Comportamiento del crecimiento y características de la canal de novillas en lote seco alimentadas con diferentes niveles de levadura viva enriquecida con cromo o con clorhidrato de zilpaterol

Yissel S. Valdés-García¹, J.I. Aguilera-Soto², A. Barreras¹, A. Estrada-Angulo³,

A. Gómez-Vázquez⁴, A. Plascencia¹, F.G. Ríos³, J.J. Reyes⁵, J. Stuart⁵ y Noemí G. Torrentera¹

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali 21100, Baja California, México.

²Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, El Cordovel Enrique Estrada, Zacatecas, 98500, México.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán 1084, Sinaloa, México.

⁴División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, km 25 Villahermosa-Teapa, Tabasco, México

⁵Departamento de Rumiantes, Instituto de Ciencia Animal, km 47.5 Carretera Central, Mayabeque, Cuba
Correo electrónico: aplas_99@yahoo.com, alejandro.plascencia@uabc.edu.mx

Se utilizaron sesenta novillas cruzadas (371 ± 7 kg) en una prueba de alimentación de 63 días de duración (4 naves por tratamiento en un diseño de bloque completamente al azar) para evaluar la influencia del suplemento dietético con clorhidrato de zilpaterol (β -agonista) o con diferentes niveles de levadura viable enriquecida con cromo (LE-Cr) en el crecimiento y las características de la canal. La novillas se alimentaron con una dieta basada en maíz hojuelado al vapor (1.45 Mcal de energía neta de ganancia, ENg kg^{-1}). Los tratamientos fueron: 1) control, sin levadura, sin suplemento de zilpaterol (Ctrl); los tratamientos 2, 3 y 4) contenían la misma dieta basal suplementada con LE-Cr comercial para una dosis final de 10, 20, ó 30 g $\text{hd}^{-1} \text{d}^{-1}$ de cepa de levadura, y 5) la misma dieta basal (Ctrl) suplementada con 6 mg de zilpaterol kg^{-1} de alimento durante 30 d (ZIL), medicamento que fue eliminado de la dieta 3 d antes de la recolección. Comparado con los controles, el zilpaterol incrementó el peso final (3.8 %, $P < 0.03$), la ganancia diaria ajustada a la canal (18.7 %, $P = 0.05$), la energía de mantenimiento aparente neta (14 %, $P < 0.01$), y disminuyó la relación del CMS observado/esperado (14 %, $P < 0.01$). El tratamiento con zilpaterol (β -agonista) no influyó ($P < 0.13$) en el nivel de marmoleo, pero, comparado con el grupo control, incrementó el rendimiento de la canal (2.6 %, $P = 0.01$), y redujo ($P = 0.02$) la grasa de los riñones, la pelvis y el corazón (RPC, 19.8 %) y el grosor de la grasa (9.4 %) y tendió (5.9 %, $P = 0.06$) a incrementar el área del músculo *Longissimus dorsi*. Comparado con los tratamientos con LE-Cr, el zilpaterol incrementó la ENm aparente dietética ($P = 0.03$) y el rendimiento de la canal ($P < 0.01$), y disminuyó la relación del CMS observado/esperado ($P = 0.03$) y la grasa de RPC ($P = 0.04$). El tratamiento con LE-Cr no influyó en las características de la canal, pero comparado con el control, el suplemento de LE-Cr tendió a incrementar el PC final ($P = 0.08$), GPD (0.09), la tasa consumo:ganancia (C:G, $P = 0.08$) y la EN dietética ($P = 0.06$). El nivel de suplemento de LE-Cr incrementó (componente lineal, $P \leq 0.04$) el PC final, la GPD, la tasa consumo:ganancia, la ENm aparente dietética, y disminuyó ($P = 0.02$) la tasa del CMS observado/esperado. El nivel de LE-Cr del suplemento no afectó ($P \geq 0.33$) el rendimiento de la canal, el área del músculo *Longissimus dorsi* o el nivel de marmoleo, pero disminuyó el grosor de la grasa y la grasa de RPC ($P = 0.02$) a medida que se incrementó el nivel de suplemento de LE-Cr. El CMS y el peso de la canal caliente tendieron ($P \leq 0.08$) a incrementarse con el aumento del nivel de suplemento de LE-Cr. Se concluye que el suplemento de zilpaterol mejoró el crecimiento en novillas como resultado de mayor crecimiento muscular y reducción de la grasa corporal. El suplemento de levadura enriquecida con cromo aumentó el crecimiento y la EN dietética, con efecto modesto en las características de la canal. Se observaron mejores respuestas con el nivel de suplemento de LE-Cr de 30 g $\text{hd}^{-1} \text{d}^{-1}$ que corresponde a consumos diarios de 1.65×10^{11} unidades formadoras de colonia y 15 mg de cromo.

