

## MEJORA EN PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE LECHONES DE RECRÍA POR SUPLEMENTACIÓN CON HUMATO DE SODIO Y ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO Y CLAVO DE OLOR

*Improvement in productive parameters of growing piglets through supplementation with sodium humate and essential oils of oregano and clove*

**Mozo J<sup>1,2\*</sup>, Martínez G<sup>1,3</sup>, Decundo JM<sup>1,3</sup>, Dieguez SN<sup>1,4</sup>, Amanto FA<sup>2</sup>, Soraci AL<sup>1,3</sup>, Pérez Gaudio DS<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> Lab. de Toxicología, Depto. de Fisiopatología, CIVETAN, FCV-UNCPBA, Tandil, Bs As, Argentina

<sup>2</sup> Depto. de Producción Animal, FCV-UNCPBA, Tandil, Bs As, Argentina

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

<sup>4</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires (CICPBA), Bs As, Argentina

\*E-mail de contacto: jmozo@vet.unicen.edu.ar

### RESUMEN

La búsqueda de estrategias nutricionales que mejoren la salud intestinal y el desempeño productivo de los lechones en la etapa de recría ha cobrado relevancia en un contexto de creciente restricción del uso de antibióticos en forma profiláctica. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres tratamientos dietarios alternativos sobre parámetros productivos en lechones post-destete. Se trabajó con dos réplicas de 400 animales cada una (línea genética Choice Genetic) destetados a los 21 días de vida, distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos (n=100 por grupo por réplica): grupo control con dieta base (T), grupo con adición de inulina (A), grupo con aceites esenciales de orégano y clavo de olor más humato de sodio (B), y grupo con combinación de ambos aditivos (C). El ensayo se realizó hasta los 70 días de vida, evaluándose el consumo de alimento, la ganancia media diaria y la conversión alimenticia. El grupo B presentó el mayor peso entre todos los tratamientos lo que representó una mayor ganancia media diaria y una menor conversión alimenticia al día 70. El grupo A presentó mejoras transitorias en el desempeño productivo hasta los 40 días, las cuales no fueron sostenidas hasta el final del ensayo. En cambio, el grupo C mostró una tendencia similar, aunque sin alcanzar significancia estadística en ninguno de los tiempos testeados. Estos resultados indican que los aceites esenciales de orégano y clavo de olor combinados con humato de sodio, representan estrategias viables para mejorar la conversión alimenticia y el crecimiento en lechones durante la recría, mientras que la suplementación con inulina sola no evidencia un efecto sostenido.

**Palabras clave.** alternativas naturales, fitobióticos, conversión alimenticia, ganancia de peso

### ABSTRACT

The search for nutritional strategies to improve gut health and productive performance in piglets during the rearing phase has gained relevance in the context of increasing restrictions on the prophylactic use of antibiotics. The aim of this study was to evaluate the effect of three alternative dietary treatments on productive parameters in post-weaning piglets. Two replicates of 400 animals each (Choice Genetic line) weaned at 21 days of age were used. Animals were randomly assigned to four groups (100 animals per group per replicate): a control group fed a basal diet (T), a group supplemented with inulin (A), a group receiving essential oils of oregano and clove combined with sodium humate (B), and a group receiving the combination of both additives (C). The trial was conducted until 70 days of age, and feed intake, average daily weight gain, and feed conversion ratio were evaluated. Group B showed the highest final body weight among all treatments, which corresponded to the greatest average daily gain and the lowest feed conversion ratio by day 70. Group A showed transient improvements in productive performance until day 40, which were not sustained through the end of the trial. In contrast, group C exhibited a similar trend, although without reaching statistical significance at any of the time points evaluated. These results suggest that essential oils of oregano and clove combined with sodium humate represent viable strategies to enhance feed efficiency and growth in piglets during the rearing phase, while inulin supplementation alone does not demonstrate a sustained effect.

