



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

**RELACIÓN BENEFICIO-COSTO UTILIZANDO DOS B-ADRENÉRGICOS EN LA ENGORDA DE BOVINOS EN CORRAL**

David Gilberto López Cantú<sup>1</sup>, César Arturo Hernández Barraza<sup>1</sup>, Jorge Loredó Osti<sup>1</sup>,  
Jorge Alejandro Adame Garza<sup>1</sup>, Samuel Guerrero Gómez<sup>2</sup>

**Study of benefit-cost in a trial using two  $\beta$ -adrenergic agonists in fattening cattle in feedlot**

**ABSTRACT**

There were fed 48 bulls with mating of breeds Brahman, Beef master, Charolais and Brangus for 90 days, adding the last 30 days the  $\beta$ -adrenergic zilpaterol hydrochloride and ractopamine hydrochloride. They were divided into 3 groups, the control group, the group added zilpaterol hydrochloride and the group supplemented with ractopamine hydrochloride, each group with 4 replicates and each of the iteration consists of 4 cattle.

We evaluated the cost benefit ratio of the main production parameters such as daily food consumption, daily weight gain, feed conversion and carcass yield in each treatment and comparing their results with each other. Based on the results it was concluded that the use of  $\beta$ -adrenergic both technically and economically feasible to fatten cattle corral.

**Keywords:**  $\beta$ -adrenergic, product parameters, economic efficiency.

**RESUMEN**

Se alimentaron 48 toretes con encaste de las razas brahmán, beefmaster, charoláis y brangus durante 90 días, adicionando los 30 últimos días los  $\beta$ -adrenérgicos clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina. Se dividieron en 3 grupos, el grupo testigo, el grupo adicionado con clorhidrato de zilpaterol y el grupo adicionado con clorhidrato de ractopamina, cada grupo con 4 repeticiones y cada repetición consto de 4 bovinos, correspondiendo cada uno de estos bovinos a los tipos raciales mencionados.

Se evaluaron la relación beneficio costo, basándose en la determinación de los principales parámetros productivos como lo son, ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia y rendimiento en canal en cada tratamiento y comparando los resultados entre sí.

Con la base de los resultados obtenidos se concluyó que el uso de  $\beta$ -adrenérgicos mejoró la relación beneficio costo.

**Palabras clave:**  $\beta$ -adrenérgicos, parámetros productivos, eficiencia económica.

<sup>1</sup> Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAT, miembro del Grupo Disciplinar de Agronegocios, Carretera Victoria-Mante Km. 5.5, Cd. Victoria Tamaulipas, México.

<sup>2</sup> Estudiante-Tesista del PE de MVZ en la FMVZ UAT.

## DESARROLLO

Desde hace tiempo el consumo de carne de ganado bovino ha ido aumentando considerablemente en el país, provocando así una fuerte competitividad en el mercado. Hoy en día el principal objetivo de un productor de bovinos de carne es producir carne de calidad a un bajo costo. Se ha demostrado que en explotaciones ganaderas el principal costo de producción es la alimentación, por eso es importante prestarle mayor atención a este rubro. En la engorda intensiva de bovinos es indispensable pensar en nuevas opciones para mejorar las dietas de los animales, ya que la simple utilización de insumos convencionales no es suficiente en una empresa de este tipo, puesto que no sería rentable, razón por la cual se justifica la utilización de promotores de crecimiento.

Dichos promotores de crecimiento ayudan a mejorar ciertos aspectos esenciales en una engorda como son: la disminución del consumo voluntario de alimento, aumento en la ganancia diaria de peso y mejor conversión alimenticia, así mismo, disminuyen los periodos de engorda, reflejándose lo anterior en una mayor eficiencia productiva en las explotaciones.

El contexto descrito, permitió el desarrollo de la presente investigación, en la cual se evaluaron 2 promotores de crecimiento, el clorhidrato de zilpaterol y el clorhidrato de ractopamina, para determinar cuál de estos compuestos presenta mejores indicadores de rentabilidad, asumiendo que la adición de estos  $\beta$ -adrenérgicos, impacta favorablemente los indicadores económicos.

Para validar dicho planteamiento, se utilizaron 48 toretes con encaste racial brahman, beefmaster, brangus y charolais, distribuidos en tres tratamientos con 4 repeticiones cada uno, a los cuales se les adicionó los compuestos señalados en la dieta durante los últimos 30 días de engorda. Al finalizar la fase experimental, se corroboró que el clorhidrato de zilpaterol mejoró parámetros técnicos de producción: ganancia diaria de peso (GDP), índice de conversión alimenticia (ICA) y rendimiento de la canal fría (RCF).

## REVISIÓN DE LITERATURA

La ganadería bovina en México se desarrolló durante décadas a través de un sistema de producción extensivo que mostró un fuerte impacto ecológico. Cabe señalar que la expansión ganadera de la década de los setentas abarcó el 65% de la superficie nacional y que los cambios económicos generados en la década del ochenta, incidieron profundamente en los márgenes de beneficio sentando las bases para reflexionar sobre los alcances y limitaciones de un modelo extensivo para la ganadería bovina en general y la de engorda en particular (7).

