

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, RENDIMIENTO EN CANAL Y COSTOS DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO EN FINALIZACIÓN SUPLEMENTADO CON BETA-AGONISTAS

Larios C. S.¹, Aranda O. G.², Gacía O. J. C.³, Hernández M. O.⁴, Ramírez V. R.². Y Suárez D. H.³

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar el comportamiento productivo y el rendimiento en canal de bovinos suplementados con $0.15 \text{ mg} \cdot \text{kg} \cdot \text{PV}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ de clorhidrato de zilpaterol (TZ) o $0.91 \text{ mg} \cdot \text{kg} \cdot \text{PV}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ clorhidrato de ractopamina (TR) en comparación con un tratamiento testigo (TT), durante un periodo experimental de 75 d. Se utilizaron 57 toretes, tipo racial F1 (*B. taurus* x *B. indicus*) con un peso promedio inicial de $446 \pm 9.0 \text{ kg}$. El experimento se realizó en el Módulo de Producción Bovinos de Carne de la Universidad Autónoma Chapingo. Los resultados mostraron que la adición de TR redujeron el consumo de materia seca (CMS) en un 10.1% y se incrementó en 1.9% para los animales TZ en relación a TT. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en ganancia diaria de peso (GDP). En cuanto a conversión alimenticia (CA) las tendencias indican que el uso de β -agonistas en la alimentación animal mejoran este parámetro en un 19.5% para TR y un 23.4% para TZ con respecto a TT, mientras que la eficiencia alimenticia (EA) se mejoró en un 23% y 30% para TR y TZ respectivamente. En el porcentaje de grasa de recorte (%GR), rendimiento en canal caliente (%CC) y en canal limpia (%CL), no se obtuvieron diferencias ($P > 0.05$); sin embargo, los animales suplementados con β -agonistas presentaron mayores pesos en canal caliente (PCC) (TR= 326 ± 9.23 , TZ= 317 ± 5.73) en comparación con el tratamiento testigo (TT= 313 ± 8.63), siendo superior TR y TZ en 4% y 1%, respectivamente. En general el uso de β -agonistas en la finalización de ganado bovino para carne estadísticamente no mejora los parámetros productivos y rendimiento en canal.

Palabras clave: clorhidrato de ractopamina, clorhidrato de zilpaterol, toretes, desempeño.

¹Tesista del Departamento de Zootecnia.

²Director de tesis. Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5. Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Chapingo, México.

³Asesor de tesis. Departamento de Zootecnia

⁴Asesor de tesis. Posgrado en Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, México.

EVALUATION OF PRODUCTIVE PERFORMANCE, CARCASS YIELD AND PRODUCTION COSTS OF FINISHING CATTLE SUPPLEMENTED WITH BETA-AGONISTS

Larios C. S.¹, Aranda O. G.², Gacía O. J. C.³, Hernández M. O.⁴, Ramírez V. R.². Y Suárez D. H.³

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the performance and carcass yield on cattle supplemented with 0.15 mg·kg⁻¹·PV⁻¹·d⁻¹ zilpaterol hydrochloride (TZ) or 0.91 mg·kg⁻¹·PV⁻¹·d⁻¹ ractopamine (TR) compared with a control treatment (TT), during an experimental period of 75 d. There were used 57 young crossbred bulls (F1: *B. taurus* x *B. indicus*) with an average initial weight of 446±9.0 kg. The experiment was carried out at the Beef Cattle facilities of the University of Chapingo. Results showed that the addition of TR reduce dry matter intake (DMI) 10.1% and improves this parameter by 1.9% for TZ animals regarding TT. There were not differences ($P \geq 0.05$) on average daily gain (ADG), however, favorable trends for TZ throughout the fattening period were observed. As for feed conversion (FC), the trends indicate that the use of β -agonists in animal feed improves this parameter by 19.5 for TR and 23.5% for TZ regarding to TT animals, whereas feed efficiency (FE) was improved 23% and 30.7% for TZ and TZ respectively. There were no significant difference ($P > 0.05$) on trimming percent fat (% TF), hot carcass yield (% HCY) and trimmed carcass (% TC), although the animals supplemented with β -agonists had higher hot carcass weights (HCW) (TR=326±9.23 kg, TZ=317±5.73 kg) compared with the control treatment (TT = 313 ± 8.63 kg), being higher in TR and TZ on 4% and 1%, respectively. In general, the use of β -agonists in finishing beef cattle showed not statistically differences.

Key words: ractopamine hydrochloride, zilpaterol hydrochloride, young bulls, performance.

¹Tesista del Departamento de Zootecnia.

²Director de tesis. Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5. Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Chapingo, México.

³Asesor de tesis. Departamento de Zootecnia

⁴Asesor de tesis. Posgrado en Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, México.

INTRODUCCIÓN

La intensificación de la producción de carne es uno de los retos más importantes para los sistemas de finalización de bovinos, debido al incremento de las poblaciones en todo el mundo, por lo cual ha sido necesario perfeccionar las técnicas de producción empleadas e incluso introducir nuevas tecnologías, incluyendo el uso de promotores del crecimiento como aditivos en la dieta. Numerosos países con sistemas intensivos de producción de carne utilizan anabólicos y mejoradores del metabolismo para mejorar su producción, especialmente en parámetros como velocidad del crecimiento y conversión alimenticia.

En México, la producción de bovinos para carne en confinamiento es de suma importancia ya que se producen más de 140 mil toneladas de carne mensualmente (SIAP, 2012). La utilización de grandes cantidades de granos en los sistemas de finalización tienen una importante implicación económica ya que la alimentación representa del 75 al 80% de los costos de producción en el corral de engorda (Koeslag y Orozco, 2010), hoy día y debido a la alza del precio de los granos es importante buscar alternativas de alimentación en donde el objetivo fundamental sea mejorar la rentabilidad, así como producir alimentos inocuos y de calidad.

