

# Efecto del enriquecimiento ambiental en cerdas gestantes sobre su comportamiento al parto y concentraciones de cortisol

Guadalupe Espejo<sup>1</sup>, Pedro Paredes-Ramos<sup>1,\*</sup>, Concepción Ahuja-Aguirre<sup>1</sup>, Apolo Carrasco<sup>1</sup> y Fernando Naranjo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Miguel Ángel de Quevedo s/n esq. Yáñez, Col. Unidad Veracruzana, C.P. 91710, Veracruz, Ver., México

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, campus Xalapa, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91090, Xalapa de Enríquez, Veracruz

## Resumen

La producción de cerdos es una de las principales actividades pecuarias alrededor del mundo. Sin embargo, la demanda en el consumo de carne ha ocasionado que los animales sean alojados en áreas reducidas y con pobre estimulación sensorial, afectando su desarrollo e incrementando su estrés. La etapa de gestación es muy estresante para las cerdas, ya que son alojadas individualmente en jaulas que limitan su actividad y locomoción. Por otro lado, el enriquecimiento ambiental ha sido propuesto para mejorar el bienestar de los animales. Este estudio evaluó el efecto del enriquecimiento ambiental durante la gestación sobre las concentraciones de cortisol, el comportamiento al parto y los parámetros productivos. Los resultados mostraron que las cerdas que no recibieron enriquecimiento durante la etapa de gestación incrementaron las concentraciones de cortisol y la frecuencia de rascado, de levantamientos durante el parto, de golpe con el hocico al comedero y a la jaula (comportamientos asociados al dolor y ansiedad durante el parto), comparado con cerdas que sí recibieron enriquecimiento ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, el enriquecimiento ambiental no modificó los parámetros productivos. Esto indica que el enriquecimiento ambiental durante la gestación puede mejorar la capacidad de la cerda gestante para afrontar el estrés, sin afectar su productividad.

**Palabras clave:** cerdas, enriquecimiento, cortisol, comportamiento, producción.

## Effect of environmental enrichment in pregnant sows on their farrowing behavior and cortisol concentrations

### Abstract

Pig production is one of the main livestock activities around the world. However, the demand in the consumption of meat has caused the animals to be housed in small areas and with poor sensory stimulation, affecting their development and increasing their stress. The gestation stage is very stressful for sows, as they are housed individually in cages that limit their activity and locomotion. On the other hand, en-

---

\* Autor para correspondencia: pparedes@uv.mx

vironmental enrichment has been proposed to improve animal welfare. This study evaluated the effect of environmental enrichment during gestation on cortisol concentrations, farrowing behavior and productive parameters. The results showed that the sows of the group that did not receive environmental enrichment during the gestation stage had increased cortisol concentrations and the frequency of scratching, lifting during childbirth, hitting with the muzzle the feeder and the cage (behaviors associated with pain and anxiety during farrowing), compared to sows that did receive enrichment ( $p < 0.05$ ). However, environmental enrichment did not change the production parameters. This indicates that environmental enrichment during gestation can improve the ability of the pregnant sow to cope with stress, without affecting its productivity.

**Keywords:** Sows, enrichment, cortisol, behavior, production.

## Introducción

La producción de carne de cerdo es una de las principales actividades económicas del sector pecuario en todo el mundo, y representa una de las principales fuentes de proteína animal para consumo humano de más bajo costo (USDA-FAS, 2019). Desafortunadamente, en la mayoría de los sistemas de producción, los cerdos son alojados en espacios reducidos y con poca estimulación, lo cual limita su desarrollo motriz, social y sensorial (Casal-Plana et al., 2017), volviéndolos más vulnerables a presentar problemas de salud, expresar comportamientos anormales, e incluso reducir sus parámetros productivos debido al alto grado de estrés que experimentan (Anil et al., 2006a; Thomsson et al., 2015; Reimert et al., 2017).

Una de las fases aparentemente más estresantes en la producción de cerdos es la etapa de gestación y lactancia (Barnett et al., 2001). Durante ésta, las cerdas son alojadas de forma individual en jaulas pequeñas, que limitan su movilidad y su capacidad de expresar comportamientos naturales como la construcción de nidos y la interacción con los lechones (Ruediger y Schulze, 2012). Como consecuencia, las cerdas suelen desarrollar lesiones de piel por permanecer la mayor parte de su tiempo echadas, así como padecer estreñimiento, compactación y tránsito intestinal lento (Rhodes et al., 2005).

El eje hipotálamo-pituitaria-adrenal (HPA) es el principal mediador de la respuesta fisiológica de estrés y de mantener el funcionamiento correcto del organismo a través de la liberación de hormonas importantes como los glucocorticoides (Chrousos, 2009). El cortisol es el principal glucocorticoide secretado por las glándulas adrenales en respuesta al estrés, y por ello su concentración se utiliza como un indicador de estrés, ya sea agudo o crónico (Morméde et al., 2007) y como indicador del bienestar animal (Carroll et al., 2018).