**Key words.** natural alternatives, phytobiotics, feed conversion, weight gain.

Recibido: abril 2025

Aceptado: mayo 2025

## Introducción

En las últimas tres décadas, la industria porcina ha transitado desde sistemas tradicionales hacia modelos de producción intensiva caracterizados por una alta densidad animal. Esto ha sido posible gracias a avances en salud, nutrición y genética, incluyendo el desarrollo de razas hiperprolíficas que permiten obtener un mayor número de crías por madre, junto con cambios en las prácticas de manejo como el destete precoz (Wu *et al.* 2020). Sin embargo, estas mejoras han planteado nuevos desafíos productivos y sanitarios, especialmente durante el destete, considerado el período más estresante en la vida del lechón, más aún cuando se realiza de forma precoz. En esta etapa, se produce una liberación significativa de cortisol, que puede inducir una inflamación intestinal subclínica crónica, afectando la integridad y funcionalidad del epitelio intestinal. Esto conlleva alteraciones en la homeostasis, reducción en la eficiencia digestiva, incremento de fermentaciones bacterianas indeseadas y menor aprovechamiento de nutrientes, lo que favorece la aparición de diarreas y compromete el bienestar animal (Moeser *et al.* 2017). Además, el sistema inmunológico de los lechones aún se encuentra en desarrollo, lo que incrementa la susceptibilidad a enfermedades y repercute negativamente en indicadores clave como el consumo, la conversión alimenticia (CA) y la ganancia media diaria (GMD) (Heo *et al.* 2013). Debido a estas problemáticas, los antibióticos han sido utilizados históricamente en forma profiláctica, mejorando la productividad al modular la microbiota intestinal y reducir la competencia por nutrientes (Machowska y Stålsby Lundborg, 2019). No obstante, las restricciones regulatorias para frenar la resistencia antimicrobiana, junto con la creciente demanda de los consumidores por sistemas de producción más sostenibles, han incentivado la búsqueda de estrategias alternativas de origen natural.

Entre las alternativas evaluadas, los prebióticos y los aceites esenciales (AE) han mostrado efectos prometedores (Martínez *et al.* 2018, 2019; Dieguez *et al.* 2022). La inulina (IN), un fructooligosacárido con efecto prebiótico, modula favorablemente la microbiota, promoviendo la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), lo que mejora la eficiencia digestiva y la absorción de nutrientes (Dhama *et al.* 2005; Verdonk *et al.* 2005). Por su parte, los AE del orégano (*Lippia origanoides*; Lo) y del clavo de olor (*Eugenia caryophyllata*; Ec) contienen compuestos bioactivos como timol, carvacrol y eugenol, que poseen actividad antimicrobiana y antioxidante, favoreciendo el desempeño productivo (Omonijo *et al.* 2018, 2019). Otro compuesto de interés es el humato de sodio (HS), un derivado de sustancias húmicas con propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y estabilizadoras del pH intestinal. Su capacidad para mejorar la absorción de nutrientes y reducir la incidencia de diarreas ha sido validada en diversas especies productivas, contribuyendo a un mayor peso vivo sin aumentar el consumo de alimento (Sheng-Qun *et al.* 2009; Písařiková *et al.* 2010).

La investigación en estas estrategias alternativas es clave para optimizar la producción porcina en un contexto de reducción del uso de antibióticos, asegurando mejoras en la conversión alimenticia y en el desempeño productivo sin comprometer la salud de los animales. Considerando lo

anteriormente expuesto, el objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto del prebiótico inulina, de los aceites esenciales de orégano y clavo de olor adicionados con humato de sodio, y de la combinación de ambas alternativas, sobre el desempeño productivo de lechones de cría.

## Materiales y Métodos

El ensayo fue llevado a cabo en una granja comercial de cerdos ubicada en el Partido de Tandil, Provincia de Buenos Aires. Se trabajó con un total de 800 lechones clínicamente sanos, de  $21 \pm 2$  días de edad y un peso promedio inicial de  $5,76 \pm 0,05$  kg. El estudio se realizó en dos réplicas independientes de 400 animales cada una. En cada réplica, los animales fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos experimentales (T, A, B y C), con 100 lechones por grupo. De este modo, cada tratamiento contó con un total de 200 lechones (100 por réplica). La alimentación de los grupos se realizó de la siguiente manera: Grupo T: (testigo/control) dieta comercial base (Biofarma SA) sin suplementación de aditivos naturales; Grupo A: dieta comercial base (Biofarma SA) suplementada con inulina a razón de 700 g/tonelada (Promitec®); Grupo B: dieta comercial base (Biofarma SA) suplementada con aceites esenciales de orégano y clavo de olor más humato de sodio, microencapsulados, a razón de 900 g/tonelada (Promitec®), y Grupo C: dieta comercial base (Biofarma SA) suplementada con inulina y aceites esenciales de orégano y clavo de olor más humato de sodio, microencapsulados, a razón de 450 g/tonelada (Promitec®). Este esquema de alimentación y suplementación *ad libitum* se mantuvo desde el destete hasta los 70 días de vida contemplando las cuatro fases nutricionales que involucran la cría, variando además la composición de la dieta base en cuanto a porcentaje de proteína (de 22% a 19%) y energía metabolizable (de 3400 kcal a 3350 kcal). Al finalizar el ensayo se determinaron la GMD, el consumo y la CA, de la siguiente manera:

GMD: Los lechones fueron pesados individualmente el día del destete, a los 40 días de vida y al finalizar la cría. La GMD (kg/día animal) se calculó utilizando los pesos registrados al destete y a los 70 días de vida. Los resultados se expresaron como promedio  $\pm$  DE para cada grupo.

