

Comportamiento productivo de cerdos portadores del gen del halotano en condiciones medioambientales no controladas - Productive performance of carriers pigs of halothane gene under no controlled climate

Sánchez-Chiprés, David Román; Villagómez, Daniel; Galindo-García, Jorge; Ayala-Valdovinos

Instituto de Biotecnología Animal, Departamento de Producción Animal, División de Ciencias Veterinarias, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, A. P. 218 Zapopan 1, C. P. 45101, Zapopan, Jalisco, (México). Tel. y Fax: (52-33) 37-96-40-73. e-mail: dsanchez@cucba.udg.mx

REDVET: 2008, Vol. IX, N° 5

Recibido: 28.11.07 / Referencia provisional: E007_RED VET / Referencia definitiva: 050802_RED VET /
Aceptado: 03.04.08 / Publicado: 01.05.08

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508.html> concretamente en
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050802.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.
Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con
REDVET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Resumen

El síndrome de estrés porcino es una enfermedad genética que afecta a cerdos de crecimiento rápido, manifestándose con muerte súbita durante las acciones de manejo o al sacrificio, como carne pálida, suave y exudativa. Se reconoce que el síndrome de estrés porcino (PSS), el síndrome de la carne pálida suave y exudativa (PSE) así como la hipertermia maligna (MH), comparten una mutación en el gen receptor de la rianodina (RYR1). Un método de diagnóstico basado en DNA y el uso de la técnica de reacción en cadena de la polimerasa, permite hacer una distinción de los genotipos para el locus halotano.

El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el comportamiento productivo de cerdos portadores del gen Hal. Se utilizaron 44 cerdos resultado del cruzamiento de línea materna York x Landrace y línea paterna híbrido sintético (22 hembras y 22 machos), los cuales fueron evaluados en una

estación de pruebas de comportamiento sin control del clima, para medir su eficiencia alimenticia, ganancia de peso, y estimaciones como grasa dorsal y profundidad del lomo con ultrasonido, y al final ser sacrificados para obtener el rendimiento en canal. La prueba inicio con un peso promedio de los animales de 25 kg y finalizó cuando estos alcanzaron los 100 kg de peso. Con respecto al genotipo para el gen halotano de los 44 animales estudiados, 17 (38.6%) eran cerdos heterocigotos (Nn) y los 27 restantes (61.4%) homocigotos normales (NN). Cerdos portadores (Nn) y normales (NN) fueron comparados para el parámetro de eficiencia alimenticia teniendo mejor ganancia de peso diario (GPD), los animales con genotipo NN que los de genotipo Nn (1.06 kg vs 1.01 kg respectivamente; $p < 0.05$), la conversión fue mejor en los NN así como los días a 100 kg, pero no hubo diferencia significativa, para los parámetros rendimiento en cortes en canal, área del ojo de la chuleta y grasa dorsal fueron superiores los cerdos heterocigotos. La interacción genotipo y sexo mostró un comportamiento similar para ambos sexos comparados entre sí, en tanto que mostró diferencia a favor de machos en eficiencia alimenticia, así como mejor rendimiento en cortes primarios para las hembras. Cerdos portadores en climas no controlados son afectados en su comportamiento.

Palabras clave: Comportamiento productivo, Gen halotano, cerdo

Summary

Porcine Stress Syndrome (PSS) is a genetic disorder that mainly affects fast growing. Sudden death or pale, soft, and exudative (PSE) pork at slaughter may occur. At present, it is well known that PSS, PSE and Malignant Hyperthermia (MH) are associated with the same mutation of a ryanodine receptor gene. The halothane gene (after challenging to halothane anesthesia; genotype of an animal is identifiable by PCR and restriction enzyme analysis).

The present investigation was conducted to evaluate the productive performance of halothane negative (NN) and carrier (Nn) pigs reared individually at a test station without climate manipulation. Forty four pigs (22 females; 22 males) from commercial genetic lines (F1 York/Landrace X synthetic hybrids) were evaluated. The test started when the animals weighted an average of 25 kg and finished when they reached 100 kg. The feed consumption, body weight, back fat and loin area (ultrasound) was measured during the time of the test. A frequency of 61.4 % (27 animals) and 38.6 % (17 animals) of the pigs were either NN or Nn, respectively. Better daily live weight gain was shown ($P < 0.05$) by homozygous (NN) pigs than heterozygous (Nn), 1.06 vs. 1.01 kg, respectively. However, there were not statistical differences between groups on days to 100 kg, back fat and

loin area. Nevertheless, contrary to the current literature, a tendency of best performance for homozygous (NN) pigs was observed in our experimental conditions. There was no genotype X sex interaction, both sexes having similar performance.

