ALIMENTACIÓN *IN OVO* EN EMBRIONES DE POLLO

Gabriel Ruiz Castañeda[1], Roberto Jiménez Torres, Martha E. Gutiérrez Vargas, Renán Medina Domenzáin

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
Departamento de Producción Agrícola y Animal
[1]zoogenia@yahoo.com.mx

Resumen

La alimentación de la gallina con los nutrientes esenciales es importante para mantener un huevo fértil y nutrido, antes de su incubación. Aproximadamente del 2 al 5% de las crías no sobreviven al período posterior a la eclosión y muchos pollos que viven presentan retraso en el crecimiento, baja síntesis del alimento, y poca resistencia a enfermedades. La finalidad deriva en las necesidades nutricionales antes y después de la eclosión de los polluelos, una etapa crítica sobre la base nutrimental endógena y exógena. Aunque la tecnología sobre la alimentación *in ovo* fue patentada hace más de 10 años, no ha sido ampliamente adoptada por la industria avícola. Sin embargo, la fase embrionaria en desarrollo y el tiempo de inyección de los huevos son las áreas clave que se pueden manipular para maximizar la incubabilidad y "calidad" del pollo. La alimentación *in ovo* es una herramienta que beneficia la producción de las aves. Sobre la base de las nuevas reformas del bienestar animal, la alimentación *in ovo* es benéfica en la "calidad" y el bienestar de los pollos recién eclosionados.

Introducción

La alimentación de la gallina con los nutrientes esenciales es importante para mantener un huevo fértil puesto y nutrido, antes de su incubación. Posterior a ello, durante la incubación se presenta una progresión sincronizada de eventos que se producen durante el desarrollo embrionario y la eclosión de un pollo viable. Las necesidades de nutrientes para satisfacer el bienestar de los huevos en la incubación experimentan varios cambios importantes desde la fecundación hasta la dependencia de la alimentación del pollo. La glucosa es central, al inicio de la incubación hasta que el corioalantoides tiene contacto con el O_2 para la oxidación de ácidos grasos. La recuperación de nutrientes de la albúmina y de la yema de huevo es en gran medida parte del conjunto del cuerpo a través de finalizar los 14 días del embrión. La albúmina restante se mezcla con el líquido amniótico y se consume por vía oral hasta el inicio de la eclosión -Moran, 2007-.

Aproximadamente el 2% y el 5% de las crías no sobreviven el período crítico después de la eclosión de "ajuste" y muchos de los que viven presentan retraso en el crecimiento. Las aves eclosionan con un sistema digestivo inmaduro y con el saco vitelino todavía unido. No utilizan muy bien los carbohidratos y los aminoácidos de la dieta. Estas limitaciones pueden preverse por una administración de alimento en la planta de incubación inmediatamente después de la eclosión. Una tecnología denominada "alimentación temprana", o administración de alimentos en el amnios del embrión, definido como "alimentación in ovo" -IOF, por sus siglas en inglés-. Durante este período el polluelo tiene cambios en el metabolismo y con procesos de transición fisiológica del estado nutricional del huevo -es decir, la yema- para su posterior alimentación exógena. La cría debe cambiar de una dieta a base de los nutrientes de la yema -principalmente grasas- a otra de piensos sólidos -principalmente carbohidratos y proteínas-. Inmediatamente después de la eclosión el pollo se nutre de sus reservas corporales limitadas y se somete a un rápido desarrollo físico y funcional del tracto gastrointestinal –GIT-, con el fin de digerir y asimilar los nutrientes de la alimentación. Debido a que el intestino es el órgano donde se asimilan los nutrientes primarios. Cuanto antes se logre esta capacidad funcional,

> El **suministro de nutrientes suplementarios** en una etapa crítica del desarrollo con la alimentación *in ovo* mejora el estado nutricional del neonato.

más pronto puede utilizar los nutrientes de la dieta y crecer de manera eficiente en su potencial genético y resistir las enfermedades infecciosas y metabólicas -Uni & Ferket, 2004 -.

