Efecto del uso de diferentes niveles de butirato sobre parámetros: zootécnicos, histopatológicos y mediciones alométricas en pollos de engorde a diferentes edades

Laura Montejó eMVZ¹, Dubel Balvin MV, MSc¹; Gloria María Restrepo. Zoot²Jhon D. Ruiz MV, MSc, PhD¹,

¹Grupo de Investigación en Ciencias Animales (INCA-CES),

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad CES, ²Premex SA.

Resumen

El butirato es un ácido graso de cadena corta (AGCC), subproducto de la fermentación microbiana de hidratos de carbono. Este aditivo en aves es reconocido por su efecto directo sobre la secreción de mucina, efecto antibacteriano y también se le atribuye importancia en relación con la estructura intestinal, ya que, plantea ser un potente estimulador de la división celular. El objetivo de esta investigación fue la determinación de la eficiencia de la inclusión de un aditivo (butirato protegido), y su impacto sobre los parámetros zootécnicos, histopatológicos y mediciones alométricas en pollos de engorde a diferentes edades. Se evaluaron 736 machos Ross 308, distribuidos en cuatro tratamientos, cada uno con ocho repeticiones de 23 animales. El periodo total de evaluación se realizó en seis semanas, dividido en dos fases: fase de inicio (0 a 21 días de vida) y fase de engorde (22 a 42 días). El primer tratamiento (T1) fue el control, el cual no se suministró el aditivo. El segundo tratamiento (T2) fue suministrado desde el día 0 al día 7 a razón de 600 g/tonelada. El tercer tratamiento (T3) se suministró del día 0 al 21 utilizando la misma fórmula de mezcla y por último el cuarto tratamiento (T4) fue suministrado del día 0 al 42. No se observó diferencia estadística significativa entre la inclusión de butirato y parámetros zootécnicos como ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, de igual forma no se encontró en las medidas alométricas. Se presentó un efecto positivo en la inclusión de este aditivo en la dieta, disminuyendo el porcentaje de mortalidad durante la etapa de engorde de las aves del día 1 a 21 en el T3.

Palabras Claves: Ácido butírico, Broiler, intestino delgado, vellosidades intestinales, histología.

Abstract

Butyrate is a short chain fatty acid (SCFA), product of microbial fermentation of carbohydrates. This additive in poultry is recognized by its direct effect on mucin secretion, antibacterial effect and as a potent stimulator

of cell division. The objective of this research was to determine the efficiency of the inclusion of an additive (protected butyrate), and its impact on zootechnical and histopathologic parameters and allometric measurements in broilers at different ages. 736 male Ross 308, distributed in four treatments were evaluated. The total period of evaluation was conducted in six weeks, divided into two stages: initiation phase (0-21 days of life) and fattening (22-42 days). The first treatment (T1) was the control group and no additive was provided. The second treatment (T2) was supplied from day 0 to day 7 at 600 g/tonne. The third treatment (T3) was fed from day 0 to 21 using the same formula mixture and finally the fourth treatment (T4) was supplied from day 0 to 42. No statistically significant difference was observed between the inclusion of butyrate and the zootechnical parameters such as weight gain, feed intake, feed conversion and allometric measurements. However, a positive effect on the inclusion of this additive into the diet was elicited, reducing the mortality rate during the fattening phase of poultry between day 1 to 21 in T3.

Keywords: butyric acid, Broiler, small intestine villi, histology.

Introducción

La tendencia en la alimentación animal en los últimos años ha sido la búsqueda de una dieta que cubra sus necesidades básicas, además de reforzar su estado sanitario, reducir problemas patológicos sin utilizar medicamentos, para así conseguir mejorar la producción y rendimiento económico (1). Así mismo, se ha hecho necesario acatar medidas propuestas por parte de los entes regulatorios como son el establecimiento de buenas prácticas avícolas y estrategias de prevención, con el fin de incursionar nuevos mercados, crecer como gremio y asegurar la trazabilidad de su producto. Los promotores de crecimiento (generalmente antibióticos), se han empleado como un suplemento importante en la alimentación avícola por el efecto benéfico que presentan a nivel nutricional, entendido en este caso como una alternativa para la ganancia de peso de

los animales, sin embargo, pueden presentar un riesgo potencial para la salud humana al relacionarse químicamente con los antibióticos que se utilizan para tratar enfermedades del ser humano(2). Alternativas diferentes se han allanado como opciones variables que buscan nuevas fuentes de aditivos de origen natural inocuas tanto para el ave como para el humano como algunos ácidos grasos entre los cuales se encuentra el butirato.