Key Words: Test performance, Halothane gene, Pig.

Introducción

El Síndrome del Estrés Porcino se caracteriza por la muerte súbita de los animales sometidos a situaciones de tensión. Los eventos que pueden desencadenar la manifestación de estrés porcino son peleas, transporte, cambios de corral, incremento excesivo o cambios bruscos de temperatura, o bien procedimientos de sujeción del animal, y hasta el ejercicio durante la **cópula** (Plastow, 1994).

El Síndrome del Estrés Porcino esta caracterizado por diversos signos clínicos desencadenados como respuesta a algunas prácticas de manejo; se presenta temblor de la cola y músculos, después una marcada disnea, áreas isquémicas, aumento de la temperatura corporal, cianosis, marcada rigidez muscular y muerte. La muerte es el resultado de una acidosis metabólica e hipertermia que resulta en daño renal, hepático y degeneración muscular. Algo típico es la aparición prematura del rigor mortis (Weeb y col., 1981).

Los cerdos susceptibles al estrés desarrollan después del sacrificio, una degeneración muscular conocida como síndrome porcino de músculo pálido, suave y exudativo (PSE). Este síndrome se manifiesta como una decoloración muscular, edema y mal olor. Por lo tanto, en los animales afectados, este rasgo conduce a una deplorable calidad de la carne (Leach y col., 1996).

Actualmente se reconoce que el Síndrome de Estrés Porcino, el Síndrome de la Hipertermia Maligna y el Síndrome de la carne Pálida, Suave y Exudativa, comparten el mismo defecto genético, el cual conduce a una alteración en el canal de liberación de calcio del retículo sarcoplásmico del músculo esquelético, también conocido como receptor de la rianodina (Ryr) por la afinidad de este alcaloide a dicho canal liberador de calcio (Fujii y col., 1991; Harbitz y col., 1992).

En cuanto a la incidencia, diversos estudios han señalado una frecuencia que varía de cero al 89% siendo las razas más afectadas la Pietrain y la Landrace Belga. Asimismo se considera que existe una incidencia de 0.7% a 1.6% de muertes de cerdos durante el transporte procedentes de granjas con alta incidencia de Síndrome de Estrés Porcino.

En un estudio realizado en 10,000 animales de las razas Pietrain, Landrace, Duroc, Large White, Hampshire y Yorkshire de Inglaterra, en Estados Unidos y Canadá se encontró que la prevalencia del gen con la mutación vario 35% en Landrace, 19% en Yorkshire y Large White, 15% en Duroc, 14% en Hampshire, mientras que en el Pietrain se detectó el 97%. Las frecuencias genéticas fueron menores en 35 a 70% en poblaciones canadienses comparadas con las americanas. Los cerdos ingleses fueron más afectados que los americanos. En promedio uno de cada cinco cerdos porta el gen mutante (O'Brien y col., 1993). Aunque la frecuencia genética de la mutación parece que varía dependiendo de la población estudiada, estos datos dan idea de la magnitud del problema.

Además de las pérdidas económicas ocasionadas por la muerte de los animales en forma súbita, se deben considerar los problemas detectados en la carne de cerdos propensos al Síndrome de Estrés, siendo principalmente la presencia del músculo pálido suave y exudativo. Debido a esta causa se han reportado pérdidas por hasta cien millones de dólares anuales en los Estados Unidos por la disminución de los rendimientos en las empacadoras de carne con estas características (Kauffman y col., 1992).

Las practicas de manejo sobre este problema tienden a mantener cerdos heterocigotos los cuales pueden permanecer ocultos ya que no reaccionan a la prueba de halotano y no presentan Síndrome de Estrés Porcino, pero esta población presentan una incidencia alta de músculo pálido suave y exudativo (PSE). Por lo cual se requiere identificarlos y tomar medidas que disminuyan los riesgos de pérdidas económicas por baja calidad de la canal.

