*A mis padres sabiendo que no existirá forma alguna de agradecer una vida de sacrificios, esfuerzos y amor para educarme siendo esta mi mayor herencia, quiero que sientan que este sueño alcanzado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su gran apoyo.*

*Chaparro gracias por tu amor, comprensión y apoyo, los cuales me permitieron seguir adelante en esta gran carrera. Gracias por ser parte de mi vida.*

*A mis amigos muchas gracias por estar conmigo todo este tiempo, en el cual he vivido momentos muy especiales, gracias por ser mis amigos.*

*A todos mis profesores no solo de la carrera sino de toda mi vida, muchas gracias por que alguna manera forman parte de lo que ahora soy.*





*A mis asesores por permitirme ser parte de su grupo de trabajo. A sus consejos, paciencia y opiniones que sirvieron para que me sienta satisfecha en mi participación dentro de este proyecto de investigación.*

*Dedico con mucho cariño a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, gracias por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco con todo mi corazón el que estén conmigo a mi lado.*

*A mis hermanas por estar conmigo y apoyarme siempre, las quiero mucho.*





## RESUMEN

Se realizó un trabajo de investigación para evaluar la adición del ácido butírico protegido (AB) como butirato de sodio (BS), en la alimentación del pollo de engorda sobre los parámetros productivos y análisis económico. Se utilizaron 1000 pollitos sexados (50% hembras y 50% machos), los cuales se mantuvieron en producción hasta los 49 días de edad. Se distribuyeron completamente al azar en un diseño factorial  $2 \times 2$  con 5 repeticiones de 50 aves cada una. Los tratamientos consistieron en un control, con un alimento sin BS y otro con la adición de BS a una dosis de 500-500-250 g/t en la etapa de iniciación, crecimiento y finalización respectivamente. Los tratamientos fueron administrados tanto en hembras como en machos y las dietas no contenían antibióticos como promotores de crecimiento. Los resultados finales mostraron un aumento ( $P < 0.01$ ), del peso corporal en las aves que consumieron la dieta con BS en relación con el tratamiento control (2601 vs 2665 g), este aumento también se presentó en los machos (2466 vs 2807 g) con relación a las hembras, manifestándose interacción entre los tratamientos y sexo, siendo los machos con la adición de BS los que registraron las mejores respuestas. El consumo de alimento registró diferencias ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos (4879 vs 5017 g), sexo (4604 vs 5308 g) e interacción, mostrando los machos con la adición de BS, los de mayor consumo, sin presentar efectos ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos y sexo en la conversión de alimento y en el porcentaje de mortalidad. No se encontraron efectos ( $P > 0.05$ ) en el costo por kilogramo de peso vivo producido con la adición del BS, se observaron efectos ( $P < 0.06$ ) entre sexos (13.72 vs 13.56 MN), mostrando los machos los mejores resultados. Por lo que se concluye que la adición de BS en dietas de pollo de engorda, es un aditivo que favoreció el crecimiento corporal en un 2.46%, sin embargo, no representó una mejora económica, probablemente debido al costo del producto comercial, por lo que se sugiere realizar más trabajos al respecto, con menores dosis para observar su respuesta productiva y costo beneficio.

**PALABRAS CLAVE:** Pollos de engorda / Butirato de Sodio / Parámetros productivos.





## ÍNDICE

|                                                                                  | Pagina |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------|
| I. INTRODUCCIÓN.....                                                             | 4      |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....                                                  | 5      |
| 2.1 Los ácidos orgánicos.....                                                    | 5      |
| 2.2 Propiedades químicas de los ácidos orgánicos.....                            | 6      |
| 2.3 Efecto de los ácidos orgánicos y sales en la alimentación animal.....        | 7      |
| 2.4 Actividad antimicrobiana de los ácidos orgánicos.....                        | 11     |
| 2.5 Impacto sobre el metabolismo.....                                            | 13     |
| 2.6 Experiencias desarrolladas en aves .....                                     | 13     |
| 2.7 Acido butírico (protegido) en la alimentación del pollo de engorda.....      | 14     |
| 2.7.1 Funciones en la nutrición.....                                             | 16     |
| 2.7.2 Funciones en el metabolismo.....                                           | 16     |
| 2.7.3 Funciones en el sistema inmune.....                                        | 17     |
| III. OBJETIVO.....                                                               | 18     |
| 3.1 Objetivos específicos.....                                                   | 18     |
| IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....                                                      | 18     |
| V. RESULTADOS.....                                                               | 21     |
| VI. DISCUSIÓN.....                                                               | 22     |
| VII. CONCLUSIONES.....                                                           | 24     |
| VIII.BIBLIOGRAFÍA.....                                                           | 25     |
| IX. ANEXOS.....                                                                  | 33     |
| Cuadro 1.Efecto inhibitorio de diferentes acidificantes y sus combinaciones..... | 6      |
| Cuadro 2. Las propiedades químicas de los ácidos y sales.....                    | 7      |





|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 3 .Efectos de los ácidos orgánicos y sales en la alimentación animal.....                                                     | 8  |
| Cuadro 4.- Valores de pH de los segmentos del tracto gastrointestinal.....                                                           | 11 |
| Cuadro 5. Dieta utilizada en el pollo de engorda.....                                                                                | 33 |
| Cuadro 6. Análisis calculado de la dieta.....                                                                                        | 34 |
| Cuadro 7. Temperaturas registradas dentro de la caseta en las diferentes semanas.....                                                | 34 |
| Cuadro 8. Evolución del peso corporal (g) en el pollo de engorda.....                                                                | 35 |
| Cuadro 9. Evolución del consumo de alimento (g) en el pollo de engorda.....                                                          | 35 |
| Cuadro 10. Evolución de la conversión de alimento (g/g) en el pollo de engorda.....                                                  | 36 |
| Cuadro 11. Evolución de la mortalidad general (%) en el pollo de engorda.....                                                        | 36 |
| Cuadro 12. Costo por kilogramo de peso vivo producido a los 49 días de edad, por concepto de alimento, aves y alimento mas aves..... | 37 |







## I. INTRODUCCIÓN

Los antibióticos promotores de crecimiento (APC) desde hace muchos años se han empleado como una herramienta sumamente importante en la alimentación avícola por el efecto benéfico que presentan a nivel nutricional, sin embargo, debido a la problemática que estos presentan al relacionarse químicamente con los antibióticos que se utilizan para tratar enfermedades del ser humano, obliga a los nutricionistas a buscar nuevas fuentes de aditivos de origen natural que sean inofensivas tanto para el ave como para la humanidad, con efectos similares a los APC utilizados en la producción pecuaria (Diebold y Eidelburger, 2006). Años atrás, la Unión Europea prohibió el uso de algunos APC en los alimentos para animales por que pertenecen a compuestos que también son utilizados en medicina humana (Cancho, García y Simal, 2000), evitando así una posible resistencia a los antibióticos (Gunal *et al.*, 2006; Leeson, 2007). La línea a seguir del Continente Americano, es dirigirse con la misma tendencia a corto o a mediano plazo; incluso algunos países exportadores como Brasil, Estados Unidos y Argentina, ya están obligados a eliminar de las dietas de las aves los APC que exportan a la Unión Europea. Se han realizado en los últimos años algunos trabajos sobre alternativas principalmente con probióticos, prebióticos, simbióticos, ácidos orgánicos y productos de exclusión competitiva para la sustitución de los APC en la alimentación de las aves, con resultados que demuestran beneficios en la producción. La utilización de ácidos orgánicos en las dietas de los monogástricos han sido objeto de frecuentes discusiones en numerosas reuniones de nutrición animal, ya que los resultados disponibles en la literatura son contradictorios pero muchos nutriólogos comprenden que existe un potencial para que estos aditivos sean usados sistemáticamente en las dietas de las aves. No todos los ácidos orgánicos son igualmente eficaces y pueden responder individualmente de distintas maneras dependiendo de varios efectos, como el tipo de ácido y su valor de  $pK_a$  (constante de disociación de una sustancia), depende también de los microorganismos presentes y del nivel inicial del pH en el sitio de acción (Nakai y Siebert, 2002). En particular, el ácido butírico es de efecto conocido en rumiantes (Baldwin, 2000) y de creciente interés en los últimos años en cerdos (Galfi *et al.*,





1990; Bolduan, 1999), y en aves (Versteegh y Jongbloed, 1999), motivo del presente estudio.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Los ácidos orgánicos

El termino ácidos orgánicos engloba aquellos ácidos cuya estructura química se basa en el carbono, estos son compuestos que ocurren naturalmente en el metabolismo celular, por lo que son productos naturales y de baja toxicidad y se han utilizado durante más de 30 años para reducir el crecimiento de microorganismos en los alimentos, preservando su calidad higiénica (Kirchgessner y Roth, 1988). Los ácidos orgánicos no son antibióticos, pero si se usan correctamente junto con las medidas nutricionales, de manejo y bioseguridad pueden ser una herramienta poderosa para mantener la salud del tracto gastrointestinal de las aves mejorando su rendimiento zootécnico (Gauthier, 2002). En varias investigaciones pecuarias con el uso de estos compuestos, se ha descubierto que existe una disminución de la ingesta de patógenos (Cuadro 1), mejorando los efectos sobre la digestión y la absorción dando como resultado de un equilibrio de la microflora intestinal, dando como resultado una estabilización de la flora intestinal (eubiosis), y por lo tanto una mejora en la conversión alimenticia y en la ganancia diaria de peso, así como una menor incidencia de diarrea, mejorando los costos de alimentación. Se concentran habitualmente en los frutos de numerosas plantas y son compuestos orgánicos que poseen al menos un grupo ácido, de los cuales se distinguen, el ácido cítrico, fórmico, acético, málico, tartárico, salicílico, oxálico y los grasos (lactato, acetato y butirato).





