

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



Comparación entre el uso de clorhidrato de zilpaterol o el uso de la combinación de una levadura viva (Cultivo de Levadura Ganadero Plus) y una levadura enriquecida con cromo (Beef-8-ways) añadida a diferentes niveles a dietas de finalización para vaquillas: Comportamiento productivo y características de la canal

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS**

PRESENTA:

MVZ. DELIA ALVARADO FABELA

DIRECTOR DE TESIS

DR. ALEJANDRO PLASCENCIA JORQUERA

ASESORES

**M. C. MARÍA ALEJANDRA LÓPEZ SOTO
DR. MARTÍN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ
DRA. NOEMÍ GUADALUPE TORRENTERA OLIVERA**

MEXICALI, B. C., MEXICO

DICIEMBRE DEL 2009

Contenido

	Pág.
Lista de Cuadros	i
Resumen.....	1
Abstract.....	3
Introducción.....	5
Hipótesis.....	7
Revisión de Literatura.....	8
<i>Los compuestos agonistas adrenérgicos tipo beta</i>	8
<i>Mecanismo de acción</i>	9
<i>Crecimiento del músculo esquelético</i>	10
<i>Clorhidrato de zilpaterol y eficiencia en el corral</i>	11
<i>Clorhidrato de zilpaterol y eficiencia en la canal</i>	13
<i>Hongos y levaduras en la nutrición de rumiantes</i>	14
<i>Generalidades de los hongos</i>	14
<i>Distribución</i>	16
<i>Ecología</i>	17
<i>Paredes celulares y metabolismo</i>	18
<i>Clasificación de los hongos</i>	19
<i>Hongos filamentosos (mohos)</i>	21
<i>Hongos macromicetos</i>	23
<i>Basidiomycetes (las setas)</i>	23
<i>Ascomycetes (levaduras)</i>	24
<i>Sacharomyces cerevisiae como aditivo en la nutrición de rumiantes</i>	25
<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	25
<i>Condiciones de crecimiento de Sacharomyces cerevisiae</i>	25
<i>Mecanismo de acción de S. cerevisiae para incremento de digestibilidad en el rumen</i>	27
<i>Sacharomyces cerevisiae en la respuesta del comportamiento productivo de ganado de engorda</i>	30

<i>El papel del cromo como modulador de inmunidad y crecimiento.....</i>	31
Materiales y Métodos.....	35
<i>Localización del área dónde se llevó a cabo el estudio.....</i>	35
<i>Características de los aditivos utilizados.....</i>	35
<i>Características de las unidades experimentales.....</i>	35
<i>Desarrollo experimental.....</i>	37
<i>Tratamientos.....</i>	37
<i>Duración de la prueba, alimentación, suministro de la levadura y</i>	
<i>Procedimientos del pesaje.....</i>	39
<i>Evaluación de canales.....</i>	40
<i>Variables evaluadas y cálculos realizados.....</i>	40
<i>Diseño experimental y análisis estadístico</i>	42
Resultados y Discusión	43
<i>Comportamiento Productivo.....</i>	43
<i>Zilpaterol vs. Levaduras</i>	43
<i>Nivel de levadura</i>	49
<i>Características de la canal.....</i>	50
<i>Conclusiones</i>	52
Literatura Citada	53

Lista de Cuadros

Cuadro	Pág
1. Comportamiento de ganado suplementado con zilpaterol.....	12
2. Respuesta de novillos con diferente AAB.....	13
3. Efecto del zilpaterol en las características de la canal.....	14
4. Características de las principales clases de hongos.....	19
5. Contenido nutricional de la levadura enriquecida con cromo.....	36
6. Composición en base seca de la dieta basal consumida por las vaquillas.....	38
7. Efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo (ajustado a canal) en vaquillas.....	46
8. Efecto de los tratamientos sobre las características de la canal en vaquillas.....	47

RESUMEN: Cuarenta y ocho vaquillas de engorda (371 ± 19 kg) se utilizaron en un diseño de bloques completos al azar en una prueba de 63 días con el fin de evaluar el uso de un beta-agonista (clorhidrato de zilpaterol, **CZ**) o la adición de diferentes niveles de una combinación de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae* N. cepa 7907) y una levadura enriquecida con cromo sobre comportamiento productivo. Los tratamientos fueron: 1) Dieta basal alta en energía (1.45 Mcal/kg de EN_g) sin levadura + **CZ** últimos 30 días de la engorda y 2) la misma dieta basal adicionada, durante toda la fase de engorda, con una mezcla en partes iguales de dos fuentes de levadura (cultivo de levadura Ganadero-Plus y una levadura enriquecida con minerales orgánicos: Beef-8-Ways, Biotecap®, Mexico, DF, México) para una dosis final de 10 (**L-10**), 20 (**L-20**) o 30 (**L-30**) g/cabeza/ día. La dosis de **CZ** consumida por las vaquillas sometidas al tratamiento 1 fue de 0.15 mg/kg PV, mientras que las UFC consumida/día por el resto de los animales fue de 5.5×10^{10} , 1.10×10^{11} y 1.65×10^{11} para **L-10**, **L-20** y **L-30**, respectivamente. No hubo diferencias ($P > 0.42$) sobre el consumo de MS entre el grupo **CZ** y el grupo que recibió levaduras. Comparado con el promedio observado para el ganado que recibió levaduras, la adición de **CZ** a la dieta en la fase final de la engorda (últimos 30 días) incrementó ($P < 0.04$) el peso final, la eficiencia en ganancia ($P < 0.01$) y conversión alimenticia ($P = 0.01$). De igual manera la EN observada de la dieta fue aumentada ($P < 0.01$) y la retención de energía por unidad de MS fue menor ($P < 0.01$) para el grupo **CZ**. Sin embargo, cuando los tratamientos se comparan en forma independiente, el nivel L-30 no observó diferencias comparado con el grupo **CZ** en ninguno de los parámetros evaluados ($P > 0.13$). El aumentar el nivel de levadura incrementó (efecto lineal,

$P<0.02$) el peso final, la ganancia diaria y la eficiencia alimenticia. La EN aparente de la dieta fue mayor ($P<0.01$) y la retención de energía por unidad de MS fue menor ($P<0.01$) a medida que se aumentó el nivel de levadura en la dieta. La combinación de levadura viva con levadura enriquecida con microminerales adicionada a dietas altas en energía para vaquillas de engorda incrementan el consumo de MS, la tasa de ganancia, la eficiencia en corral y la EN de la dieta. Las mejores respuestas se observaron con dosis de 30 g/cabeza/día.

Palabras clave: Bovinos, Beta-agonistas, Comportamiento, Corral, Levaduras

ABSTRACT: Forty eight crossbreed heifers (371 ± 19 kg) were used in a 63-d feeding trial with a completely random block design to evaluate the influence of beta – agonist (Zilpaterol Hydrochloride, **ZH**), or the addition of different levels of a combination of live yeast culture (*Saccharomyces Cerevisiae* stock N.7907) and micro minerals enriched yeast on performance and carcass characteristics. The treatments were a high-energy basal diet (1.45 Mcal/kg of Ne_g) supplemented as follows: 1) no yeast + **ZH** the last 30 days of finishing and 2) the same basal diet was added, during all the feeding phase, with a mixture in equal parts of two live yeast sources (Ganadero – Plus enriched organic minerals yeast Beef – 8 ways, Biotecap®, Mexico, DF, México) to reach a final dose of 10(Y-10), 20(Y-20) or 30(Y-30) g/head/day. The **ZH** dose consumed by heifers in treatment 1 was of 0.15 mg/kg BW. While, the UFC consumed/day by the rest of the animals were 5.5×10^{10} , 1.10×10^{11} and 1.65×10^{11} for Y-10, Y-20, and Y-30, respectively. There were no differences ($P > 0.42$) on DMI between the **ZH** group and the group that received yeast. Compared with yeast treatment, the addition of **ZH** to the diet in the final phase on feedlot (last 30 days) increased ($P < 0.04$) the final weight, gain efficiency ($P < 0.01$) and feed conversion ($P = 0.01$). In the same manner, the observed NE of diet was increased ($P < 0.01$) and the energy retention by unit of DM was lower ($P < 0.01$) for the **ZH** group. However, when the treatments are compared in independent form, the Y-30 level did not observe differences compared with the **ZH** group in any of the parameters evaluated ($P < 0.13$). Increasing yeast level, increased (liner effect, $P < 0.02$) final weight, daily gain and feed efficiency. Apparent NE diet was greater ($P < 0.01$) and energy retention by unit DM was lower ($P < 0.01$) as the yeast level was increased in

diet. The live yeast and enriched microminerals yeast combination used in high-energy diets for crossbreed heifers increases DM intake, rate of gain, feed efficiency and NE diet. Better responses were observed with 30g/head/day dose.

Key words: Bovines, beta-agonist, Performance, Feedlot, Yeast

Introducción

En México y los Estados Unidos el uso de beta-agonistas en bovinos en finalización se ha popularizado en los últimos años. Lo anterior, por el marcado efecto sobre la tasa de ganancia y la disminución de la grasa corporal que se refleja en mayores rendimientos de la canal (Robles-Estrada et al., 2009; Montgomery et al., 2009). Sin embargo, por diversos argumentos, su uso en Europa y en la mayoría de los países latinoamericanos es prohibido. Actualmente, a nivel mundial, existe un interés creciente en el uso de aditivos inocuos de origen no biótico y biótico que tengan resultados similares a los observados para los beta-agonistas. En ese sentido, el uso de levaduras como aditivo biótico en la alimentación de rumiantes se ha propuesto como una alternativa viable. Los principales productos de levaduras provienen de cultivos de *aspergillus oryzae* y *saccharomyces cerevisiae*. Algunos de los beneficios observados en rumiantes son el incremento en el consumo de MS, digestibilidad de FDN, flujo de N microbiano a duodeno y pH ruminal (Carro et al., 1992; Williams et al., 1992; Lynch y Martin, 2002; Miller-Webster et al., 2002). Dichos cambios favorecen la producción de leche (Kung et al., 1997) o la ganancia diaria de peso (Edwards, 1991). Sin embargo, los resultados no siempre han sido consistentes (Malcom y Kiesling, 1991; Lila et al., 2004; Eastridge, 2006). Lo anterior puede deberse al tipo de levadura (Newbold et al., 1995), a su presentación (levadura viva o inactivada, Oeztuerk et al., 2005), su concentración (Arcos-García et al., 2000), a las características de la dieta (Wallace and Newbold, 1992), al método de adición (Elwakeel et al., 2007) o a la dosis utilizada (Beauchemin, 2003). En la búsqueda de

obtener resultados más consistentes se han desarrollado combinaciones de otros nutrientes con las levaduras. En ese sentido, se ha demostrado que el uso de levaduras ya sea combinada con enzimas (Elwakeel et al., 2007), con vitaminas (Kellems et al., 1991) o bien con minerales, tales como el selenio, tienen resultados positivos (Kellems et al., 1990). Por otro lado, compuestos no bióticos que influyen, bajo diferentes rutas, el comportamiento productivo y composición de la ganancia se han estado probando. Tal es el caso del mineral cromo el cual como aditivo alimenticio ha demostrado efectos benéficos sobre la fermentación y metabolismo lipídico (Besong et al., 2001), la digestión de MS (Kornegay et al., 1997) y la composición de la ganancia, produciendo mayores rendimientos en la canal en cerdos (Page et al., 1993; Mooney y Cromwell, 1997; Matthews et al., 2005), obteniendo mejores resultados cuando la presentación del cromo es en forma orgánica (vgr. Cr-propionato, Cr-picolinato) ya que esto aumenta su biodisponibilidad.

Una forma de transformar el Cr inorgánico a orgánico es incorporarlo a una matriz orgánica y esto se puede lograr durante el proceso de obtención de levadura ya que la levadura lo incorpora como un complejo de cromo-niacina. Este complejo cromo-niacina ha demostrado alta biodisponibilidad y efectos positivos sobre el crecimiento y la composición final en pavos (Bonomi et al., 1999).

Hasta el momento de redactar el presente documento no se obtuvo información, en la literatura revisada, sobre el efecto del uso levadura enriquecida con cromo sobre comportamiento productivo y características de la canal de vaquillas finalizadas en corral.

Hipótesis

El uso de levaduras enriquecidas con cromo tiene un efecto similar al beta-agonista clorhidrato de zilpaterol ya que se espera que incremente la tasa de crecimiento y afecte la composición de la ganancia en vaquillas finalizadas en corral.

