

Distribución del hierro en gallinas (Shaver). Influencia del contenido en hierro de la dieta.

María del Puy Sáiz Zabalza

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

UNIVERSIDAD DE BARCELONA

FACULTAD DE BIOLOGIA

DISTRIBUCION DEL HIERRO EN GALLINAS (SHAVER).
INFLUENCIA DEL CONTENIDO EN HIERRO DE LA DIETA.

MEMORIA PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLOGICAS

María del Puy Sáiz Zabalza

Barcelona, Abril, 1986

2.5.2.- Y EYUNO

2.5.2.1.- Contenido en hierro

En este fragmento de intestino, observamos en gallinas machos y hembras de 13 semanas y en gallinas en puesta, que la cantidad de hierro acumulado va aumentando a medida que aumenta la cantidad de hierro en el alimento, detectándose a la misma edad mayores incrementos en los machos que en las hembras, y se dan diferencias sexuales en el grupo de menor contenido y primera sobredosis (Figuras 54 y 55).

2.5.3.- I LEON

2.5.3.1.- Contenido en hierro

En la Figura correspondiente al íleon (Figura 56), los machos de 13 semanas muestran diferencias significativas entre el grupo alimentado con una dieta con menor contenido en hierro y los otros tres grupos de animales, pasando de 21 a 89 $\mu\text{g} / \text{g}$. Las hembras a esta misma edad, no muestran variaciones importantes entre ellas, aunque el último grupo es el que presenta el valor más elevado. En animales de la misma edad y diferente sexo, este factor solo influye significativamente ($p < 0.05$) en el grupo de animales alimentados con menor contenido y primera sobredosis (Figura 56).

En las gallinas en puesta (Figura 57), el test de ANOVA no detecta significación estadística entre los cuatro grupos.

En gallinas en puesta, se siguió trabajando con los grupos de dietas de menor contenido en hierro y dieta basal ó segunda dieta, para observar su efecto en otros órganos.

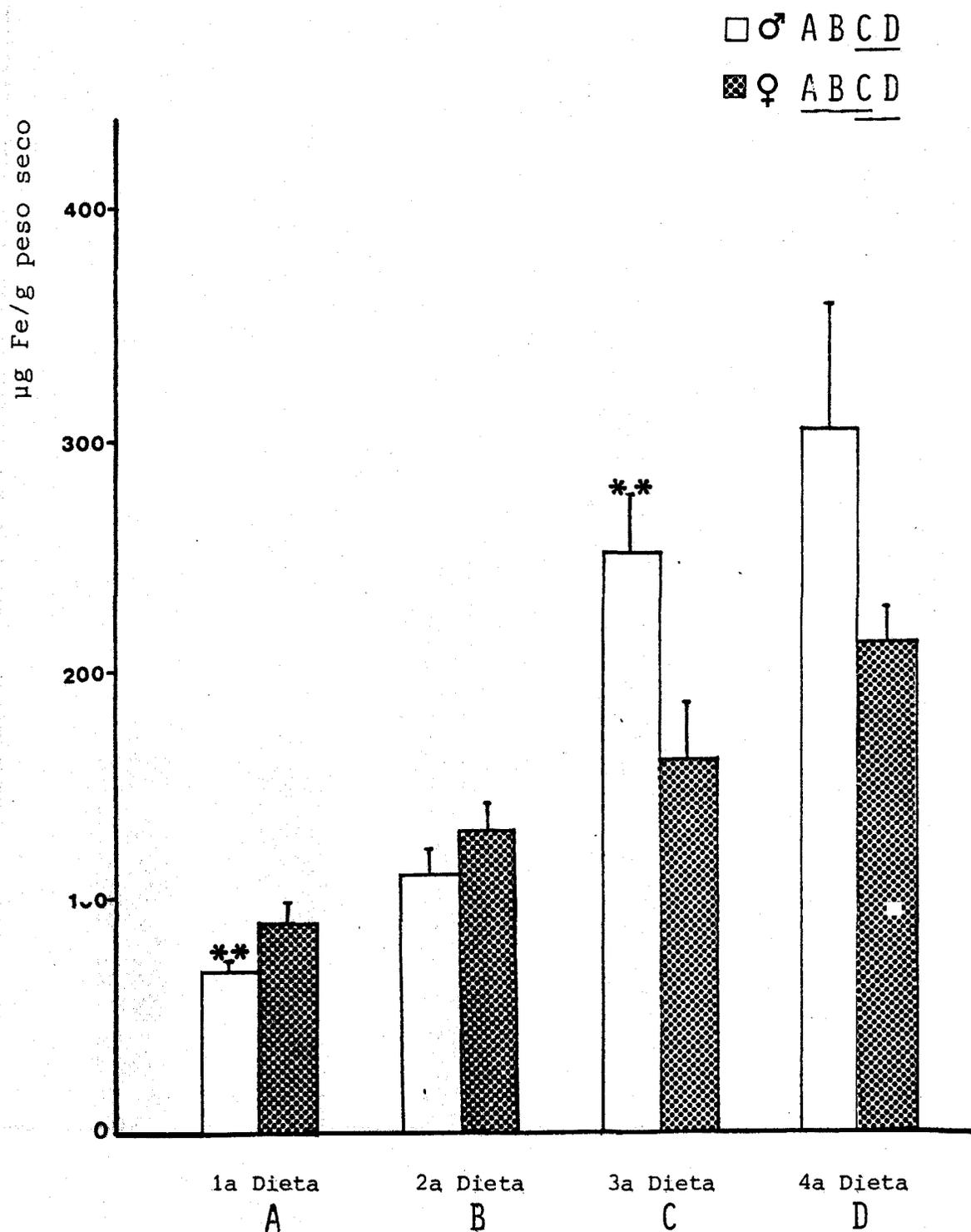


Figura 54 .- Contenido en hierro por gramo de peso seco en yeyuno de gallinas de ambos sexos de raza Shaver de 13 semanas en función de la dieta.

Valoración estadística: ver Figura 5

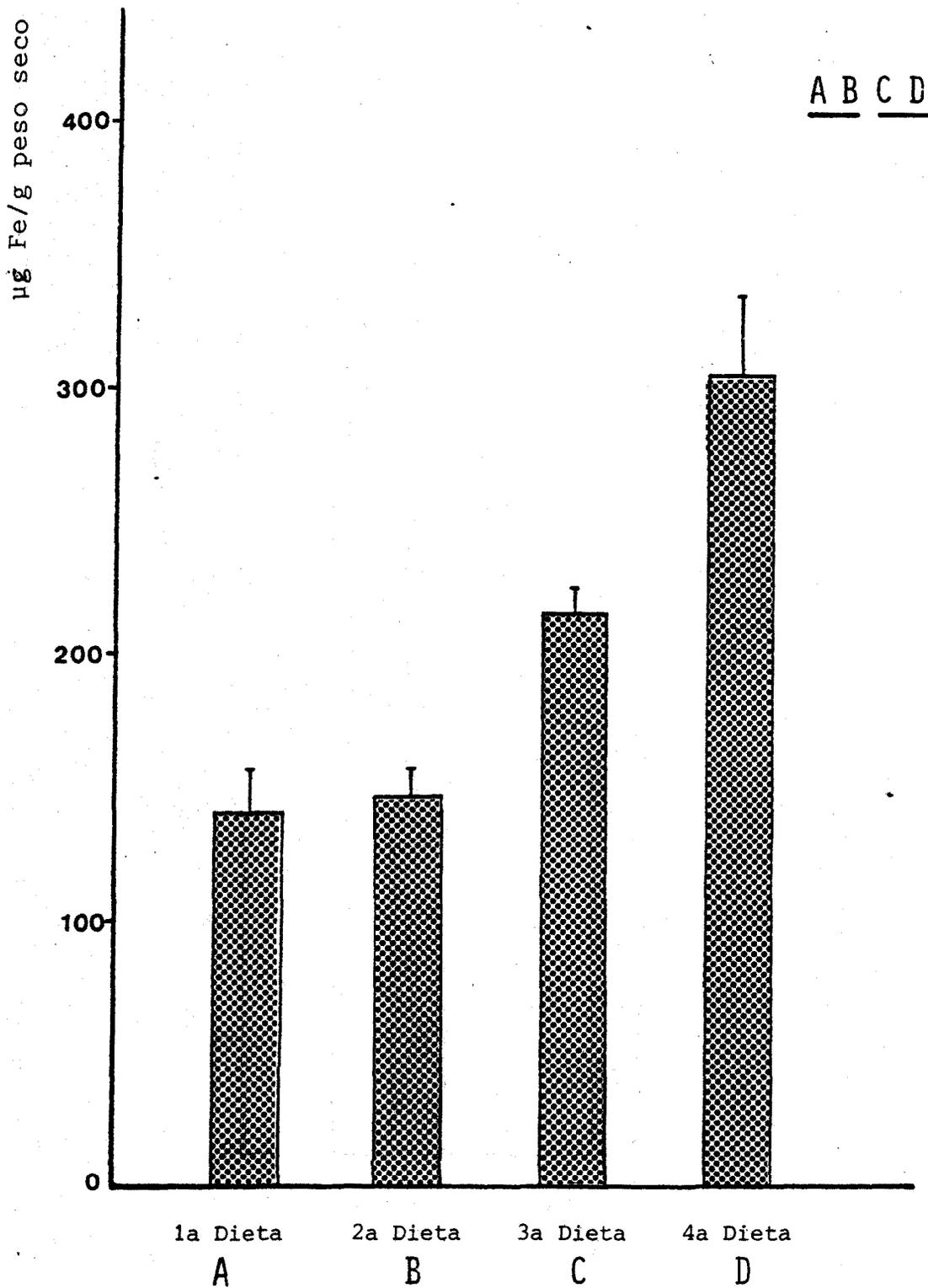


Figura 55 .- Contenido en hierro por gramo de peso seco en yeyuno en gallinas en puesta de raza Shaver en función de la dieta.

Valoración estadística: ver Figura 5

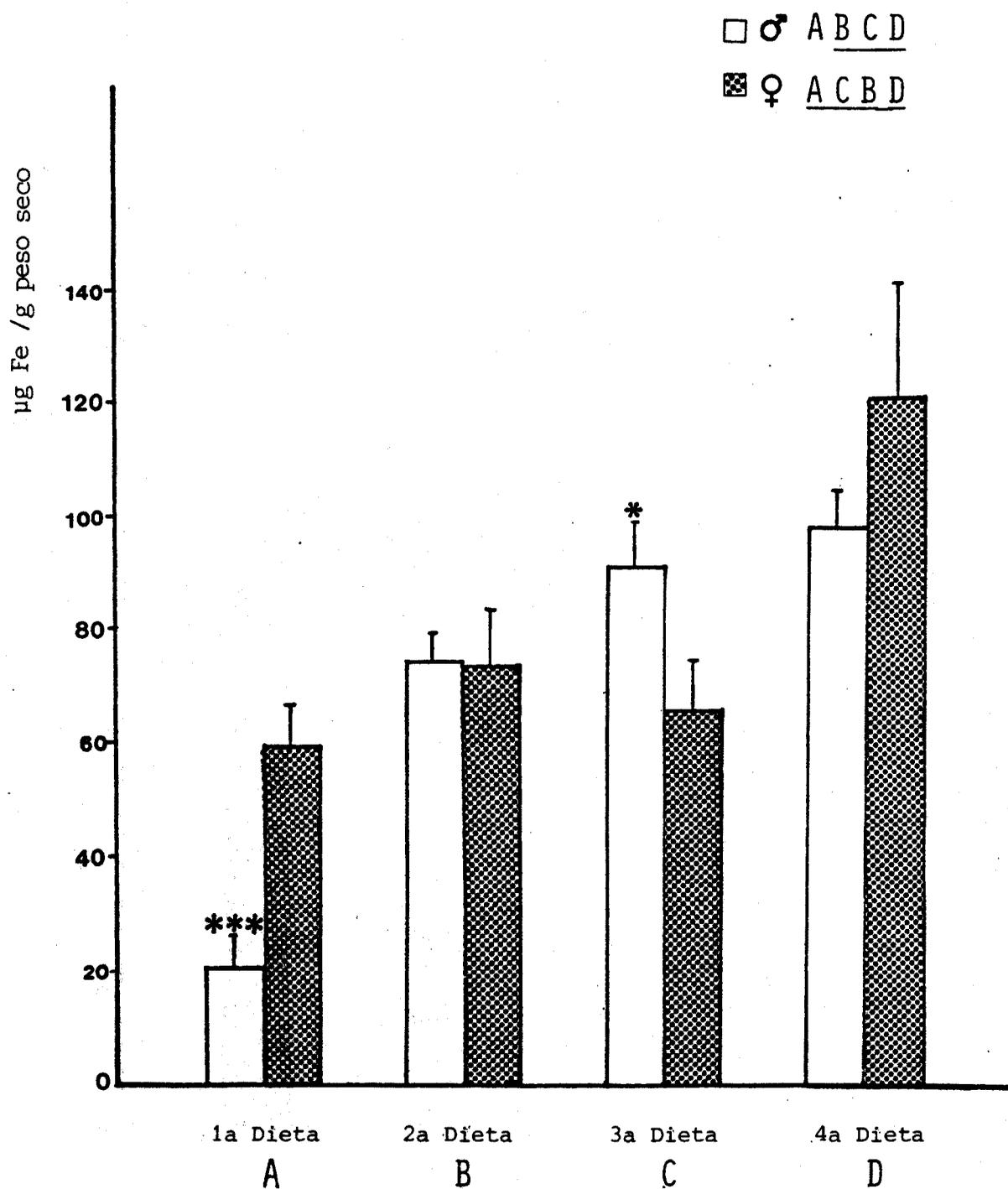


Figura 56 .- Contenido en hierro por gramo de peso seco en íleon de gallinas de ambos sexos de raza Shaver de 13 semanas en función de la dieta.

Valoración estadística: ver Figura 5

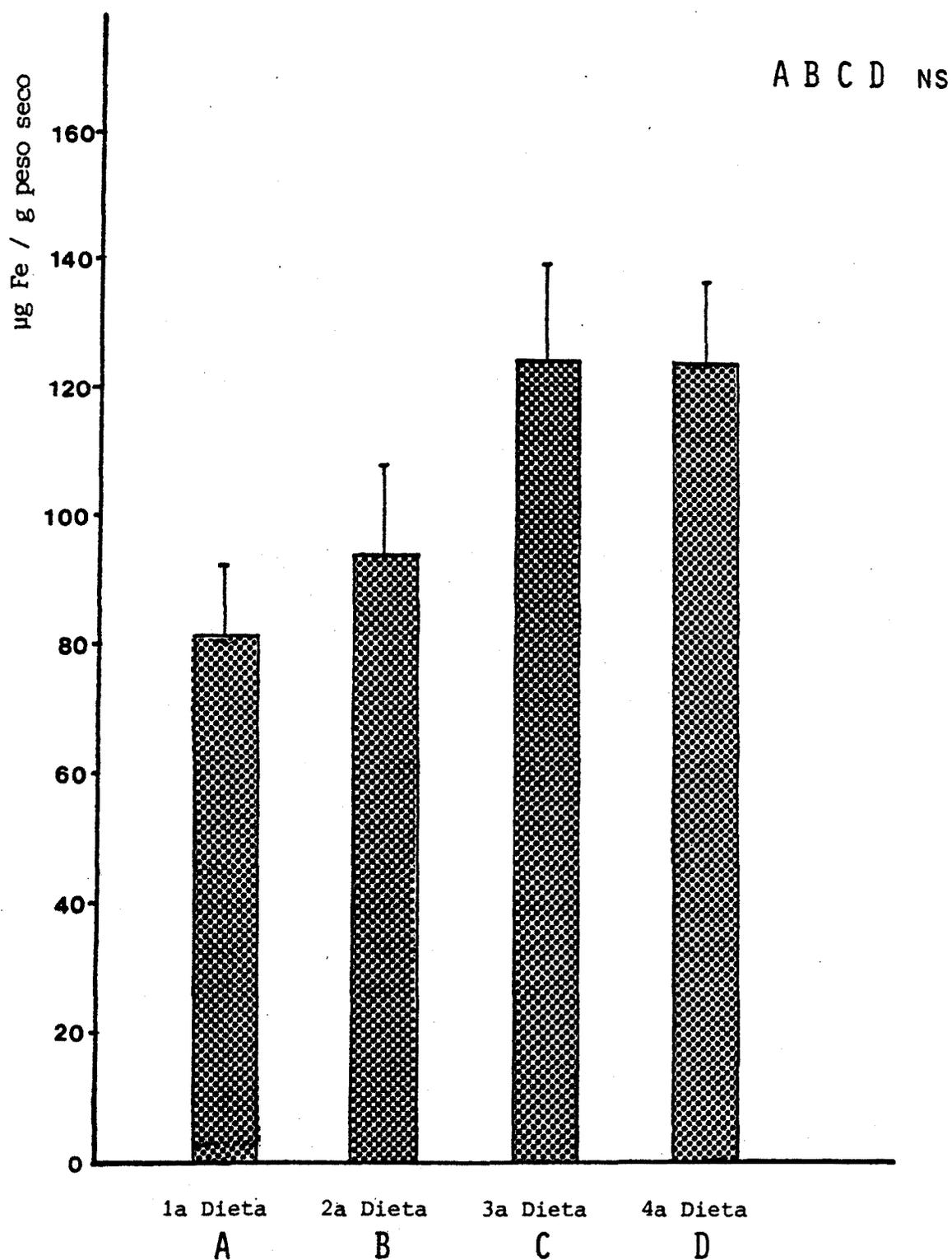


Figura 57.- Contenido en hierro por gramo de peso seco en íleon en gallinas en puesta de raza Shaver en función de la dieta.

Valoración estadística: ver Figura 5

2.6.- RIÑONES

2.6.1.- VALORES PONDERALES Y CONTENIDO EN HIERRO

En los riñones (Tabla XXXVIII) observamos en el grupo basal un aumento significativo del peso húmedo, peso seco y peso relativo ($p < 0.05$); en el cociente peso húmedo / peso seco, las variaciones carecen de significación estadística. Existe un incremento de 300 μg en el contenido en hierro total, aunque carece de significación por el test de "t". Un porcentaje de variación parecida se observa en la Figura 58 al expresar la concentración de hierro por gramo de peso seco de órgano, sin poseer significación estadística.

2.7.- CORAZON

2.7.1.- VALORES PONDERALES Y CONTENIDO EN HIERRO

En este órgano el contenido en hierro en la dieta, no influye en las variables que indica la Tabla XXXIX detectándose un aumento algo más sensible al expresar la cantidad de dicho metal por gramo de peso seco del corazón (Figura 59) aunque sin significación estadística.

2.8.- PLUMAS

2.8.1.- VALORES PONDERALES Y CONTENIDO EN HIERRO

En el caso de las plumas (Tabla XL), la dieta no posee influencia en los valores ponderales de peso húmedo, peso seco, cociente de ambos y en el peso relativo de las mismas pero no es así en el contenido en hierro total el cual, en el caso de las aves que comieron la dieta más pobre en hierro, se registra una cantidad menor que en las alimentadas con dietas más ricas en este metal (5 mg, 10.3 mg respectivamente ($p < 0.001$)). El mismo porcentaje de variación y significación estadística se detecta al expresar el contenido en hierro por gramo de peso seco (Figura 60).

Tabla XXXVIII

Valores ponderales y contenido total en hierro en riñones en gallinas en período de puesta de raza Shaver, en función de la concentración de hierro en la dieta.

