

Interacción entre nutrición, salud digestiva, microbiota y respuesta inmune en porcino

ANTONIO PALOMO YAGÜE

Profesor Asociado Porcino - UCM

Elie Metchnikoff (1845-1916) microbiólogo ucraniano, Premio Nobel de Medicina en 1908 por descubrir los fagocitos, considerado el padre de la inmunología celular y del uso clínico de los probióticos, dijo que la mayoría de las enfermedades empiezan en el tracto digestivo cuando las bacterias buenas no son capaces de controlar a las bacterias malas. Aunque la modulación de microbiota intestinal para mejorar la salud se ha estudiado empíricamente desde el año 76 a.C., tal como describe el historiador romano Plinio, no es hasta finales del siglo XIX cuando la ciencia relaciona la salud con la nutrición. En humana se correlaciona microbiota intestinal con los hábitos alimentarios y ciertas patologías (enfermedad Crohn, colitis ulcerosa, diabetes tipo 2, hígado graso, obesidad, alteraciones sistema nervioso, diarreas asociadas a antibióticos, trastornos inmunológicos como alergias y asma), lo que también se está estudiando profusamente en porcino y otras especies animales.

En este trabajo realizamos un breve repaso a los pilares involucrados en el bienestar digestivo de nuestros cerdos, para lo que vamos a estructurar su contenido en varios apartados, con el objetivo de que se pueda entender mejor. Seguiremos el siguiente formado: Introducción; Nutrientes e Inmunidad; Fases de producción y microbiota; Influencia de la nutrición en la salud intestinal; Metabolismo y patología; Nutrición y patologías entérica y Stress térmico y salud digestiva

Introducción

La interacción positiva entre nutrición y sanidad animal es muy estrecha, siendo la dieta un importante promotor de la resistencia a las enfermedades (Wiling, 2016), donde microbiota tiene gran importancia en el establecimiento de la infección. La salud digestiva cubre múltiples aspectos del tracto gastrointestinal en el cerdo como son mecanismos fisiológicos y funcionales relacionados con la digestión y el metabolismo de los nutrientes, la estabilidad de microbiota (microbioma), las funciones de la mucosa y la respuesta inmune, especialmente el sistema inmune innato (Pluske et al.,

2020). El tracto gastrointestinal forma parte del sistema de defensas del cerdo, teniendo en cuenta que la mucosa intestinal contiene el 25% del tejido linfóide y que entre 65-70% de todas las células inmunitarias se producen en él.

En homeostasis el sistema inmunológico tiene un consumo modesto de recursos orgánicos, mientras que cuando se activa por

problemas sanitarios o stress, parte de la energía y algunos nutrientes, especialmente aminoácidos, derivan desde la producción a la respuesta inmunitaria. Ello implica un aumento de las necesidades energéticas de mantenimiento por disfunción de las mitocondrias derivado de su capacidad de producir adenosín trifosfato para mantener la homeostasis, al mismo tiempo que aumenta la fosforilación oxi-



Figura 1 - Digestivo de un lechón al destete con 6 kg (6 metros de longitud).

A. Palomo

dativa por un incremento de citoquinas proinflamatorias. Un sistema inmune activado puede afectar de forma adversa a los rendimientos productivos del animal como consecuencia de la elevación del metabolismo basal con incremento del catabolismo muscular, gluconeogénesis, aumento de la síntesis hepática de proteínas de fase aguda, aumento de la excreción de nitrógeno e inhibición de la síntesis de hormonas anabólicas.

La activación del sistema inmune da lugar a cambios en el metabolismo y requerimientos de aminoácidos (arginina, fenilalanina, glutamina, metionina, tirosina, treonina, triptófano y valina) variable, dependiendo del tipo de activación (sobreaaguda, aguda, crónica o subclínica). Debemos considerar que a partir de un cierto nivel de inclusión de lisina los animales con su sistema inmune activado no responden más al aumento con su ingesta derivado del anabolismo muscular. Se sabe que hay una relación cuadrática entre el nivel de lisina y el nivel de activación del sistema inmune sobre la ganancia media diaria y eficacia alimenticia. El coste nutricional de la respuesta inmune derivada de desafíos infecciosos es muy superior al derivado de la aplicación de vacunas, por lo que tener un plan de profilaxis vacunal es una de las principales medidas sanitarias en nuestras granjas.

Nutrientes e inmunidad

Un animal bien nutrido es un animal más sano, tanto directamente por su buen equilibrio metabólico, como indirectamente por su mejor capacidad de responder a los desafíos infecciosos. Relacionamos los componentes nutricionales que van a intervenir en la modulación y no tanto en la activación de la respuesta inmunitaria:

“ Dentro de los objetivos de la industria porcina tenemos el de la sostenibilidad que significa que sea rentable la producción de proteína animal de alto valor biológico, respetando el bienestar y los cuidados de los mismos, minimizar el impacto medioambiental, trabajar en la seguridad alimentaria y tener en cuenta en todo momento la salud pública.”

