

# EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DE LEVADURA VIVA (*Saccharomyces cerevisiae*) Y DIETAS CON DIFERENTES DENSIDADES DE NUTRIENTES EN CERDOS EN CRECIMIENTO-FINALIZACIÓN BAJO ESTRÉS CALÓRICO SEVERO

Víctor Manuel Galaz-Galaz, Sergio Francisco Moreno-Salazar, José Luis Dávila-Ramírez, Jesús Sosa-Castañeda, Hernán Celaya-Michel, Julio Cesar Morales-Munguía, Susana Marlene Barrales-Heredia y Miguel Angel Barrera-Silva

## RESUMEN

Se evaluó el comportamiento productivo y estado de salud en tres fases de alimentación sucesivas (FI, FII y FIII, con 22-60, 60-90 y 90-113kg de peso corporal, respectivamente), así como las características de la canal y costo de alimento por kg aumentado por efecto del uso de dietas con diferentes densidades de nutrientes y suplementación de levadura viva. Se emplearon 60 cerdos en etapa de crecimiento-finalización que fueron alojados en condiciones de estrés calórico severo. Se compararon tres dietas experimentales: testigo positivo (TP) formulada para satisfacer los requerimientos totales en verano, testigo negativo (TN) formulada para contener densidad de nutrientes reducida, y la dieta SC, la cual consistió del empleo del TN con levadura (0,7kg/tonelada). Durante la FI, los cerdos alimentados con la dieta SC presentaron me-

yor índice de conversión alimenticia (CA) en comparación a la dieta TP ( $P<0,05$ ). En FIII, la dieta SC resultó en mayor consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP) y peso final ( $P<0,05$ ), en comparación a TN. En FI, los cerdos alimentados con TN mostraron la mayor incidencia de diarrea ligera, seguidos por aquellos alimentados con TP ( $P<0,05$ ). En FII, el TN mostró incidencia más alta de enfermedad respiratoria ligera (tos) ( $P<0,05$ ), en comparación a TP y SC. Las características de la canal no fueron modificadas ( $P>0,05$ ). El costo por kg de aumento disminuyó con SC ( $P<0,05$ ), en comparación a TP. En conclusión, la suplementación con levadura viva durante alto estrés calórico mejora el crecimiento y salud, y reduce el costo de alimentación por kg aumentado.

## Introducción

El Estado de Sonora ocupa el segundo lugar en la producción de cerdos en México, siendo superado solamente por Jalisco (SIAP, 2015). La producción porcina en Sonora es catalogada de mejor calidad, en comparación a los

otros estados del país. Sin embargo, los porcicultores tienen el problema de la presencia de altas temperaturas que afectan la productividad porcina. Durante los meses de verano, la temperatura ambiente promedio es de 33°C y exhibe una variación diurna sustancial (26-49°C). Por su

parte, la humedad relativa es de 47,5%. Diversos reportes indican que el comportamiento productivo de todos los animales domésticos, incluidos los cerdos (Hsia *et al.*, 1974, Song *et al.*, 2011, Cerisuelo *et al.*, 2012), disminuye con la exposición a altas temperaturas (Hyun *et al.*,

1998), observándose una marcada reducción en el consumo de alimento y eficiencia alimenticia en cerdos alojados a temperaturas  $>25^{\circ}\text{C}$  (Quiniou *et al.*, 2000). Varios estudios han evaluado los efectos del estrés por calor; sin embargo, dichas pruebas se han llevado a cabo bajo temperaturas no

## PALABRAS CLAVE / Características de la Canal / Cerdos / Crecimiento-Finalización / Densidad de Nutrientes / Estrés Calórico / Levadura Viva /

Recibido: 06/03/2018. Modificado: 16/07/2018. Aceptado: 17/07/2018.

**Víctor Manuel Galaz-Galaz.** Ingeniero Agrónomo, Universidad de Sonora (UniSon), México. Promotor técnico pecuario, Grupo Calidra, México.

**Sergio Francisco Moreno-Salazar.** Químico Biólogo en Alimentos, Maestro en Ciencias en Horticultura, y Doctor en Ciencias de los Alimentos, UniSon, México. Profesor investigador, UniSon, México.

**José Luis Dávila-Ramírez.** Ingeniero Agrónomo Zootecnista, UniSon, México. Maestro en Ciencias, Centro de In-

vestigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), México. Doctor en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Baja California, México. Técnico Académico, CIAD Hermosillo, México.

**Jesús Sosa-Castañeda.** Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Maestro y Doctor Ciencias, CIAD Hermosillo, México. Técnico Académico, UniSon, México.

**Hernán Celaya-Michel.** Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Maestro y Doctor en

Biociencias, UniSon, México. Profesor Investigador, UniSon.

**Julio Cesar Morales-Munguía.** Ingeniero Agrónomo Fitotecnista y Maestro en Ciencias en Horticultura, UniSon, México. Profesor Investigador, UniSon, México.

**Susana Marlene Barrales-Heredia.** Químico Biólogo en Alimentos y Maestro en Ciencias en Horticultura, UniSon, México. Técnico Académico, UniSon, México.