Grupo	Peso húmedo, g	Peso seco, g	Peso húmedo		Hierro total, µg
			Peso relativo, %	Peso seco	
1a dieta (40ppm)	9.32 ± 0.621*	2.08 ± 0.140*	4.48 ± 0.074	0.62 ± 0.043*	666.1 ± 75.85*
2a dieta (150ppm)	11.32 ± 0.572	2.62 ± 0.180	4.40 ± 0.209	0.74 ± 0.027	969.5 ± 120.73

Las diferencias entre animales de la misma edad y alimentados con diferente dieta, se analizan mediante el test de "t" de Student (* p < 0.05, ** p < 0.01 y *** p < 0.001).

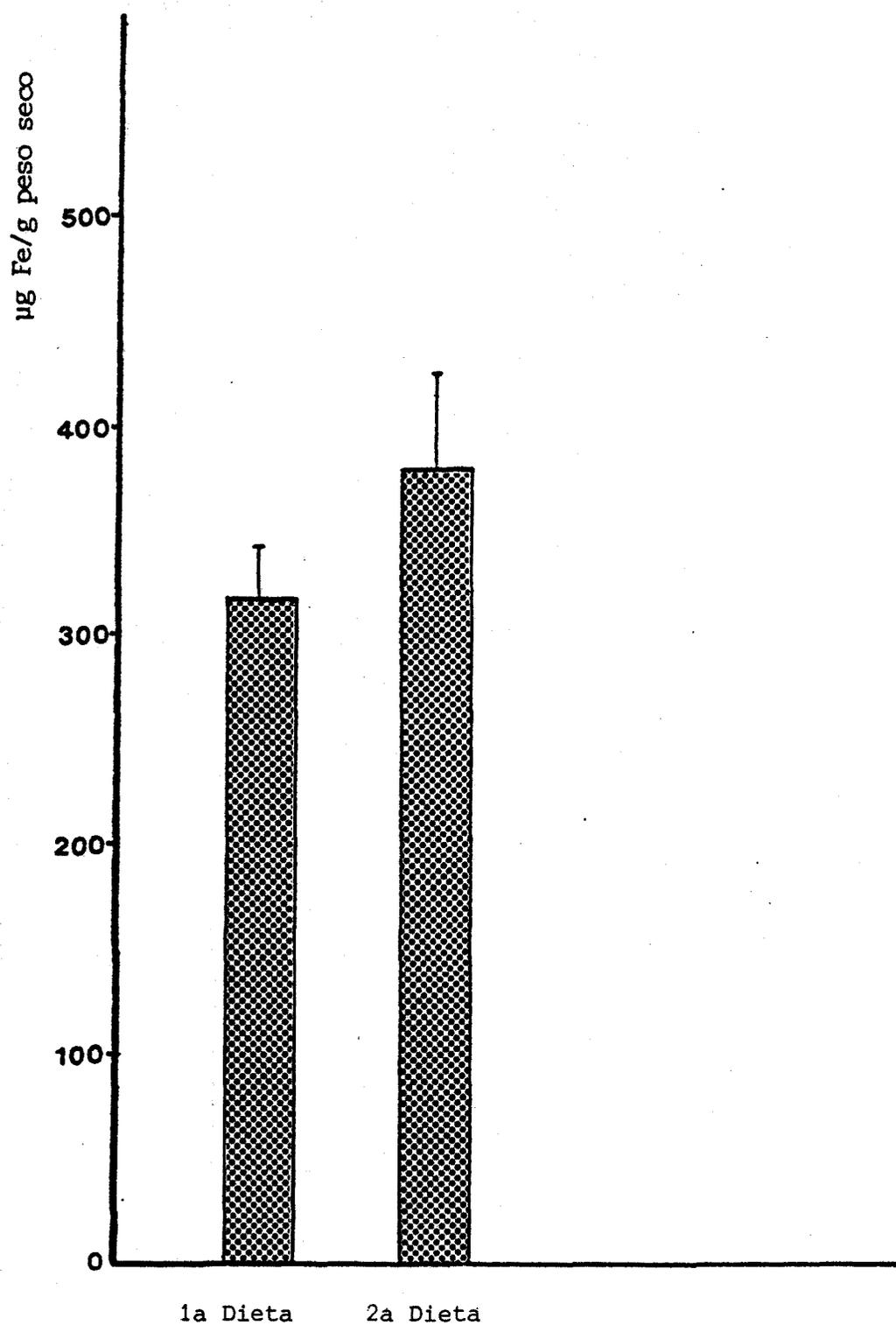


Figura 58 Contenido en hierro por gramo de peso seco en riñón en gallinas en puesta de raza Shaver en función de la dieta.

Valoración estadística: ver Figura 5

Tabla XXXIX

Valores ponderales y contenido total en hierro en corazón en gallinas en periodo de puesta de raza Shaver, en función de la concentración de hierro en la dieta.

Grupo	Peso húmedo, g	Peso seco, g	Peso húmedo		Peso relativo, %	Hierro total, µg
			Peso húmedo	Peso seco		
1a. dieta (40 ppm)	6.04 ± 0.144	1.28 ± 0.025	4.72 ± 0.095	0.40 ± 0.014	346.0 ± 20.89	
2a. dieta (150ppm)	6.16 ± 0.197	1.37 ± 0.075	4.55 ± 0.172	0.41 ± 0.016	331.5 ± 12.78	

Las diferencias entre animales de la misma edad y alimentados con diferente dieta, se analizan mediante el test de "t" de Student (* p < 0.05, ** p < 0.01 y *** p < 0.001).

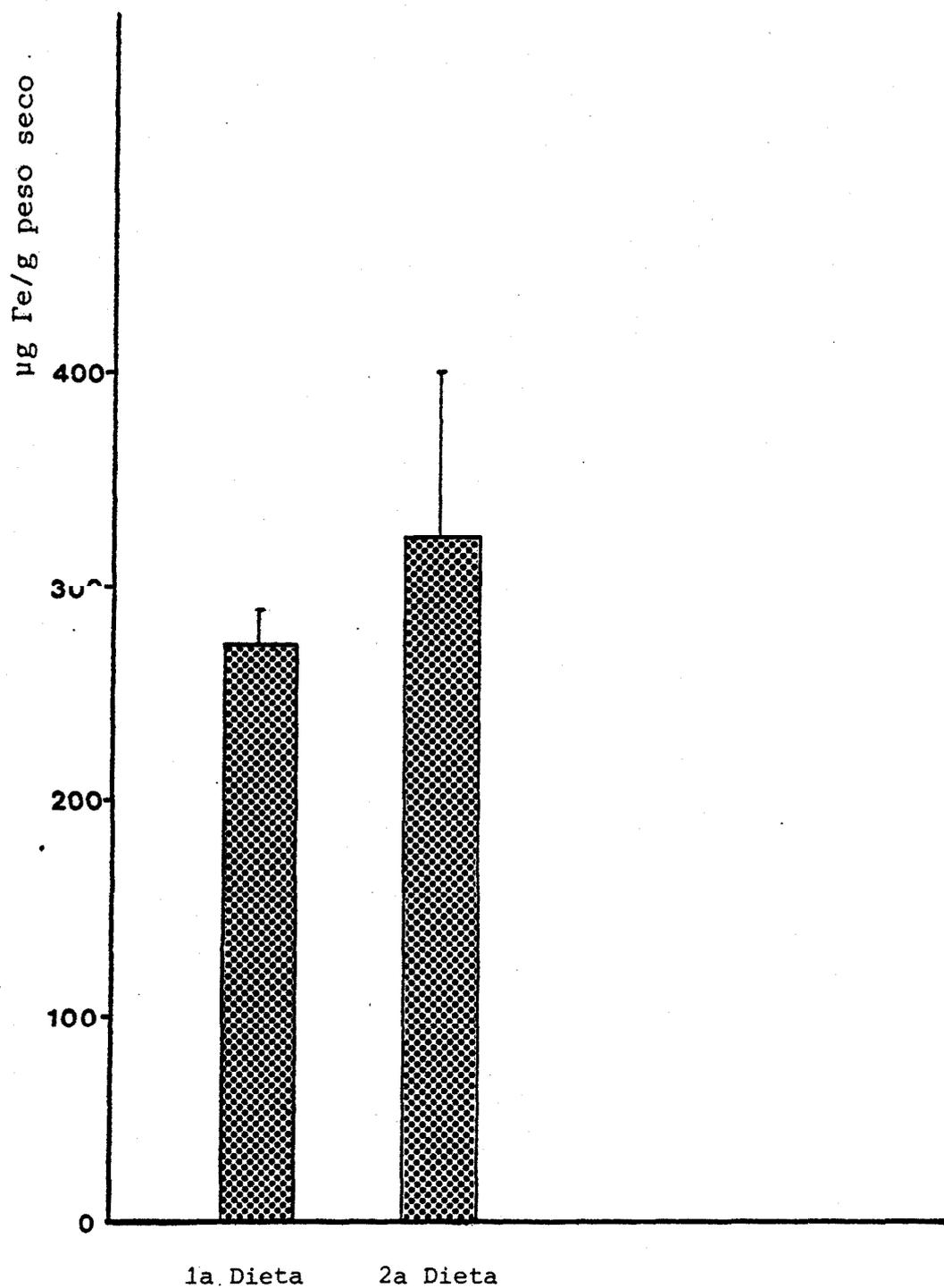


Figura 59 .- Contenido en hierro por gramo de peso seco en corazón en gallinas en - puesta de raza Shaver en función de la dieta.

Valoración estadística: ver Figura 5

Tabla XL

Valores ponderales y contenido total en hierro en plumas, en gallinas en periodo de puesta de raza Shaver, en función de la concentración de hierro en la dieta.

Grupo	Peso húmedo, g	Peso seco, g	Peso húmedo		Peso relativo, %	Hierro total, µg
				Peso seco		
1a. dieta (40ppm)	112.9 ± 2.64	96.4 ± 3.75	1.18 ± 0.044	7.44 ± 0.144	5.0 ± 0.60***	
2a. dieta (150ppm)	110.3 ± 5.57	93.6 ± 4.10	1.18 ± 0.029	7.30 ± 0.379	10.3 ± 1.06	

Las diferencias entre animales de la misma edad y alimentados con diferente dieta, se analizaron mediante el test de "t" de Student (* p < 0.05, ** p < 0.01 y *** p < 0.001).

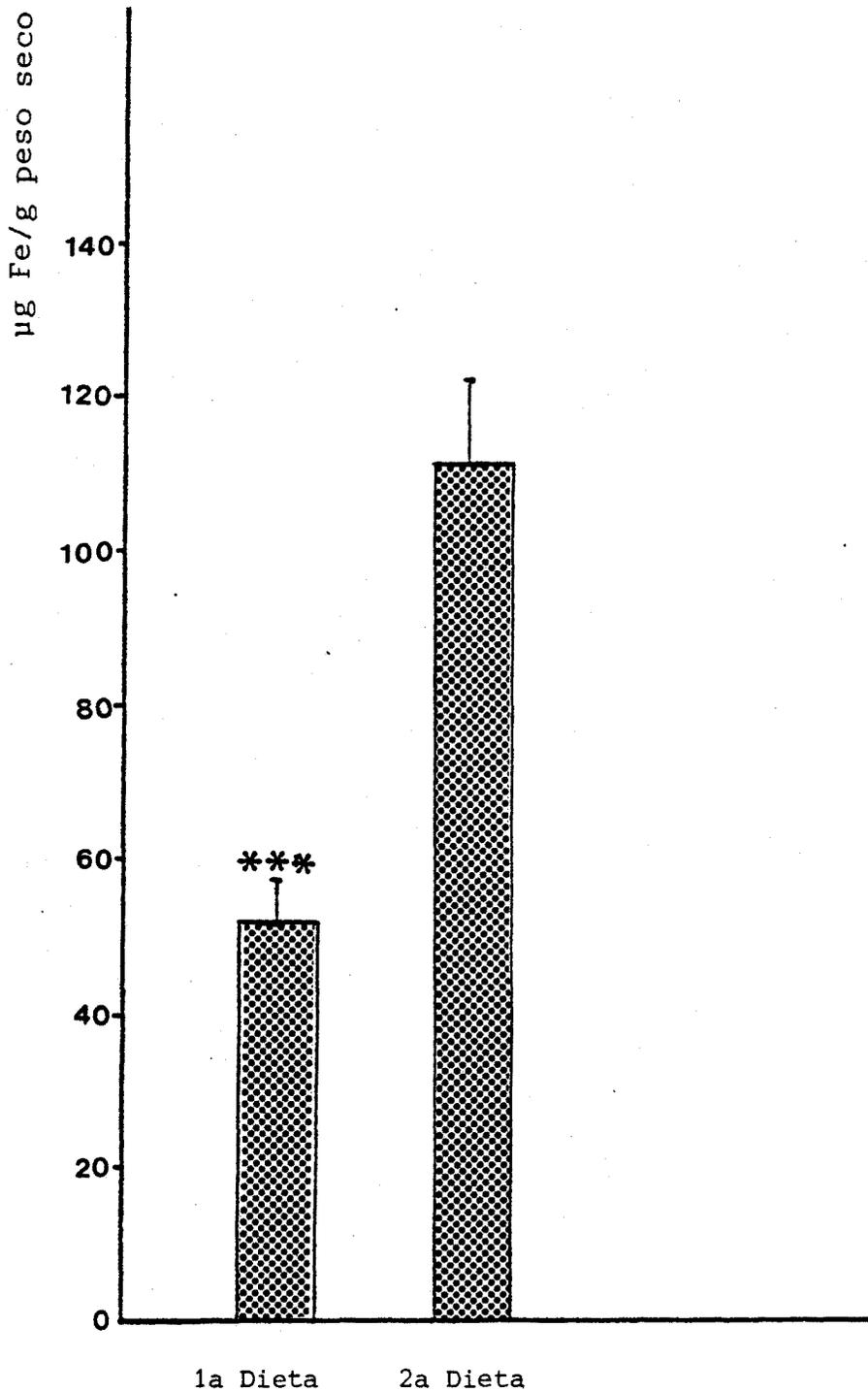


Figura 60 .,- Contenido en hierro por gramo de peso seco en plumas en gallinas en puesta de raza Shaver en función de la dieta.

Valoración estadística: ver Figura 5

2.9.- CONTENIDO EN HIERRO EN EL LIQUIDO DE PER- FUSION Y CARCASA

Incluimos la Tabla XLI en la que figura el hierro detectado en el líquido de perfusión (Cl Na 0.9 % más sangre) y en el resto del animal o carcasa, aunque en nuestro caso carece de significación como órganos con entidad propia, dado a la obtención de los mismos.

2.10.- PESO CORPORAL Y HIERRO TOTAL

Observamos que el contenido en hierro en la dieta no modifica el peso corporal del animal en el transcurso de estos 20 días de tratamiento (Tabla XLII) no es así en el contenido en hierro de dichos ejemplares, detectándose una diferencia, aunque no significativa estadísticamente, de 7.9 mg en los animales alimentados con dieta en menor contenido en hierro respecto al grupo con 150 ppm del mismo metal. La significación estadística al representar los valores por unidad de peso del animal (Figura 61), tampoco es significativa.

Tabla XLI

Contenido en hierro en sangre perfundida con ClNa al 0.9% y en carcasa, en gallinas en período de puesta de raza Shaver, en función del contenido de hierro en la dieta.

Grupo	Hierro en sangre + ClNa, mg	Hierro en carcasa mg
1a. dieta (40ppm)	14.98 ± 1.57	49.10 ± 5.59
2a. dieta (150ppm)	21.36 ± 1.39	45.72 ± 2.22

Las diferencias entre animales de la misma edad y alimentados con diferente dieta, se analizan mediante el test de "t" de Student (* p < 0.05, ** p < 0.01 y *** p < 0.001).

Tabla XLII

Contenido total en hierro en gallinas en período de puesta de raza Shaver, en función de la concentración de hierro en la dieta.

Grupo	Peso corporal, g	Hierro total, mg
1a. dieta (40ppm)	1520.6 ± 39.29	74.2 ± 3.93
2a. dieta (150ppm)	1521.1 ± 56.53	82.1 ± 2.59

Las diferencias entre animales de la misma edad y alimentados con diferente dieta, se analizan mediante el test de "t" de Student (* p < 0.05, **p < 0.01 y ***p < 0.001).

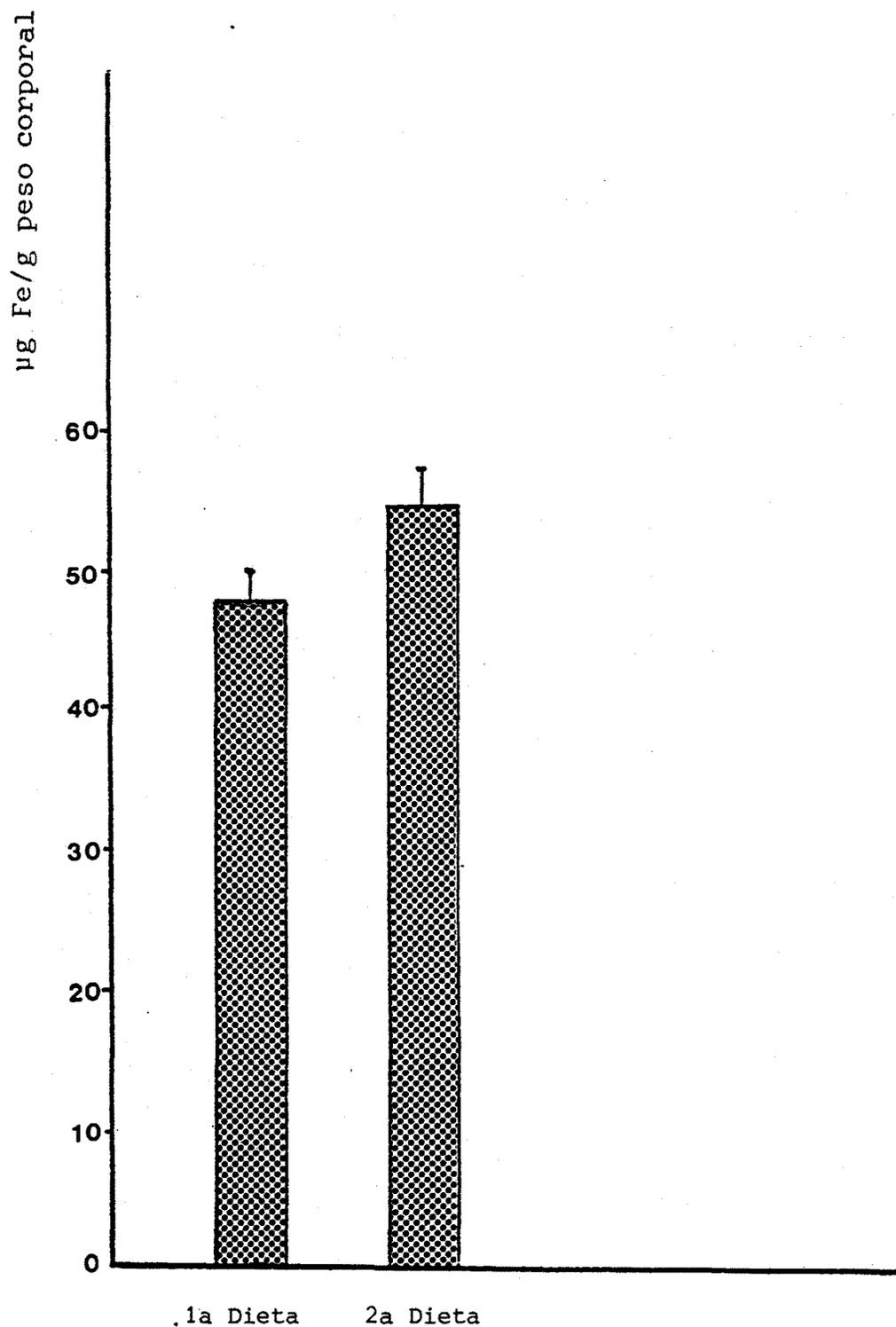


Figura 61.- Contenido en hierro por gramo de peso corporal en gallinas en puesta de raza Shaver en función de la dieta.

