

Laboratorio de Biología. Facultad de Ciencias  
Universidad de Valladolid

## El transporte del hierro sérico en las gallinas en relación con la puesta

por  
J. Planas y S. de Castro

---

(Recibido para publicar el 20 de junio de 1960)

La puesta representa una alteración en el metabolismo del Fe, pues la hembra en tal estado debe estar en condiciones de soportar una eliminación diaria aproximada de Fe de 0,5 mg (1,2), destinado a la formación del huevo. Este incremento en la demanda de Fe necesariamente tiene que modificar algunos aspectos fisiológicos de la absorción, transporte y reserva de dicho elemento.

RAMSAY y CAMPBELL (1) han hecho un estudio detallado del metabolismo del hierro en las gallinas en puesta, recopilando diferentes datos de la bibliografía, a fin de esclarecer algunas contradicciones, especialmente referentes a la concentración de la hemoglobina y la producción del huevo (caída en la concentración de hemoglobina al comenzar la puesta), y sugieren una disminución de las reservas de Fe en algunos tejidos (hígado) en las gallinas en puesta. Hallan también una elevación considerable de la sideremia justamente antes y durante el período de la puesta, con valores que oscilan entre 500 y 900  $\gamma$  %.

En un trabajo más reciente, HALKETT y col. (2) estudian de nuevo el metabolismo del hierro en las gallinas en puesta

con ayuda de Fe-59 a fin de esclarecer el mecanismo de llegada y la forma de depósito del Fe existente en la yema del huevo. Observan que el Fe-59 introducido en el plasma es destinado por partes iguales para la formación de hemoglobina y para depositarse en el huevo. Determinan la vida de los hematíes (24 días) y comprueban que el Fe-59 liberado es destinado casi íntegramente a producir hemoglobina, y no se reparte equitativamente con la producción del huevo como acontece al inyectarlo en el torrente circulatorio. También confirman la suposición de RAMSAY y CAMPBELL de que las reservas de Fe de los tejidos (hígado) son movilizadas durante la puesta.

El problema relacionado con el transporte del Fe sérico no ha merecido la atención de estos autores, y es por otra parte el que presenta un mayor interés para nosotros. Solamente, según nuestras noticias, MARSHALL y DEUTSCH (3) han estudiado el hierro sérico y la capacidad total de fijación del suero en las gallinas, al descubrir la presencia de conalbúmina en el suero de estas aves. La conalbúmina, que es un componente proteico normal de la clara del huevo, presenta análogas propiedades que la siderofilina (la  $\beta_1$ -globulina transportadora del Fe en el suero), y estos autores demuestran cómo no se puede atribuir exclusivamente a la conalbúmina la capacidad de fijación del suero en esta especie.

En el presente trabajo se determinan las sideremias y las cifras de capacidad total de fijación de Fe, y se realiza un estudio comparado entre machos, hembras y hembras en puesta, discutiéndose las particularidades del mecanismo de transporte de estas últimas.

### Material y métodos

Los sueros y plasmas de gallos y gallinas utilizados en este trabajo proceden en su mayoría de un matadero avícola de esta localidad, y la sangre se ha obtenido por sangría total.

En las gallinas en puesta se han obtenido las muestras de sangre por punción en la vena del ala con adición de heparina a fin de obtener un mayor volumen de líquido utilizando el plasma (\*).

Han sido determinados los valores de sideremia según la técnica de RAMSAY (4), y los correspondientes a las capacidades totales de fijación de Fe según el método correspondiente

---

\* Agradecemos a don José M.<sup>a</sup> Luelmo las facilidades recibidas en su granja avícola.

del mismo autor (5). Con ambos valores se ha obtenido un tercero, coeficiente de saturación, que los relaciona.

Todas las determinaciones se han realizado por triplicado, obteniéndose el valor medio que ha servido para los cálculos. Los distintos valores han sido elaborados estadísticamente a fin de apreciar la significación de las diferencias existentes entre los valores medios, según una *t* de Student.

**Resultados**

En las tablas I, II y III se exponen los resultados obtenidos con mención de los valores de sideremia (S), capacidad total de fijación (CTF), coeficiente de saturación (CS), y el valor de

TABLA I

Valores de sideremia (S), capacidad total de fijación (CTF), coeficiente de saturación (CS) y sideremia ( $S_{mg}$ ) con tratamiento previo del suero con  $CO_2Mg$ , en los gallos.