Por lo anterior, el objetivo de este experimento es evaluar el uso de un beta-agonista (clorhidrato de zilpaterol, **CZ**) o la adición de diferentes niveles de una combinación de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae* N. cepa 7907) y una levadura enriquecida con cromo sobre comportamiento productivo en vaquillas consumiendo una dieta alta en energía

Revisión de Literatura

Los compuestos agonistas adrenérgicos tipo beta

En 1984, Ricks et al. Informaron que el compuesto clenbuterol modifica el crecimiento en bovinos productores de carne, incrementando el desarrollo del músculo a expensas de la acreción de tejido adiposo. Este compuesto posee una estructura similar a las catecolaminas endógenas, adrenalina y noradrenalina, razón por la cual se le asignó el término de agonista adrenérgico beta (AAB), debido a la alta afinidad que tiene por los receptores adrenérgicos de ese tipo; los cambios en la proporción de músculo y grasa que produce en la canal hace que se refiera a este compuesto como agente de repartición (Beermann, 2002; Jhonson y Chung, 2007). Desde entonces numerosos estudios han evaluado otros AAB como el clorhidrato de ractopamina, el clorhidrato de zilpaterol, el cimaterol y el L-644,969, que presentan actividad de repartición en diferentes especies, incluyendo el ganado productor de carne (Moody et al, 2000; Avendaño-Reyes et al., 2006).

El clorhidrato de zilpaterol (Zilmax ®) que en adelante llamaremos solamente zilpaterol, es un agonista adrenérgico tipo beta de administración oral, aprobado para su uso en México (1996) y en Estados Unidos (2006). La administración de este compuesto mejora la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia, rendimiento de la canal y el grado de rendimiento en cortes cuando se dosifica a razón de 60

mg/cab/día los últimos 30 días antes del sacrificio en bovinos productores de carne (Plascencia et al., 2008).

Los niveles de zilpaterol en los tejidos disminuyen rápidamente durante el periodo de retiro, teniendo una vida media de eliminación de 12.5 h, donde el 60 % de la dosis administrada se excreta en las primeras 24 h y 90 % a las 48 h. Shelver y Smith (2006) informan una vida media de 15.3 h en ovinos.

Mecanismo de acción: Los AAB enlazados con los receptores adrenérgicos beta (RAB) producen un efecto biológico. Investigaciones indican la presencia de diferentes subtipos de receptores, siendo esto un factor que podría explicar la diferencia en potencia y eficacia de los distintos AAB (Moody et al., 2000; Beermann, 2002).

Dos tipos de receptores adrenérgicos fueron descubiertos y clasificados, los α y los β . Además se revelaron tres subtipos de RAB, los β_1 , β_2 y β_3 . La mayoría de las células de los mamíferos contienen los RAB, pero la distribución y número de cada subtipo varía entre los diferentes tejidos en las mismas especies, esto explica las diferencias en magnitud del efecto biológico en los tejidos del mismo animal; adicionalmente la distribución de los subtipos de RAB puede variar en determinado órgano blanco o tejido en diferentes especies, asimismo esto explica en parte la diferencia en las respuestas biológicas de algunos compuestos administrados en dos especies; finalmente muchos tejidos expresan diferencias en la proporción de RAB₁ y

RAB₂ por lo que esto complica aun mas la comprensión del mecanismo de acción de los AAB (Mersmann, 1998).

Los RAB son miembros de la familia de receptores que funcionan mediante unión a las proteínas G_s. El enlace del AAB con el RAB produce cambios en la conformación de la membrana, el RAB se une a la proteína G_s (del inglés GTP binding protein) que activa la adenilato ciclasa para sintetizar AMPc. El AMP cíclico regula la actividad de la proteína quinasa A. Esta proteína es responsable de la fosforilación de enzimas claves involucradas en diferentes efectos biológicos. La fosforilación puede causar activación o inactivación de numerosas enzimas. Adicionalmente la proteína quinasa A es el factor que se une al DNA y regula la transcripción del DNA a RNAm (Moody et al., 2000; Sumano et al., 2002).

El dominio intracelular de los RAB tiene como objetivo la fosforilación de la Proteína Quinasa A, donde la fosforilación causa una separación del RAB de la Proteína G_s, que a su vez inactiva el receptor; este fenómeno es frecuentemente referido como “desensibilización aguda”. La exposición crónica de altas dosis de AAB casi siempre resulta en la desensibilización de los receptores con la consecuente baja regulación de los RAB (Mersmann, 1998).

Crecimiento del músculo esquelético: El rápido incremento en la cantidad de proteína del músculo esquelético es uno de los efectos biológicos más consistentes observados cuando se administran AAB al ganado productor de carne (Preston, 2004).

La hipertrofia muscular puede ser definida como crecimiento en tamaño (diámetro y longitud) de las fibras; en la práctica la hipertrofia muscular se evalúa en tamaño (área) y peso individual. Aunque la administración de AAB produce rápidos resultados en el crecimiento de la masa muscular, los mecanismos de acción por el cual causan este efecto preferencial en el músculo esquelético es aun poco conocido; los mecanismos propuestos incluyen efectos directos de los AAB por medio de los RAB sobre el músculo, efectos indirectos sobre otras células que producen factores importantes para el desarrollo muscular o la combinación de efectos directos e indirectos (Beermann, 2002).

Clorhidrato de zilpaterol y eficiencia en corral: Es importante mencionar que el clorhidrato de zilpaterol y ractopamina están autorizados para uso solo en México, Sudáfrica y en los Estados Unidos de América (Vasconcelos et al., 2008), el resto de los compuestos se utilizan en pruebas experimentales o para el uso de fármacos de línea humana. Diversos experimentos han sido desarrollados para determinar el efecto de AAB₂ zilpaterol (Zilmax[®]) en la respuesta productiva de bovinos; las primeras investigaciones realizadas en México (Barajas et al., 1998; Garcés et al., 1998) mostraron que cuando se administraba este compuesto a una concentración de 6 ppm en el alimento de bovinos finalizados se mejoró entre un 5 a 5.5 % el peso final, de un 25 a 28 % la ganancia de peso diario y la conversión alimenticia en 28 %; Posteriormente Plascencia et al. (2008), realizaron un experimento similar confirmando la eficacia de este compuesto obteniendo resultados similares.

Posteriormente se realizaron un conjunto de experimentos en los Estados Unidos de América, para aprobar el uso de este compuesto (NADA 141-258; FDA, 2006); en donde se evaluó el nivel de respuesta de este compuesto considerando el tipo de ganado (sexo), dosis y duración del tratamiento sobre el comportamiento en corral, las características de la canal, la calidad de la carne y aquellas que determinan la seguridad animal e inocuidad de los productos de consumo humano. En el cuadro 1 se resumen los resultados de comportamiento productivo y características de canal de 3 experimentos realizados con 480 novillos y 480 vaquillas.

Cuadro 1. Comportamiento de ganado suplementado con zilpaterol.

Variables	Zilpaterol g/ton (ppm) 90 % de MS		
	0 (0)	6.8 (7.5)	Valor de P
Ganancia de peso (kg/d)	1.18	1.50	0.02
Consumo / ganancia	7.59	5.71	<0.01
Proteína canal, %	13.38	14.10	< 0.01
Rendimiento canal, %	60.3	61.8	0.04
Peso canal caliente, kg	337.2	351.5	<0.01
Área ojo costilla (cm ²)	85.35	92.58	<0.01
Grado rendimiento	2.81	2.52	0.05
Espesor grasa dorsal, cm	0.49	0.47	0.18
Grado marmoleo ^a	4.62	4.31	0.03

^a Grado de marmoleo de 4 = ligero, 5 = moderado, de acuerdo USDA (1965)
Información obtenida del documento de NADA 141-258; FDA, 2006

Los resultados obtenidos en comportamiento en corral fueron similares a los obtenidos en los trabajos realizados anteriormente en México; 25 y 27 % de mejora en ganancia y eficiencia alimenticia respectivamente.

Cuadro 2. Respuesta productiva de novillos consumiendo diferentes fuentes de beta-agonistas considerando la respuesta del grupo testigo =100

Compuesto	Dosis ^a	Días	GDP ^b	CA ^c	Consumo	Rendimiento		
						Canal	Músculo	Grasa
Testigo=100								
Clenbuterol	10	98	91	101	93	101	111	65
Clenbuterol	7	50	134	67	101	101	128	91
L-644,969	7.5	84	117	80	94	107	113	71
Ractopamina	200	42	111	90	100	101	102	98
Ractopamina	200	28-42	120	84	100	101	104	95
Zilpaterol	50	52	113	85	98	104	112	82

Modificado de: Smith, 1998, Merssman, 2000; Moody et al., 2000, Jonson y Chung, 2007.

^a Dosis en mg/cab/día

^b Ganancia diaria de peso,

^c Conversión alimenticia

Los rangos obtenidos en el comportamiento y características de la canal en el cuadro anterior se dan bajo distintas condiciones de compuestos, dosis y días de administración, con respecto a esto Mersmann (1998), afirma que en los estudios de corta duración se observan mejores ganancias de peso, esto puede implicar que dosis de larga y constante exposición de AAB puede resultar en insensibilización del receptor y pérdida de potencial, como sucede en el caso del AAB₂ clenbuterol, al administrarse durante 98 días, se registró menor ganancia de peso y menor consumo de alimento comparado con el testigo.

Clorhidrato de zilpaterol y eficiencia en la canal: El zilpaterol ha mostrado ser un agente de repartición de energía, incrementando la masa muscular y a su vez disminuyendo la deposición de grasa corporal (Mersmann, 1998; Leheska et al., 2008). En el cuadro 2 (Johnson, 2004) se observa como distintos AAB mejoran el porcentaje de músculo de un 2-11 % y disminuyendo de un 9-35 % el tejido adiposo.

Cuadro 3. Diferencia porcentual del efecto del zilpaterol comparado con el grupo testigo (testigo = 100) sobre en las características de la canal reportada en diversos estudios ^a

Variables	Vasconcelos et al., 2008	Kellermeyer et al., 2009	Hilton et al., 2008	Elam et al., 2009	Montgomery et al., 2008
Canal caliente	4.4	5.4	*	4.1	4.6
Rendimiento canal	1.9	*	*	1.6	1.6
Área ojo de la costilla	10.5	12.6	8.9	10.7	9.7
Espesor de grasa dorsal	-14.7	*	-22.8	-8.4	*
Grado de rendimiento ^b	2.47	0.44	0.69	0.45	0.35

^a Todos los resultados $P < 0.01$.

^b Diferencia de puntuación.

El cuadro 3 muestra la diferencia porcentual del efecto del zilpaterol en las características de la canal. El aumento en la síntesis de proteína muscular o disminución de la degradación de proteína (Beermann, 2002), da como resultado el aumento de la proteína total de la canal y canales mas pesadas, que a su vez resulta en un aumento en el rendimiento en cortes primarios (Boler et al., 2009)

Hongos y levaduras en la nutrición de rumiantes

Generalidades de los hongos: En una época en la historia, cuando el conocimiento biológico estaba limitado a lo que podía ver el ojo humano, el mundo viviente estaba dividido en dos reinos, vegetal y animal. Lineo, en su publicación “Species Plantarum” en 1753, clasificó a los hongos en el reino vegetal, debido a que estos presentan pared celular. Con el desarrollo de lentes ópticos, y el posterior avance del microscopio electrónico se logró una mayor distinción a nivel subcelular

de los organismos clasificándolos en Eucariota y Procariota, siendo la forma procariota la mas primitiva desde el punto de vista evolutivo (Miles y Chang, 1997).

Los hongos empezaron a separarse del reino vegetal por su composición química, la cual es diferente entre las paredes celulares fungales y vegetales pues la ausencia de clorofila y de cloroplastos los obliga a desarrollar una digestión extracelular por medio de la secreción de enzimas hidrolíticas y la posterior absorción del alimento predigiriendo a través de su pared celular y membrana plasmática, estas características unidas a los análisis filogenéticos los llevaron a formar parte del reino Micetos o Fungi (Carone, 1986; Solomon, 1996).

Dentro del reino de los hongos estos son descritos como organismos unicelulares, pluricelulares o dimorfos que carecen de clorofila por lo tanto son heterótrofos, es decir obtienen sus alimentos por absorción y el componente principal de sus paredes celulares es la quitina. El talo o cuerpo vegetativo en los hongos filamentosos está constituido por filamentos delgados llamados hifas, las que presentan crecimiento apical y en conjunto integran el micelio. Los hongos se dividen en microscópicos y macroscópicos. En el caso de los hongos macroscópicos, el micelio está representado por la masa de apariencia algodonosa y por lo regular blanquecina que forman un cuerpo de reproducción. Dentro de los hongos macroscópicos se encuentran los Ascomicetos y Basidiomicetos, los cuales presentan una reproducción asexual y/o sexual. Los hongos macroscópicos son también llamados hongos Macromicetos y presentan distribución cosmopolita debido a que pueden desarrollarse en cualquier tipo de clima y se encuentran distribuidos

por toda la biosfera, existiendo variedad de géneros que pueden crecer entre 4°C y 60°C, desde el nivel del mar hasta por encima de los 4000m y en diferentes tipos de madera (Koneman, 1997; Stamets, 2003).