Consumo: Se evaluó el consumo promedio acumulado en los 49 días de ensayo (kg consumidos/animal). Para evaluar se registró la cantidad de alimento que recibieron los distintos grupos en cada réplica, y, al finalizar el ensayo, se descontó el alimento remanente de los comederos.

CA: Se determinó al finalizar el ensayo como la relación entre los kg de alimento consumido y los kg ganados individualmente (kg consumidos/kg ganados). A partir de los valores individuales, se calculó el promedio  $\pm$  DE para cada grupo.

Los parámetros productivos se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANVA) o, en caso de no cumplirse los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, mediante la prueba de Kruskal-Wallis. La normalidad y homogeneidad de varianzas se analizaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett, respectivamente. Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicaron comparaciones post hoc mediante el test de Tukey o de Dunn,

según correspondiera. El análisis estadístico fue realizado utilizando el software RStudio, versión 4.5.0.

## Resultados y Discusión

En los sistemas de producción porcina intensiva, el destete representa una de las etapas más críticas para el lechón, generando una fase aguda de estrés que puede extenderse hasta ocho días posteriores al evento (Marion *et al.* 2002; Al Masri *et al.* 2015). Este período se caracteriza por una reducción abrupta del consumo de alimento y alteraciones en la fisiología del tracto gastrointestinal (Campbell *et al.* 2013; Tao *et al.* 2016), lo cual repercute negativamente en el desempeño productivo y puede traducirse en importantes pérdidas económicas. En este contexto, se han propuesto estrategias nutricionales basadas en aditivos naturales para mitigar las consecuencias del estrés post-destete. En nuestro estudio, se evaluaron tres alternativas con potencial funcional: A) inulina (IN); B) aceites esenciales (AE) de orégano (Lo) y clavo de olor (Ec) adicionados con humato de sodio (HS); y C) la combinación de ambas alternativas.

Al momento del destete, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el peso corporal entre los grupos ( $P=0,866$ ), lo que indica una línea de base homogénea antes del inicio de los tratamientos dietarios. Sin embargo, a los 40 días de vida se detectó efecto del tratamiento sobre el peso ( $P<0,001$ ), siendo los grupos A y B los que presentaron un peso significativamente mayor. A los 70 días se detectó el mismo efecto, siendo en este caso el grupo B el único que mantuvo esta ventaja, exhibiendo el mayor peso entre todos los tratamientos ( $P<0,001$ ) (Figura 1). Respecto a la ganancia media diaria (GMD), se observó un efecto significativo del tratamiento ( $P<0,001$ ), con los valores más altos registrados en el grupo B en comparación con el resto. Para la conversión alimenticia (CA), también se detectó un efecto del tratamiento ( $P<0,001$ ), observándose el valor más bajo en el grupo B, significativamente diferente de los grupos A y C. Este comportamiento refleja una mayor eficiencia productiva del grupo B durante el periodo de recría de los lechones (Tabla 1). Estos resultados tienen implicancias prácticas relevantes, ya que una mejora en los indicadores del desempeño productivo, como la GMD y la CA, se traduce en mayor cantidad de kg de carne producida por cerda por año, así como en una reducción del tiempo necesario para alcanzar el peso de faena (Pierozan *et al.* 2016).