Ante el fenómeno de la globalización, la formación de grandes bloques económicos, la interdependencia entre países y las firmas de tratados comerciales, que incluyeron el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN, firmado entre Estados Unidos, Canadá y México), la demanda por conocer, las variables productivas y económicas más relevantes en los sistemas de producción animal, fue creciendo cada vez mas (12).

La producción de ganado de carne ha sufrido un incremento notable en los últimos años creando una mayor competitividad en el mercado. El objetivo del productor o ganadero, en estos tiempos es de producir más kilogramos de carne en pie o en canal a un menor costo (5).

Como se ha observado día con día la utilización de ingredientes naturales, en las dietas de los animales ya no es rentable, esto es lo que ha motivado a los productores a la utilización de otros productos como promotores de crecimiento y/o anabólicos (5).

Los promotores del crecimiento son agentes utilizados en bovinos para incrementar la tasa de ganancia de peso corporal, estos son administrados generalmente en la ración alimenticia. Los preparados farmacéuticos son principalmente esteroides anabolizantes. Los estimulantes del crecimiento, se consideran benéficos debido a una acción sobre el anabolismo proteico, que prácticamente se traduce en una mayor cantidad de músculo o carne en proporción apreciable, con un contenido menor de grasa (4).

Se define como anabólico esteroide cualquier compuesto o mezcla de compuestos que afectan la función metabólica del animal para incrementar la cantidad de proteína corporal. Los anabólicos pueden ser de origen endógeno o sintético (4).

Los  $\beta$ -agonistas adrenérgicos también conocidos como beta-adrenérgicos ( $\beta$ AA), pertenecen al grupo de modificadores del metabolismo (11) y se han utilizado en la producción animal, para lograr una mayor eficiencia en el uso del alimento, produciendo cambios en las características de la canal, así como en la composición química de la carne, al reducir el contenido de grasa y aumentar el contenido de proteína (9).

Los agentes promotores del crecimiento más utilizados en la producción animal, son los implantantes anabólicos, (clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina), así como algunos antibióticos (5).

En el ámbito internacional el uso de fármacos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos se está incrementando con el objetivo de mejorar el rendimiento en canal de varias especies domésticas (19).

Estados Unidos y México son países con sistemas intensivos de producción de carne que utilizan anabólicos para mejorar su producción, especialmente la velocidad del crecimiento y conversión alimenticia, buscando con ello, reducir el período de producción. El uso de agentes anabólicos con actividad no hormonal es uno de los métodos más comunes para modificar el potencial de crecimiento de los animales (4).

El Clorhidrato de Zilpaterol y el Clorhidrato de Ractopamina son dos beta-agonistas legalmente permitidos en México para su uso en la alimentación animal, mejorando el comportamiento de los animales sin alterar el color de la carne (1).

El uso principal de los  $\beta$ -adrenérgicos en la producción animal cuyo destino es el abasto, se refleja en el aumento en la proporción magra de la canal. Diferentes estudios han demostrado que en ganado vacuno y ovino los  $\beta$ -adrenérgicos mejoran el aumento de peso, el consumo de alimento y el contenido de carne en un 10–20% y el contenido de lípidos disminuye un 7–20% (16).

La ractopamina y el zilpaterol son agentes químicos débiles farmacológicamente que se biotransforman y depuran con rapidez en los animales que los consumen, tanto que es imposible considerar que induzcan efectos cardiovasculares adversos o de otra índole (19).

Los  $\beta$ -adrenérgicos son compuestos farmacológicos que mejoran eficazmente el crecimiento de las células grasas debido a la estimulación de los receptores beta adrenérgicos. En el tejido muscular los  $\beta$ -adrenérgicos promueven la síntesis de proteína produciendo una hipertrofia por acción de la inhibición de la proteólisis. En el tejido adiposo los  $\beta$ -adrenérgicos promueven la lipólisis. (2). Los receptores de estos químicos, también están presentes en casi todas las células de los mamíferos. Estos receptores son estimulados fisiológicamente por el neurotransmisor, la norepinefrina y la hormona de la medula adrenal. Estos receptores se fijan a los receptores del tejido adiposo y muscular modificando su metabolismo incrementando la lipólisis y la termogénesis en el tejido adiposo (14).

Un ejemplo de cómo actúa un receptor de la membrana celular, es la formación del complejo agonista-receptor  $\beta$ -adrenérgico, con la intervención de la proteína G (reguladora de nucleótidos de guanina), que activan la enzima adenilciclasa (ac) y en consecuencia incrementa un segundo mensajero intracelular, el AMPc. Este actúa sobre un efector secundario llamado proteinkinasa (pka), el cual modifica el funcionamiento celular para generar otros efectos (9).

### **Mecanismos de acción de los $\beta$ AA en el metabolismo**

A nivel de tejido adiposo, los  $\beta$ AA aumentan el metabolismo degradativo de los lípidos en el adiposito, por lo que, impiden y reducen la deposición de grasa. La activación de los receptores  $\beta$ AA, causa un aumento en el AMPc (Adenosin Monofosfato cíclico), que activa a la proteinkinasa A, la cual a su vez fosforila a la hormona sensible a la lipasa. La lipasa fosforilada es la forma activa que inicia la lipólisis. Los ácidos grasos son producidos y exportados del adiposito para ser usados como fuentes oxidativas por otros tejidos. La síntesis de ácidos grasos y la esterificación de ácidos grasos dentro del triacilglicerol, que es la primera molécula energética almacenada en el adiposito, ambos procesos son inhibidos por los  $\beta$ AA. Por lo tanto, un aumento en el catabolismo (lipólisis) y una reducción en el anabolismo (lipogénesis) de los lípidos en el adiposito, conducirá a una hipertrofia reducida del adiposito y en consecuencia a una reducción del depósito de grasa en la canal (9).