**Miguel Angel Barrera-Silva** (Autor de correspondencia).

Ingeniero Agrónomo Zootecnista, UniSon, México. Maestría en Ciencias en Sistemas de Producción Animal y Doctor en Ciencias Agropecuarias, UABC, México. Profesor Investigador, UniSon, México. Dirección: Departamento de Agricultura y Ganadería, UniSon. Carr. Bahía Kino Km. 21, C.P. 305. Hermosillo, Sonora, México e-mail: miguel.barrera@unison.mx.

## EFFECTS OF LIVE YEAST (*Saccharomyces cerevisiae*) SUPPLEMENTATION AND DIFFERENT NUTRIENT DENSITY DIETS IN GROWING-FINISHING PIGS UNDER HEAT STRESS

Victor Manuel Galaz-Galaz, Sergio Francisco Moreno-Salazar, José Luis Dávila-Ramírez, Jesús Sosa-Castañeda, Hernán Celaya-Michel, Julio Cesar Morales-Munguía, Susana Marlene Barrales-Heredia and Miguel Angel Barrera-Silva

### SUMMARY

Growth performance and health status in three successive feeding phases (FI, FII and FIII, corresponding to 22-60, 60-90 and 90-113kg of body weight, respectively), carcass characteristics and feed cost per kg gain by effects of different nutrient densities and of supplementation with live yeast, were evaluated in 60 growing-finishing pigs housed under severe heat stress conditions. Three experimental dietary treatments were compared: a positive control (TP) diet formulated to satisfy the total nutritional requirements in summer; a negative control (TN) formulated to have a reduced nutrient density; and a yeast control (SC) diet that consisted of TN supplemented with yeast (0,7kg/ton). In FI, pigs fed the SC diet had a bet-

ter feed conversion ratio (CA) than those under the TP diet ( $P<0,05$ ). In FIII, SC resulted in a higher average daily feed intake (CDA), average daily gain (GDP) and average of body weight ( $P<0,05$ ) compared to TN. In FI, pigs fed TN showed the greatest incidence of mild diarrhea, followed by the TP ( $P<0,05$ ). In FII, pigs fed the TN showed the highest incidence of slight respiratory disease (cough), compared to TP and SC ( $P<0,05$ ). Carcass characteristics were not modified ( $P>0,05$ ). The feed cost per kg of weight gain was decreased with the SC compared to TP ( $P<0,05$ ). In conclusion, supplementation with live yeast during high heat stress improved growth and health and reduced feed cost per kilogram gain.

## EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE LEVEDURA VIVA (*Saccharomyces cerevisiae*) E DIETAS COM DIFERENTES DENSIDADES DE NUTRIENTES EM SUÍNOS EM FASE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO SOB ESTRESSE TÉRMICO SEVERO

Victor Manuel Galaz-Galaz, Sergio Francisco Moreno-Salazar, José Luis Dávila-Ramírez, Jesús Sosa-Castañeda, Hernán Celaya-Michel, Julio Cesar Morales-Munguía, Susana Marlene Barrales-Heredia e Miguel Angel Barrera-Silva

### RESUMO

Avaliou-se o comportamento produtivo e estado de saúde em três fases de alimentação sucessivas (FI, FII e FIII, com 22-60, 60-90 e 90-113kg de peso corporal, respectivamente), assim como as características da carcaça e custo de alimento por kg aumentado por efeito do uso de dietas com diferentes densidades de nutrientes e suplementação de levedura viva. Empregaram-se 60 porcos em etapa de crescimento e terminação que foram acomodados em condições de estresse térmico severo. Compararam-se três dietas experimentais: testemunho positivo (TP) formulada para satisfazer os requerimentos totais em verão, testemunho negativo (TN) formulada para conter densidade de nutrientes reduzida, e a dieta SC, a qual consistiu da utilização do TN com levedura (0,7kg/tonelada). Durante a FI, os porcos alimentados

com a dieta SC apresentaram melhor índice de conversão alimentícia (CA) em comparação à dieta TP ( $P<0,05$ ). Em FIII, a dieta SC resultou em maior consumo diário de alimento (CDA), ganho diário de peso (GDP) e peso final ( $P<0,05$ ), em comparação a TN. Em FI, os porcos alimentados com TN mostraram a maior incidência de diarréia ligeira, seguidos por aqueles alimentados com TP ( $P<0,05$ ). Em FII, o TN mostrou incidência mais alta de enfermidade respiratória ligeira (tosse) ( $P<0,05$ ), em comparação a TP e SC. As características da carcaça não foram modificadas ( $P>0,05$ ). O custo por kg de aumento diminuiu com SC ( $P<0,05$ ), em comparação a TP. Em conclusão, a suplementação com levedura viva durante alto estresse térmico melhora o crescimento e saúde, e reduz o custo de alimentação por kg aumentado.

tan extremas, ni fluctuaciones como típicamente se presentan en la mayor parte del tiempo en el Estado de Sonora. Se han llevado a cabo evaluaciones a 35,1°C (Cerisuelo *et al.*, 2012) y 37°C (Song *et al.*, 2011); además, la relación con la humedad también difiere.