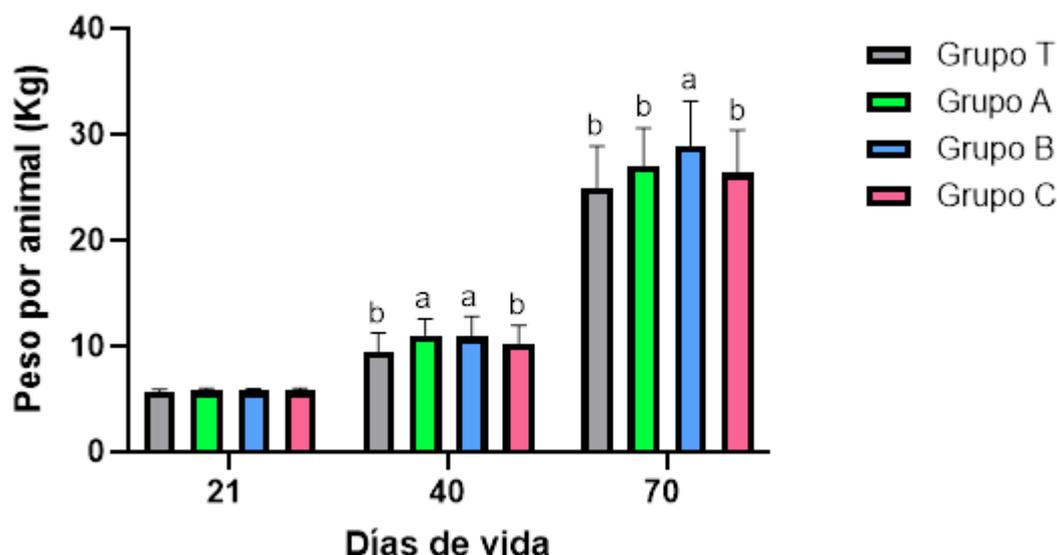
Diversos estudios respaldan el uso de AE como promotores del desempeño productivo y de la salud intestinal en lechones (Choo *et al.* 2006; Li *et al.* 2012; Cho *et al.* 2014; Xu *et al.* 2018; Tian y Piao 2019). En particular, Tiano *et al.* (2021) observaron un efecto significativo de un aditivo a base de AE de Lo, administrado a razón de 300 g/tonelada, sobre el peso promedio, la GMD y la CA, sumado a mejoras en la salud intestinal de los lechones. De modo coincidente, Dieguez *et al.* (2022) evaluaron, en lechones post-destete, el efecto de AE de Lo y Ec microencapsulados y sin microencapsular, encontrando mejoras en la morfología intestinal, actividad enzimática digestiva, concentraciones de AGV y parámetros productivos. En sus estudios, los mayores beneficios se evidenciaron en animales que recibieron la combinación de AE de Lo y Ec

microencapsulados, lo cual coincide con nuestros hallazgos en el grupo B.

La mejora en el desempeño productivo observada podría estar asociada a múltiples mecanismos de acción, incluyendo la modulación positiva de la microbiota intestinal, el aumento de la digestibilidad de nutrientes, y un efecto antiinflamatorio local (Omonijo *et al.* 2019). Además, los AE pueden actuar como antioxidantes naturales, contribuyendo a la estabilidad de las dietas y mejorando su palatabilidad al reducir la generación de olores indeseables. No obstante, en el caso de estar microencapsulados, como los AE utilizados en el presente ensayo, este efecto sobre la dieta podría depender del tipo de matriz utilizada y del grado de liberación de los compuestos volátiles durante el almacenamiento o la preparación del alimento, por lo que su impacto directo en la palatabilidad podría ser más limitado (Kroismayr *et al.* 2006; Omonijo *et al.* 2018). Este aspecto cobra relevancia ante la creciente regulación sobre el uso de antioxidantes sintéticos como la etoxiquina o el butilhidroxitolueno, lo que posiciona a los AE como una alternativa segura y funcional. Asimismo, se ha sugerido que estos compuestos pueden ejercer efectos prebióticos indirectos, al favorecer la proliferación de bacterias beneficiosas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, al tiempo que inhiben patógenos como *Escherichia coli* o *Clostridium perfringens* (Tiihonen *et al.* 2010). Estos efectos podrían explicar parcialmente la mejora en la CA y en la GMD observada en el grupo B.

Además de los AE, la dieta del grupo B incluyó HS, compuesto derivado de sustancias húmicas que podrían haber contribuido adicionalmente a los efectos observados. Los HS han demostrado propiedades inmunoestimulantes, antiinflamatorias y antioxidantes, así como la capacidad de mejorar la absorción de nutrientes y minerales esenciales al actuar como agentes quelantes (Písařikova *et al.* 2010). También se ha reportado su efecto positivo sobre la morfología intestinal y la estabilidad del pH luminal, promoviendo un entorno más favorable para la microbiota benéfica y dificultando la colonización de bacterias patógenas (Sheng-Qun *et al.* 2009). Estas características podrían haber actuado en sinergia con los mecanismos propios de los AE, potenciando su acción y explicando el mantenimiento de los efectos beneficiosos observados hasta el final del ensayo. De esta manera, el grupo B, con la combinación de AE y HS, mostró un perfil funcional más completo lo que permitiría explicar la obtención de un mejor desempeño productivo, sostenido durante todo el período experimental.