Una de las estrategias que mejor parece aminorar los efectos negativos del estrés causado por el cautiverio en los animales es el enriquecimiento ambiental (EA) (Tatemoto et al., 2019). En términos generales, éste se refiere a la modificación del entorno donde habitan los animales, con el objetivo de mejorar su funcionamiento biológico mediante el incremento de las fuentes de estimulación que favorecen la expresión de comportamientos propios de su especie (Newberry, 1995). Hay evidencias que indican que el EA tiene múltiples beneficios para los animales (Shepherdson, 1989; Chamove y Moodie, 1990), por ejemplo, puede reducir la frecuencia de comportamientos anormales, aumentar la diversidad conductual, y la capacidad de los animales para hacerle frente al estrés, y a estados emocionales negativos, como el dolor y el miedo (Shepherdson, 1989; Chamove y Moodie, 1990). En el caso del cerdo, la eviden-

cia indica que el EA puede disminuir la frecuencia de comportamientos anormales (Oostindjer et al., 2011), aumentar la expresión de estados emocionales positivos (Douglas et al., 2012), mejorar el desempeño de lechones en pruebas de miedo y ansiedad (Espejo-Beristáin et al., 2020), mejorar la respuesta inmunológica (Luo et al., 2020), e incluso en algunas condiciones puede mejorar su desempeño productivo (Ekkel et al., 1996).

A pesar de los importantes beneficios del EA en los cerdos, y de las restricciones sensoriales, sociales y de movilidad que experimentan las cerdas durante la gestación y lactancia, poco es lo que se sabe sobre el efecto del EA en las cerdas gestantes. Por ello, el objetivo del presente estudio fue identificar el efecto del EA sobre las concentraciones de cortisol en cerdas gestantes, así como sobre su comportamiento al parto y parámetros productivos.

## Material y métodos

### Lugar de estudio y ética

El estudio se realizó en una unidad de producción porcina de ciclo completo, semi-tecnificada y de flujo continuo, cuyo fin zootécnico es la producción de cerdos en pie. La población total aproximada es de 4800 cerdos, de los cuales 400 son cerdas utilizadas como vientres, 1400 cerdos de crianza-destete y 3000 cerdos en crecimiento-finalización. La unidad se encuentra ubicada en el municipio de Emiliano Zapata, en el estado de Veracruz, México, localizada a 165 m s.n.m. y un clima subtropical con temperatura promedio anual de 25,2 °C y precipitación anual de 2700 mm (García, 1988).

El uso y los procedimientos a los que fueron sometidos los cerdos durante el estudio fueron aprobados por la Comisión de Bioética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, mediante la constancia No. 010/21.

## Animales y manejo

Se utilizaron 10 cerdas (*Sus scrofa domestica*) cruza de Yorkshire/Landrace F1, de primer parto, con una condición corporal de 3,5-4 en escala de 5 puntos (1 = delgada y 5 = obesa) (Gadd, 2011). Las cerdas fueron divididas en dos grupos, un grupo que recibió EA (grupo EA) de la semana 6 a la 15 de gestación y el otro que no recibió ningún tratamiento (grupo sin EA). El EA consistió en exponer a los animales diariamente y de manera individual a uno de los objetos utilizados como enriquecimiento por un periodo de 30 min en un horario de las 10:00 a las 12:00 durante las 9 semanas. El orden de presentación de los estímulos para cada cerda fue distinto y al azar.

De la semana 6 a la 15 de gestación, las cerdas se encontraron alojadas en jaulas individuales de 2,5 m de largo por 0,80 m de ancho, equipadas con un bebedero, un comedero semiautomático y piso de cemento ranurado. Posteriormente, de la semana 15 de gestación al parto (114-116 días), las cerdas fueron alojadas en jaulas de 2,5 m de largo por 1,2 m de ancho, equipadas con comedero clásico, bebedero y piso de rejilla elevada con una altura de 1 m. Como características particulares de su alojamiento, en la parte frontal, las jaulas cuentan con una lechonera de madera para proporcionarle refugio y calor a las crías mediante un calentador eléctrico. Su alimentación en el área de gestación consistió en una ración diaria de 5 kg de alimento concentrado (soya, sorgo o maíz, vitaminas, minerales y algunos aditivos) dividido en dos porciones, mientras que en el área de maternidad se les proporcionó de 7 a 10 kg por día dividido en cuatro porciones. Todas las cerdas fueron sometidas a un control preventivo mediante la aplicación de vacunas contra *Actinobacillus*, *Mycoplasma/H. parasuis*, *Salmonella/E. coli*, *parvovirus/leptospira/erisipela* y PRRS, aplicadas por vía intramuscular el día 80 de gestación.