Con relación al tejido muscular, se sabe que los  $\beta$ AA aumentan la perfusión sanguínea hacia el músculo, así como una mayor disponibilidad de energía y aminoácidos, en consecuencia aumenta la síntesis y retención de proteína que favorece la hipertrofia muscular, principalmente de los músculos del cuarto trasero del animal. En el músculo, además de la hipertrofia, ocurren cambios en el tipo de fibra muscular, también hay cambios en la proporción de ARN de transcripción para proteínas musculares como la miosina y actina. En ovinos y bovinos se ha observado que aumenta el peso de los músculos en 40%, y que la magnitud de la respuesta varía dependiendo del  $\beta$ AA suministrado, así como de la influencia de factores como la especie, la raza, la edad, el sexo y la dieta (9).

Para que una empresa dedicada a finalizar ganado bovino en corral sea rentable, requiere de asegurar en los animales un diferencial de precio en la compra-venta significativo y un comportamiento productivo óptimo (1).

El principal problema de las empresas pecuarias en México es la desorganización, debido a que no existe una planeación efectiva (12).

De hecho, las empresas requieren no solo de una adecuada planeación, sino además de un adecuado control de la producción, que resulta ser el proceso que garantiza que los objetivos se alcancen (12).

## **METODOLOGÍA**

### **Localización**

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UAT ubicada en el kilometro 5 de la carretera Victoria-Mante.

La unidad para pruebas de comportamiento cuenta con la siguiente infraestructura:

- 16 corrales de alojamiento
- 3 corrales de manejo
- 1 corral de enfermería
- 1 carril perimetral
- 2 comederos lineales
- 9 bebederos
- 1 báscula
- 1 manga de trabajo
- 1 prensa
- Embarcadero
- Baño de inmersión
- Pasillo techado y pavimentado

Para el presente estudio, se utilizaron 48 animales con un peso promedio de 327 Kg, con una edad de 18 meses promedio con un encaste racial de Brangus, Beefmaster, Brahman, Charoláis.

**Condiciones de alimentación.**

En esta investigación, se utilizaron 3 dietas. La primera de ellas, denominada de adaptación (tabla 1) la cual se ofreció 15 días antes del periodo de evaluación (90 días), la segunda de transición (tabla 2) y la tercera, experimental (tabla 3) utilizada los últimos 30 días del periodo de evaluación.

El alimento fue servido ad libitum 2 veces por día (mañana 40%, tarde 60%), previa lectura de comedero aceptando un rechazo del 10%.

**Tabla N° 1.- Dieta de adaptación**

Ingredientes	%	Aporte Vitamínico	
Sorgo molido	46	PC	13%
Harina de pasta de soya	13.5	Enm (Mcal/Kg)	1.6 Kcal
Premezcla vitamínico-mineral	2.5	Eng (Mcal/Kg)	1 Kcal
Melaza de caña	8		
Heno de zacate buffel	30		
Total	100%		

**Tabla N° 2.- Dieta de Transición**

Ingredientes	%	Aporte Vitamínico	
Sorgo molido	55	PC	13%
Harina de pasta de soya	13	Enm (Mcal/Kg)	1.8 Kcal
Premezcla vitamínico-mineral	2.5	Eng (Mcal/Kg)	1 Kcal
Melaza de caña	7		
Cebo de res	2		
Heno de zacate buffel	20.5		
Total	100%		

**Tabla N° 3.- Dieta Experimental**

Ingredientes	%	Aporte Vitamínico	
Sorgo molido	65	PC	13%
Harina de pasta de soya	12	Enm (Mcal/Kg)	2.1 Kcal
Premezcla vitamínico-mineral	2.5	Eng (Mcal/Kg)	1.2 Kcal
Melaza de caña	6.5		
Cebo de res	4		
Heno de zacate buffel	10		
Total	100%		

### Tratamientos

Se utilizaron 3 grupos con 16 animales cada uno. Los animales del tratamiento 1 denominado también grupo testigo, consumieron una dieta comercial, los animales del tratamiento 2 la misma dieta, pero adicionada con 6 ppm de clorhidrato de zilpaterol como aditivo, mientras que en los del tratamiento 3 la dieta fue adicionada con 2.73 g/Ton., de clorhidrato de ractopamina.

### Diseño experimental

Los 48 animales en experimentación fueron distribuidos en 12 corrales alojando 4 bovinos en cada uno de ellos.

### Variables productivas a evaluar

Ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia y rendimiento en canal fría.

### Análisis estadístico

Las variables evaluadas se analizaron mediante un análisis de varianza de 2 vías (efecto tratamiento y efecto raza), cuando se encontraron diferencia entre medias, se utilizó la prueba Tukey para el análisis de las mismas.

