



Aviagen®



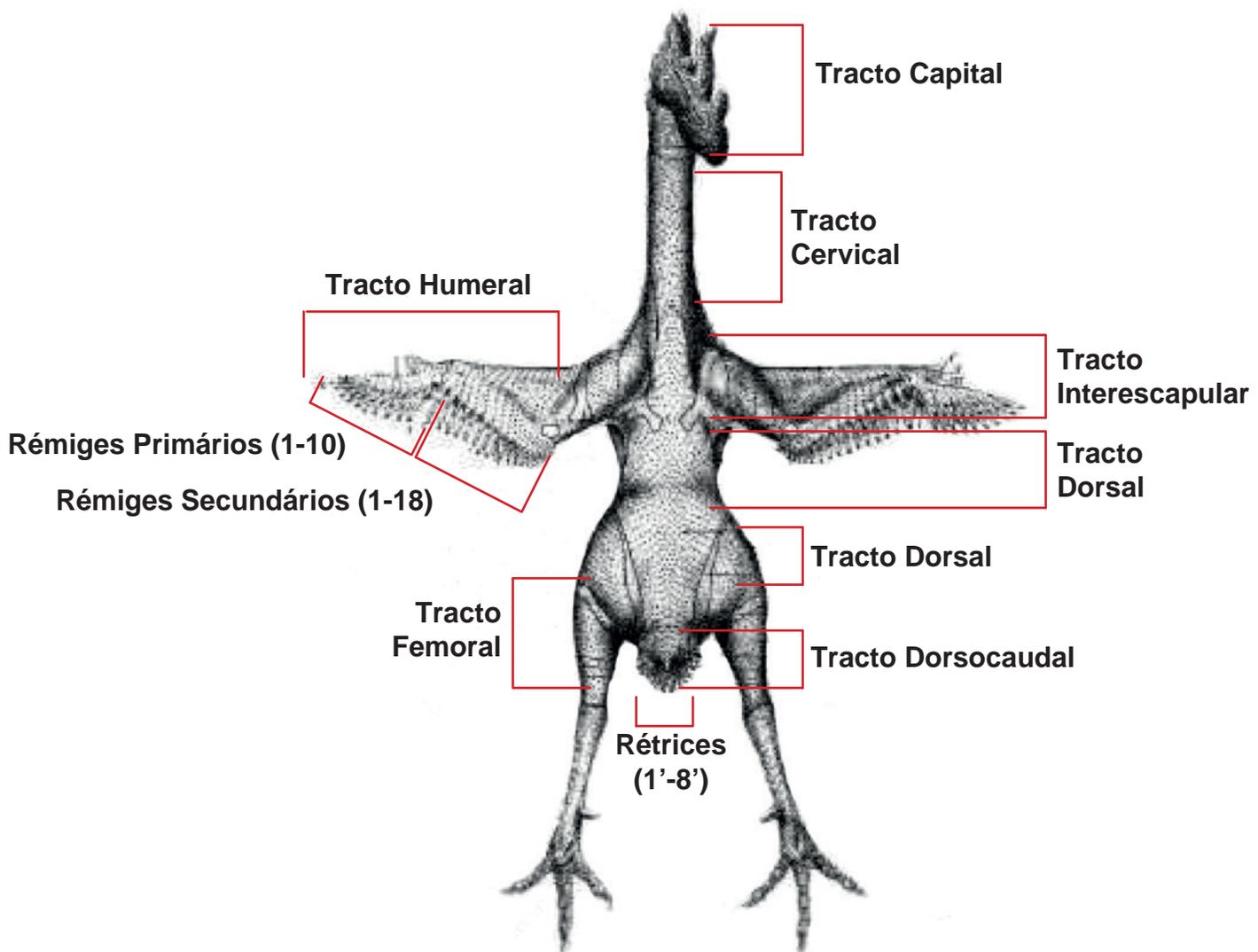
Emplume en Hembras Reproductoras de Engorde

Dr. Colin Fisher, Consultor en Nutrición, Aviagen Ltda.
Derechos de Autor, 2018, Aviagen, todos los derechos reservados.

SINOPSIS

El mantenimiento de un buen plumaje en las gallinas reproductoras de engorde es importante para la producción económica y el bienestar animal. El plumaje, particularmente en la zona dorsal, es importante para la disposición de la hembra a aparearse. Cuando la cobertura no es suficiente, se puede observar una pérdida en la fertilidad y en la producción de pollitos, normalmente en la segunda mitad del ciclo de producción. Las plumas son un componente corporal importante con funciones tan variadas como la protección física, el control térmico y aislante, la exhibición sexual y el vuelo. A pesar de esto, los estudios sobre el emplume han sido limitados en la investigación avícola y hay muchos aspectos relacionados con el emplume en las reproductoras de engorde que no se conocen bien. Este folleto presenta nuestro conocimiento actual sobre el emplume en gallinas reproductoras de engorde, desde una perspectiva científica. Para recibir información aplicable en la práctica, por favor consulte el documento Guía Práctica sobre el Manejo del Emplume de Hembras Reproductoras de Engorde (Diciembre 2014).

Figura 1. Vista dorsal de los tractos de plumas.



INTRODUCCIÓN

Los apéndices de la piel son comunes en los animales vertebrados, pero la pluma aviar ha sido descrita como el apéndice más complejo que ha evolucionado. Las plumas son un órgano principal del cuerpo y tienen funciones que incluyen la protección física, el control térmico y aislante, la exhibición sexual y el vuelo. Sin embargo, en nuestras aves domésticas, las plumas suelen ser muy ignoradas en los procesos de investigación y solamente se les presta atención cuando la capa de plumas es más delgada o inexistente, o cuando las plumas están averiadas.

Como en todos los tipos de aves, el crecimiento y mantenimiento del plumaje es importante en las reproductoras de engorde. Un aspecto de particular importancia es el efecto que la pérdida de plumas en el dorso de las hembras tiene en la actividad de apareo. Los impactos en la piel que pueden causarse durante el apareo hacen que las aves se muestren reacias a la actividad sexual, dando como resultado una reducción de la fertilidad y del desempeño reproductivo. El diagnóstico de las posibles causas de la reducción del plumaje en gallinas reproductoras es complicado. La pérdida de plumas incrementa la pérdida de temperatura y representa un aumento en el requerimiento energético metabólico del ave. Si esta situación se corrige aumentando la porción de alimento en temperaturas más frescas, pueden observarse consecuencias económicas, y si no se corrige, también puede haber un impacto económico como consecuencia de la reducción en producción de huevos. Hay muchos factores involucrados, y los defectos del emplume que se presentan en las etapas tardías del ciclo de producción pueden ser consecuencia de eventos que ocurrieron mucho antes y que no se detectaron en su momento.

BIOLOGÍA DEL CRECIMIENTO DE LAS PLUMAS

ESTRUCTURAS DEL EMPLUME

Entre 6000 y 9000 plumas se encuentran en 20 a 30 áreas de crecimiento definidas, conocidas como tractos de plumas o pterylae. Éstas cubren aproximadamente el 75% de la superficie del cuerpo. Las áreas de la piel que no tienen plumas (apteria), se encuentran más notablemente debajo de las alas, en la quilla y en la porción central del pecho. Las plumas especializadas de las alas y la cola terminan de completar el plumaje. La **Figura 1** muestra los tractos principales de la zona dorsal. El tracto dorsal principal (dorsal pélvico) y los dos tractos de la pierna (femorales) son los que tienen mayor posibilidad de ser útiles en la creación de una barrera entre la gallina y los dedos y espuelas del macho durante el apareamiento.

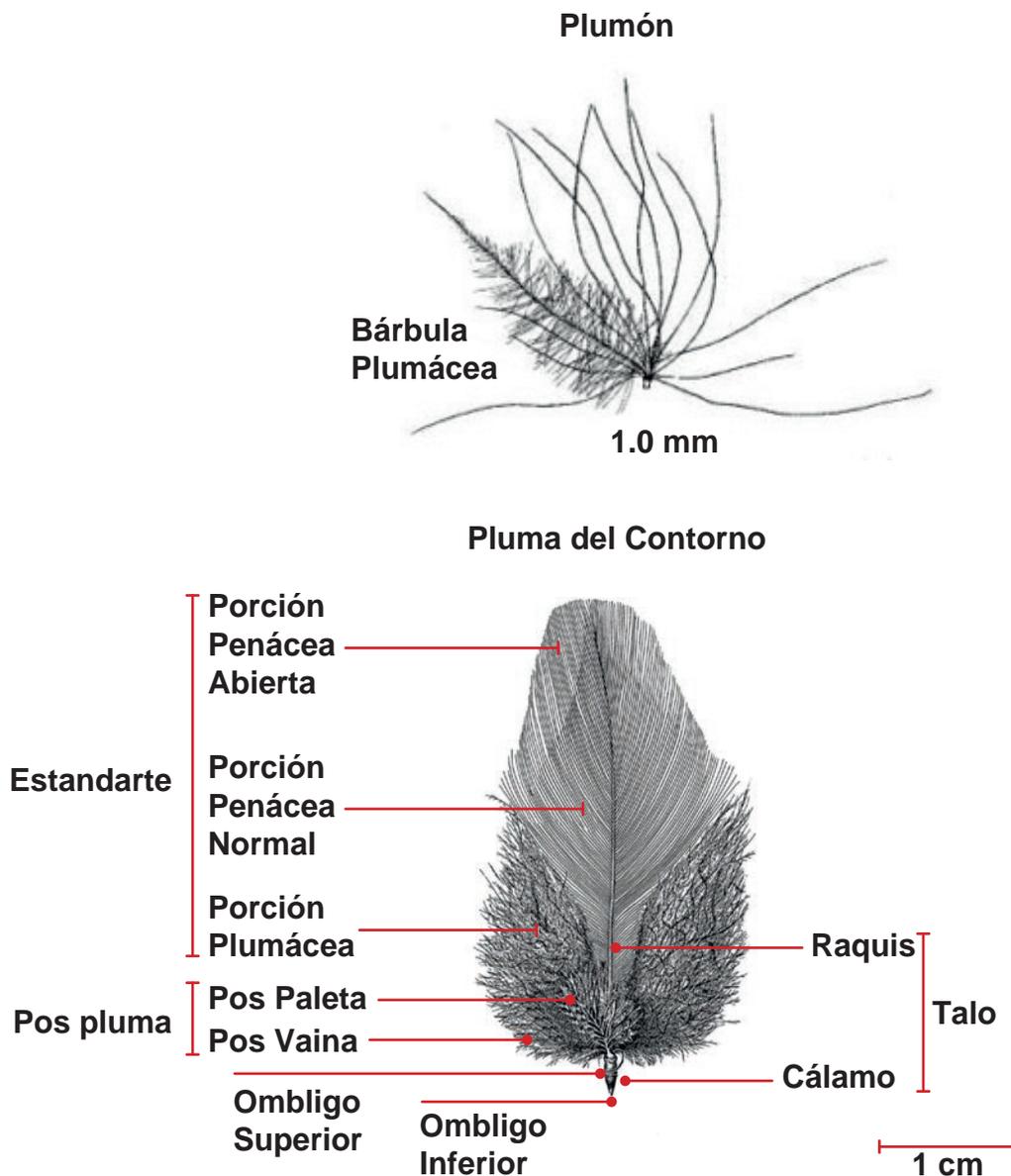
Los diversos tipos de plumas se encuentran clasificados convenientemente en cinco categorías:

- Las plumas grandes y rígidas de las alas (rémiges) y la cola (timoneras o retrices).
- Las plumas de contorno.
- Los plumones o plúmulas.
- Las filoplumas que parecen cabellos.
- Cerdas diminutas en el rostro (una categoría llamada semiplumas que se puede incluir entre plumas de contorno y plumones).