► Proteínas: deficiencias comprometen la respuesta inmunológica. Recordemos la importancia de las inmunoglobulinas del calostro

► Aminoácidos: la glutamina es un combustible celular, sobre todo para macrófagos y enterocitos, esencial en la replicación celular

► Fibra: es el alimento para la flora bacteriana y esencial para el desarrollo morfológico y funcional del aparato digestivo. La fibra dietética está compuesta por polisacáridos no amiláceos (arabinosilanos, celulosa), más oligosacáridos no digeribles, más almidones resistentes (inulina, pectina, quitina y betaglucanos), más lignina. Tanto la pectina como la inulina estimulan la microbiota beneficiosa (Scharzuhl, 2017). Dentro de la fibra dietética, y en base a la salud intestinal, podemos diferenciar entre:

• Fibra dietética soluble: aumenta la viscosidad luminal incrementando el tiempo de vaciado y reduciendo el contacto con la mucosa intestinal y la absorción de nutrientes. Un ejemplo son los betaglucanos de los cereales que aumentan la expresión de los receptores de *Escherichia coli* K88 (Ewaschuk, 2012)

• Fibra dietética insoluble que aumenta la relación viscosidades / criptas mejorando la integridad de la mucosa intestinal, además de te-

ner un efecto antiinflamatorio en el intestino grueso. El salvado de trigo favorece el crecimiento de microbiota saludable en el intestino con una posible activación del “freno intestinal” y una reducción de las fermentaciones (Ratanpaul, 2017)

► Nucleótidos: ayudan a la proliferación de los linfocitos como base de la respuesta inmune e intervienen de forma activa en la replicación celular

► Vitaminas:

a. Vitamina A: su deficiencia determina una reducción en la producción de mucodefensinas a nivel intestinal

b. Vitamina D: interviene en la diferenciación de varios tipos celulares y propiedades inmunoreguladoras, principalmente en la inmunidad innata. Regula la diferenciación de linfocitos, macrófagos y células Killer

c. Vitamina E: modula la respuesta inflamatoria interviniendo en la producción de prostaglandinas, además del stress oxidativo y por lo tanto el daño celular

d. Complejo B:

– Vitamina B1 – participa en el Ciclo de Krebs

– Vitamina B2 – actúa en el stress oxidativo

– Vitamina B6 y B12 – modulación del sistema inmunológico

– Vitamina C: aumenta la capacidad linfoproliferativa

▶ **Minerales:**

– Hierro: efecto positivo sobre la prevención de la anemia en lechones recién nacidos. Un exceso determina mayor riesgo de infecciones

– Cobre: influye en la respuesta inflamatoria, en la producción de interleukina L1, y es un componente de la ceruloplasmina

– Zinc: prioritario para la síntesis de colágeno. Importante para la activación de la timulina, necesaria para el desarrollo del timo. Altos niveles de zinc alteran microbiota del jejunio y aumentan la diversidad en ileon a las tres semanas posdestete. El ZnO reduce la incidencia de diarreas, pero no reduce la cantidad de

▶ **Otros:**

– Aditivos nutricionales beneficiosos para la salud intestinal: aceites esenciales, ácidos grasos de cadena media, ácidos orgánicos, enzimas, extractos vegetales, nucleótidos, prebióticos y probióticos.

– Componentes bioactivos no nutricionales que interfieren con la respuesta inmune

– Grasas oxidadas: por sus radicales libres que afectan a la respuesta inmune

– Micotoxinas: inmunosupresión derivado de algunas e inmunoes-timulación por exceso de otras

– Antibióticos: microbiota juega un papel importante en el metabolismo de los ácidos biliares. En trabajos que utilizaron dietas con

▶ Reducción aparente de digestibilidad de los aminoácidos

▶ Incremento de pérdidas de aminoácidos endógenos

▶ Incremento de demanda de nutrientes y energía a nivel digestivo

▶ Necesidad de suministrar dietas con proteína de alta digestibilidad ya que:

• Los piensos de lechones con proteínas de baja fermentación tienen mejores rendimientos

• La fermentación de proteínas indigestibles produce metabolitos indeseables (aminas biógenas), sustrato para bacterias patógenas, al tiempo que alteran el confort digestivo y microbiota.

“ Un animal bien nutrido es un animal más sano, tanto directamente por su buen equilibrio metabólico, como indirectamente por su mejor capacidad de responder a los desafíos infecciosos. ”

Enterobacteriaceas en heces, provocando una disbiosis en lechones destetados y un aumento de la fosfatasa alcalina. En cuanto a los géneros de microbiota hay diferencias entre las fuentes orgánica e inorgánicas, y sobre todo en dosis altas en las cuales encuentran más genes de resistencias antibióticas. En cuanto a las funciones metabólicas de esporulación, respuesta al stress y metabolismo de hidratos de carbono también se describen diferencias entre los grupos (Jünkeg Zentek, 2018).

– Selenio: va ligado a la vitamina E como nutriente antioxidante

diferentes antibióticos en lechones canulados en ileon distal durante 25 días, estos modularon microbiota del colon con una reducción de Bacteroidetes, Actinobacterias, Bifidobacterias, Prevotellas y Clostridium cluster IV y XIV, así como un incremento en Firmicutes, Lactobacillus y Escherichia coli; cambiando a su vez los perfiles de ácidos biliares secundarios como el deoxicólico y litocólico, afectando al metabolismo lipídico (Yu Pi, 2018).

La salud intestinal cuando se ve comprometida por patologías entéricas tiene a su vez repercusiones sobre la nutrición (Wang, 2011), basadas en:

Fases de producción y microbiota

Son muchos los trabajos sobre la interacción positiva que hay entre la colonización de la microflora intestinal y la respuesta inmune (Davis, 2009), así como la relación directa entre microbiota intestinal con el sistema inmune y el metabolismo. Los microorganismos saprofitos están correlacionados con la salud y enfermedad de los cerdos, de tal forma que microbiota del lechón protege de patógenos intestinales, así como de la competición por los nutrientes (Lewis, 2013). En la misma línea, el balance de la microflora digestiva durante las primeras semanas de vida de los lechones tiene un impacto directo sobre su capacidad inmunitaria tanto local como sistémica, mejora la digestibilidad de los nutrientes, la salud intestinal y los parámetros productivos (Jones, 2010).