El epitelio intestinal es un complejo sistema de múltiples tipos de células sometidas a una continua renovación y el cambio con patrones bien orquestados de expresión génica durante los procesos del desarrollo y de la diferenciación. Este sistema tiene un papel importante en determinar el potencial del desarrollo del pollo recién eclosionado. El crecimiento y desarrollo de los pollos depende de la digestión y absorción de nutrientes, resultado directo del desarrollo funcional y morfológico del intestino delgado – Tako y col., 2004 -. Se sabe que el pollo precocial eclosiona con un sistema digestivo inmaduro. Durante las primeras 72 horas después de la eclosión, el GIT presenta cambios morfológicos rápidos, bioquímicos, y el desarrollo celular digiere y absorbe nutrientes que se consumen por vía oral. Por lo tanto, los pollos recién nacidos pueden experimentar digestión y absorción de nutrientes, durante esta ventana de tiempo en el que el intestino está alcanzando la madurez funcional -Foye y col., 2007-.

El glucógeno insuficiente y la albúmina forzarán en el embrión a movilizar más proteína muscular en la gluconeogénesis, restringiendo así el crecimiento del embrión en la etapa tardía y del neonato. En la etapa tardía, el embrión y el neonato dependen de la gluconeogénesis a partir de aminoácidos, lo que resulta en agotamiento de las reservas de proteínas del músculo, reducen el crecimiento y desarrollo temprano -Uni y col., 2005-.

El objetivo deriva en las necesidades nutricionales antes y después de la eclosión de los polluelos, una etapa crítica sobre la base nutrimental endógena y exógena. Se hipotetiza que en la alimentación *in ovo* la inyección de nutrientes en el amnios del embrión del pollo puede mejorar la absorción de nutrientes -Foye y col., 2007-. Hay varios factores que pueden limitar el desarrollo y la viabilidad de los embriones y las crías tardías: 1) El contenido de nutrientes de los huevos necesarios para el desarrollo de los tejidos y las reservas de nutrientes - glucógeno, músculo, yema - del embrión a través de la eclosión; 2) La capacidad del GIT para digerir los nutrientes, carbohidratos externos y la dieta rica en proteínas; y 3) La capacidad de los pollos en los nutrientes residuales en el saco vitelino durante los primeros días después de la eclosión -Uni y col., 2004-.

Discusión

La administración de alimento *in ovo* en el amnios puede mejorar las reservas de glucógeno muscular tanto en la etapa tardía embrionaria y la posterior eclosión. Mediante la inyección de una solución de alimento en el amnios embrionario - 1 ml de solución *in ovo*, que contienen dextrina, maltosa y sacarosa, aumenta el glucógeno hepático total en los embriones y en las crías -, el embrión naturalmente consume el alimento por vía oral antes de que comience a salir del cascarón, lo que estimula el desarrollo del pollito para empezar a consumir alimento. El suministro de nutrientes suplementarios en una etapa crítica del desarrollo con la alimentación *in ovo* mejora el estado nutricional del neonato. Se espera que con esto mejore su situación nutricional, produciendo varias ventajas: en la utilización de nutrientes más eficientes, reducción de la mortalidad después de la eclosión y la morbilidad, mejora la respuesta inmune a antígenos entéricos, reduce la incidencia de trastornos esqueléticos durante el desarrollo, y favorece un mayor desarrollo muscular –Uni y col., 2004-.

Es razonable suponer que niveles mayores de glucógeno en el tratamiento *in ovo* reducen la necesidad de producir glucosa a través de la gluconeogénesis y, por lo tanto, contribuir a un menor uso de la proteína muscular. El mantenimiento de homeostasis de la glucosa durante el desarrollo embrionario en la etapa tardía depende de la cantidad de glucosa de reserva principalmente en forma de glucógeno en el hígado y en el grado de la glucosa generada por la gluconeogénesis a partir de proteínas de la albúmina movilizada primero en el amnios y luego en el músculo. Aunque la glucosa se puede sintetizar a partir de grasa y de proteínas, la glucosa se genera principalmente de las proteínas mediante la gluconeogénesis o por la glicolisis de las reservas de glucógeno, porque el oxígeno es limitado durante el último tercio de incubación. En los pollos, las principales reservas de glucógeno son la glicolítica en el hígado y los músculos. Las reservas de glucógeno comienzan a ser restablecidas cuando el polluelo recién eclosionado tiene pleno acceso a la alimentación, al oxígeno y pueden hacer pleno uso de la grasa almacenada en el saco vitelino -Uni y col., 2005-.