### Análisis Económico

La evaluación económica y nivel de rentabilidad se determinaron mediante el Índice de Ingalls-Ortiz (IOR) para determinar productividad económica.

## RESULTADOS

Los resultados de los parámetros evaluados en este experimento (Tabla 4), muestran los principales indicadores de producción, que sirvieron de base para determinar los beneficios económicos y determinar la rentabilidad del estudio.

De acuerdo a los datos presentados en la tabla 4, se aprecia que el uso de los  $\beta$ AA mejoraron la producción, expresada esta en los kilogramos totales ganados por los animales en experimentación durante la prueba, a razón de un 11.25% para la ractopamina y un 15.96% para el clorhidrato de zilpaterol con relación al grupo testigo. Entre los  $\beta$ AA, se observa un diferencial de 4.23% a favor del clorhidrato de zilpaterol en relación con la ractopamina.

Tabla N° 4.- Resumen de indicadores productivos obtenidos en la prueba adicionando  $\beta$ AA.

Variable	Testigo	C. Zilpaterol*	C. Ractopamina*
Duración (días)	90	90	90
# de Animales	16	16	16
Peso Inicial (kg)	315.4	328.9	337.2
Pesos Final (kg)	457.6	493.9	495.4
Ganancia Total (kg)	142.2	164.9	158.2
GDProm (kg)	1.47	2.02	1.57
ICAProm (kg)	8.66	6.22	8.44
R.C.F. (%)	60.4	61.8	60.4

Fuente: Análisis directo.

\*Se adicionaron en la dieta en los últimos 30 días de engorda.

Los resultados de los indicadores de productividad, Ganancia Diaria Promedio (Gdprom), Índice de Conversión Alimenticia Promedio (ICAProm) y el Rendimiento de la Canal Fría (RCF), corresponden a los obtenidos durante los últimos treinta días del periodo de engorda, dado que en este periodo fueron adicionados los  $\beta$ AA, (tabla 5).

**Tabla N° 5.- Ganancia diaria promedio, índice de conversión alimenticia promedio y el rendimiento de la canal fría.**

Variable	Testigo	C. Zilpaterol*	C. Ractopamina*
GDProm (kg)	1.47 <i>b</i>	2.02 <i>a</i>	1.57 <i>b</i>
ICAProm (kg)	8.66 <i>b</i>	6.22 <i>a</i>	8.44 <i>b</i>
R.C.F. (%)	60.4 <i>b</i>	61.8 <i>a</i>	60.4 <i>b</i>

Fuente: Análisis directo. \*Se adicionaron en la dieta en los últimos 30 días de engorda.

Valores con distinta literal entre columnas indican diferencias significativas entre medias. a-b= P<.05

La utilización de los  $\beta$ AA permitió un incremento en el indicador de GDprom como se distingue en la tabla 5, siendo este de un 6.80% para el caso de la ractopamina y de un 37.41% para el clorhidrato de zilpaterol en relación con el grupo testigo. Entre los  $\beta$ AA, se aprecia una mejor GDProm a razón de 28.66% para el clorhidrato de zilpaterol en relación con la ractopamina. Observándose diferencias significativas al ANOVA ( $p < 0.05$ ) del C. de Zilpaterol con el tratamiento testigo y el clorhidrato de ractopamina.

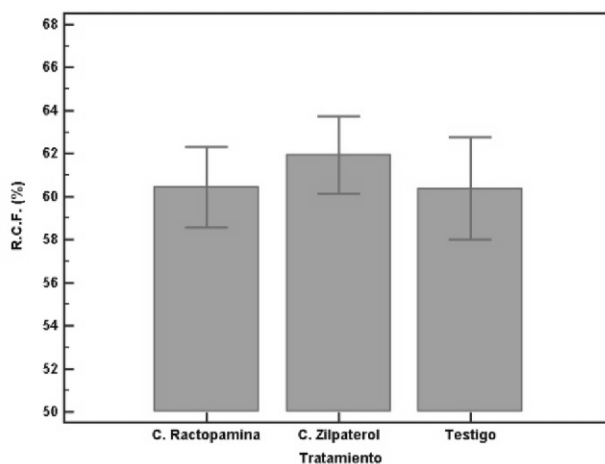
En términos de productividad, expresada en la relación consumo de alimento y kilogramos de carne (ICAProm), esta se ve mejorada con el usos de  $\beta$ AA, con un diferencial en el ICAProm del 2.54% entre el grupo testigo y el grupo con ractopamina y un 15.83% aproximadamente entre el grupo testigo y el tratado con el clorhidrato de zilpaterol. Entre los  $\beta$ AA, existe un diferencial del 35.69% menor entre clorhidrato de zilpaterol y ractopamina. Observándose diferencias significativas al ANOVA ( $p < 0.05$ ) del C. de Zilpaterol con el tratamiento testigo y el clorhidrato de ractopamina.

### **Rendimiento de la canal fría por tratamiento**

Para el indicador de Rendimiento en Canal Fría (R.C.F.), se observa que el grupo testigo y la ractopamina tuvieron el mismo comportamiento que fue de 60.4%; la utilización del clorhidrato de zilpaterol mejoro en un 2.32% aproximadamente, alcanzando un 61.8% de rendimiento en canal fría. Observándose diferencias significativas al ANOVA ( $p < 0.05$ ) del C. de Zilpaterol con el tratamiento testigo y el clorhidrato de ractopamina. (Figura 2).