## 2.2 Propiedades químicas de los ácidos orgánicos

Las propiedades químicas de algunos ácidos orgánicos y los efectos en la reducción del pH y su actividad antimicrobiana, son considerablemente en función de su estado de disociación del 50 % y es descrito por el  $pK_a$  específico para cada ácido, el cual permite conocer la fuerza de un ácido; cuanto menor sea, mayor es su tendencia a ionizar y, por consiguiente, más fuerte es el ácido y en el caso de una base ocurre lo contrario, ya que esta es más fuerte cuanto mayor es su  $pK_a$ . (Cuadro 2)

**Cuadro 1: Efecto inhibitorio de diferentes acidificantes y sus combinaciones**

| Cepa               | <i>Salmonella</i>                                  | <i>E. coli</i> |
|--------------------|----------------------------------------------------|----------------|
|                    | Halos de inhibición del crecimiento en placa en mm |                |
| Producto           | Efecto de Ácidos                                   |                |
| Ácido fórmico      | 15                                                 | 22             |
| Ácido propiónico   | 14                                                 | 23             |
| Ácido butírico     | 14                                                 | 19             |
| Ácido fosfórico    | 10                                                 | 17             |
| Ácido láctico      | 10                                                 | 15             |
|                    | Efecto de sales                                    |                |
| Butirato sódico    | 3                                                  | 4              |
| Propionato cálcico | 0                                                  | 1              |
| Formiato cálcico   | 0.5                                                | 0.5            |
| Dipropionato       | 7                                                  | 12             |
| Diformiato         | 8                                                  | 8              |

(Thompson y Hinton, 1997).



**Cuadro 2. Las propiedades químicas de los ácidos y sales.**

| Ácido / sal         | pK <sub>a</sub> | Solubilidad en agua | Física molecular (g) | Energía (KJ / g) | Condición física |
|---------------------|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| Ácido fórmico       | 3,75            | Muy buena           | 48,0                 | 5,8              | Líquido          |
| El ácido acético    | 4,75            | Muy buena           | 60,1                 | 14,8             | Líquido          |
| El ácido propiónico | 4,87            | Muy buena           | 74,1                 | 20,8             | Líquido          |
| El ácido láctico    | 3,08            | Buenas              | 90,1                 | 15,1             | Líquido          |
| El ácido fumárico   | 3.03/4.44       | Bajo                | 116,1                | 11,5             | Sólidos          |
| El ácido cítrico    | 3.14/5.95/6.39  | Buena               | 210,1                | 10,3             | Sólidos          |
| Ca-formiato         | -               | Bajo                | 130,1                | 3,9              | Sólida           |
| Na-formato          | -               | Muy bueno           | 68,0                 | 3,9              | Sólido           |
| Ca-Propionato       | -               | Bueno               | 16,6                 | 16,6             | Sólidos          |
| Ca-lactato          | -               | Bajo                | 10,2                 | 10,2             | Sólidos          |
| Butirato de sodio   | 4.83            | Buena               | 88.1                 | -                | Sólidos          |

(Kirchgessner y Roth, 1991)

### 2.3 Efectos de los ácidos orgánicos y sales en la alimentación animal

En la alimentación animal, los acidificantes y las sales ejercen sus efectos a través de tres maneras diferentes (Cuadro 3):

- a) Alimentación.
- b) Tracto digestivo
- c) Metabolismo.



**Cuadro 3 .Efectos de los ácidos orgánicos y sales en la alimentación animal**

|                         | <b>Forma efectiva</b>    | <b>Efectos de alimentación</b>                                                                                                                 |
|-------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alimentación</b>     | H <sup>+</sup>           | Reducción del pH.                                                                                                                              |
|                         | H <sup>+</sup> y aniones | Reducción de la capacidad de enlace del ácido.<br>Reducción del crecimiento microbiano.<br>Efectos antibacterianos intestinales.               |
| <b>Tracto digestivo</b> | H <sup>+</sup>           | Reducción del pH en el estómago y el duodeno - mejor actividad de la pepsina                                                                   |
| <b>Metabolismo</b>      | Aniones                  | Agentes formadores de complejos de cationes – (Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> , Fe <sup>++</sup> , Cu <sup>++</sup> , Zn <sup>++</sup> ). |
|                         | H <sup>+</sup> y aniones | Efectos antibacterianos.<br>Cambio en el metabolismo microbiano<br>concentraciones - de suministro de energía.                                 |

(Kirchgessner y Roth, 1988)

En relación a la alimentación, en condiciones favorables, los microorganismos patógenos pueden multiplicarse rápidamente en el lugar de almacenamiento, especialmente si el nivel de humedad es alto y el ambiente es cálido, debido a esto, los retos son de consideración ya que los alimentos pueden estar infectados con una cierta cantidad de hongos, bacterias o levaduras. Por lo cual la adición de ácidos orgánicos ejerce un efecto fungicida en el alimento que se administra, mediante la competición por sustancias biológicas necesarias para el desarrollo de los hongos, de esta forma se inhibe su crecimiento y, por tanto, disminuye la presencia de micotoxinas. Para la conservación del alimento, las concentraciones de ácido son generalmente en bajas proporciones. Sin embargo, cada ácido tiene un efecto específico sobre la inhibición de bacterias, levaduras o mohos, por lo cual tiene que ser considerado con las recomendaciones para su suplementación (Singh-Verma, 1973; Strauss y Hayler, 2001).

En cuanto a los efectos de los ácidos orgánicos en el tracto digestivo son de dos tipos, los que reducen el pH y los que inhiben el crecimiento de microorganismos enteropatógenos.





El buche de las aves es un divertículo del esófago en el cual el alimento permanece aproximadamente 50 minutos (Cuadro 4), esta característica constituye un ambiente idóneo para el desarrollo de microorganismos, tanto Gram + (*Clostridium spp*, *Staphylococcus spp*, *Streptococcus spp*, *Enterococcus spp*, *Bacillus Listeria*), así como de Gram – (*Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Salmonella spp*, *Haemophilus*), estas bacterias podrán colonizar el resto del aparato gastrointestinal y, por otro lado, son una fuente de contaminación de la canal en el sacrificio y evisceración del ave. El pH del buche suele ser relativamente ácido (5.5), aunque en determinadas circunstancias puede incrementarse, favoreciendo la multiplicación de microorganismos patógenos, cuyo pH óptimo de crecimiento se encuentra por encima de 6, por lo tanto, la acidificación del medio a este nivel a través de ácidos orgánicos garantizará el mantenimiento de un pH adecuado para inhibir el desarrollo de enteropatógenos (Thompson y Hinton, 1997).

En el estómago glandular (proventrículo) se produce la digestión enzimática del alimento y, al igual que en los mamíferos, su éxito viene determinado por el pH del medio. La pepsina es la enzima encargada de la digestión gástrica de las proteínas, el cual se segrega como proenzima (pepsinógeno), el cambio de pepsinógeno a pepsina se produce por la influencia del ácido clorhídrico (HCl), el cual se produce en el proventrículo, siendo necesario un  $\text{pH} \leq 3$  para que la transformación se realice rápidamente y una vez llevada a cabo, la pepsina pueda realizar su acción. Los aves de temprana edad son incapaces de segregar la cantidad suficiente de HCl, por lo que se ve comprometida la digestión de las proteínas, debido a esto, el paso de proteína sin digerir al intestino será un nutriente ideal para el desarrollo de microorganismos patógenos. El pH alcalino a nivel intestinal que se da en parte por el efecto de la liberación a través del páncreas del bicarbonato de sodio, puede favorecer la multiplicación de *E. coli* y de otros microorganismos en este compartimento digestivo, por tanto, la adición de acidificantes a la dieta contribuye a una mejor digestibilidad de la proteína y evita la proliferación de enteropatógenos (Overland *et al.*, 2000),





En el intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) y grueso (ciegos, colon y recto), la secreción de bicarbonato y enzimas pancreáticas (amilasa, lipasa, tripsina y quimotripsina) se ve estimulada por la entrada del contenido ácido del proventrículo al duodeno, de forma que a mayor acidificación de éste, mayor secreción de bicarbonato y enzimas se producirán, lo cual favorecerá la digestión de los nutrientes y en los segmentos más distales del intestino (yeyuno e íleon) y en los ciegos, un pH demasiado alcalino también favorecerá la proliferación de *E. coli* y *Salmonella spp.*, respectivamente, ya que en los primeros días de vida las enterobacterias predominan a nivel cecal (Van der Wielen *et al.*, 2000).

En el intestino, los ácidos orgánicos actúan frente a las bacterias patógenas y estimulan la proliferación de bacterias benéficas (*Lactobacillus spp.*), productoras de ácido láctico (AL), estas últimas son capaces de soportar variaciones de pH de 3 a 9 y habitan principalmente en el intestino y pueden utilizar la mayoría de los carbohidratos como fuentes de energía, procesando y reteniendo los restos de alimento que, de otra forma, serían expulsados del organismo. El ácido láctico (AL) que producen las bacterias benéficas, puede ser utilizado por el ave para la obtención de energía o ser almacenado para su uso posterior en el hígado como glucógeno, por tanto, la acidificación de las dietas mejora la absorción y aprovechamiento de nutrientes a nivel intestinal, así como también el desarrollo de AL produce una inhibición en el crecimiento de bacterias patógenas, todo esto se consigue mediante competencia biológica por los mismos substratos y lugares de adhesión intestinal, y por la disminución del pH hasta niveles intolerables para los patógenos (Eckel, Kirchgessner y Roth, 1992; Eidelsburger *et al.*, 1992; Mroz *et al.*, 2000).

En condiciones normales, el desarrollo de las bacterias lácticas y la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), impiden un crecimiento excesivo de enteropatógenos, sin embargo, cualquier factor dietético o ambiental puede favorecer su multiplicación dando lugar a la aparición de trastornos digestivos.