El butirato es un ácido graso de cadena corta (AGCC), es subproducto de la fermentación microbiana de hidratos de carbono. Esta sustancia plantea tener un efecto directo en la secreción de mucina y tener poder bactericida sobre agentes enteropatógenos tales como *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Clostridium spp*, entre otros(3). Estudios reportan que el ácido butírico tiene fuertes propiedades antimicrobianas que pueden reducir la colonización patológica del intestino por los agentes anteriormente citados, sugieren que ofrece un equilibrio de sustancias en todo el tracto gastrointestinal (4)(5). También se le atribuye importancia en relación con la estructura intestinal, ya que, se ha demostrado que es un potente estimulador de la división celular. Además, se considera la principal fuente de energía para los colonocitos, induciendo una mayor proliferación celular en las criptas de Lieberkühn de la mucosa colorrectal e ileal. (6)(7)(8)

Algunas investigaciones reportan que el butirato se absorbe rápidamente en el tracto digestivo superior, por lo tanto es poco ideal para dietas en pollos de engorde. Sin embargo, se ha demostrado que este aditivo "protegido" puede eludir la degradación en el buche y proventrículo, teniendo un efecto positivo en las vellosidades y células epiteliales del intestino delgado, estas podrían utilizar el sustrato que le proporciona el ácido para desarrollarse satisfactoriamente (9).

También es reportado que el butirato estimula el sistema inmune no específico, promoviendo la producción de citoquinas por macrófagos aumentando la inmunidad local específica. Propone tener acciones antiinflamatorias en el tracto intestinal reduciendo el daño tisular (10).

El objetivo de esta investigación fue la determinación de la eficiencia de la inclusión de un aditivo (butirato protegido), y su impacto sobre los parámetros zootécnicos, histopatológicos y mediciones alométricas en pollos de engorde a diferentes edades.

Este proyecto se realizó conjuntamente con la empresa privada y hace parte de un grupo de estudios que buscan evaluar el efecto de diferentes suplementos nutricionales con las características mencionadas.

Objetivos (Auxiliar de investigación)

1. Adquirir destrezas en la obtención y procesamiento de tejidos para análisis alométricos e histopatológicos en pollo de engorde.
2. Realizar las mediciones microscópicas de las vellosidades intestinales del duodeno en pollo de engorde.
3. Establecer el análisis de los resultados en la medición de las vellosidades de los animales intervenidos con el suplemento nutricionales (butirato).

Actividades operativas

1. Procesar histopatológicamente las muestras correspondientes al análisis comparativo con el butirato.
2. Realizar mediciones de ancho, largo y profundidad de las vellosidades intestinales de todas las muestras obtenidas.

Actividades académicas

1. Presentar un informe de los resultados tabulados de la lectura de las mediciones histopatológicas, acompañado y un breve análisis y discusión del porqué de los mismos.

Materiales y Métodos

Consideraciones éticas

Este estudio contó con el aval ético del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales (CICUA) de la Universidad CES Acta No 6 de 2013.

Tipo de estudio

Estudio de tipo experimental doble ciego.

Localización

El estudio se llevó a cabo en la granja experimental de Premex S.A, ubicada en el municipio de Fredonia departamento de Antioquia a una altura sobre el nivel de mar de 1800 m.s.n.m y una temperatura promedio de 20°C.

Grupos de estudio

Para el desarrollo de este estudio se evaluaron 736 machos Ross 308 de un día de vida, distribuidos en cuatro tratamientos, cada uno con ocho repeticiones de 23 animales cada uno, alojadas a una densidad de 11.97 aves por metro cuadrado.

Cada tratamiento contó con dos etapas para el alimento (inicio y engorde), Fase de inicial: 1 a 21 días de vida, fase de engorde: 22 a 42; con una duración de tres semanas para un periodo de evaluación que duró en total seis semanas. Estas dietas fueron formuladas con el perfil nutricional acorde a la etapa productiva en que se encontraban las aves. El aditivo fue mezclado utilizando 600 g de butirato protegido por tonelada de alimento. Las aves recibieron alimento a voluntad durante la primera semana de vida. A partir de la segunda semana se realizó una alimentación controlada (95% del alimento recomendado por la línea) para evitar diferencias en el consumo de nutrientes entre los tratamientos y así determinar el efecto sobre parámetros zootécnicos. Así mismo, los animales se sometieron a un desafío sanitario con el objetivo de simular las condiciones de la producción comercial, este procedimiento se repitió los días 9, 16, 23, 30 y 37 de vida.(7)

