

## Excreción de nitrógeno fecal endógeno en la rata.\*

JULIA ARAYA, HECTOR ARAYA y MARIA ANGELICA TAGLE

Unidad de Nutrición Básica, Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina,  
Sede Santiago Norte, Universidad de Chile.

### RESUMEN

En ratas de distinto peso y edad, sometidas a dieta aprotéica, ad libitum, se determinó la excreción de nitrógeno fecal y se la relacionó con el peso metabólico y con la ingesta de dieta. La relación entre nitrógeno endógeno fecal ( $y$ ) y peso metabólico en  $\text{kg}^{0.73}$  ( $x_1$ ) obedece a la siguiente ecuación  $Y = 2.04 + 59.98 x_1$ , con un  $r = 0.88$ . Cuando se relaciona ( $y$ ) con ingesta ( $x_2$ ), resulta  $Y = -0.11 + 2.19 x_2$ , con un  $r = 0.76$ . La variación residual alrededor de la recta ajustada  $Sy/x$  fue de 2.92. Al combinar las dos variables, peso metabólico e ingesta de dieta, mediante una ecuación de regresión múltiple  $Y = -1.07 + 37.12 x_1 + 1.21 x_2$ ; la variación residual se redujo a 2.68. Aunque la diferencia entre las variaciones residuales de regresión múltiple y las regresiones simples no son significativas, se recomienda la regresión múltiple para predecir la excreción de nitrógeno fecal endógeno.

Se estudió el efecto del contenido de celulosa en la dieta sobre la excreción de nitrógeno fecal, alimentando ratas con dieta aprotéica con diferente contenido de celulosa: 5, 10, 20 y 30%. Al aumentar el contenido de celulosa, aumenta el peso de las deposiciones, pero disminuye la concentración de nitrógeno en las heces, de tal manera que no se modifica la excreción, ya sea que se le exprese como miligramos de nitrógeno excretado por rata día, o miligramos de nitrógeno por 100 g de dieta ingerida.

---

\* Resultados preliminares se presentaron en la Segunda Reunión de SLAN, Viña del Mar, Chile, 1970.

Recibido: 8-2-73.

## INTRODUCCION

Por las heces se está continuamente eliminando nitrógeno que proviene de diferentes orígenes: a) de la fracción de la proteína de la dieta que escapa a la absorción; b) de los jugos y secreciones digestivas; c) de las células descamativas del tracto gastrointestinal, y d) de la flora intestinal (1).

Para el estudio de la digestibilidad verdadera de las proteínas es necesario conocer exactamente el ítem a); pero el dato analítico obtenible de la experimentación animal se refiere al nitrógeno total eliminado por las heces, es decir, a la suma de a) hasta d). Cobra particular interés la cuantificación del nitrógeno que no proviene de la dieta y que constituye una pérdida inevitable aun en animales alimentados con dieta aprroteica y que con justicia puede llamarse nitrógeno endógeno fecal.

Con el propósito de obviar la engorrosa determinación directa del nitrógeno fecal endógeno, formulamos una ecuación para el cálculo del mismo utilizando una regresión lineal simultánea en dos variables. Nos pareció conveniente también estudiar el efecto que el contenido de fibra de la dieta, tiene sobre la excreción del nitrógeno fecal endógeno.

## DIETAS

Se empleó dieta aprroteica (2).

### *Experiencia 1. Determinación de nitrógeno endógeno fecal.*

Veinticinco ratas de nuestro stock, cuyos pesos fluctuaron entre 61 y 200 gramos (cubriendo el rango de peso usualmente empleado en nuestras experiencias), se colocaron en jaulas individuales y se alimentaron *ad libitum* con dieta aprroteica. Se usaron dos días como período de acostumbramiento y los tres días siguientes correspondieron al estudio propiamente tal; en ellos se realizó un estricto control de la dieta ingerida, del peso corporal y se recogieron las heces. Se usó carmín como marcador de deposiciones y se determinó el tiempo de pasaje a través del tracto gastrointestinal. El nitrógeno fecal se determinó por el método de Kjeldahl, usando el destilador Markham (3).