Valoración estadística: ver Figura 5

DISCUSSION

PRIMERA PARTE: DISTRIBUCION DEL HIERRO EN ORGANOS
 =====

Hemos tenido en cuenta el contenido en hierro de la dieta, para poder explicar las posibles diferencias observadas con los datos bibliográficos referentes al crecimiento corporal, hematocrito, hemoglobina, sideremia y contenido en hierro no hemínico y ferritínico en los diferentes órganos y tejidos estudiados.

1.- EVOLUCION DE LOS PESOS CORPORALES

El peso de nuestros animales durante el período de experimentación (de 4 a 18 semanas en los machos y de 4 a 24 semanas en las hembras) se multiplicó por 9. Las curvas de crecimiento obtenidas concuerdan con los datos de la granja suministradora Aviar de Reus, y con lo publicado por Wittenberger et al. (305) con la raza Studler-Cornish quienes detectan un máximo crecimiento entre las 8 y 13 semanas; son ligeramente inferiores a las de Matsuzawa (199), Raheja et al. (241) y Sturkie (268) con la raza White Leghorn y difieren bastante de las gallinas New Hampshire (196). Probablemente estas variaciones radiquen en la misma selección de las razas. Así los animales de raza ponedora (Shaver y White Leghorn) se caracterizan por un crecimiento más lento que la seleccionada genéticamente para engorde (New Hampshire).

El contenido en hierro y en cobre en la dieta de las gallinas parece ser un factor decisivo para el crecimiento y para conseguir un nivel óptimo de hemoglobina en sangre. Es difícil apreciar la cantidad exacta de estos metales para cubrir las necesidades básicas, pero un contenido entre 50 y 180 ppm de hierro serían adecuados (70, 71, 107, 215, 220, 243, 254, 255). Davis et al. (70, 71), Hill y Matrone (150), Hill et al. (151), McNaughton y Day (207), Al-Ubaidi y Sullivan (8) y el Consejo Nacional de Investigación de EEUU (NRC) (220) han estudiado los requerimientos de los pollos respecto al hierro,

teniendo en cuenta los niveles de cobre en la dieta. Todos ellos coinciden en que la relación 10:1 (Fe/Cu) es la óptima para este tipo de aves.

Así, nuestros piensos comerciales para animales jóvenes y en puesta contenían aproximadamente una media de 160 y 150 mg de hierro/Kg respectivamente. La proporción entre Fe y Cu era de 13:1. Serían pues unas dietas ajustadas a los requerimientos sugeridos por los investigadores anteriormente citados.

2.- VALORES HEMATICOS

Hemos visto cómo el contenido en hierro en la dieta influye en los valores de la hemoglobina. Fritz et al. (112) y Hill y Matrone (150) citan valores comprendidos entre 7 y 8 gr/100 ml de sangre para pollitas alimentadas con dietas deficientes en hierro, y en los pollitos alimentados con exceso de este metal se alcanza los 16 gr/100 ml (19). Nuestros datos en animales de 4 semanas son intermedios a los citados (9.1 gr/100 ml). Respecto al hematocrito ocurriría un fenómeno semejante, ya que son inferiores a los observados en la bibliografía para pollos alimentados con sobredosis de hierro (93, 112).

Wittenberger et al. (305) consideran las 7 semanas de edad como un momento "crítico" en la ontogénesis de las aves domésticas que comporta un cambio en el papel energético de los alimentos con predominancia de los glúcidos frente a las grasas, así como ciertas modificaciones en la utilización de la glucosa por los tejidos. Los citados autores (305), observan a las 7 semanas un valor máximo para el hematocrito, mientras que la hemoglobina sufre un descenso en este momento. Deaton et al. (72, 73) trabajando con pollos Broiler observan hasta las 8 semanas de edad una disminución del hematocrito con el crecimiento. Nuestros datos sobre hemoglobina y hematocrito estarían más en concordancia con los obtenidos por Martí (196) con gallinas New Hampshire, por Balasch y Pla

nas (17) y por Freeman (110) con White Leghorn.

En varias razas se observa tendencia a un descenso del hematocrito y/o de la hemoglobina al alcanzar la puesta (17, 196, 212, 245, 268). La causa de la disminución parece radicar en una reducción de la formación de los glóbulos rojos por acción de los estrógenos (86).

Diferencias sexuales en los dos parámetros citados han sido detectados solo en animales jóvenes y en ciertos momentos del desarrollo (196, 199), con tendencia a igualarse al llegar a adultos (196).

Respecto al hierro presente en el plasma podemos señalar que las medias se ajustan a las encontradas por otros autores y también en otras razas. Hasta las 13 semanas, la cantidad de hierro plasmático disminuye, lo mismo se observa con la raza New Hampshire (196), posiblemente debido a que las gallinas alcanzan la madurez sexual a las 18 ó 20 semanas (305), y es en este momento cuando detectamos un aumento del hierro plasmático siendo más notable para las hembras. Este dato corrobora los resultados obtenidos por Martí (196) trabajando con una raza semipesada. Otros investigadores por el contrario, han observado en los machos un incremento de la sideremia en función de la edad (14, 15, 198). Al igual que Planas (230) y que Balasch y Planas (14) no detectamos en general diferencias sexuales significativas en esta variable.

La puesta comporta un gran aumento de la sideremia, fenómeno también detectado con anterioridad por la mayoría de autores citados (12, 14, 15, 16, 196, 198, 212, 228, 229, 230, 232, 236, 247). Parece ser que los estrógenos provocan un aumento previo del cobre y de la ferroxidasa, seguido de una movilización del hierro de sus órganos de reserva (231).

3.- EVOLUCION DE LOS PESOS DE LOS ORGANOS

Los órganos estudiados aumentan su peso absoluto

en función de la edad, como ya ha sido observado anteriormente (10, 72, 196, 199, 241, 249, 259, 305), con excepción del bazo que presenta un comportamiento algo distinto, el cual discutiremos en este mismo apartado.

Debemos resaltar el notable aumento del peso del hígado en las gallinas en puesta ya citado por Ramsay y Campbell (245), así como un cambio en la consistencia del tejido de este órgano, probablemente debido al aumento de estrógenos circulantes, ya que según comprobamos (250), la inyección de hormonas de este tipo a gallinas adultas, induce las alteraciones citadas. Por el contrario (196) en la raza New Hampshire (considerada como semipesada) no se detecta prácticamente variación entre gallinas de puesta y prepuesta.

El peso del bazo alcanza su valor máximo a las 13 semanas en los machos y a las 18 semanas en las hembras, para a continuación disminuir. Matsuzawa (199) observa un máximo incremento entre las 10 y 13 semanas para continuar aumentando a un ritmo más lento hasta las 20 semanas (tiempo límite de observación). El valor de nuestros machos adultos (1.8 g) concuerda con el de Sturkie (269) y difiere del de Matsuzawa (3.2 g) (199) a pesar de trabajar ambos investigadores con animales White Leghorn. No hemos encontrado en la bibliografía ninguna observación realizada respecto a la variación del peso del bazo en las gallinas en puesta, únicamente Ramsay y Campbell (245) indican que el peso absoluto del bazo de gallinas Brown Leghorn en plena fase reproductora es de 1 a 2 g, margen en el que se sitúan nuestros animales, pero no citan valores de este órgano durante el crecimiento. Cabe la pregunta si este descenso podría estar relacionado con la acción de los estrógenos.

Sturkie (268) compara el peso de los riñones de las aves con el de los mamíferos y observa que en las primeras tienen un tamaño superior. En cuanto al corazón el mismo autor (268) obtiene en machos adultos y en gallinas en puesta valores próximos a los registrados por nosotros, mientras que otros investigadores (10, 72, 196, 259) utilizando dife-

rentes razas detectan valores inferiores, siendo las diferencias cada vez mayores a medida que aumenta la talla del animal.

El descenso con la edad del peso relativo de la mayoría de los órganos y los porcentajes observados en el hígado son corroborados por otros investigadores (196, 199, 241, 305) y por nosotros mismos también en la raza Shaver en un trabajo realizado con anterioridad (250). Deaton et al. (72) no observan en Broilers, variaciones de este parámetro a las 4 y 8 semanas, con valores aproximados del 2.3 % para ambos sexos, es decir, algo inferiores a los que nosotros presentamos.

Payne (226) afirma que en la gallina doméstica en general, el bazo llega a su máximo peso relativo entre las 6 y 10 semanas de edad. Aunque nuestros datos indican ligeras variaciones en función del sexo, se corresponderían con los arriba citados. Por el contrario Matsuzawa (199) detecta la cota más alta a las 13 semanas y Martí (196) en hembras New Hampshire a las 18 semanas.

Según Sturkie (268) el peso relativo de los riñones de las aves está comprendido entre 1 y el 2.6 % según las especies y el del corazón en pollos adultos y ponedoras es del 0.44 % (269), valores en los que se sitúan los de nuestras aves.

Como criterio para un estudio comparativo de la morfología del intestino delgado de las gallinas, hemos seguido las indicaciones de Sturkie (268), quien divide a esta parte del aparato digestivo en dos tramos: el duodeno y el formado por el yeyuno e íleon ya que en estas aves es difícil delimitarlos. Este investigador (268) estudió la evolución del intestino delgado de pollos en general desde 20 días a 6 meses de edad, en este período el duodeno pasaría de 12 cm a 20 cm y el resto del intestino delgado de 49 cm a 120 cm. La longitud total del intestino obtenida por nosotros en la raza Shaver y por Matsuzawa (199) en la raza White Leghorn son prácticamente idénticas y se sitúan alrededor de

los 80 cm a las 4 semanas y de 103 cm a las 18 semanas, es decir, encajan perfectamente con los datos proporcionados por Sturkie, aunque la longitud del duodeno de nuestras aves (20 - 25 cm) es algo superior a la citada por los otros autores.

Matsuzawa (199) también estudia la evolución del peso del intestino. Comparando con nuestros resultados se observa que hasta las 8 semanas de edad la raza Shaver alcanza unos valores ligeramente superiores sobre la raza White Leghorn y a partir de este momento los pesos tienden a igualarse.

El peso relativo de las plumas en función de la edad en gallinas (196), pavos (182), codornices (114, 182) y gansos (165) se mantienen entre márgenes muy próximos. Nuestras estimaciones obtenidas a diferentes edades, no se alejan mucho de las otras especies siendo los animales de 4 semanas los que alcanzan porcentajes más bajos (6 %) y los de 18 semanas los que registran los valores más altos (9 %).

Si nos ceñimos al estudio comparativo entre gallinas de dos razas: Shaver y New Hampshire (196) existen algunas discrepancias. Así en machos Shaver el valor relativo de las plumas alcanza sus cotas más altas a las 13 semanas, por el contrario los machos de la New Hampshire lo adquieren a las 18 semanas. Con las hembras sucede al revés, la Shaver lo alcanza a las 18 semanas y la New Hampshire a las 13 semanas. Esta discrepancia puede ser debida a la diferente evolución del peso corporal en las dos razas, ya que, como hemos apuntado en otro lugar, ambas difieren en su selección genética. A causa de ello observamos que para una misma edad, los valores relativos más altos los registramos en la raza Shaver, con diferencias hasta de 3 unidades.

4.- CONTENIDO EN HIERRO

En algunas especies de animales como rata, ratón, gallina y anguila (no siendo así en conejo, cobaya y perca) el contenido en hierro, así como las necesidades de este metal, varían con la edad (26, 72, 101, 120, 183, 259, 284, 297, 300) y con el sexo (26, 58, 126, 168, 183, 245, 284, 291, 300) observándose en el momento de la preñez (265) ó en la puesta (245, 300) una disminución en el contenido de dicho metal en el organismo de la madre viéndose reflejado de una manera relevante en el contenido en hierro total y hierro ferritínico en los órganos principales de reserva: hígado, bazo y médula. En líneas generales, estas afirmaciones confirman los resultados obtenidos por nosotros.

Parte del hierro como acabamos de citar está almacenado en el hígado bajo forma de ferritina. En ratas (183, 257, 290) se han detectado porcentajes de ferritina respecto al hierro no hemínico del orden del 70 %. García et al. (115) en codornices obtienen valores del 25 %. Es curioso destacar en nuestro caso cómo el porcentaje aumenta con la edad en las hembras llegando a un 34 % en la prepuesta, mientras desciende en los machos. En cambio en una raza semipesada (196) las reservas de hierro antes de la puesta son mucho más bajas. Este período comporta la pérdida de aproximadamente 1.8 mg de hierro por huevo, razón probablemente por la cual la raza Shaver con una frecuencia de puesta del 83 % presenta las siguientes características frente a la New Hampshire con una frecuencia de puesta del 76 % (196):

. Diferencias sexuales en cuanto al contenido en hierro ferritínico a las 13 y 18 semanas son a favor de las hembras.

. Mayor porcentaje de hierro ferritínico en las hembras de prepuesta.

. Descenso más elevado del hierro ferritínico en la puesta.

. Valores de hierro ferritínico y de hierro total por gramo de peso corporal más altos en la prepuesta y un descenso más acusado en la puesta.

Al estabilizarse la puesta, el hierro total y el hierro ferritínico han disminuido casi por igual, indicando una movilización exclusiva de las reservas del hígado hacia el plasma la cual estaría inducida por los estrógenos (12, 187, 206, 212, 230, 250) y estos cambios indirectamente favorecerían un incremento de la absorción (38). Descensos del hierro en hígado relacionados con la puesta o con la preñez han sido observados. Así, Ramsay y Campbell (245) detectan una disminución del parámetro que nosotros denominamos como hierro total del 26 %, valor próximo al obtenido en este trabajo (20 %). Mcknight et al. (206) observan tanto en pollos normales como en animales estrogenizados un descenso también del hierro total, del 38.5 %. En otras aves, como por ejemplo las codornices (115) se aprecia una reducción del 30 % del hierro ferritínico, mientras el hierro total incrementa en un 35 %. Incluso en ratas durante la preñez disminuye el contenido en hierro no hemínico del hígado en un 40 % (206, 273).

Las diferencias sexuales respecto al hierro ferritínico (26, 58, 183, 291) y al hierro total (58, 168, 183, 300) son también más acusadas en rata que en gallina.

Aunque Widdowson y McCance (300) observan diferencias sexuales para el hierro total del orden del 69 %, nosotros solo detectamos diferencias significativas para el hierro ferritínico y no para el hierro total.

Leeson y Summers (180) trabajando con pollos Broiler de 21 días de edad y alimentados con dietas con un contenido en hierro de 120 ppm, obtienen valores de hierro total en hígado inferiores a los encontrados por nosotros a las 4 semanas. Lo mismo sucede con la raza Leghorn (205). Sin embargo Ekperigin y Vohera (89) con pollos Broiler de 30 días de edad y Freelan y Cousins (111) con pollos New Hampshi-

re de 3 semanas de edad obtienen datos similares a los de la raza Shaver.

La puesta comporta también en la raza Shaver una movilización muy importante del hierro total y del hierro ferritínico del bazo, con valores por unidad de peso seco muy parecidas a las del hígado. Ramsay y Campbell (245) y Martí (196) detectan un descenso aunque de menor magnitud, con un valor final más elevado de hierro no hemo en la puesta. Diferencias sexuales con predominancia de las hembras solo sobresalen en determinados casos y siempre en relación con el hierro ferritínico, aunque varios autores en distintas especies (58, 183, 289, 300), incluida la gallina (300) observan contenidos en hierro total mucho más elevados en las hembras. En general, en ratas (84, 135, 252), ratones (289), cobayas (137), ovejas (79, 275) y estorninos (114) se han encontrado a edades similares valores de hierro total y de hierro ferritínico más elevados que los observados por nosotros, excepto Ekperigin y Vohera (89) que en un estudio realizado con pollos Broiler de 4 semanas detecta valores inferiores de hierro total por unidad de peso húmedo. A semejanza de lo que ocurre en el hombre (56), ratón (289) y pollos New Hampshire (196), existe correlación entre el contenido en hierro en hígado y en bazo.

Pocos datos existen sobre el contenido en hierro en riñones (111, 196, 245) y corazón (196) de pollos. En la raza New Hampshire se han detectado valores inferiores a los de la Shaver tanto a las 3 semanas (111) como en un estudio realizado bajo las mismas condiciones que el nuestro (196). Por el contrario Ramsay y Campbell (245) utilizando hembras Brown Leghorn en prepuesta y puesta obtienen en los riñones valores muy superiores. En otras especies tampoco se observa uniformidad; así, para el riñón son bastantes similares con los nuestros en ratas (252) y ratones adultos (289) y más elevados en codornices (107), mientras que el corazón de ratas (170, 252, 257), de ratón (289), cordero (79) y estorninos (114) es más



y en codornices (23) similar. Tampoco se han apreciado diferencias sexuales en el contenido en hierro de riñones y corazón de rata (183), ratón (289), ni gallina (196).

La importancia que representa la cantidad de hierro en músculo, no es tanto por su concentración como por la cantidad de este tejido que posee el organismo, así en humanos (34) la concentración detectada es de 15 a 30 μg por gramo, respecto al organismo entero representa la tercera parte del contenido total. En diferentes especies (34, 115, 252) e incluso en diferente raza (180, 196) apenas varía la concentración de hierro, a excepción del músculo del estornino (114) que representa un 60 ó 70 % más del encontrado en humanos (34), ratas (252), codornices (114) y pollos Broiler (180). Aquí también hemos observado que en el momento de la puesta disminuye el contenido de este parámetro, en mayor proporción en la raza Shaver (45.6 %) que en la New Hampshire (21 %), probablemente relacionado con las diferentes necesidades de hierro durante este período.

En general el intestino responde a las necesidades de hierro del organismo y posee capacidad de absorber y de limitar la absorción de hierro (64). Son el duodeno, y en menor proporción el yeyuno, las zonas de absorción más importantes (52,58,64,102, 219,281). La bibliografía nos indica en general, que el hierro detectado en el duodeno de rata adulta es casi la mitad del encontrado en pollos (135, 180,196, 252) y en estorninos (114); por el contrario en cordero (79) son mucho más elevados. Comparando los resultados obtenidos en los tres tramos de intestino, en la raza Shaver y en la New Hampshire (196) observamos siempre disminución del contenido en hierro por unidad de peso seco con la edad con valores más altos en la raza ponedora, esencialmente a las 18 y 24 semanas, lo que indicaría probablemente una mayor capacidad de absorción de esta raza. Las diferencias del contenido en hierro entre prepuesta y puesta en los tres tramos intestinales apoyaría el aumento de la absorción de hierro apuntado ya en 1954 por Ramsay y Campbell

(245) y comprobado posteriormente por nosotros (197) en pollos y por Kirchgessner et al. (174) en gallinas. Este mismo autor (174) también lo comprobó en ratas preñadas.