Ejemplar	S $\gamma Fe$ %	CTF $\gamma Fe$ %	CS %	$S_{mg}$ $\gamma Fe$ %
G-40	90	228	39,5	—
G-42	100	285	35	—
G-43	133	180	73,8	—
G-46	105	195	53,8	—
G-58	117	187	62,5	—
G-59	105	150	70	—
G-60	107	255	41,9	—
G-61	105	213	49,2	—
G-62	102	322	31,6	—
G-63	165	242	68,1	—
G-121	130	135	96,2	—
G-66	120	165	72,7	120
G-67	132	175	75,4	135
G-68	105	120	87,5	104
G-69	104	135	77	106
G-71	87	112	77,6	90
G-72	80	120	66,6	67
G-73	90	120	75	82
G-74	75	82	91,4	65
G-75	85	90	94,4	75
G-76	70	97	72,1	75
G-77	77	102	75,4	75
G-78	75	90	83,3	77

la sideremia ( $S_{mg}$ ) previo tratamiento del suero con carbonato magnésico.

Este último valor ( $S_{mg}$ ) presenta un especial interés, pues resulta claramente inferior al valor de la sideremia en las gallinas en puesta, pero es prácticamente el mismo en los gallos o en las gallinas no ponedoras.

En la tabla IV se resumen los valores medios de S, CTF y CS, con sus errores y las desviaciones standard.

Las comparaciones realizadas entre los valores medios de los tres grupos de animales han resultado en todos los casos estadísticamente significativas, excepto en los valores de CTF entre gallinas no en puesta y en puesta.

TABLA II

*Valores de sideremia (S), capacidad total de fijación (CTF), coeficiente de saturación (CS) y sideremia ( $S_{mg}$ ) con tratamiento previo del suero con  $CO_3Mg$  en gallinas no en puesta.*

Ejemplar	S $\gamma Fe$ %	CTF $\gamma Fe$ %	CS %	$S_{mg}$ $\gamma Fe$ %
G-41	130	270	48,1	—
G-44	222	262	84,7	—
G-79	85	187	45,4	—
G-82	101	135	74,8	—
G-103	185	232	79,7	—
G-104	60	187	32,1	—
G-105	70	277	25,2	—
G-109	160	262	61	—
G-110	80	330	24,2	—
G-111	120	270	44,4	—
G-113	105	195	53,8	—
G-114	80	330	24,2	—
G-115	145	150	96,6	—
G-116	103	247	41,7	—
G-49	137	325	42,1	150
G-50	175	337	51,9	155
G-51	232	427	54,3	230
G-52	117	330	35,4	105
G-53	100	270	37	90
G-54	130	262	49,6	140
G-55	137	266	51,5	140
G-57	212	313	67,7	220
G-80	100	157	63,6	127

TABLA III

Valores de sideremia (S), capacidad total de fijación (CTF), coeficiente de saturación (CS) y sideremia ( $S_{mg}$ ) con tratamiento previo del suero con  $CO_2Mg$ , en gallinas en puesta.

Ejemplar	S $\gamma Fe$ %	CTF $\gamma Fe$ %	CS %	$S_{mg}$ $\gamma Fe$ %
G-106	212	157	135	—
G-107	375	142	265	—
G-117	400	285	140	—
G-118	330	285	115	—
G-120	375	300	125	—
G-122	470	265	177	—
G-123	575	305	188	—
G-124	690	435	158	—
G-125	635	312	203	—
G-47	665	210	316	141
G-48	825	315	261	210
G-64	515	412	125	387
G-65	612	397	154	367
G-81	275	217	126	170
G-83	660	157	420	210
G-84	440	157	280	228

TABLA IV

Valores medios, errores y desviaciones standard correspondientes a las sideremias (S), capacidades totales de fijación (CTF) y coeficientes de saturación (CS) de los tres lotes de aves estudiadas.

	N.º	Sideremia $\gamma Fe$ %	CTF $\gamma Fe$ %	CS %
Gallos . . . . .	23	102,5 ± 4,8 $\sigma=22,4$	165 ± 14,2 $\sigma=65,5$	67,8 ± 3,9 $\sigma=18,1$
Gallinas no en puesta . . . . .	23	129 ± 10,4 $\sigma=47,8$	262 ± 15 $\sigma=69$	51,7 ± 4,1 $\sigma=18,9$
Gallinas en puesta . . . . .	16	500 ± 42,4 $\sigma=165,5$	272 ± 21,8 $\sigma=85,1$	198 ± 21,5 $\sigma=83,9$

**Discusión**

Es aceptado que el transporte del Fe por el suero se hace unido a una globulina  $\beta_1$  (siderofilina o transferrina).

Las aves, de igual forma que los mamíferos, presentan dicho mecanismo de transporte, y los valores de sideremia son de un orden parecido. Normalmente también en ellas la siderofilina transporta una cantidad de Fe que representa de un tercio a la mitad de su capacidad total de fijación, como se apreció en los pavos (6).