Existe una gran cantidad de trabajos reportados a nivel mundial en donde se discute acerca del comportamiento productivo de los cerdos tanto portadores como susceptibles al gen halotano. En lo que respecta al comportamiento productivo de cerdos en engorda, Goodwin, (1994), reportó, que los portadores (Nn) tuvieron una velocidad de crecimiento mayor que los cerdos recesivos (nn). Aubry y col., (2000), describen una ganancia de peso diario más alta en los cerdos negativos (NN). Sin embargo, la mayoría de los estudios muestran pequeñas diferencias en parámetros de eficiencia alimenticia entre los dos genotipos (Weeb y col., 1990).

Webb y col., (1990), en una revisión de la literatura, señalan que los cerdos heterocigotos tienen mayor velocidad de crecimiento que los homocigotos dominantes, lo cual coincide con Aubry y col., (2000), sin embargo, Larzul y col., (1997), y Miller y col., (2000) encontraron parámetros similares para ambos genotipos, mientras que Goodwin, (1994), y De Smet y col., (1998), reportan valores más altos en cerdos homocigotos dominantes.

En lo que respecta al índice de consumo, los resultados varían mucho, algunos investigadores (Weeb y col., 1990; Leach y col., 1996; Aubry y col., 2000) han observado un mejor índice en animales negativos (NN) que en los portadores (Nn). Otros en cambio describen idénticos resultados entre ambos genotipos (Miller y col., 2000; Larzul y col., 1997) o superiores en el genotipo nn (De Smet y col., 1998; Pommier y col., 1992).

La variación observada en diversas circunstancias, indica una gran influencia del genotipo racial y su interacción con ambientes diferentes. Además las líneas que crecen lentamente tienen por lo general mejor índice de conversión.

Los cerdos portadores generalmente tienen canales magras pero pobre calidad de la carne ya que presentan una alta frecuencia de Pálido Suave y Exudativo (PSE) comparada con las canales de cerdos negativos (Webb, 1990).

México no cuenta con información sobre la prevalencia de la mutación T>1843, sin embargo el problema puede ser grave, sobre todo si consideramos que los criadores mexicanos de pie de cría compran animales de países donde existe esta alteración, desconociendo la existencia de la misma.

Actualmente en México existen los recursos metodológicos para poder establecer medidas de control genético para la erradicación del Síndrome de Estrés Porcino. Esto permitirá una mejor vigilancia y preservación del germoplasma porcino productivo nacional.

OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue el de evaluar el comportamiento productivo de cerdos híbridos portadores (Nn) y no portadores (NN) del gen del Halotano explotados en condiciones medio ambientales no controladas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Rancho Cofradía de la Universidad de Guadalajara ubicado en el km 7.5 de la carretera a San Isidro Mazatepec, municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco con una latitud 20° 28' longitud oeste 103°27' y una altura sobre el nivel del mar de 1575 m. La temperatura media anual oscila entre 20° y 22°, la dirección de los vientos es variable y la precipitación pluvial media anual es de 900 mm. El clima se considera semiseco y semihumedo de acuerdo a la clasificación Koepen de climas del mundo.

Animales

El estudio incluyó 44 cerdos, 22 machos y 22 hembras procedentes de una granja comercial del estado de Jalisco, que se enviaron para su evaluación a la estación de pruebas de comportamiento ubicada en el Rancho Cofradía. El peso inicial fue de entre 25 ± 0.7 kg., siendo los cerdos producto del cruzamiento de las razas, York/Large White, como línea materna y crucea Pietrain/Landrace como línea paterna.

Condiciones de prueba

Los cerdos fueron colocados en corrales individuales de 2 x 2 m, y durante el transcurso de la prueba se pesó el alimento que consumieron. La dieta cubrió los requerimientos nutricionales para cerdos de 25 a 40 kg y de 40 kg a finalización y para sexo (Tabla 1 y 2). Los cerdos se pesaron a los 30, 60 y 90 días para obtener los parámetros de ganancia de peso diario, conversión y consumo total. Al término de la prueba se midió la grasa dorsal por medio de un aparato de ultrasonido (Piglog 105, SFK-Technology, Holanda).

Durante su permanencia en la estación de pruebas se registraron temperatura y humedad utilizando una estación meteorológica (Weather monitor II –Davis USA). Asimismo se determinó el índice temperatura-humedad descrito por el NWSCR (Nacional Weather Service Central Region).