El ajuste de las formulaciones alimenticias mediante el aumento de las concentraciones calóricas y de aminoácidos ha sido una estrategia de alimentación comúnmente utilizada en ambientes calurosos para minimizar las influencias ambientales en el rendimiento y el crecimiento (Cerisuelo *et al.*, 2012); sin embargo, este método tiene un costo elevado. Ante esta

situación, la industria porcina sonorense tiene que buscar nuevas alternativas más económicas para la producción local de cerdos. Varios estudios han evaluado los efectos de la suplementación de levadura sobre el rendimiento del crecimiento, así como el estado de salud (Shen *et al.*, 2009; Collier *et al.*, 2011; Li y Kim, 2014; Tran *et al.*, 2014; Jiang *et al.*, 2015). Aunado a los efectos positivos antes mencionados del uso de levadura en animales domésticos, Vieira *et al.* (2013) reportan que mejora el sistema inmune y la salud intestinal (Vieira *et al.*, 2013; Hancox *et al.*, 2015; Palma *et al.*, 2015). En un estudio realizado por Broadway

*et al.* (2016), se encontró que la adición de levaduras puede mitigar el efecto del estrés calórico en vaquillas en crecimiento.

En la actualidad es escasa la información en torno al efecto que pudiera tener la utilización de dietas con diferentes niveles de nutrientes y de levadura viva en cerdos en etapas de crecimiento-finalización alojados bajo condiciones de estrés calórico severo como el que se presenta en los meses de verano en el estado de Sonora. Por estas razones, la hipótesis del trabajo es que al adicionar levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) se podrán mitigar los efectos de estrés calórico y tener resultados similares en

comparación a dietas formuladas para su utilización en la época de verano. En consecuencia, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de dietas con diferentes densidades de nutrientes y la suplementación con una levadura viva en cerdos en la etapa crecimiento-finalización durante estrés calórico severo.

### Materiales y Métodos

#### Animales, y alojamiento

El estudio fue realizado en la unidad experimental porcina del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, durante los

meses de verano (Junio – Agosto). Se utilizaron un total de 60 cerdos (cruzas Duroc × Large White) con un peso inicial de 21,74 ±1,3 kg y 9,5 semanas de edad, alojados por un periodo de 100 días de estudio. Los cerdos utilizados en este experimento fueron manejados acorde a las normas establecidas por el Consejo Canadiense de Cuidado de Animales (CCAC, 1993) y las normas oficiales mexicanas (NOM-033-ZOO-1995; NOM-051-ZOO-1995; NOM-062-ZO O-1999).

Los cerdos fueron agrupados tomando como criterio el peso vivo inicial y posteriormente asignando a una de tres dietas experimentales. Cada tratamiento tuvo 20 cerdos, los cuales fueron alojados en corrales individuales equipadas con comederos y bebederos. El estudio fue dividido en tres fases de alimentación. La Fase I comprendió el periodo en el que los cerdos presentaban un peso de 22-60kg de peso vivo, la Fase II de 60-90kg, mientras que la Fase III de 90-113kg.

#### Dietas

La dieta testigo positivo (TP) fue formulada para satisfacer los requerimientos de nutrientes totales de cerdos de alto potencial magro producidos en la época de verano, típicamente utilizada en la región del estado de Sonora durante los meses con mayores temperaturas. La dieta de testigo negativo (TN) fue formulada reduciendo la grasa y pasta de soya, ingredientes que fueron reemplazados por sorgo para reducir la cantidad de energía y proteína, en comparación a la dieta TP. La dieta con levadura *Saccharomyces cerevisiae* (SC), fue formulada tomando como base la dieta TN más la adición de 0,7kg/ton de *S. cerevisiae*. La finalidad de formular la dieta SC fue bajo la suposición que una proporción del contenido nutricional será aportado por efecto de adicionar levadura viva, y dicha aportación servirá para que la dieta SC presente el mismo comportamiento de la dieta TP. La composición y contenido nutricional de las

dietas experimentales son presentados en las Tablas I y II, respectivamente.

#### Comportamiento productivo

Los cerdos fueron pesados individualmente al inicio del experimento y al final de cada fase experimental. La cantidad de alimento ofrecido y rechazado fue registrado para determinar el consumo de alimento. Con la información recabada se calculó la ganancia diaria promedio (GDP), el consumo diario de alimento promedio (CDA), y la conversión alimenticia (CA). La temperatura ambiental y el porcentaje de humedad relativa (%HR) presentados durante el periodo experimental fueron registrados diariamente.

#### Estado de salud

Todos los animales fueron monitoreados diariamente para detectar signos de posibles enfermedades. Para ello se tomó como referencia varias escalas utilizadas en estudios internacionales que relacionan efectos en la salud. La gravedad de una diarrea se determinó utilizando

la escala descrita por Marquardt *et al.* (1999) y Rantzer *et al.* (1996) (0: normal, 1: heces blandas, 2: diarrea leve, y 3: diarrea severa). La frecuencia de diarrea leve y severa fue analizada. Para evaluar las enfermedades respiratorias, los cerdos que se registraron fueron en la escala de 3 a 6 con dificultad para respirar (Halbur *et al.*, 1996), así como los cerdos que exhibieron una tos seca o no productiva por tres o más segundos (Escobar *et al.*, 2002).