El estornino y la codorniz (114) son aves que en su plumaje almacenan grandes cantidades de hierro 514 y 156 μg de hierro por gramo de peso húmedo respectivamente, lo que supone, en los estorninos 13 veces más que en nuestros pollos y para la codorniz el factor sería de 4. Por otra parte, Leeson y Summers (180) obtienen a los 21 días de edad en pollos Broiler valores muy inferiores a los que obtiene Martí (196) en la raza New Hampshire y nosotros en la Shaver a la temprana edad de 4 semanas. Martí (196) en su estudio realizado en función de la edad y sexo de 4 a 18 ó 24 semanas de edad, observa variaciones más o menos semejantes a las encontradas por nosotros; el contenido en hierro por gramo de peso seco disminuye con la edad. Subrayamos el hecho más relevante: mientras la raza New Hampshire en el paso de prepuesta a puesta disminuye la concentración de hierro un 14 %, en la raza Shaver la disminución es del 42 %. ¿Estaría relacionado con una menor producción de plumas en este período?. Parece ser que el hierro de las plumas no es movilizado y quizás los datos citados podrían relacionarse con una muda de plumas en la raza Shaver las cuales tendrían un contenido bajo en hierro ya que en este momento es utilizado para otros fines.

El contenido en hierro por unidad de peso corporal en diferentes especies adultas es:

Hombre (30, 34, 52, 54, 64, 102, 216, 284)	60 $\mu\text{g/g}$
Rata (265)	36 $\mu\text{g/g}$
Estornino (114)	174 $\mu\text{g/g}$
Codornices (114)	52 $\mu\text{g/g}$
Gallinas New Hampshire (196)	45 $\mu\text{g/g}$
Gallinas Shaver	55 $\mu\text{g/g}$

Es de destacar pues en pollos adultos valores más próximos a los del hombre, rata y codornices, diferenciando to

dos ellos del estornino.

Martí (196) en su estudio realizado con pollos New Hampshire de diferentes edades observa, a excepción de los animales de 4 semanas, valores ligeramente inferiores a los encontrados por nosotros en la raza Shaver y confirma nuestros resultados de que disminuye la concentración de hierro en el organismo hasta que se alcanzan 13 semanas de edad.

Varios autores en 1937 detectaron que el hierro total del cuerpo de las ratas hembras era mayor que el que tenían los machos expresados por gramo de tejido, observación que no concuerda exactamente con lo encontrado en gallinas, únicamente esto se cumple en la raza Shaver a las 4 y 8 semanas de edad manteniéndose a partir de las 13 semanas prácticamente constante. Tampoco nuestros datos de gallinas en plena producción concuerda con lo que sucede en ratas preñadas. El contenido en hierro en el cuerpo de la rata preñada (265) es reducido a causa del crecimiento de sus crías. Después del parto, comienza a recuperarse y al cabo de 30 días, la madre, vuelve a tener en su cuerpo los mismos niveles de hierro que en condiciones normales. En gallinas, tanto de raza de engorde (196) como en la ponedora, dichos niveles permanecen prácticamente constantes.

A semejanza de Smythe y Miller (265) trabajando con ratas, podemos afirmar que la curva de crecimiento de los animales y la del incremento total del hierro en los mismos son muy semejantes.

SEGUNDA PARTE: PRUEBAS METABOLICAS =====

1.- DIETAS Y BALANCES

Es conocido que diversos factores influyen sobre el consumo de agua y de alimento en las gallinas (268, 269, Granja Aviar, Reus), entre ellos cabe citar: edad, talla, raza, temperatura ambiental, actividad sexual, características del alimento, disponibilidad del agua, etc.

Es conocido igualmente que en animales jóvenes, la tasa metabólica por unidad de peso es mayor que en los adultos, dato confirmado en pollos (269) y corroborado en este estudio, aunque según Barbato et al. (20) el consumo de alimento es paralelo al peso corporal. Las hembras al alcanzar la puesta aumentan la ingestión de líquido en unos 100 ml (Granja Aviar, Reus) y la relación consumo de agua/consumo de alimento es de 2.1 según Sturkie (269), aunque nosotros hemos detectado un cociente algo superior (2.8) ya que la ingestión de agua es más elevada. El consumo de alimento es mayor en las razas de engorde (Granja Aviar, Reus), situándose entre 50 y 130 g / día / animal entre las 4 y 24 semanas respectivamente, frente a 29 y 100 g / día / animal detectadas en este mismo período en la raza Shaver (Granja Aviar, Reus), entre cuyos márgenes encajan nuestros valores. Leeson y Summers (180) obtienen un consumo de pienso en Broilers de 3 semanas que se aproxima más a los de la raza New Hampshire (196) que a los de la Shaver. Si se expresa el peso de la ingesta de alimento en relación a la unidad de peso corporal, los valores pueden invertirse como hemos observado al comparar la raza Shaver con la New Hampshire (196).

Comparando con otras especies como rata, cobaya, conejo, mono, rumiante, etc. (98), la especie *Gallus domesticus* consume diariamente una cantidad de pienso que se sitúa al nivel de la cobaya.

Según los datos presentados en este trabajo y los realizados por Martí (196), la ingesta global de alimento y la excreción son máximos a las 13 semanas y Bell y Freeman (24) consideran que una gallina de puesta excreta entre 100 y 150 g, en cuyo límite inferior se sitúa nuestra observación. Si comparamos el peso de los productos de excreción de la raza Shaver y New Hampshire (196) en momentos equivalentes de desarrollo, observamos cómo la primera a las 24 semanas elimina más excrementos por unidad de peso corporal, y podría relacionarse con una mayor ingesta re

lativa de la raza ponedora en este momento como ya hemos ci
tado.

Parte del alimento consumido por el animal es uti
lizado para incrementar su peso. Este varía según la raza y
así, las razas de engorde como Hybro y Hubbard presentan un
peso más elevado que la New Hampshire (196) considerada co
mo semipesada y ésta superior a la Shaver, (Granja Aviar, Re
us) seleccionada para puesta.

La ganancia de peso por día es máxima en diferen-
tes momentos del desarrollo dependiendo también de la raza.
Para los animales de engorde citados, se sitúa hacia las 4
semanas y es del orden de 18 g / día y desciende hasta los
10 g / día durante la puesta (Granja Aviar, Reus). El valor
máximo en la raza New Hampshire (196) y Shaver, se presen-
ta entre las 8 y 13 semanas, aunque es inferior para esta
última.

La utilización del alimento para el crecimiento
es más elevado en las razas de engorde, y en la puesta el
orden de mayor a menor sería el siguiente: New Hampshire,
Hubbard, Hybro y Shaver (Granja Aviar, Reus). Parece bastan
te lógico que los animales seleccionados para puesta requie
ran más alimento para mantener ésta que para el crecimiento.

La puesta comporta pérdida, como hemos visto para
la raza Shaver, de 1.8 mg de hierro por huevo que procede
esencialmente del alimento (120), ya que las reservas dis-
minuyen sólo en parte durante esta época. La cantidad de hie
rrro en los organismos se mantiene dentro de límites estre-
chos para cada edad y esta regulación no se realiza a tra-
vés del sistema excretor sino por control de la absorción
intestinal (52, 64, 97, 251). Los requerimientos nutri-
tivos de hierro en el hombre y otros organismos vivos deri-
van del papel central que juega este metal en la energía me
tabólica de las células (52).

Finch et al. (98) ofrecen una variada lista de
animales alimentados con dietas apropiadas y cada una con

un contenido diferente en hierro, y en todas se detecta una ingestión de este metal por animal y día muy distinta y en general superior a la del hombre (10 a 20 mg)(223). La rata ingiere unos 5.6 mg, la cobaya 44 mg, el conejo 37 mg, etc. Nuestros valores en gallinas oscilan entre 3.8 y 15.1 mg entre las 4 y 24 semanas respectivamente, inferiores a los observados en la raza New Hampshire (196). Este hierro procede de la dieta y en una casi nula proporción del agua. Con la sola excepción de las 4 semanas, el hierro por gramo de peso corporal ingerido por las hembras es inferior en la raza Shaver frente a la New Hampshire (196).

El hombre adulto pierde diariamente de 9 a 13 mg de hierro (65,98,223) de los cuales 1 mg lo elimina a través del sudor, descamación epitelial, etc. (52, 58, 65), mientras que la mujer durante la menstruación pierde además de 3 a 60 mg y a lo largo del embarazo 500 mg de hierro (52). Ratas alimentadas con dietas que contenían 276 ppm de hierro excretaban 593 μ g de hierro por gramo de materia seca (297) y pollitos Broiler de 21 días alimentados con dietas con un contenido en hierro de 120 ppm excretaban 1.25 mg Fe / g de materia seca (180). Nuestros animales a las 4 semanas por gramo de materia seca excretaban una media de 0.5 mg de hierro. En pollos de raza New Hampshire (196) el hierro excretado por gramo de peso corporal, disminuye con la edad registrando a las 18 semanas casi la cuarta parte de lo que excretaban a las 4 semanas, y prácticamente esta variable seguía la misma trayectoria que la ingesta de hierro. Nuestros resultados se mueven en márgenes algo más estrechos, a la edad de 4 semanas excretaban 12 μ g de hierro / g peso animal y a las 18 semanas 5.5 μ g. El hierro excretado durante la puesta, expresado en porcentaje respecto al hierro ingerido representa una media del 81.5 % en la raza New Hampshire y del 83.5 % en la Shaver, valores prácticamente del mismo orden.

La pérdida de hierro en un momento dado o un incremento en el metabolismo debe ser compensado con un aumento de la absorción. Esto se da esencialmente en el intestino delgado proximal: duodeno y parte del yeyuno (46,52,58, 64, 87, 111, 147, 157, 167, 219,284). El porcentaje de absorción en humanos es del orden de 5 al 10 % (284) o algo inferiores (65, 240), valores que además pueden oscilar en función del tipo de dieta (219). Finch et al. (98) tuvieron en cuenta las pérdidas menstruales y cifran la absorción en el 7 % en el hombre y 14 % en la mujer durante la menstruación. Un aumento de la absorción se observa también durante la puesta, el embarazo y la lactancia(174,284). El balance diario en pollos durante la puesta se duplicó respecto al valor observado a las 18 semanas (la diferencia correspondería aproximadamente al contenido en hierro del huevo), aunque el porcentaje de hierro absorbido se mantuvo en los dos momentos alrededor del 16.5 %, dato que encaja en el margen citado por Ramsay y Campbell (245) que lo sitúan entre el 15 y 20 %. Es decir la absorción de hierro en valores absolutos durante la puesta fue mayor que en la prepuesta.

Las necesidades de hierro durante la época de crecimiento son también mayores que en la fase adulta como ha sido comprobado en ratas por Cook et al. (58) y en pollos por Martí (196) y por nosotros mismos.

El peso total de los huevos de gallinas de diferentes razas según estos autores (39, 119, 196) es semejante en todas ellas, oscilando entre márgenes de 52 y 62 gramos, aunque Ramsay y Campbell (245) indican que el peso del huevo en la raza Brown Leghorn es de 40 g. Los datos obtenidos por nosotros, al mes de iniciarse la puesta es de 52.11 g, pero hay que tener en cuenta que este peso es después de hervir el huevo, lo que supone una deshidratación aproximada de 1 g. Gilbert (119) calculó los pesos secos de cada uno de los tres componentes del huevo: cáscara 5.7 g, clara 3.8 g y 9.9 g para la yema. Nuestros pesos se ajustan mejor a los

obtenidos en la raza New Hampshire (196).

Un factor importante relacionado con los requerimientos de hierro, por las diferentes razas para la producción de huevos es la frecuencia de puesta, la cual oscila entre 150 y 200 huevos (284) y alrededor de 275 huevos por año (119, Granja Aviar, Reus), valores ligeramente inferiores al obtenido en la raza Shaver (298 huevos/año), que en porcentajes correspondería a un 83 % al mes del inicio de la puesta.

En general no existen grandes discrepancias en el contenido en hierro en el huevo, en las distintas razas de gallinas. Gilbert (119) y Calvo et al. (39) sin especificar la raza, indican que el contenido en hierro del huevo es de 1.5 mg. Martí (196) obtiene en una raza semipesada 1.7 mg. Underwood (284) y Ramsay y Campbell (245) hablan de 1 mg y 0.9 mg respectivamente en una gallina tipo engorde. Recio et al. (246) da una media de 1.25 mg de hierro / 100 g de huevo. Nuestros resultados correspondientes a una raza ponedora, son ligeramente superiores a todos los valores citados obteniendo una media de 1.8 mg de hierro / huevo.

La distribución del hierro en el huevo, como ya hemos indicado, es irregular. La mayor parte se encuentra en la yema, así lo confirma Martí (196) en sus experimentos, en los que obtiene los siguientes resultados: el 90 % lo detecta en la yema y el 10 % restante, repartido entre la clara y cáscara, siendo esta última la que presenta menor porcentaje (1.7 %). García et al. (116) trabajando con codornices, también obtienen resultados semejantes de distribución de hierro en el huevo, detectándose el 94, 4 y 2 % en la yema, clara y cáscara respectivamente. Todo ello confirma nuestros resultados aunque los porcentajes difieran ligeramente: el 77.5 % en la yema, el 18.3 % en la clara y finalmente el 4.4 % se encuentra en la cáscara.

La yema es el lugar principal de almacenaje de nutrientes en el huevo, y es usada para el crecimiento y desarrollo antes y después de la eclosión del pollo (276). Diferentes investigadores (116, 119, 245, 246, 276) indican que el hierro en los huevos se encuentra mayoritariamente en la yema.

TERCERA PARTE: PRUEBAS METABOLICAS Y DISTRIBUCION DEL HIERRO EN GALLINAS, EN FUNCION DEL CONTENIDO EN HIERRO EN LAS DIETAS

1.- DIETAS Y BALANCES

Los límites del contenido en hierro para una clasificación de las dietas en: deficiente, basal y suplementada en este metal, no están determinadas ya que los diversos autores dan diferentes valores, oscilando en márgenes más o menos amplios, incluso llegando a solaparse entre sí.

En general, se habla de una dieta con contenido normal en hierro para cubrir las necesidades basales y según las edades, aquella que posee desde 50 ó 60 ppm hasta 120 ppm (70, 71, 107, 215, 220, 251, 254, 255) o incluso se han utilizado dietas basales con un contenido en hierro de 180 ppm (243).

El margen inferior parece estar entre 40 - 50 mg/Kg, por ello para valores menores que esta concentración, podemos hablar de dietas con bajo contenido o deficientes en hierro (4, 8, 39, 70, 71, 93, 107, 112, 150, 158, 180, 207, 215, 220, 254, 255, 284, 292) según el grado. Se estima como dieta con exceso de este metal, toda aquella que supere los 180 - 240 mg/Kg (39, 93, 149, 158, 180, 215, 242, 287).

Así pues, nuestros piensos entran dentro de estos márgenes de bajo contenido (45 y 40 ppm para animales de crecimiento y en puesta respectivamente), contenido normal (160 y 150 ppm para pollos jóvenes y puesta respectiva-

mente), y sobredosis (350 y 500 ppm de hierro para la primera y segunda sobredosis respectivamente).

La presencia de distintas concentraciones de hierro en el pienso parece modificar algo el consumo de éste, pero no el de agua. Así, los animales que ingirieron alimento con más alto contenido en este metal consumieron en general menos, quizás debido a un ligero cambio de sabor que podría atribuirse al hierro. Además, en las gallinas también se detectó un menor consumo en el grupo alimentado con pienso con menor contenido respecto al control, como consecuencia probablemente de un cambio de sabor, color, textura y composición del mismo. En animales controles y tratados con sobredosis de 13 semanas, se observó una cierta relación entre ingestión de pienso y excreción, eliminándose alrededor del 80 % en peso del alimento ingerido, mientras que los alimentados con dieta con menor contenido excretaron entre el 35 y el 45 %. Esta última dieta en cuanto a composición en materias primas era distinta a las otras y estaba constituida quizás por productos más fácilmente digeribles; además el contenido en fibra bruta era del 3.3 %, procedente de celulosa micronizada, frente al 3.7 % en los otros grupos, la cual procedería de los diversos cereales que contendrían varios tipos de celulosa.

Leeson y Summers (180) en pollos y Hagler et al. (129) en ratas no observan prácticamente variación de consumo de alimento al aumentar la concentración de hierro en la dieta, aunque los primeros autores (180) citan un ligero descenso a las dosis bajas. Por el contrario varios investigadores (135, 158, 303) observan pequeñas disminuciones en el consumo en las ratas, pudiendo llegar a valores de 3 a 6 g / rata / día, dependiendo de las concentraciones de hierro en la dieta. La media de la ingesta en ratas en período de crecimiento en condiciones habituales es de 15 a 21 g / rata / día, influyendo el sexo, cepa, edad, ... y por gramo de peso corporal oscila entre 74 $\mu\text{g/g}$ (135) y 91 $\mu\text{g/g}$ (270); Hamilton y Bidlack (137) en cobayas ci

tan unos 25 mg / animal / día .

De nuestros resultados se deduce que, la cantidad de hierro ingerida y excretada está relacionada con el consumo de alimento y con la concentración de hierro en éste. Los valores medios de ingestión de hierro oscilan entre 2.5 y 25.2 mg / animal / día en el grupo de 13 semanas y entre 2.7 y 32.6 mg / animal / día en las gallinas en puesta. Hamilton y Bidlack (137) en cobayas citan una evolución parecida en cuanto a ingestión y excreción de hierro mientras que Leeson y Summers (180) en pollos Broiler utilizando dietas que contenían entre 30 y 480 ppm de hierro, apenas detectan variación en el contenido en hierro en heces, aunque a la dosis más baja observan una menor eliminación, pero las diferencias no son significativas.

Antes de continuar con nuestra discusión, creemos conveniente aclarar un concepto y ver el contenido que él encierra. Para nosotros, como para la mayoría de autores citados en este apartado, identificamos el término absorción (de hierro) con el de balance (del mismo metal), aunque Finch et al (98) los diferencian hablando de una pérdida de hierro, en principio ya absorbido, a través de la circulación enterohepática. Underwood (284) también habla del hierro contenido en la bilis, pero subraya el hecho confirmando, que casi todo este hierro es de nuevo reabsorbido. Por tanto, dado a que este hierro en circulación vía enterohepática es casi todo reabsorbido, nosotros hablaremos indistintamente de absorción de hierro y de balance del mismo.

La absorción juega un papel determinante en la homeostasis del metabolismo del hierro (102). Esta depende del status de este metal en el organismo (19, 174), de la dosis ingerida, aunque no sea de forma lineal (102, 174, 287), y de otros muchos factores, algunos de los cuales han sido comentados en la discusión correspondiente a la segunda parte: Pruebas Metabólicas.

Kirchgessner et al. (174) en ratas alimentadas con 7, 20, 40 y 100 ppm de hierro, detectan absorciones crecientes en valores absolutos del orden de 7.8, 10.7, 12.4 y 12.7 mg respectivamente.

Un factor que influye en el balance de este metal es el estado de puesta o embarazo, así también Kirchgessner et al. (174) nos ofrecen datos obtenidos con ratas gestantes y alimentadas con los cuatro tipos de dietas citadas absorbiendo respectivamente: 8.2, 11.1, 13 y 15.2 mg hierro / animal / día. Resaltamos que las diferencias, en valores absolutos, son más acusadas a medida que incrementa el hierro en la dieta, es decir, el embarazo aumenta los requerimientos, ya que la madre tiene que proporcionar el hierro necesario a los fetos. Underwood (284), Sturkie (268) y Martí (196), igualmente citan una mayor absorción en gallinas en puesta.

En humanos también se han comprobado diferencias sexuales. Así, un hombre adulto en condiciones normales absorbe del orden del 6 % (0.9 a 1 mg) del hierro ingerido a fin de suplir las pérdidas fisiológicas de este metal (216), mientras que la mujer adulta llega a absorber el 12 % (1.3 mg) aunque puede variar incluso de un 6 al 25 %, en función de sus necesidades: gestación, lactancia, menstruación, anemia, etc. (28, 102, 113).