**Cuadro 4.- Valores de pH de los segmentos del tracto gastrointestinal.**

| Porción del tracto GI | Tiempo de transito (minutos) | pH        |
|-----------------------|------------------------------|-----------|
| Pico                  |                              | 7-7.5     |
| Buche                 | 50                           | 5.5       |
| Proventrículo         | 30                           | 2.5 - 3.5 |
| Molleja               | 90                           | 2.5- 3.5  |
| Duodeno               | 5-8                          | 5 -6      |
| Yeyuno                | 20-30                        | 6.5       |
| Íleon                 | 70                           | 7 – 7.5   |
| Ciego, colon y recto  | 25                           | 6.9 – 8   |

(Leeson *et al.*, 2005).

## 2.4 Actividad antimicrobiana de los ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos y sales ejercen sus efectos inhibiendo el crecimiento de los microorganismos patógenos en el tracto intestinal a través de la reducción del pH y los efectos de aniones y protones en la célula microbiana (Hellweg *et al.*, 2006).

El crecimiento bacteriano como *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* o *Salmonella ssp.* se inhibe con pH inferiores a 5, mientras que algunos otros como los *Lactobacillus spp.* Los números no parecen verse afectados, o puede ser incluso mayores (Hellweg *et al.*, 2006)

Los AGCC son lipofílicos (soluble en grasas) y se difunden a través de la membrana celular, donde, en el citoplasma mas alcalino, se disocian y los protones liberados acidifican el pH interno. Esta reducción en el metabolismo celular altera el pH y la actividad enzimática y por lo tanto la inhibición del crecimiento intraluminal de los enteropatógenos, como se ha demostrado en varias investigaciones con la reducción de el conteo de bacterias en el proventrículo (Kluge *et al.*, 2004) y en el duodeno







(Kirchgessner *et al.*, 1991; Hebel *et al.*, 2000; Hellweg *et al.*, 2006), favoreciendo el fenómeno de la eubiosis a nivel de la microflora intestinal.

La velocidad de los ácidos orgánicos para inhibir el crecimiento de los enteropatógenos, depende del tiempo de exposición, la temperatura ambiente y las propiedades específicas del ácido utilizado. Las concentraciones mínimas inhibitorias de los ácidos orgánicos son específicas para cada uno de los ácidos (Strauss y Hayler, 2001), así como por ejemplo, las bacterias Gram negativas sólo son sensibles a los ácidos con menos de ocho átomos de carbono como el fórmico, láctico, propiónico, butírico, isobutírico, valérico, isovalérico, caproico y caprílico, mientras que las Gram positivas son sensibles a los ácidos de cadena larga como el cáprico, láurico, mirístico, palmítico y esteárico (Partanen, 2001).

A diferencia de los ácidos orgánicos sus sales no pueden reducir el pH del medio ambiente y sus efectos sólo son a través de la cantidad de aniones ácidos presentes (Kirchgessner *et al.*, 1987), por ello cantidades suficientes de aniones son esenciales, principalmente en aquellos ácidos de bajo peso molecular, como el ácido fórmico, el cual parece tener actividades de mayor impacto que aquellos con elevados pesos moleculares, como el fumárico o ácido cítrico (Eidelsburger, 1997). Sin embargo, sales en una concentración suficiente parecen ser tan efectivos como los ácidos (Eidelsburger *et al.*, 1992), efectos que parecen estar más estrechamente relacionados con los aniones en lugar de los ácidos disueltos (Diebold y Eidelsburger, 2006).

Teniendo en cuenta que la actividad bactericida de los ácidos orgánicos es ejercida por su forma no disociada, es lógico pensar que el pH del medio en el cual se encuentra determinará la efectividad del mismo.

El aumento de la concentración de protones (acidificación del medio) incrementa la captación de éstos por parte del ácido orgánico disociado, aumentando de esta forma la concentración de su forma no disociada que es la que ejercerá el efecto bactericida. Por tanto es conveniente utilizar los ácidos orgánicos que posean un valor de  $pK_a$ , como el ácido butírico ( $pK_a = 4,82$ ) o el propiónico ( $pK_a = 4,87$ ). Al pH al





cual se encuentra el lumen intestinal (Cuadro 4) predominará la forma disociada de estos ácidos, pero la concentración de la forma no disociada será mayor que la conseguida con otros ácidos con valores de  $pK_a$  menores.

Por tanto, una reducción general de las bacterias reduce las necesidades metabólicas de los microorganismos y aumenta las tasas de absorción de nutrientes, especialmente de energía y aminoácidos (Hebeler *et al.*, 2000; Overland *et al.*, 2000), que conduce a la eficiencia del alimento y a la mejora en la ganancia diaria de peso corporal (Paulicks, Roth y Kirchgessner, 1999; Eidelsburger y Kirchgessner, 2000; Overland *et al.*, 2000; Hasselmann *et al.*, 2003; Etle, Mentschel y Roth, 2004).

## 2.5 Impacto sobre el metabolismo

La mayoría de los ácidos orgánicos contribuyen con una cantidad considerable de energía (Cuadro 3). Los ácidos orgánicos se absorben a través de los epitelios intestinales por difusión pasiva. Los ácidos de cadena corta se puede utilizar para la generación de Adenosintrifosfato (ATP) en el ciclo cítrico, por ejemplo, 1 mol de ácido fumárico genera 18 mol de ATP, aproximadamente la misma cantidad de energía que está implicado en la generación de ATP a partir de glucosa. Así el ácido fumárico puede ser comparado como la glucosa en términos energéticos. Lo mismo es cierto para ácido cítrico, mientras que el ácido acético y propiónico necesitan 18% y 15% más energía para la síntesis de 1 mol (Kirchgessner y Roth, 1988). A medida que el contenido de los ácidos se hace completamente disponible durante el metabolismo, se debe considerar en el cálculo la energía de las raciones de alimentos. Por ejemplo, el ácido propiónico contiene hasta cinco veces más energía que el trigo (Diebold y Eidelsburger, 2006).

## 2.6 Experiencias desarrolladas en aves

Los beneficios que se obtienen con la adición de ácidos orgánicos en pollos de engorda son amplios, a menudo han mostrado un incremento en el crecimiento (Vogt *et al.*, 1981; Skinner *et al.*, 1991), como el uso del ácido fórmico, que a una dosificación inferior al 0,5% incrementa el rendimiento de los animales (Eidelsburger





y Kirchgessner, 1994). Los resultados obtenidos en explotaciones comerciales de pollos de engorda con este tipo de acidificantes fueron prometedores con una mezcla de ácido fórmico y propiónico a una dosis de 0.2% contra *Salmonella spp*, demostrando que la *Salmonella enteritidis* y *typhimurium*, no pudieron ser aisladas de muestras cecales (Berchieri y Barrow, 1996). Estudios más recientes (Beghaus *et al.*, 2010), demostraron que la combinación de HMTBa (ácido 2-hidroxi4-metiltiobutanoico), fórmico y propiónico administrados en el agua de bebida a dosis de 1.5% durante la primera y última semana del ciclo productivo del pollo de engorda ayudaron a reducir *Salmonella spp.* y *Campylobacter spp.*

Dosis de 0.5% de ácido fumárico a la dieta, mejoro la conversión de alimento en pollos en comparación a los antibióticos utilizados como promotores de crecimiento como la Bacitracina de Zinc y Virginiamicina (Waldroup, 1998). Este mismo autor reporta variaciones de efectividad en los diferentes ácidos orgánicos utilizados en la industria avícola, ya que en un estudio utilizando diferentes ácidos orgánicos, la menor ganancia de peso corporal correspondió para el ácido cítrico a una dosificación del 3%, lo cual contrasta con lo encontrado por (Biggs y Parsons, 2008), quienes no encontraron diferencias en la ganancia del peso corporal de pollos de engorda a los 21 días de edad, utilizando ácido cítrico a una dosis de 3%, fumárico al 4.5% y málico con 2%.

(Meyer *et al.*, 2006) demostraron que los consumos fueron menores en los tratamientos con ácidos orgánicos, cuando se utilizaban niveles del 1.0%, principalmente ácido fumárico y cítrico, fueron suficientes para deprimir el consumo debido a que afectan la palatabilidad de la dieta.

## 2.7 Acido butírico en la alimentación del pollo de engorda.

Algunos de los ácidos orgánicos más importantes son los ácidos grasos de cadena corta, en particular, el ácido butírico, producido por la microbiota intestinal (la mayoría bacterias probióticas), que juega un papel importante en la fisiología y el metabolismo tanto en la mucosa ruminal e intestinal (Cummings y MacFarlane, 1991; Szylił y Andrieux, 1993; Gálfi *et al.*, 1981). En algunos estudios, se ha demostrado





que el aditivo formulado con butirato de sodio es el más efectivo para disminuir la eliminación fecal de *Salmonella spp* en pollos de engorda (Fernández *et al.*, 2009), lo que mejora la salud y el crecimiento de los animales. Se produce en el colon de humanos y en el rumen de bovinos como resultado de la fermentación bacteriana anaeróbica de la fibra dietaria, almidón no digerido y proteínas.

Está clasificado como un ácido monocarboxílico saturado de cadena corta, cuya fórmula molecular es  $C_4H_8O_2$ , y es soluble tanto en lípidos como en agua, lo cual lo hace un producto con características biológicas únicas, con un olor característico (penetrante y desagradable) por lo que es necesario protegerlo mediante recubrimiento o suministrarlo en forma de glicérido (Van Immerseel *et al.*, 2004), siendo también responsable del olor del queso debido a que se encuentra en las grasas de la leche al proceder de la fermentación butírica a partir de la lactosa.

Para que este tipo de ácido sea eficaz a nivel del último tramo del aparato digestivo, debe administrarse protegido con el propósito de que se evite su disociación en las primeras porciones del intestino y de esa manera obtenga una liberación gradual.