Descripción de los tratamientos

Tabla 1. El primer tratamiento (T1) corresponde al grupo control, el cual no se suministró el aditivo. El segundo tratamiento (T2) solo era suministrado desde el día 0 al día 7 a razón de 600 g/tonelada. El tercer tratamiento (T3) se suministró del día 0 al 21 utilizando la misma fórmula de la mezcla y por último el cuarto tratamiento (T4) fue suministrado del día 0 al 42.

Tabla 1. Descripción de tratamientos

Tratamiento	Aditivodía 0 - 7	Aditivodía 7 - 14	Aditivodía 14 - 21	Aditivodía 21 - 42
1	No	No	No	No
2	Butirato 600g/ton	No	No	No
3	Butirato 600g/ton	Butirato 600g/ton	Butirato 600g/ton	No
4	Butirato 600g/ton	Butirato 600g/ton	Butirato 600g/ton	Butirato 600g/ton

Evaluaciones

Para la evaluación alométrica del sistema digestivo se realizaron mediciones de peso de la bursa de Fabricio, molleja, intestino delgado, intestino total, longitud total de intestino e intestino delgado.

La evaluación histológica se realizó un corte a nivel del duodeno a 3 cm de la unión con la molleja. Para cada animal se tomaron 2 fragmentos de tejido con una longitud de 1,5cm aprox, fueron incluidos en cajas de Leuckart previamente rotuladas y se depositaron en formol tamponado al 10%. Teniendo precaución de no afectar las vellosidades intestinales en la manipulación del tejido.

Las muestras se procesaron mediante la técnica de inclusión por parafina en un procesador de tejidos automático, los bloques de parafina se cortaron con un micrótopo de avance automático, a diez micrómetros de grosor. Las muestras se orientaron longitudinalmente para su inclusión, corte y observación. Los cortes obtenidos se tiñeron con hematoxilina-eosina, posteriormente las laminillas fueron observadas en un microscopio Nikon ECLIPSE E200 con cámara para microfotografía Nikon SIGHT DS- SM (11). La toma de fotografías y las mediciones de éstas se realizaron mediante el empleo del software analizador de imágenes LUCIA. (12)

La medición de las vellosidades intestinales se realizó en un campo de amplio poder (400 aumentos). Se procedió a hacer la medición de la longitud de la vellosidad que comprendía desde la base de la misma hasta la superficie apical de esta (mucosa), la profundidad de la cripta se midió desde la superficie libre de la vellosidad hasta la lámina propia, y el ancho de la cripta entendida como la base de la vellosidad. Estas muestras fueron evaluadas de manera individual identificando los parámetros anteriormente mencionados en 10 vellosidades diferentes.

Así mismo, se evaluaron parámetros zootécnicos como:

Consumo de alimento (g/ave/día): Se determinó dividiendo el consumo total de alimento de la semana por siete y por el número de pollos en cada repetición. Expresado como promedio semanal y acumulado.

Peso corporal (g): se determinó por pesaje individual y/o grupal de todos los pollos de cada repetición, con una periodicidad semanal. Expresado como promedio semanal.

Conversión alimenticia (g de alimento/g de peso ganado): Con el promedio semanal y acumulado.

Mortalidad (%): Se tomó el porcentaje semanal y el acumulado durante el periodo de evaluación. Expresando la causa de muerte.

Ganancia de peso (g): Se determinó por la diferencia entre el peso inicial y el final en cada periodo de evaluación, dividido por la duración del periodo a evaluar. Con una periodicidad semanal y expresado como promedio semanal y acumulado.(7)

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se promediaron para cada variable y sometieron los datos a un análisis ANOVA bajo diseño experimental completamente al azar.

El análisis de las variables se realizaron intragrupo, es decir, comparando el mismo grupo pero en días diferentes. Y también se evaluaron entre grupos, los cuatro grupos del estudio durante los mismos días de tratamiento.

Resultados

Histología:

Al realizar el análisis de las mediciones de las vellosidades intestinales y evaluar los resultados se observó gracias a la comparación intragrupo (mismo grupo en diferentes días) y entre grupos (grupos del estudio durante los mismos días de tratamiento), que no hubo diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) en la profundidad, longitud y ancho de las vellosidades intestinales entre los cuatro tratamientos.