Palabras clave: *ganado de finalización, β -agonista, microorganismos alimentados de forma directa, eficiencia alimentaria, rasgos de la canal.*

El uso de clorhidrato de zilpaterol (β -agonista) como aditivo alimentario para mejorar el crecimiento y las características de la canal del ganado en cebaderos es habitual en México y los Estados Unidos (Plascencia *et al.* 2008). Sin embargo, el uso como aditivo alimentario de este tipo de compuesto está prohibido en la Unión Europea (Council of the European Communities 1986) y muchos otros países. La preocupación por el uso de los antibióticos y otros estimulantes del crecimiento en los piensos para producir alimento ha aumentado el interés en la evaluación del efecto de microorganismos alimentados de forma directa tales como las levaduras (L). El suplemento de levaduras mejoran el crecimiento, el balance de nitrógeno, y la digestión de nutrientes en rumiantes alimentados con dietas altas en energía

(Krehbiel *et al.* 2003, Haddad y Goussous 2005); en cambio, estos resultados han sido inconsistentes (Romero *et al.* 2010). Algunas investigaciones informaron que la eficacia del suplemento de levaduras depende, en parte, del nivel de administración (Domínguez-Vara *et al.* 2009) y del tipo de levadura utilizado (sola o combinada con minerales tales como Se y cromo; Kellems *et al.* 1990). Reportes anteriores indican que el cromo (Cr) mejora el porcentaje de músculo y disminuye la grasa de la canal en cerdos (Jackson *et al.* 2009). Por tanto, se pueden esperar efectos positivos del uso de levadura enriquecida con cromo (LE-Cr) en el comportamiento productivo y en las características de la canal. Se han llevado a cabo investigaciones limitadas en cuanto a la comparación del uso de β -agonista zilpaterol con el uso

de diferentes niveles de suplemento de levaduras viables enriquecidas con cromo en ganado de finalización en cebaderos.

El objetivo de este experimento fue evaluar el crecimiento y las respuestas de las características de la canal en novillas alimentadas con zilpaterol o con LE-Cr.

Materiales y Métodos

Todos los procedimientos con animales vivos se llevaron a cabo según las guías oficiales locales de las técnicas de cuidado animal aprobadas (Normas Oficiales Mexicanas, NOM-051-ZOO-1995: Cuidado humanitario de animales durante movilización de animales; NOM-024-ZOO-1995: Estipulaciones y características de Salud Animal durante la transportación de los animales; NOM-EM-015-ZOO-2002: Estipulaciones técnicas para el uso controlado de beta agonistas en animales, y NOM-033-ZOO-1995, Cuidado humanitario y protección animal durante el proceso de sacrificio).

Se utilizaron sesenta novillas cruzadas (371 ± 7 kg) de aproximadamente 20 % raza Zebú con restos de razas Hereford, Angus, y Charolais en varias proporciones, en una prueba de comportamiento de su crecimiento

de 63-d para evaluar los efectos del tratamiento en el crecimiento y las características de la canal. La prueba se realizó en la Unidad del Cebadero Experimental del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, localizada 10 km al sur de la Ciudad de Mexicali en el noroeste de México ($32^{\circ} 40' 7''$ N y $115^{\circ} 28' 6''$ O) que se encuentra a alrededor de 10 m sobre el nivel de mar, y tiene condiciones del desierto de Sonora (Clasificación BWh según Köppen). El origen del ganado fue un cebadero comercial localizado a 7 km de la Unidad del Cebadero Experimental. Sesenta y siete días antes del inicio de la prueba, se vacunaron a las novillas contra rinotraqueitis-parainfluenza bovina y *Mannheimia haemolytica* (Pirámide 4 + Presponse SQ®, Fort Dodge, Salud Animal, México), clostridios (Ultrabac-7®, Pfizer Animal Health, México), y se trataron contra parásitos (Bimectin®, Vetoquinol, México). A las novillas se les inyectaron 500,000 UI de vitamina A (Synt-ADE®, Fort Dodge, Salud Animal, México) y se les suministró 200 mg de propionato de testosterona y 20 mg de benzoato de estradiol (Synovex H®, Fort Dodge, Salud Animal, México). El ganado arribó a la Unidad del Cebadero Experimental 14 días antes del inicio de la prueba,

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales (base MS)

Elementos	Tratamientos ¹				
	Control	LE-Cr10	LE-Cr20	LE-Cr30	ZIL
Heno de pasto del Sudán	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Paja de trigo	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
Maíz amarillo hojuelado al vapor	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60
Harina de semilla de algodón	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Mieles de caña	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Sebo	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Urea	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Cal	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Sal mineral traza ²	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Óxido de magnesio	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Levadura suplementada, g ⁻¹ hd ⁻¹ d ⁻¹	0.00	10.00	20.00	30.00	0.00
Clorhidrato de zilpaterol, 6 mg kg ⁻¹ de alimento, base seca	0.00	0.00	0.00	0.00	+++
Composición de nutrientes, Base MS ³					
ENm, Mcal kg ⁻¹	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
ENg, Mcal kg ⁻¹	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
PB, %	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
EE, %	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
Ca, %	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
P, %	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

¹Fuente de levadura usada fue Ganadero-Plus y Beef -8 Ways (Biotecap®, Guadalajara, México) y se ofreció diariamente en proporción 50:50 de la dosis total durante todo el experimento. ZIL= 6 mg/kg de alimento de clorhidrato de zilpaterol; Zilmax®, Intervet, México City, México. Zilpaterol fue dado diariamente en el alimento durante 30 d, medicamento eliminado de la dieta 3 d pre-recolección. ² Sal mineral traza contiene: CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, 0.052% y NaCl, 92.96%. ³El estimado se basó en los valores tabulares para los ingredientes alimentarios individuales (NRC 1996).