Investigaciones realizadas demuestran que la adición del ácido butírico presentado como butirato sódico al 0.2% en las dietas para pollos de engorda ayuda a mejorar la absorción de nutrientes, debido a una reducción del grosor de la mucosa intestinal y aumento de vellosidades (Manzanilla *et al.*, 2001). Estudios más recientes (Leeson, 2011), demuestran que los pollos de engorda a los que se les administró 0.3% de butirato en forma de sal presentaron una menor mortalidad y mostraron una tasa de crecimiento de más del 50% que el grupo control. Estudios más recientes (Sánchez *et al.*, 2009), indican que la adición de butirato de sodio a dosis de 500 ppm, mejoró el porcentaje de postura, masa de huevo e índice de conversión, con una disminución en el porcentaje de huevos rotos, así como en el de fisuras en el cascarón, al igual que un incremento en el área de absorción de nutrimentos en las vellosidades intestinales.

Comparando estudios con promotores de crecimiento (Waldroup, 1998) realizó estudios en pollos de engorda con una dosis de 0.3 % de glicérido butírico, no encontrando efectos significativos con Virginiamicina ni con Bacitracina de zinc, sin





embargo dosis de 0.2% de glicérido butírico presentaron el mejor índice de conversión.

(Leeson, 2011) observó un aumento numérico en la energía metabolizable aparente (EMA), con una dosis de 0.2% de butirato de glicerina, lo que eleva la disponibilidad de energía rebasando, incluso, la que se esperaba que aportara el butirato de glicerina. Una posible explicación a este fenómeno es el aumento de la absorción de los nutrientes digeridos, gracias a un desarrollo superior del intestino y sus vellosidades. El cálculo para el aumento de la EMA atribuida al glicérido butírico asignado para una formulación es aproximadamente de 125 MJ/kg.

### 2.7.1 Funciones en la nutrición (Kirchgessner *et al.*, 1994; Freitag *et al.*, 1999)

- 🐔 Tiene la capacidad de proteger al alimento de la destrucción de hongos y microorganismos.
- 🐔 Favorece la secreción de enzimas digestivas y mucilago.
- 🐔 Acelera el crecimiento y la diferenciación de la mucosa digestiva (como el epitelio del colon, el íleon o el yeyuno).
- 🐔 Aumenta la longitud de las papilas en el epitelio e incremento del número de vellosidades intestinales, y con ello, el área de absorción.

### 2.7.2 Funciones en el metabolismo (Thompson y Hinton, 1997; Wang *et al.*, 2009; Dibner y Buttin, 2002; Stoddart *et al.*, 2008; Kirchgessner *et al.*, 1988; Rombeau *et al.*, 1995).

- 🐔 Sirve como fuente de energía en las células del epitelio intestinal, para los enterocitos y como molécula de regulación importante en la proliferación de éstos.
- 🐔 Actúa en la secreción de insulina y glucagón, en la motilidad gastrointestinal.
- 🐔 Mejora la digestibilidad de las proteínas, calcio, fósforo, magnesio, y el zinc, y sirve como sustrato en el metabolismo intermediario.





- 🐔 Aumenta la producción de hormonas enterotrópicas, y estimula el sistema nervioso entérico.

**2.7.3 Funciones en el sistema inmune** (Wächtershäuser y Stein, 2000; Langhout, 2000; Domokos *et al.*, 2010; Garczarczyk *et al.*, 2010; Inan *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2004; Van Immerseel *et al.*, 2006; Dhawale, 2005; Laparra *et al.*, 2007).

- 🐔 Activa los linfocitos (que mejoran el estado del sistema inmune), su presencia en el intestino delgado puede ser un factor esencial en el mantenimiento y reparación de la mucosa.
- 🐔 Reduce la producción de componentes tóxicos por las bacterias y la colonización de patógenos en la pared intestinal, evitando así el daño a las células epiteliales.
- 🐔 Estimula el sistema inmune no específico mediado por macrófagos y aumenta la inmunidad local específica, asimismo, ejerce acciones antiinflamatorias específicas en el colon.
- 🐔 Induce la detención del crecimiento, diferenciación y apoptosis (muerte celular) de células cancerosas.
- 🐔 Posee efectos antibacterianos sobre enteropatógenos Gram negativos como *E. coli.* y *Salmonella spp.* y Gram positivos como *Clostridium spp.*, debido a que penetran su pared celular y alteran la fisiología normal lo cual produce una regulación del balance de la microbiota intestinal.
- 🐔 Estimula el crecimiento de bacterias beneficiosas, como lactobacilos y bifidobacterias.





### III.OBJETIVO

Evaluar la adición del ácido butírico como butirato de sodio en dietas a base de sorgo-soya en el pollo de engorda sobre los parámetros productivos y mortalidad, así como en los índices económicos.

#### 3.1 Objetivos específicos

- 🌸 Evaluar el peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia en machos como en hembras.
- 🌸 Evaluar el porcentaje de mortalidad.
- 🌸 Evaluar el costo por kilogramo de peso vivo producido por concepto de alimento y ave.

### IV. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una granja avícola localizada en el Municipio de Tarimbaro, Michoacán a una altura de 1,940 metros sobre el nivel del mar, registrando una temperatura mínima anual de 16°C y una máxima de 18°C, aunque se estuvo monitoreando la temperatura dentro de la caseta las diferentes semanas (Cuadro 7), la precipitación pluvial máxima es de 800mm y mínima de 600mm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (55.80%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (44.20%) (INEGI, 2009).

Se utilizaron 1000 pollitos sexados (50% hembras y 50% machos) de 1 día de edad de la estirpe Ross 308, las cuales se mantuvieron en producción hasta los 49 días de edad. Se distribuyeron completamente al azar en un diseño factorial 2 tratamientos x 2 sexos con 5 repeticiones de 50 aves cada una. Los tratamientos consistieron en utilizar un alimento sin ácido butírico protegido (Control), y un alimento similar con ácido butírico protegido, suministrado como butirato de sodio a una dosis de 500-500-250 g/t





alimento en la etapa de iniciación, crecimiento y finalización respectivamente. Los tratamientos fueron administrados tanto en hembras como en machos y las dietas no contenían antibióticos como promotores de crecimiento.

El alimento fue preparado cubriendo las necesidades establecidas para el pollo de engorda (Cuca, Ávila y Pro 2009) y se proporciono en tres fases (Cuadro 5 y 6), a libre acceso al igual que el agua, con un fotoperiodo de luz natural y con una densidad de población de 10 aves / m<sup>2</sup>.

El programa de manejo y sanitario fueron similares para los distintos tratamientos; el pollito fue vacunado contra Marek, Viruela y Gumboro en la planta incubadora y posteriormente se aplicaron 2 vacunas contra Newcastle por vía ocular (8 y 21 días de edad).

Las variables evaluadas semanalmente fueron:

- a) Peso de las aves: Se pesaron la totalidad de los pollos semanalmente en cada replica y se calculó el peso individual promedio, acorde con el número de aves vivas al momento del pesaje. Posteriormente se obtuvo la ganancia de peso semanal.
- b) Consumo de alimento: Se pesó el alimento ofrecido al inicio de semana, se recolecto y pesó el residual de cada replica. Se calculó el consumo individual promedio según el número de aves vivas al final de la semana. Se realizó una corrección por mortalidad donde el consumo aproximado de la cantidad de aves muertas por semana fue restado del consumo total.
- c) Conversión alimenticia: Con los datos de peso semanal y consumo se obtuvo la conversión alimenticia por semana y acumulada, la cual quedó automáticamente corregida por mortalidad.







- d) Mortalidad: Las aves muertas se anotaron en la bitácora de cada replica con la fecha de dicho acontecimiento, para realizar las correcciones en consumo y conversión alimenticia. Posteriormente se obtuvo el porcentaje de mortalidad.

Al final del trabajo se realizó un estudio económico en el cual, se analizó en cada tratamiento el costo por kilogramo de peso vivo producido, por concepto de alimento y ave (Cuadro 12), bajo la fórmula descrita a continuación:

**Alimento** = Conversión final x Precio del alimento de acuerdo a los consumos de las diferentes etapas.

**Ave** =  $100 / \% \text{ de la supervivencia} \times \text{Precio del Pollito} / \text{Peso Corporal final}$ .

Los datos obtenidos de cada una de las variables descritas, fueron analizados conforme al diseño empleado (StatSoft. Statistica 6.0, 2003) y cuando existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, se realizó la comparación de medias por la prueba de Fisher LSD.





## V. RESULTADOS

En el cuadro 8 se muestran los promedios de los resultados del peso corporal a través del tiempo de los distintos tratamientos, observándose diferencias significativas ( $P < 0.01$ ), entre ambos tratamientos a partir de la cuarta semana, donde se muestra un incremento en el peso de las aves alimentadas con BS (1226 vs 1281 g), diferencia que no fue continua sino hasta el final de la prueba en la cual nuevamente el tratamiento con BS presento los mejores resultados (2601b vs 2665a g). Cuando comparamos los dos tratamientos por sexo observamos que existió diferencias ( $P < 0.01$ ) a partir de la cuarta semana, diferencia que se mantuvo hasta el final de la prueba donde los machos obtuvieron los más altos pesos (2807a vs 2466b g). Existió interacción en el peso corporal entre los tratamientos y sexo, observándose diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) a partir de la tercera semana de edad efecto que se mantuvo hasta el final de la prueba, mostrando los machos alimentados con BS los que presentaron los mayores pesos corporales (2447c, 2755b, 2481c y 2849a g) que el resto de los tratamientos. En el cuadro 9, se muestran los promedios de los resultados del consumo de alimento a través del tiempo de los diferentes tratamientos, observándose diferencias significativas ( $P < 0.01$ ), entre los tratamientos evaluados a partir de la sexta semana, obteniendo los más altos consumos al final de la prueba, las aves alimentadas con BS (4879b vs 5017a g). Cuando se hizo la comparación entre sexos se observó diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) a partir de la cuarta semana, mostrándose un incremento en el consumo de alimento en los machos hasta el final de la prueba (4604b vs 5308a g). Se presento efectos de interacción ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos y sexo, a partir de la quinta semana de edad. Fueron los machos con BS los que presentaron un mayor consumo de alimento (4587c, 5172b, 6618c y 5416a g) al final de la prueba.

