



Agronomía Mesoamericana
ISSN: 2215-3608
pccmca@gmail.com
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Suplementación de extracto de *Cynara scolymus* L. y betaína en cerdas durante la lactancia ¹

Astúa-Ureña, Maikol; Cascante-Viquez, Daniela María; Rodríguez-Campos, Luis Alejandro; Salazar-Villanea, Sergio

Suplementación de extracto de *Cynara scolymus* L. y betaína en cerdas durante la lactancia ¹

Agronomía Mesoamericana, vol. 34, núm. 2, 50965, 2023

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43774024003>

DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.50965>

© 2023 Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr, pccmca@gmail.com



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Suplementación de extracto de *Cynara scolymus* L. y betaína en cerdas durante la lactancia ¹

Cynara scolymus L. extract and betaine supplementation in sows during lactation

Maikol Astúa-Ureña

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

maikol.astua@ucr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-4513-8017>

DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.50965>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43774024003>

id=43774024003

Daniela María Cascante-Viquez

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

danielacv-13@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1779-70909>

Luis Alejandro Rodríguez-Campos

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

lalejandrorodriguez@yahoo.es

 <https://orcid.org/0000-0002-9382-5401>

Sergio Salazar-Villanea

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

sergio.salazarvillanea@ucr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-0332-6263>

Recepción: 10 Mayo 2022

Aprobación: 18 Agosto 2022

RESUMEN:

Introducción. La cerda moderna tiene la capacidad genética de producir un mayor número de lechones por camada y una mayor producción de leche, lo que conlleva que el animal tenga mayores requerimientos de nutrientes. **Objetivo.** Evaluar el desempeño productivo de las cerdas y su progenie a la suplementación de un producto comercial a base de extracto seco de alcuacil (*Cynara scolymus*) e hidrocloreto de betaína durante el período de lactancia. **Materiales y métodos.** El estudio se llevó a cabo durante el primer semestre del año 2020, en la provincia de Limón, Costa Rica. Se utilizaron un total de 42 cerdas en etapa de lactancia que fueron distribuidas en tres tratamientos: dieta control (T1), dieta control + 0,25 kg τ^{-1} de producto comercial (T2) y dieta control + 0,50 kg τ^{-1} de producto comercial (T3), todos los tratamientos fueron isoproteicos e isoenergéticos. **Resultados.** La inclusión del aditivo mostró una tendencia a la mejora ($p=0,09$) de los parámetros evaluados en la cerda. La pérdida de condición corporal al final de la lactancia fue menor ($p=0,03$) en T2, mientras que la suplementación con 0,50 kg τ^{-1} de producto comercial presentó resultados intermedios. Los parámetros evaluados en la camada (peso al destete, ganancia de peso y cantidad de lechones destetados por cerda) no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos. **Conclusión.** El uso del aditivo mostró una tendencia a mejorar el consumo de alimento en la cerda durante la etapa de lactancia, lo que disminuyó las pérdidas de peso y condición corporal durante este periodo. La inclusión del aditivo no mejoró el desempeño productivo de los lechones.

PALABRAS CLAVE: nutrición animal, desempeño animal, alimentación en cerdas, lechones.

ABSTRACT:

NOTAS DE AUTOR

maikol.astua@ucr.ac.cr

Introduction. The modern sow has the genetic capacity to produce a greater number of piglets per litter and a higher milk production, which means that the animal has higher nutrient requirements. **Objective.** To evaluate the performance of sows and their progeny to the supplementation of a commercial product based on artichoke dry extract (*Cynara scolymus*) and betaine hydrochloride during the lactation period. **Materials and methods.** The study was carried out during the first semester of 2020, in the province of Limón, Costa Rica. A total of 42 lactating sows were used and distributed in three treatments: control diet (T1), control diet + 0.25 kg τ^{-1} of commercial product (T2), and control diet + 0.50 kg τ^{-1} of commercial product (T3); the diets were isoproteic and isocaloric. **Results.** The inclusion of the additive showed a tendency to improve ($p=0.09$) the parameters evaluated in the sow. Body condition score loss was lower ($p=0.03$) with the T2, while supplementation with 0.50 kg τ^{-1} presented intermediate results. There were no significant differences ($p>0.05$) between treatments for the parameters evaluated in the litters (weaning weight, weight gain, and number of weaned piglets by sow). **Conclusion.** The use of the additive showed a tendency to improve feed intake in the sow during the lactation period, reducing body weight loss and corporal condition during this period. The inclusion of the additive did not improve the performance in the piglets.