Las rémiges y las retrices son plumas grandes y rígidas caracterizadas por paletas asimétricas que son casi completamente penáceas (**Figura 2**). Las plumas de contorno constituyen la principal cubierta exterior protectora de todo el cuerpo. La **Figura 2** muestra las partes principales de una pluma de contorno típica. Los plumones son los que están presentes al nacer (plumones natales) o los que se encuentran en la apteria de las aves gallináceas (plumones definitivos). Los plumones son completamente plumáceos (**Figura 2**) y en las aves adultas parecen estar distribuidos de forma que sirvan como aislante. Las filoplumas son plumas que parecen cabellos y que comienzan a emerger sobre la piel unos días después del nacimiento. Son parte del sistema de aporte sensorial para el control de la postura de las plumas más grandes.

Las principales estructuras de una pluma de contorno (**Figura 2**) consisten en un eje, o raquis, con dos series de púas paralelas que forman el estandarte. Los estandartes cercanos a la piel (proximales) tienen una textura suave y esponjosa (plumácea), mientras que los estandartes exteriores (distales) son firmes y compactos (penáceos). Cada púa tiene bárbulas, y las bárbulas adyacentes se entrelazan para fortalecer o reforzar los estandartes penáceos. Otros tipos de plumas tienen estructuras similares pero en los detalles son muy variables.

Figura 2: Componentes de una pluma de un día de edad (arriba) y de una pluma de contorno típica (abajo). En la imagen superior solo se muestra una púa con bárbulas. (Lucas y Stettenheim, 1972).



EL FOLÍCULO DE LA PLUMA

El desarrollo del folículo de la pluma puede notarse por primera vez en el embrión de 5 días y los folículos completamente diferenciados se encuentran presentes en el día 16. Al momento de eclosión todos los folículos están presentes. El folículo de la pluma (**Figura 3**) es una invaginación cilíndrica o un hoyuelo en la epidermis de la piel con una capa extremadamente delgada. Éste se encuentra rodeado por una capa de epidermis germinativa que se fusiona con la piel. Los músculos de la pluma se insertan en la capa externa del folículo. En la parte interna del hoyuelo yacen tres capas germinales que darán origen a la vaina, raquis y púas, y más adelante al cálamo o cañón de la pluma en crecimiento. Las células nuevas se forman en el collar epidérmico, o anillo de tejido proliferativo, situado justo por encima de la papila dérmica, en el fondo del folículo. La papila dérmica forma la pulpa de la pluma ubicada en el centro del cilindro en desarrollo. La pulpa contiene tanto vasos sanguíneos como nervios. El esquema de diferenciación de los elementos de la pluma se encuentra esquematizado en la **Figura 4** de la siguiente página.

La queratina es el principal componente proteico estructural de las plumas. Esta es una escleroproteína virtualmente resistente a la degradación de las enzimas proteolíticas. Las fibrillas de queratina, unidas a través de los enlaces de hidrógeno de las hélices de las proteínas, brindan estructura física y resistencia a la pluma. Particularmente las uniones de disulfuro de cisteína estabilizan la resistencia de las estructuras de la proteína.

La queratinización de las plumas embriológicas comienza alrededor del día 13 de incubación y se completa para el día 19. Este proceso se lleva a cabo en el citoplasma de cada célula y ocurre generalmente de forma simultánea a la proliferación celular. Los pigmentos de la pluma también se establecen durante este período de tiempo.

Figura 3. Principales áreas de proliferación celular en el folículo de la pluma (tomado de Yu et al. 2004)

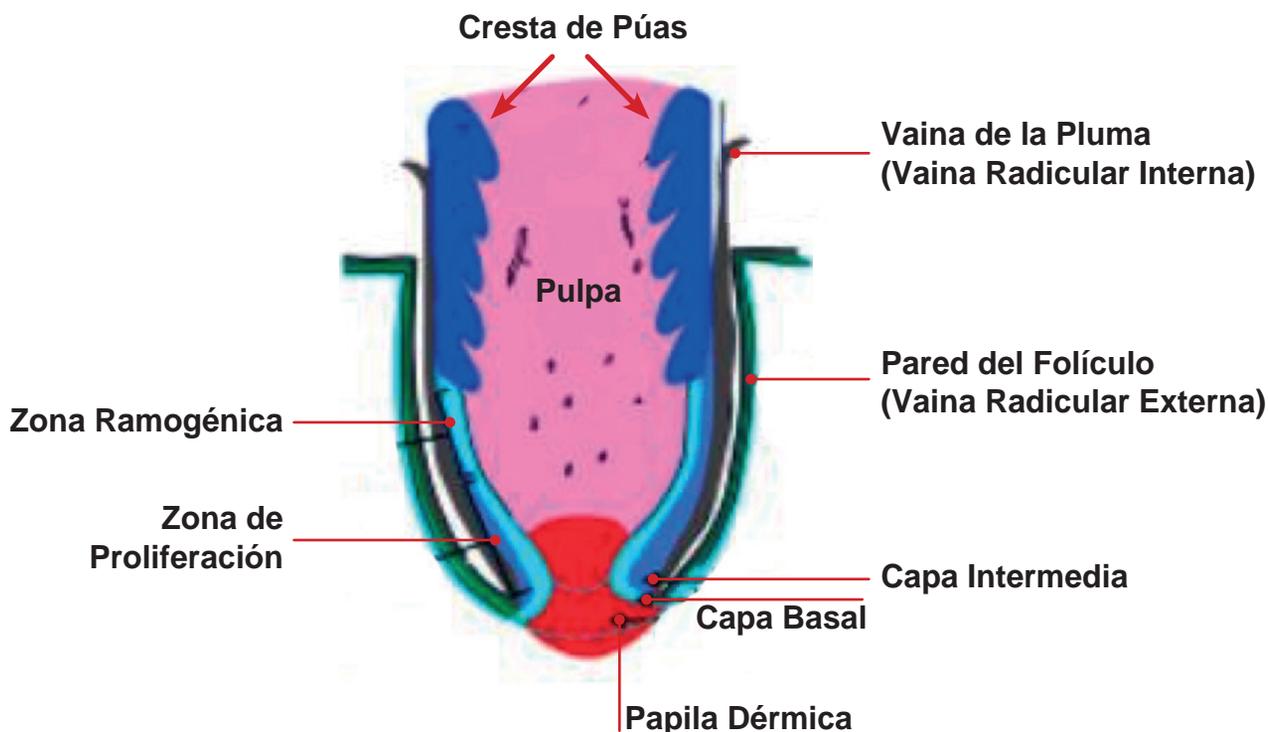
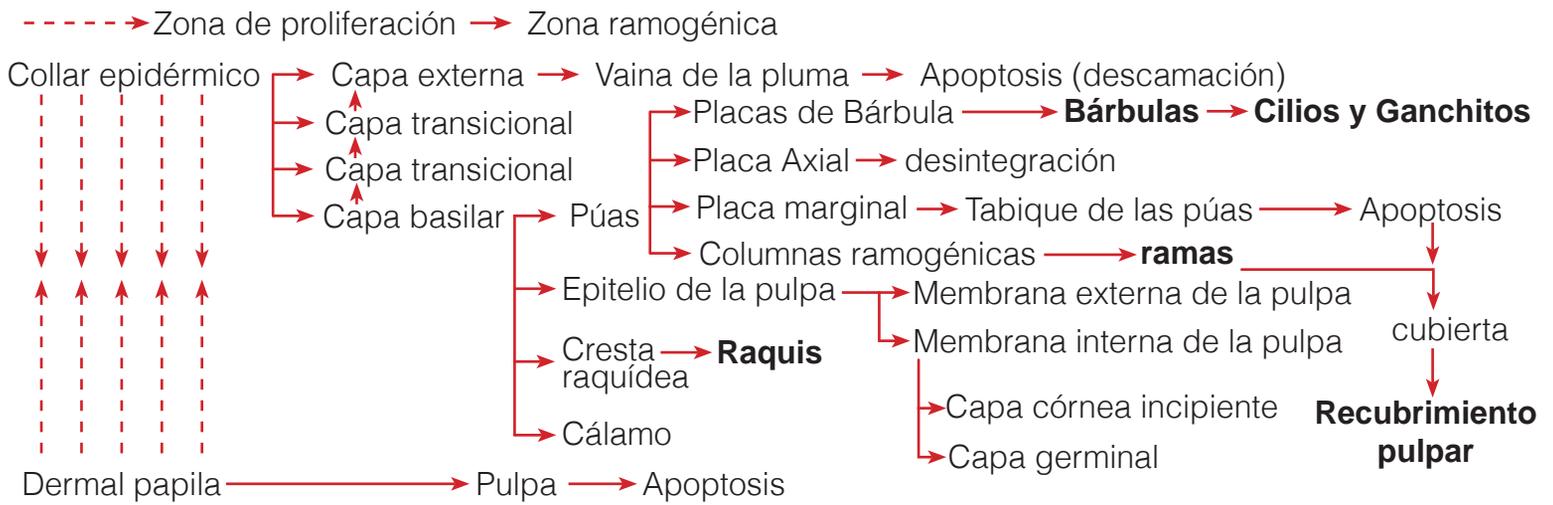


Figura 4. Esquema del linaje de los diferentes tipos de células de la pluma y de las estructuras. (Tomado de Yu et al., 2004 y Lucas y Stettenheim, 1972).



CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL PLUMAJE

Al momento de la eclosión el crecimiento del plumón natal se ha completado y se ha iniciado la primera fase de reemplazo del plumaje (**Figura 5**). Poco después de la eclosión, la vaina de cada pluma se seca y descama. Las púas de las plumas se extienden, las bárbulas se liberan de las púas y el plumón natal se vuelve esponjoso (**Figura 2**, página 5). La apariencia de las plumas al momento de la eclosión y el crecimiento rápido se ve fuertemente influenciada por la segregación en un único gen ligado al sexo, K (lento) y k (rápido).

Figura 5. Pollitos de un día presentando plumón natal y la aparición inicial de las plumas de primera fase. El pollito de la izquierda (A) porta el gen de emplume rápido (k) y el de la derecha (B) el gen de emplume lento (K).



Comenzando con el plumón natal al primer día de nacido, las plumas se reemplazan tres veces a medida en que el plumaje del pollito, el juvenil y el del adulto reemplazan la generación previa. A pesar de que el patrón de reemplazo dentro de cada tracto es muy ordenado, el momento de iniciación y finalización de la muda dentro de cada tracto varía en las aves y también entre los tractos de plumas. Por lo tanto, a cualquier edad se presentarán más de una generación de plumas en un tracto y la variación dentro del grupo de aves es muy compleja. En resumen, antes de llegar a su madurez, un pollo pierde y desarrolla plumas de manera permanente en algún lugar del cuerpo.

La medición de crecimiento de las plumas es una tarea difícil y los resultados probablemente se verán influenciados por un sinnúmero de variaciones en procedimiento experimental. Consecuentemente, los datos disponibles son más bien variables, pocos en número y difíciles de comparar. La **Figura 6** presenta el peso total del plumaje registrado, con relación al peso corporal en pollos de engorde de corrales experimentales de diversos laboratorios. Hay una amplia variación en estos datos, pero la causa de esto permanece desconocida. En aquellos experimentos donde se utilizaron aves de ambos sexos, el peso del plumaje en un peso corporal determinado fue más alto en las hembras que en los machos. Los resultados de los estudios donde se utilizaron diferentes cepas comerciales de pollos de engorde sugieren que esta es una fuente de variación relativamente pequeña.