### **Enriquecimiento Ambiental**

Como EA se utilizaron seis objetos de materiales distintos que cumplieron con tres criterios: 1) bajo precio, 2) fáciles de encontrar en la zona, y 3) no representaban un peligro para los animales (heridas, atragantamiento, etc.). Adicionalmente, los elementos utilizados cumplían con criterios (Young, 2003; Van de Weerd y Day, 2009) para ser utilizados como EA. Algunos de los objetos utilizados fueron adquiridos comercialmente, y otros fueron elaborados por los autores. Las características de los estímulos empleados se describen a continuación:

#### **Dispositivo casero de alimentación (DCA)**

Este tipo de enriquecimiento fue fabricado de forma casera por los autores, utilizando tubo de policloruro de vinilo (PVC) de 4 pulgadas de ancho, cortado en tramos de 50 cm de longitud, a los cuales se les realizaron 16 orificios de 1 cm<sup>2</sup> dispuestos a lo largo y ancho. Cada tubo fue cerrado por lo extremos colocando tapas del mismo material. Para fijar el tubo a la jaula de la cerda, se utilizó una varilla de metal que atravesaba los tubos de forma longitudinal, y le permitía girar sobre su propio eje cada vez que las cerdas lo manipulaban. Antes de su colocación, los DCA fueron rellenos con 100 g de alimento preiniciador para lechones.

#### **Soga**

Se utilizaron tres trozos de 20 cm de soga de polipropileno-poliéster de 6 mm atados entre sí, y fijados a la jaula por un extremo.

#### **Manguera**

Se utilizaron 3 segmentos de 30 cm de tubo de plástico tipo manguera de una pulgada unidos por una soga de 40 cm de algodón. Las mangueras fueron atadas a la jaula mediante la soga de algodón.

#### **Paja**

Se proporcionaron 300 g de paja de pasto pangola (*Digitaria decumbens*), cortado en trozos de 5 cm de longitud y colocados en el piso en la parte frontal de la jaula.

#### **Coco**

Fueron utilizados cocos (*Cocos nucifera*) frescos (recién cortados) partidos por mitad. Se les realizó una perforación en uno de los extremos de cada mitad de coco, para posteriormente insertar una cuerda de 40 cm de largo con la que se ataron a la jaula.

#### **Fruta congelada**

Se utilizaron 600 gramos de una mezcla de fresas, manzanas, zanahorias y brócoli partidas en cubos de 1 a 3 cm<sup>3</sup>. La fruta fue colocada en un cubo de plástico con capacidad para 500 ml a la cual se le agregó 200 ml de agua y se introdujo en un congelador a -17 °C. Una vez congelado, el bloque de fruta fue expuesto a temperatura ambiente durante 10 min antes de ser colocado en la parte frontal del piso de la jaula de la cerda.

Con excepción de la fruta congelada y la paja, todos los objetos fueron colgados en la parte frontal de la jaula de la cerda a 80 cm del piso. Las cerdas estuvieron expuestas a los objetos únicamente durante los periodos de evaluación del estudio y los objetos no fueron reutilizados para evitar contaminación.

#### **Toma de muestra sanguínea y evaluación de cortisol**

En la semana 6 y 15 de gestación (antes y al final de la exposición al EA), se extrajo una muestra de sangre de las cerdas de ambos grupos para evaluar las concentraciones de cortisol en suero sanguíneo. Para la toma de muestra, las cerdas fueron sujetadas dentro de la jaula utilizando un lazo de cuerda por el hocico y sujetando el otro extremo a la

jaula. De cada cerda se recolectaron 10 ml de la vena cava anterior, usando una jeringa de 10 ml con aguja hipodérmica estéril 18 G. Se utilizó una jeringa y aguja por cerda. La sangre se recolectó en los primeros 3 min de la sujeción de las cerdas (Romero y Reed, 2005) y se transfirió inmediatamente a tubos de plástico de 10 ml sin anticoagulante, mismos que se mantuvieron a temperatura ambiente de 1 a 2 h para promover la separación del suero. Las muestras se obtuvieron en un horario de entre las 10:00 y las 12:00 h. Posteriormente, las muestras fueron centrifugadas a 810g durante 10 min para obtener el suero, que se almacenó a -20 °C hasta el análisis hormonal. Las concentraciones séricas de cortisol se evaluaron mediante ensayo de inmunabsorción ligado a enzimas (ELISA) en fase sólida usando el kit comercial Cortisol ELISA EIA-1887 (DRG® International, Inc., USA). La sensibilidad del ensayo fue 2,5 ng/ml. El rango de la curva fue 2,5-200 ng/ml. Los coeficientes de variación intra- e inter-ensayo fueron 5,6 % y 6,9 %, respectivamente. Las concentraciones se expresan como ng/ml.