Por ello, surgió el uso de anabólicos, ionóforos, antibióticos y β -agonistas con el fin de promover el crecimiento de los animales a través de la síntesis de proteína y un menor depósito de grasa, con el único objetivo de mejorar los ingresos de la explotación (SAGARPA, 2011). Sin embargo, el uso de β -agonistas ha traído consigo una serie de problemas de salud pública debido a su uso indiscriminado, al incrementar las dosis recomendadas y omitir los periodos de retiro, con el fin de mejorar los parámetros productivos, principalmente del

clorhidrato de clenbuterol que además, su uso está prohibido en la alimentación animal (NOM 061-ZOO-1999).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo, los costos de producción y las características de la canal de bovinos en finalización suplementados con clorhidrato de zilpaterol o clorhidrato de ractopamina, β -agonistas autorizados en México (NOM 061-ZOO-1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio consistió en probar dos agonistas β -adrenérgicos autorizados por la SAGARPA, clorhidrato de zilpaterol (TZ) y clorhidrato de ractopamina (TR), contra un tratamiento testigo (TT) en la engorda de ganado bovino, suministrando los productos durante 40, 56, 62, 65, 69, 71, 75 días antes del sacrificio. Los tratamientos fueron suministrados de acuerdo con las recomendaciones de los laboratorios que los elaboran, Intervet para Zilmax 4.8%® (clorhidrato de zilpaterol, TZ) y Pisa Agropecuaria para Racmina premix 10%® (Clorhidrato de ractopamina, TR). Por lo cual se suministró 0.15 mg de clorhidrato de zilpaterol $\text{kgPV}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ y 0.91 mg de clorhidrato de ractopamina $\text{kgPV}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ Para mantener la concentración de los β -adrenérgicos se estimó el peso vivo de los animales todos los días (PVEST), tomando como referencia una ganancia diaria de peso (GDP) de 1.600 kg (dato tomado a partir de los registros del Módulo de Bovinos para Carne de la UACH) y el consumo diario promedio de cada unidad experimental (TZ y TR).

Fase I: Comportamiento productivo

El experimento se realizó en el Módulo de Producción Bovinos de Carne de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco Estado de México, ubicada a 19° 21' N y 98° 53' O a una altitud

de 2250 msnm. La zona es de clima templado, con una precipitación media de 644 mm que según García (1981) corresponde a la fórmula climática C(W0)(W)b(i)g. Se utilizaron 57 toretes procedentes de Acayucan, Veracruz, de cruza *Bos indicus x Bos taurus* (cruza comercial), de edad y talla homogéneas con un peso promedio de 446 ± 9.0 kg, los cuales se distribuyeron aleatoriamente en tres corrales obteniendo 19 animales en cada uno. La alimentación consistió en una ración integral (EM=2.78 Mcal/kgMS y PC=14.48%) formulada para animales con un peso inicial de 450 kg y un peso final de 550 kg mediante el programa de cómputo Taurus (Taurus Versión 2R.) con una GDP estimada de $2.2 \text{ kgPV} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ y un consumo de materia seca estimado en 13.2 kg en base seca, tomando en cuenta las recomendaciones nutricionales para ganado bovino en confinamiento del NRC (NRC, 2000).

Las variables medidas durante esta fase fueron: ganancia diaria de peso (GDP, $\text{kg} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), consumo por animal en base húmeda (C, $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$), consumo de materia seca por animal (CMS, $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$), conversión alimenticia (CA, $\text{kg de CMS} \cdot \text{Kg de PV}^{-1}$) y eficiencia alimenticia (EA, $\text{kg de PV} \cdot \text{kg de CMS}^{-1}$).

Fase II: Rendimiento de la canal

Los animales se llevaron a rastro, en la mayoría de los casos entre 18 y 24 h antes de la matanza, previo pesaje individual (PVM, kg). Después del sacrificio y faenado del ganado, las canales fueron lavadas y escurridas para pesarse y obtener el peso de la canal caliente (PCC, kg), en seguida se quitó la grasa de recorte y se pesó (PGR, kg), por último se pesaron las canales limpias (PCL, kg). Se procedió a separar los cuartos posterior (PCP) y cuartos delanteros (PCD) y se pesaron al momento de la venta de las canales. Se determinó el rendimiento en canal caliente (RCC, %), rendimiento canal limpia (RCL, %) y porcentaje de grasa de recorte (%GR).

Fase III: Análisis estadístico y de costos

Las variables de **GDP, EA y CA PCC, PGR, PCL, RCC, RCL y % GR** se analizaron con un diseño completamente al azar desbalanceado, utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2002) utilizando como covariable los días en tratamiento y el PVM correspondiente al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \pi_i + \beta(x_i) + D(x_i) + \epsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Variable respuesta en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento. μ = Media general. π_i = Efecto del tratamiento i . $\beta(x_i)$ = covariable de peso vivo a la matanza. $D(x_i)$ = covariable de días en tratamiento. ϵ_{ij} = Error aleatorio. $i = TZ, TR, TT$. $j = 1,2,3\dots n$ repeticiones.

De acuerdo al análisis de las variables anteriores, se procedió a realizar un análisis económico (relación costo-beneficio). Con este se determinó cuál de los tratamientos fue el más rentable económicamente, por lo cual se llevó un control estricto de los costos que representó tener animales en finalización así como los ingresos por la venta de la canal, piel y víscera. Se tomaron como referencia los precios corrientes en el mercado (rastros comerciales Los Reyes, La Paz, México. Diciembre a marzo de 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de alimento

El consumo esperado de toretes en finalización con un peso promedio inicial de 450 kg y final de 550 kg, sin utilización de β -agonistas y de acuerdo al aporte nutricional de la ración (EM=2.78 Mcal/kg MS, ENG= 1.20 y %PC= 14.48) fue 13.20 kg de MS por animal (Taurus 2R); sin embargo, el consumo promedio real de los animales del TT fue de 12.21 kg MS·animal⁻¹.

Esta diferencia es atribuida a múltiples factores, entre ellos es que los programas de formulación de raciones tienden a subestimar o sobreestimar la composición nutricional de los ingredientes. Otras explicaciones son atribuidas al animal, ya que no todos se comportan de la misma manera influyendo el sexo, la edad, la raza e incluso el temperamento, también se han dado explicaciones con respecto a otros aspectos técnicos como el manejo.