Las setas son macrohongos con órganos reproductores, productores de esporas, característicos de la clase Basidiomicetos y algunos géneros están clasificados dentro de los Ascomicetes. De las aproximadamente 16.000 especies de la clase de los Basidiomicetos, se ha sugerido que más de 10.000 especies producen basidiocarpos (órgano sexual productor de esporas de los Basidiomicetos) de tamaño y textura adecuada para ser considerados como una fuente de alimento (Miles y Chang, 1997).

Los hongos, en particular las levaduras, son esenciales para muchos procesos industriales en los que participa la fermentación. Son ejemplos de ello la elaboración del pan, el vino y la cerveza. También desempeñan un importante papel en la preparación de algunos quesos, la salsa de soja y el sufu; en la producción comercial de muchos ácidos orgánicos (cítrico, gálico), de ciertos fármacos (ergometrina, cortisona), y en la manufactura de muchos antibióticos (penicilina, griseofulvina) y el inmunosupresor ciclosporina (Prescott et al., 1999).

Distribución: Los hongos son organismos fundamentalmente terrestres, aunque algunos son de agua dulce o marinos. Muchos son patógenos e infectan plantas y animales. Los hongos establecen también relaciones beneficiosas con otros organismos. Por ejemplo, aproximadamente tres cuartas partes de todas las plantas

vasculares forman asociaciones (llamadas micorrizas) entre sus raíces y los hongos. También se encuentran hongos en las partes superiores de muchas plantas. Estos hongos endofíticos afectan a la reproducción de las plantas y a su sabor para los herbívoros. Los líquenes son asociaciones de hongos y algas o cianobacterias (Presscot et al., 1999).

Ecología: Los hongos sobreviven y se desarrollan en casi todos los ambientes de la tierra, tanto acuáticos como terrestres. Pueden crecer en lugares con un notable grado de la tierra, tanto acuáticos como terrestres. Pueden crecer en lugares con un notable grado de acidez, como en los frutos ácidos, y en presencia de elevadas concentraciones de sales, azúcares y otros nutrientes, como por ejemplo la superficie de mermeladas caseras y gelatinas. Crecen a temperaturas por debajo del punto de congelación del agua (menores que aquellas que permiten el crecimiento bacteriano), pero en cambio no toleran temperaturas tan elevadas como las que toleran las bacterias. Los hongos pueden crecer con minúsculas concentraciones de nutrientes. Por ejemplo, en el laboratorio suelen desarrollarse en reactivos líquidos “libres de nutrientes” aprovechando los compuestos orgánicos presentes en el aire que se disuelven en estos líquidos (Ingraham et al., 1998).

Conjuntamente con las bacterias, los hongos son los descomponedores primarios de materiales orgánicos, como por ejemplo los alimentos. Así, convierten los materiales muertos de origen vegetal y animal en compuestos que pueden ser asimilados por las plantas. Algunos hongos son incluso más eficaces que las bacterias a la hora de descomponer materiales orgánicos resistentes a la

putrefacción como la lignina, el componente oscuro de la madera. *Polycistus* spp. y *Armillaria* spp. causan el blanqueado de las raíces al atacar a la lignina, de color oscuro, quedando solo la celulosa, de color blanco. Otras especies de hongos (y también bacterias) producen el oscurecimiento de la raíz, al eliminar selectivamente la celulosa y dejar la lignina, convirtiendo la madera en una masa pulposa de color marrón-rojizo. Otros, tales como *Pleurotus* spp. y *Polyporus* spp., atacan tanto a la celulosa como a la lignina. Los hongos pueden descomponer casi cualquier material orgánico como los tejidos, el papel, el cuero y la pintura. Algunos incluso pueden crecer en el combustible para aviones, provocando el atasco de las tuberías donde se encuentran. Los hongos abundan en montones de abono de jardín, convirtiendo los materiales de origen vegetal y otros residuos orgánicos en el suelo fértil y desmenuzable (Ingraham et al., 1998).

Paredes celulares y metabolismo: Aunque la celulosa esta presente en ciertos hongos, mucho de ellos poseen paredes no celulósicas. La quitina, un polímero de N-acetil-D-glucosamina es un contribuyente común de las paredes celulares fúngicas. Se dispone en grupos de microfibrillas como la celulosa y en algunas especies existen otros polímeros como mananos, galactanos o quitosano. En su 80-90%, las paredes celulares fúngicas están compuestas de polisacáridos, mientras que los lípidos, polifosfatos e iones orgánicos forman una matriz cementante. El conocimiento de la pared celular fúngica es muy importante por la aplicación biotecnológica de estos organismos y además, porque su naturaleza química se ha usado en la clasificación de los hongos. Los hongos son típicamente quimio-organotrófos y tienen pocos requerimientos nutricionales. Muchas especies

pueden crecer en ambientes extremos con bajos pH o altas temperaturas de hasta 62° C y esto, junto con la ubicuidad de las esporas fúngicas, hace que sean los contaminantes mas frecuentes de alimentos, medios de cultivo microbiano etc. Sin embargo los mohos y las levaduras nos son clasificados sobre bases fisiológicas, sino por sus diferentes ciclos celulares que incluyen la formación de un gran número de esporas. (Madigan et al., 2003).

Clasificación de los hongos

Tradicionalmente los hongos fueron clasificados con base en sus características citológicas y morfológicas como son el ciclo de vida, las características estructurales de los gametos, los esporocarpos y las esporas. Recientemente las investigaciones en áreas de bioquímica, genética y biología molecular han suministrado información importante que modifica el sistema de clasificación, con el objeto de ampliar el conocimiento del origen y evolución de los organismos existentes. El reino Fungi abarca cinco divisiones: Chytridiomycota, Zigomycota, Ascomycota, Basidiomycota y Deuteromycota.

Cuadro 4. Características de las principales clases de hongos

División	# de esp.	Plasmogamia	Cariogamia	Meiosis	Hifas	Motilidad
Chytridiomycota	500	Fusión	En el cigoto	cigótica	No septado	whiplash
Zigomycota	765	Copulación gametangial	Zigoesporas	cigótica	No septado	No
Ascomycota	30000	Copulación gametangial o Espermatización	Precedida por dicaríofase y en el asco ocurre	Meiosporas dentro de asco	Septado con poro central	No

		o somatogamia	la cariogamia			
Basidiomycota	16000	Somatogamia Espermatización	Precedida por dicaríofase y en el basidio ocurre la cariogamia	Meiosporas dentro de basidio	septado	No
Deuteromycota	17000				Septado	No

(Miles y Chang, 1997).

Los Deuteromicetos se diferencian de las otras cuatro por no poseer sexualidad y por reproducirse en formas asexuales únicamente. En los Zygomycetos la reproducción sexual se realiza por la fusión de los gametangios y por la posterior formación de un zigosporo de área celular gruesa. En los Ascomycetos las cepas compatibles se reúnen de diferentes formas, realizando una fusión de núcleos compatibles (cariogamis) y una posterior división nuclear redaccional (meiosis) en la célula asca madre. Dentro del asca (estructura en forma de bolsa) las meiosporas sufren de divisiones ecuacionales (mitosis), formándose así las ascosporas (Pedreros, 2007).

En los Basidiomicetos las cepas compatibles son reunidas por medio de la somatogamia (fusión de células vegetativas que no están sexualmente diferenciadas) con la formación de hifas dicarióticas (hifas con dos núcleos compatibles, sin fusionarse en cada célula). La cariogamia y posterior meiosis se presenta en una célula en forma de mazo llamado basidio. Después de la meiosis, los núcleos haploides salen a través de unos cortos pedúnculos en el basidio (sterigmas) y entran a la espora en desarrollo, las cuales se conoce como basidiosporas. Los

basidios se encuentran localizados en cepas himeniales fértiles que forman parte del basidiocarpo comúnmente llamada seta (Solomon, 1996).

Hongos filamentosos (mohos): Los hongos filamentosos como *T. harzianum* son organismos del suelo donde los nutrientes de fácil asimilación son muy escasos, la competencia con otros organismos es feroz y los sustratos se encuentran en su mayoría formando polímeros de alto peso molecular. Estos hongos filamentosos poseen una gama extraordinaria de enzimas líticas que excretan al exterior por el ápice de las hifas y que les permite hidrolizar y asimilar sustratos tan diversos como la celulosa, hemicelulosa, quitina, glucano, pectina, proteínas y otros. Este metabolismo es oxidativo, con preferencia por la respiración y un crecimiento lento pero con un alto rendimiento de ATP. En estas condiciones muchos de los transportadores presentes en la membrana plasmática son de alta afinidad, posiblemente por la baja concentración de sustrato transportable existente en el medio natural. Las hifas crecen en masa en lo que se denomina micelio, que pueden verse fácilmente sin ayuda del microscopio. En la mayoría de los casos, las hifas fúngicas contienen más de un núcleo a veces cientos de núcleos. Por tanto, una hifa típica es como un tubo nucleado con citoplasma (Kubieck y Harmman, 1998).

A partir del micelio, otras hifas buscan la superficie de donde forma esporas o conidios. Los conidios son esporas asexuales (su formación no implica la fusión de gametos), a menudo muy pigmentadas y resistente a la desecación, que sirven como forma de dispersión del hongo en nuevos hábitat. Cuando se forman los conidios, cambia el color blanco del micelio adquiriendo el de estos que puede ser negro, rojo,

azul-verdoso, amarillo o marrón. La presencia de estas esporas da a la masa micelial la apariencia de ser una capa de polvo. Algunos mohos también producen esporas sexuales, formadas como resultado de una reproducción sexual. Esta se produce por fusión de gametos unicelulares o bien de hifas especializadas llamadas gametangios. Alternativamente, las esporas sexuales se pueden originar de la fusión de dos células haploides que sufren meiosis y mitosis para dar esporas individuales. Dependiendo a que grupo pertenezca el hongo en cuestión se pueden formar diversos tipos de esporas sexuales. Cuando se forman dentro de un saco se denominan ascosporas y si se forman en los extremos de estructuras en forma de porra se denominan basidiosporas. Las zigosporas producidas por los zigomicetos como es *Rhizopus* son estructuras macroscópicamente visibles. Eventualmente, la zigospora madura y produce esporas asexuales que son dispersadas en el aire y germinan para dar un nuevo hongo (Madigan et al., 1997).

Muchos hongos filamentosos están naturalmente adaptados al crecimiento sobre superficies. Los hongos requieren un contacto cercano con el sustrato debido a su nutrición heterótrofa, secreciones de enzimas extracelulares, absorción de nutrientes a través de la pared celular y el crecimiento apical de sus hifas. Sin embargo, algunos sistemas de producción como la fermentación sumergida nos considera estos importantes aspectos de su fisiología (Jones, 1994).

En el caso específico de cepas de *T. harzianum*, muchas de ellas utilizadas como biofertilizantes y biopesticidas, estas han desarrollado además una capacidad asombrosa de interaccionar de forma parasítica y simbiótica con microorganismos y

plantas, y de utilizar y degradar polisacáridos, pesticidas xenobióticos, hidrocarburos, clorofenoles y derivados cianogénicos. De ahí que estas cepas se empleen en agricultura, en la producción de enzimas, en biocontrol como biopesticidas, bioprotectores, bioestimulantes de plantas y biofertilizantes, y se comercializan más de 50 productos diferentes basados en ellas (Harman et al., 2004) .

Hongos Macromicetos: Los hongos macromicetos están formados por largas hifas ramificadas que se reúnen en cordones y cuerpos de reproducción visible y medible en centímetros. Son saprofitos ya que crecen en materia descompuesta absorbiendo la materia orgánica, en simbiosis con plantas formando ectomicorrizas o como parásitos sobre los árboles. Algunos son comestibles, otros venenosos e incluso pueden producir efectos psicoactivos. Suelen crecer en la humedad que proporciona la sombra de los árboles, pero también en cualquier ambiente húmedo y con poca luz (Saldarriaga, 2001).

Basidiomycetes (las setas): Las setas son basidomicetos filamentosos que forman cuerpos fructíferos, que constituyen la parte comestible que llamamos setas. Durante la mayor parte de su existencia las setas viven como simple micelio, creciendo en el suelo, en los desechos de hojas o troncos. Sin embargo, cuando las condiciones del medio son favorables, generalmente periodos húmedos y fríos se desarrollan las setas, primero como un pequeño botón y después rompiendo la superficie como seta madura. Las esporas basidiosporas se forman en la parte inferior del sombrerillo entre innumerables laminillas. Las basidiosporas son dispersadas por el viento para empezar un nuevo ciclo (Oei, 2003).