### **Comportamiento durante el parto**

El comportamiento de las cerdas fue evaluado mediante un muestreo focal, es decir, observando a cada cerda desde el nacimiento del primer lechón hasta la expulsión del último. Se utilizaron 6 cámaras Qian®, modelo QKC4D41901 con resolución 1280 x 720, las cuales fueron colocadas en el techo del área de parto y lactancia de la granja. Para poder evaluar los comportamientos en las cerdas, se elaboró un etograma de los comportamientos observados adaptado de Anil et al. (2006a) e Ison et al. (2016). Los comportamientos registrados fueron: rascados con la pierna trasera (evento), cabeceos hacia el comedero (evento), cabeceo hacia barrotes de la jaula (evento), levantamientos o cambios de postura (evento), así como la duración total del parto (estado) y la duración del intervalo de nacimiento entre lechones (estado). El com-

portamiento de rasgar con la pierna trasera consistió en que la cerda acostada en posición lateral tirara la pierna hacia adelante y/o atrás. Los cabeceos consistieron en movimientos que realizaba la cerda con la cabeza con el objetivo de golpear el comedero o los barrotes de la jaula, mientras que los cambios de postura consistieron en que las cerdas pasaran de estar acostadas de un lado con la ubre expuesta o acostada con la ubre en el suelo a levantarse en dos o cuatro de sus patas.

### **Parámetros productivos**

Se registraron y compararon los siguientes parámetros productivos al parto de las cerdas: número de lechones nacidos vivos, número de lechones nacidos muertos, número de lechones nacidos totales, número de mormias, y peso al nacimiento por camada.

### **Análisis estadístico**

Para identificar diferencias en el comportamiento de las cerdas durante el parto, se utilizó una prueba t de student para grupos independientes. Dado que los datos productivos, no cumplieron los supuestos de normalidad, se utilizó la prueba Mann-Whitney U (MWU), para determinar diferencias en la productividad de las cerdas de ambos grupos.

Con respecto a las concentraciones de cortisol, se utilizó análisis de varianza (ANDEVA) de efecto principal para identificar diferencias significativas entre los tratamientos. Se empleó la prueba post hoc Duncan. El valor de significancia para todas las comparaciones fue de  $p < 0,05$ .

### **Resultados y discusión**

Con respecto al comportamiento de las cerdas durante el parto, el análisis estadístico indicó que las cerdas sin EA mostraron un ma-

por número de comportamientos de rascado, levantamientos, golpe con el hocico al comedero y a la jaula. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la duración total del parto, ni en la duración del intervalo por nacimiento de cada lechón (Tabla 1).

Con respecto a los parámetros productivos al parto, el análisis estadístico no identificó diferencias significativas (Tabla 2). No obstante, con respecto a las concentraciones de cortisol, ANDEVA detectó diferencias significati-

vas en la comparación por grupos  $F(3,16) = 4,62$ ;  $p = 0,016$ . La prueba post hoc indicó que las cerdas en la semana de gestación 15 (después del tratamiento) que no recibieron EA mostraron mayores concentraciones de cortisol comparado con las cerdas con y sin EA en la semana 6 de gestación (Figura 1).

Los resultados mostraron que los animales que fueron sometidos al enriquecimiento no vieron aumentada su concentración de cortisol en sangre de forma significativa, mientras

Tabla 1. Media  $\pm$  error estándar de la media (EEM) de los comportamientos evaluados durante el parto en cerdas gestantes con enriquecimiento ambiental (Con EA) y sin enriquecimiento ambiental (Sin EA).  
*Table 1. Mean  $\pm$  standard error of the mean (SEM) of the behaviors evaluated during farrowing in pregnant sows with environmental enrichment (Con EA) and without environmental enrichment (Sin EA).*

Comportamiento	Con EA	Sin EA	Valor de t	Grados de libertad	Valor de p
Frecuencia de rascado(n)	1,6 $\pm$ 0,6	*9,2 $\pm$ 1,6	4,24	2	0,003
Levantamientos durante el parto (n)	5,0 $\pm$ 1,0	*11,4 $\pm$ 1,5	3,49	2	0,008
Golpear con el hocico el comedero (n)	4,4 $\pm$ 1,2	*15,4 $\pm$ 1,5	5,55	2	0,001
Golpear la jaula (n)	3,8 $\pm$ 0,7	*10,2 $\pm$ 1,1	4,66	2	0,002
Duración total del parto (h)	7,6 $\pm$ 2,2	10,0 $\pm$ 3,2	0,6	2	0,563
Intervalo entre nacimiento de cada lechón (min)	17,2 $\pm$ 4,7	16,7 $\pm$ 2,3	0,08	2	0,938

\* Indica diferencias significativas por fila.