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 4, 2011.

las novillas se pesaron, y se les suministró 200 mg de acetato de trembolona y 28 mg de benzoato de estradiol (Synovex plus®, Fort Dodge, Salud Animal, México) y se distribuyeron al arribar a PV de ligero a pesado, y se dividieron en bloques por peso y se asignaron al azar en grupos de peso en 20 naves (tres novillas por nave). Las naves tenían 50 m² con 21 m² de sombra, bebederos automáticos y 3.7 m de comederos en línea con las cercas. El ganado se pesó al arribo, a inicio del experimento y antes que las novillas fueran llevadas al matadero comercial (Rastro TIF 105) localizado a 14 km de las locaciones de la Unidad del Cebadero Experimental. El PV individual se registró a 0600 h, el máximo de tiempo para pesar todas las novillas fue de 85 ± 5 min. Las novillas se alimentaron con una dieta basada en maíz hojuelado al vapor (tabla 1) y se adaptaron a la dieta basal 14 días antes del inicio de la prueba. Los tratamientos fueron: 1) control, sin levadura, sin suplemento de zilpaterol (Ctrl); tratamientos 2, 3 y 4) fueron la misma dieta basal suplementada con mezcla de partes iguales de dos cepas de cultivo de levadura enriquecida con cromo (LE-Cr) para una dosis final de 10 (LE-Cr10), 20 (Le-Cr20), ó 30 (LE-Cr30) g hd⁻¹ d⁻¹ de cepa de levadura, y 5) la misma dieta basal (Ctrl) suplementada con 6 mg de zilpaterol kg⁻¹ de alimento durante 30 d, medicamento retirado de la dieta 3 d antes de la recolección.

La levadura (*Saccharomyces cerevisiae* N. cepa 7907) fue la marca comercial Cattle-Plus® y la levadura orgánica enriquecida con mineral cromo; Beef-8-Ways® (Biotecap®, Guadalajara, México). La concentración neta de cromo (como niacina de cromo) de levadura viable mineral fue de 495 ppm. La fuente de clorhidrato de zilpaterol fue Zilmax® (Intervet, Ciudad de México, México) y estuvo suplementada para suministrar aproximadamente 0.15 mg kg⁻¹ PC diario, basándose en el PC promedio esperado de las novillas durante el período de suplementación de 30-d. Las dosis de levadura enriquecida con Cr o zilpaterol se pesaron a mano en balanza de precisión (Ohaus, mod AS612, Pine Brook, NJ). La dosis total diaria de aditivos alimentarios se suministró en la alimentación matutina como parte de la dieta mezclada completa. Esto se logró combinando los aditivos con la dieta basal (tabla 1) en una mezcladora de paleta con capacidad de 90-kg (Leon Weill mezcladora, modelo 30910-7, Coyoacán, México) y mezclando durante 10 min antes de alimentar al ganado. Las novillas se alimentaron dos veces al día a las 8:00 am y a las 2:00 pm en una proporción de 30:70, aproximadamente 3 kg /novilla d⁻¹ (como base alimentaria) en la comida matutina con manejo del comedero designado para resultar en comederos vacíos en la alimentación antes del horario de la alimentación vespertina. Se evaluaron de forma visual los comederos de cada nave en la prueba desde las 7:40 hasta las 7:50 cada mañana antes de la alimentación para determinar la cantidad de alimento

que quedó del día anterior. El proceso se designó para permitir la mínima acumulación en el comedero. La entrega ajustada (incrementada o disminuida) estuvo en la porción asignada en la comida vespertina. Para asegurar que las dosis diarias de levadura y zilpaterol se consumieron completamente, las dosis de cada uno se sirvió totalmente en la comida matutina. Las muestras de alimento se recolectaron al momento de pesar la dieta en cada nave, se colocaron en bolsas de plástico y almacenaron a 4 °C. Para determinar el consumo de MS, se determinó el contenido de MS de la dieta de las muestras componentes a intervalos semanales (secado nocturno a 100 °C en estufa de aire forzado; AOAC 2000).