Una actividad muy importante de los basidiomicetos es la descomposición de la madera, papel y otros derivados de productos naturales. Estos basidiomicetos, por lo tanto, son capaces de producir celulasas o enzimas capaces de catabolizar la lignina y utilizarla como fuente de carbono y energía. La descomposición de la lignina en la naturaleza es difícil, por la cual es realizada por un reducido grupo de hongos basidiomicetos, que producen la llamada podredumbre de la madera. Existen dos tipos de podredumbre: la marrón, en la que solamente se degrada la celulosa pero no la lignina y la blanca, en la que ambos polímeros son degradados eficientemente (Stamets, 2003).

Ascomycetes (levaduras): Las levaduras se definen como hongos unicelulares que crecen y se dividen asexualmente, la mayoría por gemación. A pesar de esta definición, las levaduras representan con frecuencia sólo la fase unicelular del ciclo de vida de los hongos filamentosos. Bajo el punto de vista taxonómico se agrupan en diferentes géneros de ascomicetos, basidiomicetos y deuteromicetos, y esta diversidad apunta a que las levaduras son estructuras morfológicas favorecidas por la selección y que han aparecido de forma recurrente a lo largo de la evolución. De hecho, existen levaduras con ciclo sexual o asexual, haplonte o diplonte, con características metabólicas muy diferentes o con un complemento cromosómico que varía desde 3 a más de 20 cromosomas. El proceso de selección ha sido tal que se pueden encontrar tantas diferencias a nivel molecular o metabólico entre cepas de la misma especie que entre especies distintas, lo cual resulta de enorme interés bajo el punto de vista de la aplicación industrial (Benítez et al, 2004).

En la gran mayoría de las especies se forman cuerpos fructíferos microscópicos o microscópicos que contienen uno o muchos ascocarpos y los ascos quedan al descubierto y diseminados en el micelio (Saldarriaga, 2001).

Estos hongos unicelulares del reino vegetal, suelen medir de 5 a 10 micras. Estos microorganismos reciben nombres en latín, los cuales incluyen al genero y a la especie (ejemplo: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*). Las especies difieren entre si respecto al origen donde se encuentran, a su morfología (forma) celular, a la manera como metabolizan los diversos substratos y a la forma como se reproducen (Stone, 2006).

Dentro de estos hongos unicelulares encontramos incluido a *sacharomyces cerevisiae*.

***Sacharomyces cerevisiae* como aditivo en la nutrición de rumiantes**

***Sacharomyces cerevisiae*:** Es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; su nombre deriva del vocablo Saccharo (azúcar), myces (hongo) y *cerevisiae* (cerveza) (Hernández et al., 1999).

***Condiciones de crecimiento de S. cerevisiae*:** Las levaduras requieren para su óptimo crecimiento un ambiente acuoso, pH con rango de 3.5 a 5.0, posiblemente debido a que la actividad de las proteínas plasmáticas de las levaduras en los límites

de su membrana se da en estos valores de pH (Miles, 1997); en estas condiciones de pH requerido para el crecimiento de la levadura, la actividad bacteriana a nivel ruminal tendría consecuencias detrimientales para los microorganismos y para los rumiantes.

Las levaduras mantienen su actividad metabólica y resisten el estrés físico asociado con el secado, calentamiento y exposición al pH ácido en condiciones anaeróbicas (Dawson, 1987). No obstante, se ha demostrado que *S. cerevisiae* presenta crecimiento limitado bajo esas condiciones y es incapaz de mantener una población productiva dentro del ecosistema ruminal (Dawson y Newman 1988), no pueden mantener una población viable en el rumen y son incapaces de establecerse permanentemente (Williams et al., 1990); por tal motivo, no es común que desarrolle crecimiento a nivel ruminal, en forma adicional a lo anterior el crecimiento de las levaduras se ve afectado por la presencia de ácidos grasos insaturados, tales como el colesterol y el ácido nicotínico; sin embargo, se ha observado cierto grado de viabilidad ruminal (Dawson et al., 1990), que se puede explicar en parte por los estudios *in vitro* realizados por Dawson y Newman (1988) en condiciones anaeróbicas y con una concentración de bacterias similar a la esperada en el rumen, donde se observó que la viabilidad de las diferentes cepas de levadura *S. cerevisiae* es mínima después de 12 h; por lo tanto, se estima una alta tasa de degradación de las levaduras por parte de las bacterias ruminales.

El rango de temperatura óptima para el crecimiento de las levaduras es de 28 a 30°C, con sobrevivencia a 37°C por medio de la formación de ascosporas , aunque

a 39°C que es la temperatura del ambiente ruminal, se ve afectado su crecimiento y disminución de la viabilidad de la levadura a 48 h de incubación (Carone, 1986).

A diferencia de los cultivos bacterianos, estos actúan a nivel ruminal y no existe evidencia directa que indique que los extractos fungales afectan la digestión o metabolismo en el intestino delgado (Kung, 2000). Este mismo investigador indica que existen tres tipos de cultivos fungales: 1) aquellos que contienen levadura “viva” y que son básicamente varias cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, 2) aquellos que contienen *Saccharomyces cerevisiae* y extractos de cultivo y a diferencia de los anteriores, estos no garantizan tener microorganismos vivos y 3) los que están hechos a base de los productos finales de *Aspergillus oryzae* y tampoco garantizan que contengan microbios vivos.

Investigaciones realizadas con *S. cerevisiae* en la nutrición de los rumiantes en México durante los últimos años, plantean que no todas las cepas de levadura tienen el mismo modo de acción en los diversos sistemas de producción animal; las diferencias en la respuesta con cepas de *S. cerevisiae* y la interacción que se produce con la dieta que se ofrece a los animales, presentan nuevas oportunidades, así como nuevos problemas, para definir la modificación que causan al metabolismo ruminal, por efecto de las diferentes cepas de cultivos y su diferente cantidad suministrada (Chademana y Offer 1990; Dawson, 2000; Miller-Webster et al., 2002).

Mecanismos de acción de S. cerevisiae para incremento de digestibilidad en el rumen: Dawson (1987) y Williams (1988) propusieron que posiblemente los

mecanismos de acción de las levaduras que aumentan la digestibilidad pueden atribuirse a lo siguiente: 1) Cambio en la flora bacteriana por competencia y estimulación del crecimiento, por medio del aumento de la actividad celulolítica y alteración de la síntesis microbiana, 2) Modulación del ambiente ruminal evitando fluctuaciones en el pH ruminal, 3) Reducción de la actividad de las bacterias metanogénicas, 4) Optimización de la absorción de minerales, 5) Son fuente de nutrientes y productos esenciales como aminoácidos, vitaminas y enzimas, 6) Incremento en metabolitos como ácidos grasos volátiles a causa de una mayor actividad bacteriana, 7) Disminución de la concentración del nitrógeno amoniacal, 8) Modifican el perfil de aminoácidos en el flujo duodenal, 9) Incrementan la proteína sobrepasante, 10) Incrementan el consumo voluntario de los animales, 11) Disminuyen la concentración de ácido láctico y 12) Incrementan la degradabilidad de la fibra.

Las características de *S. cerevisiae* permiten eliminar el oxígeno del ambiente ruminal, con lo que se facilita el crecimiento de bacterias anaeróbicas estrictas, es decir de bacterias celulolíticas que promueven la degradación de la pared celular (Dawson, 2000); y estimulan el crecimiento de bacterias que utilizan lactato y digieren celulosa (Callaway y Martín, 1997); por lo tanto, incrementan la digestibilidad de la dieta, así como la relación acético-propiónico (Plata y Mendoza, 1993). En Los cultivos puros *S. cerevisiae* se reproducen mitóticamente, pero los medios con alto contenido de fibra estimulan su esporulación (Plata y Mendoza, 1993). Durante la esporulación el cultivo de levaduras *S. cerevisiae* sintetiza seis tipos de enzimas β 1-6 y 1-3 glucanasas, lo cual tiene por finalidad desdoblar la pared celular que lo rodea.

Por otra parte, la digestión de los hongos ruminales se lleva a cabo sobre las áreas vulnerables de los tejidos de las plantas; sin embargo, cuando se confrontan con tejido recalcitrante, su hifa posee la extraordinaria capacidad de penetrar directamente la cutícula (Carone, 1986), lo que contribuye a disminuir substancialmente la tensión protectora de los tejidos y puede proporcionar sitios adicionales para el acceso de las bacterias, por medio de su adhesión a los tejidos de las plantas, mientras que la estrategia de las bacterias ruminales para superar la barrera de la cutícula, que opone resistencia a la adhesión de los microorganismos a los forrajes y granos, es introducirse a través de los estomas, lenticelas y las áreas dañadas de las plantas para iniciar con el proceso su propio metabolismo y la fermentación a nivel ruminal (Williams, 1989; Semptey, 1991).

Resultados de investigaciones de dietas que incluyeron *S. cerevisiae* utilizando forrajes en el ganado tuvieron incrementos en el consumo de alimento y ganancia diaria (Edwards et al., 1990); sin embargo, otros estudios no han informado efecto sobre el consumo de alimento, ganancia o eficiencia (Drennan, 1990 Zinn et al., 1999).

En estudios realizados han registrado que *S. cerevisiae* incrementa la concentración (mmol) de AGV totales; sin embargo, no se afectaron las proporciones de ácido acético y propiónico; por otra parte, Plata et al. (1994); Robinson y Garrett (1998) y Arcos-García et al. (2000) mencionan que *S. cerevisiae* no modifica la fermentación ruminal por efecto de la adición de levadura en la dieta de los animales.

De igual forma, (Edwards et al. (1990) indica que no existe respuesta al cultivo de levadura sobre la fermentación y digestibilidad ruminal debido a que no detectó efecto sobre el pH ruminal, N-NH₃, tasa de fracción de flujo, volumen ruminal, concentración de ácidos grasos totales, y la digestibilidad total aparente de la materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutro. Así mismo se han registrado resultados diversos en relación a la digestibilidad del alimento (Mir y Mir 1994; Hernández et al., 1999).

Sacharomyces cerevisiae en la respuesta del comportamiento productivo de ganado de engorda: Varios estudios han sido desarrollados donde se evalúa la respuesta del uso de levaduras en dietas de finalización para bovinos. La adición de levaduras ha resultado en incrementos hasta en 59% de la población microbiana del rumen (Weidmeier et al, 1987), este incremento en la biomasa microbiana promueve el aumento en la digestibilidad del alimento como ha sido observado en otros estudios (Plata et al., 1994). Otro de los beneficios es que el alimento que contiene levadura generalmente es consumido en mayor cantidad comparado con los grupos testigos, por lo tanto, el beneficio no esta dado solo por el aumento en la digestibilidad, sino por la mayor cantidad de materia digestible total que ingresa al intestino lo cual lleva aun mejor plano nutricional que se traduce en mejor comportamiento productivo. En si, la mejora en el consumo en animales sometidos a estrés (por ejemplo becerros recién llegados) es suficiente para mostrar ventajas durante el periodo de iniciación en corral (Zinn et al., 1999).

Sin embargo, los resultados no siempre han sido consistentes ya que existen informes sin efectos cuando las levaduras son añadidas a las dietas de crecimiento – finalización de los bovinos (Malcom y Kiesling, 1991; Lila et al., 2004; Eastridge, 2006). Lo anterior puede deberse al tipo de levadura (Newbold et al., 1995), a su presentación (levadura viva o inactivada, Oeztuerk et al., 2005), su concentración (Arcos-García et al., 2000), a las características de la dieta (Wallace and Newbold, 1992), al método de adición (Elwakeel et al., 2007) o a la dosis utilizada (Beauchemin, 2003). En la búsqueda de obtener resultados más consistentes se han desarrollado combinaciones de otros nutrientes con las levaduras. En ese sentido, se ha demostrado que el uso de levaduras ya sea combinada con enzimas (Elwakeel et al., 2007), con vitaminas (Kellems et al., 1991) o bien con minerales, tales como el selenio, tienen resultados positivos (Kellems et al., 1990). Aún así, analizando varios estudios, las levaduras pueden mejorar, en promedio, un 4% la ganancia diaria y un 5% la eficiencia en bovinos engordados en corral.

El papel del cromo como modulador de inmunidad y crecimiento

Este elemento químico con número atómico 24 es reconocido con el símbolo “Cr” el cual posee un peso atómico de 51.996. El cromo es un metal de color blanco plateado, duro y quebradizo. Sin embargo, es relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando está muy puro. Sus principales usos son la producción de aleaciones anti-corrosivas de gran dureza y resistentes al calor y como recubrimiento para galvanizados. El cromo elemental no se encuentra en la naturaleza. Su mineral más importante por abundancia es la cromita. Además de estos usos se han descubierto otros usos en la producción animal (Matthews et al., 2005).