Tabla 2. Mediana + rango intercuartil (RIQ) de los parámetros productivos evaluados durante el parto en cerdas gestantes con enriquecimiento ambiental (Con EA) y sin enriquecimiento ambiental (Sin EA).  
*Table 2. Median + interquartile range (RIQ) of the productive parameters evaluated during farrowing in pregnant sows with environmental enrichment (Con EA) and without environmental enrichment (Sin EA).*

Parámetros	Mediana (RIQ)		Valor de U	Valor de p
	Con EA	Sin EA		
Número de lechones nacidos vivos	13 (2)	14 (2)	11,5	0,84
Número de lechones nacidos muertos	0,5 (1)	0,5 (2)	11,5	0,84
Número total de lechones nacidos	14 (0)	14 (4)	11,5	0,84
Peso de los lechones al nacimiento por camada	21,5 (2,8)	20,7 (4,9)	12	1
Número de momias	0,5 (0)	1,5 (1)	5	0,15

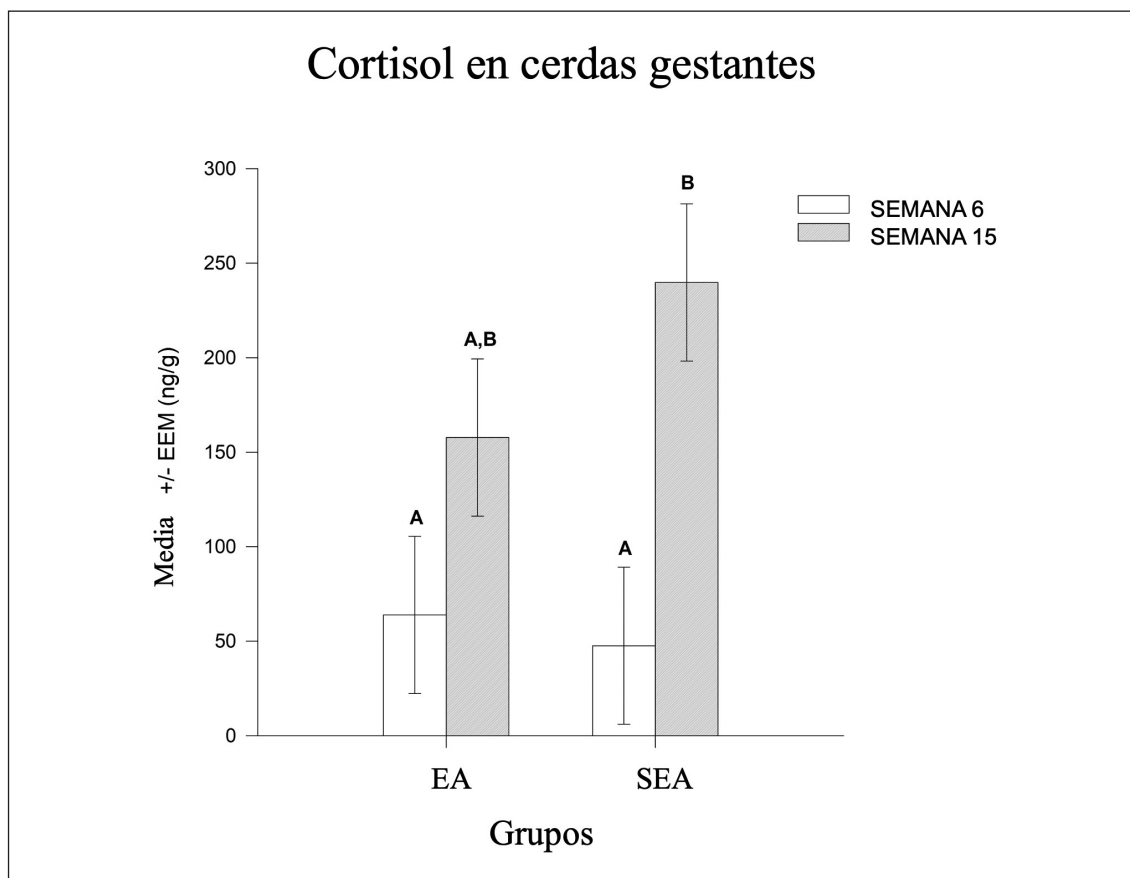


Figura 1. Media  $\pm$  error estándar de la media (EEM) de las concentraciones de cortisol en la cerdas durante la semana 6 y la semana 15 de gestación. Se encontró que en las cerdas que recibieron enriquecimiento ambiental (Con EA) no aumentaron los niveles de cortisol entre la semana 6 y 15. Por otro lado, en las cerdas del grupo sin enriquecimiento ambiental (Sin EA), aumentaron los niveles de cortisol durante la semana 15 en comparación con la semana 6 de gestación. Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

*Figure 1. Mean  $\pm$  standard error of the mean (SEM) of cortisol concentrations in sows week 6 and week 15 of gestation. In sows that received environmental enrichment (Con EA) cortisol levels did not increase between week 6 and 15. On the other side, sows from the group without environmental enrichment (Sin EA), showed increased cortisol levels during week 15 as compared to week 6 of gestation. Different capital letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).*

que en los animales del grupo que no recibieron EA sí aumentó de forma significativa después del periodo en que estuvieron enjauladas. Además, nuestros hallazgos indican que recibir EA durante la gestación no modifica los parámetros productivos, pero sí me-

jora el comportamiento de las cerdas al parto. En conjunto, los resultados de nuestro estudio sugieren que el EA mejora la capacidad de las cerdas gestantes para afrontar el estrés durante la gestación y el parto, sin afectar su productividad.