KEYWORDS: animal nutrition, animal performance, sow feeding, piglets.

INTRODUCCIÓN

La mejora genética continua en la porcicultura ha logrado que la cerda (*Sus scrofa* (doméstica) L.) sea un animal con la capacidad de producir mayor número de lechones por camada y mayor producción láctea, sin embargo, la cerda presenta una menor grasa dorsal acompañada por una mayor habilidad de ganar peso magro (Costermans et al., 2020).

La lactancia de la cerda es una etapa fisiológica corta (21-38 días), pero es una etapa de alto desafío para el metabolismo hepático (Gessner et al., 2015), debido a los elevados requerimientos para producción de leche acompañados de una ingesta de nutrientes limitada (Kim et al., 2013). Esta condición genera que el animal se encuentre en un balance energético negativo y entre en un estado de catabolismo, lo cual conlleva la movilización de reservas corporales. Este estado es precursor de generación de especies reactivas de oxígeno (radicales libres), lo que tiene un efecto negativo sobre la producción de leche y respuesta reproductiva, lo cual disminuye la longevidad del animal (Berchieri-Ronchi et al., 2011; Kim et al., 2013). Además, en los sistemas de producción porcina que se desarrollan bajo condiciones tropicales es común que los animales sufran de estrés calórico, lo cual limita su consumo de alimento (Williams et al., 2013) y agrava el balance energético negativo durante el período de lactancia.

Los aditivos en las dietas tienen diferentes funciones, desde una mejora de la calidad de la dieta a una mejora en los procesos digestivos, cuyo objetivo en común es aprovechar al máximo el potencial genético del animal. Entre los aditivos más comunes se encuentran las enzimas, los ácidos orgánicos, los prebióticos, los probióticos y los extractos de plantas (Radzikowski & Milczarek, 2021).

La betaína es un compuesto natural derivado de la glicina, el cual se encuentra de forma natural en plantas como la remolacha azucarera (Radzikowski & Milczarek, 2021) o sintetizada como hidrocloreto de betaína. Este aditivo es un donador de grupos metilos, con funciones de osmoprotector (Eklund et al., 2005), que aumenta la retención de agua en las células y ayuda a la función de las bombas iónicas (Ramis et al., 2011). Por ende, la betaína tiene participación en el metabolismo energético y proteico (Eklund et al., 2005), por lo que se le ha atribuido usos terapéuticos sobre enfermedades hepáticas (Kempson et al., 2013).

La alcucil (*Cynara scolymus*) es una planta que aporta compuestos bioactivos como los polifenoles (ácido clorogénico y cinarina) y flavonoides (luteolina, apigenina y otros glucósidos) (Salem et al., 2015; Wang et al., 2003). Entre sus principales funciones se encuentra la capacidad antioxidante (Salekzamani et al., 2019), hepatoprotectora (efectos colagogos y coleréticos), asociado a una mejora del aprovechamiento de las grasas y un aumento en la producción y concentración de bilis (Martínez et al., 2018).

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta productiva de las cerdas y su progenie a la suplementación de un producto comercial a base de extracto seco de alcucil (*Cynara scolymus*) e hidrocloreto de betaína durante el período de lactancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones generales

El experimento se llevó a cabo en una granja comercial de 750 vientres de cerdas, ubicada en la provincia de Limón, Costa Rica, durante el primer semestre del año 2020. La granja se encuentra a una altura de 78 m s. n. m., con temperaturas entre los 24 °C y 32 °C y humedad relativa promedio del 88 % (Weather Sark, 2021).