Ángel-Isaza *et al.* (2024) evaluaron el efecto de compuestos nutraceuticos sobre la microbiota intestinal de lechones durante los 30 días posteriores al destete. Los autores informaron que los AE de Lo y los fructooligosacáridos de cadena corta (como la IN) mostraron efectos prometedores en la reducción de la disbiosis intestinal inducida por el destete, evidenciando una disminución de taxones potencialmente patógenos y un aumento de bacterias asociadas con mejoras en la productividad, en parámetros morfométricos intestinales vinculados con una mejor funcionalidad de la mucosa, y en la expresión de proteínas de la barrera intestinal.



**Figura 1.** Peso promedio de lechones en recría en distintas etapas del ciclo productivo. T) testigo/control: dieta comercial base, A) dieta comercial base suplementada con inulina (700 g/tonelada), B) dieta comercial base suplementada con aceites esenciales de orégano y clavo de olor más humato de sodio microencapsulados (900 g/tonelada) y C) dieta comercial base suplementada con inulina y aceites esenciales de orégano y clavo de olor más humato de sodio microencapsulados (450 g/tonelada). Los valores son medias  $\pm$  DS de cada grupo. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,001$ ) en cada fecha de medición.

**Figure 1.** Average body weight at different stages of the production cycle. Productive performance of different groups of growing piglets. T) control group: basal commercial diet, A) basal diet supplemented with inulin (700 g/ton), B) basal diet supplemented with microencapsulated essential oils of oregano and clove plus sodium humate (900 g/ton), and C) basal diet supplemented with inulin and microencapsulated essential oils of oregano and clove plus sodium humate (450 g/ton). Different letters indicate statistically significant differences between treatments ( $P < 0.001$ ).

**Tabla 1.** Desempeño productivo de diferentes grupos de lechones en recría. T) testigo/control: dieta comercial base, A) dieta comercial base suplementada con inulina (700 g/tonelada), B) dieta comercial base suplementada con aceites esenciales de orégano y clavo de olor más humato de sodio microencapsulados (900 g/tonelada) y C) dieta comercial base suplementada con inulina y aceites esenciales de orégano y clavo de olor más humato de sodio microencapsulados (450 g/tonelada). Los valores son medias  $\pm$  DS de cada grupo. Diferentes letras dentro de cada fila indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos ( $P < 0,001$ ). GMD: Ganancia media diaria, Consumo: Consumo promedio acumulado durante los 49 días de ensayo, CA: Conversión alimenticia.

**Table 1.** Productive performance of different groups of growing piglets. T) control group: basal commercial diet, A) basal diet supplemented with inulin (700 g/ton), B) basal diet supplemented with microencapsulated essential oils of oregano and clove plus sodium humate (900 g/ton), and C) basal diet supplemented with inulin and microencapsulated essential oils of oregano and clove plus sodium humate (450 g/ton). Different letters within each row indicate statistically significant differences between groups ( $P < 0.001$ ). GMD: Average daily gain, Intake: Cumulative average intake per animal during the 49-day trial, CA: Feed conversion ratio.

Parámetro	Grupo			
	T	A	B	C
GMD (kg ganados/día animal)	0,40 $\pm$ 0,08b	0,42 $\pm$ 0,07b	0,46 $\pm$ 0,08a	0,41 $\pm$ 0,08b
Consumo (kg consumidos/animal)	37,42 $\pm$ 0,14	47,06 $\pm$ 0,07	43,43 $\pm$ 0,03	40,99 $\pm$ 0,06
CA (kg consumidos/kg ganados)	1,84 $\pm$ 0,46bc	2,09 $\pm$ 0,39a	1,75 $\pm$ 0,29c	1,89 $\pm$ 0,43b

Por otro lado, aunque el grupo A mostró mejoras en el peso en los primeros 40 días, no logró mantener dicho efecto hasta el final del ensayo. Una posible explicación podría estar relacionada con la dinámica de acción de la IN. Este prebiótico estimula el crecimiento de bacterias beneficiosas (como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*) y promueve la producción de AGV, en particular butirato; sin embargo, algunos estudios han indicado que estos efectos funcionales pueden requerir una

exposición más prolongada o condiciones particulares para sostenerse en el tiempo (Bindels *et al.* 2015; Pourabedin y Zhao 2015). En el presente trabajo, la suplementación con IN se realizó de forma continua desde el día 21 hasta el día 70 de vida. A pesar de ello, podría no haber sido suficiente para generar un efecto sostenido en los parámetros productivos, o bien otros factores, como la microbiota basal, la dieta o la maduración fisiológica de los animales, podrían haber limitado

su eficacia. En este sentido, el impacto de los fructooligosacáridos en la modulación de la microbiota intestinal y en la integridad epitelial puede ser más evidente en fases tempranas del desarrollo intestinal, siendo menos marcado a medida que los animales maduran. Cabe destacar que los efectos beneficiosos hallados por Ángel-Izaza *et al.* (2024) para este tipo de compuestos fue demostrado hasta los 51 días de vida y no fueron seguidos hasta el final de la recría como en nuestro estudio.