El CMS promedio para TZ fue de 12.44 kg·animal⁻¹·d⁻¹ mientras que para TR fue de 10.98 kg·animal⁻¹·d⁻¹ es decir, el consumo se redujo en un 10.1% para los del TR y se incrementó 1.9% para TZ con respecto a TT. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas.

La disminución en el consumo de alimento para los animales del TR, probablemente se explica debido a que los β -agonistas tienen acción sobre el sistema nervioso central afectando el consumo de alimento (Mersmann, 1998); sin embargo, Perkins *et al.* (1985), observaron que los β -agonistas pueden ocasionar taquifaxia en los animales, provocando que la respuesta sea temporal o durante el primer periodo de exposición al β -agonista. En la Figura 1 se observa que la tendencia del consumo fue similar durante el periodo experimental (10 semanas).

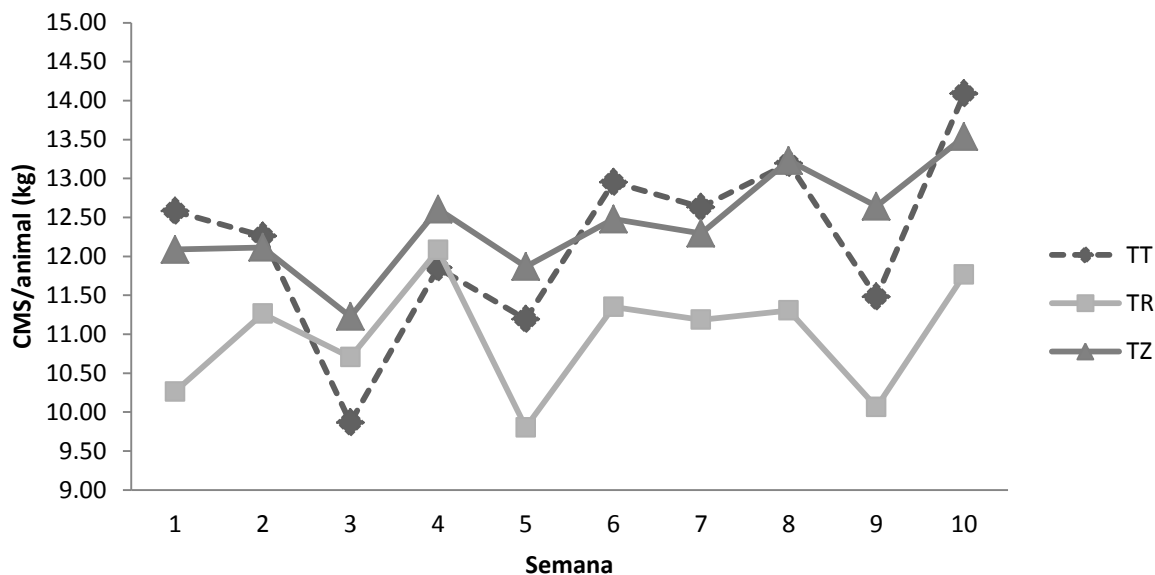


Figura 1. Consumo de materia seca (CMS) en toretes suplementados con β -agonistas, durante 10 semanas.

TT= Tratamiento testigo. TR= Tratamiento con ractopamina. TZ= Tratamiento con zilpaterol.

Avendaño *et al.* (2006) encontraron que el uso de clorhidrato de ractopamina en la alimentación del ganado en finalización redujo el CMS por animal, en comparación con animales suplementados con clorhidrato de zilpaterol o sin suplementar. Por otra parte, Castellanos *et al.* (2006) encontraron que el consumo de animales finalizados con zilpaterol durante los últimos 33 días fue de 9.26 kg (con peso inicial 354.8 y un peso final de 405 kg) el cual fue inferior al registrado al inicio de la prueba con un aporte nutricional de la dieta de 1.29 Mcal de ENG y 13.7% de PC, comportamiento similar al observado en TZ (Figura 1).

En el caso de ractopamina, Matt *et al.* (2005) no encontraron diferencias en el consumo al suministrarla a cerdos en finalización, aunque otros autores (Schinckel *et al.*, 2000) indican que su utilización en esta especie reduce significativamente el consumo.

Laudert *et al.* (2004; citado por Aguayo *et al.* 2006) y Pisa (2006) reportan que no existe diferencia significativa en el CMS de bovinos tratados con ractopamina con respecto al

tratamiento testigo; sin embargo, reportan diferencias en otros parámetros productivos como es ganancia diaria de peso (GDP) y ganancia total de peso (GTP).

Ganancia diaria de peso

La adición de zilpaterol o ractopamina (en dietas con 1.20 Mcal de ENG, 2.78 Mcal de EM y 14.48% de PC) a una razón de 0.15 y 0.91 mg·kgPV⁻¹ no tuvieron efecto ($P>0.05$) en parámetros productivos como la GDP en comparación con el TT; sin embargo, en la Figura 2 se observa una tendencia favorable para los animales suplementados con β -gonistas destacando el TZ.