Animales y materiales

Se utilizaron 42 cerdas multíparas (3-7 partos) de una base genética de la línea TN60, de la casa genética Topigs-Norsvin. Las cerdas se distribuyeron en tres tratamientos (catorce animales/tratamiento) y alojadas en parideras individuales. Cada cerda y su camada se consideraron como una unidad experimental independiente.

Las camadas se homogenizaron antes de las 48 h de vida, con base en el peso de nacimiento y número de animales. Se obtuvieron camadas de doce lechones con tres diferentes pesos promedios (1,3 kg, 0,9-1,3 kg y <0,9 kg). En cada tratamiento se evaluaron cinco repeticiones de las camadas 1,3 kg y 0,9-1,3 kg por lechón y cuatro repeticiones para camadas de <0,9 kg/lechón.

La alimentación se realizó dos veces al día (mañana y tarde). Durante los primeros tres días post-parto, las cerdas se alimentaron de forma restringida (3 kg/día) y de los tres a los veinticuatro días (final de lactancia) el consumo fue ad libitum.

La composición cuantitativa del producto evaluado a base de extracto seco de alcuacil (*Cynara scolymus*) e hidrocloreto de betaína, se puede observar en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Composición nutricional del producto comercial suplementado. Limón, Costa Rica. 2020.

Ítem	Valor reportado (%)
Humedad (máximo)	12,00
Betaina HCL (mínimo)	7,50
Ácido clorogénico (mínimo)	0,10
Calcio (mínimo)	2,50
Calcio (máximo)	3,50
Fósforo (mínimo)	0,05
Sepiolita (vehículo c.s.p)	100,00

Fuente / Source: Dirección de Alimentos para Animales (2022).

Table 1. Nutritional composition of the supplemented commercial product. Limón, Costa Rica. 2020.
Dirección de Alimentos para Animales (2022)

Diseño experimental

El experimento consistía en una dieta control, la dieta control + producto comercial en una inclusión de 0,25 kg t⁻¹ (dosis recomendada) y la dieta control + producto comercial en una inclusión del 0,50 kg t⁻¹. La composición cuantitativa y nutricional de las dietas se muestra en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Composición cuantitativa-cualitativa de la dieta utilizada para evaluar el desempeño productivo de las cerdas (*Sus scrofa* (doméstica) L.) línea TN60 y su progenie. Limón, Costa Rica. 2020.

Ingrediente	Dieta control (%)
Maíz	51,90
Harina de soya	31,90
Salvadillo de trigo	5,50
Aceite de soya	5,40
Melaza	1,00
Carbonato de calcio	0,60
Premix	2,50
Sal	0,60
Secuestrante de micotoxinas	0,40
Bacitracina	0,08
Producto comercial*	0,00
Composición nutricional (calculada)	
Proteína cruda (%)	19,70
Extracto etéreo (%)	7,80
Fibra cruda (%)	0,10
Energía digestible (kcal/kg)	3575,00

*Se incluyó según corresponde en las dietas en los niveles de 0 kg t⁻¹, 0,25 kg t⁻¹ y 0,50 kg t⁻¹. / *It was included according to the diet at the levels of 0 kg t⁻¹, 0.25 kg t⁻¹, and 0.50 kg t⁻¹.

Table 2. Quantitative-qualitative composition of the diet used to evaluate the productive performance of sows (*Sus scrofa* (doméstica) L.) line TN60 and its progeny. Limón, Costa Rica. 2020.

Variables evaluadas

El consumo de alimento se estimó por diferencia entre los kg ofrecidos y los kg de rechazo en el comedero, esta variable se midió a diario, con una báscula electrónica con una desviación de ± 1 g.

Las cerdas se pesaron al parto y al final de la lactancia, por diferencia se registró la pérdida de peso durante la etapa. Los pesajes se realizaron con una báscula electrónica con una desviación de $\pm 0,50$ kg. Además, se determinó a las cerdas la condición corporal al parto y al final de la lactancia, con una escala del 1-5, donde 1 fueron cerdas muy delgadas, 5 cerdas muy gordas y 3 el nivel óptimo. La evaluación se realizó mediante la observación visual y siempre la realizó la misma persona.