#### Medidas de la canal

Al final del periodo experimental se registró el peso vivo final de todos los cerdos y posteriormente fueron sacrificados siguiendo los procedimientos convencionales de las normas oficiales mexicanas en un rastro TIF ubicado en Hermosillo, Sonora, México. Los cerdos fueron desensibilizados eléctricamente (procedimiento aprobado y practicado comúnmente en rastros acreditados), desangrados, depilados y eviscerados. Las canales se pesaron de manera individual para registrar el peso de canal caliente, y después la canal fue enfriada durante

24h a 4°C para obtener el peso de la canal fría; el porcentaje de rendimiento se determinó dividiendo el peso de la canal caliente entre el peso corporal final, multiplicando por 100. La profundidad de la grasa dorsal y músculo *longissimus dorsi* fueron medidos por una sonda óptica Fat-O-Meter entre la décima y onceava, y última costilla a 6cm de la línea media de la canal. Con esta información se procedió a calcular el porcentaje de rendimiento magro (NMX-FF-081-SCFI-2003).

#### Costo de alimentación por kg de peso ganado

Los costos de alimentación por kg de ganancia de peso se calcularon empleando los costos del alimento (precios por cantidad y tipo de ingrediente) y la cantidad de alimento consumido requerido para ganar 1kg de peso. El cálculo del costo de alimentación se realizó en las diferentes fases y dietas experimentales.

#### Análisis estadístico

Se tomó como una unidad experimental a cada cerdo. Los

TABLA I  
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES FASE I, II Y III

Ingrediente	Fase I			Fase II			Fase III		
	TP	TN	SC	TP	TN	SC	TP	TN	SC
Sorgo	670,00	703,00	702,30	760,00	790,00	789,30	772,00	805,00	804,30
Soya	265,00	250,00	250,00	180,00	165,00	165,00	185,00	170,00	170,00
Premezcla <sup>a</sup>	35,00	35,00	35,00	-	-	-	-	-	-
Premezcla <sup>b</sup>	-	-	-	30,00	30,00	30,00	-	-	-
Premezcla <sup>c</sup>	-	-	-	-	-	-	25,00	25,00	25,00
Grasa	30,00	12,00	12,00	30,00	15,00	15,00	18,00	0,00	0,00
Levadura	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,70
Total	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00

<sup>a, b, c</sup> Las dietas fueron suplementadas con una premezcla comercial para lograr llenar el perfil de vitaminas, minerales y aminoácidos.

TABLA II  
CONTENIDO NUTRICIONAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Nutriente	Fase I			Fase II			Fase III		
	TP	TN	SC	TP	TN	SC	TP	TN	SC
EM, Mcal·kg <sup>-1</sup>	3,35	3,27	3,35	3,34	3,27	3,36	3,30	3,22	3,30
Grasa, %	5,04	3,34	3,34	5,12	3,71	3,70	3,98	2,28	2,28
Lisina total, %	1,20	1,16	1,20	0,97	0,93	0,97	1,00	0,97	1,00
Lisinas dig., %	1,07	1,04	1,07	0,87	0,83	0,87	0,92	0,89	0,92
MS, %	88,92	88,71	88,72	88,76	88,58	88,59	88,62	88,41	88,42
PC, %	18,19	17,76	17,76	14,92	14,46	14,46	15,18	14,74	14,74
Ca, %	0,67	0,67	0,67	0,65	0,64	0,64	0,57	0,57	0,57
P disponible, %	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,27	0,27	0,27

análisis de varianza (ANOVA) se realizaron utilizando un diseño de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1980). En cada bloque se establecieron los tres tratamientos. El factor de bloqueo fue el peso inicial. Se construyeron contrastes (C) para comparar la dieta TP con la dieta que contenía la levadura (contraste 1: TP vs SC) y para probar el efecto de agregar la levadura, se comparó la TN con la SC (contraste 2: TN vs SC). Se utilizó un análisis de  $\chi^2$  para evaluar el grado de enfermedad diarreica y respiratoria. Un valor de  $P \leq 0,05$  se consideró estadísticamente significativo, y un valor de alfa correspondiente a  $0,05 < P \leq 0,10$  se consideró una tendencia.

## Resultados

### Temperatura y humedad relativa

El estudio se realizó durante los meses de junio a agosto, época del año que comprende los meses más calurosos en la región de Sonora, México. La temperatura y humedad relativa dentro de la instalación que alojaba las jaulas metabólicas fueron registradas diariamente durante todo el periodo experimental. Los promedios de temperaturas mínima, máxima y promedio fueron de 26; 40,24 y 31,45°C, respectivamente, mientras que la humedad relativa promedio fue del 38,90% (Figura 1).

### Comportamiento productivo

Los datos del comportamiento productivo de la Fase I se muestran en la Tabla III. Los

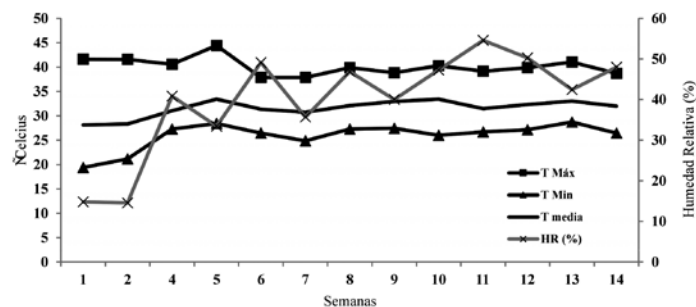


Figura 1. Temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el estudio en el lugar de alojamiento.