En los pollos de engorde el aumento total de peso del plumaje con el tiempo, al igual que el peso corporal, puede ser mejor descrito con una curva de crecimiento sigmoideal. La **Figura 7**, tomada de un estudio realizado en 1999, muestra las curvas para pollos de engorde, machos y hembras, de dos líneas comerciales. Como se anotó anteriormente, las dos líneas son muy similares y ambas presentan pesos proyectados de plumaje maduro de alrededor de 300g (0.66lb) en machos y 220g (0.49 lb) en hembras. La tasa de crecimiento máximo de plumas, de alrededor de 4.5g (0.01 lb)/día y de 3.5g (0.01)/día, en machos y hembras respectivamente, ocurrió entre los 40 y 45 días de edad. Estas descripciones se basan en el peso de las plumas remanentes al momento del sacrificio, sin tener en cuenta las plumas que han crecido pero que se cayeron.

Figura 6. Gráfico del peso total del plumaje en pollos de engorde con relación al peso corporal. Datos de Edwards et al., (1973), Fisher et al., (1981), Gous et al., (1999), Håkansson et al., (1978), Özkan et al., (2002), Sakomura et al., (2006^a.b), Stilborn et al., (2004).

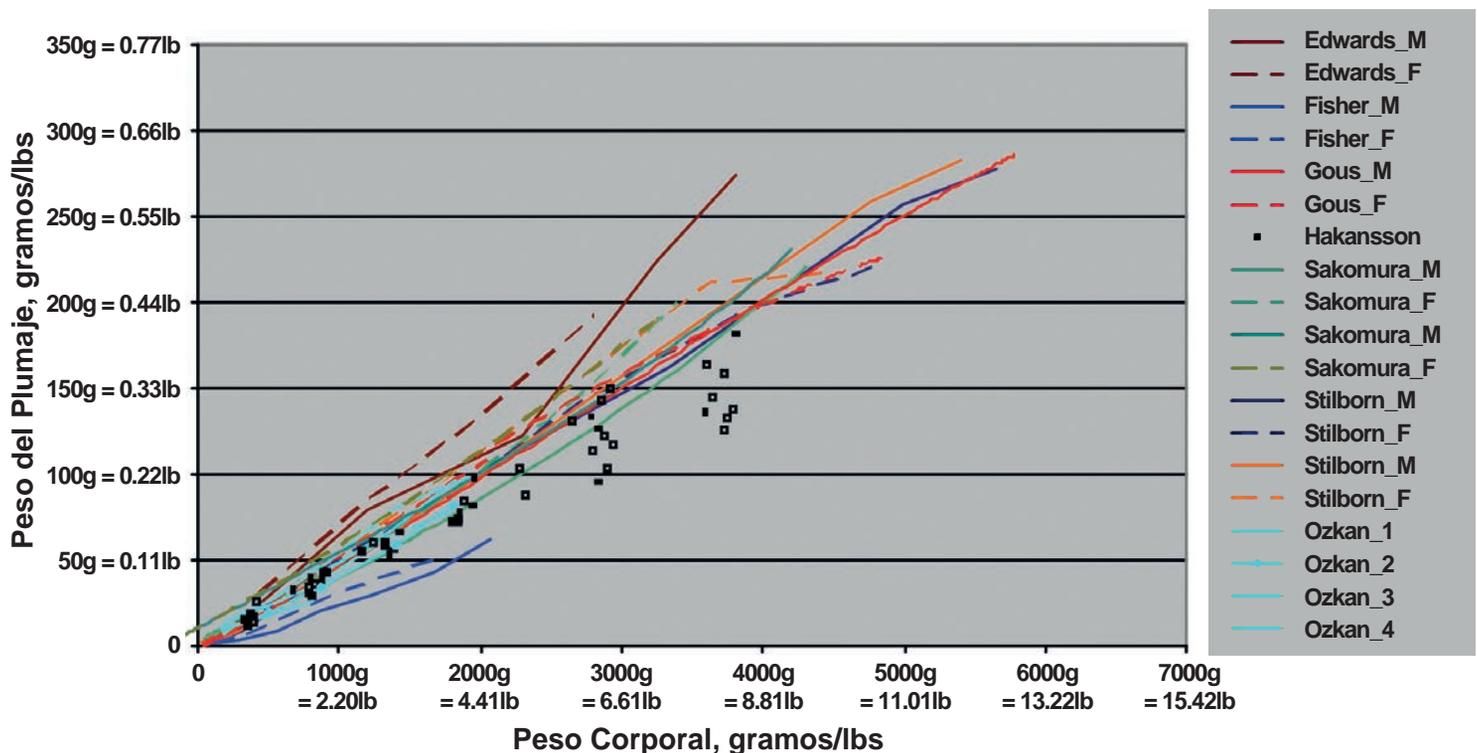
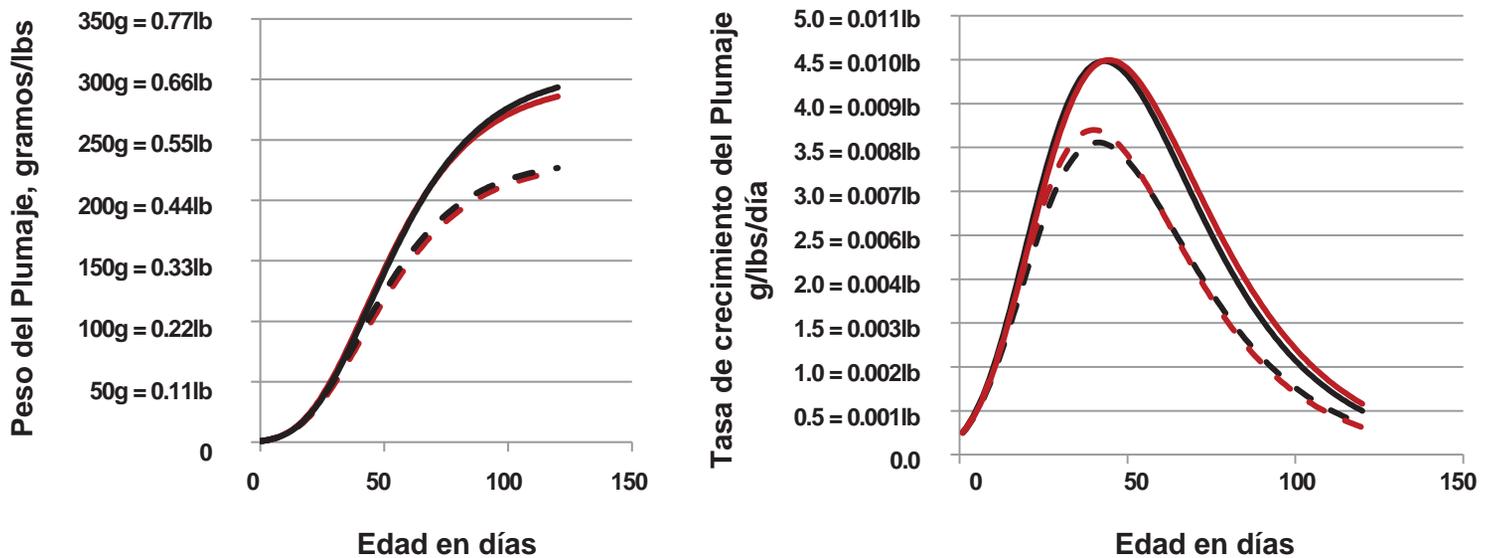


Figura 7. Tasa de crecimiento del plumaje en pollos de engorde (Gous et al., 1999)

Figura izquierda: curva de crecimiento de Gompertz ajustada para el total de peso del plumaje en machos (líneas continuas) y hembras (líneas discontinuas) de engorde, de dos cepas; Figura de la derecha: curvas derivadas de la tasa de crecimiento del plumaje.

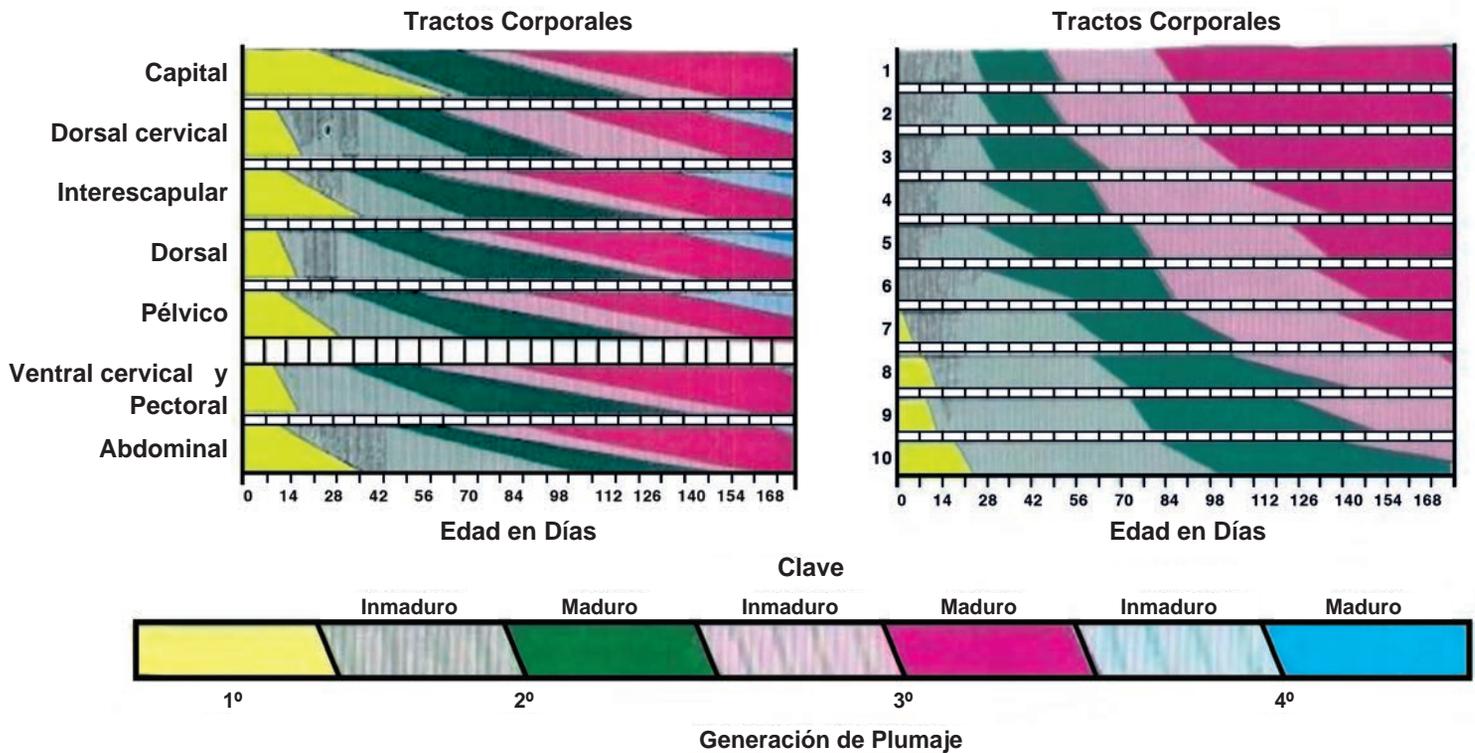


MUDA

El reemplazo periódico de todo o parte del plumaje es conocido como la muda. La muda ocurre durante el desarrollo, a medida que el plumaje cambia del plumón natal a la madurez, y también por temporadas. Durante una verdadera muda, el foliculo de la pluma entra en un período de crecimiento conocido como anágeno y la pluma nueva en crecimiento “empuja hacia afuera” la pluma existente. Cada muda se denomina según el plumaje entrante y el plumaje, una vez completo, inicia una fase de reposo o fase telógena. En todo el mundo avícola el patrón y los tiempos de muda son variables y se encuentran coordinados con las condiciones fisiológicas del organismo. Su regulación es a nivel local y del organismo, y la muda es modulada por el medio ambiente. Por ejemplo, en las aves de vuelo las plumas principales de las alas se mudan alternadamente en el ala derecha e izquierda, con el fin de mantener el equilibrio. En las reproductoras de engorde de granja, mantenidas durante un solo ciclo, la mayoría de las aves siguen un ciclo único de muda.