Como nutriente esencial, una de las funciones principales del cromo es potenciar la acción de la insulina y de esta forma influye en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas; sin cromo la insulina no funciona apropiadamente (Boleman et al., 1995).

Además, se informa que una rápida hiperglicemia, desequilibrio en la tolerancia a la glucosa, elevada circulación de insulina y glicosuria son síntomas de deficiencia de cromo. Se ha observado que la suplementación dietética con cromo parece ser beneficiosa en estas situaciones, así como el utilizar dietas de alto contenido energético. Por otro lado, es bien conocido que el cromo es un nutriente esencial como factor de tolerancia a la glucosa (FTG) (Steele, 1977).

El interés en el cromo, adicionalmente a la mejora de la respuesta inmune, es por el beneficio observado en el crecimiento, así como al aumento de peso, canales magras y además de afectar la tolerancia a glucosa, la sensibilidad a la insulina, o concentración de ácidos grasos no esterificados en plasma. Esta respuesta de eficacia metabólica se obtiene por su disponibilidad biológica (Matthews et al., 2001).

La concentración de cromo (Cr) en los alimentos comúnmente utilizados en la alimentación de los cerdos (*Sus scrofa domesticus*), varía grandemente; además, el Cr inorgánico es pobremente absorbido (0,4 a 3,0%) por los animales. Debido a esta situación se recomienda utilizar fuentes de Cr orgánico como una alternativa por su mayor biodisponibilidad. La importancia del cromo radica en la utilización de la glucosa y su impacto consecuente sobre la utilización de los azúcares de la dieta,

sobre todo en los animales de rápido crecimiento o aquellos que se encuentran bajo un severo estrés fisiológico y físico, donde se incrementó la excreción del cromo en la orina del cerdo (Lindemann et al.,1995).

La respuesta inmune de los cerdos, al incluir cromo orgánico en la dieta, puede mejorar la concentración de metabolitos en sangre. Situación no observada al utilizar cromo inorgánico. Por lo cual no presentan un requerimiento de cromo en el cerdo pero establecen que el cromo orgánico es mejor absorbido que la forma inorgánica (Moonsie, 1993; Shelton et al., 2003).

En una investigación realizada por Page et al. (1993) observaron que la eficiencia alimenticia no fue afectada ($P < 0.05$) y que el colesterol se redujo en el suero al añadirse el picolinato de cromo a la dieta. La hormona de crecimiento se incrementó en el suero, a medida que se incrementó la suplementación de Cr en la dieta de 0 a 400 ppb y disminuyó cuando el aumento de suplementación de PicCr fue de 400 a 800ppb. La insulina, el fósforo inorgánico, el calcio, la urea, y los triglicéridos en suero no se mostraron afectados. La dieta suplementada con Cr tuvo un efecto positivo en las características de calidad de las canales. El porcentaje de rendimiento fue incrementado ($P < 0.05$) así como también LMA Y MUS fueron aumentadas por la adición de Cr.

En un estudio realizado para observar la influencia del picolinato de cromo (PicCr) y clorhidrato de cromo (CrCl_3e) en la composición química del tejido muscular en cerdos de finalización, se observó que la adición de PicCr o CrCl_3 a la dieta de

cerdos en etapas tempranas al crecimiento no influía las medidas de grasa dorsal ni del área del músculo longissimus. Pero cuando se adicionaron 200 µg/kg de PicCr o 5,000 µg/kg de CrCl₃ se observó que en ambos casos aumentaba el área del músculo *longissimus*. Por otra parte, la adición de cromo en cortos periodos no afecta a la composición del jamón, o la parte interna del músculo (Money y Cromwell, 1997).

Por otra parte, en un estudio realizado por Lindemann et al. (1995) no se observaron diferencias en ganancia diaria de peso entre el grupo testigo y los cerdos suplementados con 0, 250 y 500 ppb de picolinato de cromo. Sin embargo, una tendencia a disminuir el consumo fue observada para los tratamientos que contenían cromo, reflejándose en una significativa mejora en la eficiencia alimenticia (2.96 vs. 3.17, P<0.10).

El cromo ha mostrado resultados positivos en la respuesta inmune de becerros suplementados (Chang y Mowat, 1992). Sin embargo, hasta ahora hay información limitada sobre el uso de fuentes de cromo evaluadas en ganado de engorda, principalmente en aquellas razas y géneros que presentan mayor tendencia a cebarse, y como consecuencia, mostrar una menor eficiencia durante la fase de engorda. Un ejemplo de lo anterior lo representan las vaquillas que resultan del cruce de cebú con razas inglesas

Materiales y Métodos

Localización del área donde se llevó a cabo el estudio

El estudio se llevó a cabo en la Unidad para Pruebas de Comportamiento de Bovinos de Engorda del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, a 10 km al sur de Mexicali en el noroeste de México. La zona tiene una latitud de 32°40', una longitud de 115°28', una altitud de 10 m sobre el nivel del mar y condiciones desérticas.

Características de los aditivos utilizados

La fuente de clorhidrato de zilpaterol fue el producto comercial Zilmax® con una concentración al 4%. La fuente de levadura utilizada fue (Biotecap). Las características de la levadura se muestran en el Cuadro 5.

Características de las unidades experimentales

Cuarenta y ocho vaquillas (358 Kg) cruza cebú x europeo (aproximadamente 15% cebú y el resto Hereford, Angus y Charolais en distintas proporciones) fueron recibidas del día 22 de abril del 2008 a las 8:35 AM en las instalaciones para pruebas de comportamiento del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias (IICV).

Las vaquillas provenían del corral de engorda comercial “la Casita” localizado a 4 km de distancia de las instalaciones del IICV. Las vaquillas fueron seleccionadas de un total de 92 vaquillas originarias del área de Tamaulipas las cuales arribaron con un

Cuadro 5. Contenido nutricional de la levadura enriquecida con cromo¹

MINERAL	CONTENIDO
Cobalto, ppm	30, ppm
Cobre, ppm	1500ppm
Hierro, ppm	3000 ppm
Cromo, ppm	990 ppm
Manganeso, ppm	3000ppm
Selenio, ppm	590ppm
Yodo, ppm	30ppm
Zinc, ppm	3000 ppm
Vitamina E , UI	50000
Levadura viva, UFC/g	1.0X10 ⁹
Humedad, %	4 a 7%
Proteína cruda, %	30 mínimo

¹Beef-8-Ways, Biotecap®, Mexico, DF, México

peso promedio de 291 kg el día 14 de febrero del 2008 al corral de engorda La Casita. Se manejaron al siguiente día de su llegada mediante la vacunación (Ultrabac-7, Pfizer Animal Health, México; Pirámide 4 + Presponse SQ, Fort Dodge, Animal Health, México), desparasitado (Bimectin, Vetoquinol, México), vitaminado (Synt-ADE, Fort Dodge, Animal Health, México) e implantación con una combinación

de 100 mg de acetato de trembolona y 10 mg de benzoato de estradiol (Synovex choice Fort Dodge, Animal Health, México). Fueron alimentadas con un programa consistente en tres raciones las cuales fueron crecientes en su contenido de grano de maíz hojuelado. Se inició el consumo de la dieta basal el día 14 de abril del 2008. El día 21 de abril, previo al transporte a los corrales del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, las vaquillas se pesaron individualmente, se identificaron mediante arete y se reimplantaron con Synovex Choice (Fort Dodge, Animal Health, México).

Desarrollo experimental

Tratamientos: La fase de adaptación previo al inicio del experimento constó de 8 días iniciando el experimento el día 29 de abril del 2008 a las 6:00 AM mediante el pesaje (báscula ganadera tipo individual NORAC, serie U, cap. 4,540 kg, con indicador digital: Rice lake weighing Systems, Modelo: IQ+335-2A) y reacomodo de vaquillas, según el peso registrado, para la asignación de tratamientos que se ofrecieron a las 8:00 AM de ese mismo día. Los tratamientos consistieron en:

- 1) Dieta basal (Cuadro 6) sin levadura y suplementado con zilpaterol (6 mg/kg de dieta) durante 30 días de los últimos 33 días de la prueba;

Los tratamientos restantes consistieron en la misma dieta basal más una mezcla en partes iguales de ambas fuentes de levadura (cultivo de levadura Ganadero-Plus y una levadura enriquecida con 8 minerales orgánicos: Beef-8-Ways, Biotecap®, Mexico, DF, México) para dar una dosis final de:

- 2) 10 g/cabeza/ día, (L-10)

- 3) 20 g/cabeza/ día (L-20) y
- 4) 30 g/cabeza/ día (L30)

La cantidad de cromo consumido fue de 5, 10 y 15 mg/cabeza/día para los tratamientos L10, L-20 y L-30 respectivamente. Las levaduras se consumieron durante los 63 días de prueba. Dado que los corrales están contruidos de tal manera que forman 2 baterías de 8 y 10 corrales respectivamente y los comederos están orientados hacia el norte para la batería norte y hacia el sur para la batería sur, los tratamientos se distribuyeron aleatoria e uniformemente en cada batería para evitar efecto de orientación de comedero.

Cuadro 6. Composición en base seca de la dieta basal consumida por las vaquillas

Ingrediente	% en ración
Maíz en hojuela	62
Heno de sudán	8
Paja de trigo	4
Melaza de caña	10
Grasa amarilla	3.5
Harinolina	7.5
Premezcla mineral	3.5
Aporte de Nutrimentos ¹	
EN _m , Mcal/kg	2.07
EN _g , Mcal/kg	1.43
Ca	0.80
P	0.35

¹ Calculado de acuerdo al aporte estipulado para cada ingrediente (NRC, 1996)

Duración de la prueba, alimentación, suministro de levadura y procedimientos de pesaje: La prueba tuvo una duración de 63 de días, iniciando el 29 de abril y finalizando el 1 de julio del 2008. Las condiciones ambientales fueron en promedio de 28.2°C de temperatura y 21.3% de humedad relativa. El alimento se suministró dos veces por día (0800 y 1400 h) en una proporción aproximada de 25:75 respectivamente. Se recolectaron semanalmente muestras del alimento de las cuales se obtuvo una muestra representativa a la que se determinó el contenido de materia seca (AOAC, 1988). La cantidad de alimento total ofrecida por día se realizó con manejo de comedero para tener una cantidad (<5%) mínima de alimento sobrante al día siguiente. Para evaluar sobrantes, los comederos se revisaron visualmente en forma diaria de las 7:40 a 7:50 AM. El ajuste de ofrecido (incrementos o disminuciones) se realizó en la servida vespertina. Para asegurar el consumo de la dosis de levaduras, la dosis diaria de levadura para cada tratamiento se ofreció en el alimento servido en la mañana y se realizó de la siguiente manera: La cantidad total de levadura requerida para cada tratamiento (3 tratamientos) y corral (12 corrales con 3 vaquillas por corral) se elaboró en forma diaria de la siguiente manera: La cantidad diaria de levadura asignada para cada tratamiento (vgr, tratamiento 2 = 40 g por corral, tratamiento 3 = 80 g por corral y tratatamiento 4 = 120 g por corral) fue pesada en báscula de precisión (Navigator, modelo: N1H110 Cap. 8,100 g) y premezclada durante 3 minutos en un mezclador para concreto (1.3 pies cu) utilizando como vehiculo, 4 kg de la misma dieta basal previamente molida en molino de cuchillas (malla 2.3 cm, Molinos Azteca y Juper SA de CV, modelo No. 8). Posteriormente se pesaron 20 kg de la dieta basal (Want electronic balance modelo Papillon 200000. Cap. 200 kg) a los cuales se le añadieron los 4 kg del vehículo con las levaduras y se

mezclaron durante 5 min. De la mezcla final, se elaboraron porciones de 6.0 kg que se colocaron en bolsas previamente identificadas de cada tratamiento y se ofrecieron a cada corral en la servida de alimento matutino. El mezclador se limpió cuidadosamente entre cada mezclada para evitar contaminación entre tratamientos. Los animales se pesaron al inicio y al final de experimento en forma individual (báscula NORAC) a las 6:00AM. El orden de pesaje fue iniciando por el corral 1 y finalizando con el corral 16. El promedio de tiempo utilizado para el pesaje de todas las vaquillas fue de aproximadamente 45 min.