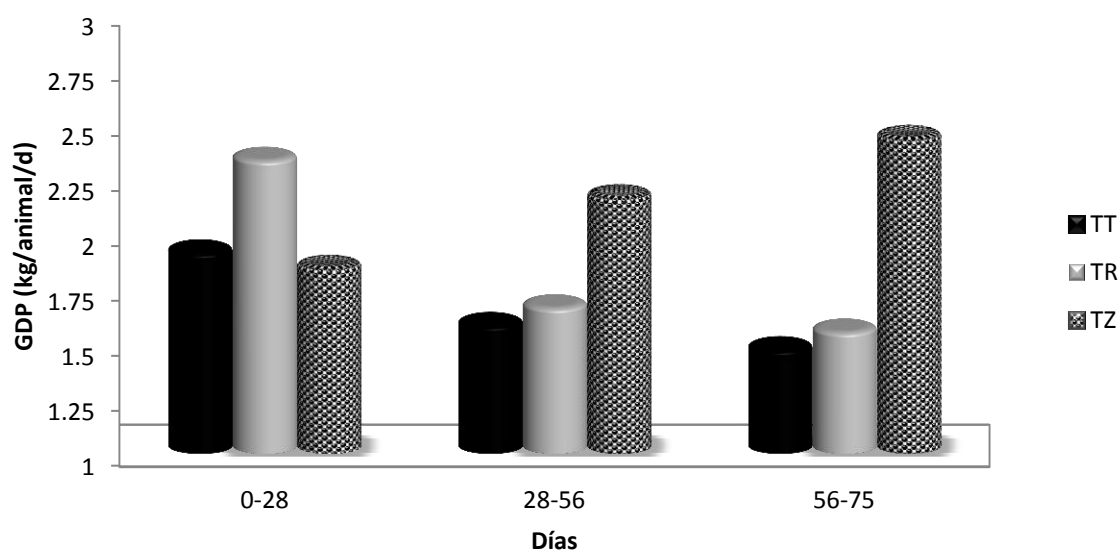


Figura 2. Comportamiento de la ganancia diaria de peso (GDP) en bovinos suplementados con zilpaterol y ractopamina.

TT= Tratamiento testigo. TR= Tratamiento con ractopamina. TZ= Tratamiento con zilpaterol.

De acuerdo con el aporte nutricional de la dieta experimental se estimó una GDP de 2.2 kgPV·animal⁻¹·d⁻¹; sin embargo, la GDP promedio para el tratamiento testigo fue de 1.64 kgPV·animal⁻¹·d⁻¹, esta variación puede ser atribuida a que el CMS fue menor al estimado; sin embargo existen otras causas, entre ellas, el estado fisiológico de los animales (edad, sexo), la

raza o las variaciones en la composición nutricional de la dieta debidas a la calidad de los ingredientes.

Las GDP promedio para los animales de TR y TZ durante toda la engorda fueron de 1.85 y 2.14 kgPV·animal⁻¹·d⁻¹, observando que el uso de β-agonistas presenta una tendencia a incrementar la GDP en 12.8% para animales TR y 30.4% para los de TZ en comparación con los de TT.

Otros autores (Placencia *et al.*, 1999) han encontrado efectos favorables sobre la ganancia de peso atribuibles al uso del zilpaterol de aproximadamente 28% (sin afectar el consumo de alimento) sobre el testigo al emplear dietas altas en energía (ENm y ENg, 2.17 y 1.49 Mcal.) Por otro lado, Intervet (2002) afirma que el uso de zilpaterol en dietas de finalización aumenta la GDP en un 36% ($P \leq 0.01$) en relación con el testigo, situación que no se observó en este estudio

En contraste, Aguilera *et al.* (2008) no encontraron influencia del uso de zilpaterol sobre el crecimiento de ovinos (especie cuya respuesta al clorhidrato de zilpaterol es similar a la de los bovinos). En el caso de ractopamina, Félix *et al.* (2005) y Quinn *et al.* (2008) no encontraron efecto sobre la GDP en ganado bovino suplementado con ractopamina en la dieta.

Una de las razones por las que se nota un incremento en parámetros productivos como la GDP al usar β-adrenérgicos, es que estos fármacos estimulan el sistema nervioso central, en particular el hipotálamo provocando un incremento en la liberación de la hormona del crecimiento, ocasionando hipertrofia muscular en algunos animales como los bovinos y ovinos (Fiems, 1987).

Al analizar la GDP durante diferentes etapas en la engorda, no se encontraron diferencias entre los β -agonistas ni en el tiempo de utilización ($P>0.05$); sin embargo, para el primer periodo (0-28 d) las tendencias indican que los animales del TR fueron superiores en un 22% y los del TZ fueron inferiores en un 3.7% con respecto a los del TT, en el periodo de 28-56 d podemos observar que TZ fue superior en un 51% con respecto a TT. En el último periodo experimental (56-75 d) se observa una tendencia de más de 50% para TZ con respecto a TT, (Cuadro 1).

La GDP de TZ presentó la mayor tasa en el último periodo de la engorda (32% superior en el periodo de 56-75 d con respecto al periodo de 0-28 d) (Cuadro 1) similar a lo encontrado en ovinos de pelo por Tierrablanca y Vergara (2000), quienes reportaron que animales tratados con zilpaterol del día 41-54 de engorda, registraron una mejora en 16% de la tasa de ganancia de peso en comparación con la primera etapa.

Cuadro 1. Ganancia Diaria de Peso (GDP) en la engorda de toretes suplementados con β -agonistas.

Periodo	Tratamiento		
	TT	TR	TZ
		GDP en kg.d ⁻¹	
GDP1 (1-28)	1.91±1.06	2.33±1.20	1.84±1.74
GDP2 (28-56)	1.43±0.60	1.66±0.57	2.16±1.62
GDP3 (56-75)	1.57±0.30	1.56±0.82	2.44±1.47
GDPT (1-75)	1.68±0.09	1.90±0.90	2.14±0.09

TT= Tratamiento testigo. TR= Tratamiento con ractopamina. TZ= Tratamiento con zilpaterol.

Intervet (2002) ha demostrado que el uso de zilpaterol logra sus mejores efectos si se suministra en los últimos 30 días de engorda, que según con Macar (1998; citado por Tierrablanca y Vergara, 2000) se debe a que los β -agonistas son agentes de repartición; en situaciones normales en los últimos periodos de engorda se produce más tejido adiposo, lo que ocasiona pérdidas energéticas y disminución de la ganancia de peso y eficiencia alimenticia;

este efecto se ve disminuido con el consumo de β -agonistas, ya que la energía destinada a producción de grasa es utilizada para formación de proteínas musculares, además que el efecto de lipólisis ahorra energía con lo que mejora la eficiencia alimenticia.

El comportamiento opuesto de TR (primer periodo mayor ganancia de peso en relación con el último periodo) pudo ser ocasionado según Mersmann (1998) a que la respuesta entre los β -agonistas utilizados varía y está influenciada por una serie de posibles factores tales como la dosis (la dosis media consumida por los animales = 90 mg de ractopamina g de PV⁻¹), la duración del tratamiento, la edad, la especie, el sexo, el tipo de dieta, el peso y la calidad genética.