Por lo tanto, el embrión de pollo en desarrollo debe basarse en los nutrientes proporcionados por el huevo independientemente

de la influencia materna. La transferencia de nutrientes de la madre al embrión se completa antes de la puesta del huevo, por lo que el huevo contiene todos los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo del embrión. El estado nutricional *in ovo* del embrión de pollo se compone principalmente de la grasa de la yema con restos de carbohidratos. Sin embargo, la glucosa es la principal fuente de energía de los carbohidratos necesarios para el desarrollo, el crecimiento, mantenimiento y es un componente importante de las membranas celulares, glicoproteínas y glicolípidos - Foye y col., 2006.

Además, en el pollo, la yema ofrece reservas de nutrientes durante varios días; sin embargo, los polluelos son precoces y su alimentación directa es exógena. Durante la primera semana después de la eclosión el pequeño aumento del peso de los intestinos es más rápido que la masa del cuerpo, y los rápidos cambios morfológicos que se producen después de la eclosión es el crecimiento de las vellosidades en el duodeno, yeyuno e íleon. El ritmo acelerado del desarrollo después de la eclosión se refleja en la elevación del número de enterocitos durante los primeros días después de la eclosión, resultante del aumento en la longitud de las vellosidades. En paralelo con estos cambios morfológicos, la capacidad del tejido intestinal para digerir y absorber nutrientes aumenta constantemente durante la primera semana después de la eclosión – Uni y col., 2003 - .

Los primeros días después de la eclosión son un periodo crítico para el desarrollo porque se produce un cambio importante en la fuente de nutrientes. Al quinto día después de la eclosión la yema es absorbida. Durante este período, la composición de los lípidos de la yema muestra un marcado aumento en su proporción de ésteres de colesterol y disminuyen los triacilglicéridos y fosfoglicéridos. El crecimiento del hígado después de la eclosión se asocia con una importante acumulación de grasa. El nivel alto de ésteres del colesterol asociados con el hígado embrionario se reemplaza rápidamente por triacilglicéridos, y fosfoglicéridos. La acumulación de los triglicéridos fue acompañado por un cambio rápido en su composición de ácidos grasos asociados con el desarrollo embrionario y que difieren notablemente de la de los triacilglicéridos siendo absorbidos de la yema -Noble y col., 1989-.

Por otro lado, la capa protectora de moco cubre toda la superficie del GIT. La capa de moco también actúa como un medio para el transporte de las moléculas entre los contenidos luminales y los enterocitos; por lo tanto, tiene un papel importante en la absorción de nutrientes. El componente principal de la capa de moco, glicoproteínas de mucina, es producida por las células caliciformes secretoras de moco. El intestino delgado del pollo, el desarrollo de las pequeñas células secretoras, calciformes y enterocitos se produce en el último período embrionario. La presencia de los nutrientes es crucial para el desarrollo de la mucosa. Una privación de alimento inmediatamente después de la eclosión causa retardo en el desarrollo de la mucosa y perturba la dinámica de mucina. Estudios recientes han mostrado que la alimentación *in ovo* suministra nutrientes intra-amniótico y desarrolla una mucosa funcional acelerada -Smirnov y col., 2006-.

Toda la superficie del GIT del pollo está cubierta por una capa de moco que funciona como una barrera de difusión entre el lumen intestinal y las células de absorción. Las mucinas son el componente principal de la capa de moco, que produce y secreta por las células caliciformes. La capa de moco es parte de la respuesta innata del huésped, la protección contra la microflora luminal, la prevención de patologías gastrointestinales, y participa en los procesos de digestión y absorción de nutrientes. El desarrollo intestinal en el pollo continúa después de la eclosión. Durante la primera semana después de la eclosión el intestino delgado de pollo crece rápidamente y las vellosidades y la profundidad de la cripta, así como la capacidad para digerir y absorber los carbohidratos también se incrementa - Smirnov y col., 2006 -.

En la última semana de incubación e inmediatamente después de la eclosión, el crecimiento intestinal parece surgir principalmente de la hiperplasia celular y no de hipertrofia celular - Uni y col., 1996 -. También es un riesgo que los polluelos se mantengan en ayunas comúnmente en las primeras 36 a 72 horas después de la eclosión, debido a la logística de la producción comercial. Por ejemplo, el ayuno durante 48 a 72 horas post-eclosión origina un retraso del peso y en el desarrollo intestinal, así como un menor peso del músculo pectoral – Kornasio y col., 2011 -.