Evaluación de canales: Todos los animales se sacrificaron el día 1 de julio del 2008 y las mediciones del rastro se llevaron a cabo el día 3 de julio. El sacrificio del ganado se llevó a cabo en el rastro tipo inspección federal No. 301 localizado a 14 Km del sitio donde se desarrolló la prueba. El peso de la canal caliente se registró de todas las canales al momento del sacrificio. Después de 48 h de enfriamiento se realizaron las siguientes mediciones: 1) área del ojo de la costilla, tomado por medición directa del ojo de la costilla a la altura de la 12^{ava} costilla, 2) grasa subcutánea sobre el músculo del ojo de la costilla, medido a $\frac{3}{4}$ de la longitud lateral desde la terminación de los huesos del espinazo a la altura del sacro, 3) grasa pélvica, renal y cardíaca (PRC) como porcentaje del peso de la canal y 4) grado de marmoleo (USDA, 1965).

Variables evaluadas y cálculos realizados: Debido a que existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$) en el rendimiento en canal, el peso final se ajustó (ajuste-canal) a través de la división del peso de la canal entre la

fracción decimal del promedio de rendimiento de la canal observado para todos los animales (0.627). Derivándose a partir del peso final ajustado la estimación de la ganancia diaria, ganancia:consumo y retención de energía. El cálculo para eficiencia (C/G) fue utilizando el coeficiente obtenido de dividir la ganancia promedio entre el consumo de MS promedio. El cálculo de la retención de energía se derivó a partir del peso vivo mermado ($PV * 0.96$) y el promedio de ganancia diaria de peso (GDP, kg) observado de la siguiente manera: Se estimó el requerimiento de la energía neta para la ganancia (EG) mediante la ecuación: $EG = ADG^{1.097} 0.0608W^{.75}$, donde EG representa la energía diaria depositada corporalmente (Mcal/d), ADG es el promedio diario de ganancia de peso observado (kg/d), y W es el promedio de peso vivo en kg expresado como peso corporal mermado (96% del peso del peso vivo). El gasto de energía neta para el mantenimiento (Mcal/d, EM) se estimó mediante la ecuación desarrollada por Lofgreen y Garret (1968) para ganado cruzado: $EM = 0.077W^{.75}$. A partir de las estimaciones de energía requerida para el mantenimiento y para ganancia, los valores de la energía neta para el mantenimiento y para ganancia contenida en las dietas se calcularon utilizando el principio de la fórmula cuadrática:

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \text{ donde } a = -.877DMI, b = 0.877EM + 0.41DMI + EG, \text{ y } c = -0.41EM, \\ \text{y } NE_g = 0.877NE_m - 0.41. \text{ (Plascencia y Zinn, 2002).}$$

El consumo de MS esperado se calculó de la siguiente manera: $DMI, \text{ kg/d} = (EM/NE_m) + (EG/NE_g)$, donde EM= coeficiente de mantenimiento de 0.077 Mcal/LW^{0.75} (NRC, 1996) y EG es la energía depositada en forma diaria (Mcal/d) estimada mediante la ecuación: $EG = ADG^{1.097} * 0.0608 BW^{.75}$ (NRC, 1984). Los

divisores NE_m y NE_g representan la EN de la dieta consumida [calculada a partir de la composición de los ingredientes utilizados en la dieta basal (NRC, 1996)].

Diseño experimental y análisis estadístico: Todas las variables fueron analizadas utilizando al corral como unidad experimental. Se empleo un diseño de bloques completos al azar y el análisis de los datos computado fue utilizando los procedimientos para el modelo general lineal (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Los promedios para ganancia y consumo de alimento observado por corral fueron incluidos en al archivo de datos. Los efectos de la inclusión de levadura, nivel de levadura y bloque fueron incluidos en el modelo para los datos de corral. Los datos de la canal fueron ingresados en base a datos individuales y analizados mediante el modelo que incluyó las variables de levadura, nivel de levadura y bloque. Se utilizó el peso de la canal como covariable y en aquellos casos que el peso de la canal resultó significativa ($P < 0.05$) se incluyó dentro del modelo estadístico. Las comparaciones fueron: 1) testigo + zilpaterol vs. el promedio de respuesta de los tratamientos con levadura y 2) tendencias lineales y cuadráticas para el nivel de levadura. Las diferencias entre tratamientos fue considerada significativa cuando $P \leq 0.05$. Las respuestas de las funciones polinomiales se consideraron tendencias significativas cuando $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Comportamiento productivo

Zilpaterol vs. Levaduras: Los efectos de los tratamientos sobre comportamiento productivo y características de la canal se muestran en los cuadros 7 y 8. Dado que existió diferencia estadística significativa en el rendimiento en canal, los datos de comportamiento deben ser calculados y analizados ajustando el peso final como el $PCC/0.627$, donde PCC = al peso registrado de canal caliente y 0.627 es la fracción decimal del promedio de rendimiento de la canal observado para todos los animales. No hubo diferencias ($P > 0.42$) sobre el consumo de MS entre el grupo zilpaterol y la adición de levaduras. El añadir zilpaterol a la dieta en la fase final de la engorda incrementó ($P < 0.04$) el peso final, la eficiencia en ganancia ($P < 0.01$) y la conversión alimenticia ($P = 0.01$). De igual manera la EN observada de la dieta fue aumentada ($P < 0.01$) y la retención de energía por unidad de MS (consumo observado/esperado) fue menor ($P < 0.01$) para el grupo zilpaterol. Los resultados obtenidos con bovinos alimentados con zilpaterol concuerdan, con excepción de la ganancia diaria, con aquellos obtenidos en trabajos previos (Avendaño-Reyes et al., 2006; Plascencia et al., 2008). Uno de los principales efectos observables en animales suplementados con zilpaterol es la magnitud de la respuesta para la tasa de ganancia diaria la cual va desde 12.5% (Vasconcelos et al., 2008) hasta 35.4% (Avendaño-Reyes et al., 2006). En el presente estudio la diferencia entre zilpaterol y el promedio observado para los animales suplementados con levaduras fue de 8.4%

($P=0.08$). Sin embargo, cuando se comparan el grupo zilpaterol con cada uno de los niveles de levadura en forma independiente, la diferencia en tasa de ganancia resulta en 21.7 ($P<0.01$), 6.3 ($P=0.36$) y -2.8% ($P=0.67$) para L-10, L-20 y L-30 respectivamente. La diferencia de ganancia de 21.7% entre el grupo zilpaterol y el nivel mas bajo de levadura (L-10) es cercano a la diferencia promedio de 24.0% observado en estudios anteriores cuando se compararon grupos con zilpaterol contra grupos testigos (Avendaño Reyes et al., 2006, Plascencia et al, 2008; Vasconcelos et al., 2008, Elam et al., 2009; Montgomery et al., 2009a,b). De igual manera, comparado con el grupo L-10, ZIL incrementó ($P<0.01$) 13.7% la energía observada de la dieta, valor menor en a los informados previamente por Plascencia et al. (2008; 23%) y Robles-Estrada et al. (2009; 31%). Sin embargo, cuando se comparan el grupo de zilpaterol contra el nivel más alto de levadura (L-30) no se observan diferencias en la ganancia ($P= 0.67$) ni eficiencia ($P=0.35$).

Una forma práctica de expresar el impacto del uso de beta-agonistas en ganado en finalización es el utilizar el parámetro de eficiencia de la retención de la energía de la dieta por unidad de MS. Considerando que, el consumo de MS esta estrechamente relacionado con el requerimiento de energía para una ganancia diaria determinada y por la concentración de energía en la dieta; entonces, el consumo esperado de MS se puede calcular a partir del peso promedio (como peso mermado) y de la ganancia diaria observada durante la prueba como sigue:

$$\text{CMS, kg/d} = (\text{EM}/\text{EN}_m) + (\text{EG}/\text{EN}_g)$$

Donde: CMS = consumo de MS, EM= requerimiento de EN para mantenimiento ($EM = 0.77 \text{ Mcal/kg} * PV^{0.75}$; Garrett, 1971), EG = requerimiento de energía requerida para ganancia ($EG = ADG^{1.097} * 0.0608 PV^{0.75}$; NRC, 1984). Los divisores EN_m y EN_g son el

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo (ajustado por rendimiento en canal) en vaquillas

Concepto	Testigo ₃	Nivel de levadura, g/cabeza/día ¹				Valor de P^2		
		L-10	L-20	L-30	SEM	Testigo vs. L	Lin	Qua
Días en prueba	63	63	63	63				
Repeticiones	4	4	4	4				
Peso, Kg ⁴								
Inicial	371.2	371.7	369.2	370.4	3.6	0.79	0.75	0.58
Final ⁵	465.3	445.3	457.3	467.25	7.8	0.04	0.02	0.19
Ganancia, kg/d	1.493	1.169	1.399	1.536	0.04	0.08	0.01	0.60
Consumo MS	8.08	7.88	8.44	8.64	0.21	0.42	0.04	0.56
Ganancia/consumo MS	0.184	0.149	0.165	0.177	.005	<0.01	<0.01	0.72
EN observada, Mcal/kg								
Mantenimiento	2.41	2.12	2.21	2.32	0.04	<0.01	<0.01	0.86
Ganancia	1.70	1.45	1.53	1.62	0.03	<0.01	<0.01	0.86
Observado/esperado de la EN ⁶								
Mantenimiento	1.15	1.01	1.05	1.10	0.02	<0.01	<0.01	0.86
Ganancia	1.19	1.02	1.07	1.13	0.02	<0.01	<0.01	0.86
Observado/esperado, consumo MS ⁷	0.86	1.00	0.96	0.91	0.02	<0.01	<0.01	0.92

¹ Las fuentes de la levaduras usadas fueron Ganadero-Plus y Beef -8 Ways (Biotecap®, Mexico, DF, México) y se utilizaron en proporción 50:50 en la dosis total ofrecida durante el experimento. ² P = Nivel de significancia observada para los efectos de adición de levaduras (Testigo vs. Levadura) y efectos lineales y cuadráticos para el nivel de suplementación. ³ El grupo control consumió Zilmax® 30 días de los 63 días de prueba a razón de 60g/tonelada y fue retirado 72-h previo al sacrificio. ⁴ El peso inicial y final se redujo 4% para descontar llenado ruminal. ⁵ Calculado utilizando el peso final como: $PF = PCC/0.627$, donde 0.627 es el rendimiento promedio observado para todos los animales.

⁶ El valor esperado de la EN de la dieta esta basado en los valores tabulares indicados para cada uno de los ingredientes (NRC, 1996).

Cuadro 8 Efecto de los tratamientos sobre las características de la canal en vaquillas

Concepto	Testigo ³	Nivel de levadura, g/cabeza/día ¹				Valor de P^2		
		L-10	L-20	L-30	SEM	Testigo vs. L	Lin	Qua
Observaciones	12	12	12	12				
PCC, kg	292	279	287	293	5.3	0.37	0.07	0.91
Rendimiento, %	63.90	62.18	62.34	62.58	0.4	<0.01	0.61	0.88
AOC, cm ²	84.46	78.59	76.77	81.29	1.92	0.03	0.41	0.26
Grasa de cobertura, cm	0.68	0.74	0.89	0.83	0.07	0.13	0.46	0.28
Grasa PRC, %	2.66	3.79	3.70	3.23	0.24	0.05	0.02	0.16
Marmoleo ⁴	3.21	2.95	2.38	3.27	0.29	0.32	0.46	0.04

¹ Las fuentes de la levaduras usadas fueron Ganadero-Plus y Beef -8 Ways (Biotecap®, Mexico, DF, México) y se utilizaron en proporción 50:50 en la dosis total ofrecida durante el experimento.

² P = Nivel de significancia observada para los efectos de adición de levaduras (Testigo vs. Levadura) y efectos lineales y cuadráticos para el nivel de suplementación.

³ Zilmax® se consumió durante 30 días a razón de 60g/tonelada y fue retirado 72-h previo al sacrificio.

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

contenido de energía en la dieta derivado de los valores tabulares (NRC, 1996) a partir de la participación de ingredientes de la dieta experimental. Los valores utilizados para EN_m y EN_g fueron 2.09 y 1.43 Mcal/kg, respectivamente (Cuadro 6). Aplicando lo anterior, el coeficiente de consumo esperado/observado resulta en 1.01 y 0.85 para el grupo L-10 y zilpaterol respectivamente. De tal forma que el consumo del grupo L-10 fue consistente con la ganancia y el valor energético esperado de la dieta mientras que los grupos suplementados con zilpaterol promediaron un incremento en 15% de la retención de energía por unidad de MS. Por un lado, el nivel de 10 g/cabeza día fue insuficiente para mostrar algún beneficio en el comportamiento productivo, mientras que por otro lado, la diferencia obtenida entre zilpaterol y L-10 es similar a los observados en estudios realizados con vaquillas cuando se comparan grupos testigos contra suplementadas con zilpaterol (Plascencia et al., 2008; Robles-Estrada et al., 2009). De nuevo, esta diferencia se reduce a solo 5% ($P=0.13$) cuando zilpaterol es comparado con el nivel más alto de levadura (L-30). Es conocido que la deposición de proteína es menos eficiente en términos energéticos que la deposición de grasa y que la EN de mantenimiento se incrementa cuando la composición de la ganancia esta dirigida a depositar mas proteína que grasa (Ferrell y Jenkins, 1985). En ese sentido, Kim *et al.* (1989) observaron en borregos alimentados con cimaterol, un beta-agonista, un incremento de 19% en el requerimiento de la EN para mantenimiento, pero por otro lado observaron un aumento neto de 14% en la eficiencia para la ganancia. Este incremento en eficiencia de la energía retenida por unidad de MS es reflejo de la acción directa del beta-agonista sobre la retención neta de proteína, y por lo tanto, de crecimiento de tejido magro (Murdoch et al., 2005; Johnson y Chung, 2007).