Incrementos significativos en las concentraciones de cortisol están relacionados con un aumento en las respuestas conductuales y fisiológicas de supervivencia cuando un animal percibe una amenaza (Mellor *et al.*, 2000; Chrousos, 2009). La activación constante y crónica de este sistema fisiológico de emergencia está relacionado con un pobre bienestar (Matteri *et al.*, 2000; Charmandari *et al.*, 2005). En nuestro estudio, en las cerdas que no recibieron EA durante la segunda mitad de la gestación incrementaron significativamente las concentraciones de cortisol comparado con las cerdas que sí recibieron EA. Esto sugiere que el EA podría reducir los efectos negativos del encierro y de la limitación motriz, social y sensorial de una granja intensiva.

Si bien se ha propuesto que la falta de estimulación y espacio son algunos de los factores que más contribuyen al estrés en los animales, en el caso de las cerdas gestantes se ha observado que proporcionarles mayor espacio o alojamiento grupal no modifica sus concentraciones de cortisol, aunque sí otras variables como el comportamiento agresivo (Anil *et al.*, 2006b). Si bien los efectos del alojamiento grupal no pueden ser comparados con los del EA, porque mientras que uno pretende facilitar la conducta social, el otro intenta crear una mayor oportunidad de expresar comportamientos naturales, ambos tienen como objetivo mejorar el bienestar de los animales. En este sentido, consideramos que el EA puede ser una práctica más eficiente y económica para los productores que el alojamiento grupal, ya que mientras que el EA puede ser proporcionado con el uso de elementos de bajo costo, la modificación de jaulas e instalaciones representa una inversión económica importante. Es importante destacar que si bien el bienestar animal es importante por muchos aspectos, tanto éticos como biológicos, la porcicultura es también una actividad humana de la cual depende una gran población humana no solo

como fuente de empleos, sino por la salud y seguridad alimentaria.

Por otro lado, el efecto del EA sobre la productividad de los animales no es del todo claro. Mientras que algunos estudios (Beattie *et al.*, 2000; Oostindjer *et al.*, 2010) han mostrado que proveer condiciones enriquecidas puede mejorar la tasa de crecimiento, la ingesta de alimento, así como la conversión alimenticia de lechones en crecimiento, el efecto en la capacidad productiva y reproductiva de la cerda no es del todo claro.

Si bien algunos estudios (Broom *et al.*, 2010) han demostrado que el alojamiento grupal de cerdas mejora su ganancia de peso durante el periodo posparto comparado con aquellas que son alojadas de forma individual, otros autores (Oliviero *et al.*, 2008; Chapinal *et al.*, 2010) han encontrado que ni el alojamiento grupal ni el EA durante el parto tienen un efecto significativo sobre su productividad. De forma similar, en nuestro estudio, el EA no modificó los parámetros productivos de las cerdas, lo cual sugiere que las diferencias en las concentraciones de cortisol no estuvieron directamente relacionadas con la capacidad de la cerda para mantener una gestación exitosa, por lo que pudieran depender en mayor medida de otros factores como la genética y la nutrición, la cual fue idéntica en las cerdas de ambos grupos. No obstante, sería importante determinar si mejorar el bienestar de las cerdas tiene efectos positivos a mediano o largo plazo, lo que se vería reflejado en un temprano y exitoso regreso a receptividad sexual, una larga vida productiva de la cerda, así como en su productividad en futuros partos.

Respecto al comportamiento durante el parto, estudios han mostrado que altas frecuencias de posturas y comportamientos asociadas a dolor, estrés y ansiedad durante el parto están asociadas con un pobre bienestar en las cerdas (Ison *et al.*, 2016; Ison *et al.*, 2018). En nuestro estudio las cerdas del grupo



con EA expresaron un menor número de golpes hacia las jaulas y comedero, así como de cambios de posición y rascado del piso, lo cual sugiere menor dolor y ansiedad en las cerdas que recibieron EA comparado con las del grupo sin EA (Ison et al., 2016; Ison et al., 2018). Esto indica que la oportunidad de interactuar con el enriquecimiento durante la gestación puede mejorar la capacidad de las cerdas para afrontar los estados sensoriales y emocionales durante el parto. Si bien la relación entre el cortisol y la percepción de dolor en muchas especies animales, incluida el humano, no es del todo claro (Van Aken et al., 2018), todo parece indicar que el incremento en las concentraciones de cortisol es una consecuencia del dolor y no una causa (Rushen y Ladewig, 1991). Dado que en nuestro estudio las cerdas sin EA expresaron mayores concentraciones de cortisol, así como un mayor número de conductas asociadas al dolor y a la ansiedad, parece lógico pensar que el EA mejora la capacidad de las cerdas para afrontar las limitaciones sensoriales, sociales y espaciales durante la gestación, así como el dolor y ansiedad durante parto.