Pero, no es menos importante, desde nuestro punto de vista, cómo puede influir la nutrición de la cerda reproductora en la salud

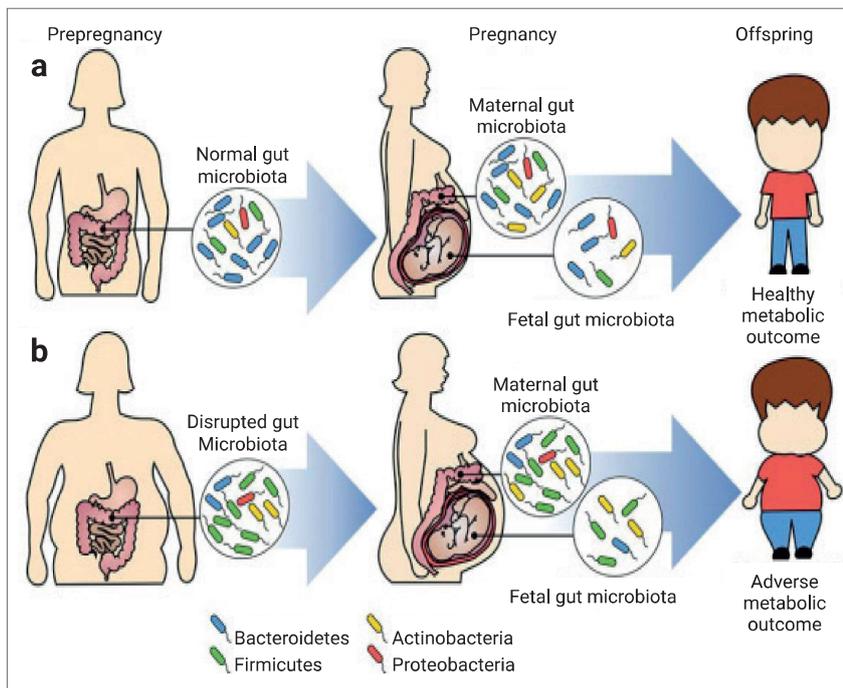


Figura 2 - Sridhar et al. Am J Obstet Gynecol 2014; 211-259

intestinal de sus lechones. El desarrollo del tracto gastrointestinal comienza en la fase de gastrulación dentro de la fase embrionaria y el desarrollo del sistema inmune sienta sus bases a partir de los 16 días de gestación (O'Doherty, 2017). En humana está bien correlacionado el excesivo aumento de peso (obesidad) durante la gestación con la presencia de microbiota diferente a la de personas con buena condición corporal, como se demuestra en la Figura 2.

La microbiota en las heces de lechones varía incluso según su peso al nacimiento, de tal forma que los nacidos más pequeños (<1,25 kg) tienen diferente microbiota posteriormente (4 y 56 días de vida). La microbiota que prevalece antes del destete son Bacteroidetes y Proteobacterias, después del destete predominan los Bacteroidetes con menor nivel de Actinobacteria, Cyanobacteria, Fibrobacteres, Firmicutes, Fusobacterium, Tenericutes y Verrucomicrobia. La cantidad y diversidad microbiana aumentan a medida que lo hace la edad de

lechón, pero no se observan diferencias significativas entre los diferentes pesos de lechones. Un aumento en cantidad de Bacteroidales y Clostridiales se asocia con lechones que crecieron más antes del destete. Posterior al destete, la baja cantidad de Lactobacillales y Bacteroidales no clasificados se asociaba con lechones que crecieron menos y nacieron con menos peso (Clare Gaukroger, 2018).

La anorexia transitoria de lechones al destete compromete la

función de barrera en la mucosa intestinal y la respuesta inflamatoria local. La nutrición en base a tipos de lípidos, calidades de proteínas y aditivos tanto antioxidantes como todos aquellos con un papel en microbiota, la integridad intestinal y el desarrollo inmune juegan un papel crítico en dichas funciones (Brooke Humphrey, 2018). Un estudio comparativo con lechones lactantes, que solo toman la leche materna, frente a otros a los que se les aporta un pienso sólido desde el principio de la lactación, da lugar a un aumento en la diversidad de la flora microbiana antes del destete que se prolonga después del mismo. Inicialmente, dicho aumento corresponde a flora que degrada la fibra como Prevotella y Firmicutes (Faecalibacterium, Megasphaera y Coprococcus), que están comúnmente asociados a la flora de adaptación posterior al destete (Raka Choudhury, 2018). La composición de la dieta posterior al destete influye en la calidad de la microflora. Así, cuando se les suministra piensos en base a un contenido diferencial en cuanto a fibra soluble e insoluble con o sin carbohidrasas y en la semana posterior al destete se les inoculan cepas ETEC de Escherichia coli, encontramos que en las dietas control sin fibra ni carbohidrasas los niveles de Escherichia-Shigella aumentaban y se