De igual forma la anemia aumenta el porcentaje de absorción (19, 24, 102, 113, 300). En pruebas realizadas con ratas normales y deficientes, alimentadas con una misma dieta, se comprobó que la absorción de hierro por los eritrocitos, era del orden de 5 - 10 μ g en las primeras y entre 50 y 100 μ g en ratas deficientes (102).

Según el sexo, la anemia también registra diferencias, así la hembra anémica utiliza con mayor eficacia el hierro dietario que los machos, lo cual puede ser consecuencia de los estrógenos que inducen cambios en la absorción de este metal. Esto parece confirmar la idea de Widdowson y

McCance (300) quienes suponen que los machos se vuelven anémicos antes que las hembras con una misma dieta deficiente en hierro.

Todos estos autores confirman nuestros resultados sobre balances de hierro.

2.- PARAMETROS HEMATOLOGICOS Y HIERRO EN ORGANOS

El reconocimiento de la depleción y repleción de hierro en el organismo se observa a través de diferentes tests de laboratorio (ferritina plasmática, saturación de la transferrina, protoporfirina de los glóbulos rojos), junto con la concentración hemoglobínica.

Diversos autores, trabajando con pollos (9, 10, 38, 63, 71, 93, 112), codornices (107, 116) y ratas (13, 129, 136, 205, 265) han encontrado que el valor del hematocrito es ligeramente sensible al cambio de dieta, aumentando a medida que se incrementa el hierro en el pienso aunque no de forma indefinida y dependiendo también de la raza. Cuando la dieta posee menos de 20 ppm de hierro, el hematocrito alcanza valores del 17 al 20 % (9, 10, 71, 93, 215) en pollos de 4 y 6 semanas. También en este intervalo de edad, al incrementar el hierro en la dieta de 40 a 120 ppm se detectan niveles del 25 al 28 % (10, 38, 71, 215). A concentraciones superiores el hematocrito no es tan sensible, así Amine et al. (9) y Calvo (38) trabajando con pollos Broiler de 6 y 8 semanas de edad alimentándolos con piensos que contenían 250 y 2870 ppm de hierro respectivamente obtienen valores del 32 y 33.5 %. Nuestros resultados en gallinas de 13 semanas de edad (29 %), alimentados con dietas de menor contenido en hierro (40 a 45 ppm) concuerdan con los hallados por Mouhamad-Ali Miski y Kratzer (215) y por Amine et al. (9).

García et al. (116) y Fox et al. (107) reduciendo el contenido en hierro en las dietas de codornices a 7 y

y 23 ppm respectivamente, durante más de 3 semanas lograron una disminución del hematocrito del 26.4 y 45 % en cada caso respecto al valor normal.

La concentración de hemoglobina, es uno de los parámetros que mejor refleja la deficiencia en hierro en los depósitos del animal (28), pues el hierro de reserva disminuye más rápidamente que la hemoglobina durante la deficiencia y se restaura más lentamente que ésta (28, 158). Featherston et al. (93) observan en pollos que los niveles de hemoglobina se duplican (4.44 a 9.02 g / 100 ml) en el paso de una dieta con un contenido en hierro de 10.4 a 31.4 ppm, pero a partir de aquí se mantenía más o menos constante, conclusión a la que llegaron también otros autores (9, 10, 71, 167, 215). Calvo (38) con pollos Broiler de 8 semanas de edad y con 31 ppm de hierro en la dieta obtiene concentraciones hemoglobínicas ligeramente inferiores a las que acabamos de citar, del orden de 7.4 g / 100 ml, pero al aumentar hasta 2870 ppm el hierro dietario, se alcanzan 13 g / 100 ml. Nuestras dietas variaron entre unas concentraciones de 40 y 500 ppm de hierro y no se observaron variaciones significativas en la hemoglobina, manteniéndose ésta entre los márgenes normales (9.9 y 11.6 g / 100 ml). Mouhamad-Ali Miski y Kratzer (215) con pollos Broiler, alimentados con dietas de 23, 40 y 100 ppm de hierro obtienen valores hemoglobínicos relativamente bajos del orden de 4.8, 6.9 y 7.8 g / 100 ml respectivamente.

Así mismo, Fox et al. (108) suministran a codornices de 10 y 16 días de edad, una dieta de 25 ppm obteniendo valores de este parámetro de 6 y 7 g / 100 ml, pero, García et al. (116) trabajando con codornices de más edad no encuentran tanta diferencia al alimentarlas con dietas que contenían 150 y 7 ppm de hierro (11.8 y 9.1 g / 100 ml respectivamente).

Se deduce pues, que niveles bajos de hemoglobina

solo pueden conseguirse tratando animales jóvenes con dietas muy deficientes en hierro o con más días de tratamiento.

En pollos, el contenido en hierro en la dieta afectó a los niveles de la sideremia según comprobó Calvo (38) con pollos Broiler de 8 semanas de edad alimentados durante 55 días, con 31 y 2870 ppm de hierro en la dieta en que las respectivas sideremias fueron de 96.5 y 39.4 μg hierro / 100 ml de plasma respectivamente. Observación que no concuerda bastante con nuestros resultados. Ahora bien el sexo en nuestros animales registró una pequeña diferencia, siendo los niveles de las hembras ligeramente más bajos a medida que se aumenta el hierro dietario, no pudiendo contrastar esta observación por carecer de bibliografía al respecto.

En el caso de las codornices (116) y en ratas (13, 129, 205) se observa una disminución de la sideremia al disminuir la concentración dietaria de hierro. Así en las primeras se detecta una disminución del 72 % al cabo de 19 días de ser alimentadas con dietas con 7 ppm de hierro y para las segundas los porcentajes de disminución van desde el 45 al 87 % según los casos.

También en ratas hembras gestantes y deficientes (173) se produce una disminución de un 36 % en la sideremia, respecto a las alimentadas con la dieta basal. Observación que se puede relacionar con el descenso obtenido por nosotros en gallinas en puesta, registrando además pequeños aumentos del 4.3, 10.5 y 30.7 % a medida que se incrementaba el hierro en la dieta.

Hemos comentado cómo variaciones en las concentraciones de hierro en la dieta influyen en relación directa sobre el balance diario de este metal en gallinas de 13 y 24 semanas de edad. Parecía lógico estudiar cómo este hierro se reparte, esencialmente a nivel de órganos de reserva o de otros órganos implicados en procesos metabólicos y si indu-

cían cambios en los valores ponderales y en la morfología de los mismos.

En pollos deficientes (10, 215) no se aprecian modificaciones del peso relativo del hígado, aunque según Amine y Hegsted (10) este órgano sería quizás algo más pequeño y más amarillento. En cambio, en ratas se han detectado variaciones del peso absoluto y relativo del hígado (121, 129, 259) y del bazo (129, 259), a pesar de ser este último un órgano relativamente pequeño. Los citados valores ponderales no se modificaron en nuestros animales, pero sí aumentó el contenido en hierro ferritínico y en hierro total aunque no proporcionalmente con las dietas, esencialmente en las sobredosis y quizás con una mayor tendencia para el hierro ferritínico. Son de destacar los valores totales más elevados en hígado en las gallinas de puesta y la menor proporción de hierro ferritínico respecto al hierro total, probablemente en relación con la pérdida diaria que ésta comporta y que conduce a un descenso de las reservas de este metal. Observaciones de este tipo habían ya sido realizadas además de en pollos (39), en otras especies como codornices (107, 116), cobayas (137) y ratas (121, 129, 158, 167, 205, 259, 263) y en estas últimas solo a nivel de hierro total. No obstante Leeson y Summers (180) después de trabajar con pollos Broiler, suministrándoles dietas que contenían desde 30 a 480 ppm afirman que entre 80 y 480 ppm no se modifica la cantidad de hierro total en tejidos, datos en los que encajan también nuestros resultados ya que en animales alimentados con 40 ppm y con sobredosis no detectamos variaciones respecto al grupo alimentado con la dieta basal (160 ppm).

Parece ser que el peso de los riñones tendría relación con el hierro de la dieta. En pollos New Hampshire deficientes en este metal Davis et al. (70) detectan unos riñones más pequeños y pálidos que en condiciones normales y en ratas ha sido observado un aumento de su peso (121, 259)

a medida que incrementa el hierro disponible en la dieta. El peso absoluto del corazón no variaría ni en pollos (10), ni en ratas (121, 129) pero sí su peso relativo en relación inversa al hierro de la dieta (10, 129) hablándose incluso de hipertrofia cardíaca en animales pollos deficientes, efecto claro de la anemia (10). Con la única excepción del peso relativo del corazón estaríamos de acuerdo con lo citado respecto a los dos órganos en animales deficientes. Esta diferencia iría acompañada de menores cantidades de hierro según se ha observado en los riñones de codornices (107) y de ratas (121, 295) y en el corazón de ratas (121), datos no corroborados en nuestras gallinas en puesta.

El hierro se absorbe esencialmente a nivel de duodeno y principio de yeyuno (52, 54, 68), razón por la cual en los primeros tramos de intestino se aprecian valores más elevados y diferencias más importantes en cuanto al contenido en hierro en función de la dieta.

Nickerser en 1946 (24) aisló de las plumas un pigmento que contenía hierro. Una síntesis incompleta de este pigmento es probablemente la principal responsable de la depigmentación de las plumas observada en la ferrodeficiencia. Davis et al. (70) además de encontrar depigmentación en las plumas, provocada por dicha deficiencia en gallinas New Hampshire, observan que el contenido en hierro de las mismas disminuye el 32 % al comparar animales deficientes con otros metales (25.5 y 37.5 mg hierro / Kg). Por el contrario Leeson y Summers (180) en pollos Broiler de 21 días de edad realizan un estudio comparativo con 5 tipos de dietas cuyas dosis en hierro son 30, 60, 120, 240 y 480 ppm no observando correlación entre el hierro dietario y el que contiene las plumas siendo los valores: 79.4, 141, 96.2, 124.4 y 87.5 µg de hierro /g peso seco respectivamente. Como podemos comprobar, nuestras observaciones se acercan más a las de Davis et al. (70), ya que registramos una variación del 51.5 % al pasar de una dieta de 40 ppm a 150 ppm de hierro. Aunque numéricamente nuestros valores sean más próximos a

la raza Broiler (52 y 110.5 μg hierro / g peso seco). Parece ser que el hierro de las plumas no es movilizado dado que son consideradas como un depósito terminal de diferentes elementos, entre ellos el hierro, y probablemente las escasas plumas de nueva formación tendrán en estas condiciones menos hierro.

Lógicamente, si el contenido en hierro por animal lo obtenemos a partir de las sumas parciales de sus órganos y tejidos, y hemos visto como éste era menor en casi todos ellos, cuando las aves comían dietas de menor contenido en hierro, era de esperar que este parámetro se viera afectado, así ha quedado revelado en nuestros resultados, disminuyendo un 9.6 %.

Finalmente si el contenido en hierro de la dieta aumenta y no observamos, al igual que Leeson y Summers (180), variación en su excreción, ni en los órganos estudiados, se deduce que o bien disminuye el porcentaje de absorción o los animales ingieren menos pienso, ó este metal se acumula en otros órganos como por ejemplo la médula ósea ó en el tejido muscular; las últimas hipótesis parecen las más posibles.

CONCLUSIONES

PRIMERA PARTE: DISTRIBUCION DEL HIERRO EN ORGANOS
 =====

1º - La raza ponedora Shaver presenta el máximo desarrollo entre las 8 y 13 semanas. El contenido en hierro y cobre en el pienso fueron adecuados tanto para la evolución de sus pesos como para alcanzar valores óptimos de hematocrito y hemoglobina.

2º - El hematocrito y la hemoglobina tienden a aumentar en las primeras edades pero pronto se estabilizan y apenas existen diferencias sexuales. La sideremia en función de la edad disminuye, con tendencia a aumentar en la edad adulta. La puesta comporta un ligero descenso en los dos primeros parámetros y el nivel de la sideremia se duplica ampliamente.

3º - El peso absoluto del hígado, riñón y corazón aumenta con la edad. La puesta incrementa el peso del hígado y disminuye el peso del bazo. El peso relativo de la mayoría de órganos desciende con la edad, a excepción de las plumas que aumenta en los machos hasta las 13 semanas y en las hembras hasta la prepuesta. La puesta provoca una ligera disminución de este porcentaje.

4º - La edad influye en la longitud, peso y diámetro externo del intestino delgado. El sexo ejerce influencia en la longitud y peso a las 4 y 13 semanas.

5º - El hierro ferritínico en hígado y bazo aumentan con la edad, existiendo diferencias sexuales generalmente siempre a favor de las hembras. Con la puesta se observa una disminución de estas reservas en ambos órganos, (58.6 % para el hígado y del 71.4 % para el bazo). La relación hierro ferritínico/hierro total es ligeramente superior en el hígado frente al bazo.

6º - La edad influye positivamente en el contenido total en hierro en hígado, bazo, riñón, corazón



no, plumas y en todo el animal. El hígado y las plumas contribuyen con mayor porcentaje al contenido en hierro del animal en el conjunto de órganos y tejidos estudiados por nosotros.

7º - El máximo contenido en hierro ferritínico y en hierro total por gramo de peso seco en hígado y bazo se registra en hembras de 18 semanas para luego observar un descenso de estos parámetros con la puesta.

8º - Existe correlación entre el hierro ferritínico y el no ferritínico en hígado y en bazo, y entre el hierro ferritínico/g peso seco en hígado y el del bazo. y entre el contenido en hierro en bazo, riñón y corazón con el del hígado.

9º - La presencia de hierro en intestino disminuye paulatinamente desde el duodeno al íleon y con la edad desde las 4 a las 18 semanas.

10º - La puesta provoca una disminución en el contenido en hierro por gramo de sustancia seca en todos los órganos y tejidos, que repercute en el animal entero.

11º - El hierro por unidad de peso corporal disminuye en función de la edad hasta las 13 semanas a partir de esta edad se estabiliza.

12º - La curva de crecimiento de los animales y la del incremento total del hierro en los mismos son semejantes.

SEGUNDA PARTE: PRUEBAS METABOLICAS

=====

1º - El consumo de agua y pienso y el peso de los excrementos aumenta con la edad hasta las 13 semanas en las hembras y hasta las 18 semanas en los machos. Con la puesta las cantidades ingeridas en la prepuesta aumentan. Estas tres variables expresadas por gramo de peso corporal disminuyen con la edad, presentando los valores más altos a las

4 semanas debido probablemente a que en este momento se da la mayor tasa metabólica. La relación consumo de agua/consumo de alimento en nuestros animales, es ligeramente superior al obtenido en otras especies de aves.

2º - La ganancia de peso/día es máxima a las 13 semanas. Los machos a las 18 semanas reducen su valor más de la mitad mientras que en las hembras la relación se mantiene durante la prepuerta para luego disminuir.

3º - En ambos sexos, la utilización del alimento es máxima a las 4 semanas; durante la época de puesta es mínima.

4º - La puesta comporta en la raza Shaver la presencia de 1.8 mg de hierro en cada huevo, lo que equivale, debido a la frecuencia de ésta (0.83 %), a una pérdida diaria de 1.5 mg de este metal.

5º - El balance diario de hierro en función de la edad se mantiene en márgenes muy estrechos, observando que éste fue mayor en la puesta aunque el porcentaje de absorción casi se mantuvo el adquirido en la prepuerta.

TERCERA PARTE: PRUEBAS METABOLICAS Y DISTRIBUCION DEL
=====

HIERRO EN GALLINAS, EN FUNCION DEL CON-
=====

TENIDO EN HIERRO EN LA DIETA
=====

1º - La presencia de distintas concentraciones de hierro en el pienso parece modificar algo el consumo de éste, pero no del agua, así los animales que ingirieron alimento con más alto contenido en este metal consumieron en general menos pienso.

2º - En los animales de 13 semanas alimentados con dieta basal y con sobredosis, se observó una cierta relación entre ingestión de pienso y excreción, eliminándose alrededor del 80 % en peso del alimento ingerido, mientras que los alimentados con dieta de menor contenido excretaron entre el 35 y el 45 % .

3º - Los valores medios de ingestión de hierro oscilan entre 2.5 y 25.2 mg/animal/día en el grupo de 13 semanas y entre 2.7 y 32.6 mg/animal/día en las gallinas en puesta.

4º - A medida que aumenta el hierro en la dieta, en animales de la misma edad y de ambos sexos aumenta el balance en valores absolutos y es más positivo en las hembras que en los machos.

5º - El hematocrito de los machos es ligeramente sensible al cambio de dieta, con tendencia a aumentar a medida que se incrementa el hierro en la misma. La dieta con menor contenido en hierro en las gallinas en puesta reduce este parámetro un 17 % respecto al grupo alimentado con la segunda dieta. La hemoglobina apenas varía en ninguno de los grupos estudiados. La sideremia en pollos de 13 semanas no se modifica en función de la dieta; en las hembras por el contrario, obtenemos disminuciones graduadas conforme se incrementa el hierro aunque en las gallinas en puesta se han observado pequeños aumentos.

6º - Los pesos relativos de hígado y bazo no se modifican por el cambio de dieta. Observamos aumento en el contenido en hierro ferritínico, duplicándose ampliamente los valores en las sobredosis respecto al de la dieta basal en el hígado; en el bazo el aumento no es tan marcado. En gallinas en puesta, se da menor proporción de hierro ferritínico/hierro total respecto a los animales de 13 semanas en las cuatro dietas estudiadas.

7º - En los tres tramos de intestino delgado, encontramos en todos los grupos en general, aumento en el contenido en hierro por unidad de peso seco, manteniéndose valores decrecientes a medida que nos vamos aproximando al final del intestino.

8º - El contenido en hierro en los riñones tienen relación con la cantidad de hierro en la dieta, no así el corazón. En las plumas se modifica un 51.5 % al pasar de una

dieta con 40 ppm a otra con 150 ppm.