En cuanto al grupo C, que recibió la combinación de IN y AE de Lo y Ec + HS, los resultados fueron menos consistentes en comparación con los otros tratamientos. Esta respuesta podría explicarse por posibles interacciones antagónicas entre los aditivos, una dilución de la dosis efectiva de cada componente al ser administrados en conjunto, o incluso una respuesta fisiológica saturada que impida aprovechar plenamente los efectos sinérgicos.

Con respecto al consumo promedio acumulado (kg consumidos/animal 49 días), el grupo B, suplementado con AE de Lo y Ec y HS, mostró un valor de consumo intermedio ( $43,43 \pm 0,03$ ) en relación a los otros tratamientos, aunque logró una GMD significativamente mayor ( $0,46 \pm 0,08$  Kg/día animal) y la mejor CA (kg consumidos/kg ganados) ( $1,75 \pm 0,29$ ), lo que evidencia una mayor eficiencia en la utilización del alimento. En contraste, el grupo A, suplementado únicamente con IN, presentó el valor más alto de consumo promedio acumulado (kg consumidos/animal) ( $47,06 \pm 0,07$ ), con una GMD significativamente inferior al grupo B ( $0,42 \pm 0,07$  kg/día animal) y la peor CA (kg consumidos/kg ganados) ( $2,09 \pm 0,39$ ), lo que sugiere una utilización menos eficiente del alimento. El grupo C, que recibió la combinación de ambos aditivos, mostró un valor de consumo promedio acumulado (kg consumidos/animal) moderado ( $40,99 \pm 0,06$ ), pero no logró mejoras significativas en los indicadores de desempeño, evidenciando una GMD similar al grupo T y una CA (kg consumidos/kg ganados) de  $1,89 \pm 0,43$ . Estos resultados sugieren que la inclusión de IN podría haber inducido un aumento en el consumo sin traducirse en mejoras proporcionales en la ganancia de peso, y que la combinación de aditivos no logró potenciar los efectos observados individualmente. En conjunto, los hallazgos destacan al grupo B como el más eficiente desde el punto de vista del aprovechamiento del alimento durante la fase de recría.

Estos hallazgos resaltan la importancia de evaluar cuidadosamente las combinaciones de aditivos utilizados, ya que su interacción puede influir en la eficacia de la suplementación. Por otro lado, debe considerarse que la eficacia de los AE puede depender de diversos factores, como el método de extracción, la composición química del aceite, la dosis utilizada, la vía de administración y el estado fisiológico de los animales (Stevanović *et al.* 2018). Por lo tanto, cada formulación debe someterse a evaluación bajo condiciones experimentales controladas y contextos productivos reales, como se realizó en el presente estudio. Antes de su implementación a escala comercial, resulta fundamental validar estas combinaciones mediante ensayos específicos que contemplen distintos escenarios sanitarios y productivos, a fin de garantizar su eficacia y seguridad. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, el uso de aditivos naturales como los AE y el HS representa una estrategia alineada con las demandas

actuales de la producción porcina, que exige mayor eficiencia, seguridad alimentaria y menor uso de antibióticos. La inclusión de estos aditivos podría contribuir a reducir la presión de selección de resistencia antimicrobiana y a mejorar la percepción del consumidor sobre los productos derivados de animales tratados con métodos más “naturales” o “libres de antibióticos”. Por último, si bien no se evaluaron los costos de los aditivos utilizados, resulta pertinente señalar que la relación costo-beneficio debería ser contemplada en futuras experiencias. Estudios previos han demostrado que, cuando los AE son utilizados de manera estratégica y bajo un correcto protocolo de administración, su uso puede ser económicamente viable e incluso más rentable que la inclusión rutinaria de antimicrobianos (Windisch *et al.* 2008).

