



TECNIGRASAS

SUPLEMENTOS Y NUTRIENTES

NOTA TÉCNICA – 30

Ácidos grasos esenciales en la programación fetal: mecanismos, evidencia y aplicaciones recientes.

ROLANDO HERNÁNDEZ

JULIO, 2025

Ácidos grasos esenciales en la programación fetal: mecanismos, evidencia y aplicaciones recientes.

Rolando Hernández
Tecnigrasas SAS
Julio, 2025

Introducción

Durante décadas, el estudio de los lípidos en la nutrición animal estuvo dominado por una perspectiva calórica. Las grasas eran vistas como potenciadores energéticos, útiles para mejorar la eficiencia productiva. Sin embargo, la ciencia actual ha revelado un panorama mucho más complejo y fascinante: los ácidos grasos esenciales (principalmente los omega 3, omega 6 y, en menor medida, los saturados como el palmítico) poseen funciones bioactivas que inciden profundamente en la programación del desarrollo fetal. Esta nota técnica integra evidencia científica reciente en rumiantes, destacando los mecanismos fisiológicos implicados, su relevancia epigenética, sus efectos diferenciales según sexo y entorno, y sus aplicaciones prácticas en sistemas productivos.

1. Más allá de las calorías: los ácidos grasos como señales celulares

Los ácidos grasos esenciales actúan como moduladores metabólicos. No solo forman parte de las membranas celulares, sino que activan receptores específicos como los FFAR (Free Fatty Acid Receptors) y los PPAR (Peroxisome Proliferator-Activated Receptors), modulan la expresión génica, alteran la fluidez de membranas y generan mediadores lipídicos con potente acción inmunológica y antiinflamatoria. Estas rutas permiten que, cuando se suministran durante la gestación, los lípidos esenciales influyan en cómo se desarrollan tejidos clave, cómo se forman órganos, y cómo se establece la respuesta fisiológica del organismo en formación. Estos efectos son acumulativos, duraderos y muchas veces programan características metabólicas que se mantienen hasta la vida adulta.

Por ejemplo, los ácidos grasos insaturados, al modificar la composición de las membranas, facilitan la comunicación celular y la plasticidad neuronal. En el contexto inmunológico, ciertos PUFA¹ pueden dar lugar a la producción de resolvinas, protectinas y maresinas, que resuelven procesos inflamatorios sin causar daño tisular. A nivel nuclear, el acoplamiento de

¹ PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados por sus iniciales en inglés.

ácidos grasos esenciales con receptores PPAR regula genes claves en el metabolismo lipídico, en la señalización hormonal e incluso en la implantación embrionaria.

2. Ácido linoleico (omega 6): un actor subestimado

Durante mucho tiempo, los omega 3 han sido el foco central en la discusión sobre lípidos bioactivos en nutrición prenatal. Y con justa causa. Sin embargo, esa misma atención ha dejado en segundo plano a los omega 6, un grupo con funciones igual de importantes y menos divulgadas. Entre ellos, el ácido linoleico (ácido graso parental de la familia Omega 6) empieza a ocupar el lugar que merece en el desarrollo fetal en rumiantes.

En estudios con ovejas, se ha observado que incluir fuentes ricas en linoleico durante la gestación influye positivamente en el crecimiento intrauterino. Pero más allá de la ganancia de peso fetal, se trata de algo más complejo: una reconfiguración de la expresión génica, en particular de genes ligados al metabolismo de lípidos y a la respuesta inmunitaria del feto (Vieira *et al.*, 2019). Es decir, no se trata solo de calorías, sino de instrucciones celulares que se activan desde el útero.

En bovinos, los hallazgos muestran resultados similares. Brandão *et al.* (2020) observaron que al suplementar vacas con jabones cálcicos de soya (ricos en ácido linoleico) se incrementaban los niveles de linoleico y araquidónico (dos omega 6), tanto en la madre como en la cría. Este cambio se acompañó de un aumento de inmunoglobulina G en el calostro y el plasma neonatal. No es un detalle menor: esto implica una transferencia inmunológica más efectiva, desde antes del primer contacto con el entorno externo.

Además, esa suplementación indujo la expresión de genes asociados al reconocimiento embrionario, como ISG15 y MX2. Es decir, el linoleico no solo fortalece al feto, también optimiza los mecanismos maternos que lo reconocen y sostienen durante los primeros días críticos de la gestación.

Cappellozza *et al.* (2021) observaron que vacas suplementadas con jabones cálcicos de aceite soya (CSSO), ricos en linoleico, durante el último tercio de gestación mostraron un aumento significativo en la expresión del interferón tau (IFN- τ), señal bioquímica indispensable para el diálogo químico entre el embrión y el útero materno en las primeras etapas del embarazo. Además, los terneros nacidos de estas vacas presentaron menor incidencia de enfermedades respiratorias, mayor desarrollo muscular y mejor desempeño productivo en etapa postnatal.