Figura 3 -Transferencia de microbiota desde la madre a sus lechones. A. Palomo

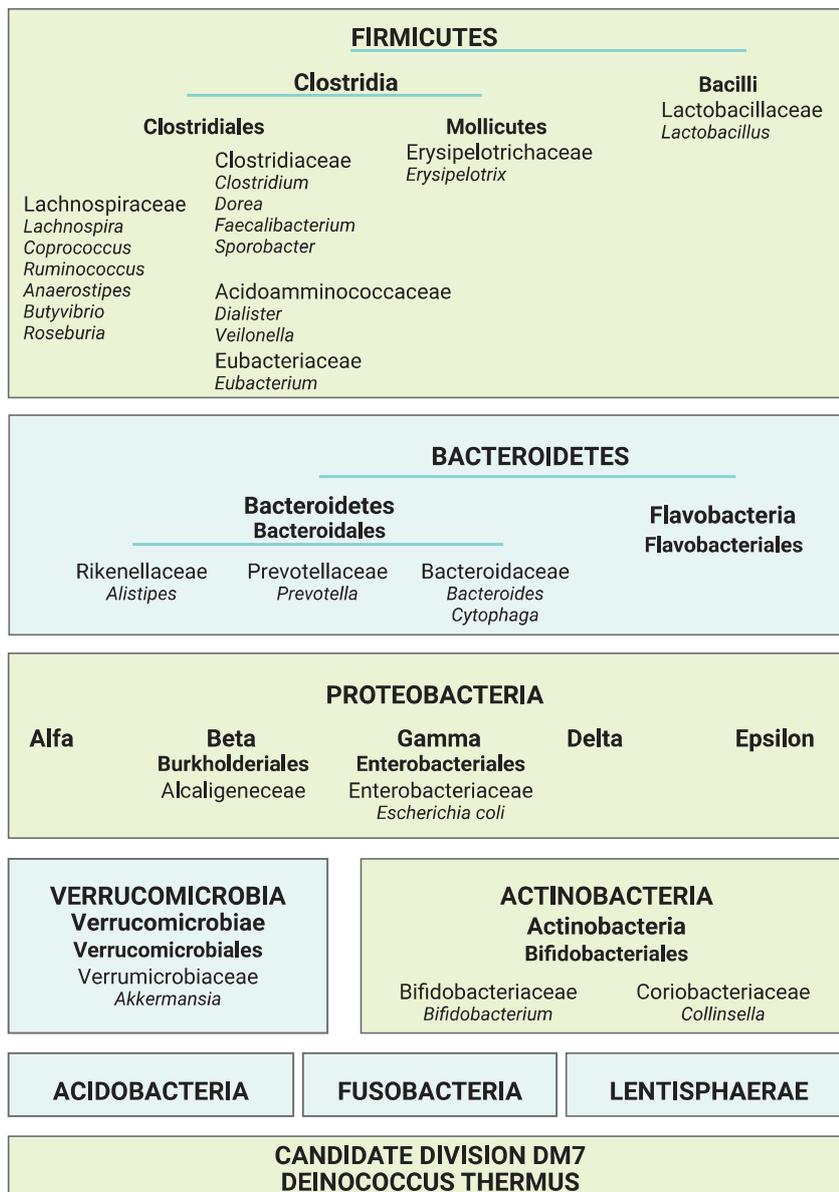


Tabla 1 – Microbiota normal: IRYCIS – Dra. Rosa del Campo

reducían los de *Lactobacillus* en el ileon, lo que mejoraba en los casos de las dietas con ambos tipos de fibra con inclusión de enzimas (Qingyun Li, 2018).

Una de las clasificaciones de microbiota mejor referenciadas la exponemos en la Tabla 1.

Consideramos que es preciso seguir investigando para conocer mejor la dinámica microbiana asociada a diferentes dietas y aditivos, teniendo en cuenta la interacción alimento –microbio-

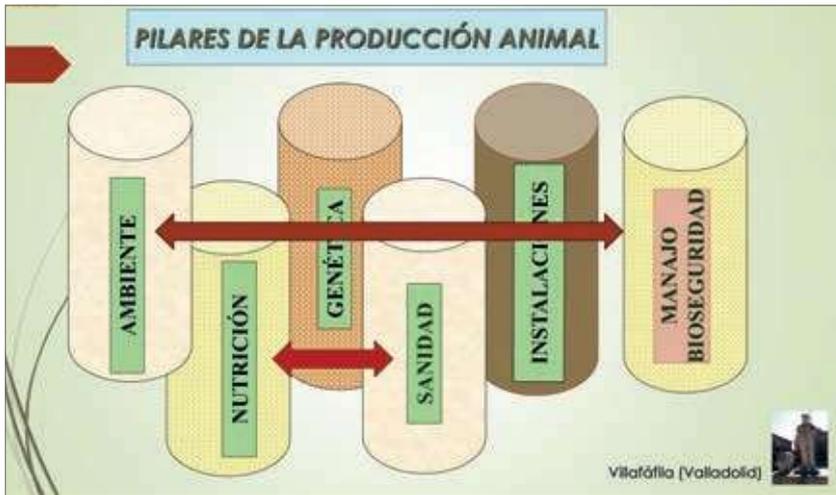
ta– inmunidad, tanto a nivel experimental como en granjas de producción.

Influencia de la nutrición en la salud intestinal

Dentro de los seis pilares de la producción porcina, la nutrición supone un porcentaje muy importante del coste de producción (entre 2/3 y 3/4). Pero es esencial par-

tir de una correcta base genética, así como de unas instalaciones y condiciones ambientales que no limiten dicho potencial genético, asociado a un adecuado manejo de los animales (equipo humano), sin el cual, nada de lo anterior será suficiente. Y finalmente, la sanidad, ese pilar que si disponemos de un alto estatus sanitario, todo lo anterior se potencia, y en caso contrario, todos nuestros beneficios teóricos pueden verse eliminados. La interacción positiva entre nutrición y sanidad, sanidad y nutrición es muy estrecha, siendo la dieta un importante promotor de la resistencia a las enfermedades (Wiling, 2016).