Conversión alimenticia

En la Figura 3 se observa el comportamiento de la CA en relación a la GDP y al consumo de alimento registrado para cada tratamiento durante los periodos 1-28, 28-56 y 56-75 d de la engorda. El mejor comportamiento se dio en el periodo de 1-28 d. Tierrablanca y Vergara (2000) estimaron esta misma tendencia para los primeros días y después un aumento en la CA y nuevamente una disminución en el último periodo.

La CA promedio para TT, TR y TZ fue de 7.7, 6.2 y 5.9 respectivamente ($P>0.05$). Las tendencias indican que el uso de β -agonistas en la alimentación animal mejora este parámetro en un 19.5% para TR y un 23.4% para TZ en relación con TT.

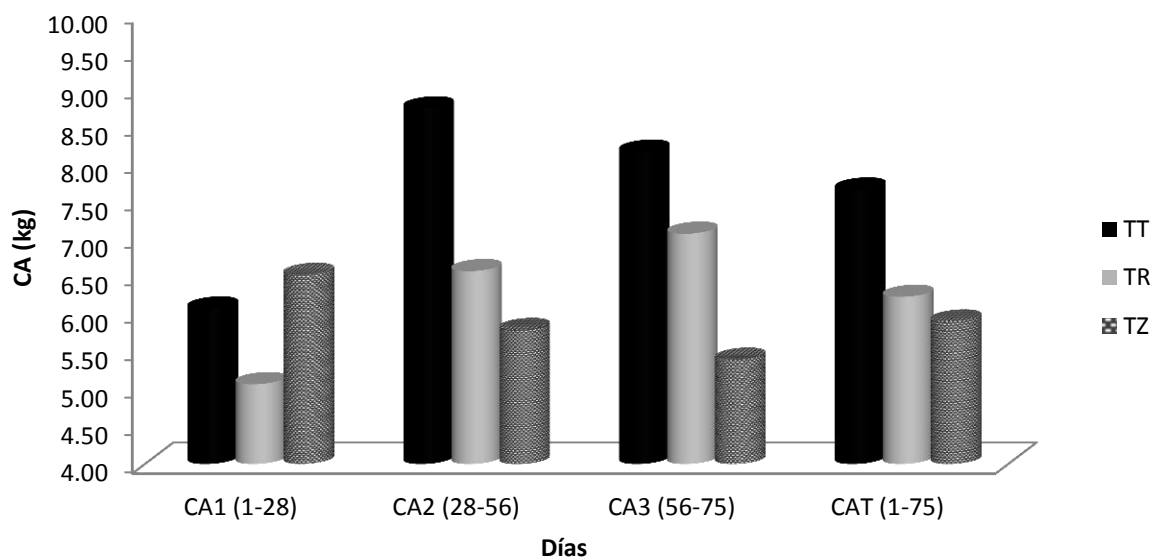


Figura 3. Conversión alimenticia (CA) de bovinos suplementados con zilpaterol y ractopamina
 TT= Tratamiento testigo. TR= Tratamiento con ractopamina. TZ= Tratamiento con zilpaterol.

La CA es el resultado del efecto conjunto del consumo de alimento y la ganancia de peso, el NRC (1994) reporta mejoras en la CA de 0-20% con la inclusión de β -agonista en la alimentación. Garza (1998) observó mejoras en GDP de 12.2 a 14.8% y en CA de 4.3 a 10.7%, en novillos y vaquillas suplementados con zilpaterol a razón de 0.15 mg/kgPV⁻¹. Barajas *et al.* (1998) encontraron que el uso de zilpaterol mejoró la CA en relación al tratamiento control (5.80 vs. 7.43).

Ocaña (2003) y Aguayo *et al.* (2006) usando β -agonistas en la alimentación de toretes y vaquillas, no encontraron afecto significativo en conversión alimenticia, sólo tendencias positivas, de igual forma. Por otro lado Beerman *et al.* (2002), al trabajar con ovinos reportaron una mejora en CA de hasta un 22% en relación con el testigo.

Peso y rendimiento en canal

El peso de finalización (peso al sacrificio) fue similar para todo el ganado ($P > 0.05$). En cuanto a peso a la matanza, rendimiento en canal caliente, canal limpia y grasa de recorte no hubo

diferencias ($P>0.05$) entre los tratamientos TT, TR y TZ, cuyo PVM promedio fue 555.88 ± 8.34 , 543.62 ± 11.15 y 558.55 ± 10.88 kg por animal, respectivamente. Barajas *et al.* (1998) y Garcés *et al.* (1998) reportaron incrementos en PVM de hasta 5.5% al suministrar zilpaterol en comparación con el testigo. Vogel *et al.* (2004) reportaron pesos finales superiores en un 2.42% para bovinos suplementados con ractopamina en relación con el tratamiento testigo.

Los animales suplementados con β -agonistas presentaron mejores pesos en canal caliente (TR= 326 ± 9.23 , TZ= 317 ± 5.73) en comparación con el tratamiento testigo (TT= 313 ± 8.63), siendo superior TR y TZ en 4 y 1% (Figura 4). Pisa (2006) e Intervet (2002), reportan incrementos en el peso de la canal caliente de 3.6 kg para TR y 12 kg para TZ, sobre el tratamiento testigo.