La secuencia de las mudas en hembras reproductoras de engorde con un régimen de alimentación controlado no ha sido descrita detalladamente. En la **Figura 8** se presentan los datos de tractos corporales y rémiges primarios de los pollos Leghorn Blancos de Cresta Simple (SCWL por sus siglas en inglés) (Lucas y Stettenheim, 1972). Por lo tanto, puede verse en el tracto dorsal que la primera generación de plumas (plumón natal) comienza a ser reemplazada alrededor de los 10 días y ha desaparecido en todas las aves alrededor del día 18. Las etapas sucesivas pasan por ciclos similares, pero puede verse que la variabilidad entre las aves tiende a aumentar a medida que progresan las etapas. Nótese que la 4ta etapa de maduración, la cual comienza a aparecer en algunos tractos de algunas aves, se encuentra incompleta al final del estudio, a los 175 días.

Figura 8. Historia del plumaje durante mudas naturales sucesivas en diferentes tractos del cuerpo (gráfico de la izquierda) y en las rémiges primarias (gráfico de la derecha). A continuación se presenta la clave para las etapas inmaduras y maduras de las cuatro mudas sucesivas. Datos de los pollos SCWL tomados de Lucas y Stettenheim, (1972).



Se puede inducir la entrada a la etapa anágena de los gérmenes de las plumas al arrancarlas, pero una pluma rota no volverá a crecer. La pérdida de plumas también se puede dar sin su reemplazo, por ejemplo en una adaptación especial como la preparación de la zona de incubar. En las aves adultas, un suministro subóptimo de alimento o agua, altos niveles de zinc o iodo, bajos niveles de calcio o sodio, o la administración de múltiples agentes farmacéuticos, pueden inducir el cambio de plumaje, independientemente de la edad. No han sido claramente definidas las circunstancias bajo las cuales un manejo inadecuado puede inducir un cambio de plumaje, pero hay evidencia en las reproductoras de pollo de engorde de que una incorrecta alimentación o un mal control del peso corporal puede conllevar a una muda con pérdida parcial o continua después del pico de producción. Esto se analiza en la página 19 en el **Estudio Interno – 2.**

LA COMPOSICIÓN DE LAS PLUMAS

La información sobre la composición química de las plumas es útil para el cálculo de los requerimientos nutricionales. Una composición atípica, si puede ser detectada, puede también ser útil para el diagnóstico de los problemas del plumaje.

Mientras la composición del plumaje seco está bastante bien establecida, existe una notable falta de información sobre el contenido de humedad y la información presente es variable. Esta situación refleja principalmente las grandes dificultades prácticas de recolectar plumas frescas de manera cuantitativa durante los experimentos.

En muchos estudios las plumas pueden humedecerse y por lo tanto se pierde el contenido de materia seca, y los resultados se reportan con base en la materia seca. Si únicamente se analizan las plumas de la muestra, la composición de éstas puede variar y puede ser atípica. Sakomura et al., (2003) reportaron que el contenido de humedad promedio de las plumas de gallinas reproductoras de engorde, con edad de 3 a 20 semanas, fue de 9.03%. Sin embargo, otros datos sugieren que este número puede ser demasiado bajo.

Los dos componentes principales que determinan el contenido de humedad de las plumas son la proporción de pulpa de pluma (con un contenido de humedad alto –del 80 al 85%- y bastante constante) y la pulpa remanente, con un 45-50% de humedad hasta las etapas de madurez posteriores, cuando el contenido de humedad es de menos del 10%. Para los folículos individuales con plumas pasando por ciclos sucesivos de muda y renovación, estos cambios pueden ser trazados y cuantificados, pero estos datos no se encuentran disponibles en el momento. La proporción total de peso del plumaje representada por la pulpa varía desde aproximadamente 50% en plumajes jóvenes, cayendo hasta cero en el plumaje maduro. (**Figura 9**). Cuando una pluma alcanza su peso total máximo, el contenido de humedad es de alrededor del 50% (Smith y Bath, 1995).

Únicamente se encuentra disponible un estudio extensivo sobre el contenido de humedad (**Figura 10**). Estos resultados sugieren que el contenido de humedad de las plumas disminuye de un máximo de 65% en los pollitos jóvenes, hasta aproximadamente un 25% en las aves maduras. Estos datos pueden utilizarse para calcular los requerimientos de aminoácidos, a pesar de que se requiere de mejores datos, refiriéndose específicamente a las reproductoras de engorde.

Figura 9. Datos presentando el contenido de pulpa en las plumas con relación al tiempo de recrecimiento. Las cuatro líneas que se muestran como símbolos son para los plumajes de aves individuales donde el recrecimiento fue estimulado por medio de la remoción de plumas (Lillie, 1940). Los datos que aparecen como cuadros son para las plumas de cobertura de dos capones Leghorn pardos; los datos que aparecen como círculos son para las plumas del pecho de dos gallipollos Leghorn blancos. Los datos representados en líneas discontinuas son para las plumas primarias del ala tomadas de pollos de engorde en crecimiento (W.K. Smith y H.M. Bath, información no publicada). En este caso el inicio del crecimiento del plumaje se estimó extrapolando el peso de la pluma recién arrancada hasta cero.

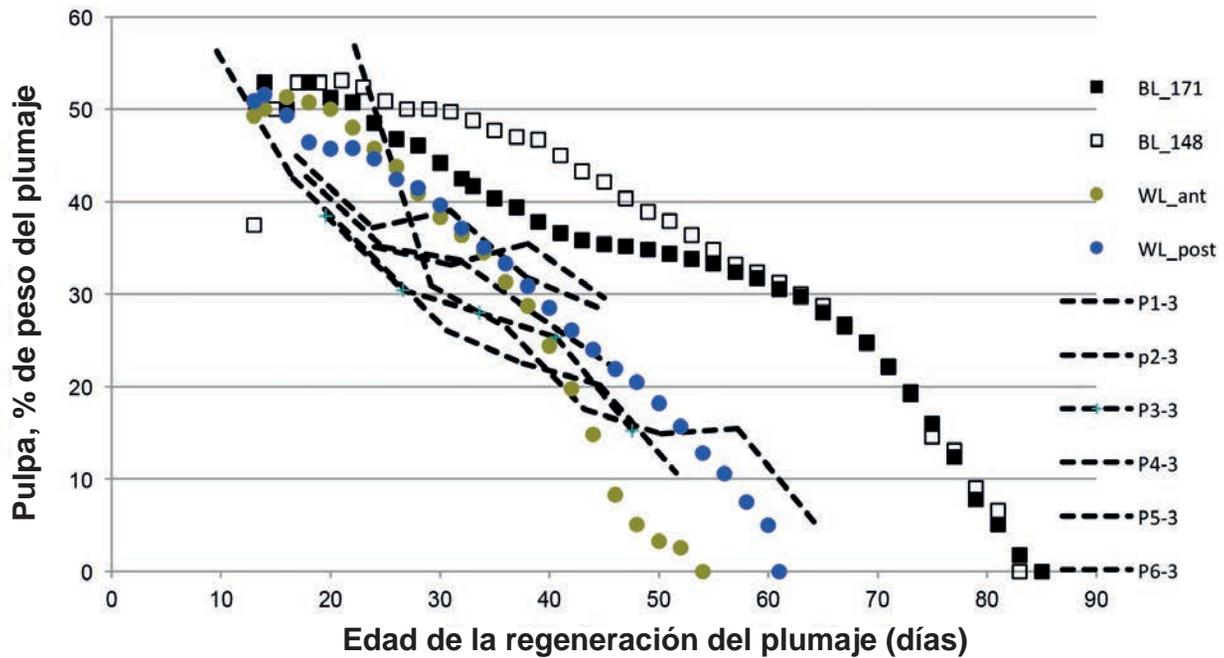
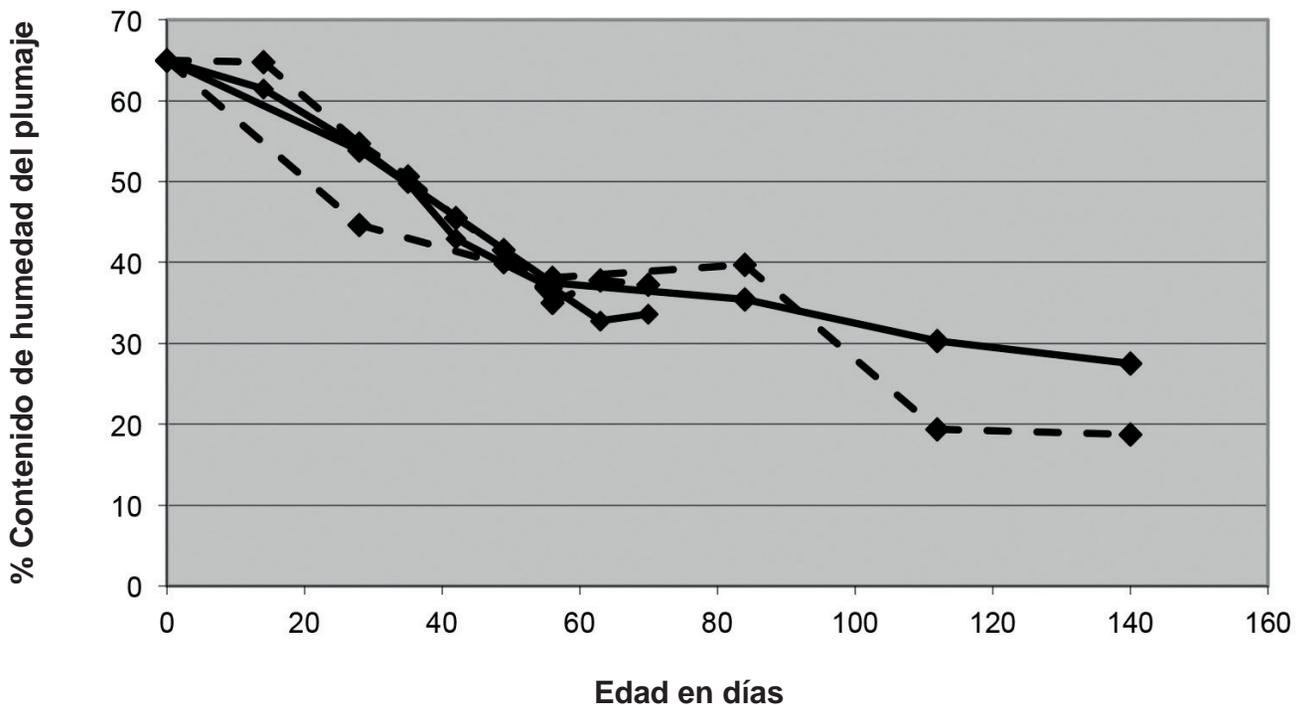


Figura 10. El contenido de humedad de las plumas en pollos de engorde en crecimiento. Datos para machos (líneas continuas) y hembras (líneas discontinuas) de dos experimentos. De Edwards et al., (1973).