TABLA III  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO FASE I (22-60kg)

Variable	Tratamientos			EEM	Valores P	
	TP	TN	SC		C1 TP vs SC	C2 TN vs SC
Peso inicial, kg	21,75	21,73	21,74	0,156	0,9830	0,9661
Peso final, kg	60,78	60,00	60,36	0,957	0,7533	0,7933
CDA, kg	2,04	1,88	1,93	0,043	0,0903	0,4256
GDP, kg	0,89	0,87	0,89	0,021	0,7458	0,7903
CA, kg/kg	2,30	2,17	2,20	0,035	0,0497	0,5264

C1, TP vs SC: testigo positivo vs adición de levadura; and C2, TN vs SC: testigo negativo vs adición de levadura.

cerdos alimentados con la dieta TP tendieron a aumentar su consumo diario de alimento promedio (CDA;  $P < 0,10$ ), en comparación a los cerdos alimentados con la dieta SC. La tendencia en el aumento del consumo de alimento provocado por la utilización de la dieta TP, causó mayor conversión alimenticia (CA;  $P < 0,05$ ), en comparación con la dieta SC. Las variables de peso final, ganancia diaria promedio (GDP) y conversión alimenticia no fueron modificados por las dietas experimentales ( $P > 0,05$ ) durante la Fase I.

En lo que respecta a la Fase II (60-90kg), ninguna variable de comportamiento productivo fue modificada ( $P > 0,05$ ) por la utilización de las dietas experimentales (Tabla IV). En la Fase III, los cerdos alimentados con la dieta SC tuvieron mayor CDA, GDP y peso corporal final ( $P < 0,05$ ), aunado a una tendencia en mejorar la CA ( $P < 0,10$ ), en comparación con la dieta TN (Tabla V). El utilizar las dietas TP y SC representa un efecto similar en las variables comportamiento productivo ( $P > 0,05$ ). Dicho

resultado significa que la utilización de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* puede mitigar los efectos negativos del estrés calórico severo, y con ello sustituir la utilización de dietas formuladas con alta concentración de calorías y aminoácidos, dietas cuyo costo es muy elevado.

### Estado de salud

En la Fase I se presentó diarrea leve (score 2) durante la segunda semana del estudio, y la gravedad fue mayor en los cerdos alimentados con las dietas TN y TP ( $P < 0,01$ ), en comparación a los cerdos alimentados con la dieta SC (52,40; 23,80 y 0,00%; respectivamente). Al final de la Fase II se observó una enfer-

medad respiratoria ligera en algunos de los cerdos. En la mayoría de los cerdos enfermos, los signos de enfermedad respiratoria (tos) eran evidentes y la enfermedad se atribuía a cambios ambientales. Solo un cerdo presentó disnea leve. El grupo de cerdos alimentado con la dieta TN, fue el que más se vio afectado por la presencia de tos (54,40%), seguido por los grupos alimentados con las dietas TP (38,10%) y SC (4,80%) ( $P < 0,01$ ).

### Características de la canal

El porcentaje de rendimiento, grasa dorsal, profundidad del músculo *longissimus dorsi* entre la costilla 10<sup>a</sup> y 11<sup>a</sup> y porcentaje magro no se modificaron significativamente por la utilización de las dietas TP, TN y SC ( $P > 0,05$ ; Tabla VI). El uso de la dieta SC incrementó 4,62% el peso corporal final, en comparación al uso de la dieta TN ( $P < 0,05$ ). A pesar de no ser significativo, la utilización de la dieta SC generó un incremento de 2,83% en el peso corporal final, en comparación a los animales alimentados con la dieta TP ( $P > 0,05$ ; Tabla V).

TABLA IV  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO FASE II (60-90kg)

Item	Tratamientos			EEM	Valores de P	
	TP	TN	SC		C1 TP vs SC	C2 TN vs SC
CDA, kg	2,73	2,84	2,79	0,057	0,4108	0,5768
GDP, kg	0,95	0,99	1,01	0,027	0,1473	0,7255
CA, kg/kg	2,88	2,89	2,79	0,064	0,3293	0,3143
Peso final, kg	89,24	89,74	90,50	1,329	0,5058	0,6873

C1, TP vs SC: testigo positivo vs adición de levadura; and C2, TN vs SC: testigo negativo vs adición de levadura.

TABLA V  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO FASE III (90-113kg)

Item	Tratamientos			EEM	Valores de P	
	TP	TN	SC		C1 TP vs SC	C2 TN vs SC
CDA, kg	3,00	2,76	3,08	0,084	0,4962	0,0107
GDP, kg	0,92	0,81	0,99	0,044	0,2415	0,0058
CA, kg/kg	3,40	3,83	3,16	0,267	0,5348	0,0854
Peso final, kg	113,05	110,76	116,24	1,755	0,2061	0,0332

C1, TP vs SC: testigo positivo vs adición de levadura; and C2, TN vs SC: testigo negativo vs adición de levadura.