*Experiencia 2. Efecto de la celulosa contenida en la dieta, sobre la excreción de nitrógeno fecal endógeno.*

Setenta ratas, cuyos pesos fluctuaron entre 53 y 77 gramos, se dividieron en cuatro grupos que recibieron dieta apteica con distinto contenido de celulosa: 5, 10, 20 y 30%. El manejo de los animales fue similar al de la experiencia 1.

*Métodos estadísticos y expresiones:*

En el análisis estadístico se aplicaron los métodos de regresión simple y múltiple y variaciones residuales alrededor de la recta ajustada (10). Las expresiones usadas fueron las siguientes:

y = excreción de nitrógeno fecal, valor experimental, expresado en mg/rata/día;

$x_1$  = peso metabólico, expresado en Kg <sup>0.73</sup>

$x_2$  = ingesta de dieta apteica seca, g/rata/día;

Y = excreción de nitrógeno fecal, valor de predicción, expresado en mg/rata/día.

## RESULTADOS

*Experiencia 1.*

Se encontró que la velocidad de paso de la dieta apteica a través del tracto gastrointestinal, independientemente de la edad y el peso corporal, fue alrededor de 8 horas (con un rango 7.50 a 8.10 horas).

En la Tabla 1 se presentan los valores individuales encontrados para la excreción de nitrógeno fecal. Se les correlacionó con diversos parámetros; la relación entre nitrógeno endógeno fecal y peso corporal, expresado en kg <sup>0.73</sup>, obedece a la siguiente ecuación:  $Y = 2,04 + 59.98 x_1$ , con un  $r = 0.88$ . La variación residual alrededor de la recta ajustada,  $Sy/x$ , resultó igual a 2,88. La relación entre la excreción de nitrógeno fecal endógeno y la ingesta de dieta seca se ajusta a la siguiente ecuación  $Y = -0.11 + 2.19 x_2$ , con  $r = 0.76$ . La variación residual alrededor de la recta ajustada  $Sy/x$  fue de 2.92.

Nos pareció conveniente combinar las dos variables, peso metabólico (kg <sup>0.73</sup>) e ingesta seca, mediante una ecuación de regresión múltiple, donde:  $Y = -1.07 + 37.12 x_1 + 1.21 x_2$ . La variación residual obtenida se redujo a 2.68; aunque las

diferencias entre las variaciones residuales de la regresión múltiple y las regresiones simples no son significativas, se recomienda la regresión múltiple para predecir la excreción de nitrógeno fecal endógeno.

La ecuación de regresión múltiple se aplicó individualmente a cada rata (predicción); en la Tabla 1 se muestra la comparación entre estos valores y los obtenidos experimentalmente.

### *Experiencia 2.*

La ingesta de dieta aprotéica fue similar en todos los grupos en estudio, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ellos. El rango observado vá desde 4.67 a 5.70 g/rata/día. En la Tabla 2 se puede observar que la excreción de nitrógeno fecal por rata y por día fueron similares en los cuatro grupos experimentales. Al expresar los miligramos de nitrógeno excretados por gramo de dieta seca ingerida, aparece una disminución significativa ( $p < 0.02$ ) en el grupo con 30% de celulosa, con relación al alimentado con 10%, pero este hecho no se presenta como tendencia común y mantenida en los distintos grupos estudiados. A medida que aumenta el contenido de celulosa en la dieta, encontramos un descenso en los valores de nitrógeno excretado por gramo de deposiciones secas, existiendo diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ) al comparar todos los grupos entre sí. Esto se explicaría por el aumento de la cantidad de deposiciones emitidas, cuando se incrementa la concentración de celulosa en la dieta (ver columna siguiente).

Si expresamos la cantidad de deposiciones emitidas por 100 gramos de dieta seca, encontramos que esta relación aumenta a medida que se incrementa la cantidad de celulosa de la dieta; cuando contiene 30% de celulosa, la cantidad de deposiciones es 190% con relación a la dieta con 10% de celulosa. Sin embargo, este aumento no influyó en la cantidad de nitrógeno fecal endógeno excretado por rata por día, puesto que la disminución en la concentración estaría compensando el incremento en la cantidad total de heces.