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que la suplementación con aditivos naturales puede modular positivamente el desempeño productivo de los lechones en la etapa post-destete, siendo la combinación de AE de Lo y Ec adicionados con HS (Grupo B) la que mostró los mayores beneficios en términos de ganancia de peso, CA y el desempeño productivo general. Estos hallazgos refuerzan el potencial de ciertos fitobióticos como herramientas funcionales en programas de nutrición porcina, especialmente en un contexto de creciente restricción al uso de antibióticos. No obstante, se requieren más estudios que evalúen su impacto a largo plazo, su interacción con otros aditivos y su viabilidad económica en diferentes condiciones de manejo y sanidad.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio indican que la inclusión de aditivos naturales en la dieta puede ser una herramienta efectiva para optimizar el desempeño productivo de los lechones durante el período post-destete. En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que la adición de aceites esenciales de orégano y clavo de olor junto con humato de sodio fue la estrategia más eficaz, al generar una mejora sostenida en los indicadores productivos de los lechones durante la fase de recría. La utilización de este tipo de aditivos naturales se presenta como una opción sustentable, alineada con las tendencias actuales de la producción porcina, que priorizan la eficiencia sin comprometer la salud animal ni la inocuidad alimentaria. Futuras investigaciones deberían orientarse a evaluar el efecto de estas formulaciones bajo distintos esquemas sanitarios, grados de exposición a agentes patógenos, y escalas comerciales, así como a analizar su impacto sobre la salud intestinal, la microbiota y la respuesta inmune de los animales.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Servicio Tecnológico de Alto Nivel (STAN 3991) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina).

## Contribuciones de los autores

*Mozo J*: escritura protagónica del artículo, ejecución de experimento, procesamiento de datos y análisis e interpretación de resultados. *Martínez M*: diseño de experimento, análisis e interpretación de resultados, revisión del artículo. *Decundo JM*: diseño de experimento,

procesamiento de datos y análisis de resultados. *Dieguez SN*: ejecución del experimento e interpretación de resultados. *Amanto FA*: ejecución de experimento y procesamiento de datos. *Soraci AL*: obtención de financiamiento, diseño de experimento e interpretación de resultados. *Pérez Gaudio DS*: diseño de experimento, análisis e interpretación de resultados, responsabilidad por la integridad y coherencia del artículo.

### Consideraciones de ética y bienestar animal

Los procedimientos de experimentación y de manejo de animales fueron realizados según las normas establecidas por el Comité de Bienestar Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Res N° 087/02) bajo expediente Interno FCV-UNCPBA N° 11/23. Asimismo, cuenta con la aprobación del Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, bajo el protocolo 2024/18.