Para mejorar nuestro entendimiento sobre el mecanismo mediante el cual el EA mejora la respuesta de la cerda al parto, en el futuro será importante determinar si los beneficios del EA al parto están mediados por hormonas como el cortisol, la prolactina y la oxitocina, o incluso por otros neurotransmisores como opioides y cannabinoides los cuales tienen propiedades analgésicas (Ruediger y Schulze, 2012; Corder et al., 2018).

## Conclusión

En conclusión, podemos decir que las cerdas que recibieron EA durante la gestación expresaron niveles más bajos de cortisol en sangre comparado con las cerdas que no recibieron EA. Además, las cerdas que recibieron EA expresaron un menor número de com-

portamientos asociados al dolor, estrés y ansiedad durante el parto, sin que se observaran cambios en los parámetros productivos. Esto puede significar que el EA es capaz de disminuir el estrés y los estados emocionales negativos en las cerdas. En conjunto, nuestros resultados sugieren que el EA es una buena estrategia para aminorar los efectos negativos del cautiverio en animales destinados a la producción. En el futuro será importante explorar el efecto del EA en cerdas gestantes sobre el desarrollo y maduración de sus lechones, así como su desempeño productivo a lo largo de su vida. Mejorar nuestro entendimiento sobre este comportamiento nos permitirá realizar un aprovechamiento ético de los animales garantizando su bienestar.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer al grupo PRODASINCO y especialmente a la granja "Piedra negra", por su contribución en el desarrollo del protocolo experimental, así como a los trabajadores encargados del cuidado de los animales.

## Referencias bibliográficas

- Anil L, Anil SS, Deen J, Baidoo SK (2006a). Cortisol, behavioral responses, and injury scores of sows housed in gestation stalls. *Journal of Swine Health and Production* 14(4): 196-201.
- Anil L, Anil SS, Deen J, Baidoo SK, Walker RD (2006b). Effect of group size and structure on the welfare and performance of pregnant sows in pens with electronic sow feeders. *Canadian Journal of Veterinary Research* 70(2): 128-136.
- Barnett JL, Hemsforth PH, Cronin GM, Jongman EC, Hutson GD (2001). A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. *Australian Journal of Agricultural Research* 52(1): 1-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/AR00057>.

- Beattie V, O'Connell N, Moss B (2000). Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livestock Production Science* 65(1-2): 71-79. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00179-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00179-7).
- Broom DM, Mendl MT, Zanella AJ (2010). A comparison of the welfare of sows in different housing conditions. *Animal Science* 61(2): 369-385. <https://doi.org/10.1017/S1357729800013928>.
- Carroll GA, Boyle LA, Hanlon A, Palmer MA, Collins L, Griffin K, Armstrong D, O'Connell NE (2018). Identifying physiological measures of lifetime welfare status in pigs: exploring the usefulness of haptoglobin, C-reactive protein and hair cortisol sampled at the time of slaughter. *Irish Veterinary Journal* 71(1): 8. <https://doi.org/10.1186/s13620-018-0118-0>.
- Casal-Plana N, Manteca X, Dalmau A, Fábrega E (2017). Influence of enrichment material and herbal compounds in the behaviour and performance of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 195: 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.06.002>.
- Corder G, Castro DC, Bruchas MR, Scherrer G (2018). Endogenous and exogenous opioids in pain. *Annual Review of Neuroscience* 41(1): 453-473. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-080317-061522>.
- Chamove AS, Moodie EM (1990). Are alarming events good for captive monkeys? *Applied Animal Behaviour Science* 27(1): 169-176. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90016-7).
- Chapinal N, Ruiz de la Torre JL, Cerisuelo A, Gasa J, Baucells MD, Coma J, Vidal A, Manteca X (2010). Evaluation of welfare and productivity in pregnant sows kept in stalls or in 2 different group housing systems. *Journal of Veterinary Behavior* 5(2): 82-93. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2009.09.046>.
- Charmandari E, Tsigos C, Chrousos G (2005). Endocrinology of the stress response. *Annual Review of Physiology* 67: 259-284. <https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.67.040403.120816>.
- Chrousos P (2009). Stress and disorders of the stress system. *Nature Reviews Endocrinology* 5(7): 374-381. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2009.106>
- Douglas C, Bateson M, Walsh C, Bédoué A, Edwards SA (2012). Environmental enrichment induces optimistic cognitive biases in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 139(1): 65-73. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.018>
- Ekkel ED, Savenije B, Schouten GP, Tielen MJM (1996). Health, welfare, and productivity of pigs housed under specific-stress-free conditions in comparison with two-site systems. *Journal of Animal Science* 74(9): 2081-2087. <https://doi.org/10.2527/1996.7492081x>.
- Espejo-Beristáin G, Paredes-Ramos P, Ahuja-Aguirre C, Carrasco-García AA, Naranjo-Chacón (2020). Efecto del enriquecimiento ambiental sobre el desempeño de lechones en pruebas de ansiedad. *Revista Bio Ciencias* 7: e789. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e789>.
- Gadd J (2011). *Modern pig production technology: a practical guide to profit*. Nottingham University Press. 600 pp.
- García E (1988). Distribución de los grupos climáticos de Köppen en México. En: *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Primera parte, 276 pp. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 4a Ed. México DF.
- Ison SH, Jarvis S, Rutherford KMD (2016). The identification of potential behavioural indicators of pain in periparturient sows. *Research in Veterinary Science* 109: 114-120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.10.002>.
- Ison H, Jarvis S, Hall, Ashworth J, Rutherford D (2018). Periparturient behavior and physiology: further insight into the farrowing process for primiparous and multiparous sows [Original Research]. *Frontiers in Veterinary Science* 5: 122. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00122>.
- Luo L, Jansen CA, Bolhuis JE, Arts JAJ, Kemp B, Parmentier HK (2020). Early and later life environmental enrichment affect specific antibody responses and blood leukocyte subpopulations in pigs. *Physiology & Behavior* 217: 112799. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112799>.
- Matteri RL, Carroll JA, Dyer CJ (2000). Neuroendocrine responses to stress. En: *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Welfare* (Ed. Moberg GP, Mench JA), pp. 43-76. CABI Publishing, Oxford, UK.