Sin embargo, las hembras en el período de puesta experimentan una alteración en el metabolismo del Fe provocada por el incremento de la demanda en este elemento destinada a la producción de los huevos (0,5 mg Fe/día) (1, 2). En esta alteración metabólica necesariamente debe afectarse también el mecanismo de transporte por la sangre, especialmente si tenemos en cuenta que el Fe sérico constituye la fuente de donde procede el destinado para la formación del huevo (1).

La demanda en Fe no puede cubrirse exclusivamente disminuyendo la formación de hemoglobina o utilizando el Fe tisular, y por lo tanto debemos suponer con RAMSAY y CAMPBELL que se satisface también gracias a un aumento en la eficiencia de la absorción intestinal de este elemento. Todo ello determina que el depósito plasmático asciende a valores tan elevados que según nuestras determinaciones la sideremia media es de 500  $\gamma$  por cien. Este valor contrasta con el hallado en las gallinas no en puesta (129  $\gamma$  %) o en los gallos (102,5  $\gamma$  por cien), en donde no existe tal demanda (tabla IV).

Con esta primera observación podía pensarse que las gallinas en puesta presentan un aumento en el contenido de la  $\beta_1$ -globulina, pues tan gran diferencia no puede explicarse por simple variación en el porcentaje de saturación.

La determinación de la capacidad total de fijación (CTF), que constituye un método para analizar cuantitativamente el contenido en siderofilina de un suero, muestra una diferencia clara entre machos (165  $\gamma$  %) y hembras (262  $\gamma$  % no en puesta y 272  $\gamma$  % en puesta), mientras que entre éstas la diferencia no es estadísticamente significativa.

Nos aparece ahora un hecho realmente curioso al comparar en las gallinas en puesta (tabla III) los valores de sideremia (S) y los de capacidad total de fijación (CTF); los valores del CTF son contra toda lógica, inferiores a los correspondientes a las sideremias, y su explicación puede intentarse al exponer el procedimiento de su determinación.

La capacidad total de fijación de Fe del suero se determina según la técnica de RAMSAY (5), adicionando al suero un exceso de Fe, con lo cual se satura totalmente la siderofilina; el Fe sobrante se separa por adición de  $\text{CO}_2\text{Mg}$  en polvo, el cual lo adsorbe selectivamente.

Así, pues, se puede suponer que una parte del Fe transportado por el suero se halla firmemente fijado por la siderofilina, y que constituye el valor dado por el CTF, y otra parte viaja lábilmente unida a una proteína (siderofilina u otra fracción), de tal forma que el  $\text{CO}_3\text{Mg}$  es capaz de adsorberla. Si tal suposición fuese cierta, el tratamiento de los sueros con  $\text{CO}_3\text{Mg}$  determinaría una disminución en el valor de su sideremia.

En la tabla III pueden apreciarse las disminuciones que experimentan las sideremias de las gallinas en puesta como consecuencia de un tratamiento previo con  $\text{CO}_3\text{Mg}$ ; los valores de Fe en suero obtenidos de esta forma quedan incluso generalmente por debajo a los del CTF.

Por el contrario, las experiencias realizadas en este sentido en gallinas no en puesta y en gallos (tablas I y II) nos muestran que las sideremias determinadas directamente (S) o previa adición de  $\text{CO}_3\text{Mg}$  ( $S_{\text{mg}}$ ) son prácticamente iguales, con ligeras diferencias explicables como error experimental. Además, en todos los sueros examinados, estos valores de  $S_{\text{mg}}$  son inferiores a los correspondientes al CTF.

A la vista de estos resultados puede pensarse que en los gallos y gallinas no en puesta, cuya demanda en Fe debe ser la usual para atender la síntesis de hemoglobina y heminas celulares, la siderofilina existente en el suero es suficiente para su transporte. Sin embargo, en la época de puesta la necesidad en Fe aumenta considerablemente y por el suero viaja una cantidad tal de dicho elemento que supera la capacidad normal de transporte de la siderofilina a saturación.

Dado que el hierro no puede transportarse en forma iónica, excepto en pequeñísimas concentraciones, menores de 1 y % según LAURELL (7), debe estar fijada a la propia siderofilina por un mecanismo distinto o bien interviene en el transporte otra fracción proteica como solución de emergencia.

A este respecto debemos indicar que no existen referencias de que en el hombre, en ninguna circunstancia, tenga lugar algo semejante (8).

En la especie aviar ha sido citada la presencia de conalbúmina en su suero (3) y en una concentración del mismo orden que la globulina  $\beta_1$  en el suero humano. MARSHALL y DEUTSCH le atribuyen parte de la capacidad de fijación del Fe que posee el suero, y de sus datos podría afirmarse que es responsable de un 50-60 % del transporte del Fe.