TABLA VI  
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

Variable	Tratamientos			EEM	Valores de P	
	TP	TN	SC		C1 TP vs SC	C2 TN vs SC
Porcentaje de rendimiento	82,66	81,60	81,28	0,014	0,4126	0,7505
Grasa dorsal 10a costilla, mm	16,833	16,357	17,150	1,060	0,5230	0,3419
Músculo <i>longissimus</i> , mm	55,000	53,905	55,200	2,395	0,7094	0,9588
Magro, %	51,533	51,657	51,100	0,462	0,5114	0,3994

C1, TP vs SC: testigo positivo vs adición de levadura; and C2, TN vs SC: testigo negativo vs adición de levadura.

#### Costo de alimentación por kg de peso ganado

El costo de alimentación por kg de ganancia fue disminuido cuando las proporciones de pasta de soya y grasa en las dietas de los animales fueron reducidas y sustituidas por sorgo. La adición de levadura (SC) resultó en un menor costo por kg aumentado ( $P < 0,05$ ) en comparación con la dieta de TP (1,06 y 1,12 USD/kg de ganancia, respectivamente). Los cerdos alimentados con la dieta SC mostraron los mismos costos para producir 1kg de ganancia en comparación a la dieta TN ( $P > 0,05$ ), 1,06 y 1,07 USD/kg de ganancia, respectivamente. Cuando los cerdos fueron alimentados con la dieta SC, los costos de alimento aumentaron; sin embargo, debido a los beneficios de esta dieta, el costo de alimentación por kg de ganancia fue menor que el de los cerdos alimentados con la dieta de TP.

#### Discusión

La mejora en GDP, CDA y CA, observados en la Fase III, fue similar a lo reportado en otros estudios, en los que se administró levadura en cerdos de destete observándose mejoras en GDP (Veum *et al.*, 1988; Collier *et al.*, 2011), y en CA (Veum *et al.*, 1988; Jiang *et al.*, 2015). En cerdos en etapa crecimiento-finalización se observó una mejora en GDP (Martínez *et al.*, 2000; Lu *et al.*, 2017) y en CA (Lu *et al.*, 2017). Dicho potencial en comportamiento productivo por parte del uso de levaduras también ha sido observado en otras especies (Keyser *et al.*,

2007; Vieira *et al.*, 2013; Plaza-Díaz *et al.*, 2014).

Recientemente Jiang *et al.* (2015) reportaron que la suplementación de *S. cerevisiae* en diferentes formas (levadura viva, levadura muerta o componentes de la pared celular) mejora la conversión alimenticia, el desarrollo intestinal y estimula el sistema inmune de lechones destetados tempranamente. Sin embargo, Bowman y Veum (1973) y Reynoso-Gonzalez *et al.* (2010), no encontraron efectos sobre el comportamiento productivo al suplementar levadura en cerdos en crecimiento. Posiblemente los animales de experimentación en los trabajos de Bowman y Veum (1973) y Reynoso-Gonzalez *et al.* (2010) se encontraban en mejores condiciones ambientales y no sujetos a condiciones de estrés calórico severo, lo cual permitió que no tuvieran factores estresantes, minimizando el efecto de la levadura.

En este sentido, el rango óptimo de temperatura es de 10 a 24°C para cerdos en etapa de finalización (55-110kg) colocados en grupos y alimentados *ad libitum* (Pond y Maner, 1984). Verstegen y Close (1994) reportan que la temperatura crítica alta para cerdos en finalización es de 28,5°C. Por su parte, Kouba *et al.* (2001) reportan un decremento en el consumo voluntario y crecimiento de cerdos en finalización cuando las temperaturas ambientales estuvieron por encima de 23,9°C. En el presente estudio, los cerdos fueron alojados en un ambiente cálido, y se consideró que estuvieron sufriendo estrés térmico debido a que el promedio de tempe-

ratura fue de 31,4°C, con mínima de 26,0°C y máxima 40,2°C. Las temperaturas diarias fueron mayores a las deseables (10-24°C) para animales en crecimiento-finalización, y las temperaturas máximas fueron mayores que la temperatura extrema para cerdos en finalización (28,5°C; Verstegen y Close, 1994). En base a los valores de humedad y temperatura que se presentaron durante el periodo de prueba, y en concordancia con lo reportado en Iowa State University (2002) se concluye que los animales de experimentación presentaron diariamente estrés calórico.

En cuanto al estado de salud de los animales, varios autores han reportado una relación positiva entre los suplementos de levadura y la salud animal (Pérez *et al.*, 2001; Trckova *et al.*, 2014; Jiang *et al.*, 2015). Price *et al.* (2010) encontraron que la adición de productos de la fermentación de *S. cerevisiae* en dietas de destete genera altas ganancias compensatorias después de una infección con Salmonela, en comparación al uso de dietas convencionales de destete.