Tabla 2. Promedio $\pm$ DS de las medidas histológicas de intestino delgado de pollos de engorde suplementados con butirato protegido.

Tratamiento	1		2		3		4	
Día 14								
Ancho (μm)	164,58	$\pm$ 25,33	168,84	$\pm$ 17,02	165,91	$\pm$ 37,26	184,20	$\pm$ 46,33
Longitud (μm)	889,89	$\pm$ 261,89	908,53	$\pm$ 248,02	957,41	$\pm$ 92,59	946,39	$\pm$ 226,77
Profundidad (μm)	168,05	$\pm$ 28,87	187,23	$\pm$ 41,71	184,61	$\pm$ 30,77	190,74	$\pm$ 17,43
Día 21								
Ancho (μm)	156,08	$\pm$ 36,26	159,60	$\pm$ 14,73	157,69	$\pm$ 17,81	168,24	$\pm$ 36,27
Longitud (μm)	1100,72	$\pm$ 176,15	1048,25	$\pm$ 89,15	1000,04	$\pm$ 145,63	1092,17	$\pm$ 61,60
Profundidad (μm)	139,87	$\pm$ 12,80	140,82	$\pm$ 23,94	155,32	$\pm$ 20,22	152,52	$\pm$ 19,75
Día 42								
Ancho (μm)	165,55	$\pm$ 16,59	173,17	$\pm$ 33,21	170,17	$\pm$ 26,57	192,05	$\pm$ 11,74
Longitud (μm)	1029,32	$\pm$ 120,06	1027,56	$\pm$ 121,99	988,02	$\pm$ 136,73	1026,56	$\pm$ 92,70
Profundidad (μm)	168,72	$\pm$ 16,04	149,45	$\pm$ 18,56	185,40	$\pm$ 20,08	175,87	$\pm$ 10,21

Parámetros zootécnicos:

Se encontró diferencia estadística significativa para el porcentaje de mortalidad en la etapa de engorde entre el tratamiento control y las aves que recibieron butirato recubierto entre el día 1 y 21; el tratamiento en el que se suministró butirato los primeros 21 días de vida fue el T3 donde se obtuvo menor mortalidad.

El resto de parámetros zootécnicos como consumo de alimento, peso corporal, conversión alimenticia; no obtuvieron un efecto positivo al suministrar butirato protegido en ningún momento del ciclo productivo de las aves. Sin embargo, las ganancias de peso se mantuvieron estables durante todo el periodo de evaluación. También se observó una tendencia a obtener una mejor conversión cuando se incluyó butirato recubierto sólo durante los primeros 7 días de vida.

Tabla 3. Promedio de parámetros zootécnicos en pollos de engorde suplementados con butirato protegido.

Parámetros	Tratamiento			
	1	2	3	4
0-21 días				
Consumo (g)	1145,27	1136,31	1133,8	1151,94
Peso vivo (g)	833,728	837,209	820,369	828,268
Conversión	1,374	1,358	1,383	1,391
Mortalidad (%)	1,04	2,72	1,63	1,09
21 -42 días				
Consumo (g)	3740,07	3740,13	3716,35	3725,75
Peso Vivo (g)	2811,471	2828,65	2789,681	2769,099
Conversión	1,892	1,879	1,89	1,921
Mortalidad (%)	3.98 a	2.95 ab	0.57 b	1.68 ab
Ciclo completo productivo				
Consumo (g)	4885,34	4876,44	4850,14	4877,69
Peso Vivo (g)	2811,471	2828,65	2789,681	2769,099
Conversión	1,738	1,724	1,74	1,762
Mortalidad (%)	4,823	5,435	2,174	2,717

Medidas Alométricas:

No presentó diferencia estadística significativa ($p>0.05$) en relación al tamaño de los órganos en donde se evaluó el peso y longitud de intestino, intestino delgado, molleja y bursa; entre los cuatro tratamientos a diferentes edades en los pollos.

Tabla 4. Promedio medidas alométricas en pollos de engorde suplementados con butirato protegido.