90 - El contenido en hierro total se ha visto afectado por la presencia de este metal en la dieta en un 9.6 % al pasar de un contenido de 40 ppm de hierro en el pienso al de 150 ppm.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ADAMS W.S., A. LESLIE, M.H. LEVIN.- The dermal loss of iron.
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 74: 46-48, 1950
- 2.- ADDISON G.M., M.R. BEAMISH, C.N. HALES, M. HODGKINS, A. JACOBS and P. LLEWELLIN.- An immunoradiometric assay for ferritin in the serum of normal subjects and patients with iron deficiency and iron overload.
J. Clin. Path. 25: 326-329, 1972
- 3.- AITKEN R.N.C.- A histochemical study of the stomach and intestine of the chicken.
J. Anat. 92: 453-466, 1958
- 4.- AKSOY A. and T.W. SULLIVAN.- Interrelationship of dietary vitamin D₃ with Zn and Fe in young turkeys.
Poultry Sci. 56: 491-498, 1977
- 5.- ALDERTON G., W.K. WARD, H.L. FEVOLD.- Identification of the bacteria-inhibiting iron binding protein of egg white as conalbumin.
Arch. Biochem 11: 9, 1946
- 6.- ALI K.E. and W.N.M. RAMSAY.- Phosphoprotein bound iron in the blood plasma of the laying hen.
Quart. J. of Experim. Physiol. 59: 159-165, 1974
- 7.- ALLGOOD J.W. and E.B. BROWN.- The relationship between duodenal mucosal iron concentration and iron absorption in human subjects.
Scand. J. Haematol 4 : 217-229, 1967
- 8.- AL-UBAIDI Y.Y. and S.W. SULLIVAN.- Studies on the requirements and interaction of copper and iron in broad breasted bronze turkeys to 4 weeks of age.
Poultry Sci. 42: 718-725, 1963

- 9.- AMINE E.K., E.J. DESILETS and D.M. HEGSTED.- Effect of dietary fats on lipogenesis in iron deficiency anemic chicks and rats.
J. Nutr. 106: 405-411, 1976
- 10.- AMINE E.K. and D.M. HEGSTED.- Iron deficiency lipemia in the rat and chick.
J. Nutr. 101: 1575-1582, 1971
- 11.- ANDERSON R.L. and S.B. TOVE.- Effect of copper deficiency on synthesis of haeme.
Nature 182: 315, 1958
- 12.- BALASCH J., A. BRASO y J. PLANAS.- Avance sobre la correlación del metabolismo Fe-Cu en algunas especies animales.
XII Reun. Nac. de la Soc. Esp. de Cienc. Fisiol. Santiago de Compostela, 1970
- 13.- BALASCH J., J. IBÁÑEZ and L. PALACIOS.- Ferritin intestinal absorption.
Rev. Esp. de Fisiol. 32: 77-80, 1975
- 14.- BALASCH J. y J. PLANAS.- Aclaramiento plasmático y reaparición globular de Fe⁵⁹ en la sangre de Gallus Domesticus.
XI Reun. Nac. de la Soc. Esp. de Cienc. Fisiol. Madrid, 1968
- 15.- BALASCH J. i J. PLANAS.- Estudi del metabolisme del ferro in vivo en diferents animals.
Soc. Cat. Biol. XXVII: 23-31, 1969
- 16.- BALASCH J. y J. PLANAS.- Comportamiento del Fe⁵⁹ en el plasma de pavo y pato.
XII Reun. Nac. de la Soc. Esp. de Cienc. Fisiol. Santiago de Compostela, 1970
- 17.- BALASCH J. and J. PLANAS.- Hematological values in poultry.
Rev. Esp. de Fisiol. 27: 191-194, 1971

- 18.- BALASCH J. and J. PLANAS.- Iron metabolism in duck and turkey.
Rev. Esp. de Fisiol. 28: 125-128, 1972
- 19.- BANNERMAN R.M., J.R.P.O'BRIEN and L.J. WITTS.- Studies in iron metabolism. IV Iron absorption in experimental iron deficiency.
Blood 20: 532-546, 1962
- 20.- BARBATO F.F., J.A. CHERRY, P.B. SIEGEL and H.P.VANFREY.- Quantitative analysis of the feeding behaviour of four populations of chickens.
Physiol. Behav. 25 : 885-893, 1980
- 21.- BARRY M.- Progress report. Iron and the liver.
Gut. 15: 324-334, 1974
- 22.- BATES G.W., J. BOYER, J.C. HEGENAUER and P. SALTMAN.- Facilitation of iron absorption by ferric fructose.
Amer.J. Clin. Nutr. 25: 983-986, 1972
- 23.- BAYER R.C., T.A. BRYAN, F.H. BIRD and C.B. CHAWAN.- Bovine gastrointestinal tract mucosa by the scanning electron microscope.
J. Dairy Sci. 56: 1380-1381, 1973
- 24.- BELL D.J. and B.M. FREEMAN.- Physiology and biochemistry of the domestic fowl.
Academic Press. London, 1971
- 25.- BIGGS J.C. and A.E. DAVIS.- Relationship of diminished pancreatic secretion to haemochromatosis.
Lancet 2: 814, 1963
- 26.- BJØRKLID E. and I. HELGELAND.- Sex difference in the ferritin content of rat liver.
Biochim. Biophys. 221: 583-592, 1970
- 27.- BLANC B. and A. VANNOTTI.- Transferrin behaviour in haemochromatosis.
Nature (Lond.) 212: 480-481, 1966

- 28.- BOTHWELL T.H., R.W. CHARLTON, J.D. COOK and C.A. FINCH.-
Iron metabolism in man.
Blackwell Scientific Publications Oxford London E-
dinburg Melbourne, 1979
- 29.- BOTHWELL T.H., R.W. CHARLTON and H.C. SEFTEL.- Oral iron
overload.
South. Afr. Med. J. 39: 892-900, 1965
- 30.- BOTHWELL T.H. and C.A. FINCH.- Iron Metabolism.
Little, Brown y Company, Boston, 1962
- 31.- BOTHWELL T.H. and C. ISAACSON.- Siderosis in the Bantu.
A comparison of incidence in males and females.
Brit. Med. J. 1: 522-524, 1962
- 32.- BOTHWELL T.H., W.F. PRIBILLA, W. MEBUST and C.A. FINCH.-
Iron metabolism in the pregnant rabbit. Iron trans-
port across the placenta.
Amer. J. Physiol. 193: 615-622, 1958
- 33.- BRADLEY O.C. and T. GRAHANE.- The structure of the fowl.
3rd. ed. Edinburgh: Oliver and body, 1950
- 34.- BRITTENHAM G.M., E.H. DANISH and J.W. HARRIS.- Assess-
ment of bone marrow and body iron stores: old tech-
niques and new technologies.
Seminars in Hematology 18: 194-221, 1981
- 35.- BRITTIN G.M. and Q.T. CHEE.- Relation of ferroxidase (
Ceruloplasmin) to iron absorption.
J. Lab. Clin. Med. 74: 53-59, 1969
- 36.- BULLEN J.J., H.J. ROGERS and E. GRIEFTHS.- Annotation.
Iron binding proteins and infection.
Brit. J. Haematol. 23: 389-392, 1972
- 37.- BUSH F.M. and W.W. FARRAR.- Electrophoretic variation
and spectrophotometric content of hemoglobin during
differentiation of *Passer domesticus*.
Anat. Rec. 157: 222, 1967

- 38.- CALVO J.J.- Significación de la ferritina plasmática en *Gallus domesticus* L.
Tesis Doctoral. Univ. Salamanca, 1980
- 39.- CALVO J.J., M. MARTIN y J.M. RECIO.- Correlación entre los niveles de ferritina plasmática y del hierro de hígado y bazo en pollo.
Rev. Esp. de Fisiol. 38: 79-82, 1982
- 40.- CAMPBELL F.- Fine structure of bone marrow of chicken and pigeon.
J. Morphol. 123: 405, 1967
- 41.- CARTEI G., D. CAUSARANO and R. NACCARATO.- Transferrin behaviour in primary haemochromatosis.
Experientia 31: 373-375, 1975
- 42.- CARTWRIGHT G.E., C.J. GUBLER and M.M. WINTROB.- Studies on copper metabolism, XI. Copper and iron metabolism in the nephrotic syndrome.
J. Clin. Invest. 33: 685-698, 1954
- 43.- CARTWRIGHT G.E. and G.R. LEE.- The anemia of chronic disorders.
Brit J. Haematol. 21: 147-152, 1971
- 44.- CARTWRIGHT G.E. and M.M. WINTROBE.- Chemical, clinical and immunological studies on the products of human plasma fractionation. XXXIX. The anemia of infection. Studies on the iron-binding capacity of serum.
J. Clin. Invest. 28: 86-98, 1949
- 45.- CARTWRIGHT G.E. and M.M. WINTROBE.- In "Modern Trends in Blood Diseases" (J.F. WILJINSON, ed) Butterworth, London, 1954
- 46.- CHARLEY P.J., C. STITT, E. SHORE and P. SALTMAN.- Studies in regulation of intestinal iron absorption.
J. Lab. Clin. Med. 61: 397-410, 1963
- 47.- CHARLTON R.W. and T.H. BOTHWELL.- Hemochromatosis. Dietary and genetic aspects, in Brown, E.B., Moore C.V. (eds): Progress in Hematology. V. New York. Grune and Stratton 298-323, 1966

- 48.- CHARLTON R.W., T.H. BOTHWELL and H.C. SEFTEL.- Dietary iron overload.
Clin. Haematol. 2: 383-403, 1973
- 49.- CHARLTON R.W., P. JACOBS, H. SEFTEL and T.H. BOTHWELL.- Effect of alcohol on iron absorption.
Brit. Med. J. 2: 1427-1429, 1964
- 50.- CLARKE P.L.- The structure of the elio-caeco-colic junction of the domestic fowl (*Gallus domesticus* L.).
Poultry Sci. 19: 595-600, 1978
- 51.- COLE S.K., W.Z. BILLEWICZ and A.M. THOMSON.- Sources of variation in menstrual blood loss.
J. Obstet. Gynaec. Brit. Commonwealth 78: 933-939, 1971
- 52.- CONRAD M.E. and J.C. BARTON.- Factors Affecting Iron Balance.
Amer. J. Hematol. 10: 199-225, 1981
- 53.- CONRAD M. and W. CROSBY.- The natural history of iron deficiency induced by phlebotomy.
Blood 20: 173-185, 1962
- 54.- CONRAD M.E., L.R. WEINTRAUB and W.H. CROSBY.- The role of the intestine in iron kinetics.
J. Clin. Invest. 43: 963-974, 1964
- 55.- COOK S.F.- The structure and composition of hemosiderin.
J. Biol. Chem. 82: 595-609, 1929
- 56.- COOK J.D., MD.- Iron.
Churchill Livingstone New York, Edinburgh, London and Melbourne, 1980
- 57.- COOK J.D., W.E. BARRY, D. HERSHKO, G. FILLET and C.A. FINCH.- Iron kinetics with emphasis on iron overload.
Amer. J. Pathol. 72: 337-343, 1973
- 58.- COOK J.D., CH. HERSHKO and C.A. FINCH.- Storage iron kinetics V. Iron exchange in the rat.
Brit. J. Haematol. 25: 695-706, 1973

- 59.- COOK J.D., D.A. LIPSCHITZ, L.E. MILES and C.A. FINCH.-
Serum ferritin as a measure of iron stores in normal subjects.
Amer. J. Clin. Nutr. 27: 681-687, 1974
- 60.- COOK J.D., G. MARSAGLIA, J.W. ESCHBACH, D.D. FUNK and
C.A. FINCH.- Ferrokinetics: a biologic model for
plasma iron exchange in man.
J.Clin. Invest. 49: 197-205, 1970
- 61.- CRICHTON R.R.- Ferritin.
Structure Bonding (Berlin). 17: 67-134, 1973
- 62.- CRICHTON R.R. (Ed.).- Proteins of iron storage and transport
in biochemistry and medicine.
Proc. of EMBO Workshop Conf. 17-371, 1975
- 63.- CRICHTON R.R, J.A. MILLAR, R.L.C. CUMMING and C.F.A. BRYCE.-
The organ specificity of ferritin in human and horse liver and spleen.
Biochem. J. 131: 51-59, 1973
- 64.- CROSBY W.H. Iron absorption.
Handbook Physiol. Alim. Canal III, Chap.78: 1553-1570, 1968
- 65.- CROSBY W.H., M.E. CONRAD, and M.S. WHEBY.- The rate of
iron accumulation in iron storage disease.
Blood 22: 429, 1963
- 66.- CUADRAS C.M.- Problemas de Probabilidad y Estadística.
Col. Lab. de Cálculo Univ. de Barcelona 1982
- 67.- DAVIS A.E. and J.C. BIGGS.- Iron absorption in haemochromatosis and cirrhosis of the liver.
Austral. Ann. Med. 13: 201-203, 1964
- 68.- DAVIS A.E. and J.C. BIGGS.- The pancreas and iron absorption.
Gut. 6: 140-142, 1965
- 69.- DAVIS P.S., C.G. LUKE and D.J. DELLER.- Reduction of
gastric iron binding protein in haemochromatosis.
Lancet 2: 1431-1433, 1966

- 70.- DAVIS P.N., L.C. NORRIS and F.H. KRATZER.- Iron deficiency studies in chicks using treated isolated soybean protein diets.
J. Nutr. 78: 445-453, 1962
- 71.- DAVIS P.N., L.C. NORRIS and F.H. KRATZER.- Iron utilization and metabolism in the chick.
J. Nutr. 94: 407-417, 1968
- 72.- DEATON J.W., F.N. REECE, E.H. McNALLY and W.J. TARVER.- Liver, heart and adrenal weights of broilers reared under constant temperatures.
Poultry Sci. 48: 283-288, 1969
- 73.- DEATON J.W., F.N. REECE and W.J. TARVER.- Hematocrit, hemoglobin and plasma-protein levels of broilers reared under constant temperatures.
Poultry Sci. 48: 1993-1996, 1969
- 74.- DEELEY R.G., K.P. MULLIMIX, W. WETEKAM, H.M. KRONENBERG, M. MEYERS, J.D. ELDSIDGE and R.F. GOLDBERGER.- Vitellogenin synthesis in the avian liver. Vitellogenin is the precursor of the egg yolk phosphoproteins.
J. Biol. Chem. 250: 9060-9066, 1975
- 75.- DELLER D.J., C.L. KIMBER and R.N. IBBOTSON.- Folic acid deficiency in cirrhosis of the liver.
Amer.J.Dig. Dis. 10: 35-42, 1965
- 76.- DELSO J.L.- Valoraciones biológicas.
Ed. Paz Montalvo, 1966
- 77.- DENMARK C.R. and K.W. WASHBURN.- Hemoglobin types in chicks embryos with different adult hemoglobin genotypes.
Poultry Sci. 48: 464 - 465, 1969
- 78.- DOWDLE E.B., D. SCHACHTER and H. SCHENKER.- Active transport of ⁵⁹Fe by everted segments of rat duodenum.
Amer. J. Physiol. 198: 609-613, 1960

- 79.- DOYLE J.J. and W.H. PFANDER.- Interactions of cadmium with copper, iron, zinc and manganese in ovine tissues.
J. Nutr. 105: 599-606, 1975
- 80.- DRABKIN D.L.- Metabolism of hemin chromoproteins.
Physiol. Rev. 31: 435 - 436, 1951
- 81.- DRABKIN D.L. and J.H. AUSTIN.- Spectrophotometric studies II. Preparation from washed blood cells: nitric oxide hemoglobin and sulphhemoglobin.
J. Biol. Chem. 112: 51-64, 1935
- 82.- DREYFUS J.C. and G. SCHAPIRA.- Le fer biologie, physiologie, pathologie.
Ed. expansion scientifique française, 1958
- 83.- DRYSDALE J.W. and H.N. MUNRO.- Small-scale isolation of ferritin for the assay of the incorporation of ¹⁴C-labelled amino acids.
Biochem. J. 95: 851-858, 1965
- 84.- DRYSDALE J.W. and W.N.M. RAMSAY.- The separation of ferritin and haemosiderin for studies in the metabolism of iron.
Biochem. J. 95: 282-288, 1965
- 85.- DUBACH R., C.V. MOORE and S. CALLERDER.- Studies in iron transportation and metabolism. IX. The excretion of iron as measured by the isotope technique.
J. Lab. Clin. Med. 45: 599-615, 1955
- 86.- DUKES P.P. and E. GOLDWASSER.- Inhibition of erythropoiesis by estrogens.
Endocrinology 69: 21 - 22, 1956
- 87.- DUTHIE H.L.- The relative importance of the duodenum in the intestinal absorption of iron.
Brit. J. Haematol. 10: 59-68, 1964
- 88.- EHRENGERG A. and C.B. LAURELL.- Magnetic measurements on crystallized Fe-transferrin isolated from the blood plasma of swine.
Acta Chem. Scand. 9: 68-69, 1955

- 89.- EKPERIGIN H.E. and P. VOHERA.- Influence of dietary excess methionine on the relationship between dietary copper and the concentration of copper and iron in organs of broiler chicks.
J. Nutr. 111 : 1630-1640, 1981
- 90.- ELVEHJEM C.A. and E.B. HART.- The relation of iron and copper to hemoglobin synthesis in the chick.
J. Biol. Chem. 84: 131-141, 1929
- 91.- ENGLAND J.M., S.M. WARD and M.C. DOWN.- Microcytes, anisocytosis and the red cell indices in iron deficiency.
Brit. J. Haematol. 34: 589-597, 1976
- 92.- EVANS G.W. and C.I. GRACE.- Interaction of transferrin with iron-binding sites on rat intestinal epithelial cell plasma membranes.
Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 147: 687-689, 1974
- 93.- FEATHERSTON W.R., T.J. POCKAT and J. WALLACE.- Radioactive iron absorption and retention by chicks fed different levels of dietary iron.
Poultry Sci. 47 : 946-950, 1968
- 94.- FEENEY R.E. and S.K. KOMATSU.- The transferrins. Structure and Bonding I: 149-206, 1966
- 95.- FENILLEN Y.M. and M. PLUMIER.- Iron metabolism in infants. I. The intake of iron in breast feeding and artificial feeding (milk and milk foods).
Acta Paediat. 41: 138-144, 1952
- 96.- FERRER i ROIG R.- Estudi histologic i del transport de monosacàrids dels segments cecals del pollastre.
Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 1985
- 97.- FINCH C.A. MD and J.D. COOK MD.- Iron deficiency.
Amer. J. Clin. Nutr. 39: 471-477, 1984
- 98.- FINCH C.A., H.A. RAGAN, I.A. DYER and J.D. COOK.- Body iron loss in animals.
Exp. Biol. Med. 159: 355-358, 1978

- 99.- FINHER R.B. and D.S. PARSONS.- Gradient of mucosal surface area in the small intestine of the rat.
J. Anat. (Lond) 84: 272, 1950
- 100.- FLORKIN M. and E.H. STOTZ.- Metabolism of vitamins and trace elements.
Vol 21, Chapter II: 182-190, 1971
- 101.- FORBES G.B. and J.C. REINA.- Effect of age on gastrointestinal absorption (Fe, Sr, Pb) in the rat.
J. Nutr. 102: 647-652, 1972
- 102.- FORTH W.- Iron absorption, a mediated transport across the mucosal epithelium.
Trace Element. Metab. in animals 2: 199-215, 1974
- 103.- FORTH W. and W. RUMMEL.- Absorption of iron and chemically related metals in vitro and in vivo: specificity of the iron binding system in the mucosa of the jejunum.
Pergamon Press; Oxford, New York, Toronto; Sydney, Braunschweig : 173-191, 1971
- 104.- FORTH W. and W. RUMMEL.- Iron absorption.
Physiol. Rev. 53: 724-792, 1973
- 105.- FORTH W. and W. RUMMEL (Ed.).- Pharmacology of intestinal absorption: gastrointestinal absorption of drugs.
Vol. II, Chapter 12: 599-747, 1975
- 106.- FORTH W., W. RUMMEL and K. PELEGER.- Der einfluss von liganden auf die retention von eisen nach oraler verabfolgung an normale und anamische ratten.
Naunyn-Schm. Arch. Pharm. Exp. Path. 261: 225-238, 1968
- 107.- FOX M.R.S., B.E. FRY Jr, B.F. HARLAND, M.E. SCHERTEL and C.E. WEEKS.- Effect of ascorbic acid on cadmium toxicity in the young coturnix.
J. Nutr. 101: 1295-1306, 1971

- 108.- FOX M.R.S., SHYY-HWA TAO, Ch.L. STONE and B.E. FRY Jr.-
Effects of zinc, iron and copper deficiencies on
cadmium in tissues of Japanese quail.
Environmental Health Perspectives 54: 57-65, 1984
- 109.- FRASER R., B.HORTON, D. DUPORQUE and A. CHERNOFF.-
The multiple hemoglobins of the chick embryo.
J. Cell Physiol. 60: 79-80, 1972
- 110.- FREEMAN B.M.- The corpuscles and the physical charac-
teristics of blood. In Physiology and Biochemistry
of the domestic fowl. Ed. Bell D.J. and B.M. Free-
man. Academic Press. London New York, Vol. 2, 1971
- 111.- FREELAND J.H. and R.J. COUSINS.- Effect of dietary cad-
mium on anemia, iron absorption, and cadmium bin-
ding protein in the chick.
Nutr. Rep. Int. 8: 337-347, 1973
- 112.- FRITZ J.C., G.W. PLA, T.ROBERTS, J.W. BOEHNE and E.L.
HOVE.- Biological availability in animals of iron
from common dietary sources.
J. Agr. Food Chem. 18: 647-651, 1970
- 113.- FURUGOURI K.- Effect of nutrient deficiencies in ani-
mals: iron.
Trace Elem. Section E: Nutritional disorders. 265-
294, 1978
- 114.- GARCIA F., J.RAMIS and J. PLANAS.- Iron content in s-
tarlings sturnus vulgaris L.
Comp. Biochem. Physiol. 77A: 651-654, 1984
- 115.- GARCIA F., J.SANCHEZ and J.PLANAS.- Iron mobilization
in estrogenized male quail.
Biochem. Physiol. 78A: 571-574, 1984
- 116.- GARCIA F., J. SANCHEZ and J.PLANAS.- The influence of
laying on iron metabolism in quail.
Brit. Poultry Sci. (en prensa).