### Bibliografía

- Ángel-Izaza J, Herrera Franco V, López-Herrera A, Parra-Suescun JE (2024) Nutraceutical additives modulate microbiota and gut health in post-weaned piglets. *Veterinary Science* **11**, 332.
- Al Masri S, Hünigen H, Al Aiyan A, Rieger J, Zentek J, Richardson K, Plendl J (2015) Influence of age at weaning and feeding regimes on the postnatal morphology of the porcine small intestine. *Journal of Swine Health and Production* **23**, 186203.
- Bindels LB, Delzenne NM, Cani PD, Walter J (2015) Towards a more comprehensive concept for prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology* **12**, 303-310.
- Campbell JM, Crenshaw JD, Polo J (2013) The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **4**, 2-5.
- Cho JH, Song MH, Kim IH (2014) Effect of microencapsulated blends of organic acids and essential oils supplementation on growth performance and nutrient digestibility in finishing pigs. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* **27**, 264-272.
- Choo J, Rukayadi Y, Hwang JK (2006) Inhibition of bacterial quorum sensing by vanilla extract. *Letters in Applied Microbiology* **42**, 637-641.
- Dhama K, Mahendran M, Tomar S, Chauhan RS (2008) Beneficial effects of probiotics and prebiotics in livestock and poultry: the current perspectives. *Intas Polivet* **9**, 1-12.
- Dieguez SN, Decundo JM, Martínez G, Amanto FA, Bianchi CP, Pérez Gaudio DS, Soraci AL (2022) Effect of dietary oregano (*Lippia origanoides*) and clover (*Eugenia caryophyllata*) Essential oils' formulations on Intestinal health and performance of pigs. *Planta Medica* **87**, 1-13.
- Heo JM, Opapeju FO, Pluske JR, Kim JC, Hampson DJ, Nyachoti CM (2013) Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **97**, 207-237.
- Kroismayr A, Steiner T, Zhang C (2006) Influence of a phytogetic feed additive on performance of weaner piglets. *Journal of Animal Science* **84**, 270.
- Li P, Piao X, Ru Y, Han X, Xue L, Zhang H (2012) Effects of adding essential oil to the diet of weaned pigs on performance, nutrient utilization, immune response and intestinal health. *Journal of Animal Science* **25**, 1617-1626.
- Machowska A, Stålsby Lundborg C (2019) Drivers of irrational use of antibiotics in Europe. *International Journal of Environmental Research and Pub Health* **16**, 27.
- Marion J, Biernat M, Savary G, Thomas F, Zabielski R, Le Huërou-Luron I, Le Dividich J (2002) Effet d'un sevrage à l'âge de 7 jours et du niveau alimentaire après le sevrage sur les modifications structurales de l'intestin grêle chez le porcelet. *Journées de la Recherche Porcine* **34**, 89-95.
- Martínez G, Dieguez SN, Fernández Paggi MB, Riccio MB, Pérez Gaudio, DS, Rodríguez, E, Soraci, AL (2018) Effect of *Cynara Scolymus* extract on histomorphological parameters and main species of intestinal bacteria in weaning piglets. 14th International Congress of the European Association for Veterinary Pharmacology and Toxicology. Wrocław, Polonia.
- Martínez G, Dieguez SN, Fernández Paggi MB, Riccio MB, Pérez Gaudio DS, Rodríguez E, Soraci AL (2019) Effect of fosfomycin, *Cynara scolymus* extract, deoxynivalenol and their combinations on intestinal health of weaned piglets. *Animal Nutrition* **5**, 386-395.
- Moeser AJ, Pohl CS, Rajput M (2017) Weaning stress and gastrointestinal barrier development: Implications for lifelong gut health in pigs. *Animal Nutrition* **3**, 313-321.
- Omonijo FA, Ni L, Gong J, Wang Q, Lahaye L, Yang C (2018) Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. *Animal Nutrition* **4**, 126-136.
- Omonijo FA, Liu S, Hui Q, Zhang H, Lahaye L, Bodin JC, Yang C (2019) Thymol improves intestinal integrity and immune function in lipopolysaccharide-challenged pigs through modulation of oxidative stress and inflammation. *Animal Science Journal* **90**, 118-127.
- Pierozan CR, Agostini PDS, Gasa J, Novais AK, Dias CP, Santos RSK, Silva CA (2016) Factors affecting the daily feed intake and feed conversion ratio of pigs in grow-finishing units: the case of a company. *Porcine Health Management* **2**, 1-8.
- Písařiková B, Zralý Z, Herzig I (2010) The effect of dietary sodium humate supplementation on nutrient digestibility in growing pigs. *Acta Veterinaria Brunensis* **79**, 349-353.
- Pourabedin M, Zhao X (2015) Prebiotics and gut microbiota in chickens. *FEMS Microbiology Letters* **362**, fnv122.
- Sheng-Qun Y, Xing-Zuo L, An-Guo Z (2009) *In Vitro* evaluation of the efficacy of sodium humate as an aflatoxin B1 adsorbent. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* **3**, 1296-1300.
- Stevanović ZD, Bošnjak-Neumüller J, Pajić-Lijaković I, Raj J, Vasiljević M (2018) Essential oils as feed additives—future perspectives. *Molecules* **23**, 1717.
- Tao X, Xu Z, Men X (2016) Transient effects of weaning on the health of newly weaning piglets. *Czech Journal of Animal Science* **61**, 82-90.

- Tian Q, Piao X (2019) Essential oil blend could decrease diarrhea prevalence by improving antioxidative capability for weaned pigs. *Animals* **9**, 847.
- Tiano JG, Amanto FA, Martínez G (2021) Efectos de los aceites esenciales del orégano sobre la salud intestinal y parámetros zootécnicos en lechones destetados. Tesina de la Orientación de Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Tiihonen K, Kettunen H, Bento MHL, Saarinen M, Lahtinen S, Ouwehand A, Rautonen N (2010) The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota. *British Poultry Science* **51**, 381-392.
- Verdonk JM, Shim SB, van Leeuwen P, Verstegen MW (2005) Application of inulin-type fructans in animal feed and pet food. *British Journal of Nutrition* **93**, 125-138.
- Windisch W, Schedle K, Plitzner C, Kroismayr A (2008) Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science* **86**, E140-E148.
- Wu Y, Zhao J, Xu C, Ma N, He T, Zhao J, Ma X, Thacker PA (2020) Progress towards pig nutrition in the last 27 years. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **100**, 5102-5110.
- Xu YT, Liu LI, Long SF, Pan L, Piao XS (2018) Effect of organic acids and essential oils on performance, intestinal health and digestive enzyme activities of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* **235**, 110-119.