La embriogénesis aviar es un proceso externo. Los embriones de pollo dependen de los nutrientes que contiene el huevo, que proporciona la energía y lo necesario para sus necesidades metabólicas durante su normal incubación a lo largo de 21 días. Sin embargo, el oxígeno es el único nutriente no derivado del huevo. Por lo que la composición de los nutrientes del huevo determina el éxito del desarrollo y eclosión de un pollo sano - Shafey y col., 2012 -. Además, se sabe que el embrión aviar posee un suministro de nutrientes y de energía finito dentro del huevo. Este nutriente

Los embriones de pollo dependen de los nutrientes que contiene el huevo, que proporciona la energía y lo necesario para sus necesidades metabólicas durante su normal incubación a lo largo de **21 días**.

Tabla 1. Administración de nutrientes *in ovo* en el polllo (*)

Sustancia(s) inyectada(s)	Sitio de inyección o inoculación
L-tiroxina, tiourea	Embrión
Aminoácidos	Yema
Ácido iopanoico	Circulación alantoideo
Hormona del crecimiento	Albúmina
Hormona del crecimiento	Albúmina (preincubación)
Péptido YY	Cámara de aire
Antibióticos	Amnios
Aminoácidos	Yema
Carbohidratos, metionina de zinc	Amnios
Carbohidratos	Amnios
Vitamina, ácido linoléico	Yema
L-Carnitina	Amnios (&)
L-treonina	Yema
Glucosa	Yema
Maltosa, multivitamínico, glicina de zinc, glutamina	Amnios
Vitamina	Cámara de aire

(*) Kadam y col., 2013
(&) En Leghorn blanca

finito se compone principalmente de grasa en la yema, baja en proteínas y trazas de carbohidratos -Dong y col., 2013-.

En las aves, el embrión en desarrollo fuera del cuerpo de la hembra progenitora -ovípara- es diferente del embrión de mamífero. En la alimentación *in ovo*, que es un método para la inyección de soluciones en los huevos en incubación, ha sido investigado en los últimos años. Estos esfuerzos tratan de mejorar la producción de aves mediante la administración de nutrientes o factores de crecimiento dentro de los huevos, y muchos experimentos han demostrado tener efectos positivos en el crecimiento de las aves. Estos experimentos incluyeron soluciones de aminoácidos, hormonas y factores de crecimiento que están actualmente en estudio -Liu y col., 2012-.

La eficacia de la técnica nutricional para atenuar la limitación de energía perinatal en embriones de pollo ha sido probada mediante la introducción de carbohidratos, proteínas y aminoácidos en el amnios. Esto se ha demostrado que tiene efectos positivos sobre las reservas de energía mejorando el desarrollo. Los disacáridos –sacarosa y maltosa- proporcionan glucosa y fructosa que se digieren y se absorben para mejorar las reservas de energía en el hígado y en el músculo para el mantenimiento perinatal, crecimiento y desarrollo. Por otra parte, los carbohidratos digeribles, en combinación con las proteínas –glicoproteínas- y grasas –glucolípidos-, pueden ser potenciales sustratos energéticos que complementan los nutrientes de la yema -Tangara y col., 2010-. Aunque la tecnología sobre la alimentación *in ovo* fue patentada hace más de 10 años, no ha sido ampliamente adoptada por la industria avícola. Sin embargo, la fase embrionaria en desarrollo y el tiempo de inyección de los huevos son las áreas clave de manipulación para maximizar la incubabilidad y "calidad" del pollo siguiendo la aplicación de alimentación *in ovo* –Kadam y col., 2013-.

Conclusiones

La alimentación *in ovo* es una herramienta que beneficia la producción avícola. Sobre la base de las nuevas reformas del bienestar animal, la alimentación *in ovo* beneficia en la "calidad" y el "bienestar" de los pollos recién eclosionados. Mientras tanto, las investigaciones en esta área *in ovo* siguen en estudio, bajo una de las premisas de disminuir la mortalidad y morbilidad en beneficio de tener aves más sanas. •

Referencias bibliográficas
(Se enviarán a quienes las soliciten)

> La **eficacia** de la técnica nutricional para atenuar la limitación de energía perinatal en embriones de pollo ha sido probada mediante la introducción de **carbohidratos**, **proteínas** y **aminoácidos** en el amnios.