Tabla 1. Composición de ingredientes en las raciones de alimento para pruebas de comportamiento

Ingredientes	Crecimiento- Desarrollo	Finalización	
		Hembras	Machos
	kg	kg	kg
Sorgo	711	720	812
Soya	218	215	138
Sebo	21	15	
Premezcla*	50	50	50
Total	1000	1000	1000

*GENPA

Tabla 2. Análisis calculado en nutrientes de dietas utilizadas en las raciones de alimento para pruebas de comportamiento.

Análisis Calculado			
	Crecimiento- Desarrollo	Finalización Machos	Finalización Hembras
EM (mcal/kg)	3.25	3.2	3.2
Proteína cruda (%)	16.5	13.5	16.5
Grasa cruda (%)	4.5	4	3.9
Lisina (%)	0.86	0.86	0.81
Metionina (%)	0.28	0.23	0.24
Ca(%)	0.63	0.50	0.56
P (%)	0.57	0.45	0.49

EM = Energía metabolizable; Ca = calcio; P = fósforo

Durante su permanencia en la estación de pruebas se registraron temperatura y humedad utilizando una estación metereológica (Weather monitor II –Davis USA). Asimismo se determinó el índice temperatura-humedad descrito por el NWSCR (Nacional Weather Service Central Region).

Sacrificio

Una vez terminada la prueba los animales fueron sacrificados en la Unidad de Calidad de la carne del Rancho Cofradía de la Universidad de Guadalajara, para evaluar la canal; inicialmente se pesó la canal para determinar el rendimiento, otras características de la canal se obtuvieron midiendo los parámetros de longitud de canal, utilizando cinta métrica, y área del ojo de la chuleta por medio de un planímetro. En cuanto al rendimiento en cortes primarios, este se obtuvo conforme a la Norma Oficial Mexicana. Para evaluar el rendimiento se mide la relación existente entre el peso de la canal y el grosor de la grasa dorsal a la altura de la última costilla, el peso de los cortes primarios, se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$PCP= 10.7 (0.46 \times \text{Canal}) - (2.14 \times \text{Grasa})$$

Canal= Peso de la canal caliente

Grasa = Grosor de la grasa dorsal sobre la línea media y perpendicular a ésta al nivel de la 10ª costilla (NMX-FF-081-SCFI-2003).

Diseño experimental y análisis estadístico

El comportamiento productivo de los cerdos portadores del gen del halotano fue analizado mediante un diseño experimental completamente al azar utilizando el modelo factorial 2 x 2, siendo 2 genotipos del gen del halotano y 2 sexos, utilizando el cerdo como unidad experimental.

El diseño experimental factorial permitió la posibilidad de estimar los efectos de cada uno de los factores (genotipo con respecto al gen del halotano y sexo), por separado y de evaluar alguna posible interacción entre ambos. El análisis estadístico de estos diseños se desarrolló de acuerdo a lo establecido por Steel y Torrie, (1982).

El análisis estadístico se conformó bajo el siguiente modelo del diseño factorial

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observación tomada de una de las variables de respuesta (Ganancia de peso diario, grasa dorsal, días a 100 kg.....). Tomada en el nivel "i" del factor A, el nivel "j" del factor B, la interacción de ambos (AB) y un "eijk" error aleatorio asociado a cada observación en particular.

μ = Efecto de la media general del experimento.

A_i = Genotipo con respecto al gen hal, para un estudio de 2 niveles (i=1,2).

B_j = Efecto del sexo identificado como factor B, el cual tiene 2 niveles (j=1,2) hembra y macho.

(AB) ij = Interacción entre los factores A y B (genotipo y sexo).

e_{ijk} = Error aleatorio asociado a cada observación.

Aislamiento de DNA genómico para análisis por PCR

El DNA genómico fue obtenido a partir de muestras de sangre completa siguiendo protocolos estándar. La muestra de sangre (5ml) se tomó con tubos vacutainer conteniendo EDTA, ya en el laboratorio 100 μ l de sangre fueron tratados con 900 μ l de buffer A (sacarosa, 0.32 M; Tris HCl, 10mM; Mg Cl₂, 5 mM; Triton X – 100,1%), hasta lograr un botón celular blanco. Posteriormente se incubó la muestra por una hora a 50 °C en una solución de Proteinasa K (8 mg/ml) en buffer D (KCl, 50mM; Tris HCl, 10 mM; MgCl₂, 2.5 mM; NP40, 0.455 Tween 20,0.45%). Se inactivó la enzima incubando la muestra a 90°C durante 10 minutos.