No se observaron efectos significativos ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos estudiados, sexos e interacción entre tratamientos y sexos, en los resultados de la conversión del alimento ajustada a mortalidad a través del tiempo (Cuadro 10). De la misma





manera, no se observaron cambios significativos ( $P>0.05$ ) en los porcentajes de mortalidad general (Cuadro 11) entre tratamientos, sexos e interacción.

En el Cuadro 12, se muestran los resultados del costo por kilogramo de peso vivo producido por concepto de alimento y ave, en el cual, no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos evaluados. Los valores obtenidos por sexos, se muestran diferencias significativas ( $P<0.01$ ) en el costo de producción por concepto de ave (2.41b vs 2.14a MN) a favor de los machos. Este efecto influyó para obtener diferencias ( $P<0.06$ ) en la suma de los conceptos de alimento y ave (13.72b vs 13.56a MN) a favor de los machos.

## VI. DISCUSIÓN

Es evidente los beneficios zootécnicos en los sistemas de producción avícola, que demuestra el butirato de sodio administrado en el alimento; debido principalmente a sus características de acción en la nutrición, en donde entre otras cosas favorece la secreción de enzimas digestivas y mejora el desarrollo y desempeño del aparato digestivo, principalmente en su porción posterior (Kirchgessner *et al.*, 1994; Freitag *et al.*, 1999). Así mismo sus funciones en el metabolismo, como fuente de energía a las células del epitelio intestinal, (Thompson y Hinton, 1997; Wang *et al.*, 2009; Dibner y Buttin, 2002; Stoddart *et al.*, 2008; Kirchgessner *et al.*, 1988; Rombeau *et al.*, 1995) y sus acciones en el sistema inmune como la activación de linfocitos y macrófagos (Wächtershäuser y Stein, 2000; Langhout, 2000; Domokos *et al.*, 2010; Garczarczyk *et al.*, 2010; Inan *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2004; Van Immerseel *et al.*, 2006; Dhawale, 2005; Laparra *et al.*, 2007).

Investigaciones realizadas demuestran que la adición del ácido butírico presentado como butirato sódico en dosis de 0.2% en las dietas para pollos de engorda, obtienen resultados favorables (Manzanilla *et al.*, 2001; Leeson, S, 2011; Waldroup, 1998), mientras que en gallinas productoras de huevo los mejores resultados fueron en dosis de 500 ppm con butirato de sodio protegido (Sánchez *et al.*, 2009).





En el presente estudio, fueron los machos con BS protegido a dosis de 500-500-250 g/t en las etapas de iniciación, crecimiento y finalización respectivamente, los que obtuvieron al final del trabajo los mejores resultados en el peso corporal, sin presentar efectos significativos ( $P>0.05$ ) en el porcentaje de mortalidad general y en la conversión de alimento, debido al mayor consumo que registraron. Los resultados coinciden con los trabajos descritos anteriormente en donde se encontraron efectos favorables en el desarrollo del pollo de engorda, con el uso de BS y que puede ser debido a sus características de acción en la nutrición, en el metabolismo y en el sistema inmune.

A pesar de obtener resultados favorables en el peso corporal con el uso de BS protegido, los beneficios económicos no se reflejaron al final del trabajo, debido principalmente al costo del BS que hizo que se incrementara el valor del alimento en un 0.54 % a las dosis utilizadas y al incremento del consumo de alimento en un 2.75 % que registraron las aves que estuvieron consumiendo BS. Por lo que se sugiere para futuros trabajos disminuir la dosis del BS y observar si los beneficios zootécnicos reflejan oportunidades económicas para los productores.





## VII. CONCLUSIONES

- 1) La adición del BS mejoro un 2.46 % el peso corporal, sin presentar diferencias ( $P>0.05$ ) en la conversión de alimento y mortalidad, al final de la prueba.
- 2) Entre los machos, los de mejor respuesta a un incremento de peso ( $P<0.01$ ), fueron los que estuvieron consumiendo la dieta con BS, sin presentar diferencias ( $P>0.05$ ) en la conversión de alimento y mortalidad, al final de la prueba con y sin BS
- 3) Entre las hembras, no se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) en los parámetros productivos ni en la mortalidad, con y sin BS.
- 4) No se observaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos y la interacción en el costo por kilogramo de peso vivo producido por concepto de alimento y ave.





## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Baldwin, R.L. 2000. Sheep gastrointestinal development in response to different dietary treatments. *Small Ruminant Research* 35, 39-47.
2. Beghaus, R.; Camacho, F.D.; Cholick, H.; Dibner, J.; Holafre, C.; Montoya, F.A.; Quiroz, M.; Thayer, S.; Young, S. 2010. Uso de una combinación de ácidos orgánicos en el agua de bebida para reducir *Salmonella spp.* y *Campylobacter spp.* en pollos de engorda.
3. Berchieri, A. and Barrow, P.A. 1996. Reduction in incidence of experimental fowl typhoid by incorporation of a commercial formic acid preparation into poultry feed. *Poultry Science*, 75:339-341.
4. Biggs, P. y Parsons, C.M. 2008. Los efectos de varios ácidos orgánicos en el crecimiento, digestibilidad de nutrientes, y las poblaciones microbianas en cecales polluelos. *Poultry Science*. 87:... 2581 -2589.
5. Bolduan, G. 1999. Feeding weaner pigs without infeed antibiotics. In: *Biotechnology in the Feed Industry* (TP Lyons and KA Jacques, Ed.). Nottingham University Press, Nottingham, UK. Pp. 223-230.
6. Cancho, G.B.; García, F.M.S. and Simal, G.J. 2000. El uso de antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. *Science Technology Aliment.* 3: 39-47.
7. Cuca, M. G.; Ávila, E. G. and Pro, A. M. 2009. Alimentación de las Aves. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México.
8. Cummings, J.H. and Macfarlane, G.T. 1991. The colonic flora, fermentation and large bowel digestive function. Philips, S.F.; Pemberton, J.H.; Shorter, R.G. The colonic flora, fermentation and large bowel digestive function. The large intestine: physiology, pathophysiology, and disease. pp: 51 91 Raven Press New York.
9. Dhawale, A. 2005. "Better eggshell quality with a gut acidifier, " *Poultry International*, vol. [3]. pp. 18-21.
10. Dibner, J.J. and Buttin, P. 2002. "El uso de ácidos orgánicos como modelo para estudiar el impacto de la microflora intestinal en la nutrición y el metabolismo",





Revista de Investigación Aplicada de aves de corral, vol. no. 11, no. 4, pp. 453-463.

11. Diebold, G. and Eidelsburger, U. 2006. Acidification of diets as an alternative to antibiotic growth promoters. In: *Antimicrobial growth promoters*. Edited by D. Barug, J.; Jong, A.K. and M.W.S. Verstegen. pp. 311-327. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
12. Domokos, M.; Jakus, J.; Szeker, K.; Csizinszky, R.; Csiko, G.Y.; Neoprady, Z.S.; Csordas, A. and Galfi, P. 2010. Butyrate-induced cell death and differentiation are associated with distinct patterns of ROS in HT29-derived human colon cancer cells. *Digestive Diseases and Sciences*. 55:92-30.
13. Eckel, B.; Kirchgessner, M. and Roth, F.X. 1992. Effects of formic acid on daily gain, feed uptake, feed conversion and digestibility. 1st communication: Studies on nutritive effects of organic acids in piglet rearing. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 67: 93-100.
14. Eidelsburger, U.; Roth, F.X. and Kirchgessner, M. 1992. Zum Einfluß von Ameisensäure, Calciumformiat und Natriumhydrogencarbonat auf tägliche Zunahmen, Futteraufnahme, Futterverwertung und Verdaulichkeit. 7. Mitteilung. Untersuchungen zu nutritiven Wirksamkeit von organischen Säuren in der Ferkelaufzucht. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 67: 258-267.
15. Eidelsburger, U.; Kirchgessner, M. and Roth, F.X. 1994. Effects of formic acid, Calciumformate and Na-hydrogen-carbonate on pH, dry matter, concentration of carbon acids and ammonia in different parts of the gastrointestinal tract. 8th communication: Studies on nutritive effects of organic acids in piglet rearing. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 68: 20-32.
16. Eidelsburger, U. 1997. Optimierung der Futterqualität ist nur ein Teilaspekt. [Optimising feed quality] *Schweinewelt* January: 18-21.
17. Eidelsburger, U. and Kirchgessner, M. 2000. Zum Einfluß organischer Säuren und Salze im Futter auf die Mastleistung von Broilern. *Archiv für Geflügelkunde* 58: 268-277.