Los lechones se pesaron al nacimiento y al destete. Al nacimiento los pesajes se realizaron de forma individual, con una báscula electrónica con una desviación de ± 1 g. Al destete el pesaje se hizo por camada, con una báscula electrónica con una desviación de $\pm 0,50$ kg. Luego se calculó la ganancia diaria de peso por diferencia entre el peso de nacimiento y el peso a destete.

Análisis estadístico

Para el análisis de las variables se ajustaron modelos lineales generales [función `lm()` de R versión 4.0.4 (R Core Team, 2020)]. Las variables peso final y pérdida porcentual de peso se analizaron con un modelo lineal generalizado con base en una distribución t de Student con grados de libertad y parámetro de escala ajustados a partir de los datos. Este modelo se ajustó mediante la función `gam()` del paquete `mgcv` (Wood, 2017), que es un complemento de R (R Core Team, 2020).

Para las variables peso final, porcentaje de pérdida de peso, condición corporal final, porcentaje de pérdida de condición corporal, y consumo de alimento de la cerda, se utilizaron como covariables el peso inicial, la

duración de la lactancia, la cantidad de lechones asignados y el peso promedio de los lechones asignados. Para los parámetros zootécnicos de los lechones (peso al destete, ganancia diaria de peso y número de lechones destetados) no se utilizó la covariable de peso inicial de la cerda.

Para determinar diferencias significativas se utilizó un valor de significancia del 0,05, valores p entre 0,05 y 0,1 se consideraron como tendencia.

RESULTADOS

Consumo de alimento

El uso del producto comercial mostró una tendencia ($p=0,09$) al aumento del 6,70 % en el consumo diario de alimento de la cerda. La inclusión del aditivo en $0,25 \text{ kg t}^{-1}$, reflejó una mayor tendencia de consumo con respecto a la suplementación con $0,50 \text{ kg t}^{-1}$, lo que indica que el uso del producto referente a una dieta control presentó una respuesta cuadrática (Cuadro 3).

CUADRO 3

Efecto de la inclusión del producto comercial a base de extracto seco de alcuacil (*Cynara scolymus*) e hidrocloreuro de betaína, sobre variables de interés en la cerda (*Sus scrofa* (doméstica) L.). Limón, Costa Rica. 2020.

Variable	Control	0,25 kg t ⁻¹	0,50 kg t ⁻¹	Error estándar	Valor-p	Contraste lineal Valor-p	Contraste cuadrática Valor-p
Peso inicial (kg)	245,36	249,38	248,10	23,31	0,89	-	-
Consumo diario (kg)	4,63	5,06	4,83	0,08	0,09	0,32	0,05
Peso final (kg)	230,87 a	239,62 b	237,82 ab	1,25	0,01	0,02	0,04
Pérdida de peso (%)	6,80	3,68	4,28	0,60	0,06	0,08	0,13
Condición corporal inicial	3,96	4,05	3,97	0,12	0,97	-	-
Condición corporal final	2,97a	3,49 b	3,19 ab	0,08	0,03	0,23	0,02
Pérdida de condición corporal (%)	25,25 a	12,11 b	18,96 ab	2,05	0,03	0,19	0,02

a, b: letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p<0,05$). / a, b: different letters between columns indicate significant differences ($p<0,05$).

Table 3. Effect of the inclusion of the commercial product based on dry extract of alcuacil (*Cynara scolymus*) and betaine hydrochloride on variables of interest in the sow (*Sus scrofa* (doméstica) L.). Limón, Costa Rica. 2020.

Peso de la cerda y porcentaje de pérdida de peso

No hubo diferencias entre los tratamientos en el peso inicial al momento del parto, mientras que, en el peso de salida de lactancia, la inclusión del aditivo tuvo un efecto cuadrático, por ende, los animales que estaban suplementados con el producto comercial a una dosis de $0,25 \text{ kg t}^{-1}$, presentaron mayor peso de salida de lactancia. La pérdida porcentual de peso corporal tendió ($p=0,06$) a ser menor en los tratamientos suplementados con el producto comercial (Cuadro 3).