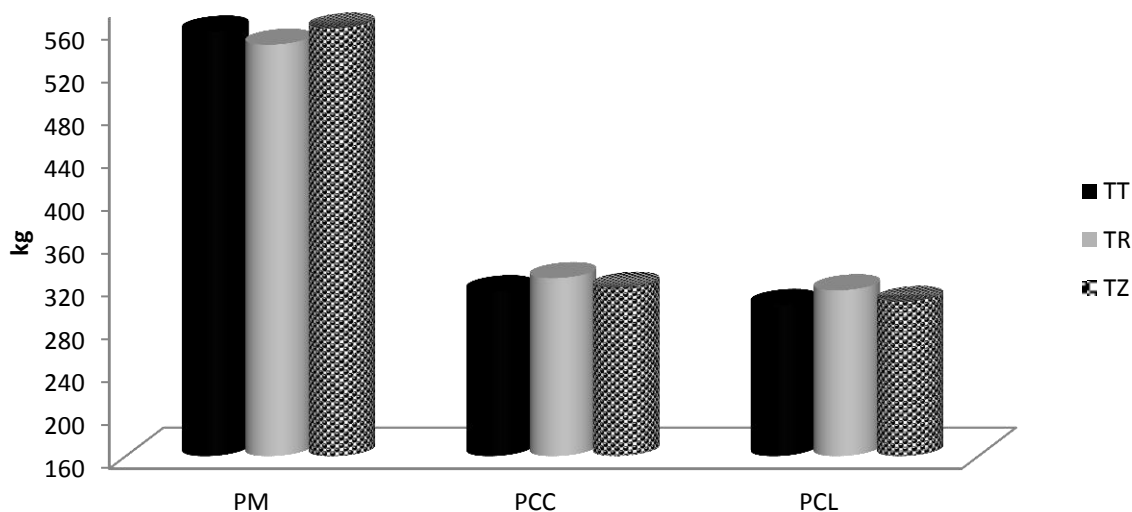


Figura 4. Pesos promedio de canales de animales alimentados con zilpaterol o ractopamina. TT= Tratamiento testigo. TR= Tratamiento con ractopamina. TZ= Tratamiento con zilpaterol. PM= Peso a la matanza, PCC= Peso de la Canal Caliente, PCL= Peso de la Canal Limpia.

Los RCC, RCL y %GR para TR, TZ y TT se presentan en el Cuadro 2, donde se observa que los animales suplementados con ractopamina presentaron el mejor rendimiento en canal caliente siendo superior 3.5 puntos porcentuales que el de los animales TT mientras que TZ sólo fue superior 0.5%. El %GR fue similar para los tres tratamientos, es decir, el uso de β -agonistas no disminuyó la acumulación de grasa sobre las canales.

La tendencia positiva sobre RCC y RCL es de esperarse por efecto de los β -agonistas, ya que favorecen la síntesis de músculo, la lipólisis y la termogénesis; por otra parte se reduce la degradación de proteína muscular y la lipogénesis, procesos que favorecen la acumulación de tejido magro de la canal y la disminución de la grasa de recorte (Fiems, 1987).

Cuadro 2. Rendimiento en canal de animales suplementados con β -agonistas en el periodo de engorda.

Variable	Tratamiento		
	TT	TR	TZ
RCC	56.50 \pm 1.20	60.00 \pm 0.92	57.00 \pm 0.85
RCL	54.13 \pm 1.20	57.84 \pm 0.92	54.55 \pm 0.88
%GR	2.28 \pm 0.22	2.05 \pm 0.22	2.33 \pm 0.21
%CP	52.92 \pm 2.80	49.25 \pm 0.90	50.11 \pm 0.50
%CD	49.66 \pm 1.15	48.52 \pm 0.54	48.92 \pm 0.54

%CC= rendimiento en canal caliente, %CL= rendimiento en canal limpia, %GR= porcentaje de grasa de recorte, %CP= rendimiento del cuarto posterior, %CD= rendimiento del cuarto delantero. %CP y %CD se estimaron tomando como 100% el PCL. TT= Tratamiento testigo. TR= Tratamiento con ractopamina. TZ= Tratamiento con zilpaterol

Autores como Intervet (2002) y Castellanos *et al.* (2006) estimaron incrementos en el rendimiento en canal caliente de 2.2 y 1%, además de propiciar canales más limpias en animales tratados con zilpaterol en comparación con el testigo. Usando clenbuterol Ocaña (2003) obtuvo incrementos hasta del 3.5% en bovinos. Avendaño *et al.* (2006), Abney *et al.* (2007); Gruber *et al.* (2007) y Winterholler *et al.* (2007) reportaron incrementos en rendimiento para animales tratados con ractopamina del 7%. Sin embargo, Ricks *et al.* (1984)

no encontraron efectos sobre el rendimiento en canal al incluir β -agonistas en la dieta de bovinos.

No se encontraron diferencias ($P>0.05$) en el rendimiento del cuarto posterior y delantero (corte en la novena costilla) al suministrar ractopamina o zilpaterol con respecto al testigo (Cuadro 2). En otros trabajos donde se ha tratado de identificar el efecto del β -agonista sobre el cuarto posterior (Porción mejor pagada de la canal) no se han encontrado diferencias, al medir el ancho de la pierna Ocaña (2003); sin embargo, este mismo autor señala que al nivel de 1 ppm de β -agonista (Clenbuterol) en la dieta, afectó el peso del cuarto trasero en toretes sin efecto en vaquillas; en toretes el cuarto trasero de una media canal pesó 14.6% más en comparación con animales testigo.

Análisis económico

El aspecto más importante para cualquier sistema de producción es el económico, ya que define la rentabilidad del sistema. Si bien es cierto que la producción de carne atraviesa por una crisis económica debido al alza en el precio de los insumos entre ellos, los granos y actualmente el costo del ganado, es indispensable mejorar la eficiencia de producción, principio bajo el cual se justifica el uso de β -agonistas y otros promotores del crecimiento (Koeslag y Orozco, 2010).

El sistema de comercialización común del ganado para carne es la venta en pie. En el Cuadro 3 se presentan los ingresos y egresos de los animales vendidos de esta manera.

Cuadro 3 ingresos y egresos de bovinos finalizados con b-agonistas realizando la venta en pie.

Concepto	TT	TR	TZ
Costo total de producción (\$/animal)	14484.90	13991.08	14589.72
PVM total (kg)	555.88	543.62	558.55
Precio ganado gordo (\$/kg)	26.50	26.50	26.50
<i>Ingresos (\$)</i>	14730.82	14405.93	14801.58
<i>Egresos(\$)</i>	14484.90	13991.08	14589.72
<i>Utilidad (\$)</i>	245.92	414.85	211.85

TT= Tratamiento testigo. TR= Tratamiento con ractopamina. TZ= Tratamiento con zilpaterol.