En los terneros nacidos de vacas que recibieron CLA² (otro derivado del omega 6) se observaron microbiotas intestinales más equilibradas y un perfil inflamatorio mejor regulado

² CLA: ácido linoleico conjugado, derivado del ácido linoleico.

(Trevisi *et al.*, 2022). Esto sugiere que los omega 6 también pueden moldear la inmunidad desde el intestino, uno de los órganos más sensibles en etapas tempranas.

Lo más relevante es que estos efectos no se replicaron al utilizar grasas inertes basadas en aceite de palma. A pesar de su valor energético, los lípidos saturados como el ácido palmítico no activan las mismas rutas metabólicas ni inducen respuestas inmunes o epigenéticas comparables.

En resumen, el ácido linoleico no es un actor secundario. Es un protagonista que durante años ha sido infravalorado. Cuando se ofrece en su forma protegida, evitando la degradación ruminal, se convierte en una herramienta poderosa para modificar el futuro de la cría desde el primer día de gestación.

3. Omega 3: programación intestinal, cerebral e inmunológica

Los ácidos grasos omega 3, en especial EPA y DHA, tienen propiedades únicas en la programación fetal. A nivel intestinal, su suplementación en madres gestantes mejora la expresión de transportadores de aminoácidos y péptidos en el duodeno de la descendencia, lo que se traduce en una absorción más eficiente de nutrientes (Rosa-Velázquez *et al.*, 2020). Esta ventaja funcional se mantiene después del nacimiento, evidenciando una programación epigenética de alta estabilidad.

En el sistema nervioso, los omega 3 forman parte esencial de las membranas neuronales, particularmente en la materia gris. Estudios en ovinos han documentado una reducción en la expresión de genes orexigénicos³ en el hipotálamo fetal tras la suplementación con PUFA (Carranza-Martin *et al.*, 2018), lo que podría impactar la regulación del apetito y el balance energético postnatal.

Desde el punto de vista inmunológico, los omega 3 favorecen una respuesta más equilibrada: menor haptoglobina, mayor inmunoglobulina G y una significativa elevación de resolvina D1 en el plasma neonatal (Brandão *et al.*, 2020; Rosa-Velázquez *et al.*, 2022). Esto reduce la incidencia de enfermedades respiratorias en los primeros días de vida, lo que tiene un impacto directo en la tasa de supervivencia y el desarrollo temprano.

Un reciente trabajo presentado por Carranza-Martin *et al.* (2025) refuerza el papel de los ácidos grasos omega-3 como nutrientes bioactivos capaces de modificar el desarrollo de la descendencia desde el útero. El estudio demostró que la suplementación materna con PUFA

³ **Orexigénicos:** señales biológicas que estimulan el apetito o aumentan la ingesta de alimento. El término proviene del griego *orexis* (apetito) y *-génico* (que genera o produce).

n-3 durante el último tercio de la gestación mejora el crecimiento postnatal, asociado a una mayor expresión de transportadores de aminoácidos en el intestino delgado, menor producción de haptoglobina y mayor concentración de resolovina D3 en los neonatos. Estos efectos, vinculados a mecanismos epigenéticos y a la modulación de receptores celulares como FFAR y PPAR, respaldan la idea de una programación fetal con impacto fisiológico duradero. Además, los autores destacan un patrón de respuesta diferencial por sexo y por estación, lo que subraya la necesidad de ajustar las estrategias de suplementación según contexto y objetivo productivo. En la figura 1, se resumen los efectos descritos por los autores, sobre la programación fetal y el crecimiento de la descendencia en ovejas suplementadas al final de la gestación.