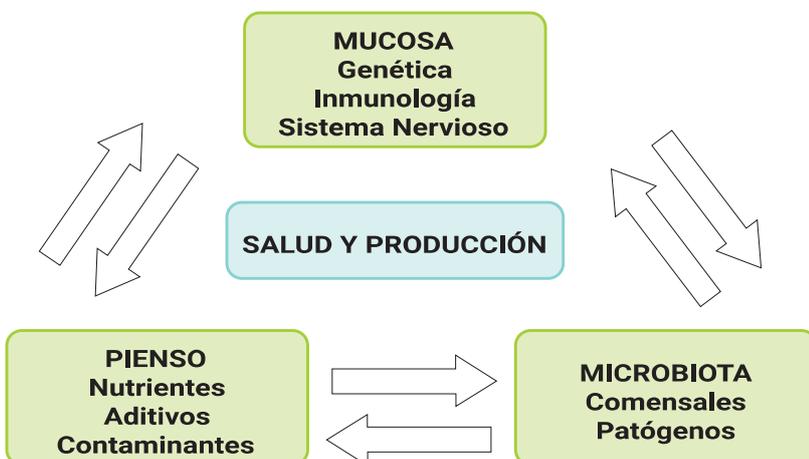
El aparato digestivo de los cerdos dispone de una gran superficie de contacto directo entre el animal y los alimentos, microorganismos y toxinas exógenas/endógenas. A su vez, el intestino permite el intercambio de nutrientes entre el lumen intestinal y la circulación sistémica, al tiempo que impide la penetración de dichos agentes infecciosos y toxinas. De esta forma el tracto gastrointestinal forma parte del sistema de defensas del cerdo, teniendo en cuenta que el 25% de la mucosa intestinal forma parte del tejido linfoide y más del 70% de todas las células inmunitarias se encuentran en el intestino. Ello explica como el continuo recambio del epitelio mucosal (cada 3-6 días se cambia totalmente en cerdos adultos, y entre 24-36 horas en lechones) llega a utilizar hasta el 50% de la energía de mantenimiento que requiere el cerdo diariamente. Sabemos que cualquier enfermedad y factores de stress aceleran dicho recambio de la mucosa intestinal, lo que lleva a un mayor consumo de nutrientes para tal fin, y por lo tanto dicha pérdida de nutrientes, que no van a deposición de tejidos, nos dan lugar a un retraso del crecimiento. En otra vía, cualquier daño en la mucosa intesti-



nal originado por cualquiera de las causas mencionadas nos determina una menor absorción de nutrientes y una reducción en la secreción de enzimas endógenas, conllevando una peor conversión de los alimentos. La activación del sistema inmune afecta a la eficiencia alimenticia (Merriot, 2016). Al mismo tiempo, dicho daño en la mucosa digestiva reduce su función como barrera de defensa, aumentando el riesgo de trastornos digestivos manifestado en forma de diarrea, tanto por causas infecciosas como no infecciosas. En muchas ocasiones el origen de los problemas sanitarios que padecemos en nuestras granjas es multifactorial, por lo

que es preciso realizar una anamnesis del problema, además de conocer la epidemiología tanto a nivel de granja como regional y, por supuesto, hacer un diagnóstico definitivo preciso (Carda Aparici, 1982).

Recordemos como el desarrollo digestivo tiene lugar en las primeras fases de la vida del cerdo posterior a que en el momento del nacimiento el mismo está sin desarrollar –inmaduro. De una manera muy significativa, después del destete, entre las 3-4 y 10 semanas de vida, el desarrollo del aparato digestivo tanto en volumen como en tamaño aumenta diez veces.



Interacción Nutrición y Sanidad (Niewold, 2015).

Metabolismo y patología

En el intestino disponemos de una flora saprofito y patógena en equilibrio inestable, que va modificándose con la edad de los animales y en base a los tipos de dietas, además de ser sensible a los factores sanitarios y de stress mencionados. También conocemos aditivos nutricionales y antibióticos que actúan moldeando y modulando la flora digestiva, por lo que pueden ayudarnos o penalizarnos el equilibrio de la misma en el tiempo. Este es otro punto de atención crítico en estos momentos, y una de las bases del uso prudente y racional de los antibióticos, ya que además de las repercusiones sobre la salud animal, humana y ambiental (One Health), también debemos considerar los efectos negativos de los mismos sobre la salud intestinal (no todos los antibióticos son respetuosos con la microbiota e integridad digestiva)

En el lumen intestinal también encontramos grandes cantidades de lipopolisacáridos altamente tóxicos (endotoxinas) producto del metabolismo de los alimentos y de la presencia de agentes infecciosos activos. Un incremento de los mismos lo podemos ver reflejado en el aumento en la concentración en sangre de dichas toxinas, lo que provoca a su vez una mayor permeabilidad intestinal, y consecuentemente un mayor daño de la mucosa intestinal. Es aquí donde algunos antibióticos con sensibilidades positivas a ciertos agentes infecciosos digestivos actúan de forma eficaz, por lo que debemos tenerlo en cuenta a la hora de diseñar nuestras estrategias tanto de medicina preventiva como de terapéutica a nivel curativo.

La activación del sistema inmune en este apartado da lugar a cambios en el metabolismo y requeri-



mientos de aminoácidos. Se han observado cambios a considerar en los requerimientos de arginina, fenilalanina, glutamina, metionina, tirosina, treonina, triptófano y valina, variando dependiendo del tipo de activación. Así por ejemplo, los requerimientos de aminoácidos deben ser mayores en cerditas infectadas por virus síndrome reproductivo y respiratorio porcino derivado de la modulación de la dinámica de la infección y poder así mantener los parámetros productivos (Faba, I 2017). Hay diferencias sustanciales dentro de los parámetros productivos entre granjas, que se pueden relacionar, en parte, con su estado sanitario y con el grado de activación de su sistema inmune. Hay una relación directa entre la morfología de las estructuras digestivas y la ganancia media diaria de peso de los cerdos (Pluske, 1996). Tabla 2.

Hay interacciones entre las condiciones sanitarias y los piensos en cuanto al ratio altura de velloidades y profundidad de criptas (Shin, 2017). La maduración del digestivo comienza justo después del nacimiento y está influenciada por el alimento que consumen los lechones (Partner, 2017).