- 117.- GHOSH J.- Studies in avian hemoglobins. Electrophoretic separation of hemoglobins from the chicken.
Science 122: 1186, 1965
- 118.- GILBERT A.B.- The effect of estrogen and thyroxine on blood volume of the domestic cock.
J. Endocrinol. 26: 41-42, 1963
- 119.- GILBERT A.B.- The egg, its physical and chemical aspects.
In *Physiology and Biochemistry of the domestic fowl* ed. Bell D.J. and B.M. Freeman. Academic Press. London. New York. Vol. 2, 1971
- 120.- GODET J. and M. BELHANI.- Some aspects of ^{59}Fe distribution in chicks and its incorporation into hemoglobin.
Poultry Sci. 53:914-918, 1974
- 121.- GRABMANN E., A.M. REICHLMAYR-LAIS, M. KIRCHGEBNER und J.J. KIM.- Fe-Konzentration in verschiedenen organen von ratten nach unterschiedlicher Fe-und proteinversorgung.
Z. Ernährungswiss 22: 195-204, 1983
- 122.- GRACE N.D. and L.W. POWELL.- Iron storage disorders of the liver.
Gastroenterology 67: 1257-1283, 1974
- 123.- GRANICK S.- Ferritin: Its properties and significance for iron metabolism.
Chem. Rev. 38: 379-403, 1946
- 124.- GRANVILLE N. and W. DAMESHEK.- Hemochromatosis with megaloblastic anemia responding to folic acid.
J. Med. 258: 586-589, 1958
- 125.- GREENBERG M.S. and N.D. GRACE.- Folic acid deficiency and iron overload.
Arch. Intern. Med. 125: 140-144, 1970

- 126.- GREENGARD D., N. MENDELSON and M. GORDON.- Iron accumulation in cockerel plasma after estrogen: relation to induced phosphoprotein synthesis.
Science 147: 1571-1572, 1965
- 127.- GREENGARD O., A. SENTENAC and N. MENDELSON.- Phosvitin, the iron carrier of egg yolk.
Biochim. Biophys. 90: 406-407, 1964
- 128.- GRINNELL F. and J.O. LEE.- Alterations in the rate of hemoglobin synthesis during chick embryogenesis.
J. Cell Physiol. 79: 111-112, 1972
- 129.- HAGLER L., E.W. ASKEW, J.R. NEVILLE, P.W. MELLICK, R.I. COPPES and J.F. LOWDRE.- Influence of dietary iron deficiency on hemoglobin, myoglobin, their respective reductases, and skeletal muscle mitochondrial respiration.
Amer. J. Clin. Nutr. 34: 2169-2177, 1981
- 130.- HAHN P.F.- The metabolism of iron.
Medicine 16: 249, 1937
- 131.- HAHN P.F., W.F. BALE, J.F. ROSS, W.M. BALFOUR and G.H. WHIPPLE.- Radioactive iron absorption by gastrointestinal tract; influence of anemia, anoxia and antecedent feeding; distribution in growing dogs.
J. Exper. Med. 78: 169-188, 1943
- 132.- HALLBERG L. and L. NILSSON.- Determination of menstrual blood loss.
Scand. J. Clin. Lab. Invest. 16: 244-248, 1964
- 133.- HALLGREN B.- Haemoglobin formation and storage iron in protein deficiency.
Acta Soc. Med. Uppsalien 59: 79-208, 1954
- 134.- HALLIDAY J.W. and L.W. POWELL.- The use of suspensions of isolated rat mucosal cells to study mechanisms of iron absorption.
Clin. Chim. 43: 267-276, 1973

- 135.- HAMALAINEN M.M. and K.K. MAKINEN.- Peroral xylitol increases the concentration levels of tissue iron in the rat.
J. Nutr. 50: 109-112, 1983
- 136.- HAMILTON D.L., J.E.C. BELLAMY, J.D. VALBERG and L.S. VALBERG.- Zinc, cadmium and iron interactions during intestinal absorption in iron-deficient mice.
Can. J. Physiol. Pharmacol. 56: 384-389, 1978
- 137.- HAMILTON Ch. and W.R. BIDLACK.- Interrelationship of dietary ascorbic acid and iron on the tissue distribution of ascorbic acid, iron and copper in female guinea pigs.
J. Nutr. 110: 1398-1408, 1980
- 138.- HAMMOND J.- Avances en Fisiología Zootécnica.
Vol. I Ed. Acribia Zaragoza, 1959
- 139.- HARLAND B.F., B.E. FRY, R.M. JACOBS and M.R.S. FOX.- Mineral requirements of young Japanese quail.
Federation Proc. 32: 930-931, 1973
- 140.- HARRISON P.M., R.J. HOARE, T.G. HOY and I.G. MACARA.- Iron in biochemistry and medicine. In Ferritin and haemosiderin: Structure and function. Ed. A. Jacobs and M. Wordwood.
Vol. 3, Academic Press, 1974
- 141.- HARRISON P.M.- "Ferritin and hemosiderin" In Iron Metabolism.
Gross F. Ed. Springer, Berlín, 1964
- 142.- HEALD P.J. and P.M. McLACHLAN.- Isolation of phosvitin from the plasma of the laying hen.
Biochem. J. 87: 571-576, 1963
- 143.- HEALD P.J. and P.M. McLACHLAN.- The synthesis of phosvitin in vitro by slices of liver from the laying hen.
Biochem. J. 94: 32-39, 1966

- 144.- HELBOCK Y.H. and P. SALTMAN.- The transport of iron by rat intestine.
Biochim. Biophys. 135: 979-990, 1967
- 145.- HERBERT V., R. ZALUSKY and C.S. DAVIDSON.- Correlation of folate deficiency with alcoholism and associated macrocytosis, anemia and liver disease.
Ann. Intern. Med. 58: 977-988, 1963
- 146.- HERSHKO CH. M.D.- Storage iron regulation.
Progress in Hematology 10: 105-147, 1972
- 147.- HERSHKO C, D.BAR-OR, E. NAPARSTEK, A.M. KONIJN, N.GROSSOWIEZ, N. KAUFMAN and G. IZAK.- Diagnosis of iron deficiency anemia in a rural population of children
Relative usefulness of serum ferritin, red cell protoporphyrin, red cell indices, and transferrin saturation determinations.
Amer.J.Clin. Nutr. 34 : 1600-1610, 1981
- 148.- HILL R.- A method for the estimation of iron biological material.
Proc. Roy. Soc. B. 107: 205-214, 1931
- 149.- HILL C.H.- Reversal of selenium toxicity in chicks by mercury, copper and cadmium.
J. Nutr. 104 : 593-598, 1974
- 150.- HILL Ch.H. and G. MATRONE.- Studies on copper and iron deficiencies in growing chickens.
J. Nutr. 73: 425-431, 1961
- 151.- HILL C.H., G. MATRONE, W.L. PAYNE and C.W. BARBER.-
In vivo interactions of cadmium with copper, zinc and iron.
J. Nutr. 80 : 227-235, 1963
- 152.- HUDSON D.A. and R.J. LEVIN.- Comparison of the in vitro transfers of a metabolized and a nonmetabolized hexose by the small intestine during its ontogeny using structural and functional parameters of absorption.
J. Physiol. 198: 40-41, 1968

- 153.- HUEBERS H., E. HUEBERS, W. FORTH and W. RUMMEL.- Binding of iron to a nonferritin protein in the mucosal cells of normal and iron-deficient rats during absorption.
Life Sci. 10: 1141-1148, 1971
- 154.- HUEBERS H., E. HUEBERS and W. RUMMEL.- Iron absorption mechanism, iron-binding proteins and dependence of iron absorption on an elutable factor.
Proc. 3 Workshop, Conf. Hoechst. 13-21, 1975
- 155.- HUEBERS H., E. HUEBERS and W. RUMMEL.- Transferrin and iron absorption.
2nd Meeting of European. Absorption Group (comunicacion) -Pont à - Mousson (Francia), 1978
- 156.- HUEBERS H., E. HUEBERS, W. RUMMEL and R.R. CRICHTON.- Isolation and characterization of iron-binding proteins from rat intestinal mucosa.
Eur. J. Biochem. 66: 447-455, 1976
- 157.- HUMPHREY C.D. and D.E. TURK.- An electron microscopic investigation of chick intestinal epithelial cells.
Poultry Sci. 49: 1399-1400, 1970
- 158.- HUNTER J.E.- Variable effects of iron status on the concentration of ferritin in rat plasma, liver and spleen.
J. Nutr. 108 : 497-505, 1978
- 159.- HUSSAIN R., V.N. PATWARDHAN and S. SPIRAMACHARI.- Dermal loss of iron in healthy Indian men.
Indian J. Med. Res. 48: 235-242, 1960
- 160.- INGALLS R.C. and F.A. JOHNSTON.- Iron from gastrointestinal sources excreted in faeces of human subjects.
J. Nutr. 53: 351-363, 1954
- 161.- JACOBS A.- Erythropoiesis and iron deficiency anemia.
Iron in Biochemistry and Medicine Edited by Jacobs A. and M. Worwood.
Academic Press London and New York, 1974

- 162.- JACOBS A. and P.M. MILES.- Role of gastric secretion in iron absorption.
Gut. 10: 226-229, 1969
- 163.- JACOBS A., F. MILLER, M. WORWOOD, M.R. BEAMISH and C.A. WARDROP.- Ferritin in the serum of normal subjects and patients with iron deficiency and iron overload.
Brit. Med. J. 4: 206-208, 1972
- 164.- JACOBS A. and M. WORWOOD.- Iron absorption: Present State of the art.
Brit.J.Haematol 31 (Suppl): 89-101, 1975
- 165.- JALIHAL S. and A.M. BARLOW.- Haemochromatosis following prolonged oral iron ingestion.
Roy. Soc. Med. 77: 690-692, 1984
- 166.- JANDL J.H. and J.H. KATZ.- The plasma-to-cell cycle of transferrin.
J. Clin. Invest. 42: 314-326, 1963
- 167.- JOHNSON G., P. JACOBS and L.R. PURVES.- Iron binding proteins of iron-absorbing rat intestinal mucosa.
J. Clin. Invest. 71: 1467-1476, 1983
- 168.- KALDOR I. and M. POWELL.- Studies on intermediary iron metabolism. X. The influence of age and sex on the storage of supplemental dietary iron in the rat.
Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 35: 123-130, 1957
- 169.- KALMIN N.D., E.B. ROBSON and R.E. BETTIGOLE.- Serum ferritin and marrow iron stores.
New York State J. of Medic. 35: 1052-1055, 1978
- 170.- KANG H.K., P.W. HARVEY, J.L. VALENTINE and M.E. SWEND SEID.- Zinc, iron, copper and magnesium concentrations in tissues of rats fed various amounts of zinc.
Cl. Chemistry 23 : 1834-1837, 1977
- 171.- KENT G. and H. POPPER.- Liver biopsy in diagnosis of hemochromatosis.
Amer.J.Med. 44: 837-841, 1968

- 172.- KIMBER C.L., T. MUKHERJEE and D.J. DELLER.- In vitro iron attachment to the intestinal brush border: effect of iron stores and other environmental factors.
Amer.J.Dig. Dis. 18: 781-791, 1973
- 173.- KIRCHGESSNER M. and A.M. REICHLMAYR-LAIS.- Changes of iron concentration and iron-binding capacity in serum resulting from alimentary lead deficiency.
Biol. Trace. Elem. Res. 3: 279-285, 1981
- 174.- KIRCHGESSNER V.M., U.A. SCHNEIDER, A. SCHNEGG und E. GRASSMANN.- Zur Abhängigkeit der Eisen-Verwertung im intermediären stoffwechsel währen der gravidität von der Höhe der eisenve rsorgung.
Z. Tierphysiol. Tierernährg u Futtermittelkde 42: 322 - 325, 1979
- 175.- KROE D.J., N. KAUFMAN, J.V. KLAVINS and T.D. KINNEY.- Interrelation of aminoacids and pH on intestinal iron absorption.
Amer.J.Physiol. 211: 414-418, 1966
- 176.- LAKE P.E.- Physiology and biochemistry of the domestic fowl.
Academic Press, London and New York 3: 1411-1447, 1971
- 177.- LAUFBERGER V.- Sur la cristallisation de la ferritine.
Bull. Soc. Chim. Biol. 19: 1575-1582, 1937.
- 178.- LAYEY M.E., C.J. GUBLER, M.S. CHASE, G.E. CARWRIGHT and M.M. WINTROBE.- Studies on copper metabolism. II. Hematologic manifestation of copper deficiency in swine.
Blood 7: 1053-1074, 1952
- 179.- LEE G.R., S. NACHT, J.N. LUKENS and G.E. CARTWRIGHT.- Iron metabolism in copper-deficiency swine.
J. Clin. Invest. 47: 2058-2069, 1968

- 180.- LEESON S. and J.D. SUMMERS.- Effect of high dietary levels of supplemental zinc, manganese, copper or iron on broiler performance to three weeks of age and accumulation of these minerals in tissue and excreta.
Nutr. Rep. Int. 25 : 591-599, 1982
- 181.- LESLIE A.J. and I. KALDOR .- Body iron and its distribution between haem and non-haem fractions in the suckling rat.
Brit.J.Butr. 26 : 469-475, 1971
- 182.- LILJA C.- A comparative study of postnatal growth and organ development in some species of birds.
Growth, 47: 317-339, 1983
- 183.- LINDER M.C., J.R. MOOR, L.E. SCOTT an H.N. MUNRO.- Mechanism of sex difference in rat tissue iron stores.
Biochim. Biophys. 297: 70-80, 1973
- 184.- LINDER M.C. and H.N. MUNRO.- Ferritin and free iron in iron absorption.
Prot. Iron Stor. & Trans. Bioc. Med. (R.R.Crichton) 1975
- 185.- LIPSCHITZ D.A., T.H. BOTWELL, H.C. SEFTEL, A.A. WAPNICK and R.W. CHARLTON.- The role of ascorbic acid in the metabolism of storage iron.
Brit.J. Haematol. 20: 155-163, 1971
- 186.- LIPSCHITZ D.A., J.D. COOK and C.A. FINCH.- A clinical evaluation of serum ferritin as an index of iron stores.
The New England J. Medicine 290 :1213-1216, 1974
- 187.- LOPEZ-BORJES M.A., J.M. RECIO and J. PLANAS.- Plasma variation of transferrin-iron and phosvitin-iron during the laying periodo in chicken hens.
Poultry Sci. 60 : 1951-1956, 1981

- 188.- LUKE C.G., P.S. DAVID and D.J. DELLER.- Change in gastric iron-binding protein (gastroferrin) during iron-deficiency anemia.
Lancet 1: 926-927, 1967
- 189.- LUNDVALL O. and A. WEINFELD.- Iron stores in alcohol abusers. II. As measured with the desferrioxamine test.
Acta Med. Scand. 185: 271-277, 1969
- 190.- LUNDVALL O., A. WEINFELD and P. LUNDIN.- Iron stores in alcohol abusers. I. Liver iron.
Acta Med. Scand. 185: 259-269, 1969
- 191.- LYNCH S.R., H.C. SEFTEL, J.D. TORRANCE, R.W. CHARLTON and T.H. BOTHWELL.- Accelerated oxidative catabolism of ascorbic acid in siderotic Bantu.
Amer. J. Clin. Nutr. 20: 641-647, 1967
- 192.- MAAS A.R., L. MICHUD, H. SPECTOR, C.A. ELVEHJEM and E.B. HART.- The relationship of copper to hematopoiesis in experimental hemorrhagic anemia.
Amer. J. Physiol. 141: 322-328, 1944
- 193.- MacDONALD R.A.- Hemochromatosis and Hemosiderosis.
Charles C. Thomas, Springfield, III, 1964
- 194.- MacDONALD R.A.- Primary hemochromatosis: Inherited or acquired in Brown E.B. and MOORE C.V. (ed):
Progress in Hematology. V. New York. Grune and Stratton 1966
- 195.- MARTI BARNUSELL T.- Absorción intestinal de hierro en la gallina.
Tesina de grado. Univ. Barcelona, 1977
- 196.- MARTI BARNUSELL T.- Distribución del hierro (New Hampshire). Características de la ferritina.
Tesis Doctoral. Univ. Barcelona, 1986
- 197.- MARTI M.T., M.P. SAIZ, M.T. MITJAVILA and J. PLANAS.- Intestinal iron absorption in chickens. I. Experimental conditions.
Biol. Trace. Elem. Res. 2: 255-267, 1980

- 198.- MARTIN-MATEO M.C., M.F. SEBASTIAN y J. PLANAS.- Ensayos "in vivo" e "in vitro" con Fe⁵⁹ en "Gallus domesticus" referentes al transporte del hierro por el suero.
Rev. Esp.de Fisiol. 21 : 179-185, 1965
- 199.- MATSUZAWA T.- Changes in blood components and organ weights in growing white Leghorn chicks.
Growth 45: 188-197, 1981
- 200.- MAZUR A., S. GREEN and A. CARLETON.- Mechanism of plasma iron incorporation into hepatic ferritin.
J. Biol. Chem. 235: 595-603, 1960
- 201.- MAZUR A. and E. SHORR.- A quantitative immunochemical study of ferritin and its relation to the hepatic vasodepressor material.
J. Biol. Chem. 182: 607-627, 1950
- 202.- McCANCE R.A. and E.M. WIDDOWSON.- Absorption and excretion of iron.
Lancet 2: 680-684, 1937
- 203.- McCANCE R.A. and E.M. WIDDOWSON.- Iron excretion and metabolism in man.
Nature 152: 326 - 327, 1943
- 204.- McCULL M.G., G.E. NEWMAN, J.R.P. O'BRIEN and L.J. WITTS.- Studies in iron metabolism. I. The experimental production of iron deficiency in the growing rat.
Brit.J.Nutr. 16: 297-304, 1962
- 205.- McKNIGHT G.S., D.C. LEE, D. HEMMAPLARDH, C.A. FINCH and R.D. PALMITER.- Transferrin Gene Expression. Effects of nutritional iron deficiency.
J. Biol. Chem. 255 : 144-147, 1980
- 206.- McKNIGHT G.S., STANLEY, D.C. LEE and R.D. PALMITER.- Transferrin gene expression. Regulation of mRNA transcription in chick by steroid hormones and iron.
J. Biol. Chem. 255 : 148-153, 1980