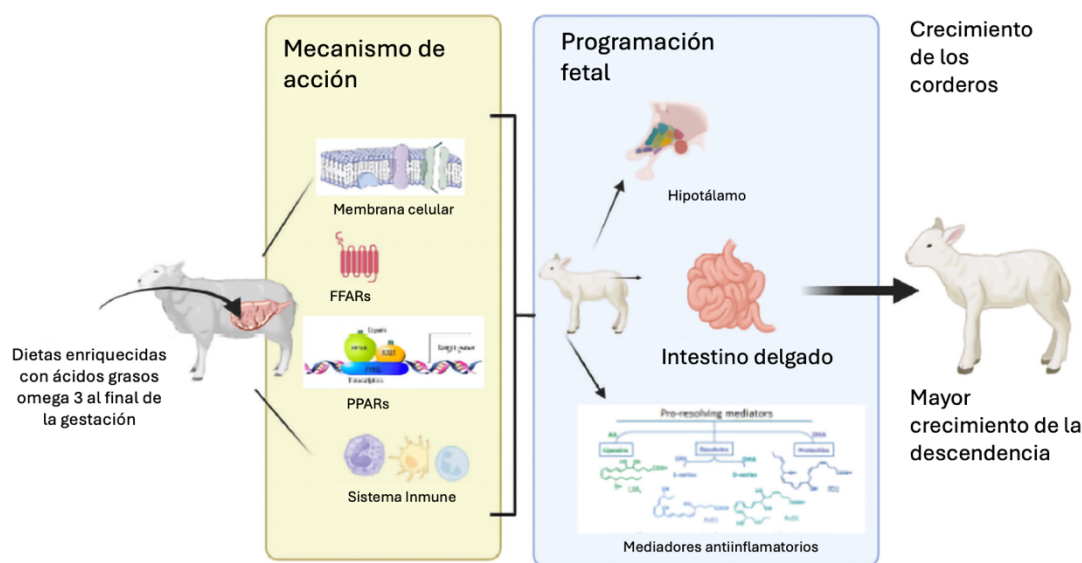


Figura 1. Efectos de la suplementación con ácidos grasos omega 3, al final de la gestación, sobre la programación fetal y el crecimiento temprano en corderos.

Fuente: Adaptado de Carranza-Martin *et al.* (2025).

4. El ácido palmítico: contraste funcional y limitaciones

El ácido palmítico, aunque frecuente en dietas energéticas por su disponibilidad y costo, no muestra los mismos beneficios bioactivos que los PUFA. En diversos ensayos se ha observado que su uso no mejora la expresión de genes inmunitarios ni la eficiencia reproductiva. Incluso, en algunas circunstancias, se ha registrado un efecto inverso en la programación inmunológica de la descendencia, con diferencias notorias según el sexo fetal (Rosa-Velázquez *et al.*, 2020). Su rigidez estructural disminuye la fluidez de membranas y limita la formación de mediadores lipídicos funcionales. Su uso puede ser útil desde una

perspectiva energética, pero no contribuye significativamente a la programación fetal beneficiosa.

5. Influencia del sexo, la estación y la etapa gestacional

Una de las variables más intrigantes es el dimorfismo sexual. Los machos tienden a responder mejor a la suplementación con PUFA, especialmente en términos de ganancia de peso y eficiencia metabólica. Además, el entorno térmico influye: en invierno, la suplementación con PUFA mejora el crecimiento fetal. También es crucial el momento de la gestación: mientras el segundo tercio parece ser menos sensible, el último tercio es la ventana crítica para intervenir con lípidos funcionales y lograr efectos duraderos.

6. Evidencia productiva: más allá del laboratorio

Cappellozza *et al.* (2021) demostraron que vacas de carne suplementadas con CSSO (omega 6) durante el último tercio de gestación presentaron mejoras significativas en tasa de preñez, inmunidad neonatal, ganancia de peso y desarrollo muscular en las crías. A continuación, se resumen los datos del estudio en el cuadro 1:

Cuadro 1. Efectos biológicos del CSSO (Omega-6) vs aceite de palma (CON+). Fuente: Adaptado de Cappellozza *et al.* (2021)

Variable evaluada	CSSO (Omega-6)	CON+ (Aceite de palma)	Diferencia	Variación (%)
Tasa de preñez post-IA (%)	67,5	51,2	+16,3	+32
Ácido linoleico en tejido embrionario (µg/g)	18,2	10,9	+7,3	+67
Ácido araquidónico en tejido embrionario (µg/g)	7,4	3,1	+4,3	+139
Expresión de IFN-τ (cambio relativo)	2,5	1,0	+1,5	+150
Incidencia de enfermedad respiratoria en crías (%)	12,0	24,7	-12,7	-51
Área del músculo longissimus (cm²) en las crías	83,2	75,6	+7,6	+10
Ganancia diaria de peso (g/día) de las crías	1.310	1.190	+120	+10

7. Comparación funcional entre tipos de ácidos grasos

En el Cuadro 2 se resumen las principales diferencias entre los ácidos grasos esenciales omega-3, omega-6 y el ácido palmítico, en relación con la programación fetal y sus posibles mecanismos de acción.