Análisis por PCR y polimorfismo de fragmentos de restricción

De acuerdo a los datos de secuencia del DNA para el gen del halotano (O'Brien, 1995), se seleccionaron dos iniciadores para seguir un protocolo estándar (Brem, y col., 1993; Brening y col., 1992), donde 100 ng de DNA fueron amplificados en una reacción de 100 µl, conteniendo 100 pmol de cada iniciador, 200µM de dNTPs, y 2.5 U de taq polimerasa.

Los ciclos de amplificación se realizaron en un termociclador (Master-Gradient, Eppendorf; Alemania); con 30 ciclos de desnaturalización a 94° C, alineación a 69 ° C, y polimerización a 72° C por 60 segundos, respectivamente.

Resultados

En cuanto al análisis de las muestras para determinar el genotipo con respecto al gen halotano, se obtuvo que 17 cerdos resultaron ser heterocigotos (Nn) y 27 homocigotos dominantes (NN), lo que representa para este estudio una frecuencia del 38.6% de cerdos portadores. El comportamiento productivo para ambos genotipo es mostrado en el Cuadro 1.

El único parámetro productivo en el que se detectaron diferencias significativas fue la ganancia diaria de peso (g.p.d) entre los cerdos NN y Nn, la media fue mayor para los cerdos homocigotos dominantes que para los heterocigotos 1060 g, y 1010 g, respectivamente, siendo la diferencia significativa ($p < 0.05$).

En cuanto a la conversión alimenticia los cerdos homocigotos dominantes fueron más eficientes, ya que estos tuvieron una conversión de 2.36 contra 2.46 de los cerdos heterocigotos sin ser esta diferencia estadísticamente significativa.

Para los cerdos Nn hubo una menor acumulación de tejido graso que para los cerdos NN (14.56 mm vs 15.63 mm), aún cuando la diferencia entre estos valores no fue significativa, se observa una tendencia de los cerdos heterocigotos a presentar canales magras.

Por otra parte en el parámetro de días a 100 kg presentan una tendencia favorable a los cerdos negativos al gen (NN), ya que su promedio fue de 150.28 días contra 156.40 para los cerdos portadores de una copia del gen, no existiendo diferencia significativa.

Cuadro 1. Comportamiento productivo de cerdos homocigotos y heterocigotos para el gen halotano

	NN	Nn
PARÁMETRO	N= 17	N=27
g.p.d.(g)	*1066 ^a	1010 ^b
Conversión	2.36	2.46
Grasa dorsal (mm)	15.63	14.56
Días a 100 kg	150.28	156.40
Tejido magro (g)	367	360
Rendimiento en canal (%)	81.98	81.34
Rendimiento en cortes (%)	55.96	56.56
Ojo de chuleta (cm ²)	45.49	46.31

* Los valores de las medias con literales diferentes muestran diferencia estadística significativa
g.p.d. = Ganancia de peso diario
NN = Negativos; Nn = Heterocigotos
n =Tamaño de la muestra

Con respecto al comportamiento de los cerdos después del sacrificio se obtuvieron los siguientes datos. Para la ganancia de tejido magro tanto los cerdos NN como los cerdos Nn mostraron valores similares, los cuales fueron de 0.367 g v.s. 0.360 g por día, respectivamente, no encontrándose diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$).

El rendimiento en canal (%) mostró un comportamiento similar, ya que los datos observados fueron de 81.98 v.s. 81.34 para cerdos NN y Nn respectivamente.

La obtención del porcentaje de rendimiento en cortes primarios mostró una ligera tendencia que favorece a los cerdos heterocigotos, ya que presentaron 56.56% contra 55.96% de los cerdos homocigotos dominantes, sin embargo esta diferencia no fue significativa ($p>0.05$).

Caso similar de comportamiento se observó con respecto al área del ojo de la chuleta, en donde los cerdos heterocigotos mostraron valores de 46.31 cm² y los cerdos homocigotos 45.49 cm², al igual que en la variable anterior la diferencia no fue significativa estadísticamente ($p>0.05$).