Cuando el sistema inmune se activa, el metabolismo se modifica, y esto comienza en el mismo momento de la infección, sin que podamos ver siempre signos clínicos. La activación del sistema inmune provoca entre otros los siguientes cambios metabólicos:

- a) Ciertos nutrientes se distribuyen para procesos anabólicos
- b) Reducción de la síntesis de proteína muscular y moviliza dicha proteína
- c) Aumento de la síntesis de proteína de fase aguda hepática
- d) Aumento en suero de dichas proteínas de fase aguda

	CONSUMO PIENSO %	GANANCIA DIARIA %
Infecciones digestivas	8,1+-12,1	16,5+-23,1
Infecciones respiratorias	16,3+-14,6	16,2+-16,0
Infecciones parasitarias	2,9+-8,7	8,4+-11,0
Micotoxinas	23,1+-29,7	29,7+-38,2
Mal ambiente	3,9+-10,3	9,6+-9,6

Tabla 2. Impacto de las diferentes patologías sistémicas sobre parámetros productivos. Pastorelli, 2012.

e) Aumento de pérdidas de nitrógeno por orina (Escobar, 2014)

Dietas deficientes en nutrientes dan lugar a una menor producción de proteínas de fase aguda, ya que priorizan la deposición de proteína corporal durante el desafío inmunitario. Igualmente, el racionamiento excesivo del alimento reduce la digestibilidad del nitrógeno fecal aparente, que se atribuye a la relativa contribución del nitrógeno endógeno al nitrógeno total menor excretado por heces, con un aumento en la suplementación de proteína en la dieta. Una menor excreción de nitrógeno en la orina con cerdos racionados indica que la oxidación de los aminoácidos se reduce en estos frente a los alimentados *ad libitum*.

Nutrición y patologías entéricas

La salud intestinal, cuando se ve comprometida por patologías entéricas, tiene a su vez repercusiones tanto directas como indirectas sobre la nutrición, aunque algunas ya fueron mencionadas en un apartado anterior, se repiten aquí para prestarle la atención que bien merecen, como son (Wang, 2011):

- ➡ Reducción aparente de la digestibilidad de los aminoácidos
- ➡ Incremento de las pérdidas de aminoácidos endógenos

➡ Incremento de la demanda de nutrientes y energía a nivel digestivo (mucina, enzimas, lámina propia y enterocitos)

Esto nos lleva a la necesidad de suministrar dietas, más que con mucha proteína, con proteínas de alta digestibilidad, ya que:

- Los piensos de lechones con proteínas de baja fermentación tienen mejores rendimientos
- La fermentación de proteínas indigestibles produce metabolitos indeseables, sustrato de bacterias patógenas, al tiempo que alteran el confort digestivo y la microbiota.

El papel de la fibra en la salud digestiva es de todos conocido y, si bien, la caracterización de los diferentes tipos de fibras está siendo motivo de estudio en estos momentos, sabemos que la misma es el alimento para la flora bacteriana y esencial para el desarrollo morfológico y funcional del aparato digestivo en los cerdos. Así por ejemplo, la fibra dietética está compuesta por polisacáridos no amiláceos (arabinosilanos, celulosa), más oligosacáridos no digestibles, más almidones resistentes (inulina, pectina, quitina y betaglicanos), además de lignina. Tanto la pectina como la inulina estimulan la flora microbiana beneficiosa (Scharzahl, 2017). Dentro de la fibra dietética y en base a la salud intestinal, podemos diferenciar entre:

a. Fibra dietética soluble la cual aumenta la viscosidad luminal incrementando el tiempo de vaciado y reduciendo el contacto con la mucosa intestinal y la absorción de nutrientes. Un ejemplo son los beta-glucanos de los cereales que aumentan la expresión de los receptores de *Escherichia coli* K88 (Ewaschuk, 2012).

b. Fibra dietética insoluble que aumenta el ratio vellosidades / criptas y mejora la integridad de la mucosa intestinal, además de tener un efecto antiinflamatorio en el intestino grueso. Un ejemplo son los salvados y las celulosas (Shedle, 2008). El salvado de trigo favorece el crecimiento de la microbiota saludable en el intestino con una posible activación del "freno intestinal" y una reducción de las fermentaciones (Ratanpaul, 2017).

Son muchos los trabajos que se han realizado y se están llevando a cabo en esta última década, sobre la interacción positiva que hay entre la colonización de la microflora intestinal y la respuesta inmune (Davis, 2009), así como la relación directa entre la flora intestinal con el sistema inmune y el metabolismo. Los microorganismos saprofitos están correlacionados con la salud y enfermedad de los cerdos, de tal forma que la microflora digestiva del lechón protege de patógenos intestinales, así como de la competición por los nutrientes (Lewis, 2013). En la misma línea, el balance de la microflora digestiva durante las primeras semanas de vida de los lechones tiene un impacto directo sobre su capacidad inmunitaria tanto local como sistémica, mejora la digestibilidad de los nutrientes, la salud intestinal y los parámetros productivos (Jones, 2010).

Pero no es menos importante desde mi punto de vista cómo puede influir la nutrición de la cerda reproductora en la salud intes-



Lechones lactantes con buena salud digestiva.

tinal de sus lechones. Como bien sabemos el desarrollo del tracto gastrointestinal comienza en la fase de gastrulación dentro de la fase embrionaria y el desarrollo del sistema inmune sienta sus bases a partir de los 16 días de gestación (O'Doherty, 2017)

En este sentido, los aditivos alimenticios que son beneficiosos para la salud intestinal de los lechones, cerdos de engorde y por ende de las cerdas reproductoras tienen una extensa literatura, que no es la base de este trabajo, pero que si quiero mencionar por su importancia y efectos conocidos en nuestra práctica diaria, como son: aceites esenciales, ácidos grasos de cadena media, ácidos orgánicos, ciertas algas, enzimas, nucleótidos, prebióticos, probióticos, simbióticos.