Cuadro 2. Comparación entre omega-3, omega-6 y ácido palmítico en programación fetal. Fuente: Elaboración propia

Propiedad / Acción	Omega-3 (EPA/DHA)	Omega-6 (ácido linoleico)	Ácido palmítico
Receptores activados	FFAR4, PPAR α/γ	PPAR γ , FFAR4	Bajo impacto directo
Modulación genética	Alta	Media-alta	Baja
Inmunidad neonatal	Mejora la resolución	Mejora la transferencia pasiva	Neutro o negativo
Absorción intestinal	Alta	Alta	Limitada
Fluidez de membranas	Alta	Media	Baja
Respuesta diferencial por sexo	Machos responden mejor	Variable	Inversión de efecto
Impacto productivo	Moderado-alto	Alto	Energético, no funcional

8. Conclusiones y aplicaciones prácticas

La programación fetal inducida por ácidos grasos esenciales es un fenómeno complejo, multifactorial y altamente modulable. Los omega 3 y omega 6 no son excluyentes: pueden actuar en sinergia si se suministran en forma protegida, en cantidades adecuadas y en los momentos gestacionales críticos. Por su parte, los lípidos saturados como el ácido palmítico, aunque útiles energéticamente, no deben considerarse equivalentes funcionales.

Entender las rutas de señalización, los efectos epigenéticos, las ventanas de intervención y las respuestas diferenciales según sexo o ambiente, permitirá diseñar estrategias nutricionales más precisas. Esto no solo impactará la fisiología fetal, sino que definirá la eficiencia productiva y sanitaria de los animales en las etapas posteriores de su vida. En última instancia, el uso estratégico de ácidos grasos esenciales representa una herramienta poderosa para avanzar hacia una producción animal más eficiente, sostenible y científicamente fundamentada.

Finalmente, en sistemas lecheros, de carne y explotaciones ovinas, la combinación de omega 3 y omega 6 protegidos ha mostrado un efecto sinérgico: se mejora la fertilidad, se estabiliza el metabolismo y se incrementa la producción de leche. Esto refuerza una idea que vale la pena destacar: no es uno u otro. Es el equilibrio entre ambos lo que define el éxito biológico.

Artículo elaborado por:

Rolando Hernández

Médico Veterinario

Máster en Nutrición Animal

Tecnigrasas, Suplementos y Nutrientes S.A.S

Para información adicional relacionada con la aquí presentada (bibliografía citada y otras notas técnicas relacionadas) les invito a visitar la página web de Tecnigrasas SAS en el siguiente enlace:

<https://www.tecnigrasas.com>

Referencias bibliográficas

Brandão, A. P., Cooke, R. F., Schubach, K. M., Marques, R. S., & Bohnert, D. W. (2020). Maternal supplementation with calcium salts of soybean oil improves calf performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 98(6), skaa168. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa168>

Cappellozza, B. I., Brandão, A. P., Schubach, K. M., Cooke, R. F., Marques, R. S., & Bohnert, D. W. (2021). Supplementing calcium salts of soybean oil to late-gestating beef cows improved reproductive and offspring responses. *Animals*, 11(6), 1764. <https://doi.org/10.3390/ani11061764>

Carranza-Martin, A. C., Coleman, D. N., Garcia, L. G., Furnus, C. C., & Relling, A. E. (2018). Prepartum fatty acid supplementation in sheep. III. Effect of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid during finishing on performance, hypothalamus gene expression, and muscle fatty acids composition in lambs. *Journal of Animal Science*, 96, 5300–5310. <https://doi.org/10.1093/jas/sky360>

Carranza-Martin, A. C., Palmquist, D. L., & Relling, A. E. (2025). *The impact of fatty acids as bioactive nutrients on the development of offspring*. JDS Communications, 6: 272–276. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0654>

Rosa-Velázquez, M., Batistel, F., & Relling, A. E. (2020). Effect of polyunsaturated fatty acid and methionine supplementation during late gestation on offspring duodenal amino acid and peptides transporters in sheep. *Journal of Animal Science*, 98(Suppl. 3), 215–216. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa054.374>

Rosa-Velázquez, M., Pinos-Rodríguez, J. M., Parker, A. J., & Relling, A. E. (2022). Maternal supply of a source of omega-3 fatty acids and methionine during late gestation on the offspring's growth, metabolism, carcass characteristic, and liver's mRNA expression in sheep. *Journal of Animal Science*, 100, skac032. <https://doi.org/10.1093/jas/skac032>

Trevisi, E., Minuti, A., Piccioli-Cappelli, F., & Loor, J. J. (2022). Maternal CLA supplementation modulates neonatal intestinal immune function and microbial colonization in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 105(6), 5145–5160. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21367>

Vieira, L. M., Lima, F. P., da Silva, R. C., & da Silva, D. M. (2019). Effect of omega-6 supplementation during pregnancy on fetal development and gene expression in sheep. *Theriogenology*, 127, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.01.011>

TECNIGRASAS
SUPLEMENTOS Y NUTRIENTES