No hemos encontrado datos para la exacta localización electroforética de esta proteína que tantas analogías presenta con la siderofilina. Inmunológicamente fue considerada idéntica a la seroalbúmina (9), pero la albúmina separada electroforética-

mente no reacciona con un suero anticonalbúmina (3). Por otra parte, también según MARSHALL y DEUTSCH, la globulina gamma separada por el mismo procedimiento es capaz de reaccionar con dicho antisuero, lo que nos permite suponer que toda o parte de la conalbúmina emigra como una  $\gamma$ -globulina.

Hemos tratado de esclarecer el mecanismo de transporte del Fe en el suero de las gallinas en puesta mediante la utilización del Fe-59. Estos estudios constituirán el objeto de un próximo trabajo.

### Resumen

Hemos determinado la sideremia y la capacidad total de fijación del suero de 23 gallos, 23 gallinas no en puesta y 16 gallinas en puesta. Con los valores de sideremia y capacidad de fijación se han calculado los coeficientes de saturación.

Se han seguido las técnicas propuestas por RAMSAY.

Tanto las sideremias como los valores de CTF en los gallos son inferiores a los de las gallinas. Las sideremias de las gallinas en puesta son enormemente mayores que las de las no ponedoras, pero sus CTF son sensiblemente iguales. Ello hace suponer que parte del Fe sérico de las gallinas en puesta es transportado por el suero por un mecanismo distinto del habitual.

Se discute el posible mecanismo de transporte de dicha fracción del hierro sérico.

### Summary

#### Serum-iron transport in laying hens

Several authors (1, 2) have studied different aspects of iron's metabolism on laying hens. They observe how upon rising its consumption due to the production of the egg, the sideremia rises considerably due to a rise in its absorption and to a mobilization of the reserves. They have not paid attention to the transports mechanisms of this high seric iron and this problem is the object of this paper.

We have studied 23 roosters, 23 hens not in laying and 16 laying hens. In all of them the serum iron and the total binding capacity has been determined following Ramsay's method (4, 5). From both values a third has been calculated. the so called saturation coefficient. The results can be observed on Tables I, II, and III, and on Table IV the average values, errors and deviations from the standard have been grouped.

The sideremia values (S), and the total binding capacity

(CTF) is sensibly lower in the rooster (with a statistical significance) than in the hen, even if they are in laying or not. Limiting ourselves to the hens, the sideremia values are enormously higher in those that are in laying. Even so the CTF values in both groups of hens are sensibly equal and the small difference there appears is not statistically significant. The saturation coefficient values (CS) translate what already has been said and so while the values corresponding to roosters and hens not in laying are lower than 100 (normal), in the laying hens they are higher than said value.

Therefore there is an outstanding fact, and at first view it is illogical, this is that the sideremia in the laying hens is superior to the serum's iron transport capacity. This phenomenon admits only one explanation and we have to look for it in the method used to determine the total binding capacity. This method consists, the one used by us (5), in adding iron in excess to the serum in order to saturate the siderophiline, eliminating the surplus with  $MgCO_3$ . Therefore, in our case, part of the circulating iron must be bound in such a way that the affinity that the carbonate has for it, turns out to be higher to that of the protein which transports it. This we have been able to verify by the simple addition of  $MgCO_3$  (compare the S and the  $S_{Mg}$ , sideremia after the addition of  $MgCO_3$ , values) on Tables I, II and III.

It remains to be decided if this iron, unstably bound, is so to the siderophiline (even though in a form other than normal) or to another proteic fraction.

This problem is discussed with the existing bibliographic facts, taking into consideration the possible intervention of conalbumin (3). In any way, we hope that the works going on at the present with Fe-59 will allow to clear up this problem.

### Bibliografía

- (1) RAMSAY, W. N. M. y CAMPBELL, E. A.: *Biochem. J.*, **58**, 313, 1954.
- (2) HALKETT, J. A. E., PETERS, TH., y ROSS, J. R.: *J. Biol. Chem.*, **231**, 187, 1958.
- (3) MARSHALL, M. E., y DEUTSCH, H. F.: *J. Biol. Chem.*, **189**, 1, 1951.
- (4) RAMSAY, W. N. M.: *Clin. Chim. Acta*, **2**, 214, 1957.
- (5) RAMSAY, W. N. M.: *Clin. Chim. Acta*, **2**, 221, 1957.
- (6) PLANAS, J.: *Rev. Esp. Fisiol.*, **16**, 33, 1960.
- (7) LAURELL, C. B.: *Eisenstoffwechsel*, p. 103. G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1959.
- (8) WUHRMANN, F. y JASINSKI, B.: *Schw. Med. Wschr.*, **83**, 661, 1953.
- (9) HEKTOEN, L. y COLE, A. G.: *J. Infect. Dis.*, **42**, 1, 1928 (citado por Marshall y Deutsch).