Figura N° 1.- Rendimiento de la Canal Fría (R.C.F.) según los tratamientos evaluados.

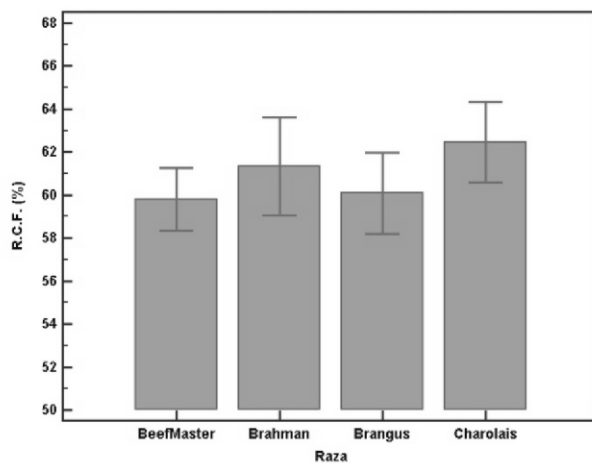


Fuente: Análisis calculado mediante el software ANOVA.

#### Rendimiento de la canal fría por encaste racial

Los resultados de la variable RCF según tipo de encaste racial, muestran que fueron los bovinos con encaste Charoláis quienes lograron un mejor desempeño (62.5%), seguidos por los bovinos con encaste Brahman (61.3%), Brangus (60.1%) y por último Beefmaster (59.8%). Las diferencias observadas son estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) (Figura 3).

Figura N° 2.- Rendimiento de la Canal Fría (R.C.F.) según los encastes raciales evaluados.



Fuente: Análisis calculado mediante el software ANOVA.

### Rendimiento productivo por encaste racial

De acuerdo a los datos de la Tabla 6, el encaste racial Charoláis presentó el mejor comportamiento, destacando con un ICA de 6.21 Kg, una GDP de 1.80 Kg y un 62.52% de rendimiento en canal fría; siguiéndole el encaste racial Brangus con un ICA de 6.22 Kg y una GDP de 1.80 Kg y un rendimiento en canal fría 60.11%. Es posible identificar una mayor diferencia entre los encastes raciales Beefmaster y Brahman, los cuales presentaron una GDP de 1.63 Kg y 1.46 Kg respectivamente, con una ICA de 6.91 kg para Beefmaster y 7.68 Kg para Brahman, los indicadores de rendimiento en canal fría para estos encastes raciales fueron de 59.79% y 61.36% respectivamente.

**Tabla N° 6.- Resultados de parámetros productivos por encaste racial.**

VARIABLE	ENCASTE RACIAL			
	BRAHMA N	BRANG US	BEEFMAST ER	CHAROLA IS
Peso inicial promedio Kg	332,83	319,67	337,92	318,33
Peso final promedio Kg	477,75	482,00	490,50	480,67
Días transcurridos	90	90	90	90
Aumento total promedio Kg	144,92	162,33	152,58	162,33
Ganancia diaria de peso (GDP) Kg	1,46	1,80	1,63	1,80
Consumo de alimento Kg	11,19	11,19	11,19	11,19
Índice de Conversión alimenticia (CA) Kg	7,68	6,22	6,91	6,21
Rendimiento C. fría (%)	61,36	60,11	59,79	62,52

Fuente: Análisis directo.

### Indicadores Económicos y de Rentabilidad

Los resultados de la evaluación económica, se reflejan en los indicadores económicos y de rentabilidad. (ver tabla 7).

**Tabla N° 7.- Resumen de egresos, ingresos y relación beneficio/costo obtenidos en la prueba adicionando βAA.**

Indicador	Testigo	C. Zilpaterol*	C. Ractopamina*
Egresos Totales	\$ 143,706.72	\$ 154,059.72	\$ 153,927.72
Ingresos (pie de corral)	\$ 156,507.75	\$ 169,054.88	\$ 169,418.25
Ingresos (Canal Fría)	\$ 159,250.86	\$ 176,085.26	\$ 172,371.06
Utilidad Bruta (Balance I-E**)	\$ 15,544.14	\$ 22,025.54	\$ 18,443.34
R B/C*** a pie de corral	\$ 1.09	\$ 1.10	\$ 1.10
R B/C*** canal fría	\$ 1.11	\$ 1.14	\$ 1.12

Fuente: Análisis directo. \* Se adicionaron en la dieta en los últimos 30 días de engorda.

\*\* I-E: Ingresos-Egresos. \*\*\* R B/C: Relación Beneficio/Costo.

El nivel de ingresos derivado de la utilización de los βAA se vio mejorado, presentando un incremento del 8.24% para la ractopamina y de un 10.57% para el caso del clorhidrato de zilpaterol en relación con el grupo testigo. Entre los βAA, se aprecia un incremento del 2.15% entre la ractopamina y el clorhidrato de zilpaterol.