Condición corporal

Las cerdas alimentadas con la dieta control tuvieron una menor condición corporal ($p=0,03$) al término de la lactancia (Cuadro 3), respecto a la dieta suplementada con $0,25 \text{ kg t}^{-1}$ con el producto comercial, mientras que la suplementación de $0,50 \text{ kg t}^{-1}$ tuvo resultados intermedios.

Parámetros productivos de la camada

La respuesta productiva de la camada a la suplementación del producto comercial en la dieta de cerdas en lactancia se observa en el Cuadro 4. Las variables peso al destete, ganancia de peso y cantidad de destetados no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos.

CUADRO 4

Efecto de la inclusión del producto comercial a base de extracto seco de alcuacil (*Cynara scolymus*) e hidrocloreto de betaína, en la dieta de lactancia sobre el rendimiento productivo de la camada de cerdas (*Sus scrofa* (doméstica) L.) línea TN60. Limón, Costa Rica. 2020.

Variable	Control	0,25 kg t ⁻¹	0,50 kg t ⁻¹	Error estándar	Valor-p
Peso al destete (kg)	5,71	5,68	5,38	0,12	0,37
Ganancia de peso diaria (g)	180	180	170	0,01	0,32
Cantidad destetados	10,62	10,43	10,52	0,16	0,88

Table 4. Effect of the inclusion of the commercial product based on dry extract of alcuacil (*Cynara scolymus*) and betaine hydrochloride in the lactation diet on the productive performance of the litter of the sows' (*Sus scrofa* (doméstica) L.) line TN60. Limón, Costa Rica. 2020.

DISCUSIÓN

Los consumos observados (Cuadro 3) fueron menores en todos los tratamientos con respecto a lo reportado por Hawe et al. (2020) y De Bettio et al. (2015), los cuales obtuvieron consumos diarios entre 6,2 a 7,9 kg y 6,4 kg, respectivamente, y cercano a los valores reportados (4,9 kg/día) por Sulabo et al. (2010). Este consumo reducido de los animales, se pudo deber a un factor ambiental y una condición corporal al momento del parto por encima del nivel óptimo, el cual en una escala del 1-5 es 3, mientras que los animales evaluados presentaron una condición corporal al parto en promedio de 4, ya que, estos factores junto con el número del parto, tamaño de la camada y genotipo del animal, son los que tiene mayor impacto sobre el consumo voluntario del animal (Eissen et al., 2000).

La respuesta cuadrática a la inclusión de los niveles de producto comercial, puede estar asociada a los beneficios dietéticos del extracto de alcuacil, ya que disminuye los niveles de leptina y aumenta los niveles de adiponectina, lo cual implica que el animal moviliza mayor cantidad de grasas de sus reservas y mejora en el uso de la energía de la dieta (Mohamed et al., 2013).

La inulina es un compuesto que se encuentra en la planta de *Cynara scolymus* (Leroy et al., 2010). Este compuesto es fermentado por la microbiota intestinal y se obtienen como subproductos ácidos grasos de cadena corta (SCFA), por lo que es considerado fibra fermentable (Weitkunat et al., 2017). Los SCFA aumentan la saciedad del animal (Byrne et al., 2015), en especial el butirato (Singh & Chelikani, 2019), lo cual podría explicar la disminución del consumo al aumentar el nivel de suplementación de producto comercial ensayado.

La respuesta en el consumo de los animales no puede atribuirse al componente betaína en el producto comercial, ya que en la literatura se han reportado respuestas variables, por ejemplo, Mendoza et al. (2020) y Ramis et al. (2011) reportaron una disminución del consumo al usar 0,20 % de betaína durante los meses de verano, mientras que Cabezón et al. (2016), indicaron que el uso de betaína mejoró el consumo de cerdas en lactancia durante el verano.