18. Etle, T.; Mentschel, K. and Roth, F.X. 2004. Effect of organic acids on dietary selfselection by the piglet. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 13:125.
19. Fernandez, R.C.; Ordoñez, C.; Abad, G.J.; Garcia, G.A.; Pilar, H.M.; José. J. y Balañafouze, R. 2009. Butyric acid-based feed additives help protect broiler chickens from *Salmonella Enteritidis* infection. *Poultry Science*. 88:943-948.
20. Freitag, M.; Hensche, H.U.; Schulte-Sienbeck, H. and Reichelt, B. 1999. Biologische. Effekte konventioneller und alternativer Leistungsförderer. *Feed Magazine*: 49-57.
21. Galfi, P.; Veresegyhazy, T.; Neoprady, S. and Kutas, F. 1981. Effect of sodium normal-butyrate on primary ruminal epithelial-cell culture. *Zentralblatt fur Veterinarmedizin Reihe A*. 28:259-261.
22. Galfi, P.; Veresegyhazy, T.; Neoprady, S. and Kutas, F. 1990. Effect of sodium normal-butyrate on primary ruminal epithelial-cell culture. *Zentralblatt fur Veterinarmedizin Reihe A*. 28:259-261
23. Galfi, P. and Neoprady, S. 1995. Acides organiques monocarboxyliques (2-6 carbones) dans la nutrition des pores et autres especes. Symposium International: Alimentation Animale et Santce Publique, Additifs sans Residu. Probiotiques - Prebiotiques - Parabiotiques. 17-18 Mayo, pp.16.
24. Garczarczyk, D.; Szeker, K.; Galfi, P.; Csordas, A. and Hofmann, J. 2010. Protein kinase Cy in colon cancer cells: expression, Thr514 phosphorylation and sensitivity to butyrate-mediated upregulation as related to the degree of differentiation. *Chemico-biological interactions*. 185:25-32.
25. Gauthier, Robert. El caso de los Ácidos Orgánicos. Los avicultores y su entorno. 2002. pp. 84.
26. Gedek, B. 1993. Probiotika als Bioregulatoren. [Probiotics as bioregulators] In: *Vitamine und weitere Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier*. Edited by G. Flachowsky and R. Schubert. pp. 253-262.
27. Gunal, M.; Yayli, G.; Kaya, O.; Karahan, N. and Sulak, O. 2006. Los efectos de los antibióticos promotores de crecimiento, los suplementos de ácido orgánico o







- probióticos en el rendimiento, la microflora intestinal y el tejido de pollos de engorde. *Int. Journal Poultry Sciencie*. 5: 149-155.
28. Hasselmann, L.; Münchow, H.; Rühle, J. and Nattermann, H. 2003. Influence of formic acid, sorbic acid and hydrochloride acid on selected gastrointestinal and microbiological parameters in early weaned piglets. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 12: 78.
29. Hebel, D.; Kulla, S.; Winkenwerder, F.; Kamphues, J.; Zentek, J. and Amtsberg, G. 2000. Influence of a formic acid-potassiumformate-complex on chyme composition as well as on the intestinal microflora of weaned piglets. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 9: 63.
30. Hellweg, P.; Tats, D.; Männer, K.; Vahjen, W. and Zentek, J. 2006. Impact of potassium diformate on gut flora of weaned piglets. *Proceedings of the Society of Nutritional Physiology* 15: 63.
31. Inan, H.S.; Rasoulpour, R.J.; Yin, L.; Hubbard, A.; Rosenberg, D.M. and Giordina, C. 2000. The luminal short-chain fatty acid butyrate modulates NF- $\kappa$ B activity in a human colonic epithelial cell line. *Gastroenterology*; 118: 724–734.
32. INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. [En línea] México, D.F.+ . [Consulta 20 septiembre, 2011].
33. Kim, H.S.; Whang, S.; Woo, M.S.; Park, J.S.; Kim, W.K. and Han, I.O. 2004. Sodium butyrate suppresses interferon-gamma-, but not lipopolysaccharide-mediated induction of nitric oxide and tumor necrosis factor – alpha in microglia. *Journal of Neuroimmunology*. 151:85-93.
34. Kirchgessner, M. and Roth, F.X. 1987. Einsatz von Formiaten in der Ferkelfütterung. 2. Mitteilung: Natriumformiat. Effects of formates in piglet feeding. 2<sup>nd</sup> communication: Na-formate. *Landwirtschaftliche Forschung* 40: 287-294.
35. Kirchgessner, M. and Roth, F.X. 1988. Ergotrope effekte durch organische sauren in der Ferkelaufzucht und schweinemast, Übersichten zur Tierernährung, vol. 16, pp. 93-108.





36. Kirchgessner, M. and Roth, F.X. 1991. Ergotrope Effekte durch nutritiven Einsatz von organischen Säuren. [Nutritive effects of organic acids] *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin* 191: 265-276.
37. Kirchgessner, M.; Gedek, B.; Wiehler, S.; Bott, A.; Eidelsburger, U. and Roth, F.X. 1994. [Effects of formic acid, Ca-formate and Na-hydrogen-carbonate on bacterial counts and composition in different parts of the gastrointestinal tract. 10th communication: Studies on the nutritive efficacy of organic acids in piglet rearing] *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 68: 73-81.
38. Kluge, H.; Broz, J. and Eder, K. 2004. Studies on the influence of benzoic acid as a feed additive on growth performance, digestibility of nutrients, nitrogen balance, microflora and parameters of the microbial metabolism in the gastrointestinal tract of weaned piglets. 8. *Tagung für Schweine und Geflügelernährung Halle (Saale) Germany*: 42-45.
39. Langhout, P. 2000. "New additives for broiler chickens" "Nuevos aditivos para pollos de engorde," *Feed Mix*, pp 24-27.
40. Laparra, V.J.L.; Ávila, G.E; López, C.C. y Arce M.J. 2007. Efecto de la adición de ácidos orgánicos, en el alimento del pollo de engorda, sobre los parámetros productivos. *Memorias del xiii congreso bienal de amena. Veracruz, Ver. Mex.*
41. Leeson, S.; Namkung, H. and Antongiovanni, M. 2005. Efecto del ácido butírico sobre el rendimiento de la canal de los pollos de engorde. *Journal Poultry Science*. 84:1418-1422.
42. Leeson, S. 2007. Butyrate-lancing science versus societal issues in Butyrate-lancing poultry nutrition. *Aves de corral nutrición. Nutr. Abstr. Rev. (B)*. 71:1-5.
43. Leeson, S. 2011. El glicérido butírico como antibacteriano y estimulador del intestino en broilers. Departamento de Ciencia Avícola Universidad de Guelph (Ontario, Canadá).
44. Manzanilla E.G.; Anguita, M.; Mesia, J.; Perez, J.F.; Gasa J. 2001. La inclusión de butirato sódico en dietas de broilers modifica el perfil cecal de ácidos grasos volátiles y el grosor de la mucosa intestinal. Departamento de Ciencia Animal y de alimentos de la Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona.





45. Meyer, A.; Schön, A. and Brade, W. 2006. Einsatz des Leistungsförderers Formi in der Mast. [Use of the growth promoter Formi in pig fattening] *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung Fulda*.pp. 186-187.
46. Mroz, Z.; Krasucki, W.; Grela, E.; Matras, J. and Eidelsburger, U. 2000. The effects of propionic and formic acids as a blend (Lupro-Cid®) in graded dosages on the health, performance and nutrient digestibility (ileal/overall) in sows. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 9: 72.
47. Nakai, S.A. and Siebert K.J. 2002. Validation of bacterial growth inhibition models based on molecular properties of organic acids. *International J. of Food Microb*: 2678, 1-7.
48. Overland, M.; Granli, T.; Kjos, N.P.; Fjetland, O.; Steien, S.H. and Stokstad, M. 2000. Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 78: 1875-1884.
49. Partanen, K. 2001. Organic acids – their efficacy and modes of action in pigs. In: *Gut environment of pigs*. Edited by A. Piva, K.E. Bach Knudsen and J.E. Lindberg. pp. 201-218. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
50. Paulicks, B.R.; Roth, F.X. and Kirchgessner, M. 1999. Nutritive efficacy of a formic acid –formate-complex (Formi™ LHS) on the performance of weaned piglets depending on the feed composition. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 8: 127.
51. Rombeau, J.L.; Reilly, K.J. and Rolandelli, R.H. 1995. Short-chain fatty acids in intestinal surgery: rationale and clinical implications. In: Cummings JH, Rombeau, J.L, Sakata, T. (eds) *Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids*, Cambridge University Press, Great Britain, pp.401-425.
52. Sánchez, H.I.; Posadas, H.E.; Sánchez, R.E.; Fuente, M.B.; Hernandez, E.J.; Laparra, J.L.V.; Avila, G.E. 2009. Efecto del butirato de sodio en dietas para gallinas sobre el comportamiento productivo, calidad del huevo y vellosidades intestinales. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional





Autónoma de México, Calle Salvador Díaz Mirón 89, Colonia Santiago Zapotitlán, 13209, México, D. F.

53. Singh-Verma, S.B. 1973. Wirkung verschiedener organischer Säuren in der Konservierung von Feuchtgetreide und Futtermitteln aus mikrobiologischer Sicht. [Effects of different organic acids in the conservation of moist grain and feedstuffs from a microbial viewpoint] *Landwirtschaftliche Forschung* 26, Sonderheft 28/II: 95-114.
54. Skinner, J. T.; Izat, A.L. and Waldroup, P. W. 1991. Research note: Fumaric acid enhances performance of broiler chickens. *Poultry. Sciencie.* 70:1444–1447.
55. Strauss, G. and Hayler, T. 2001. Effects of organic acids on microorganisms. *Krafftutter* 4: 147-151.
56. Stoddart, L.A.; Nicola, J.; Smith, J.A. and Milligan, G. 2008. International Union of Pharmacology. LXXI. Free Fatty Acid Receptors FFA1, -2, and - 3: Pharmacology and Pathophysiological Functions. *Pharmacological Reviews.* 60:405-417.
57. Szylił, O. and Andrieux, C. 1993. Physiological and pathophysiological effects of carbohydrate fermentation. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 74:88-122.
58. Thompson, J.L. and Hinton, M. 1997. Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on salmonellas in the crop. *Br. Journal Poultry Sciencie.* 38:59-65.
59. Van der Wielen P.W.J.J.; Biesterveld, S.; Notermans, S.; Hofstra, H.; Urlings, B.A.P. and Van, Knapen. F. 2000. Role of volatile fatty acids in development of the cecal microflora in broiler chickens during growth. *Appl. Environ. Microbiol.* June: 2536-40.
60. Van der wielen, P. 2000. Dietary strategies to influence the of young animals and its potential to improve intestinal health. pp. 37-60.
61. Van Immerseel, F.; Fievez, V.; Buck, J.; Pasmans, F.; Martel, A.; Haesebrouk, F. and Ducatelle, R. 2004. Los ácidos grasos de cadena corta en la colonización y la invasión de alimentar a modificar poco después de la infección por *Salmonella enteritidis* en los pollos jóvenes. *Sci.* 83:69-74.