Parámetros	Tratamiento			
	1	2	3	4
Día 16				
Peso pollo (g)	541	527,33	522,83	538,5
Peso molleja (g)	13,42	13,22	13,92	13,65
Peso total intestino (g)	31,5	29,3	28,07	29,83
Peso intestino delgado (g)	26,45	23,98	23,02	25,17
Long total intestino (cm)	139,5	128,75	129,5	132
Long total intestino delgado (cm)	132,67	122,83	123,42	125,42
Peso bursa (g)	1,63	1,28	1,2	1,32
Día 23				
Peso pollo (g)	1076	1062,67	1035	1029,17
Peso molleja (g)	22,77	23,07	21,25	22,7
Peso total intestino (g)	57,77	51,68	48,7	53,47
Peso intestino delgado (g)	45,23	42,33	39,92	45,12
Peso intestino delgado (g)	168,33	161,5	167,5	162,5
Peso Bursa (g)	2,82	3,23	2,38	2,73
Día 38				
Peso pollo (g)	2344,5	2377,5	2382,33	2390,17
Peso molleja (g)	36,93	33,73	35,72	37,47
Peso total intestino (g)	83,8	86,35	90,48	91,4
Peso intestino delgado (g)	69,2	69,32	71,76	74,15
Long total intestino (cm)	194,33	187,67	191,83	197,5
Long total intestino delgado (cm)	184	178,83	181,83	188,67
Peso Bursa (g)	4,53	3,65	3,77	5,25

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio revelan diferencia estadística significativa para el porcentaje de mortalidad en la etapa de engorde entre el tratamiento control y las aves que recibieron butirato recubierto entre el día 1 y 21; el tratamiento en el que se suministró butirato los primeros 21 días de vida fue T3, donde se obtuvo la menor mortalidad, comparado con los otros días de la evaluación (Tabla 3). Este hallazgo podría estar asociado al desarrollo que tienen las vellosidades en los primeros días de vida del ave. Los parámetros zootécnicos como consumo de alimento, peso corporal, conversión alimenticia; no presentaron un efecto positivo. Sin embargo, las ganancias de peso se mantuvieron estables durante todo el periodo de evaluación. También se observó una tendencia a obtener una mejor conversión cuando se incluyó butirato recubierto sólo durante los primeros 7 días de vida.

La explicación a la baja mortalidad podría verse relacionado al nivel de ácidos grasos de cadena corta que son reportadas concentraciones bajas en los primeros días del pollito, así el animal suplementado con estos ácidos podría mejorar las condiciones del tracto digestivo (13). Cuando esta premisa ocurre, tiene efecto positivo sobre la absorción de nutrientes y por ende al mejoramiento de condiciones fisiológicas del animal, lo cual puede repercutir en una mejor capacidad de respuesta por parte del individuo. (6).

Por otra parte, en el análisis de las mediciones de las vellosidades intestinales se evidenció que no hubo diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) en la profundidad, longitud y ancho de las vellosidades intestinales entre los cuatro tratamientos. De igual forma, no se observó diferencia en las medidas alométricas tales como peso y longitud de las vísceras evaluadas (7).

En un estudio cuyo objetivo fue determinar el nivel óptimo de ácido butírico encapsulado y evaluar el efecto en la morfología intestinal se concluyó que la mejor ganancia de peso y conversión alimenticia se pudo lograr a razón de 500 g / tonelada de la fuente de butirato, además de no afectar el consumo. Adicionalmente reportan una menor altura de las vellosidades en el íleon al día 21, argumentando una posible sobredosis del aditivo (9). Un trabajo en Canadá reporta que no hubo diferencia en la longitud y profundidad de las vellosidades al día 21 con una dieta de 0,2%-0,4% de ácido butírico (13). Otros investigadores han reportado

inclusión de 2000 mg /kg butirato de sodio con aumento de conversión alimenticia comparado con pollos que no recibieron en la dieta butirato (14). En investigaciones en donde se evaluó el efecto de butirato con salinomicina sobre microbiota intestinal y morfología, se halló que la suplementación solo con butirato de sodio no aumentó la profundidad de las criptas en el yeyuno, tampoco en la morfología del íleon (15). En dietas de ponedoras comerciales suplementadas con butirato se reporta aumento en el porcentaje de producción, disminución de huevos rotos, reducción de fisuras en el cascarón, también se demostró importancia en el mantenimiento de la mucosa intestinal (4). Algunos de los resultados de las anteriores investigaciones reportan datos similares al del presente estudio, como el comportamiento de las vellosidades intestinales que no tuvieron cambios y algunos parámetros zootécnicos como consumo de alimento que no han sido modificados por la inclusión a unas dosis determinadas de este aditivo.