En el Cuadro 2 se muestran los valores promedios obtenidos para ambos grupos pero comparando el efecto del sexo. Tanto machos NN como Nn mostraron valores mas altos para la g.p.d. que con respecto a las hembras, en donde los machos presentaron 1160 g y 1053 g vs 972 g y

975 g respectivamente, existiendo diferencia entre sexos estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La conversión alimenticia mostró valores similares entre sexos; teniendo de esta manera 2.37 y 2.43 para machos NN y Nn, contra 2.36 y 2.48 para cerdas con esos genotipos respectivamente.

Con relación a la grasa dorsal tanto las hembras NN como Nn fueron más magras, ya que se obtuvieron valores de 15.09 mm y 14 mm contra 16.8 mm y 15.12 mm de los machos, respectivamente, pero esta diferencia no fue significativa.

El efecto del sexo para los días a 100 kg se mostró diferente entre los genotipos de machos en donde los cerdos NN tuvieron 141.88 días y los cerdos Nn 154.33 días presentando diferencia estadística ($p < 0.05$). Sin embargo entre las hembras el comportamiento fue similar 158.69 días vs 158.46 días para cerdas NN y Nn, respectivamente.

Cuadro 2. Comportamiento productivo de cerdos (machos y hembras) homocigotos y heterocigotos para el gen halotano

	NN:M	NN: H	Nn: M	Nn: H
PARÁMETRO	N = 13	N= 13	N=8	N=8
g.p.d.(g)	1.16 ^a	0.972 ^b	1.053 ^a	0.975 ^b
Conversión	2.37	2.36	2.43	2.48
Grasa dorsal (mm)	16.18	15.09	15.12	14
Días a 100 kg	141.88 ^a	158.69 ^b	154.33 ^b	158.46 ^b
Tejido magro (g)	0.385	0.349	0.389	0.325
Rendimiento en canal (%)	82.65 ^a	81.31 ^b	81.49	81.19
Rendimiento en cortes (%)	55.22 ^a	55.22 ^a	56.39	56.72
Ojo de chuleta (cm ²)	47.54	43.45	46.75	45.87

*Los valores de las medias con literales diferentes muestran diferencia estadística significativa

g.p.d.=Ganancia de peso diario; n =Tamaño de la muestra

NN: M =Machos Negativos; NN: H =Hembras Negativos;

Nn: M = Machos Heterocigotos; Nn: H = Hembras Heterocigotos

Para la ganancia de tejido magro los valores entre sexos no mostraron diferencia significativa.

Por otra parte el rendimiento en canal mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) al comparar machos contra hembras homocigotos (NN), en donde los machos presentaron 82.65 % contra 81.31%, no así al compararlo contra machos y hembras heterocigotos (Nn).

Caso similar fue el porcentaje observado de rendimiento en cortes primarios, en donde los cerdos machos Nn, hembras Nn y hembras NN fueron superiores a los machos NN al tener 56.39%, 56.72%, 56.70% contra 55.22%, respectivamente teniendo significancia estadística ($p < 0.05$) de los tres grupos contra las hembras NN.

Por ultimo los valores para el área del ojo de la chuleta mostraron tendencias superiores para los machos, los cuales tuvieron valores de 47.54 cm² y 46.75 cm² para NN y Nn vs 43.45 cm² y 45.87 cm², sin embargo no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Por otra parte al obtener el comportamiento climático durante el desarrollo de la prueba de comportamiento, se corrió la prueba en la estación de primavera en donde el promedio de temperatura máxima fue de 33.7 °C y la mínima de 16.1 °C así como una humedad relativa de 64.5 %. Por lo que respecta al índice temperatura-humedad (ITH) este fue de 72.8 % (Tabla 3).

Tabla 3. Comportamiento climático durante el desarrollo de las pruebas de comportamiento

Estación	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Promedio	Humedad	I.T.H.
Primavera	33.76	16.09	24.92	64.57	72.84

DISCUSION

La línea genética evaluada mostró valores muy altos en la frecuencia de cerdos heterocigotos (38.5%), los reportes de otros estudios son en su mayoría sobre razas puras y en donde la incidencia es del 13% al 26%. Gibson, (1998) reportó una incidencia de 12.3% de cerdos heterocigotos genotificados en Canadá, aun cuando los productores han utilizado estrategias para eliminar el gen de sus poblaciones.