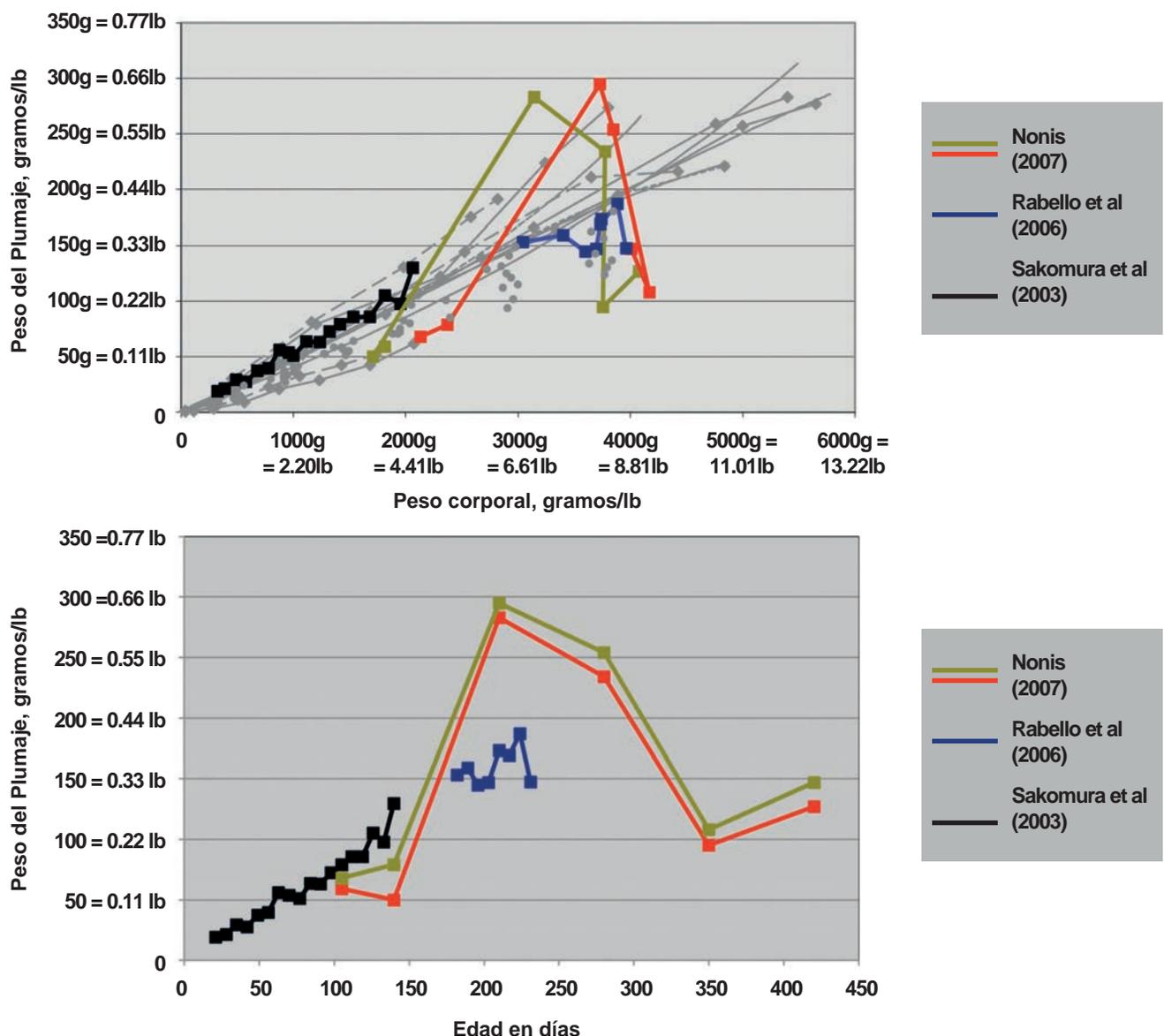


CRECIMIENTO DEL PLUMAJE EN HEMBRAS REPRODUCTORAS DE ENGORDE

Cuando los datos disponibles sobre las reproductoras de engorde son agregados a la **Figura 6** (ver **Figura 11 superior**), no puede verse una diferencia entre las reproductoras de engorde siguiendo un programa de alimentación controlado y pollos de engorde alimentados ad libitum. Cuando el peso del plumaje se compara contra la edad (**Figura 11 inferior**) no existe un patrón general definido. Los datos reportados por Nonis (2007) presentan un patrón interesante en el peso del plumaje, con un rápido incremento entre las 20 semanas y la producción máxima de huevos a las 30 semanas, seguida por una extensiva pérdida de plumas, durante el período de puesta.

Figura 11 (Superior). Peso total de plumaje en hembras reproductoras de engorde con relación al peso corporal. Los datos para pollos de engorde presentados en la **Figura 6** se muestran en gris, con fines comparativos. Datos de Nonis (2007) líneas verdes y rojas. Rabello et al., (2006) línea azul; Sakomura et al., (2003) línea negra.

Figura 11 (Inferior). Peso total del plumaje en pollitas reproductoras de engorde con relación a la edad. Datos iguales a los de la figura superior.



A pesar de los datos presentados en la **Figura 11**, aquellos experimentos que han comparado directamente los programas de alimentación controlados con aves alimentadas ad libitum indican que un suministro reducido de alimento genera efectos diferenciales en el crecimiento del plumaje y en el crecimiento de otros tejidos. Los datos de Smith et al., (1994) y Kampeni (1993) muestran que, con relación a las aves alimentadas ad libitum, el plumaje de las hembras reproductoras de engorde con alimentación controlada se modifica como se presenta a continuación:

- i. El peso corporal y el peso del plumaje se reducen al controlar la alimentación pero proporcionalmente la reducción del peso del plumaje es menor que el peso de todo el cuerpo. Por lo tanto, el peso de plumaje seco, expresado como g/100g (lb/0.22lb) de peso corporal, se incrementa en 1-2 puntos porcentuales. (**Tabla 1**).
- ii. La longitud del plumaje se reduce sólo ligeramente al controlar la alimentación. La **Figura 12** en la página 15 presenta la longitud del plumaje de una rémige primaria en los genotipos de plumaje rápido y lento. Antes de la primera muda, la alimentación controlada no tiene efecto sobre la longitud del plumaje. Las plumas nuevas que emergen después de la muda tienden a ser ligeramente más cortas en las aves con alimentación controlada, pero rápidamente se recuperan de manera que a los 110 días ninguno de los tratamientos afecta significativamente la longitud de estas plumas. El patrón general es similar en los demás tractos de las plumas y la longitud del plumaje relativo (longitud del plumaje/peso corporal, mm/kg, en in/lb) es consistentemente mayor en las aves con alimentación controlada (Kampeni, 1993). Como resultado, por medio de la alimentación controlada, el plumaje visualmente parece ser mejorado. Esta diferencia se ve particularmente en la región de la quilla (**Figura 12**, página 13).
- iii. Sin embargo, el peso de las plumas individuales se reduce y las dimensiones de todos los componentes de la pluma son más pequeños. Los datos en la **Tabla 1** ilustran esto en las rémiges primarias.

Tabla 1. Programas de alimentación y dimensiones de las plumas

Genotipo y nivel de alimentación	Ad libitum rápido	Controlada rápido	Ad libitum lento	Controlado lento	Signif.*
Peso corporal g (lb)	4162 (9.17)	1531 (3.37)	5259 (11.58)	1475 (3.25)	
Peso plumaje seco g (lb)/ave	154 (0.34)	75 (0.17)	142 (0.31)	59 (0.13)	†††
g (lb)/100g (0.22lb) Peso corporal	3.7 (0.008)	4.9 (0.011)	2.7 (0.006)	4.0 (0.009)	†††
Longitud rémiges Primarias mm (pulg)	191 (7.52)	182 (7.17)	191 (7.52)	176 (6.93)	ns
Peso mg (oz)	473 (0.017)	314 (0.011)	478 (0.017)	371 (0.013)	†††
Longitud de la paleta mm (pulg)	52 (2.05)	47 (1.85)	55 (2.17)	50 (1.97)	†
Cálamo mm (pulg)**	3.84 (0.15)	3.15 (0.12)	3.81 (0.15)	3.16 (0.12)	†††
Barba mm (pulg)**	0.12 (0.005)	0.10 (0.004)	0.17 (0.007)	0.09 (0.004)	†††

Observaciones a los 110 días de edad.

*significatividad del efecto de la alimentación, † (P<0.05), ††† (P<0.001); ns = no significativo.

**grosor del cálamo y las barbas.

Genotipos: líneas comerciales de abuelos de emplume rápido (k) y lento (K).

Alimentación: ad libitum o controlada de acuerdo a las recomendaciones de los criadores.

Alimentos comerciales de pollos de engorde utilizados todo el tiempo.

Tomado de: Smith et al., 1994

Además de estos datos sobre el efecto del alimento controlado en el peso, tamaño y dimensiones de las plumas, también se ha demostrado que al controlar la alimentación se retrasa el inicio de la muda durante la etapa de crecimiento. La **Figura 14** presenta el momento de la muda entre las etapas 2 y 3 en las rémiges primarias y en las plumas del dorso (Kampeni, 1993). Estos datos también son comparados con aquellos de los pollos Leghorn Blanco de Cresta Simple (SCWL) de la **Figura 8**.

Cuando se compara con la alimentación ad libitum, el efecto de la alimentación controlada es que siempre retrasa la muda. La magnitud de este retraso varía pero en general es de alrededor de una semana. Existe una indicación de que este retraso fue mayor en las plumas de las alas de muda lenta (4 y 7) que en las plumas de muda rápida. El retraso en la muda de plumas del dorso es menor que en las plumas de las alas, sin embargo es real.

Para los regímenes alimentarios, la información sobre el tiempo de muda en reproductoras de engorde es similar al de la **Figura 8** para pollos SCWL. Para las plumas del dorso, los dos grupos de datos son diferentes e implican que la muda en este tracto es mucho más temprana en las gallinas reproductoras de engorde.

Figura 12. La secuencia de elongación y acortamiento muestra el curso de la muda juvenil (etapa 2-3) (Kampeni, 1993).