Si comparamos el comportamiento productivo del tratamiento testigo indica que con una GDP de 1.64 kg.animal.d-1 y un CMS de 12.21 kg.animal-1.d-1, se requieren 61 d en finalización para obtener 100 kg de PV.animal-1 con un costo por día en corral de \$58.10 sin embargo, con el uso de ractopamina (GDP=1.85 kg.animal-1.d-1 y CMS=10.98 kg.animal⁻¹.d⁻¹) es posible reducir los días en corral a 54 d cuyo costo por día es de \$56.22 mientras que con el uso de zilpaterol (GDP= 2.14 kg.animal⁻¹.d⁻¹ y CMS= 12.44 kg.animal⁻¹.d⁻¹) se reduce a 47 d con un costo de \$62.43 por día obteniendo una reducción de \$504.00 para TR y \$625.00 para TZ por cada 100 kg de PV animal⁻¹ en relación al testigo, es decir, se reducen los costos de producción en un 14.24 y 17.65% para TR y TZ en relación al testigo.

Aunque los animales fueron tratados de manera similar, la diferencia a favor de TZ no fue posible comprobarla debido al efecto de los errores experimentales entre ellos que no se tomó en cuenta la merma de los animales del corral a rastro, y la variación de la hora de pesaje de los animales antes del sacrificio, los cuales representan hasta 3% del PVM de los animales (Dato tomado a partir de los registros del Módulo de Bovinos para Carne de la UACH) similar a 16 kg de PV cuyo costo representa \$427.00, cantidad superior a la diferencia económica entre ambos tratamientos (\$121.00).

En el Cuadro 4 se presenta el análisis económico de la engorda de ganado bovino en finalización utilizando zilpaterol y ractopamina realizando su comercialización en canal, en el cual la integración de la cadena productiva representa un incremento en los ingresos del sistema de producción al vender por separado la canal, la piel y la víscera en donde los animales suplementados con ractopamina indican una relación beneficio:costo superior a los del TT y TZ, debido principalmente al efecto del β -agonista sobre el rendimiento en canal.

Cuadro 4. Balance de ingresos y egresos de bovinos finalizados con β -agonistas.

Concepto	TT	TR	TZ
PV ganado (kg)	455.00	439.00	445.00
Costo ganado (\$)	10010.00	9658.00	9790.00
Costo manejo recepción (\$)	116.89	116.89	116.89
Costo mano de obra/infraestructura (\$/75d)	438.60	438.60	438.60
CMS (kg)	915.8	823.5	910.5
Costo de alimento (\$)	3919.41	3524.58	3896.94
Costo del β -agonista (\$)	0.00	253.01	347.29
Costo alimento+ β -Agonista (\$/kg)	3919.41	3777.59	4244.23
Costo total de producción (\$)	14484.90	13991.08	14589.72
Costo de degüello (\$/animal)	190.00	190.00	190.00
Ingresos venta canal (\$)	13239.51	13834.91	13406.32
Ingreso venta piel (\$)	615.36	601.79	618.31
Ingresos venta víscera (\$).	667.06	652.34	670.26
Ingresos venta grasa recorte (\$)	25.35	22.29	26.03
<i>Ingresos Totales</i> (\$)	14547.27	15111.33	14720.92
<i>Egresos Totales</i> (\$)	14674.90	14181.08	14779.72
<i>Utilidad</i> (\$)	-127.63	930.25	-58.80
Relación Beneficio:Costo	0.991	1.066	0.996

TT= Tratamiento testigo. TR= Tratamiento con ractopamina. TZ= Tratamiento con zilpaterol.

La implicación económica de una reducción en días no siempre es indicativo de una reducción en costos ya que el insumo más costoso en los sistemas de finalización de ganado bovino es la alimentación, 65-70% de los costos de producción (Koeslag y Orozco, 2010), por lo cual es necesario tomar en cuenta la eficiencia de utilización del alimento al transformarlo en peso

vivo y el rendimiento en canal. En general, el uso de β -agonistas es favorable económicamente ya que aumenta la relación beneficio-costo, siendo experimentalmente el clorhidrato de ractopamina el β -adrenérgico más rentable en comparación al clorhidrato de zilpaterol aunque hipotéticamente el uso de este último al mejorar los parámetros productivos sea superior en un 1% en relación a ractopamina.

CONCLUSIONES

El uso de β -agonistas en la finalización de ganado bovino para carne, estadísticamente no afectan los parámetros productivos, sin embargo, se presentó una tendencia a mejorarlos.

Las variables de rendimiento en canal tampoco se vieron afectadas. Por lo que fisiológicamente no se encontró mayor volumen muscular ni reducción en la deposición de grasa.

La adición de β -agonistas encarece los costos de alimentación del ganado en finalización, por lo que reduce la relación beneficio:costo, a excepción de los animales que fueron suplementados con ractopamina.

En función de que el consumo de alimento de animales finalizados con ractopamina fue menor y se obtuvo un mayor rendimiento en canal se obtuvo la mejor relación costo:beneficio.

LITERATURA CITADA

- Abney C. S., Vasconcelos J. T., McMeniman J. P., Keyser S.A., Wilson K.R., Vogel G.J., Galyean and M.L. 2007. Effects of ractopamine hydrochloride on performance, rate and variation in feed intake and acid-base balance in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 85:3090-3098.
- Aguayo G. G. y Carreño A. A. 2006. Efecto del zilpaterol o ractopamina en el comportamiento productivo y económico de toretes en finalización. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Méx. Pp. 16-46.
- Avenidaño R. L., Torres R. V., Meraz M. F. J., Pérez L. C., Figueroa S. F. and Robinson P. H. 2006. Effects of two β -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 84:3259-3265.
- Aguilera S. J. I., Ramírez R. G., Arechiga C. F., Méndez L. F., López C. M. A., Silva R. J. M., Rincón D. R. M. and Duran R. F. M. 2008. Zilpaterol hydrochloride on performance and sperm quality of lambs fed wet brewers grains. *J. Appl. Anim. Res.* 34:17-21.
- SAGARPA. 2011. Manual de buenas prácticas pecuarias en el sistema de producción de ganado bovino productor de carne en confinamiento. SAGARPA-SENASICA. 53 p.