Los pesos de la canal caliente se obtuvieron de todas las novillas al momento del sacrificio. Después de que las canales se enfriaron durante 48 h, se obtuvieron las siguientes mediciones: 1) área del músculo *Longissimus dorsi* (ML), medida por lectura directa del músculo en la costilla 12 tomada de la zona a tres cuartos del largo lateral del final de la espina dorsal; 2) grasa subcutánea sobre el músculo *Longissimus dorsi* de la costilla 12 tomada de la zona de 3/4 del largo lateral de la parte posterior de la espina dorsal; 3) grasa de riñones, pelvis y corazón (RPC) como porcentaje de peso de la canal y 4) marmoleo (USDA 1965). La ganancia energética (GE, Mcal/d) se calculó mediante la ecuación: $GE = GDP^{1.097} * 0.0608 PC^{0.75}$ (NRC 1984). La energía de mantenimiento (EM) se calculó por la ecuación: $EM = 0.077 PC^{0.75}$ (Garrett 1971). De los estimados derivados de energía requerida para el mantenimiento y la ganancia, los valores de ENm y ENg de la dieta se obtuvieron mediante la fórmula cuadrática: $(-b - \sqrt{b^2 - 4ac})/2c$; donde $a = -0.41EM$, $b = 0.877EM + 0.41CMS + GE$, y $c = -0.877CMS$, y $ENg = 0.877ENm - 0.41$ (Plascencia y Zinn 2002). Para calcular el comportamiento de las novillas, se redujeron 4 % los pesos completos inicial y final full para explicar el llenado del tracto digestivo. El peso final ajustó para el peso de la canal al dividir los pesos individuales de la canal por el rendimiento de la canal en todas las novillas. Las naves se usaron como unidades experimentales. El rendimiento de la nave y los datos de la canal se analizaron como bloque completamente al azar mediante el uso del procedimiento MIXED de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). La nave fue la unidad experimental. Se separaron los efectos del tratamiento por medio de polinomios ortogonales (Morris 1999). Los efectos del tratamiento se examinaron para los siguientes componentes ortogonales: 1) Ctrl vs. promedio observado de todos los tratamientos con levadura (LE-Cr); 2) Ctrl vs. zilpaterol; 3) LE-Cr vs. zilpaterol y 4) componente lineal y cuadrático del nivel de suplementación con LE-Cr. Los contrastes se consideraron significativos cuando el valor de P fue ≤ 0.05, las tendencias identificadas para el valor de P fue >0.05 y ≤0.10.

Tabla 2. Efectos de los tratamientos en el comportamiento de novillas de cebadero

Elemento	Control	Nivel de suplementación de levadura ¹ , g ¹ hd ¹ d ¹			EEM	Valor P ²			Nivel de LE-Cr					
		LE-Cr10	LE-Cr20	LE-Cr30		ZIL	ZIL	C vs. L	C vs. ZIL	LE-Cr vs. ZIL	Lin	Qua		
Días a prueba	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0									
Réplicas de naves	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0									
Peso vivo, kg ³														
Inicial	371.2	371.7	369.2	370.4	371.3	2.670	0.80						0.75	0.58
Final	447.7	448.7	460.3	468.8	465.3	5.170	0.08	0.03		0.34			0.02	0.82
Ganancia de peso, kg d ⁻¹	1.213	1.223	1.446	1.562	1.493	0.093	0.09	0.05		0.45			0.04	0.65
Consumo de MS, kg d ⁻¹	8.08	8.09	8.44	8.64	8.07	0.206	0.22	0.99		0.22			0.08	0.76
Ganancia/Consumo MS	0.150	0.152	0.171	0.180	0.185	0.008	0.08	0.01		0.09			0.03	0.60
Consumo MS/ganancia	6.67	6.66	5.92	5.59	5.43	0.328	0.09	0.01		0.08			0.03	0.57
Energía dietética observada, Mcal kg ⁻¹														
Mantenimiento	2.11	2.13	2.26	2.34	2.45	0.056	0.06	<0.01		0.03			0.02	0.75
Ganancia	1.44	1.46	1.57	1.64	1.71	0.049	0.06	<0.01		0.03			0.02	0.75
EN dietética observada-a-esperada ⁴														
Mantenimiento	1.00	1.02	1.08	1.12	1.15	0.026	0.06	<0.01		0.03			0.02	0.75
Ganancia	1.01	1.02	1.10	1.15	1.19	0.034	0.06	<0.01		0.03			0.02	0.75
CMS observado-a-esperado ⁵	1.00	1.00	0.93	0.90	0.86	0.028	0.06	<0.01		0.03			0.02	0.69

¹Fuente de levadura usada fue Ganadero-Plus y Beef -8 Ways (Bioteap®, Guadalajara, México) y se suministró diariamente en proporción de 50:50 del total de la dosis ofrecida durante todo el experimento. ZIL= 6 mg/kg de alimento de clorhidrato de zilpaterol; Zilmax®, Intervet, Ciudad de México, México. Zilpaterol se ofreció diariamente en el alimento durante 30 d, medicamento eliminado de la dieta 3 d pre-recolección.

²P = Nivel de significación observado para el efecto de los tratamientos (C vs. LE-Cr = Control vs. promedio observado de todos los tratamientos con levadura, C vs. ZIL = control vs. suplementación con zilpaterol, LE-Cr vs. ZIL = promedio observado de todos los tratamientos con levadura vs. suplementación con zilpaterol, y efecto lineal y cuadrático del nivel de suplementación con levadura).

³Peso inicial y final se redujo 4 % para explicar el llenado.

⁴EN dietética esperada basada en valores tabulares para los ingredientes dietéticos individuales (NRC 1996).

⁵El CMS esperado se computó según sigue: CMS, kg/d = (ME/ENm) + (GE/NEg), donde EM = coeficiente de mantenimiento de 0.077 Mcal/ PV^{0.75} (NRC 1996) y GE es la energía diaria depositada (Mcal/d) estimada por la ecuación: GE = GPD^{1.097} * 0.0608 PC^{0.75} (NRC 1984). Los divisores ENm y ENg son la EN de la dieta [calculada de tablas de composición del alimento (NRC 1996)].