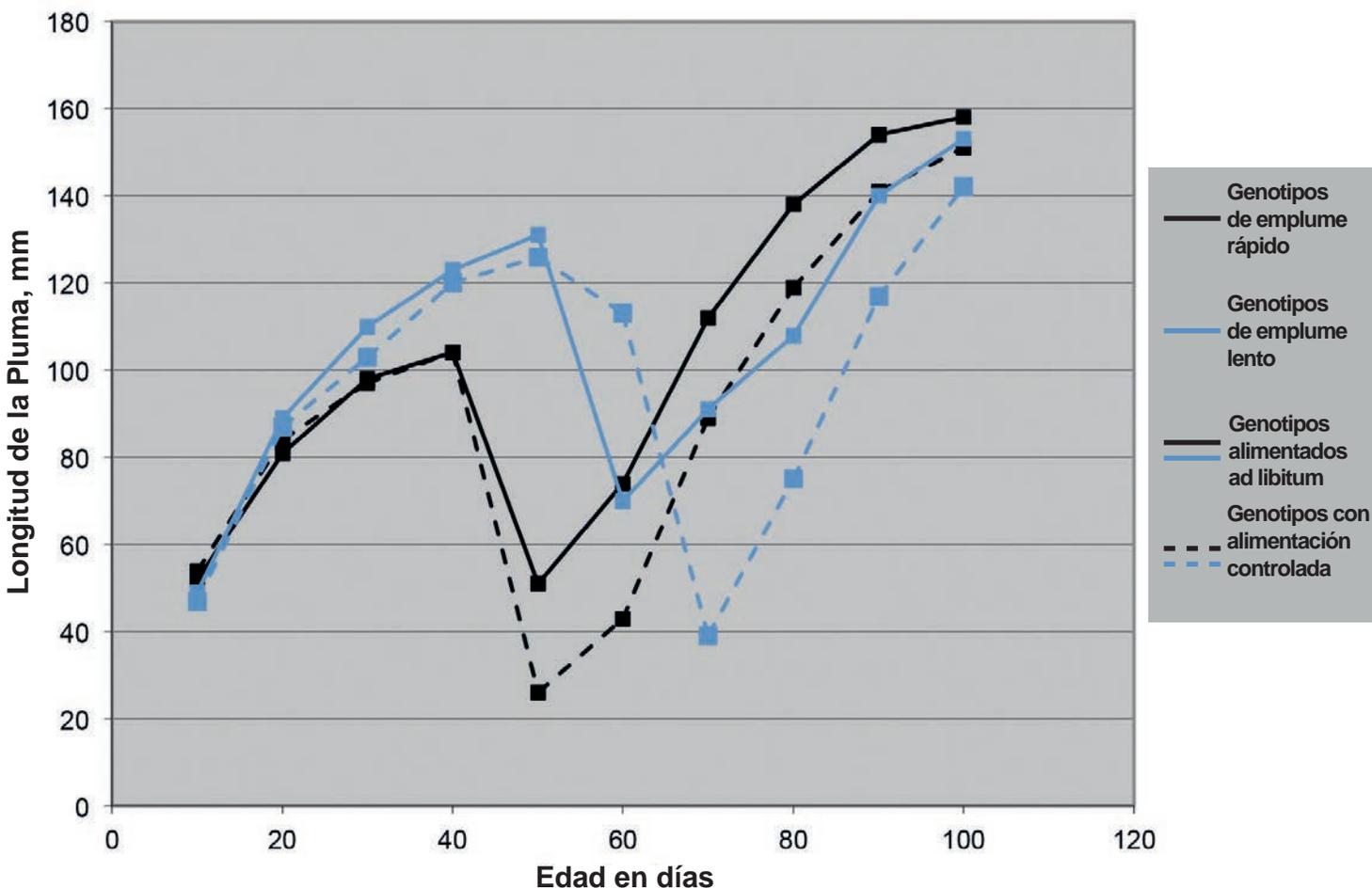
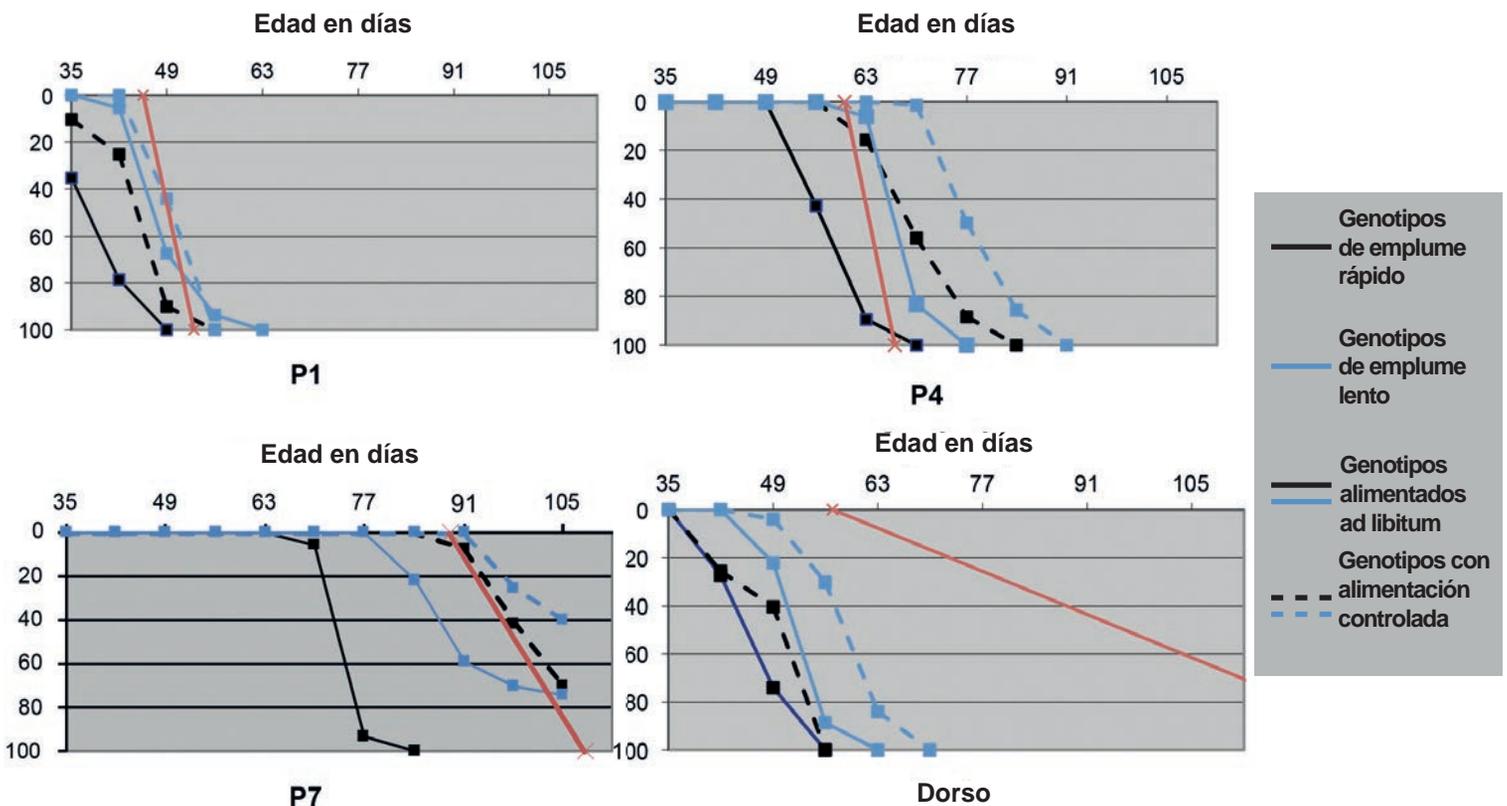


Figura 13. Plumaje (a los 42 días) de alimentación controlada (izquierda) y ad libitum (derecha) de gallinas reproductoras de engorde. Tomado de Kampeni (1993)



Figura 14. Historia de las plumas durante la muda natal-juvenil (etapa 2-3) en tres rémiges (P1, P4 y P7) y en las plumas del dorso. Los datos indican el porcentaje de aves que han mudado en cada edad y que son de los genotipos de emplume rápido (líneas negras) y lento (líneas azules), y para ad libitum (líneas continuas) y alimentación controlada (líneas discontinuas) en gallinas reproductoras de engorde (Kampeni, 1993). Los datos para las líneas rojas fueron tomados de la **Figura 8**.



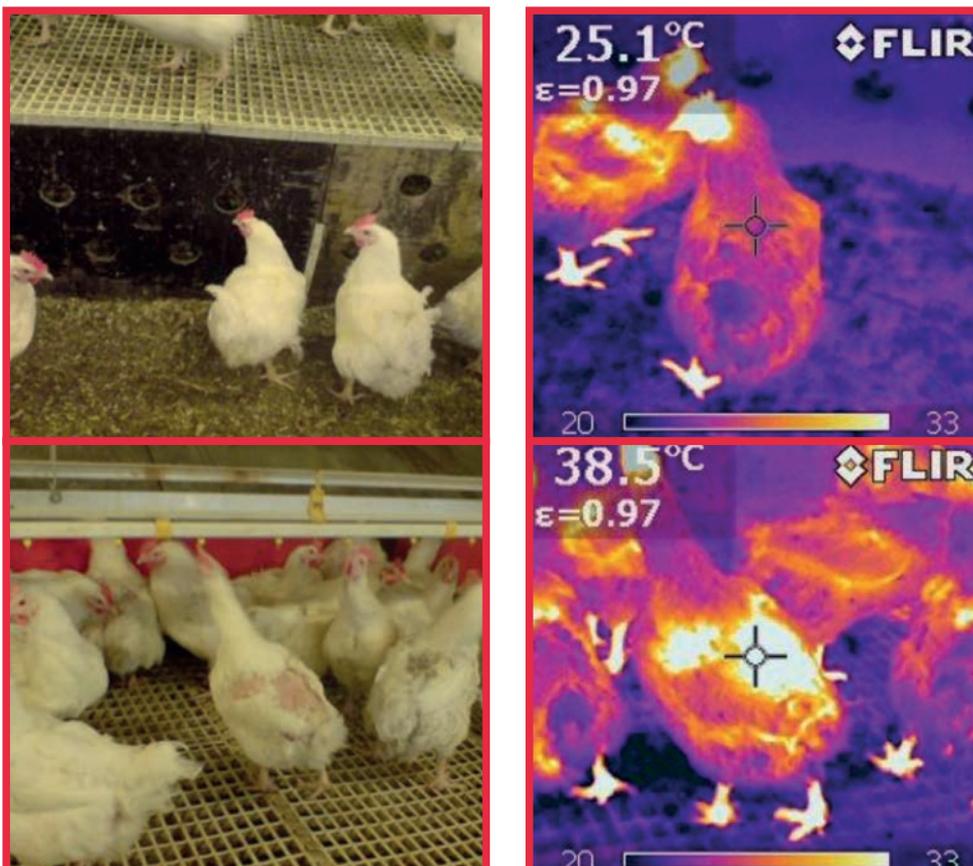
CRECIMIENTO DEL PLUMAJE Y NUTRICIÓN

AJUSTES DE LOS PROGRAMAS DE NUTRICIÓN PARA LA PÉRDIDA DEL PLUMAJE

El efecto del plumaje en la pérdida de energía y en la eficiencia es un área que ha recibido atención generalizada en la investigación de aves de corral. Algunos genes simples influyen en el plumaje, tales como en las de cuello desnudo (Na) y sin plumas o sin escamas (sc), y éstos han sido considerados para aplicación comercial en los climas cálidos. El plumaje de las aves tiene un papel principal en la termorregulación. Este es un mecanismo adaptativo ya que los músculos en la base de cada folículo pueden modificar la orientación de la pluma y cambiar la cantidad de aire atrapado. La pérdida de calor se aumenta obviamente si hay ausencia de plumas o éstas se encuentran averiadas (**Figura 14**).

Este incremento en la pérdida de calor puede ser tanto una ventaja en las temperaturas altas como una desventaja en las temperaturas bajas. Dentro de un rango práctico, digamos de 15-25°C (59-77°F), las diferencias en el plumaje tendrán efectos medibles en la ingesta de alimento y en la utilización de la energía. Si la ingesta de alimento en reproductoras de engorde es controlada cuidadosamente con el fin de cumplir las metas de peso corporal, entonces el plumaje será uno de los muchos factores que influyen los niveles de alimentación. Si se utiliza un programa de alimentación fijo la temperatura ambiental y la calidad del emplume serán dos de los factores que necesitan considerarse.

Figura 14. Fotografías y termografías de gallinas con emplume de buena y de mala calidad. Las áreas claras en las termografías muestran las temperaturas de piel más altas, en las áreas sin plumas. Esto conlleva a un aumento en la pérdida de calor.