En cuanto al comportamiento productivo, diversos estudios muestran que los cerdos heterocigotos (Nn) tienen mejor conversión y ganancia diaria de peso que los cerdos homocigotos dominantes (NN), ya que tienen las ventajas del efecto del gen sobre la producción.

Por otra parte, en el presente estudio se observaron valores inferiores en parámetros de eficiencia alimenticia para cerdos heterocigotos, lo cual podría deberse al factor climático como elemento desencadenador del estrés; en esta prueba de comportamiento los animales estuvieron expuestos durante el transcurso de la evaluación a temperaturas que

variaron de 33 ° C máxima y mínima de 16 ° C así como humedades de 64 % en promedio. Un método para explicar y predecir el confort de los animales desde la perspectiva climática es descrito para cerdos por el NWSCR (1976), a través de la obtención de un índice relacionando la temperatura y la humedad (ITH), considerando valores por debajo de 70 como normales, entre 71 y 80 como alerta, de 80-83 como peligroso; para esta prueba fue de 72, es decir por arriba del límite normal, influyendo en la disminución del consumo alimenticio, como respuesta fisiológica del cerdo para equilibrar su temperatura. (Ayo, y col., 1998; Harbitz y col., 1992).

Las características de rendimiento magro de los cerdos portadores coinciden con lo que señalan Leal y col., (1996) y Mitchell, (1982). Caso similar fue para el rendimiento en cortes primarios y área del ojo de la chuleta. Por lo que respecta la interacción de los parámetros con el sexo, no existió un efecto del gen sobre el comportamiento productivo, ya que los valores encontrados muestran un comportamiento con tendencias favorables al macho para g.p.d, días a 100 kg, ganancia de tejido magro, rendimiento en canal, y área del ojo de la chuleta, lo cual podría explicarse debido a características biológicas del sexo, caso similar para los valores favorables a la hembra como fue grasa dorsal y rendimiento.

CONCLUSIONES

El comportamiento productivo de cerdos se ve afectado por el genotipo para el gen halotano, la eficiencia alimenticia es mejor en cerdos no portadores; mientras que los valores de rendimiento son mejores en los portadores.

La frecuencia de cerdos portadores del gen halotano (38.5%) observada en el presente estudio, podría indicar una mayor frecuencia del gen en el estado de Jalisco, México, que la reportada en trabajos más extensos de otros países.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aubry, A., B.Ligonesche, E. Gueblez, and D. Gaudre. 2000. Comparaison de porcs charcutiers NN et Nn pour les performances de croissance, carcasse et qualite de viande, et l'aptitude a produire do jambon cuit. *Journees de la Recherche Porcine en France*, 32: 361-367.
2. Ayo, J.O., Oladel, S.B., Fayomi, A., 1998. Stress and its adverse effects on modern swine production. *Pigs News Information*. Vol.19 No 2: 51-56.