La tendencia a la disminución de pérdida de peso de los animales suplementados, se pudo deber a que la betaína aumenta la capacidad de retención de agua y mejora la función de la bomba de Na/K, lo que involucra que haya un menor consumo de energía para lograr homeostasis y por ende, mayor disponibilidad energética para la producción (Fu et al., 2021). En un trabajo realizado por Cabezón et al. (2016), reportaron que las cerdas de segundo parto tuvieron una menor pérdida de peso cuando fueron suplementadas con betaína, igual a lo ocurrido en el presente estudio.

La tendencia a la disminución de la pérdida de peso al incluir el producto comercial, pudo deberse a ese efecto de mayor aprovechamiento de grasas en la dieta y a una mayor funcionalidad del hígado, con

base en que el extracto de alcaucil tiene efectos positivos sobre el metabolismo de grasas y promueve la hepatoprotección. Además, la inclusión de alcaucil en dietas de pollos incrementó la utilización de grasas y energía (Abdo et al., 2007).

Al incrementar el nivel de suplementación del producto comercial se obtuvo un comportamiento cuadrático. Este comportamiento de la condición corporal y la menor pérdida en los tratamientos suplementados, está relacionada con la tendencia a un mayor consumo de las cerdas suplementadas (Cuadro 3), ya que como mencionaron Eissen et al. (2003), las cerdas que tienen mayor consumo en lactancia disminuyen sus pérdidas de peso corporal y grasa dorsal. Sin embargo, en ningún tratamiento se superó el 10 % de pérdida de peso, por lo tanto, se consideran pérdidas aceptables (Clowes et al., 2003).

La suplementación de betaína en un 0,20 % en cerdas en lactancia, produjo camadas 12 % más pesadas que el tratamiento control (Ramis et al., 2011), lo cual difiere de los resultados del presente estudio. En otro estudio no se reportaron diferencias en los parámetros zootécnicos de la camada (Mendoza et al., 2020; Sureshkumar et al., 2021). Las ganancias de peso en el actual experimento estuvieron por debajo de los 200 g/día, por una posible producción baja de leche por parte de la cerda, debido al bajo consumo de alimento (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

El uso del aditivo a base de extracto de alcaucil y betaína a un nivel de inclusión de 0,25 kg t⁻¹ tendió (p=0,09) a mejorar el consumo de alimento de las cerdas durante la etapa de la lactancia, lo que a su vez presentó un beneficio sobre parámetros relacionados como pérdida de peso y condición corporal al finalizar la etapa de lactancia.

Los parámetros evaluados no mejoraron al incluir el doble de la dosis recomendada, lo que permite concluir que la recomendación de la casa comercial representa un nivel técnico viable.

Los parámetros evaluados en lechones no presentaron diferencias significativas en ningunos de los tratamientos evaluados. El uso del aditivo en las dietas de cerdas para la mejora de los parámetros productivos necesita más investigación que involucre la respuesta del animal en la lactancia, el ciclo reproductivo siguiente y su relación con índices de estrés calórico como el caso del índice de temperatura y humedad, para obtener resultados concluyentes sobre el efecto de la combinación de los compuestos encontrados en el aditivo.

REFERENCIAS

- Abdo, Z. M. A., Radwan, N. L., & Selim, N. A. (2007). The effect of artichoke leaves meal on the utilization of dietary energy for broiler chicks. *International Journal of Poultry Science*, 6(12), 973–982. <https://doi.org/10.3923/ijps.2007.973.982>
- Berchieri-Ronchi, C. B., Kim, S. W., Zhao, Y., Correa, C. R., Yeum, K. -J., & Ferreira, A. L. A. (2011). Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation. *Animal*, 5(11), 1774–1779. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000772>
- Byrne, C. S., Chambers, E. S., Morrison, D. J., & Frost, G. (2015). The role of short chain fatty acids in appetite regulation and energy homeostasis. *International Journal of Obesity*, 39, 1331–1338. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.84>
- Cabezón, F. A., Schinckel, A. P., Richert, B. T., Stewart, K. R., Gandarillas, M., Pasache, M., & Peralta, W. A. (2016). Effect of betaine supplementation during summer on sow lactation and subsequent farrowing performance. *The Professional Animal Scientist*, 32(5), 698–706. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01532>
- Clowes, E. J., Aherne, F. X., Foxcroft, G. R., & Baracos, V. E. (2003). Selective protein loss in lactating sows is associated with reduced litter growth and ovarian function. *Journal of Animal Science*, 81(3), 753–764. <https://doi.org/10.2527/2003.813753x>