NUTRICIÓN CON AMINOÁCIDOS Y CRECIMIENTO DEL PLUMAJE

La composición de aminoácidos de las proteínas de las plumas se diferencia considerablemente de las proteínas de la canal sin plumas. Las principales diferencias son la lisina y la histidina, las cuales son más bajas en la proteína de las plumas, y el aminoácido con contenido de sulfuro, cistina, menor en la proteína de la canal. Debido a la gran diferencia en el contenido de lisina, el balance de aminoácidos, expresados con relación a la lisina, es muy diferente en ambos tejidos. Los niveles generales de los esenciales y no esenciales son muy similares.

Cuando el crecimiento del plumaje se considera en el cálculo de requerimiento nutricional, debe haber una asignación para las plumas que han crecido pero que se han perdido durante el período examinado. Esto puede considerarse como “mantenimiento de las plumas” el cual podría ser responsable de una salida adicional, en términos nutricionales. La extensión de pérdida de plumas es difícil de cuantificar y los únicos datos reportados son aquellos de Fisher et al., (1981) quienes estudiaron machos y hembras de engorde hasta los 49 días de edad. Los cálculos basados en estos datos (Tabla 2) ilustran cómo la pérdida de plumas ocurre cuando ésta se expresa como un porcentaje del peso de plumaje promedio durante períodos de 7 días sucesivos. Se ha visto que la pérdida de plumas aumenta con la edad durante este período en pollos de engorde, y de ser mucho más alta en hembras cuando se compara con machos.

Es complicado determinar la composición de las plumas debido a las variaciones en la cantidad de pulpa de pluma, a diferencia a las ramas y bárbulas maduras. El emplume total es una mezcla de plumas en diferentes y cambiantes estados de madurez; el contenido de materia seca en esta mezcla en particular va a variar con la edad y la etapa de desarrollo, al igual que el contenido de proteína pero en un grado menor. Los datos existentes no permiten describir bien estas variaciones. Smith (1994) ha argumentado que la contribución de la pulpa ha sido significativamente subestimada al momento de calcular las necesidades nutricionales basadas en el peso promedio y la composición de las plumas.

Tabla 2. Peso de plumaje promedio (g (lb)/ave) y pérdida diaria de plumas (% de peso del plumaje promedio) en machos y hembras de engorde en períodos de 7 días. Tomado de Fisher et al., (1981).

	Peso promedio del plumaje g (lb)	% de pérdida por día	Peso promedio del plumaje g (lb)	% de pérdida por día
Edad (días)	Machos		Hembras	
28-35	24.8 (0.05)	0.05	13.8 (0.03)	0.34
35-42	35.8 (0.08)	0.12	37.6 (0.08)	0.48
42-49	52.3 (0.12)	0.32	47.1 (0.10)	1.51

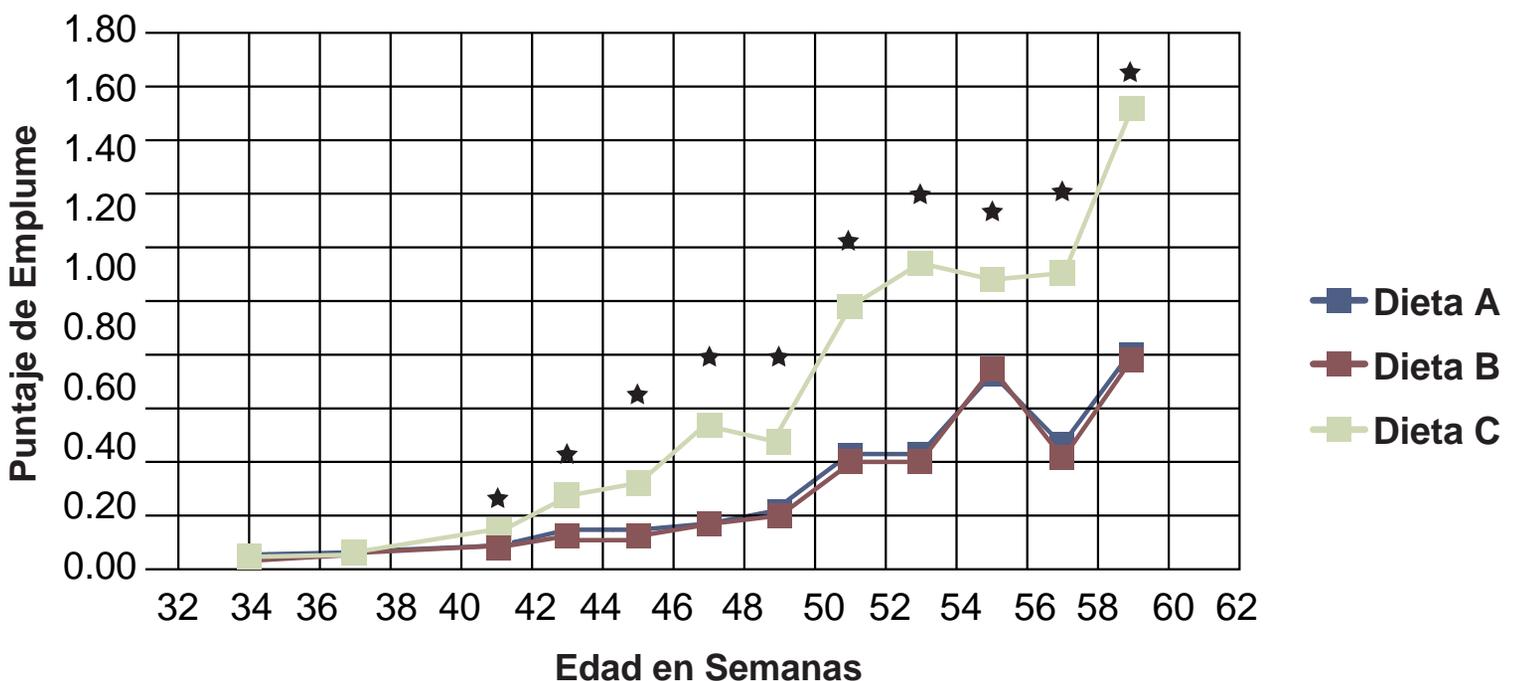
ESTUDIOS INTERNOS

ESTUDIO INTERNO 1: Estudio evaluando los niveles de aminoácidos para reproductoras.

Las plumas del tracto dorsal de gallinas reproductoras Ross® 708 fueron calificadas durante un estudio en donde se alimentaron con diferentes niveles de aminoácidos entre las 26 y las 60 semanas de edad. Los resultados indican que el suministro de aminoácidos es importante para el emplume durante este período y adicionalmente ayuda a indicar cuando el crecimiento del plumaje se está llevando a cabo. Se alimentaron con tres dietas de pedazos grandes, en etapas Reproductora 1 y Reproductora 2. La Dieta A contenía niveles de aminoácidos según las Especificaciones Nutricionales de Reproductoras Ross. La Dieta B tenía un 10% adicional de niveles de aminoácidos. La Dieta C fue formulada de acuerdo al modelo de cálculo pero de hecho contenía menos aminoácidos que la Dieta A (con un rango del 7 al 12% menos para diferentes aminoácidos, excepto para la metionina y la cistina). Otros nutrientes fueron similares en las tres dietas y se siguió un programa de alimentación común.

El puntaje de emplume comenzaba a las 34 semanas de edad, cuando todas las aves continuaban con un puntaje de cero (puntaje cero = sin pérdida de plumas hasta el puntaje 5 = pérdida significativa de plumas). A la semana 41 las calificaciones para la Dieta C empeoraron y continuaron deteriorándose en todos los grupos hasta las 59 semanas de edad (**Figura 15**), cuando las aves en la Dieta C se encontraban peor que las Dietas A y B. Las calificaciones de emplume a las 59 semanas de edad tuvieron un promedio de 0.75, 0.66 y 0.49 para las Dietas A, B y C respectivamente. La gran diferencia radicó en el número de aves con un pobre emplume (calificaciones 4 y 5) que totalizaron 5, 4 y 21% de la bandada en las Dietas A, B y C. El efecto de emplume en la Dieta C no se debió a la metionina o metionina + cistina, ya que los niveles eran similares a los de la Dieta A.

Figura 15. Puntaje del plumaje en tres dietas con diferentes niveles de aminoácidos. Las diferencias significativas dentro del rango de edad se identifican con una ★.



ESTUDIO INTERNO 2: La importancia de la alimentación y la nutrición para el mantenimiento del emplume en gallinas adultas.

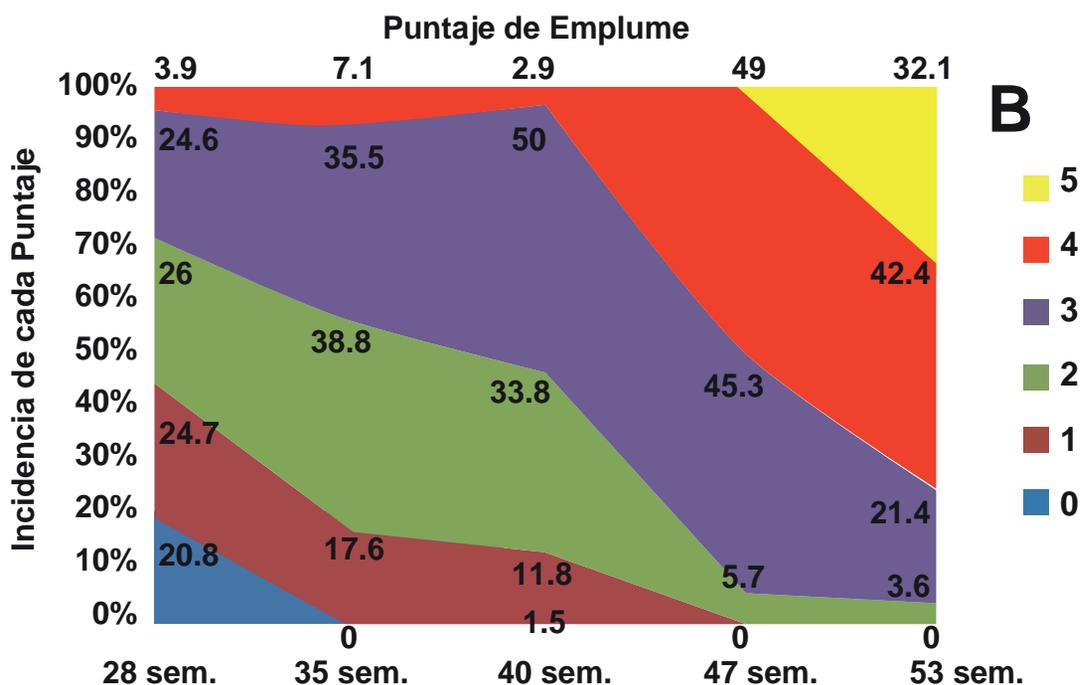
Se observaron pérdidas continuas de plumas en algunas parvadas después de las semanas 28 a la 30 (puntaje de plumaje de 1 a 2), progresando hasta una pérdida más seria en etapas más tardías. No se observó un aumento significativo de recrecimiento de las plumas a menos que los factores causantes fueran identificados y corregidos. Algunos de los administradores involucrados atribuyen esta pérdida temprana de plumas a una agresión de los machos. Sin embargo, la pérdida de plumas no es necesariamente un buen indicador de la actividad de apareamiento. Se observó que en la mayoría de los casos las gallinas presentaban una o más de las siguientes características:

- Ganancia de peso corporal por encima del estándar
- Bajas reservas de grasa
- Incremento rápido en el pico de producción de huevos
- Alimentación pico dada después del 70% de producción de huevos (por ejemplo, muy tarde)
- Asignaciones diarias de energía insuficientes
- Reducción rápida en la asignación de alimento después del pico
- Ambiente frío

Además de la pérdida del plumaje, este grupo de aves tiene la probabilidad de presentar una pobre persistencia en la producción de huevos, aun cuando la uniformidad y la producción pico de huevos haya sido buena.