Se distingue en esta misma tabla, que la utilización de los  $\beta$ AA permitió un incremento en el indicador de utilidad bruta (balance ingresos menos egresos) del 41.7% para el clorhidrato de zilpaterol y de un 18.65% para la ractopamina con relación al grupo testigo. Entre  $\beta$ AA, se observa un incremento de 19.42% entre la ractopamina y el clorhidrato de zilpaterol.

Con relación al indicador de rentabilidad o productividad económica (relación beneficio costo), se presenta de la siguiente manera, para el caso del grupo testigo fue de \$1.11, mientras que para el clorhidrato de zilpaterol fue de \$1.14 y para la ractopamina de \$1.12, lo que representa un incremento por efecto de los  $\beta$ AA de 3.14% para el clorhidrato de zilpaterol y de 1.05% para la ractopamina, con relación al grupo testigo. El incremento entre  $\beta$ AA, fue de 1.78% entre ractopamina y el clorhidrato de zilpaterol.

## DISCUSIÓN

Suficientemente documentada se encuentra la utilización de los  $\beta$ AA como promotores de crecimiento en las diferentes especies de animales domésticos con fines de productividad, principalmente en los sistemas dedicados a la producción de carne (Errecalde 2003, López et al 2001, Palomo 2003 y Cruz 2007). En este sentido se realizó esta investigación, evaluando parámetros de productividad como los son la ganancia diaria de peso, el índice de conversión alimenticia y el rendimiento en canal fría de bovinos tratados con clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina.

A continuación se confrontan los resultados obtenidos en investigaciones y estudios similares con los obtenidos en esta investigación, tratando de establecer las relaciones e interpretaciones existentes entre los experimentos realizados adicionando  $\beta$ AA.

### **Ganancia Diaria de Peso (GDP)**

Castellanos et al (2006) menciona que la utilización del clorhidrato de zilpaterol mejoro en un 3.1% la ganancia diaria de peso con respecto del grupo dicho  $\beta$ AA. Los resultados obtenidos en el presente estudio también reflejan un incremento en la ganancia diaria de peso en los grupos tratados con  $\beta$ AA; es así que, entre el grupo testigo y el grupo tratado con clorhidrato de ractopamina se aprecia un incremento del 6.80%; mientras que entre el grupo testigo y el tratado con clorhidrato de zilpaterol el incremento fue de 37.41%.

Avendaño et al (2006) utilizó en su investigación los  $\beta$ AA clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina, observando también un incremento en la ganancia diaria de peso por el uso de los mismos; la diferencia entre el tratamiento testigo y el tratado con clorhidrato de zilpaterol reflejo un incremento del 35.44%; por otra parte, la diferencia entre el tratamiento sin  $\beta$ AA y el tratado con clorhidrato de ractopamina fue del 31.64%, distinguiéndose incrementos marcadamente notorios entre los expuestos por Castellanos et al (2006) y los obtenidos en esta investigación.

Montgomery et al (2008), reporta un incremento en la ganancia diaria de peso con el uso del clorhidrato de zilpaterol en un 18.95% en promedio, apreciándose que lo reportado es menor en un 18% aproximadamente en relación con el resultado obtenido en la presente investigación, usando el mismo  $\beta$ AA.

Alvarado (2001) hace mención en su investigación, las diferencias reflejadas en la ganancia diaria de peso con el uso del clorhidrato de zilpaterol entre bovinos hembras y machos, determinado que los machos incrementaron su ganancia diaria de peso en un 12.7% en relación

con las hembras. Contrastando los resultados reportados por Alvarado, para el caso de los machos, contra los obtenidos en esta investigación, se observa que la ganancia diaria de peso fue menor en un 1% aproximadamente utilizando el mismo  $\beta$ AA (clorhidrato de zilpaterol) y de un 25.93% para el caso de la ractopamina.

### **Índice de conversión alimenticia (ICA)**

Montgomery et al (2008) mencionó que el uso de  $\beta$ AA impactó favorablemente el índice de conversión alimenticia, reportando en términos promedio un ICA para el grupo testigo de 7.67 kg y de 6.07 kg para el grupo tratado con clorhidrato de zilpaterol, lo cual representa un diferencial del 20.84% menor utilizando el  $\beta$ AA. Este comportamiento es similar a lo encontrado en la presente investigación, ya que el ICA para el grupo testigo fue de 8.66 kg, mientras que para el grupo tratado con el clorhidrato de zilpaterol fue de 6.22 kg; presentando un diferencial menor del 39.22% al utilizar el  $\beta$ AA señalado. Un comportamiento similar reporta Alvarado (2001) cuando comparó el efecto del uso del clorhidrato de zilpaterol en bovinos de ambos sexos, indicando que el uso del  $\beta$ AA en las hembras, mejoro el ICA a razón de un 4.16%, con relación a los machos, los cuales presentaron un ICA de 4.8 kg.

Continuando con el planteamiento anterior Avedaño et al (2006), señala que el uso del clorhidrato de zilpaterol y el clorhidrato de ractopamina optimizan marcadamente el ICA; ya que este parámetro se vió mejorado en un 35.87% al proporcionar clorhidrato de zilpaterol, en relación con el grupo testigo; mientras que para el clorhidrato de ractopamina fue de un 25.27% en relación con el grupo testigo.