3. Brem, G. and B. Brening. 1993. Use of molecular genetic diagnosis of malignant hyperthermic syndrome (MHS) in pig breeding. *Genetika*, 29:1009-1013.
4. Brening, B. and G. Brem. 1992. Molecular cloning and analysis of the porcine halothane gene. *Archiv fur Tierzucht*, 35:129-135.
5. De Smet, S., H. Pauwels, I. Verbaeke, S. De Bie, W. Eeckhout, M. Casteels. 1998. Meat and Carcass Quality of Heavy Muscled Belgian Slaughter Pigs as Influenced by halothane sensitivity and breed. *Animal Science*, 61: 109-114.
6. Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, S. de Leon, V.K. Khanna, J.E. Weiler, P.J. O'Brien, and D.H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* (Washington, D.C.), 253:448-451.
7. Gibson, J.P., O.R. Ball, B.E. Uttaro, and P.J. Obrien. 1997. The effects of pss genotype on growth and carcass characteristics. *Ontario Pork Carcass Appraisal*, Project Symposium.
8. Goodwin, R.N. 1994. Genetic parameters of pork quality traits. Ph. D. Thesis. Iowa State University. Ames.
9. Harbitz, I., T. Kristensen, M. Bosnes, S. Kran, and W.Davies. 1992. DNA sequence of skeletal muscle calcium release channel cDNA and verification of the Arg615-Cys615 mutation, associated with porcine malignant hypertermia, in Norwegian Landrace pigs. *Animal Genetics*, 23:395-402.
10. Kauffman, G., R. Cassens. A. Scherer, and D. Meeker. 1992. Variations in pork quality. *National Pork Producers Council* publication. Des Moines, Iowa.
11. Larzul, C., R. Leroy, R. Gueblez, A. Talmant, J. Gogue, P. Séller, and G. Monin. 1997. The effect of Halothane Genotype (nn, Nn,nn) on Growth ,Carcass and meat Quality Traits of Pigs Slaughtered at 95 kg or 125 kg Live weight. *J An Breed Gen*, 30: 309-320.
12. Leach, L.M., M. Ellis, D.D. Sutton, F.K. McKeith , and E.R. Wilson. 1996. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J Anim Sci*, 74. 934-943.
13. Mitchell,G., and A.J. Heffron. 1982. Porcine stress syndromes. *Advances in food research*, 28:167-230.
14. Miller, K.D, M. Ellis, F.K. McKeith, and E.R.Wilson. 2000. Influence of sire line and halothane genotype on growth performance, carcass characteristics and meat quality in pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 80: 319-327.
15. Norma Oficial Mexicana. NMX-FF-081-SCFI-2003. Productos Pecuarios - Carne de Porcino en Canal - Calidad de la Carne – Clasificación. Pork Products - Carcasses Pork Flesh – Grading.
16. NWSRC. (National Weather Service Central Region). 1976. Livestock hot weather stress. Regional operations manual letter C: 31-76.

17. O'Brien, P.J. 1995. The causative mutation for porcine stress syndrome. *The Compendium of Continuing Education*, 17:257-269.
18. O'Brien, P.J., H. Shen, R. Cory, and X. Zhang. 1993. Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) on 10,000 breeding swine. *Journal of the American Veterinary Medicine Association*, 203:842-851.
19. Plastow, G., K. Siggins, and D. McLaren. (1994). A genetic case study *IEEE Potentials*.
20. Pommier, S.A., F. Houde, F. Rousseau, and Y. Savoie. 1992. The effect of the malignant hyperthermia genotype as determined by restriction endonuclease assay and carcass characteristics of commercial crossbred pigs. *Can J Anim Sc*, 72: 973-976.
21. Steel, R., and Torrie. 1981. Principles and procedures of statistics. 2^a Edition Mac Graw Hill..
22. Webb, A.J., A.E. Carden, C. Smith, and P. Imlah. 1990. Porcine stress syndrome in pig breeding. 2^o *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Madrid, 588-608.
23. Webb, A.J., 1981. The halothane sensitivity test. En Froystein, T., Slinde, C., Standal, N. (eds). Porcine stress and meat quality causes and possible solution to the problem. *Agricultural Food Research Society* 105-124.

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria (ISSN nº 1695-7504) es medio oficial de comunicación científico, técnico y profesional de la Comunidad Virtual Veterinaria, se edita en Internet ininterrumpidamente desde 1996. Es una revista científica veterinaria referenciada, arbitrada, online, mensual y con acceso a los artículos íntegros. Publica trabajos científicos, de investigación, de revisión, tesis, tesis doctorales, casos clínicos, artículos divulgativos, de opinión, técnicos u otros de cualquier especialidad en el campo de las **Ciencias Veterinarias** o relacionadas a nivel internacional.

Se puede acceder vía web a través del portal [Veterinaria.org®](http://www.veterinaria.org). <http://www.veterinaria.org> o en desde **REDVET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Se dispone de la posibilidad de recibir el Sumario de cada número por [correo electrónico](mailto:redvet@veterinaria.org) solicitándolo a redvet@veterinaria.org

Si deseas postular tu artículo para ser publicado en **REDVET®** contacta con redvet@veterinaria.org después de leer las Normas de Publicación en <http://www.veterinaria.org/normas.html>

Se autoriza la difusión y reenvío de esta publicación electrónica siempre que se cite la fuente, enlace con [Veterinaria.org®](http://www.veterinaria.org). <http://www.veterinaria.org> y **REDVET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Veterinaria Organización S.L.® (Copyright) 1996-2007 E_mail: info@veterinaria.org