TABLA N° 1

EXCRECION DE NITROGENO ENDOGENO FECAL EN LA RATA; COMPARACION ENTRE RESULTADOS EXPERIMENTALES Y VALORES CALCULADOS SEGUN LA ECUACION DE REGRESION MULTIPLE

y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	Y
N fecal experimental mg/día	peso kg <sup>0.73</sup>	ingesta g/día	N fecal predicción mg/día
16.34	0.203	7.43	15.41
17.74	0.259	7.08	17.07
15.99	0.217	7.16	15.61
17.05	0.210	7.48	15.73
22.06	0.300	8.77	20.64
17.96	0.305	7.98	19.87
16.34	0.256	7.23	17.14
11.72	0.190	3.43	10.11
13.14	0.127	4.85	9.48
14.57	0.154	5.86	11.71
12.43	0.154	6.31	12.25
16.34	0.201	7.61	15.56
10.30	0.227	6.98	15.77
10.66	0.133	4.47	10.33
14.92	0.179	5.90	12.68
20.60	0.211	7.26	15.51
11.01	0.117	5.56	9.97
13.85	0.130	5.11	9.92
14.89	0.164	8.00	14.60
7.16	0.135	3.11	7.69
10.55	0.149	5.07	10.57
9.80	0.130	6.20	11.22
6.83	0.127	4.49	10.05
7.93	0.136	6.48	11.86
6.01	0.136	5.00	10.00

$$Y = -1.07 + 37.12 x_1 + 1.21 x_2$$

$$S_{y/x} = 2.68$$

**TABLA Nº 2**  
**EFEECTO DEL PORCENTAJE DE CELULOSA DE LA DIETA**  
**SOBRE LA EXCRECION DE NITROGENO ENDOGENO FECAL**

% de celu_ losa	Nitrógeno endógeno fecal			Deposiciones	
	mg/rata/día	mg/g dieta	mg/g deposiciones	g/100 g ingesta	g/día
5	10.09 ± 0.97 (10)	1.92 ± 0.61 (10)	<sup>o</sup> 17.08 ± 0.41 (10)	14.36 ± 0.63 (10)	0.74 ± 0.04 (10)
10	10.39 ± 0.40 (19)	*2.43 ± 0.19 (19)	<sup>o</sup> 11.73 ± 0.44 (19)	20.41 ± 1.29 (20)	0.90 ± 0.04 (20)
20	11.29 ± 0.38 (19)	2.04 ± 0.12 (18)	<sup>o</sup> 7.09 ± 0.20 (19)	28.90 ± 1.21 (19)	1.63 ± 0.06 (20)
30	10.67 ± 0.45 (18)	*1.94 ± 0.04 (18)	<sup>o</sup> 5.20 ± 0.14 (18)	39.72 ± 1.41 (20)	2.11 ± 0.09 (20)

( ) Número de casos

\* 10 vs. 30% p < 0.02

<sup>o</sup> Todos son significativos entre sí p < 0.001.

## COMENTARIOS

Sobre este tema es relativamente escasa la información que hemos encontrado. Bosshardt y cols. (4) y Titus (5), determinaron experimentalmente la excreción de nitrógeno endógeno trabajando con dieta aprotéica y también con diversos niveles de proteína dietaria, usando la extrapolación a cero de ingesta nitrogenada. Sus resultados indican que cuando se alimenta con dieta aprotéica los valores encontrados son inferiores a los obtenidos por extrapolación, y estos son también distintos cuando se usan diferentes proteínas. A la luz de estos hallazgos, infieren que los resultados obtenidos utilizando dieta aprotéica no deberían emplearse en el cálculo de la digestibilidad verdadera de la proteína. Por su parte, FAO (1) al referirse al nitrógeno fecal endógeno, considera valores obtenidos con dieta aprotéica. Queda claro que no existe un criterio definido en cuanto a precisar las mejores condiciones experimentales. Nosotros elegimos el sistema de trabajo con dieta aprotéica y proponemos una ecuación de predicción que podría aplicarse al cálculo de la digestibilidad verdadera de las proteínas, ahorrando en cada caso la engorrosa determinación del nitrógeno endógeno fecal.

Los resultados de la experiencia 1, en el sentido de cuantificar la excreción de nitrógeno endógeno fecal en base a las dos variables escogidas, concuerdan con lo encontrado por Dreyer (6) quien, trabajando con dietas de proteína de huevo entero, dedujo una fórmula que correlaciona la excreción con tamaño corporal e ingesta.