### **Rendimiento en canal**

Castellanos et al (2006) que al utilizar clorhidrato de zilpaterol el rendimiento en canal caliente se eleva un 1%, sufriendo una modificación muy ligeramente en la canal fría del orden el 1.1%. En la presente investigación el aumento en el rendimiento de canal fría al utilizar clorhidrato de zilpaterol fue similar al que señala Castellanos, apreciándose que el rendimiento de la canal fría mostró un aumento del 1.4% en relación con el grupo testigo. No se encontraron diferencias en el rendimiento en canal al utilizar o no el clorhidrato de ractopamina.

Un comportamiento similar reporta Avedaño et al (2006) quien también vio reflejado un aumento en el rendimiento de canal al utilizar  $\beta$ AA; el indicador reportado al utilizar el clorhidrato de zilpaterol en relación a no utilizar  $\beta$ AA es de 2.01% y al utilizar clorhidrato de ractopamina el aumento es de 1.48%. Alvarado (2001) destaca que al utilizar clorhidrato de zilpaterol, los machos obtuvieron un 61.1% de rendimiento en canal caliente, siendo 0.02% menor que los resultados de la presente investigación.

### **Relación Beneficio Costo**

Existe la preocupación constante por hacer más eficiente técnicamente y rentable la producción de carne de bovino en sistemas intensivos, como lo señalan Blood et al (1994), Aguilera (2010) y Herrera (2007); en la presente investigación se analizaron factores de productividad y económicos, tratando de contribuir a la solución de esta preocupación.

Aguilera (2010) menciona que para que sea rentable la finalización del ganado bovino, se debe de tener asegurado en los animales un comportamiento productivo óptimo y un costo de producción igual o inferior del precio de venta; en la presente investigación las dos premisas se corroboran al determinarse en primera instancia, que las principales variables técnicas (señaladas en apartados anteriores) se comportaron de manera eficiente, más aun al adicionar

el clorhidrato de zilpaterol y el clorhidrato de ractopamina y posteriormente al determinar que el costo de producción fue menor que los ingresos generados para los tres tratamientos (tabla 5), haciéndose más marcada la diferencia al utilizar  $\beta$ AA.

El comportamiento anterior se confirma con los datos que dan cuenta sobre la relación beneficio costo determinada en esta investigación, presentando valores de \$1.09 para el grupo testigo y de \$1.10 para los grupos tratados con los dos  $\beta$ AA, considerando el cálculo hasta la etapa de finalización de los bovinos (a pie de corral); estos valores se modifican al realizar el cálculo posterior al sacrificio de los animales, es decir, considerando el rendimiento de la canal, para quedar en \$1.11 para el grupo testigo, \$1.14 para el grupo tratado con el clorhidrato de zilpaterol y de \$1.12 para el tratado con clorhidrato de ractopamina. Estos resultados son similares a los reportados por Alvarado (2001), cuando utilizó el clorhidrato de zilpaterol en machos, señalando que la relación beneficio costo fue de \$1.17.

## CONCLUSIONES

Una vez analizados y discutido los resultados de la presente investigación, se cuenta con los elementos suficientes para concluir que la utilización del clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en la engorda de bovinos en corral, mejoran sustancialmente la relación beneficio costo al ser adicionados en la alimentación, sustentando lo expresado en los argumentos que a continuación se presentan:

- Los parámetros evaluados que dan cuenta del desempeño productivo y por consiguiente de la eficiencia técnica, se vieron mejorados notablemente por la adición de los  $\beta$ AA, clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina, provocando un desempeño favorable en los parámetros, tales como, kilogramos totales ganados, ganancia diaria promedio, índice de conversión alimenticia y el rendimiento de la canal fría, al menos en este último, al ser adicionado el clorhidrato de zilpaterol.
- Al considerar la mejora en el desempeño técnico ocasionado por efecto de la adición de los  $\beta$ AA en el tipo racial de los bovinos en experimentación, se concluye que, las razas con encaste europeo, sobresalieron sobre las razas con mayor proporción de encaste cebuino. Esto en función de que el tipo racial que más destacó fue el Charoláis, seguido por el Brangus, mientras que los tipos raciales Beefmaster y Brahmán, presentaron un menor desempeño.
- La adición de los  $\beta$ AA, generó un incremento del 7.15% en términos promedio sobre los egresos totales. Este incremento no afectó significativamente en el nivel de eficiencia económica, ya que los ingresos sufrieron un incremento promedio del orden de un 8.12% por efecto de la utilización de los  $\beta$ AA.
- La utilidad bruta se vio mejorada por la adición de los  $\beta$ AA, es así que al añadir el clorhidrato de ractopamina este indicador creció un 18.65% en relación con el grupo testigo; mientras que la utilización del clorhidrato de zilpaterol provocó un incremento más significativo en la utilidad bruta, hasta alcanzar un nivel de 41.69% con relación al grupo testigo.
- El no proporcionar  $\beta$ AA a los animales en experimentación, generó una relación beneficio costo de \$1.11, sin embargo, al proporcionar el clorhidrato de ractopamina, la relación beneficio costo creció aproximadamente un 0.09%, quedando en \$1.12; mientras que la utilización del clorhidrato de zilpaterol permitió un aumento de 2.7% aproximadamente, para quedar en \$1.14.

el clorhidrato de zilpaterol y el clorhidrato de ractopamina y posteriormente al determinar que el costo de producción fue menor que los ingresos generados para los tres tratamientos (tabla 5), haciéndose más marcada la diferencia al utilizar  $\beta$ AA.