62. Van Immerseel, F.; Boyen, F.; Gantois, I.; Timbermont, L.; Bohez, F.; Pasmans, F.; Haesebrouck, F. and Ducatelle, R. 2006. La suplementación de ácido butírico recubierto en la alimentación reduce la colonización y el derramamiento de la salmonella en aves de corral. *Journal Poultry Sciencie*. 84:1851-1856.
63. Versteegh, H.A.J. and Jongbloed, A.W. 1999. Lactic acid has a positive effect on broiler performance. *World Poultry N°8*, Vol. 5, 16-17.
64. Vogt, H.; Matthes, S. Harnisch, S. and Ristic, M. 1979. Fumaric acid in broiler rations. *Arch. Geflugelkd*. 43:54–60.
65. Wächtershäuser, A. and Stein, J. 2000. Rationale for the luminal provision of butyrate in intestinal diseases. *Eur J Nutr*. 39: 164-171.
66. Wang, A.; Gu, Z.; Heid, B.; Akers, R. M. and Jiang, H. 2009. Identification and characterization of the bovine G protein-coupled receptor GPR41 and GPR43 genes. *J. Dairy Sci*. 92:2696- 2705.
67. Waldroup, A.; Kaniawato, S. and Mauromoustakos, A. 1995. Performance characteristics and microbiological aspects of broiler fed diets supplemented with organic acids. *Journal of Food Protection*, 58: 482-489.





## IX. ANEXOS

**Cuadro 5. Dieta utilizada en el pollo de engorda**

| Ingrediente           | 1-21 días   | 22-35 días  | 36-49 días  |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | <b>Kg</b>   |             |             |
| Sorgo (8.5%)          | 556,66      | 583,03      | 620,4       |
| P. Soya (46%)         | 358         | 315         | 274         |
| Aceite de soya        | 18          | 57          | 6           |
| Aceite de pollo       | 18          | 0           | 60          |
| Ortofosfato 18/21     | 18,6        | 15,9        | 14,1        |
| Calcio (38%)          | 15,1        | 12,9        | 12,4        |
| Sal Refinada          | 3,2         | 2,9         | 2,7         |
| MHA Novus (84%)       | 3,390       | 3,270       | 2,640       |
| L-Lisina HCL          | 2,4         | 1,3         | 1,2         |
| Bicarbonato de Sodio  | 2,2         | 2           | 2           |
| Vitaminas y Minerales | 3           | 1,1         | 1,1         |
| Nicarbazina + Madura  | 0,5         | 0,5         | 0           |
| Salinomicina          | 0           | 0           | 0.5         |
| L-Treonina            | 0,3         | 0,4         | 0           |
| Antioxidante          | 0,15        | 0,18        | 0,18        |
| Pigmento 30 g/kg      | 0           | 4           | 2,5         |
| Carofhil rojo         | 0           | 0,02        | 0,03        |
| Butirato de sodio     | 0.5         | 0.5         | 0.25        |
| <b>TOTAL</b>          | <b>1000</b> | <b>1000</b> | <b>1000</b> |



**Cuadro 6. Análisis calculado de la dieta**

| Nutrientes             | 1-21 días | 22-35 días | 36-49 días |
|------------------------|-----------|------------|------------|
| Proteína Cruda (%)     | 22.00     | 20.1       | 18.5       |
| EM. Kcal./Kg.          | 3025      | 3185       | 3210       |
| Lisina (%)             | 1.38      | 1.17       | 1.05       |
| Metionina (%)          | 0.64      | 0.59       | 0.52       |
| Metionina+Cistina (%)  | 1.00      | 0.94       | 0.83       |
| Treonina (%)           | 0.84      | 0.78       | 0.68       |
| Triptófano (%)         | 0.27      | 0.25       | 0.23       |
| Calcio (%)             | 1.0       | 0.94       | 0.85       |
| Fósforo Disponible (%) | 0.46      | 0.40       | 0.38       |
| Sodio (%)              | 0.20      | 0.18       | 0.17       |

**Cuadro 7. Temperaturas registradas dentro de la caseta en las diferentes semanas**

| Semana                       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Media (°C)                   | 31,3 | 29,9 | 29,3 | 29,2 | 27,7 | 28,1 | 26,6 |
| Mínima (°C)                  | 28,1 | 27,7 | 27,4 | 25,0 | 22,6 | 23,3 | 18,4 |
| Máxima (°C)                  | 34,5 | 33,8 | 33,1 | 34,5 | 34,5 | 33,1 | 34,0 |
| Coeficiente de Variación (%) | 4,2  | 4,4  | 4,5  | 8,5  | 9,3  | 10,5 | 13,3 |
| Temperatura operativa (°C)   | 32,3 | 31,7 | 31,2 | 31,3 | 30,5 | 29,8 | 28,8 |



**Cuadro 8. Evolución del peso corporal (g) en el pollo de engorda**

| Semana                |   | 1                          | 2            | 3               | 4               | 5               | 6               | 7               |
|-----------------------|---|----------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tratamientos(T)       |   | Media $\pm$ Error estándar |              |                 |                 |                 |                 |                 |
| Control (C)           |   | 161 $\pm$ 3                | 408 $\pm$ 4  | 749 $\pm$ 5     | 1226 $\pm$ 31 b | 1873 $\pm$ 58   | 2304 $\pm$ 62   | 2601 $\pm$ 60 b |
| Butirato de sodio(BS) |   | 165 $\pm$ 3                | 416 $\pm$ 8  | 790 $\pm$ 12    | 1281 $\pm$ 19 a | 1893 $\pm$ 56   | 2335 $\pm$ 57   | 2665 $\pm$ 62 a |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS           | NS              | (P<0.01)        | NS              | NS              | (P<0.01)        |
| <b>Sexos (S)</b>      |   |                            |              |                 |                 |                 |                 |                 |
| Hembras               |   | 166 $\pm$ 2                | 404 $\pm$ 3  | 752 $\pm$ 9     | 1199 $\pm$ 18 b | 1726 $\pm$ 6 b  | 2156 $\pm$ 11 b | 2466 $\pm$ 12 b |
| Machos                |   | 161 $\pm$ 4                | 420 $\pm$ 8  | 792 $\pm$ 12    | 1314 $\pm$ 14 a | 2042 $\pm$ 13 a | 2487 $\pm$ 14 a | 2807 $\pm$ 22 a |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS           | NS              | (P<0.01)        | (P<0.01)        | (P<0.01)        | (P<0.01)        |
| <b>T + S</b>          |   |                            |              |                 |                 |                 |                 |                 |
| Control               | H | 163 $\pm$ 3                | 408 $\pm$ 6  | 738 $\pm$ 3 b   | 1151 $\pm$ 18 c | 1723 $\pm$ 11b  | 2143 $\pm$ 17b  | 2447 $\pm$ 20c  |
| Control               | M | 159 $\pm$ 6                | 408 $\pm$ 5  | 759 $\pm$ 7 ab  | 1301 $\pm$ 17ab | 2024 $\pm$ 15a  | 2465 $\pm$ 18a  | 2755 $\pm$ 24b  |
| BS                    | H | 168 $\pm$ 2                | 402 $\pm$ 3  | 763 $\pm$ 14 ab | 1238 $\pm$ 14 b | 1729 $\pm$ 7b   | 2167 $\pm$ 14b  | 2481 $\pm$ 13c  |
| BS                    | M | 163 $\pm$ 6                | 429 $\pm$ 13 | 818 $\pm$ 11 a  | 1324 $\pm$ 11 a | 2057 $\pm$ 19a  | 2504 $\pm$ 17a  | 2849 $\pm$ 20a  |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS           | (P<0.01)        | (P<0.01)        | (P<0.01)        | (P<0.01)        | (P<0.01)        |

NS= No existe diferencias significativas (p&gt;0.05).