Resultados y Discusión

El consumo de materia seca (CMS) (tabla 2) promedió $8.264 \pm 0.715 \text{ kg d}^{-1}$ no fue afectado ($P \geq 0.08$) por los tratamientos. Basándose en el CMS observado, el consumo diario de zilpaterol promedió $0.130 \pm 0.001 \text{ mg kg}^{-1} \text{ PC}$. Para los tratamientos con levadura, el consumo diario de unidades formadoras de colonia (UFC) promedió: 5.5×10^{10} , 1.10×10^{11} , y 1.65×10^{11} , mientras, consumo diario de cromo (mg) promedió 4.95, 9.90 y 14.85, para los tratamientos LE-Cr-10, LE-Cr20 y LE-Cr30, respectivamente. Comparado con los controles, el zilpaterol incrementó su peso corporal final (PC; 3.8%, $P < 0.03$), la ganancia diaria ajustada a la canal (GDP; 18.7%, $P = 0.05$), y la energía neta dietética aparente de mantenimiento (ENm; 14%, $P < 0.01$) sin efecto ($P = 0.99$) en el CMS. La mejora de la GPD, la ganancia por alimento (G:A) y la energía neta dietética (EN) ha sido una respuesta consistente con la suplementación de zilpaterol en novillos y novillas en lote seco (Plascencia *et al.* 2008, Elam *et al.* 2009 y Robles-Estrada *et al.* 2009). Sin embargo, los efectos de la suplementación con zilpaterol en el CMS han sido inconsistentes. En algunos estudios (Avendaño-Reyes *et al.* 2006, Plascencia *et al.* 2008 y Robles-Estrada *et al.* 2009), similares a nuestros resultados, la suplementación con zilpaterol no afectó el CMS. De la misma forma, en otros estudios con suplementación de zilpaterol resultó en disminuciones modestas (2 a 6.2%) (Vasconcelos *et al.* 2008, Montgomery *et al.* 2009 y Holland *et al.* 2010). El CMS observado de las novillas del control (no-suplementado) fue 100 % del esperado basándose en los estimados tabulares (NRC 1996) de densidad de energía dietética y el peso corporal en ayuno observado (PCA) y la GPD (tabla 3), lo que apoya lo práctico de las ecuaciones de predicción propuestas por el NRC (1996) para la estimación del CMS en relación con el SBW y la GPD en ganado en lote seco. Comparada con los controles, la suplementación con el zilpaterol disminuyó (14 %, $P = 0.01$) la tasa del CMS observado:esperado, igual que con el promedio de 14 % reportado para novillas de cruces continental de Montgomery *et al.* (2009), pero fue 55 % menor (31 %) que el de Robles-Estrada *et al.* (2009) en novillas cruzadas. La base de las diferencias en la magnitud de la respuesta al comportamiento con suplementación de zilpaterol no es segura, pero puede reflejar diferencias en el nivel de dosis y en PC final y la masa muscular madura. Comparadas con las del estudio de Robles-Estrada *et al.* (2009), en este experimento, las novillas tuvieron 10 % menos PC final en la recolección, y el consumo diario de zilpaterol fue 15 % menor que el nivel dosis recomendado de $0.15 \text{ mg kg PC d}^{-1}$ (FDA 2006). El incremento aparente en la retención de energía por unidad de CMS en ganado alimentado con zilpaterol es un reflejo de la acción directa de β -agonista suplementado en la retención de proteína neta, y por tanto, en el crecimiento de tejido magro (Moody *et al.*

2000, Murdoch *et al.* 2005 y Johnson y Chung 2007).

El tratamiento con zilpaterol no afectó ($P < 0.13$) el peso de canal caliente o el marmoleo, pero, comparado con el grupo control, el tratamiento con zilpaterol incrementó el rendimiento de la canal (2.6 %, $P = 0.01$), y redujo ($P = 0.02$) cal RPC (19.8 %) y el grosor de la grasa (9.4%) y tendió a incrementar (5.9 %, $P = 0.08$) el área del músculo *Longissimus dorsi*. Se esperaba algún incremento en el área del músculo *Longissimus dorsi* debido a diferencias numéricas en los pesos de la canal (tabla 3) (Block *et al.* 2001). El aumento del rendimiento de la canal y la disminución de la grasa interna (RPC) han sido una respuesta consistente con la suplementación de zilpaterol en ganado en lote seco (Plascencia *et al.* 2008, Montgomery *et al.* 2009 y Neill *et al.* 2009). El peso de la canal caliente en las novillas con zilpaterol fue numéricamente mayor (4.1%, $P = 0.13$) comparado con los controles. La magnitud de la respuesta del peso de la canal caliente a la suplementación con zilpaterol osciló de 3.42 (Montgomery *et al.* 2009) a 6.98 % (Avendaño-Reyes *et al.* 2006) con promedio de 4.6 % (Avendaño-Reyes *et al.* 2006, Plascencia *et al.* 2008, Kellermeier *et al.* 2009, Robles-Estrada *et al.* 2009 y Montgomery *et al.* 2009).

Los tratamientos con zilpaterol no difirieron ($P \geq 0.09$) con el tratamiento de LE-Cr en el PC final, la GPD, o la eficiencia alimentaria. Que se conozca, se realizó un estudio para comparar beta-agonistas vs. levadura enriquecida con mineral. Romero *et al.* (2010) informaron que, comparado con el tratamiento con LE-Cr, el grupo con zilpaterol tuvo mejor ($P < 0.05$) GPD y eficiencia alimentaria. Sin embargo, desafortunadamente, estas investigaciones no informaron sobre la concentración de UFC usada y, comparadas con este estudio, utilizaron 10 % de nivel de dosis de cromo en la dieta (0.187 vs. 1.719 mg kg^{-1} de la dieta).