Stress térmico y salud digestiva

La escasa capacidad de termorregulación de los cerdos es bien conocida por todos, sabiendo que el rango de confort térmico se va incrementando a medida que aumenta la edad de los mismos, siendo este muy estrecho en las primeras 5-6 semanas de vida (4°C). Así tanto los defectos como excesos

de temperatura tanto externa como interna (incluidos los procesos febriles) nos llevarán a alteraciones metabólicas de gran calado en los mismos, siendo los trastornos digestivos algunas de las consecuencias más directas. Todos sabemos que la primera causa de diarrea en los lechones lactantes es el frío, incluso por delante de cualquier agente infeccioso.

En el caso opuesto sabemos cómo en épocas estivales aumenta la mortalidad en cerdas reproductoras por problemas cardiacos, y se reduce de forma ostensible el crecimiento de los cerdos de engorde como consecuencia de la reducción en muchos casos drástica del consumo de pienso voluntario diario (> 20%). Los problemas de hipertermia al cerdo le crean un grave problema a la hora de disipar dicha temperatura interior, de forma que el mismo trata de hacerlo aumentando la circulación periférica capilar reduciendo la circulación sanguínea a nivel digestivo, provocando una hipoxia celular intestinal, una depleción del ATP, acidosis y consecuentemente una disfunción celular. De esta manera, y como es lógico, se altera la barrera de defensa gastrointestinal, lo que da lugar a un aumento de la permeabilidad intestinal con una mayor absorción de los endotoxinas y microorganismos desde el lumen intestinal al torrente sanguíneo, agravando el riesgo y la incidencia de trastornos digestivos. A nivel endógeno dicho incremento de la permeabi-



Lechón sin stress térmico y buena salud digestiva.

lidad epitelial se ve mediado por los corticoesteroides adrenales. Los niveles elevados de cortisol en plasma dañan las células epiteliales del aparato digestivo, provocando muertes celulares y alteraciones en los mecanismos de absorción a nivel entérico.

Eficiencia alimenticia

El principal indicador productivo de la buena salud digestiva es la eficiencia en la conversión del alimento, por lo que en este trabajo me permito reflejar aquellos factores de índole nutricional y sanitaria que van a influir en dicho parámetro. Si además consideramos que el índice de conversión en porcino es un parámetro de gran impacto económico, ello nos traslada una vez más a que le demos la gran importancia que tanto la nutrición, como la sanidad, y ambas conjuntamente tienen en nuestra cuenta de explotación. Poniendo un ejemplo cercano a nuestra realidad productiva, una

cuantitativos como cualitativos, y en todos los casos la integridad de la mucosa digestiva y la salud intestinal son claves.

Empezando por el agua de bebida la misma debe ser potable y estar disponible en la suficiente cantidad para que nuestros cerdos beban lo que necesitan según su fase productiva. Todos conocemos las mayores necesidades de agua frente a pienso (3-5/1) para optimizar el consumo de pienso y su utilización correcta. Los cerdos primero beben y luego comen, debiendo primar dos de los pilares del bienestar, consumo de agua y consumo de pienso en base a sus necesidades.

La presentación del pienso base harina o granulado determinan mejoras en la eficacia alimenticia del segundo frente al primero, salvo en los casos en que tengamos una elevada tasa de finos en el granulado que nos determine una selección en el consumo y/o pérdidas de pienso. Al mismo tiempo la presentación del pien-

en este punto que un exceso de finos nos puede dar lugar a úlceras gastroesofágicas. En este punto quiero destacar la importancia del tamaño de partícula (>759 micras) y dureza/durabilidad de los gránulos en la salud digestiva.

Los programas nutricionales de múltiples fases también nos permiten mejorar dicho parámetro; lo cual hoy podemos adaptarlo a las diferentes genéticas y condiciones de explotación gracias a los programas de modelización.

En cuanto al manejo de la alimentación, las restricciones de pienso en cerdos a partir de unos pesos fijados en base a los modelos anteriores; y sobre todo en cerdos que llevamos a pesos muy elevados y castrados nos permitirán mejorar ostensiblemente el índice de conversión. A mayor edad de los cerdos el tiempo de tránsito intestinal aumenta.

Consideraremos los programas de prevención de micotoxinas que son rentables solo con el evitar las penalizaciones que las mismas nos producirían (según tipo y niveles) sobre la integridad de la mucosa intestinal y los mecanismos de defensa inmunitarios.

En cuanto a la calidad nutricional de los piensos, los niveles que más inciden sobre la eficacia alimenticia son:

- Energía: cada uno por ciento de aumento de grasa se mejora un 2% el índice de conversión. Es preciso definir el nivel energético de partida en cada circunstancia y la calidad de las fuentes energéticas para minimizar el stress oxidativo y su impacto sobre la mucosa digestiva y microbiota.

- Proteína: deficiencias de aminoácidos digestibles penalizan el índice de conversión además de los problemas mencionados sobre las proteínas de fase aguda y respuesta de la inmunidad entérica.

“ Dentro de los seis pilares de la producción porcina, la nutrición supone un porcentaje muy importante del coste de producción (entre 2/3 y 3/4). Pero es esencial partir de una correcta base genética, así como de unas instalaciones y condiciones ambientales que no limiten dicho potencial genético, asociado a un adecuado manejo de los animales. ”

mejora en el índice de conversión unitaria de 100 gramos por kilo nos retorna en un beneficio por kilo de 0,025 €, o de 2,5 €/cerdo a sacrificio (100 kilos peso vivo).