Conclusiones

La inclusión de butirato recubierto durante los primeros 21 días tuvo un efecto positivo sobre el porcentaje de mortalidad en la etapa de engorde de las aves.

El suministro de butirato recubierto en este estudio no afectó el tamaño (longitud, profundidad y ancho) de las vellosidades intestinales. Bajo las condiciones particulares de esta evaluación no se obtuvo efecto positivo para el resto de parámetros zootécnicos (consumo de alimento, peso corporal, conversión alimenticia y ganancia de peso); de igual forma, no se observó diferencia en las medidas alométricas tales como peso y longitud de las vísceras evaluadas al suministrar butirato recubierto en ningún momento del ciclo productivo de las aves.

Se requiere realizar más estudios como el presente, para analizar el efecto de este tipo de aditivos utilizados en la nutrición avícola.

Bibliografía

1. Muñoz JP, García-Vao AO. Utilización práctica de butirato sódico en porcino. *Anaporc Rev Asoc Porc Científica*. 2010;7(71):34-9.
2. Casewell M, Friis C, Marco E, McMullin P, Phillips I. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *J Antimicrob Chemother*. agosto de 2003;52(2):159-61.
3. Van Der Wielen PW, Biesterveld S, Notermans S, Hofstra H, Urlings BA, van Knapen F. Role of volatile fatty acids in development of the cecal microflora in broiler chickens during growth. *Appl Environ Microbiol*. junio de 2000;66(6):2536-40.
4. Sánchez Herrera I, Posadas Hernández E, Sánchez Ramírez E, Fuente Martínez B, Hernández Espinoza J, Vega L, et al. Efecto del butirato de sodio en dietas para gallinas sobre el comportamiento productivo, calidad del huevo y vellosidades intestinales. *Vet México*. diciembre de 2009;40(4):397-403.
5. Fernández-Rubio C, Ordóñez C, Abad-González J, García-Gallego A, Honrubia MP, Mallo JJ, et al. Butyric acid-based feed additives help protect broiler chickens from *Salmonella Enteritidis* infection. *Poult Sci*. mayo de 2009;88(5):943-8.
6. Benavides J, Hugo A. Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2011 [citado 28 de septiembre de 2014]. Recuperado a partir de: <http://oatd.org/oatd/record?record=oai%5C:www.bdigital.unal.edu.co%5C:7151>
7. Centro de investigación y Medición. Premex S.A.
8. Sánchez Herrera I, Posadas Hernández E, Sánchez Ramírez E, Fuente Martínez B, Vega L, Luis J, et al. Efecto del butirato de sodio sobre algunos parámetros productivos de gallinas de postura en semilibertad. *Vet México*. septiembre de 2011;42(3):227-32.
9. Levy AW, Kessler JW, Fuller L, Williams S, Mathis GF, Lumpkins B, et al. Effect of feeding an encapsulated source of butyric acid (ButiPEARL) on the performance of male Cobb broilers reared to 42 d of age. *Poult Sci*. 8 de enero de 2015;94(8):1864-70.
10. Zhang WH, Jiang Y, Zhu QF, Gao DF, Dai SF, Chen J, et al. Sodium butyrate maintains growth performance by regulating the immune response in broiler chickens. *Br Poult Sci*. 1 de junio de 2011;52(3):292-301.
11. Microscopio Eclipse E200-LED | Educational | Microscopios verticales | Productos | Nikon Instruments - Microscopes and Imaging Systems Recuperado a partir de: http://www.nikoninstruments.com/es_AMS/Productos/Microscopios-verticales/Educational/Eclipse-E200-LED
12. Lucia cytogenetics — Products. Recuperado a partir de: <http://www.lucia.cz/en/front-page/lucia-metaphase-finder>
13. S. Leeson,, H. Namkung,M. Antongiovanni, and E. H. Lee. Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens [Internet]. [citado 29 de septiembre de 2015]. Recuperado a partir de: <http://ps.oxfordjournals.org/content/84/9/1418.long>
14. Hu Z, Guo Y. Effects of dietary sodium butyrate supplementation on the intestinal morphological structure, absorptive function and gut flora in chickens. *Anim Feed Sci Technol*. 15 de enero de 2007;132(3):240-9.
15. Czerwiński J, Højberg O, Smulikowska S, Engberg RM, Mieczkowska A. Effects of sodium butyrate and salinomycin upon intestinal microbiota, mucosal morphology and performance of broiler chickens. *Arch Anim Nutr*. abril de 2012;66(2):102-16.