El comportamiento anterior se confirma con los datos que dan cuenta sobre la relación beneficio costo determinada en esta investigación, presentando valores de \$1.09 para el grupo testigo y de \$1.10 para los grupos tratados con los dos  $\beta$ AA, considerando el cálculo hasta la etapa de finalización de los bovinos (a pie de corral); estos valores se modifican al realizar el cálculo posterior al sacrificio de los animales, es decir, considerando el rendimiento de la canal, para quedar en \$1.11 para el grupo testigo, \$1.14 para el grupo tratado con el clorhidrato de zilpaterol y de \$1.12 para el tratado con clorhidrato de ractopamina. Estos resultados son similares a los reportados por Alvarado (2001), cuando utilizo el clorhidrato de zilpaterol en machos, señalando que la relación beneficio costo fue de \$1.17.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y LITERARIAS

1. **Aguilera Sosa (2010)** “Factores críticos para hacer rentable la finalización de bovinos en corral” Consultor en Nutrición Animal de Bufete Agropecuario de Capacitación, Asesoría y Servicios, S.C. y de Nutrimientos Minerales de Hidalgo, S.A. de C.V. pág 1, 4,
2. **Alvarado B. M. A. (2001)** “Análisis de rentabilidad y productividad en la engorda de bovinos en corral, en la etapa de finalización utilizando un beta adrenérgico en el alimento” Tesis de licenciatura Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT, Cd. Victoria Tamaulipas
3. **Avendaño R.L., Torres R.V., Meraz M.F.J., Briceño V.P., Pérez L.C., Figueroa S.F. Correa C.A. y Álvarez F.D. (2006)** “Influencia de dos agonistas beta en el comportamiento en corral y características de la canal de novillos de engorda”, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California
4. **Bavera G. et al (2002)** “Promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo” Cursos de Producción Bovina de Carne, F.A.V. UNRC., Páginas 1
5. **Blood D. C. y col. (1994)** “Diccionario de veterinaria” Interamericana Mc Graw-Hill pág. 250.
6. **Castellanos-Rúelas A.F., Rosado-Rubio J.G., Chel-Guerrero L.A., Betancur-Ancona D.A. (2006)** “Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán”, México, Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
7. **Chauvet M. (1997)** “La Ganadería Mexicana frente al fin de siglo”. Universidad Autónoma Metropolitana Departamento de Sociología. Prepared for delivery at the 1997 meeting of the Latin American Studies Association. Guadalajara, México. Abril 17-19, páginas 2
8. **Cruz A. M. (2007)** “Estudio comparativo de parámetros productivos agregando clenbuterol y zilpaterol a la dieta de pollos de engorda durante la tercera y cuarta semana” Tesis de licenciatura Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT, Cd. Victoria Tamaulipas

9. **Domínguez Vara Ignacio A., Mondragón Ancelmo Jaime, González Ronquillo Manuel, Salazar García Félix, Bórquez Gastelum José Luis y Aragón Martínez Andrés (2009)**, “Los  $\beta$ -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión”, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México.
10. **Errekalde C., Prieto G., Lüders C., García Ovando H. (2003)** “Fármacos  $\beta$ -adrenérgicos en producción animal”. Seguridad Alimentaria y Calidad Cárnica Universidad Nacional de Rio Cuarto
11. **Garza F. J. D. (1994)** “Nuestro acontecer bovino” Artículo de publicación de la AMMVEB Ediciones pecuarias de México SA de CV pag 25
12. **Herrera I. et al (2007)** “Eficiencia técnica y económica en la producción avícola de pollo de engorda” Facultad de estudios superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Pecuarias. Paginas 1, 2, 3
13. **Laguna J. (1972)** “Bioquímica” Séptima reimpresión Fournier SA México.
14. **López Z. R; Argudín S. O. y Anaya A. D. (2001)** “Efecto de un  $\beta$  Adrenérgico Solo y Combinado, sobre Aumento de peso, Grasa dorsal y Área de Rib Eye en Ovinos Tabasco”. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas
15. **Merk & CO. INC (2007)** “Manual Merk de Veterinaria” Editorial Océano pag. 2141-2142.
16. **Montgomery J. L., Krehbiel C. R., Cranston J. J., Yates D. A., Hutcheson J. P., Nichols W. T., Streeter M. N., Bechtol D. T., Johnson E., TerHune T. and Montgomery T. H. (2008)** “Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers”, Journal of animal science.
17. **Palomo C. R. (2003)** “Comportamiento productivo de borregos Pelibuey en engorda intensiva utilizando diferentes niveles de zilpaterol” Tesis de licenciatura Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
18. **Sumano H. et al (2002)** “Clenbuterol y otros  $\beta$ -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?” Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, Abril-Junio, paginas 137-138.

\*(artículo recibido el día 8 de febrero del 2013 y aceptado para su publicación el día 15 de octubre de 2013)