- Costermans, N. G. J., Soede, N. M., Middelkoop, A., Laurensen, B. F. A., Koopmanschap, R. E., Zak, L. J., Knol, E. F., Keijer, J., Teerds, K. J., & Kemp, B. (2020). Influence of the metabolic state during lactation on milk production in modern sows. *Animal*, 14(12), 2543–2553. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001536>
- De Bettio, S., Maiorka, A., Barrilli, L. N. E., Bergsma, R., & Silva, B. A. N. (2015). Impact of feed restriction on the performance of highly prolific lactating sows and its effect on the subsequent lactation. *Animal*, 10(3), 396–402. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002001>
- Dirección de Alimentos para Animales. (2022). *Consulta oficial de establecimientos*. Servicio Nacional de Salud Animal. https://sis.senasa.go.cr/daasire/Empresa/Empresa_publica?filtrar=igusol
- Eissen, J. J., Apeldoorn, E. J., Kanis, E., Verstegen, M. W. A., & de Greef, K. H. (2003). The importance of a high feed intake during lactation of primiparous sows nursing large litters. *Journal of Animal Science*, 81(3), 594–603. <https://doi.org/10.2527/2003.813594x>
- Eissen, J. J., Kanis, E., & Kemp, B. (2000). Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. *Livestock Production Science*, 64(2–3), 147–165. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00153-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00153-0)
- Eklund, M., Bauer, E., Wamatu, J., & Mosenthin, R. (2005). Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutrition Research Reviews*, 18(1), 31–48. <https://doi.org/10.1079/nrr200493>
- Fu, R., Wang, Q., Kong, C., Liu, K., Si, H., & Sui, S. (2021). Mechanism of action and the uses betaine in pig production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 106(3), 528–536. <https://doi.org/10.1111/jpn.13633>
- Gessner, D. K., Gröne, B., Rosenbaum, S., Most, E., Hillen, S., Becker, S., Erhardt, G., Reiner, G., Ringseis, R., & Eder, K. (2015). Effect of a negative energy balance induced by feed restriction on pro-inflammatory and endoplasmic reticulum stress signalling pathways in the liver and skeletal muscle of lactating sows. *Archives of Animal Nutrition*, 69(5), 411–423. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2015.1075670>
- Hawe, S. J., Scollan, N., Gordon, A., & Magowan, E. (2020). Impact of sow lactation feed intake on the growth and suckling behavior of low and average birthweight pigs to 10 weeks of age. *Translational Animal Science*, 4(2), 655–665. <https://doi.org/10.1093/TAS/TXAA057>
- Kempson, S. A., Vovor-Dassu, K., & Day, C. (2013). Betaine transport in kidney and liver: User of betaine in liver injury. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 32(suppl, 1), 32–40. <https://doi.org/10.1159/000356622>
- Kim, S. W., Weaver, A. C., Shen, Y. B., & Zhao, Y. (2013). Improving efficiency of sow productivity: nutrition and health. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4, Article 26. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-26>
- Leroy, G., Grongnet, J. F., Mabeau, S., Le Corre, D., & Baty-Julien, C. (2010). Changes in inulin and soluble sugar concentration in artichokes (*Cynara scolymus* L.) during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(7), 1203–1209. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3948>
- Martínez, G., Diéguez, S. N., Rodríguez, E., Decundo, J. M., Romanelli, A., Fernández Paggi, M. B., Pérez Gaudio, D. S., Amanto, F. A., & Soraci, A. L. (2018). Effect of *Cynara scolymus* and *Silybum marianum* extracts on bile production in pigs. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 1059–1063. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1456441>
- Mendoza, S. M., Boyd, R. D., Remus, J., Wilcock, P., Martinez, G. E., & van Heugten, E. (2020). Sow performance in response to natural betaine fed during lactation and post-weaning during summer and non-summer months. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, Article 69. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00471-0>
- Mohamed, S. H., Ahmed, H. H., Farrag, A. R. H., Abdel-Azim, N. S., & Shahat, A. A. (2013). *Cynara scolymus* for relieving on nonalcoholic steatohepatitis induced in rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(1), 57–66.
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Radzikowski, D., & Milczarek, A. (2021). Selected feed additives used in pig nutrition. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1), 54–65. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/22.1.2927>