El incremento de la ganancia es probablemente asociado a un incremento de bacterias benéficas dentro de tracto gastrointestinal y posterior activación del sistema inmune. Otras investigaciones indican que *S. cerevisiae* puede directa o indirectamente reducir la población patogénica o suprimir el crecimiento de estos microorganismos (Czerucka *et al.*, 2007; de Vrese y Schrezenmeir, 2008; Trckova *et al.*, 2014). Por otra parte, la ausencia de efecto en las características de la canal es consistente en estudios

previos en los cuales se ha adicionado levadura en cerdos (Bowman y Veum 1973; Mir y Mir, 1994).

El efecto positivo en el comportamiento productivo y salud animal tras la adición de levadura bajo condiciones de estrés calórico desafiante indica que puede ser una alternativa viable para minimizar los efectos del calor en época de verano en la región de Sonora, lo cual será importante para reducir los costos de alimento por kilogramo producido.

#### Conclusión

Los resultados muestran que la suplementación con levaduras a dietas porcinas durante estrés calórico severo mejora el comportamiento productivo y el estado de salud, y reduce costos del alimento consumido por kg de peso aumentado, sin afectar las características de la canal en cerdos en la etapa crecimiento-finalización.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by CONACyT Apoyos Complementarios para la Consolidación Institucional de Grupos de Investigación y apoyos complementarios para la adquisición de equipo científico, Universidad de Sonora.

#### REFERENCIAS

- Bowman GL, Veum TL (1973) *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture in growing-finishing swine diets. *J. Anim. Sci.* 37: 72-74.
- Broadway PR, Carroll JA, Burdick Sanchez NC, Roberts SL, Sharon KP, Richeson JT, Corley JR (2016) Yeast probiotic supplementation mitigates some of the negative effects of heat stress in feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 94 (Suppl. 1), 34-34.
- CCAC (1993) *Guide to the Care and Use of Experimental Animals*. Canadian Council on Animal Care. Ottawa, ON, Canada. 298 pp.
- Cerisuelo A, Torres A, Lainez M, Moset V (2012) Increasing energy and lysine in diets for growing-finishing pigs in hot environmental conditions: consequences on performance, digestibility, slurry composition, and gas emission. *J. Anim. Sci.* 90:1489-1498.