**Cuadro 9. Evolución del consumo de alimento (g) en el pollo de engorda**

| Semana                |   | 1                          | 2            | 3                | 4               | 5               | 6                | 7                |
|-----------------------|---|----------------------------|--------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Tratamientos(T)       |   | Media $\pm$ Error estándar |              |                  |                 |                 |                  |                  |
| Control (C)           |   | 167 $\pm$ 2                | 526 $\pm$ 6  | 1088 $\pm$ 6     | 1886 $\pm$ 34   | 2865 $\pm$ 36   | 3950 $\pm$ 70 b  | 4879 $\pm$ 111 b |
| Butirato de sodio(BS) |   | 168 $\pm$ 2                | 530 $\pm$ 7  | 1127 $\pm$ 16    | 1900 $\pm$ 37   | 2921 $\pm$ 62   | 4032 $\pm$ 104 a | 5017 $\pm$ 134 a |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS           | NS               | NS              | NS              | (P<0.01)         | (P<0.01)         |
| <b>Sexos (S)</b>      |   |                            |              |                  |                 |                 |                  |                  |
| Hembras               |   | 167 $\pm$ 2                | 519 $\pm$ 5  | 1085 $\pm$ 10    | 1798 $\pm$ 12 b | 2755 $\pm$ 13 b | 3743 $\pm$ 14 b  | 4604 $\pm$ 16 b  |
| Machos                |   | 169 $\pm$ 3                | 538 $\pm$ 7  | 1135 $\pm$ 14    | 1990 $\pm$ 13 a | 3037 $\pm$ 28 a | 4248 $\pm$ 39 a  | 5308 $\pm$ 45 a  |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS           | NS               | (P<0.01)        | (P<0.01)        | (P<0.01)         | (P<0.01)         |
| <b>T + S</b>          |   |                            |              |                  |                 |                 |                  |                  |
| Control               | H | 167 $\pm$ 2                | 520 $\pm$ 8  | 1078 $\pm$ 7 b   | 1799 $\pm$ 12 b | 2773 $\pm$ 20 c | 3769 $\pm$ 23 c  | 4587 $\pm$ 16 c  |
| Control               | M | 167 $\pm$ 4                | 533 $\pm$ 10 | 1099 $\pm$ 5 ab  | 1973 $\pm$ 13 a | 2957 $\pm$ 9 b  | 4131 $\pm$ 18 b  | 5172 $\pm$ 21 b  |
| BS                    | H | 167 $\pm$ 2                | 518 $\pm$ 6  | 1090 $\pm$ 17 ab | 1796 $\pm$ 20 b | 2740 $\pm$ 16 c | 3723 $\pm$ 13 c  | 4618 $\pm$ 26 c  |
| BS                    | M | 170 $\pm$ 5                | 541 $\pm$ 11 | 1164 $\pm$ 15 a  | 2003 $\pm$ 20 a | 3101 $\pm$ 24 a | 4342 $\pm$ 19 a  | 5416 $\pm$ 20 a  |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS           | (P<0.01)         | (P<0.01)        | (P<0.01)        | (P<0.01)         | (P<0.01)         |

NS= No existe diferencias significativas (p&gt;0.05)





**Cuadro 10. Evolución de la conversión de alimento (g/g) en el pollo de engorda**

| Semana                 |   | 1                          | 2              | 3              | 4              | 5                | 6              | 7              |
|------------------------|---|----------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| Tratamientos(T)        |   | Media $\pm$ Error estándar |                |                |                |                  |                |                |
| Control (C)            |   | 1.38 $\pm$ .06             | 1.43 $\pm$ .02 | 1.54 $\pm$ .01 | 1.59 $\pm$ .02 | 1.57 $\pm$ .03   | 1.75 $\pm$ .02 | 1.91 $\pm$ .01 |
| Butirato de sodio (BS) |   | 1.34 $\pm$ .05             | 1.41 $\pm$ .01 | 1.50 $\pm$ .01 | 1.53 $\pm$ .02 | 1.58 $\pm$ .02   | 1.76 $\pm$ .01 | 1.91 $\pm$ .01 |
| Probabilidad           |   | NS                         | NS             | NS             | NS             | NS               | NS             | NS             |
| <b>Sexos (S)</b>       |   |                            |                |                |                |                  |                |                |
| Hembras                |   | 1.32 $\pm$ .02             | 1.42 $\pm$ .01 | 1.52 $\pm$ .01 | 1.55 $\pm$ .03 | 1.63 $\pm$ .01 b | 1.77 $\pm$ .01 | 1.90 $\pm$ .01 |
| Machos                 |   | 1.40 $\pm$ .07             | 1.42 $\pm$ .02 | 1.51 $\pm$ .01 | 1.56 $\pm$ .02 | 1.52 $\pm$ .01 a | 1.74 $\pm$ .02 | 1.92 $\pm$ .01 |
| Probabilidad           |   | NS                         | NS             | NS             | NS             | (P<0.01)         | NS             | NS             |
| <b>T + S</b>           |   |                            |                |                |                |                  |                |                |
| Control                | H | 1.35 $\pm$ .03             | 1.41 $\pm$ .02 | 1.54 $\pm$ .01 | 1.62 $\pm$ .03 | 1.65 $\pm$ .01   | 1.79 $\pm$ .01 | 1.91 $\pm$ .01 |
| Control                | M | 1.41 $\pm$ .11             | 1.45 $\pm$ .03 | 1.53 $\pm$ .01 | 1.57 $\pm$ .03 | 1.49 $\pm$ .01   | 1.70 $\pm$ .02 | 1.91 $\pm$ .02 |
| BS                     | H | 1.30 $\pm$ .03             | 1.43 $\pm$ .01 | 1.51 $\pm$ .01 | 1.50 $\pm$ .02 | 1.62 $\pm$ .01   | 1.75 $\pm$ .01 | 1.89 $\pm$ .02 |
| BS                     | M | 1.39 $\pm$ .09             | 1.39 $\pm$ .02 | 1.50 $\pm$ .02 | 1.56 $\pm$ .03 | 1.54 $\pm$ .02   | 1.76 $\pm$ .02 | 1.93 $\pm$ .01 |
| Probabilidad           |   | NS                         | NS             | NS             | NS             | NS               | NS             | NS             |

NS= No existe diferencias significativas (p&gt;0.05)

**Cuadro 11. Evolución de la mortalidad general (%) en el pollo de engorda**

| Semana                |   | 1                          | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             |
|-----------------------|---|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Tratamientos(T)       |   | Media $\pm$ Error estándar |               |               |               |               |               |               |
| Control (C)           |   | 0.3 $\pm$ .3               | 0.5 $\pm$ .3  | 0.8 $\pm$ .4  | 0.8 $\pm$ .4  | 1.3 $\pm$ .4  | 2.3 $\pm$ .5  | 4.3 $\pm$ .6  |
| Butirato de sodio(BS) |   | 0.8 $\pm$ .5               | 1.6 $\pm$ .7  | 2.6 $\pm$ .8  | 2.6 $\pm$ .8  | 2.8 $\pm$ 1   | 2.8 $\pm$ 1   | 4.8 $\pm$ 1   |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS            | NS            | NS            | NS            | NS            | NS            |
| <b>Sexos (S)</b>      |   |                            |               |               |               |               |               |               |
| Hembras               |   | 0.7 $\pm$ .5               | 1.1 $\pm$ .7  | 1.8 $\pm$ .8  | 1.8 $\pm$ .8  | 2.2 $\pm$ 1   | 3.1 $\pm$ .9  | 4.2 $\pm$ .8  |
| Machos                |   | 0.4 $\pm$ .4               | 1.1 $\pm$ .5  | 1.8 $\pm$ .7  | 1.8 $\pm$ .7  | 2.0 $\pm$ .7  | 2.0 $\pm$ .7  | 4.9 $\pm$ .9  |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS            | NS            | NS            | NS            | NS            | NS            |
| <b>T + S</b>          |   |                            |               |               |               |               |               |               |
| Control               | H | 0.5 $\pm$ .5               | 0.5 $\pm$ .5  | 0.5 $\pm$ .5  | 0.5 $\pm$ .5  | 1.0 $\pm$ .6  | 3.0 $\pm$ .6  | 4.0 $\pm$ .8  |
| Control               | M | 0.0 $\pm$ 0                | 0.5 $\pm$ .5  | 1.0 $\pm$ .6  | 1.0 $\pm$ .6  | 1.5 $\pm$ .5  | 1.5 $\pm$ .5  | 4.5 $\pm$ 1   |
| BS                    | H | 0.8 $\pm$ .8               | 1.6 $\pm$ 1.2 | 2.8 $\pm$ 1.4 | 2.8 $\pm$ 1.4 | 3.2 $\pm$ 1.6 | 3.2 $\pm$ 1.6 | 4.4 $\pm$ 1.3 |
| BS                    | M | 0.8 $\pm$ .8               | 1.6 $\pm$ .7  | 2.4 $\pm$ 1.2 | 2.4 $\pm$ 1.2 | 2.4 $\pm$ 1.2 | 2.4 $\pm$ 1.2 | 5.2 $\pm$ 1.5 |
| Probabilidad          |   | NS                         | NS            | NS            | NS            | NS            | NS            | NS            |

NS= No existe diferencias significativas (p&gt;0.05)





**Cuadro 12. Costos por Kg de peso vivo producido a los 49 días de edad, por concepto de alimento y ave.**

|                         |   | Costo del alimento | Alimento | Ave*     | Alimento + Ave |
|-------------------------|---|--------------------|----------|----------|----------------|
|                         |   | Moneda nacional    |          |          |                |
| <b>Tratamientos (T)</b> |   |                    |          |          |                |
| Control (C)             |   | 5.939              | 11.32    | 2.30     | 13.62          |
| Butirato de sodio       |   | 5.971              | 11.40    | 2.26     | 13.66          |
| Probabilidad            |   |                    | NS       | NS       | NS             |
|                         |   |                    |          |          |                |
| <b>Sexos (S)</b>        |   |                    |          |          |                |
| Hembras                 |   | 5.956              | 11.31    | 2.41b    | 13.72 b        |
| Machos                  |   | 5.956              | 11.42    | 2.14 a   | 13.56 a        |
| Probabilidad            |   |                    | NS       | (P<0.01) | (P<0.06)       |
|                         |   |                    |          |          |                |
| <b>T + S</b>            |   |                    |          |          |                |
| Control                 | H | 5.939              | 11.32    | 2.43     | 13.75          |
| Control                 | M | 5.939              | 11.31    | 2.17     | 13.48          |
| Butirato de sodio       | H | 5.971              | 11.29    | 2.40     | 13.70          |
| Butirato de sodio       | M | 5.971              | 11.51    | 2.11     | 13.62          |
| EE                      |   |                    | 0.042    | 0.036    | 0.042          |
| Probabilidad            |   |                    | NS       | NS       | NS             |

\* Precio del Butirato de Sodio Comercial = 75.00/ Kg

\*Precio del pollito = 5.70 MN

a,b = Literales distintas entre sexos presentan diferencias significativas (P<0.06)

EE = Error estándar

NS= No existe diferencias significativas (p>0.05).