- Ramis, G., Evangelista, J. N. B., Quereda, J. J., Pallarés, F. J., De La Fuente, J. M., & Muñoz, A. (2011). Use of betaine in gilts and sows during lactation: Effects on milk quality, reproductive parameters, and piglet performance. *Journal of Swine Health and Production*, 19(4), 226–232. <https://www.aasv.org/shap/issues/v19n4/v19n4p226.html>
- Salekzamani, S., Ebrahimi-Mameghani, M., & Rezazadeh, K. (2019). The antioxidant activity of artichoke (*Cynara scolymus*): A systematic review and meta-analysis of animal studies. *Phytotherapy Research*, 33(1), 55–71. <https://doi.org/10.1002/ptr.6213>
- Salem, M. B., Affes, H., Ksouda, K., Dhoubi, R., Sahnoun, Z., Hammami, S., & Zeghal, K. M. (2015). Pharmacological Studies of Artichoke Leaf Extract and Their Health Benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70, 441–453. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0503-8>
- Singh, A., & Chelikani, P. (2019). Peptide YY mediates the satiety effects of the short chain fatty acid-butyrate (P08-004-19). *Current Developments in Nutrition*, 3(Supplement 1), Article nzz044.P08-004-19. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzz044.P08-004-19>
- Sulabo, R. C., Jacela, J. Y., Tokach, M. D., Dritz, S. S., Goodband, R. D., DeRouchey, J. M., & Nelssen, J. L. (2010). Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. *Journal of Animal Science*, 88(9), 3145–3153. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2131>
- Sureshkumar, S., Baek, D. H., & Kim, I. H. (2021). Influences of betaine supplementation on growth performance and fecal score in sows and their piglets fed a corn soybean meal-based diet. *Korean Journal of Agricultural Science*, 48(1), 1–9. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200030>
- Wang, M., Simon, J. E., Aviles, I. F., He, K., Zheng, Q. -Y., & Tadmor, Y. (2003). Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 601–608. <https://doi.org/10.1021/jf020792b>
- Weather Sark. (2021). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Siquirres Costa Rica*. <https://bit.ly/3CGvoN3>
- Weitkunat, K., Stuhlmann, C., Postel, A., Rumberger, S., Fankhänel, M., Woting, A., Petzke, K. J., Gohlke, S., Schulz, T. J., Blaut, M., Klaus, S., & Schumann, S. (2017). Short-chain fatty acids and inulin, but not guar gum, prevent diet-induced obesity and insulin resistance through differential mechanisms in mice. *Scientific Reports*, 7, Article 6109. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06447-x>
- Williams, A. M., Safranski, T. J., Spiers, D. E., Eichen, P. A., Coate, E. A., & Lucy, M. C. (2013). Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. *Journal of Animal Science*, 91(6), 2700–2714. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-6055>
- Wood, S. N. (2017). *Generalized additive models: An introduction with r* (2nd ed.). Chapman, & Hall/CRC.

NOTAS

- 1 Este trabajo formó parte del proyecto de graduación (tesis) de la segunda autora para obtener la Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia de la Universidad de Costa Rica.

ENLACE ALTERNATIVO

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index> (html)