- Mellor D, Cook C, Stafford K (2000). Quantifying some responses to pain as a stressor. En: *Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Welfare* (Ed. Moberg GP, Mench JA), 171-198. CABI Publishing, Oxford, UK.
- Mormède P, Andanson S, Aupérin B, Beerda B, Guémené D, Malmkvist J, Manteca X, Mantouffier G, Prunet P, Reenen CG, Richard S, Veissier I (2007). Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior* 92(3): 317-339. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.12.003>.
- Newberry R (1995). Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science* 44(2): 229-243. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00616-Z](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00616-Z).
- Oliviero C, Heinonen M, Valros A, Hälli O, Peltoniemi O (2008). Effect of the environment on the physiology of the sow during late pregnancy, farrowing and early lactation. *Animal Reproduction Science* 105(3): 365-377. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.03.015>.
- Oostindjer M, Bolhuis J, Mendl M, Held S, Gerrits W, van den Brand H, Kemp B (2010). Effects of environmental enrichment and loose housing of lactating sows on piglet performance before and after weaning. *Journal of Animal Science* 88(11): 3554-3562. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2940>.
- Oostindjer M, van den Brand H, Kemp B, Bolhuis J (2011). Effects of environmental enrichment and loose housing of lactating sows on piglet behaviour before and after weaning. *Applied Animal Behaviour Science* 134(1): 31-41. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.06.011>.
- Reimert I, Fong S, Rodenburg T, Bolhuis J (2017). Emotional states and emotional contagion in pigs after exposure to a positive and negative treatment. *Applied Animal Behaviour Science* 193: 37-42. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.03.009>.
- Rhodes RT, Appleby MC, Chinn K, Douglas L, Firkins LD, Houpt KA, Irwin C, McGlone JJ, Sundberg P, Tokach L, Wills RW (2005). A comprehensive review of housing for pregnant sows. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 227(10): 1580-1590. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.227.1580>.
- Romero LM, Reed JM (2005). Collecting baseline corticosterone samples in the field: is under 3 min good enough? *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 140(1): 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2004.11.004>.
- Ruediger K, Schulze M (2012). Post-farrowing stress management in sows by administration of azaperone: Effects on piglets performance. *Journal of Animal Science* 90(7): 2331-2336. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4661>.
- Rushen J, Ladewig J (1991). Stress-induced hypoalgesia and opioid inhibition of pigs' responses to restraint. *Physiology & Behavior* 50(6): 1093-1096. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(91\)90566-7](https://doi.org/10.1016/0031-9384(91)90566-7).
- Shepherdson D (1989). Environmental enrichment: Measuring the behaviour of animals. *RATEL: Journal of the Association of British Wild Animal Keepers* 16: 134-139.
- Tatemoto P, Bernardino T, Alves L, de Oliveira Souza AC, Palme R, Zanella AJ (2019). Environmental enrichment for pregnant sows modulates HPA-axis and behavior in the offspring. *Applied Animal Behaviour Science* 220: 104854. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104854>.
- Thomsson O, Bergqvist A, Sjunnesson Y, Eliasson-Selling L, Lundeheim N, Magnusson U (2015). Aggression and cortisol levels in three different group housing routines for lactating sows. *Acta Veterinaria Scandinavica* 57(1): 9. <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0101-7>.
- USDA-FAS (2019). *Livestock and Poultry: World Markets and Trade*.
- Van Aken M, Oosterman J, van Rijn T, Ferdek M, Ruigt G, Kozicz T, Braat D, Peeters A, Nap A (2018). Hair cortisol and the relationship with chronic pain and quality of life in endometriosis patients. *Psychoneuroendocrinology* 89: 216-222. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.01.001>.
- Van de Weerd HA, Day JEL (2009). A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science* 116(1): 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.08.001>.
- Young R (2003). *Environmental Enrichment for Captive Animals*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

(Aceptado para publicación el 26 de enero de 2022)