La suplementación con zilpaterol resultó en mayor ($P = 0.03$) EN dietética (8.4 %) y mejor tasa de CMS observado:esperado (6.7 %) que las novillas suplementadas con LE-Cr. Como se discutió previamente, el aparente incremento en la retención de energía por unidad de CMS en ganado con zilpaterol es un reflejo de la acción directa de β -agonista suplementario en la retención de proteína neta. Comparado con los tratamientos con LE-Cr, el zilpaterol incrementó el rendimiento de la canal ($P < 0.01$), y la grasa RPC ($P = 0.04$). Comparado con el control y los tratamientos con LE-Cr, el mayor rendimiento de la canal en el tratamiento con zilpaterol explicó, como promedio un 79 % (0.235 kg d^{-1}) del incremento en la GPD ajustada de la canal.

El tratamiento con LE-Cr no afectó el crecimiento o las características de la canal, pero comparado con los controles, la suplementación con LE-Cr tendió a incrementar el PC final ($P = 0.08$), la GPD (0.09), la tasa de A:G ($P = 0.08$) y la EN dietética ($P = 0.06$). Además, el nivel de LE-Cr suplementario incrementó

Tabla 3. Efecto de los tratamientos en las características de la canal en novillas de cebadero

Elemento	Nivel de suplementación de levadura ¹ , g ⁻¹ hd ⁻¹ d ⁻¹				EEM	Valor P ²			Nivel LE-Cr	
	Control	LE-Cr10	LE-Cr20	LE-Cr30		ZIL	C vs. LE-Cr	C vs. ZIL	LE-Cr vs. ZIL	Lin
Observaciones	12.00	12.00	12.00	12.00						
Peso de la canal caliente, kg	279.00	279.00	287.00	293.00	291.00	0.27	0.13	0.43	0.06	0.85
Rendimiento de la canal	62.15	61.99	62.35	62.58	63.83	0.73	<0.01	<0.01	0.33	0.90
Area de LM, cm ²	79.50	79.83	79.27	81.29	84.46	0.78	0.06	0.08	0.61	0.59
Grosor de grasa, cm	0.85	0.86	0.81	0.77	0.77	0.11	0.02	0.21	0.02	0.81
RPC, %	3.33	3.42	3.08	2.79	2.67	0.26	0.02	0.04	0.02	0.93
Marmoleo	3.27	3.17	3.29	3.21	3.33	0.90	0.89	0.77	0.93	0.80

¹La fuente de levadura fue Ganadero-Plus y Beef -8 Ways (Biotechap®, Guadalajara, México) y se ofreció diariamente en proporción 50:50 de la dosis total dada durante todo el experimento. ZIL= 6 mg/kg de alimento de clorhidrato de zilpaterol; Zilmax®, Intervet, Ciudad de México, México. Zilpaterol se ofreció diariamente durante 30 d, medicamento eliminado de la dieta 3 d pre-recolección.

² P = Nivel de significación observado por efecto de los tratamientos (C vs. LE-Cr=Control vs. promedio observado para toda la suplementación con levadura, C vs. ZIL = control vs. Suplementación con zilpaterol, LE-Cr vs. ZIL= promedio observado para todos los tratamientos con levadura vs. Suplementación con zilpaterol, y efecto lineal y cuadrático de nivel de suplementación de levadura).

³ Código: mínimo ligero = 3, mínimo pequeño = 4, etc.

(componente lineal, $P \leq 0.04$) el PC final, la GPD, la tasa alimento/ganancia, la ENm aparente dietética, y disminuyó (componente lineal, $P = 0.02$) la tasa del CMS observado/esperado, el grosor de la grasa y la de RPC. Las investigaciones han indicado que la suplementación con LE-Cr es beneficiosa para los rumiantes que se alimentan con dietas altas en energía (Dawson *et al.* 1990, Cole *et al.* 1992 y Krehbiel *et al.* 2003) al mejorar el crecimiento, el balance de nitrógeno, y la digestión de nutrientes. Sin embargo, otros estudios informaron que no hubo beneficios por la suplementación dietética con LE-Cr. Según esto último, Zinn *et al.* (1999) informaron que el consumo de 28 g/hd d⁻¹ de levadura suplementaria no influyó en la GPD y la eficiencia alimentaria durante los primeros 56 d después del arribo al cebadero. Las bases para las inconsistencias en la respuesta del crecimiento a la suplementación con LE-Cr no están claras. Algunas investigaciones señalaron que la eficacia de la suplementación con LE-Cr depende, en parte, del nivel de administración (Dominguez-Vara *et al.* 2009) y del tipo de LE-Cr utilizada (sola o en combinación con minerales; Kellems *et al.* 1990). Chang y Mowat (1992) mostraron un marcado incremento en la ganancia de peso y la eficiencia alimentaria de terneros alimentados con levadura alta en cromo suplementaria durante los primeros 28 d después del arribo al cebadero. De la misma forma, Barajas *et al.* (2008) informaron incrementos en la GPD y menor grasa en RPC en novillos que recibieron durante 215 días una dieta de finalización basada en maíz suplementado con cromo-metionina (0.34 mg kg⁻¹ de alimento). Como en este estudio, se observaron incrementos lineales en el PC final, la GPD, la eficiencia alimentaria, y reducción lineal en la grasa de la canal en ovinos alimentados con dieta de finalización suplementada con selenio-levadura (0 o 0.30 mg Se-levadura) y cromo-levadura (0, 0.25, o 0.35 mg Cr-levadura; Dominguez-Vara *et al.* 2009). Por el contrario, Swanson *et al.* (2000) informaron que no hubo efecto en la GPD y a eficiencia de la ganancia en novillos alimentados con dieta basada en ensilaje de maíz suplementada con 0.10, 0.20, o 0.40 mg de cromo que provenía de levadura con alto contenido de cromo por kg de materia seca.