Nivel de levadura: El consumo de levadura y cromo estuvo de acuerdo con lo proyectado para cada tratamiento. Lo anterior fue posible al sistema de suministro de alimento y levadura, ya que se ofertaba el total de la dosis de levadura programada en el alimento ofrecido en la mañana (08:00 h); al momento de servir en la tarde (14:00 h), el comedero se encontraba invariablemente limpio. A medida que se aumentó el nivel de levadura se incrementó el peso final (efecto lineal, $P<0.02$), ganancia diaria (efecto lineal, $P=0.01$), eficiencia en ganancia ($P<0.01$) y conversión alimenticia ($P<0.01$). De igual manera la EN observada de la dieta fue aumentada ($P<0.01$) y la retención de energía por unidad de MS fue menor ($P<0.01$) a medida que se aumentó el nivel de levadura en la dieta. Incrementos en la productividad en corral como resultado de una tendencia a un mayor consumo de MS han sido informados en ganado que es suplementado con levaduras (Leisemeiter et al., 2004), sin embargo, los resultados no han sido consistentes ya que existen estudios en los cuales no existe diferencia entre los grupos suplementados con levaduras con respecto a los grupos testigos (Zinn et al., 1999). La dosis, así como el enriquecimiento con oligoelementos, especialmente cromo puede tener un impacto significativo en los resultados. Por un lado, el número de UFC consumida/día por los animales fue de 5, 10 y 15 $\times 10^{10}$ para L-10, L20 y L-30 respectivamente, esto representa un 100% por debajo o por encima de la dosis utilizada comercialmente para los tratamiento L-10 y L-30 respectivamente. Por otra parte, de acuerdo a la concentración de cromo de Beef-8-Ways, el consumo de cromo fue de 5, 10, 15 mg/día, para para L-10, L20 y L-30 respectivamente. Aún no se ha establecido el nivel de cromo necesario para funcionar como aditivo para mejorar el comportamiento productivo en bovinos de engorda. Concentraciones 0.4 mg Cr por

Kg de materia seca ha resultado en incrementos en 10% en ganancia de peso en becerros (60 a 90 kg de PV) y en novillos (240 kg) (Kagley et al, 1995), mientras que concentraciones de 0.3 mg/kg de MS han sido suficientes para observar incrementos en ganancia de 3.7% en toros alimentados con dietas altas en energía (Barajas et. Al., 2008). De acuerdo a la cantidad de cromo suplementada y el consumo de MS observado en el presente estudio la concentración de cromo resultó en 0.63, 1.19 y 1.73 mg/kg de MS. Moonsie-Siageer y Mowat (1993) informaron respuestas sobre ganancia y eficiencia con niveles de 0.2 y 1.0 ppm pero no con concentraciones de 0.6 ppm Dado los resultados obtenidos en el presente estudio y en estudios previos, se hacen necesarios seguir realizando estudios sobre ese aspecto.

Características de la canal: Los efectos de los tratamientos sobre el rendimiento en la canal se muestran en el cuadro 8. Comparado con el grupo que recibió levaduras, la adición de zilpaterol a la dieta incrementó el rendimiento de la canal (2.3%, $P < 0.01$), el área del ojo de la costilla (6.6%, $P < 0.03$) y disminuyó la grasa PCR (34%, $P = 0.05$). Incrementos en el rendimiento de la canal y área del ojo de la costilla con disminución en la grasa PRC son los resultados mas consistentes cuando los novillos son suplementado con zilpaterol (Montgomery et al., 2009^{a,b}). Contrario al los resultados de comportamiento, comparando zilpaterol con L-30, las diferencias de mantuvieron a favor de zilpaterol, aún cuando éstas tendieron a disminuirse ($P = 0.9$) a medida que se incrementó el nivel de levadura. El aumentar el nivel de levadura en la dieta tendió a relacionarse directamente con el PCC (efecto lineal, $P = 0.07$) e inversamente con la grasa PCR (efecto lineal, $P = 0.02$) sin provocar efecto en las demás variables evaluadas. La adición de levaduras no modifica en si las

características de la canal (Dawson, 2000), sin embargo, la adición de cromo a la dieta ha resultado en cambios en la composición de la ganancia en cerdo (Page et al., 1993; Mooney y Cromwell, 1997; Matthews et al., 2005) y ha disminuido el porcentaje de grasa en la canal de bovinos (Barajas et al., 2008).

Conclusiones

El uso de la combinación del cultivo de levadura Ganadero-Plus y la levadura enriquecida Beef-8-Ways incrementan el consumo de MS, la tasa de ganancia, la eficiencia en corral, la EN de la dieta y el peso de la canal caliente sin afectar el resto de las características de la canal. Las mejores respuestas se observaron con dosis de levadura de 30 g/cabeza/día (15×10^{10} UFC) y 15 mg/cabeza/día de cromo (1.73 mg/kg de MS).

Literatura Citada

- Adams, D.C., M.L. Galyean, H.E. Kiesling, Joe D. Wallace, and M.D. Finker. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs J. Anim. Sci. 53:780-789.
- AOAC. 1988. Official Methods of Analysis. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, VA.
- Arcos-García, J. L., F. A. Castrejon, G. D. Mendoza, and E. P. Pérez-Gavilán. 2000. Effect of two commercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. Livestock Production Science. 63:153-157.
- Avendaño R.L., V.R. Torres, F.J.M. Meraz, C.L. Pérez, F.S. Figueroa and P. H. Robinson. 2006. Effects of two Beta-adrenergic agonist on finish performance, carcass characteristics, and meet quality of feedlot steers. J. Anim. Sci. 84:3259-3265.
- Barajas, C. R., A. R. Virgilio, P. G. Contreras y P. O. R. Monárrez. 1998. Efecto del clorhidrato de zilpaterol (zilmax) sobre la respuesta productiva de toretes cebu finalizados en trópico seco. XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro. México. p. 144.
- Barajas, R., B.J. Cervantes, E.A. Velásquez, J.A. Romo, F. Juárez, P.J. Rojas, and F.R. Peña. 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. Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. 59:374-377.
- Beauchemin, K.A., D. Colombatto, D.P. Morgavi and W.Z. Yang, 2003. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. J. Anim. Sci. 81:E37-47.
- Beermann, D. H. 2002. Beta-Adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. J. Anim. Sci. 80 (E. Suppl. 1): E18-E23.
- Benítez, T., A.M. Rincón, M.C. Limón y A.C. Codón. 2004. Bicontrol mechanisms of trichoderma strains. Int. Microbiol. 7. 249-260.
- Besong, S., A. Jackson, D. S. Trammell, and V. Akay. 2001. Influence of supplemental chromium on concentrations of liver triglyceride, blood metabolites and rumen VFA profile in steers fed a moderately high fat diet. J. Dairy Sci. 84:1679–1685.

- Boleman, S.L., S.J. Boleman, T.D. Binder, L.L. Southern, T.L. Ward, J.E. Pointif, and M.M. Pike. 1995. Effect of chromium picolinate on growth, body composition, and tissue accretion in pigs. *J. Anim. Sci.* 73:2033-2042.
- Boler, D. D., S. F. Holmer, F. K. McKeith, J. Killefer, D. L. VanOverbeke, G. G. Hilton, R. J. Delmore, J. L. Beckett, J. C. Brooks, R. K. Miller, D. B. Griffin, J. W. Savell, T. E. Lawrence, N. A. Elam, M. N. Streeter, W. T. Nichols, J. P. Hutcheson, D. A. Yates and D. M. Allen. 2009. Effect of feeding zilpaterol hydrochloride for 20 to 40 days on carcass curability and subprimal yield of calf-fed Holstein steers. *J. Anim. Sci.* Published online Jul, 2, 2009.
- Bonomi A., B.M., Bonomi et A. Quarentelli. 1999. Il cromo organico nell'alimentazione del tacchino da carne. *La Rivista di scienza dell'alimentazione* 28:63-74.
- Callaway, E.S., and S.A. Martín. 1997. Effects of *saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J. Dairy. Sci.* 80:2035-2044.
- Carone, D.M. 1986. *Micología*. Ed. Pueblo y Educación. Playa, Ciudad de la Habana Cuba.
- Carro, M.D., P. Lebzien, and K. Rhohr. 1992. Influence of yeast culture on the vitro fermentation of diets containing variable portions of concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.* 37:209.
- Chademana, I., and N. W. Offer. 1990. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. *Anim. Prod.* 50:483-489.
- Chang, X., and D. N. Mowat. 1992. Supplemental chromium for stressed and growing feeder calves. *J. Anim. Sci.* 70: 559-565.
- Dawson, K. A. 1987. Mode of action of yeast culture, YEASACC, in the rumen: A natural fermentation modifier. In: T.P. Lyons (Ed.) *Biotechnology in the feed industry*. Pp. 119-126. Alltech Technical publications, Nicholasville, KY.
- Dawson, K.A. and K.E. Newman. 1988. Fermentation in rumen-stimulating continuous cultures receiving probiotic supplements. *J. A. Sci.* 66:500.
- Dawson, K.A., K.E. Newman, and J.A. Boling. 1990. Effect of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68: 3392-3398.
- Dawson, K. A. 2000. Some milestones in our understanding of yeast culture supplementation in ruminants and their implications in animal production systems. In: *Biotechnology in Feed Industry Proceedings of Alltech's sixteenth Annual Symposium*. Nottingham, University Press.

- Drennan, M. 1990. Effects of Yea-Sac on feed intake and performance in finishing bulls. In: Biotechnology in Feed Industry Proceedings of Alltech's six Annual Symposium. Nottingham, University Press.
- Eastridge, M.L. 2006. Major advances in applied dairy cattle nutrition. J. Dairy. Sci. 89:1311-1323.
- Edwards, I.E. 1991. Practical use of yeast culture in beef production. Biotechnology in Feed Industry Proceedings of Alltech's sixteenth Annual Symposium. Nottingham, University Press.
- Elam, N. A., J. T. Vasconcelos, G. Hilton, D. L. VanOverbeke, T. E. Lawrence, T. H. Montgomery, W. T. Nichols, M. N. Streeter, J. P. Hutcheson, D. A. Yates and M. L. Galyean. 2009. Effect of zilpaterol hydrochloride duration of feeding on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. J. Anim. Sci. 87:2133-2141.
- Elwakeel, E.A., E.C. Titgemeyer, B.J. Johnson, C.K. Armendariz and J.E. Shirley. 2007. Fibrolitic enzymes to increase the nutritive value of dairy feedstuffs. J. Dairy. Sci. 90:5226-5236.
- 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. <http://www.fda.gov/cvm/FOI/141-258o08102006.pdf>. Accessed Feb. 4, 2008.
- Ferrell, C.L., and T.G. Jenkins. 1985. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects J. Anim. Sci. 61:725-74.
- Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. J. Appl. Bacteriol. 66:365-378.
- Garcés, Y. P., R. Zinn, A. M. Rebolledo y C. C. Abreu. 1998. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre la ganancia de peso y características de la canal de toretes finalizados en pastoreo. XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro. México. P 143.
- Garrett, W. 1971. Energetic efficiency of beef and dairy steers. J. Anim. Sci. 31:452-456.
- Gutiérrez, J. L. 1991. Nutrición de rumiantes en pastoreo. Primera Edición. Editorial de la Universidad Autónoma de Chihuahua. México. Pp.96
- Harman, A. 2003. Goats are a viable growing industry in Australia. Dairy Goat Journal. 81:48.
- Harman, G., C.R. Howell, A. Viterbo, I. Chet and M. Lorito. 2004. Trichodema species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nat Rev. Microbiol. 2:43-56.