- Barajas C. R., Virgilio R., Contreras G. and Monarres R. 1998. Efectos del clorhidrato de zilpaterol sobre la respuesta productiva en toretes cebú finalizados en trópico seco. En: Memoria de la Reunión Científica de la XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro, Qro., México. P 144.
- Beermann D.H. 2002. Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. *J. Anim. Sci.* 80: E18-E23.
- Castellanos R. A. F., Rosado R. J. G., Chel. G. L. A. y Betancur A. D. A. 2006. Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán, México. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. México. Pp. 56-59.
- Félix A., Estrada A., Ríos F. G., Ramos C. H. and Pérez A. B. 2005. Effect of Zilpaterol clorhydrate on growth performance and carcass traits in finishing sheep. *J. Anim. Sci.* 83-63.
- Fiems L. O. 1987. Effect of beta-adrenergic agonists in animal production and their mode of action. *Ann Zotech* 36(3):271-290.
- Garcés Y. P., Zinn R. A., Abreu C. C. 1998. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre la ganancia de peso y características de la canal de toretes finalizados en pastoreo. En: XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Querétaro, Méx. Pp. 293.
- García M. E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Copen para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana. Tercera edición. Editorial UNAM. D.F., México. 78 p.
- Garza F. J. D. 1998. Comportamiento productivo de bovinos productores de carne en finalización suplementados con Zilmax. En: Resúmenes de las Conferencias Presentadas en el Lanzamiento de Zilmax en México. D.F., México. Pp. 55-61.
- Gruber S. L., Tatum J. D., Engle T. E., Mitchell M. A., Laudert S. B., Schroeder A. L. and Platter W. J. 2007. Effects of ractopamine supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers differing in biological type. *J. Anim. Sci.* 85:1809-1815.
- Intervet 2002. Efecto de Zilmax sobre la productividad. En: Zilmax Guía Técnica. México. Pp. 63.
- Koeslag H. J. y Orozco F.L. 2010. Bovinos de Carne. Editorial Trillas, SEP. México. 117 p.
- Laudert S. B., Vogel G. J., Aguilar A. A., Schroeder A. L., Platter W. J. and Koevering M. T. 2004. The effect of optaflex on growth performance and carcass; Summary of Six Post registration studies. Optaflex Exchange No.4. Elanco Animal Health.
- Matt R. B., Dritz S. S., Tokach M. D., Goodband R. D. and Grosebeck C. N. 2005. Efectos of ractopamine HCL on growth performance and withing-pen weight variation in finishing pigs. University of Kansas. Swine Day .Pp. 317-321.
- Mersmann H. J. 1995. Species variation in mechanisms for modulation of growth by beta-adrenergic receptors. *J. Nutr.* 125:1777-1782.
- Mersmann H. J. 1998. Overview of the effects of β -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *J. Anim. Sci.* 761:160-172.
- NOM-061-ZOO-1999, 2000. Especificaciones zoonitarias de los productos alimenticios para consumo animal. Diario Oficial. DF. México. Pp. 12-18.
- NRC 1994. Metabolic Modifiers: Effects on the Nutrient Requirements of Food Producing Animals. National Academy Press, Washington, D.C.

- NRC 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Séptima edición. National Academy of Sciences.
- Ocaña C. E. 2003. Finalización de toretes y vaquillas con un β -agonista en la dieta. Tesis professional. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. México. Pp. 37-63.
- Pirkins S. W., Evans W. S., Torner M. O., Gibbs D. M. and Cronin M. J. 1985. B-Adrenergic binding and secretory responses of the anterior pituitary. *Endocrinology* 117:1818-1823.
- Pisa. 2006. Racmina premix. En: Manual técnico Pisa agropecuaria. Elaborado en la Depto. de Farmacología. Facultad de Química, UNAM, Méx.
- Plascencia A., Torrentera N. y Zinn R. A. 1999. Influence of the β -agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Amer. Soc. Anim. Sci.* 50:331.
- Quinn M. J., Reinhardt, C.D., Loe, E. R., Depenbusch, B. E., Corrigan, M. E., May, M. L. and Drouillard, J. S. 2008. The effects of ractopamine-hydrogen chloride (Optaflex) on performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 86:902-908.
- Ricks C. A., Dalrymple R. H., Baker P. K. and Ingle D. L. 1984. Use of β -agonist to alter fat and muscle deposition in steers. *J. Anim. Sci.* 59:1247-1255.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. Versión 9.0. SAS Institute Cary, NC, USA.
- Schinckel A. P., Richer B. T. and Kendal D. C. 2000. Modeling to response to pay lean and dietary lysine requirements. Purdue University. Animal Science Department. Swine day report.
- Suárez D. H. 2011. Producción de bovinos para carne en confinamiento: Guía práctica para técnicos y productores. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 201 p.
- Tierrablanca C. F. U. y Vergara A. D. 2000. Comportamiento productivo y características de la canal de corderos en engorda con clenbuterol o zilpaterol en la dieta. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. Pp. 48-58.
- Vergara A. D. 2006. Evaluación productiva de corderos con la adición de clorhidrato de zilpaterol en la dieta a diferentes dosis y periodos de retiro. Tesis de maestría. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. Pp 52-76.
- Vogel G. J., Aguilar A. A., Schroeder A. L., Platter W. J. and Laudert S. B. 2004. The effect of optaflexx on growth performance and carcass. Traits of calf-fed holstein steers fed to harvest. Elanco Animal Health. Optaflexx Exchange No. 5 Elanco Greenfield.
- Winterholler S. J., Parsons G. L., Reinhardt C. D., Hutcheson J. P., Nichols W. T., Yates D. A., Swingle R. S. and Johnson B. J. 2007. Response to ractopamine hydrogen chloride is similar in yearling steers across days on feed. *J. Anim. Sci.* 85:413-419.