Dentro de la nutrición en general, los parámetros que influyen sobre el índice de conversión son tanto

so en húmedo frente a seco tenemos también una mejora en la eficacia alimenticia en cuanto al porcentaje total de materia seca ingerida. Dentro de la propia presentación de los piensos, la heterogeneidad en las mezclas produce una penalización. Considerar

- Fibra: en cerdos de engorde cada 1% menos de fibra tenemos una mejora del 1-3% de la eficacia alimenticia.

- Vitaminas y Minerales: deficiencias provocan incrementos en la absorción de nutrientes y la deficiencia de muchos de ellos, alteraciones en la integridad intestinal y efectos negativos sobre el sistema inmune .

En este trabajo nos centramos más en la eficiencia de los nutrientes dentro de la salud intestinal, y no tanto en el dato productivo, siendo importante tener en cuenta que la prioridad metabólica de los diferentes nutrientes tienen implicaciones sobre la misma, como quiero expresar en la Tabla 3:

Conclusiones

Dentro de los objetivos de la industria porcina tenemos el de la sostenibilidad que significa que

Dieta pobre en lípidos y rica en glúcidos	Dieta rica en lípidos y pobre en glúcidos
Homeostasis de glucosa y lípidos	Homeostasis glucídica
Metabolismo lipídico y colesterol	Stress oxidativo
Regulación estabilidad proteica	Respuesta inmunitaria
Regulación del apetito	Respuesta inflamatoria
Diferenciación celular	Apoptosis e hipoxia

Tabla 3. Impacto de las diferentes patologías sistémicas sobre parámetros productivos. Gondret, 2014.

sea rentable la producción de proteína animal de alto valor biológico, respetando el bienestar y los cuidados de los mismos, minimizar el impacto medioambiental, trabajar en la seguridad alimentaria y tener en cuenta en todo momento la salud pública. Para ello es preciso mantener la sanidad de los cerdos, para la cual la salud digestiva es clave. Constatamos como hay una estrecha inte-

racción entre nutrición - patología digestiva, la termorregulación y los factores de stress que son primarios a la hora de alcanzar dicha salud intestinal del cerdo.

Trasladando este objetivo productivo a su vertiente de rentabilidad, nos encontramos como la eficacia alimenticia nos explica claramente esta interrelación entre salud digestiva con la nutrición, microbiota, inmunidad y la sanidad porcina.

Bibliografía

- 1 Animal Welfare & Acute Phase Proteins. Fourth European Colloquium on Acute Phase Proteins. Segovia, Spain 25-26 September 2003
- 2 Gaskins, H (1997). Intestinal defense mechanisms. *Feed Mix* 5(1) 14-16
- 3 Gifolsin, CV (2000). Is the gastrointestinal system built for exercise? *NIPS* 15:114-119
- 4 Guan, W (2023). Swine Intestinal Physiology and Microbiota Affected by Nutrition Management. *Animals* ISSN 2076-2615
- 5 International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. XI Edition Book of Abstracts Montbrío del Camp, Spain 20-22 May 2009
- 6 International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. XII Edition Keystone, CO, USA May 29-June 1, 2012
- 7 International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. XIII Edition Kliczków, Poland, May 19-21, 2015
- 8 Lee, Y (2016). Stress, Nutrition, and Intestinal Immune Responses in Pigs – A Review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 29(8):1075–1082. doi: 10.5713/ajas.16.0118
- 9 Liao, SF (2024). Swine Gastrointestinal Microbiota and the Effects of Dietary Amino Acids on Its Composition and Metabolism. *Int. J. Mol. Sci.* 2024, 25(2), 1237; <https://doi.org/10.3390/ijms25021237>
- 10 Mainardi, E (2024). The Effect of Vitamins on the Immune Systems of pigs. *Animals*, 14(14), 2126; <https://doi.org/10.3390/ani14142126>
- 11 Meddings, J & Swain, mg (2000). Environmental stress-induced gastrointestinal permeability is mediated by endogenous glucocorticoids. *Gastroenterology* 119:1010-1028
- 12 Pabst, R (2020) The pig as a model for immunology research *Cell Tissue Res* 380 287-304 DOI: 10.1007/s00441-020-03206-9
- 13 Ratanpaul, V (2017). AARC CoE Plant Cell walls. ASPA – November 18-22th, 2017 – The University of Queensland
- 14 Rodrigues, L (2022). Formulating Diets for Improved Health Status of Pigs: Current Knowledge and Perspectives. *Animals* 12(20): 2877. [10.3390/ani12202877](https://doi.org/10.3390/ani12202877)
- 15 Sakurada, S & Hales, JRS (1998). A role for gastrointestinal endotoxins in enhancement of heat tolerance by physical fitness. *J Appl Physiol* 84:207-214
- 16 Shin, TK (2017). APSA, Melbourne November 18-22th, 2017 – Chungnam National University
- 17 Varley, M (2009). Taking control of feed conversion ratio. *Pig Progress* Vol 25, No 2: 22-23
- 18 Uphadaya, SD (2022). Maintenance of gut microbiome stability for optimum intestinal health in pigs – a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* volume 13, Article number: 140
- 19 Vetagro (2014). Intestinal integrity and immune response: improving performance and food safety via gut health. *Vetagro International Forum 2014 Chateaubourg – France.*
- 20 Wang, H (2020). Swine gut microbiota and its interaction with host nutrient metabolism. *Animal Nutrition* Volume 6, Issue 4, 410-420 doi.org/10.1016/j.aninu.2020.10.002