En términos prácticos, si se consideran los resultados obtenidos aquí y basados en el valor de energía neta del maíz hojuelado al vapor de 2.32 Mcal/kg ENm (NRC, 1996), comparado con el grupo control, la ventaja energética observada en los tratamientos con zilpaterol y LE-Cr fue equivalente a que las dietas de estos tratamientos tuvieran contenidos de 14.7 y 5.6 % más de maíz hojuelado al vapor que la dieta control, respectivamente. Al eliminar al aspecto de la seguridad alimentaria en la decisión final de usar estos aditivos en cebaderos, su costo económico debe tenerse en cuenta.

Se concluye que la suplementación con zilpaterol incrementa el crecimiento de novillas como resultado de mayor aumento muscular y por la reducción de la

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 4, 2011.

grasa corporal. La suplementación con levadura viable enriquecida con cromo mejoró el comportamiento y la EN dietética, sin efecto en las características de la canal. Las mejores respuestas se observaron en la suplementación de levadura de 30 g d⁻¹ que corresponde a consumos diarios de 1.65 × 10¹¹ UFC y 15 mg de cromo d⁻¹ (aproximadamente 1.72 mg de Cr kg⁻¹ de la dieta). No obstante, al considerar los resultados obtenidos en estudios previos y en este estudio, se debe tener en cuenta que se necesitan más estudios para definir mejor los efectos de la suplementación de levadura viable enriquecida con cromo en el crecimiento y el impacto de la canal en ganado de finalización en cebaderos.