Un aspecto que nos preocupaba es el efecto que el contenido de fibra de la dieta pudiese tener sobre la excreción del nitrógeno fecal endógeno. Para aclarar este punto es que se realizó la experiencia 2. Nuestros resultados dejan en claro que dentro del rango 5 a 30% de fibra en la dieta, la excreción de nitrógeno, mg/rata/día, no se modificó; varía en forma importante la cantidad de heces emitidas: de 0.74 a 2.11 g/rata/día, al pasar de 5 a 30% de fibra, pero la concentración de nitrógeno se modifica en forma inversa: de 17.08 a 5.20 mg/g deposiciones secas, lo que produce una compensación que se traduce en la constancia de la excreción diaria. Estos hechos nos

permiten hacer énfasis que la excreción de nitrógeno fecal endógeno no se ve afectada por el contenido de celulosa dietaria en los rangos estudiados (5-30%). La Figura 1 muestra los resultados promedios encontrados para las ratas que se alimentaron con dietas con 5 y con 30% de fibra, en cuanto a: ingesta, excreción de nitrógeno fecal, deposiciones emitidas y la relación entre los mg de nitrógeno excretado y los gramos de deposiciones secas. Dreyer (7) había estudiado un rango bastante estrecho, de 0 a 6.4% de fibra en la dieta y también encontró que no se modificaba la relación dieta consumido/nitrógeno excretado. La gran variación que nosotros encontramos para la cantidad de heces emitidas al aumentar el contenido de celulosa en la dieta, es una seria crítica a la ecuación de predicción del nitrógeno endógeno fecal propuesta por Causseret y cols. (8), quienes trabajando con apteica, establecieron una ecuación de predicción basada en una regresión triple, considerando como variables el peso corporal, la ingesta de dieta seca y el peso de las heces secas. El resultado obtenido al aplicar esta ecuación estaría fuertemente influenciado por el contenido de fibra.

En un trabajo anterior, recién comunicado (9), demostramos que la coprofagia es importante en las ratas alimentadas con dieta apteica. Dado que al evitar la coprofagia se observaron varios hechos: disminución de la ingesta, aumento de la cantidad de heces emitidas y de la excreción de nitrógeno fecal, ambos referidos a la cantidad de dieta ingerida, nos interesó constatar si la relación matemática de regresión doble aquí propuesta se cumple en tal condición experimental. Para ello manejamos los datos individuales de las ratas en que se evitó la coprofagia de la misma manera en que se trataron los de la experiencia 1 y llegamos a una ecuación diferente:  $Y = 1.23 + 27.34 x_1 + 1.38 x_2$ , con un  $Sy/x = 2.31$  (Tabla 3), es decir las ratas en las que se previene la coprofagia constituirían un universo diferente, con su propia ecuación para ambos universos el ajuste de sus respectivas ecuaciones es igualmente bueno.

Curiosamente, en las ratas sin coprofagia la relación entre excreción del endógeno fecal y la ingesta de dieta seca es bastante buena, se acomoda a la siguiente ecuación:  $Y = 1.22 +$

2.35  $x_2$   $r = 0.82$ ; es decir, en ausencia de coprofagia esta simple relación podría usarse con fines de predicción, con ventaja sobre el uso de la regresión múltiple ya que en este caso se logra un  $Sy/x = 1.68$ .

TABLA Nº 3

NITROGENO FECAL ENDOGENO EN RATAS PROVISTAS DE UN DISPOSITIVO PARA EVITAR COPROFAGIA. COMPARACION ENTRE RESULTADOS EXPERIMENTALES Y VALORES DE PREDICCIÓN