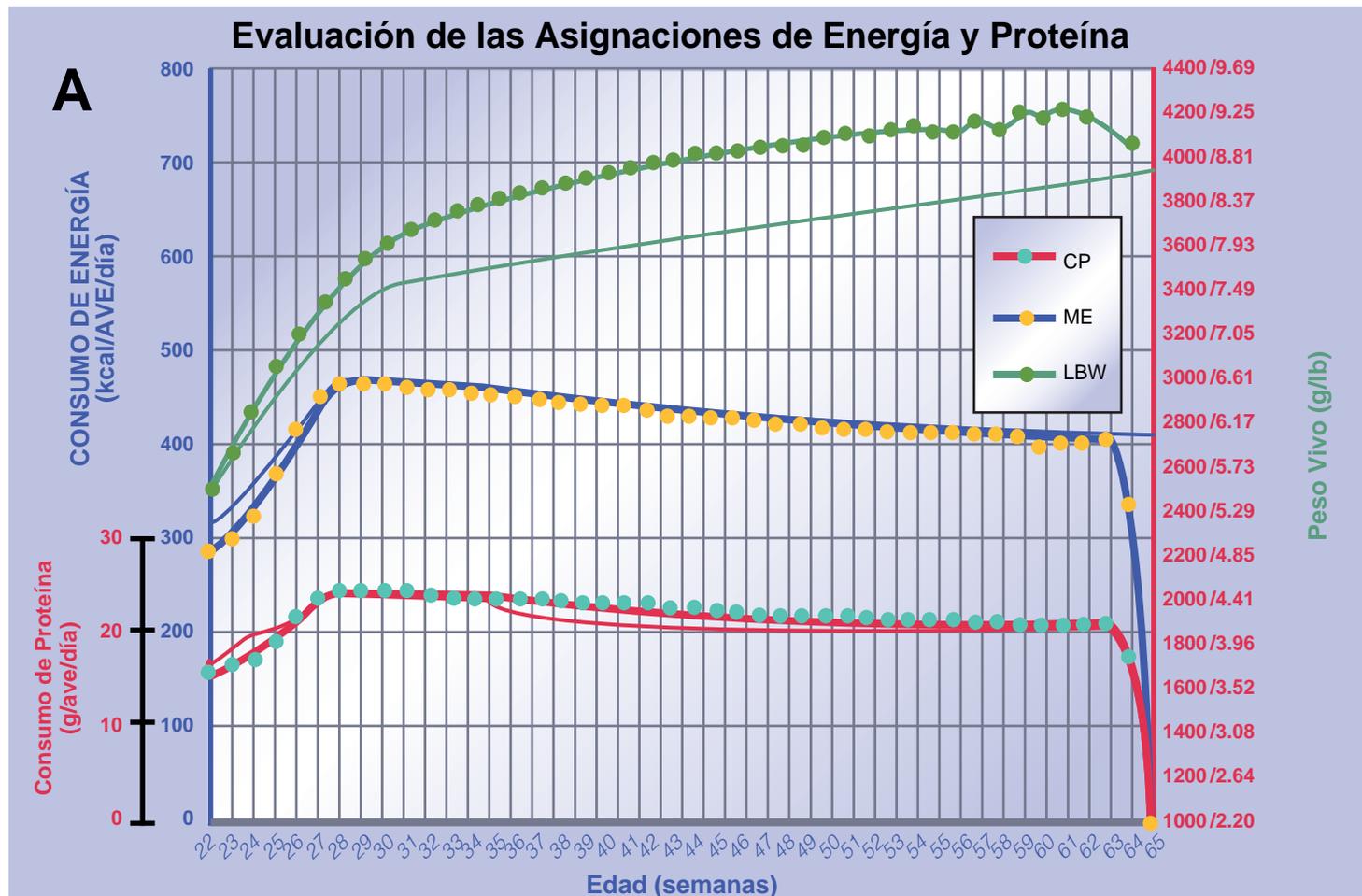
Algunos datos de uno de tales grupos de aves se ilustran en las **Figuras 16 y 17**. Las calificaciones de emplume dorsal (**Figura 16**) demuestran que aun a las 28 semanas de edad, únicamente el 20% de las aves presenta un emplume perfecto (puntaje 0). Un 25% adicional presentó algunas plumas erizadas en el dorso (puntaje 1) y más del 50% del grupo presenta una clara evidencia de pérdida de plumas (puntajes 2-4). Luego el emplume se deteriora progresivamente a medida que el grupo de aves envejece, de manera tal que el 30% de las aves presenta la pérdida de plumas más severa (puntaje 5) a las 53 semanas de edad. El promedio de los puntajes fue 1.36, 2.33, 2.41, 2.43 y 4.04 a las 28, 35, 40, 47 y 53 semanas respectivamente.

Figura 16. Puntaje de plumaje dorsal en diferentes edades en un grupo de gallinas reproductoras.



En la **Figura 17** se puede apreciar el aporte energético y proteico y el peso corporal de estas aves. Después de las 24 semanas de edad, la falta de ajuste del programa de alimentación conllevó a un aumento progresivo del peso corporal, por encima del estándar.

Figura 17. Peso corporal de las gallinas con pérdida de plumas con ingesta de energía y proteína



El suministro energético se mantuvo bastante cerca, pero también un poco por debajo, del estándar mientras que la ingesta de proteína cruda, también se mantuvo cercana al estándar, aunque estuvo ligeramente excesiva. No se conocen detalles de este grupo en particular pero se propone que una combinación de requisitos de mantenimiento más altos, suministro reducido de energía y exceso de proteína (quizás también otros factores de estrés, como se anotó anteriormente) condujeron a un déficit energético, dando como resultado la pérdida de plumas. En otros grupos de aves, donde se detectaron estas mismas circunstancias, el aumento del suministro de energía ha reducido el deterioro del emplume o ha estimulado el recrecimiento de plumas.

No existe una hipótesis totalmente comprobada sobre el porqué la pérdida de plumas ocurre bajo condiciones de mala alimentación. Sin embargo, la frecuencia de estas observaciones y el éxito para prevenir o revertir la pérdida del plumaje, evitando o corrigiendo los anteriores indicadores, soportan fuertemente esta hipótesis. El desbalance nutricional puede desencadenar una cascada de efectos neuroendocrinos, los cuales alteran el patrón de liberación de hormonas, con una consecuente reducción de las reservas de grasa, catabolismo de tejido muscular para el mantenimiento de los precursores de la yema, involución del tracto reproductivo y pérdida de plumas.

CONCLUSIONES

Al igual que muchas condiciones relacionadas con las reproductoras de engorde, el emplume es un área que requiere de una significativa cantidad de investigación, con el fin de entender a fondo sus mecanismos, manejo y soluciones. Las necesidades nutricionales, el manejo de las aves para obtener un peso correcto, el monitoreo del comportamiento y el entendimiento de la biología del desarrollo de la pluma, tienen un papel clave en el desarrollo y persistencia del plumaje. Al ganar conocimiento sobre el estatus del emplume del grupo, los administradores pueden monitorear la pérdida de plumas y determinar sus efectos en la fertilidad y en la producción de pollitos.

REFERENCIAS

- Edwards, H.M.Jr., Denman, F., Abou-Ashour, A. and Nugara, D. 1973. Carcass composition studies. 1. Influence of age, sex and type of dietary fat supplementation on total carcass and fatty acid composition. *Poultry Science*, 52: 934-948.
- Fisher, M.L., Leeson, S., Morrison, W.D. and Summers, J.D. 1981. Feather growth and feather composition of broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science* 61, 769-773.
- Gous, R.M., Moran, E.T., Stilborn, H.R., Bradford, G.D. and Emmans, G.C. 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science* 78, 812-821.
- Hakansson, J., Eriksson, S. and Svensson, S.A. 1978. Influence of feed energy level on feed consumption, growth and development of different organs of chickens. Report No. 57, Swedish University of Agricultural Science, department of Animal Husbandry. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala, Sweden.
- Kampeni, F.L. 1993. Feather growth and moulting pattern of early and late feathering female broilers given ad libitum and restricted feeding. MSc thesis, University of Glasgow, UK.
- Lillie, F.R. 1940. Physiology of development of the feather III. Growth of mesodermal constituents and blood circulation in the pulp. *Physiological Zoology*, 13:143-175.
- Lucas, A.M. and Stettenheim, P.R. 1972. Avian Anatomy. Integument. Parts I and II, Agricultural Handbook 362. Washington: Agricultural Research Services, United States Department of Agriculture.
- Nonis, M.K. 2007. Modelling nutrient response and performance of broiler breeders after sexual maturity. PhD thesis, University of KwaZulu-Natal, South Africa
- Ozkan, S., Smith, W.K. and Bath, H.M. 2002. The development of thermal resistance of the feather coat in broilers with different feathering genotypes and feeding regimes. *British Poultry Science*, 43:472-481.
- Rabello, C.B.V., Sakomura, N.K., Longo, F.A., Couto, H.P., Pacheco, C.R. and Fernandes, J.B.K. 2006a. Modelling energy utilisation in broiler breeder hens. *Poultry Science*, 47: 622-631.
- Sakomura, N.K., Silva, R., Couto, H.P., Coon, C. and Pacheco, C.R. 2003. Modelling metabolizable energy utilization in broiler breeder pullets. *Poultry Science*, 82:419-427.
- Sakomura, N.K., Marcato, S.M., Munarim D.P., Freitas, E.C. and Fernandes, J.B.K. 2006a. Growth curves and body nutrients deposition on two broiler chickens strains. In: Proceeding of the XII European Poultry Conference. Verona: WPSA Italy Branch.

- Sakomura, N.K., Marcato, S.M., Munarim D.P., Freitas, E.C. and Fernandes, J.B.K. 2006b. Feather growth and nutrients deposition on feathers of two broiler strains. In: Proceeding of the XII European Poultry Conference. Verona: WPSA Italy Branch.
- Smith, W.K., Bath, H.M. and Kampeni, F.L. 1994. Feather growth and moulting pattern of early and late feathering female broilers given ad libitum and restricted feeding. In: Proceedings of the 9th European Poultry Conference, Volume I, pp. 272-273: Glasgow, WPSA (UK Branch).
- Smith, W.K. 1994. The physiology and metabolism of feathering. In: Proceedings of the 9th European Poultry Conference, Volume II, pp. 272-273: Glasgow, WPSA (UK Branch).
- Smith, W.K. and Bath, H.M. 1995. Growth and composition of feathers in male broilers. *British Poultry Science* 36,(5): 875 (abstract).
- Stilborn, H.L., Moran, E.T., Gous, R.M. and Harrison, M.D. 1994. Experimental data for evaluating broiler models. *Journal of Applied Poultry Research*, 3:379-390.
- Yu, M., Yue, Z., Wu, P., Wu, D-Y., Mayer, J-A., Medina, M., Widelitz, R.B., Jiang, T-X. and Chuong, C-M, 2004, The developmental biology of feather follicles. *International Journal of Developmental Biology*, 48:181-191.



Se ha hecho todo esfuerzo posible para garantizar la precisión y relevancia de la información presentada. Sin embargo, Aviagen® no se hace responsable por las consecuencias del uso de la información para el manejo de pollos.

www.aviagen.com

Aviagen® y su logo, así como Ross y su logo, son marcas comerciales registradas de Aviagen en Estados Unidos de América y otros países. Todas las otras marcas han sido registradas por sus respectivos propietarios.

© 2018 Aviagen.