- Collier CT, Carroll JA, Ballou MA, Starkey JD, Sparks JC (2011) Oral administration of *Saccharomyces cerevisiae* *boulardii* reduces mortality associated with immune and cortisol responses to *Escherichia coli* endotoxin in pigs. *J. Anim. Sci.* 89: 52-58.
- Czerucka D, Piche T, Rampal P (2007) Review article: yeast as probiotics *Saccharomyces boulardii*. *Alim. Pharmacol. Ther.* 26: 767-778.
- de Vrese M, Schrezenmeir J (2008) Probiotics, prebiotics, and synbiotics. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 111:1-66.
- Escobar J, Van Alstine WG, Baker DH, Johnson RW (2002) Growth performance and whole-body composition of pigs experimentally infected with *Mycoplasma hyopneumoniae*. *J. Anim. Sci.* 80: 384-391.
- Halbur PG, Paul PS, Meng XJ, Lum MA, Andrews JJ, Rathje JA (1996) Comparative pathogenicity of nine US porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) isolates in a five-week-old cesarean-derived, colostrum-deprived pig model. *J. Vet. Diagn. Invest.* 8: 11-20.
- Hancox LR, Le Bon M, Richards PJ, Guillou D, Dodd CE, and Mellits KH (2015) Effect of a single dose of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on the occurrence of porcine neonatal diarrhoea. *Anim.* 9: 1756-1759.
- Hsia LC, Fuller MF, Koh FK (1974) The effect of water sprinkling on the performance of growing and finishing pigs during hot weather. *Trop. Anim. Health. Prod.* 6: 183-187.
- Hyun Y, Ellis M, Riskowski G, Johnson RW (1998) Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *J. Anim. Sci.* 76: 721-727.
- Iowa State University (2002) *Temperature and Humidity Stress Index for Growing-Finishing Swine*. <http://www.ipic.iastate.edu/software.html>
- Jiang ZY, Wei SY, Wang ZL, Zhu C, Hu SL, Zheng CT, Chen Z, Hu YJ, Wang L, Ma XY, Yang XF (2015) Effects of different forms of yeast *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, intestinal development, and systemic immunity in early-weaned piglets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 6(47).
- Keyser SA, McMeniman JP, Smith DR, MacDonald JC, Galyean ML (2007) Effects of *Saccharomyces cerevisiae* subspecies *boulardii* CNCM I-1079 on feed intake by healthy beef cattle treated with florfenicol and on health and performance of newly received beef heifers. *J. Anim. Sci.* 85: 1264-1273.
- Kouba M, Hermier D, Le Dividich J (2001) Influence of a high ambient temperature on lipid metabolism in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 79: 81-87.
- Li J, Kim IH (2014) Effects of *Saccharomyces cerevisiae* cell wall extract and poplar propolis ethanol extract supplementation on growth performance, digestibility, blood profile, fecal microbiota and fecal noxious gas emissions in growing pigs. *Anim. Sci. J.* 85: 698-705.
- Lu H, Bradley CL, Wilcock P, Adeola O, Ajuwon KM (2017) 404 Effect of supplementation of xylanase and live yeast on long-term growth performance of pigs. *J. Anim. Sci.* 95(Suppl. 4): 199-198.
- Marquardt RR, Jin LZ, Kim JW, Fang L, Frohlich AA, Baidoo SK (1999). Passive protective effect of egg-yolk antibodies against enterotoxigenic *Escherichia coli*:K88+ infection in neonatal and early-weaned piglets. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* 23: 283-288.
- Martínez A, Zapata LE, Sierra J, Pérez MP, Pradal RP, Mendoza R, Velásquez MO, Cuarón JA (2000) Ileitis, intestinal microflora and performance of growing-finishing pigs fed *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Anim. Sci.* 78(Suppl. 1): 1296.
- Mir Z, Mir PS (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 situ degradability. *J. Anim. Sci.* 72: 537-545.
- NOM-033-ZOO-1995; NOM-051-ZOO-1995; NOM-062-ZOO-1999; NOM-033-ZOO-1995. *Norma Oficial Mexicana 033. Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres*. Diario Oficial de la Federación. México. 17 pp.
- NOM-051-Zoo-1995. *Norma Oficial Mexicana 051. Trato Humanitario en la Movilización de Animales*. Diario Oficial de la Federación, México. 23 pp.
- NOM-062-ZOO-1999. *Norma Oficial Mexicana 062. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 58 pp.
- NMX-FF-081-SCFI-2003. *Norma Oficial Mexicana. Productos Pecuarios-Carne de Porcino en Canal-Calidad de la Carne-Clasificación*. Secretaría de Economía. México. 20 pp.
- Palma ML, Zamith-Miranda D, Martins FS, Bozza FA, Nimrichter L, Montero-Lomeli M, Marques ET, Douradinha B (2015) Probiotic *Saccharomyces cerevisiae* strains as biotherapeutic tools: Is there room for improvement? *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99: 6563-6570.
- Pérez VG, Solorio S, Martínez AM, Castañeda EO, Cuarón J (2001) *Saccharomyces cerevisiae* for growing-finishing pigs in a septic environment. *J. Anim. Sci.* 79: 1052-1055.
- Plaza-Díaz J, Gomez-Llorente C, Fontana L, Gil A (2014) Modulation of immunity and inflammatory gene expression in the gut, in inflammatory diseases of the gut and in the liver by probiotics. *World J. Gastroenterol.* 20: 15632-15649.
- Pond WG, Maner JH (1984) *Swine Production and Nutrition*. AVI. Westport, CT, EEUU. 731 pp.
- Price KL, Totty HR, Lee HB, Utt MD, Fitzner GE, Yoon I, Ponder MA, Escobar J (2010) Use of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on growth performance and microbiota of weaned pigs during salmonella infection. *J. Anim. Sci.* 88: 3896-3908.
- Quiniou N, Dubois S, Noblet J (2000) Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. *Livest. Prod. Sci.* 63: 245-253.
- Rantzer D, Svendsen J, Weström B (1996) Effects of a strategic feed restriction on pig performance and health during the post-weaning period. *Acta Agric. Scand. Anim. Sci.* 46: 219-226.
- Reynoso-González E, Cervantes-Ramírez M, Figueroa-Velasco JL, Morales-Trejo A, Araiza-Piña A, Yáñez-Hernández J (2010) Nivel de proteína, fibra y cultivo de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en dietas a base de trigo para cerdos. *Agroc.* 44: 753-762.
- SIAP (2015) *Atlas Agroalimentario 2015*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. 220 pp.
- Shen YB, Piao XS, Kim SW, Wang L, Liu P, Yoon I, Zhen YG (2009) Effects of yeast culture supplementation on growth performance, intestinal health, and immune response of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 87: 2614-2624.
- Song R, Foster DN, Shurson GC (2011) Effects of feeding diets containing bacitracin methylene disalicylate to heat-stressed finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 89: 1830-1843.
- Steel RGD, Torrie JH (1980) *Principles and Procedures of Statistics: A Biomedical Approach*. 2<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill. Nueva York, EEUU. 688 pp.
- Tran, H, Bundy JW, Hinkle EE, Walte J, Burke TE, Miller PS (2014) Effects of a yeast-dried milk product in creep and phase-I nursery diets on growth performance, circulating immunoglobulin A, and fecal microbiota of nursing and nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 92: 4518-4530.
- Trckova, M, Faldyna M, Alexa P, Sramkova-Zajacova Z, Gopfert E, Kumprechtova D, Auclair E, D'Inca R (2014) The effects of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* on postweaning diarrhea, immune response, and growth performance in weaned piglets. *J. Anim. Sci.* 92: 767-774.
- Verstegen MWA, Close WH (1994) The environment of the growing pigs. En Cole DJA, Wiseman MA, Varley X (Eds.) *Principles of Pig Science*. Nottingham University Press. Nottingham, RU. pp. 333-353.
- Veum TL, Herkelman KL, Ivers DJ, Shahan LA, Figueroa FA, Bobilya DJ, Ellersieck MR (1988) Effect of yeast culture on performance of weanling pigs. *Am. Sci. Rep.* 115.
- Vieira AT, Teixeira MM, Martins FS (2013) The role of probiotics and prebiotics in inducing gut immunity. *Front. Immunol.* 4: 445.