y	$x_1$	$x_2$	$Y_1$	$Y_2$
N fecal experimental mg/día	peso kg <sup>0.73</sup>	ingesta g/día	N fecal predicción mg/día	N fecal predicción mg/día
9.96	0.124	3.91	10.00	10.41
11.84	0.130	4.21	10.58	11.11
8.29	0.123	3.88	9.94	10.34
9.47	0.123	4.01	10.11	10.64
9.71	0.139	4.05	10.61	10.74
10.89	0.139	4.58	11.34	11.98
16.10	0.145	4.65	11.60	12.15
14.21	0.161	5.51	13.21	14.17
14.45	0.155	5.58	13.15	14.33
16.62	0.151	5.71	13.22	14.64
13.26	0.142	5.35	12.48	13.79
11.84	0.245	6.28	16.38	15.98
19.89	0.214	7.07	16.82	17.83
15.63	0.208	7.07	16.65	17.83
15.39	0.237	4.51	13.92	11.82
18.24	0.270	7.88	19.46	19.74
9.95	0.267	3.15	13.87	8.62
13.74	0.267	4.65	14.93	12.15
19.89	0.293	8.05	20.32	20.14
18.89	0.285	7.01	18.67	17.69
15.15	0.244	6.78	17.24	17.15

$$Y_1 = 1.23 + 27.34 x_1 + 1.38 x_2$$

$$Sy/x = 2.32$$

$$Y_2 = 1.22 + 2.35 x_2$$

$$Sy/x = 1.68$$

## SUMMARY

## Excretion of endogenous fecal nitrogen: by the rat.

Endogenous faecal nitrogen excretion was studied in rats of different age and weight, fed on a non - protein diet. Faecal nitrogen excretion ( $y$ ) and metabolic weight in kg 0.73 ( $x_1$ ), correlate in a linear way, according to the following equation:  $Y = 2.04 + 59.98 x_1$ ,  $r = 0.88$  and  $Sy/x = 2.88$ . Also a good correlation was found for faecal nitrogen excretion ( $y$ ) and the dry weight of the dietary intake ( $x_2$ )  $Y = -0.11 + 2.19 x_2$ ,  $r = 0.76$  and  $Sy/x = 2.92$ . Joining both  $x_1$  and  $x_2$ , a multiple regression equation was found:  $Y = -1.07 + 37.12 x_1 + 1.21 x_2$ , and  $Sy/x$  decreased to 2.68.

The effect of the dietary cellulose content on the endogenous faecal nitrogen excretion was studied also. Rats were fed on non-protein diets containing 5, 10, 20 or 30% fiber. When the cellulose content increased there was an increment in the weight of the faeces collected, but the faecal nitrogen concentration decreased and the net faecal nitrogen excretion was not modified.

## BIBLIOGRAFIA

1. FAO - OMS. Necesidades en proteínas. Informe de un grupo mixto FAO - OMS de expertos. FAO - Roma, 1966.
2. Araya, J., M. A. Tagle y G. Donoso. Caseína, harina de pescado y torta de maravilla, en la recuperación de la rata precozmente desnutrida. *I Dietas de igual valor proteico* suministradas ad. libitum. *Nutr. Bro-matol. Toxicol.* 7: 73-81, 1968.
3. Markham, R. A steam distillation apparatus suitable for micro-Kjeldahl analysis. *Biochem J.* 36: 790-791, 1942.
4. Bosshardt, D. K. and R. H. Barnes. The determination of metabolic faecal nitrogen and protein digestibility. *J. Nutr.* 31: 13-21, 1946.
5. Titus, H. W. The nitrogen metabolism of steers on rations containing alfalfa as the sole source of nitrogen. *J. Agric. Res.* 34: 49-53, 1927.
6. Dreyer, J. J. The biological assessment of protein quality: a formula for rapid estimation of metabolic faecal nitrogen excretion in albino rats. *S. African J. Nutr.* 4: 2-22, 1968.
7. Dreyer, J. J. A study of the influence of certain factors on the metabolic faecal nitrogen excretion of the albino rat, with a view to the determination of protein digestibility. *Proc. Nutrition Soc. Southern Africa* 2: 104-119, 1961.
8. Causseret, J., Huget, D. and Arnoux, J. Etude des variations de l'excrétion d'azote métabolique fécal et d'azote endogène urinaire en fonction du poids corporel, du poids de ingesta et du poids de féces chez le jeune rat. 1. En régime protéoprive. *Ann. Biol. animale, Biochim. Biophys.* 5: 61-78, 1965.
9. Araya, H., J. Araya, A. Negrette y M. A. Tagle. Coprofagia en ratas alimentadas con dietas de diferente valor proteico. (Por publicarse).
10. Snedecor, G. W. *Statistical Methods*. Chapter 6 pág. 122, Chapter 7, pág. 160. The Iowa State College Press, Ames Iowa, 1959.