- 207.- McNAUGHTON J.L. and E.J. DAY.- Effect of dietary Fe to Cu ratios on hematological and growth responses of broiler chickens.
J. Nutr. 109: 559-564, 1979
- 208.- MICHAELIS L.- Ferritin and Apoferritin,
Adv. Protein Chem. 3: 53, 1947
- 209.- MITJAVILA M.T. i M.T. MARTI.- Experiències inicials per a l'estudi de l'absorció intestinal del ferro en o cells.
Extret del But. Soc. Cat. Biol. II (1-2): 141-146, 1977
- 210.- MOORE C.V.- Iron metabolism and nutrition.
Harvey Lect. 55: 67-101, 1961
- 211.- MORGAN E.H.- Iron storage and transport in iron-depleted rats with notes on combined iron and copper deficiency.
Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 39: 371-373, 1961
- 212.- MORGAN E.H.- Plasma iron transport during egg laying and after oestrogen administration in the domestic fowl (*Gallus domesticus*).
J. Exp. Physiol. Cogn. Med. Sci. 60: 233-248, 1975
- 213.- MORGAN E.H. and C.B. LAURELL.- Studies on the exchange of iron between transferrin and reticulocytes.
Brit. J. Haematol. 9: 471-483, 1963
- 214.- MORGAN E.H. and M.N.I. WALTERS.- Iron storage in human disease: fractionation of hepatic and splenic iron into ferritin and haemosiderin with histochemical correlations.
J. Clin. Path. 16: 101-107, 1963
- 215.- MOUHAMAD-ALI MISKI A. and F.H. KRATZER.- Effect dietary ascorbic acid on iron utilization in the crog-wing chick.
Poultry Sci. 55: 454-456, 1976

- 216.- MUNRO H.N. and M.C. LINDER.- Ferritin: Structure, biosynthesis, and role in Iron metabolism.
Physiol. Rev. 58: 317-396, 1978
- 217.- MURRAY M.J. and N. STEIN.- A gastric factor promoting iron absorption.
Lancet 1: 614-616, 1968
- 218.- MURRAY M.J. and N. STEIN.- The effects on iron absorption of gastrointestinal secretions from patients with iron-deficiency anemia and haemochromatosis.
Brit. J. Haematol. 15: 87-91, 1968
- 219.- NARASINGA RAO B.S.- Physiology of iron absorption and supplementation.
Brit. Med. Bul. 37: 25-30, 1981
- 220.- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Committee on Animal Nutrition 1966 Nutrient Requirements of Poultry, Publ. 1345. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C.
- 221.- NIRMALAN G.P. and G.A. ROBINSON.- Hematology of Japanese quail treated with exogenous stilbestrol di-proprionate and testosterone propionate.
Poultry Sci. 51: 920-925, 1972
- 222.- OERTEL J., B.M. BOMBIK, M. STEPHAN and H. GERMARTZ.- Ferritin in bone marrow and serum in iron deficiency and iron overload.
Blut. 37: 113-117, 1978
- 223.- OLSZON E., B.A.B. ISAKSSON, M.D. A. NORRBY, M.D. and L. SOLVELL, M.D.- Food iron absorption in iron deficiency.
Amer. J. Clin. Nutr. 31: 106-111, 1978
- 224.- OSAKI S. D.A. JOHNSON and E. FRIEDEN.- The possible significance of the ferrous oxidase activity of ceruloplasmin in normal human serum.
J. Biol. Chem. 241: 2746-2751, 1966

- 225.- PANIC B.R.- Plasma iron and its transport to the oocytes of laying hens.
Trace Element Metabolism in Animal (C.F.Mills,ed.)
Livingstone, Edinburgh, 1970
- 226.- PAYNE L.N.- The lymphoid system. In Physiology and Biochemistry of the domestic fowl. Ed. Bell D.J. and B.M. Freeman. Academic Press. London. New York, Vol. 2 1971
- 227.- PLANAS J.- Serum iron transport in the fowl and the mammals.
Nature 215: 287-290, 1967
- 228.- PLANAS J.- Plasma iron in domestic fowl.
Rev. Esp. de Fisiol. 26: 147-150, 1970
- 229.- PLANAS J.- The serum ferroxidase activity and the iron mobilization by estrogens.
Rev. Esp. de Fisiol. 29: 293-300, 1973
- 230.- PLANAS MESTRES J.- La ferroxidasa sérica (Ceruloplasmina) y los estrógenos en el metabolismo de las aves.
Misc. Alcobé, 119-128, 1974
- 231.- PLANAS J.- El sistema ferroxidasa i el metabolisme del ferro en alguns ocells i mamífers.
But. Soc. Cat. Biol. 1: 93-107, 1974
- 232.- PLANAS J.- The serum ferroxidase system and the effect of estrogen on plasma iron.
Rev. Esp. de Fisiol. 32: 115-122, 1976
- 233.- PLANAS MESTRES J.- El hierro: Metal precioso para los seres vivos.
Mundo Científico 28: 892-898, 1983
- 234.- PLANAS J. and J. BALASCH.- Correlation between serum iron and copper in different animals.
Rev. Esp. de Fisiol. 26: 91-94, 1970

- 235.- PLANAS J. y S. CASTRO.- Estudios con Fe⁵⁹ sobre el transporte del hierro sérico en las aves.
Rev. Esp. de Fisiol. 16 : 277-288, 1960
- 236.- PLANAS J., S. CASTRO and J.M. RECIO.- Serum iron and its transport.
Nature 189: 668-669, 1961
- 237.- PLANAS J. and E. FRIEDEN.- Serum iron and ferroxidase activity in normal, copper-deficient, and estrogenized roosters.
Amer.J.Physiol. 225: 423-428, 1973
- 238.- POLYCOVE M.- in "Iron in Clinical Medicine" (R.O. Wallersteins and S.R. Mettier (eds) University of California Press, Berkley, 1958
- 239.- POWELL L.W.- Normal human iron storage and its relation to ethanol consumption.
Aunst. Ann. Med. 15: 110-115, 1966
- 240.- PRITCHARD J.A. and R.A. MASON.- Iron stores of normal adults and replenishment with oral iron therapy.
J. Am. Med. Assoc. 190: 897-901, 1964
- 241.- RAHEJA K.L., J. TEPPERMAN and H.M. TEPPERMAN.- The effect of age on intestinal glucose transport in the chick (Gallus domesticus).
Comp. Biochem. Physiol. 58A: 245-248, 1977
- 242.- RAMA R. and J. PLANAS.- Dietary cadmium effect on iron metabolism in chickens.
Biol.Trace Elem. Res. 3:169-183, 1981
- 243.- RAMA R. and J. PLANAS.- Effects of dietary zinc on iron metabolism in chickens.
Biol. Trace Elem. Res. 3: 287-299, 1981
- 244.- RAMSAY W.N.M.- The determination of iron in blood plasma or serum.
Clin. Chim. 2: 214-220, 1957

- 245.- RAMSAY W. and E.A.CAMPBELL.- Iron metabolism in the laying hen.
Biochem. J. 58: 313-317, 1954
- 246.- RECIO J.M., J.L. LATORRE and J. PLANAS.- Plasma iron turnover and egg production in hens.
Rev.Esp.de Fisiol.29: 65-67, 1973
- 247.- RODRIGUEZ R. y J.PLANAS.-Nuevos datos sobre el transporte del hierro en la gallina.
Rev.Esp.de Fisiol. 20 . 83-87, 1964
- 248.- RYBO G.- Menstrual blood loss in relation to parity and menstrual pattern.
Acta Obstet. et Gynec. Scandinav. 45 (Suppl. 7): 25-45, 1966
- 249.- SAIZ M.P., M.T. MARTI, M.T. MITJAVILA and J. PLANAS.- Intestinal iron absorption in chickens. II. Effect of sex.
Biol. Trace. Elem. Res. 2: 269-280, 1980
- 250.- SAIZ ZABALZA M.P.- Absorción intestinal del hierro en pollos, y el efecto de algunos parámetros biológicos.
Tesina de Grado. Univ. de Barcelona, 1978
- 251.- SCHAFER K.H.- Clinical symposium on iron deficiency.
A. Academ. Press New York 524, 1970
- 252.- SCHEUHAMMER A.M. and M.G. CHERIAN.- The influence of manganese on the distribution of essential trace elements. II. The tissue distribution of manganese, magnesium, zinc, iron, and copper in rats after chronic manganese exposure.
J. of Toxicology and Environmental Health 12: 361-370, 1983
- 253.- SCHULZ E.J. and H. SWANEPOLL.- Scorbatic pseudoscleroderma. An aspect of Bantu siderosis.
South. Afr. Med. J. 36: 367-372, 1962

- 254.- SCOTT M.L.- Nutrient requirements of chickens, turkeys.
Feedstuffs 49 : 61-63, 1977
- 255.- SELL J.L.- Utilization of iron by the chick as influenced by dietary calcium and phosphorus.
Poultry Sci. 44: 550-561, 1965
- 256.- SEPTON R.G., G.S. HODGSON, S.D. ABREW and A.W. HARRIS.
Ga-67 and Fe-59 distributions in mice.
J. Nucl. Med. 19 : 930-935, 1978
- 257.- SETTLEMIRE C.T. and G. MATRONE.- In vivo interference of zinc with ferritin iron in the rat.
J. Nutr. 92: 153-158, 1967
- 258.- SHELDON J.H.- Haemochromatosis.
Oxford University Press, London, 1935
- 259.- SHERMAN A.R. and N.T. TISSUE.- Tissue iron, copper, and zinc levels in offspring of iron-sufficient and iron-deficient rats.
J. Nutr. 111 : 266-275, 1981
- 260.- SHODEN A., B.W. GABRIO and C.A. FINCH.- The relationship between ferritin and hemosiderin in rabbits and man.
J. Biol. Chem. 204: 823-830, 1953
- 261.- SHODEN A. and P. STURGEON.- On the formation of haemosiderin and its relation to ferritin II. A radioisotopic study.
Brit. J. Haematol. 9: 513-522, 1963
- 262.- SIIMES M.A., J.E. ADDIEGO and P.R. DALLMAN.- Ferritin in serum: Diagnosis of iron deficiency and iron overload in infants and children.
Blood 43 : 581-590, 1974
- 263.- SIIMES M.A., M.D., C. REFINO, B.S., P.R. DALLMAN M.D.- Manifestation of iron deficiency at various levels of dietary iron intake.
Amer. J. Clin. Nutr. 33: 570-574, 1980

- 264.- SIRIVECH S., E. FRIEDEN and S. OSAKI.- The release of iron from horse spleen ferritin by reduced flavins. *Biochem. J.* 143: 311-315, 1974
- 265.- SMYTHE C.V. and R.C. MILLER.- The iron content of the albino rat at different stages of the life cycle. *J. Nutr.* 1: 209-216, 1929
- 266.- STEIN H.B. and R.C. LEWIS.- The stimulating effect of copper on erythropoiesis. *J. Nutr.* 6: 465-472, 1933
- 267.- STRAIN W.H.- Private communication. In Trace elements in human and animal nutrition. Underwood E.J., Academic Press, 1971 .
- 268.- STURKIE P.D.- Avian Physiology. Constock Publishing Ass., Cornell Univ. Press, 2a. Ed., 1965
- 269.- STURKIE P.D.- Avian Physiology. Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin, 1976 3a. Ed.
- 270.- SUZUKI T. and A. YOSHIDA.- Effects of administration route of cadmium and iron on cadmium toxicity in rats. *Nutr. Rep. Int.* 18: 389-396, 1978
- 271.- TABORSKY G.- Interaction between phosphovitin and iron and its effect on a rearrangement of phosphovitin structure. *Biochem.* 2: 266-271, 1963
- 272.- TANG B.K., W. KALOW and A.A. GREY.- Metabolic fate of phenobarbital in man. *Am. Soc. for Pharmacology and Experimental Therapeutics.* 7: 315-318, 1979
- 273.- TERATO K., T. FUJITA and Y. YOSHINO.- Studies on iron absorption; I- The role of low molecular polymer in iron absorption. *Amer. J. Dig. Dis.* 18: 121-128, 1973

- 274.- TERATO K., Y. HIRAMATSU and Y. YOSHINO.- Studies on iron absorption: II-Transport mechanism of low molecular iron chelate in rat intestine.
Amer.J.Dig. Dis. 18: 129-134, 1973
- 275.- THEIL E.C. and K.T. CALVERT.- The effect of copper excess on iron metabolism in sheep.
Biochem. J. 170: 173-143, 1978
- 276.- THEIL E.C. and G.M. TOSKY.- Red cell ferritin and iron storage during chick embryonic development.
Develop. Biol. 69: 666-672, 1979
- 277.- THERON P.F., R. RIMMER, H.A. NICHOLLS and W.J. EHRET.- Causes of variation of copper, iron, manganese, zinc and magnesium levels in bovine livers. 1. Determination of trace elements by atomic absorption spectrophotometry.
J. S. Afr. Vet. Ass. 44 : 271-277, 1973
- 278.- THOMSON A.B.R. and L.S. VALBERG.- Kinetics of intestinal iron absorption in the rat: effect of cobalt.
Amer.J.Physiol. 220: 1080-1085, 1971
- 279.- TITUS Ph.D. H.W.- The scientific feeding of chickens.
The Interstate Danville, Illinois, 1961
- 280.- TORRANCE J.D., R.W. CHARLTON, A. SCHMAMAN, S.R. LYNCH and T.H. BOTHWELL.- Storage iron in 'muscle'.
J. Clin. Path. 21: 495-500, 1968
- 281.- TURK D.E.- Coccidial infections and iron absorption.
Poultry Sci. 60 : 323-326, 1981
- 282.- TURNBERG L.A.- Gastric factor in iron absorption.
Lancet 1: 921, 1968
- 283.- TURNBULL A.- Iron absorption. In Iron in biochemistry and medicine edited by A. Jacobs and M. Wordwood.
Academic Press 1976.
- 284.- UNDERWOOD E.J.- Trace elements in human and animal nutrition.
Academic Press, 1971

- 285.- VAN CAMPEN D.- Effect of histidine and ascorbic acid on the absorption and retention of ^{59}Fe by iron-depleted rats.
J. Nutr. 102: 165-170, 1972
- 286.- VAN CAMPEN D.- Enhancement of iron absorption from ligated segments of rat intestine by histidine, cysteine and lysine. Effects of removing ionizing groups of stero isomerism aminoacid uptake.
J. Nutr. 103: 139-142, 1973
- 287.- VAN CAMPEN D.- Regulation of iron absorption.
Fed. Proc. Fed. Am. Soc. Exp. Biol. 33: 100-105, 1974
- 288.- VAN CAMPEN D. and E. GROSS.- Effect of histidina and certain other amino-acids on the absorption of iron 59 by rats.
J. Nutr. 99: 68-74, 1969
- 289.- VAN WYCK D.B., R.A. POPP, J. FOXLEY, M.H. WITTE, Ch. L. WITTE and W.H. CROSBY.- Spontaneous iron overload in α -thalassemic mice.
Blood 64 : 263-266, 1984
- 290.- VAN WYK C.P., M. LINDER-HOROWITZ and H.N. MUNRO.- Effect of iron-loading on non-heme compounds in different liver cell populations.
J. Biol. Chem. 246 : 1025-1031, 1971
- 291.- VULIMIRI L., M.C. LINDER and H.N. MUNRO.- Sex difference in distribution and iron responsiveness of the two ferritins of rat cardiac and skeletal muscle.
Biochim. Biophys 497: 280-287, 1977
- 292.- WADDELL D.G. and J.L. SELL.- Effects of dietary calcium and phosphorus on the utilization of dietary iron by the chick.
Poultry Sci. 43: 1249-1257, 1964

- 293.- WALTERS G.O., A. JACOBS, M. WORWOOD and D. TREVETT.-
Iron absorption in normal subjects and patients with
idiopathic haemochromatosis: relationship with serum
ferritin concentration.
Gut. 16: 188-192, 1975
- 294.- WALTERS G.O., F.M. MILLER and M. WORWOOD.- Serum ferri-
tin concentration and iron stores in normal subjects.
J. Clin. Path. 26: 770-772, 1973
- 295.- WAPNICK A.A., T.H. BOTHWELL and H. SEFTEL.- The relation
ship between serum iron levels and ascorbic acid sto
res in siderotic Bantu.
Brit.J.Haematol. 19: 271-276, 1970
- 296.- WARBURG O. and A. KREBS.- Ueber locker gebundenes Kupfer
un Eisen in Blutserum.
Bioch. Z. 190: 143-147, 1927
- 297.- WEIGEL H.J., I. ELMADFA and H.J.JAGER.- The effect of
low doses of dietary cadmium oxide on the disposi-
tion of trace elements (Zinc, Copper, Iron), hema-
tological parameters, and liver function in rats.
Arch. Environ. Contam Toxicol 13: 289-296, 1984
- 298.- WEINTRAUB L.R., M.E. CONRAD and W.H. CROSBY.- The ro-
le of hepatic iron stores in the control of iron
absorption.
J. Clin. Invest. 34: 40-44, 1964
- 299.- WELSCH U. and V. STORCH.- Estudio comparado de la cito
logía e histología animal.
Urmo, S.A. de Ediciones, 1976
- 300.- WIDDOWSON E.M. and R.A. McCANCE.- Sexual differences in
the storage and metabolism of iron.
Biochem. J. 42: 577-581, 1948
- 301.- WIDDOWSON E.M. and R.A. McCANCE.- The effect of dosage
on sexual differences in the iron metabolism of
rats.
Biochem.J. 53: 173-175, 1953

- 302.- WILLIAMS J.- A comparison of conalbumin and transferrin in the domestic fowl.
J. Biochem. J. 83: 355-364, 1962
- 303.- WILLIAMS D.M., F.S. KENNEDY and B.G. GREEN.- Hepatic iron accumulation in copper-deficient rats.
Brit. J. Nutr. 50: 653-660, 1983
- 304.- WILLIAMS R., H.S. SILLIAMS and P.J. SCHEUER.- Iron absorption and siderosis in chronic liver disease.
Q. J. Med. 36: 151-166, 1967
- 305.- WITTENBERGER C., J. MADAR, R. GIURGEA, D. SUTEU, L.CHIS, D. COPREAN and A. ILONCA.- Changes in some ponderal and metabolic parameters in chicks aged one to three months.
Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys 16 : 101-106, 1976
- 306.- WORWOOD M.- Iron and the trace metals. In Iron in biochemistry and medicine. Ed., Jacobs A. and M. Worwood.
Acad. Press London and New York, 1974
- 307.- WORWOOD M. and A. JACOBS.- Absorption of ^{59}Fe in the rat: iron binding of substances in the soluble fraction of the intestinal mucose.
Life Sci. 10: 1363-1373, 1971
- 308.- WORWOOD M., A. JACOBS and I. CAVILL.- Iron Absorption: Regulation by internal iron exchange.
Prot. Iron Stor. and Trans. Bioc. and Med. (R. Crichton), 1975
- 309.- WORWOOD M., M. SUMMERS, F. MILLER, A. JACOBS and J.A. WHITTAKER.- Ferritin in blood cells from normal subjects and patients with leukaemia.
Brit. J. Haematol. 28: 27-35, 1974
- 310.- ZSCHOCKE R.H. and A. BEZKOROVAINY.- Structure and function of transferrins. II Transferrin and iron metabolism.
Arzeim-Forsch. (Drug. Res.) 24 : 726-732