- Harris, B., Jr. and R. Lobo. 1988. Feeding yeast culture to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 71 (suppl 1):276 (abstr).
- Hernández, P., O. Martín, Y. Rodríguez y F. Ganem. 1999. Aplicaciones de las lecitinas. Rev. cubana hematol inmunol hemoter. 15:91-5.
- Ingraham, J.L. y C.H. Ingraham. 1998. Introducción a la microbiología. Editorial Reverté, S.A. Barcelona. Pp.280.
- Johnson, B.L., and Chung K.Y., 2007. Alteration in the physiology of growth cattle with growth-enhancing compounds. Pages 321-332 in Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. Vol. 23. L.C. Hollis and K.C. Olson, ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia, PA.
- Jones, J.B. 1994. Fungal adhesion. Mycological Research 98:99-981.
- Kellems, R.O., G.A. Romo, K. Powell and M.V. Wallentine. 1991. Some blood minerals and hormones in cows fed variable mineral levels and ionic balance. J. Dairy. Sci. 74(9): 3068-3077.
- Kellems, R.O., A. Lagerstedt and M.V. Wallentine. 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(10):2922-2928
- Kim, Y.S., Y.B. Lee, W.N. Garret, and R.H. Darlrymple. 1989. Effect of cimaterol on nitrogen retention and energy utilization in lambs. J. Anim. Sci. 67:674-681.
- Koneman, E. 1997. Micología: practica. Tercera Edición. Editorial Panamericana. Buenos Aires , Argentina.
- Kornegay, E.T., Z. Wang, C.M. Wood and M.D. Lindemann. 1997. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 75:1319-1323.
- Kubicek, C.P. and Harman, G.E. (1998). Trichoderma and Gliocladium, vol. 1 and 2.
- Kung, L., S. Demarco, L.N., Siebenson, E., Joyner, E. Joyner, G.F.W. Haenlein and R.M. Morris.1997. An evaluation of two management systems for rearing calves fed milk replacer. J. Dairy. Sci. 80(10):2529-2533.
- Kung, L. Jr. 2000. Direct-fed microbials for dairy cows. Proceedings 12 th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Disponible en: A:/ DIRECT-FED MICROBIAL AND ENZYME FEED ADDITIVES IN RUMINANT DIETS.htm. Revisado en Julio 15 de 2002.

- Leheska, J. M., J. L. Montgomery, C. R. Krehbiel, D. A. Yates, J. P. Hutcheson, W. T. Nichols, M. Streeter, J. R. Blanton, Jr. And M. F. Miller. 2008. Dietary zilpaterol hydrochloride. II. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. J. Anim. Sci. 87:1384-1393.
- Leisemeiter, K.E., A.J. Heinrich, and M.T. Gabler. 2004. Effects of supplemental yeast (*saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. J. dairy Science. 87:1832-1839.
- Lila, Z.A., N. Mohammed, T. Yasui, Y. Kurokawa, S. Kanda and H. Itabashi. 2004. Effect of a twin strain of *Saccharomyces cerevisiae* live cells on mixed ruminal microorganism fermentation in vitro.
- Lindemann, M.D., C.M. Wood, A.F. Harper, E.T. Kornegay, and R.A. Anderson. 1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. J. Anim. Sci. 73:457-465.
- Loffgreen, G.P. and W.N. Garret. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. J. Anim. Sci. 27:793-806.
- Lynch, H.A. and S.A. Martin. 2002. Effects of *saccharomyces cerevisiae* culture and *saccharomyces cerevisiae* live cells on in vitro mixed ruminal microorganism fermentation. J. Dairy. Sci. 85(10):2603-2608.
- Madigan, M.T., J.M. Mrtinko, J.M. Parker, J. 1997. Brock biology of microorganisms. 8th Edition. Editorial Prentice Hall. New Jersey, U.S.A. Pp.558
- Malcolm, K.J. and H.E. Kiesling. 1990. Effects of whole cottonseed and live yeast culture on ruminal fermentation and fluid passage rate in steers. J. Anim. Sci. 68:1965-1970.
- Matthews, J.O., L.L. Southern, J.M. Fernandez, J.E. Pontif, T.D. Binder, and R.L. Odgaard. 2001. Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growing-finishing barrows. J. Anim. Sci. 79:2172-2178.
- Matthews, J.O., A.C. Guzik, F. M. LeMieux, L. L. Southern and T. D. Bidner. 2005. Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 83:858-862.
- Mersmann, H. J., 1998. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. J. Anim. Sci. 76, 160–172.

- Miles, P., and S. Chang. 1997. Mushroom biology, concise basic and current development. (1st. Ed.) World Scientific. Singapore. Pp. 107-112.
- Miller-Webster, J.H. Herbein and C.E. Polan. 2002. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids in continuous culture fermenters during digestion of orchardgrass or red clover with three levels of ground corn supplementation. *J. Anim. Sci.* 81:1611-1627.
- Mir Z. and P.S. Mir. 1994. Effect of the addition of live yeast (*saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and in vitro degradability. *J. Anim. Sci.* 72:537-545.
- Montgomery, J. L., C. R. Krehbiel, J. J. Cranston, D. A. Yates, J. P. Hutcheson, W. T. Nichols, M. N. Streeter, D. T. Bechtol, E. Johnson, T. TerHune and T. H. Montgomery. 2009. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 87:1374-1383.
- Moody, D. E., D. L. Hancock, and D. B. Anderson. 2000. Phenethanolamine repartitioning agents. Pages 65-96 in *Farm Animal Nutrition*. J. P. F. D'Mello, ed. CABI Publishing, New York, NY.
- Mooney, K.W. and G.L. Cromwell. 1997. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential carcass modifiers in swine. *J. Anim. Sci.* 75:2661-2671.
- Moonsie-Shageer, S. and D.N. Mowat. 1993. Effect of level of supplemental chromium on performance, serum constituents, and immune status of stressed feeder calves. *J. Anim. Sci.* 71: 232-238.
- Morales, L. R. 2007. Las paredes celulares de levadura se *saccharomyces cerevisiae*: Un aditivo natural capaz de mejorar la productividad y salud del pollo de engorda. Tesis doctoral. Programa de Doctorado de Producción Animal del Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Murdoch, G. K., E. K. Okine, and R. J. Christopherson. 2005. Metabolic modifiers in animal nutrition: potential benefits and risks. Pages 135-178 in *Biology of Nutrition in Growing Animals*. Vol. 4. R. Mosenthin, J. Zentek, and T. Zebrowska, ed. Elsevier. Philadelphia, PA.
- NADA 141-258. Zilmax (zilpaterol hydrochloride) Type A medicated article for cattle fed in confinement for slaughter. <http://www.fda.gov/cvm/FOI/141-258o08102006.pdf>. Accessed Feb. 4, 2008.

- Newbold, C. J., R. J. Wallace, X. B. Chen and F. M. McIntosh. 1995. Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial. J. Anim Sci. 73:1811-1818.
- 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.
- Oei, P. 2003. Mushroom cultivation. 3rd Edition. Backhuys Publishes. Leiden Holanda.
- Oeztuerk, H., B. Schroeder, M. Beyerbach and G. Breves. 2005. Influence of living and autoclaved yeasts of *saccharomyces boulardii* on in vitro ruminal microbial metabolism. J. Dairy. Sci. 88:2594-2600.
- Page, T. G., L.L. Southern, T. L. Ward and D.L. Thompson, Jr. 1993. Effect of chromium picolinate on growth and serum and carcass traits of growing-finishing pigs. J Anim. Sci. 71:656-662
- Park, K.T., and A. Talaro. 2002. Foundations in microbiology. Fourth Edition. McGraw-Hill. Boston. Pp.814.
- Pedrerros, M. J. 2007. Evaluación del crecimiento y producción de *lentinula edodes* (Shiitake), en residuos agroindustriales. Trabajo de grado presentado como requisito parcial par obtener el titulo de Microbiólogo Industrial. Pontifica Universidad Javeriana Facultad de Ciencias. Bogota D.C.
- Plascencia, A., N. Torrentera, and R. A. Zinn. 2008. Influence of the B-agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. J. Anim. Vet. Adv. 7 (10), 1257-1260.
- Plata, P.F., M.G.D. Mendoza, J, R. Barcena-Gama, and M.S. Gonzáles. 1994. Effect of a yeas culture (*saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fiber digestion in steers fed oat straw based diets. Anim. Feed. Techhnol. 49:203-210.
- Prescott, L.M., J.P. Harley and D.A. Klein. 1999. Microbiología. Primera Edición. McGraw-Hill Interamericana. Madrid. Pp.551.
- Preston, 2004. Feedlot management challenges and opportunities with B-agonist use. Plains Nutrition Council Spring Conference. April 15-16. San Antonio Texas. Publication N_o AREC 04-14. Texas & Research and Extension Center Amarillo.
- Ricks, C. A., R. H. Dalrymple, P. K. Baker, and D. L. Ingle. 1984. Use of β -Agonist to alter fat and muscle deposition in steers. J. Anim. Sci. 59:1247-1255.

- Robinson, P.H. and J.E. Garrett. 1999. Effect of yeast culture (*saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to postpartum diets and on lactational performance. *J. Anim. Sci.* 77:988-999.
- Robles-Estrada, J. C., A. Barreras-Serrano, G. Contreras , A. Estrada-Angulo, J. F. Obregón , F. G. Ríos and A. Plascencia. 2009. Effect of two β -adrenergic on finishing performance and carcass characteristics in lambs fed all-concentrate diets. *J. Appl. Res.* 35 (In press)
- Saldarriaga, Y. 2001. Manual de micología aplicada. Primera Edición Universidad de Antioquia.
- SAS Institute. 2004. SAS/stat. 9.1. User's Guide. SAS Publishing. Raleigh, NC USA.
- Sempte, F. 1991. Effect of Yea Sac on degradability of feedstuff of ruminants. *Biotechnology in Feed Industry Proceedings of Alltech's seventh Annual Symposium.* Nottingham, University Press.
- Shelton, J.L., R.L. Payne, S.L. Johnston, T.D. Bidner, L.L. Southern, R.L. Odgaard, and T.G. Page. 2003. Effect of chromium propionate on growth, carcass traits, pork quality, and plasma metabolites in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 81:2515-2524.
- Shelver, W. L., and D. J. Smith. 2006. Tissue residues and urinary excretion of zilpaterol in sheep treated for 10-days with dietary zilpaterol. *J. Agric. Food Chem.* 54:4155-4161.
- Solomon, E.P., L.R. Breg, D.W. Martin, C. Ville. 1996. *Biología de Villee*. (3era. Ed.) Editorial Interamericana McGraw-Hill. México D.F.
- Smith, D. J. 1998. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of β -adrenergic agonists in livestock. *J. Anim. Sci.* 76:173-194.
- Stamets, P. 2003. *Mycomedicinal: an information booklet on medicinal mushroom.* Editorial Olympia.
- Stone, C.W. 2006. Yeast Products in the feed industry. A practical guide for feed professionals. <http://www.diamondv.com/articles/booklet.html>. Accessed Apr. 2007.
- Steele, N.C., T.G. Althen, and L.T. Frobish. 1977. Biological activity of glucose tolerance factor in swine. *J. Anim. Sci.* 45:1341-1345.
- Sumano, L. H., C. L. Ocampo, and O. L. Gutiérrez . 2002. Clenbuterol and other β -agonist, are they an option for meat production or a threat for public health?. *Vet. Mex.* 33:137-159. Moss, F. P., and C. P. Leblon. 1970. Nature of dividing nuclei in skeletal muscle of growing rats. *J. Cell Biol.* 44:459-462.

- USDA. 1965. Official United States Standards for Grades of Carcass Beef. C&MS, SRA 99.
- Vasconcelos J. T., R. J. Rathmann, R. R. Reuter J. Leibovich, J. P. McMeniman, K. E. Hales, T. L. Covey, L. F. Miller, W. T. Nichols and M. L. Galyean. 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: 2005-2015.
- Wallace, R.J., and C.J. Newbold. 1992. probiotics for ruminants. In: *Probiotics, the scientific basis* (Ed.: Fuller, R.). Chapman and Hall, London, 317-353.
- Wiedmeier, R. D., M. J. Arambel, and J. L. Walters. 1987. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J Dairy Sci.* 70:2063.
- Williams, J.E. 1988. Effect of yeast culture on starting cattle on high concentrate diets. Yeast culture beef research report, diamond V mills, cedar rapids, IA.
- Williams, C.B., J.W. Keele and D.R. Waldo. 1992. A computer model to predict empty body weight in cattle from diet and animal characteristics. *J. Anim. Sci.* 70:3215-3222.
- Williams, S. P., S. P. Marsh, and D. Williams. 1999. An evaluation of a dried yeast culture on milk yield and composition in dairy cows fed grass and maize silage. Pg 84. *Proceedings of the British Society of Animal Science.* UK.
- Zinn, R.A., E.G. Álvarez, S. Rodríguez, and J. Salinas. 1999. Influence of yeast culture on health, performance and digestive function of feedlot steers. *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 50:335-337.