Referencias

- AOAC. 2000. Ass. Off. Anal. Chem. Official Methods of Analysis (17th Ed). Gaithersburg, MD, USA
- Avendaño-Reyes, L., Torres-Rodríguez, V., Meraz-Murillo, F.J., Pérez-Linares, C., Figueroa-Saavedra, F. & 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
- Barajas, R., Cervantes, B. J., Velazquez, E.A., Romo, J.A., Juarez, F., Rojas, P.J. & Peña, F.R. 2008. Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of bulls: II. Results including trough hot and humidity season in the northwest of Mexico. *Proceeding of West Section of American Society of Animal Science, USA.* 59:374
- Block, H. C., McKinnon, J.J., Mustafa, A.F. & Christensen, D.A. 2001. Manipulation of cattle growth to target carcass quality. *J. Anim. Sci.* 79:133
- Chang, X. & Mowat, D.N. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *J. Anim. Sci.* 70: 559
- Cole, N.A., Purdy, C.W. & Hutcheson, D.P. 1992. Influence of yeast culture on feeder calves and lambs. *J. Anim. Sci.* 70: 1682
- Council of the European Communities. 1986. Council Directive 86/469/EEC of 16 September 1986. *Off. J. Eur. Commun.* L275:36
- Dawson, K.A., Newman, K.E. & Boling, J.A. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68: 3392
- Domínguez-Vara, I.A., González-Muñoz, S.S., Pinos-Rodríguez, J.M., Bórquez-Gastelum, J.L., Bárcena-Gama, R., Mendoza-Martínez, G., Zapata, L.E. & Landois-Palencia, L.L. 2009. Effects of feeding selenium-yeast and chromium-yeast to finishing lambs on growth, carcass characteristics, and blood hormones and metabolites. *Anim. Feed Sci. Technol.* 152:42
- Elam, N.A., Vasconcelos, J.T., Hilton, G., VanOverbeke, D.L., Lawrence, T.E., Montgomery, T.H., Nichols, W.T., Streeter, M.N., Hutcheson, J.P., Yates, D.A. & Galyean, M.L. 2009. Effect of zilpaterol hydrochloride duration of feeding on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87: 2133
- FDA. 2006. Freedom of information summary original new animal drug application. NADA 141-258. Zilmax (zilpaterol hydrochloride) Type A medicated article for cattle fed in confinement for slaughter. Disponible: <<http://www.fda.gov/cvm/FOI/141-258o08102006.pdf>> [Consultado: Noviembre 2010]
- Garrett, W. 1971. Energetic efficiency of beef and dairy steers. *J. Anim. Sci.* 31:452
- Haddad, S. G. & Goussous, S.N. 2005. Effect of yeast culture supplementation on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118, 343
- Holland, B.P., Krehbiel, C.R., Hilton, G.G., Streeter, M.N., VanOverbeke, D.L., Shook, J.N., Step, D.L., Burciaga-Robles, L.O., Stein, D.R., Yates, D.A., Hutcheson, J.P., Nichols, W.T. & Montgomery, J.L. 2010. Effect of extended withdrawal of zilpaterol hydrochloride on performance and carcass traits in finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* 88: 338
- Jackson, A.R., Powell, S., Johnston, S.L., Matthews, J.O., Bidner, T.D., Valdez, F.R. & Southern, L.L. 2009. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice white grease, or tallow. *J. Anim. Sci.* 87:4032
- Johnson, B. J. & Chung, K.Y. 2007. Alteration in the physiology of growth cattle with growth-enhancing compounds. En: *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice.* Vol. 23. Hollis L.C. & Olson, K.C. Ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia, PA, p 231
- Kellems, R. O., Lagerstedt, A. & Wallentine, M.V. 1990. Effect of feeding *Aspergillus oryzae* fermentation extract or *Aspergillus oryzae* plus yeast culture plus mineral and vitamin supplement on performance of Holstein cows during a complete lactation. *J. Dairy Sci.* 73:2922
- Kellermeier, J.D., Tittor, A.W., Brooks, J.C., Galyean, M.L., Yates, D.A., Hutcheson, J.P., Nichols, W.T., Streeter, M.N., Johnson, B.J. & Miller, M.F. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride with or without an estrogen-trenbolone acetate terminal implant on carcass traits, retail cutout, tenderness, and muscle fiber diameter in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 87: 3702
- Krehbiel, C. R., Rust, S.R., Zhang, G. & Gilliland, S.E. 2003. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. *J. Anim. Sci.* 81:E120
- Montgomery, J. L., Krehbiel, C.R., Cranston, J.J., Yates, D.A., Hutcheson, J.P., Nichols, W.T., Streeter, M.N., Swingle, R.S. & Montgomery, T.H. 2009. Effects of dietary zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of beef steers fed with and without monensin and tylosin. *J. Anim. Sci.* 87: 1374
- Moody, D. E., Hancock, D.L. & Anderson, D.B. 2000. Phenethanolamine repartitioning agents. En: *Farm Animal Nutrition.* D'Mello, J. P. F. Ed. CABI Publishing, New York, NY, p 65
- Morris, T.R. 1999. *Experimental Design and Analysis in Animal Sciences.* Ed. CABI Publishing, New York.
- Murdoch, G. K., Okine, E.K. & Christopherson, R.J. 2005. Metabolic modifiers in animal nutrition: potential benefits and risks. En: *Biology of Nutrition in Growing Animals.* Vol. 4. Mosenthin, R., Zentek, J. & Zebrowska, T. Ed. Elsevier. Philadelphia, PA, p 135
- Neill, S., Unruh, J.A., Marston, T.T., Jaeger, J.R., Hunt, M.C. & Higgins, J.J. 2009. Effects of implanting and feeding zilpaterol hydrochloride on performance, carcass characteristics, and subprimal beef yields of fed cows. *J.*

- Anim. Sci. 87: 704
- Normas Oficiales Mexicanas. Diario Oficial de la Federación. Disponible <<http://dof.gob.mx/>> [Consultado: Noviembre 2009]
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6th Rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Plascencia, A., Torrentera, N. & Zinn, R.A. 2008. Influence of the B-agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics. *J. Anim. Vet. Adv.* 7:1257
- Plascencia A. & Zinn, R.A. 2002. Evaluation of a forage-fat blend as an isocaloric substitute for steam-flaked wheat in finishing diets for feedlot cattle: growth-performance and digestive function. *Prof. Anim.Sci.* 18:247
- Robles-Estrada, J.C., Arrizon, A. Calderon-Cortés, J.F., Figueroa-Saavedra, F., Torrentera, N., Plascencia, A. & Zinn, R.A. 2009. Effects of pre-harvest withdrawal period on response of feedlot heifers to zilpaterol hydrochloride supplementation: Growth performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 87:1759
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 4, 2011.
- Romero, M., Pinos-Rodríguez, J.M., Herrera, J.G., García, J.C., Salem., A.Z.M., Bárcena, R. & Alvarez, G. 2009. Influence of zilpaterol and mineral-yeast mixture on ruminal fermentation and growth performance in finishing steers. *J. Appl. Anim. Res.* 35:77
- Swanson, K.C., Harmon, D.L., Jacques, K.A., Larson, B.T., Richards, C.J., Bohnert, D.W. & Paton, S.J. 2000. Efficacy of chromium-yeast supplementation for growing beef steers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86:95
- USDA. 1965. Official United States Standards for Grades of Carcass Beef. C&MS, SRA 99
- Vasconcelos, J.T., Rathmann, R.J., Reuter, R.R., Leibovich, J., McMeniman, J.P. Hales, K.E., Covey, T.L., Miller, M.F., Nichols, W.T. & Galyean, M.L. 2008. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle performance and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 86: 2005
- Zinn, R.A., Alvarez, E.G., Rodriguez, S. & Salinas, J. 1999. Influence of yeast culture on health, performance and digestive function of feedlot steers. *Proc. West Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 50:335

Recibido: 23 de febrero de 2011