



## Medio ambiente y cuantificación de nitrógeno en gallinas ponedoras mediante la metodología del flujo de materiales

Environment and nitrogen quantification in laying hens using the material flow methodology

José A. López C.<sup>1</sup>; Gladys J. Carrión C.<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Universidad s/n. Lima 12. Perú.

<sup>2</sup> Departamento de Nutrición. Facultad Zootecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Universidad s/n. Lima 12. Perú.

### RESUMEN

Debido a que el nitrógeno tiene importancia ambiental, económica y sanitaria en la producción pecuaria, es necesario plantear estrategias para reducir su excreción y mejorar su utilización. El objetivo del presente estudio fue cuantificar el flujo de nitrógeno en una producción de gallinas ponedoras utilizando la metodología del flujo de materiales. Cincuenta gallinas ponedoras criadas siguiendo el criterio ético y de bienestar animal de la línea Hy-Line Brown se distribuyeron en dos grupos, cada uno de ellos recibió una dieta balanceada acorde con su edad y estado de producción. Se midió el nitrógeno ingerido, excretado y utilizado para la puesta de huevos, utilizando la metodología del flujo de materiales se balanceó y se proyectó a una etapa de producción de 80 semanas. Los resultados señalan que en la crianza de gallinas ponedoras Hy-Line Brown de la Universidad Nacional Agraria La Molina, el 65% del nitrógeno consumido se pierde en las excretas, 1% en aves muertas y plumas y el 34% es derivado a la producción de huevos.

**Palabras clave:** nutrición; gallinas ponedoras; flujo de nitrógeno; proteína.

### ABSTRACT

Since nitrogen (N) has an environmental, sanitary and economic importance in agricultural systems, measures to reduce N excretion and improving N utilization are necessary. The objective of this study was from a systemic approach to quantify the N flow in a laying hen production using the methodology for the Material Flow Analysis. Fifty Hy Line Brown chickens following the ethical and animal welfare were distributed by age among two groups. Each of them received a balanced diet according to age and state of production. N ingested, excreted and used for egg lay was measured during a six-day trial, balanced under the Material Flow Analysis method and projected to an 80-week production stage. Results indicate that in the Hy-Line Brown laying hen production at the Universidad Nacional Agraria La Molina, 65% of N consumed is lost in the manure, 1% in dead hens and feathers, and 34% is used for egg production.

**Keywords:** nutrition; laying hens; nitrogen flow; protein.

### 1. Introducción

Desde un enfoque sistémico ambiental, la nutrición del ave es el proceso más relevante en una producción avícola, en el cual el nitrógeno; componente esencial de los aminoácidos en la dieta; podría encontrarse en grandes cantidades en las excretas cuando no se ha formulado con precisión, generando así gases de efecto invernadero como el óxido nitroso. De acuerdo con [Latshaw y Zhao \(2011\)](#), menos de la mitad del nitrógeno ingerido por las aves es incorporado en la proteína ( $N \times 6.25$ ); el resto no se digiere o se metaboliza en la orina. Hasta el 60% del nitrógeno en las excretas puede ser liberado al ambiente por la volatilización del

amonio ([Patterson, 2005](#)). El amoniaco tiene efectos negativos en las aves al alterar su comportamiento, causar problemas a la salud y afectar su producción ([David et al., 2015](#)). Así mismo tiene un impacto en la vegetación, el agua, la atmosfera ([Henry y Aherne, 2014](#)) y la salud de los trabajadores ([Yang et al., 2000](#); [David et al., 2015](#)).

En las aves, las altas pérdidas de nitrógeno están relacionadas con altos niveles de consumo de nitrógeno debido a la capacidad limitada para crecer y producir huevos. Por lo tanto, cuando los niveles de proteína cruda se suministran en exceso para asegurar un adecuado consumo de proteínas y maximizar la producción animal se

incrementa la excreción de nitrógeno al ambiente (Windisch, 2000). Los nutricionistas han encontrado que una formulación de precisión de dietas basados en el requerimiento de aminoácidos disminuiría el contenido de nitrógeno en el alimento, reduciendo así la ingestión de nitrógeno y su excreción (Leeson et al., 2000). Incluso, bajo condiciones de alta temperatura, se ha observado que las aves mejoran su respuesta al estrés y mantienen un aceptable nivel de producción de huevos (Torki et al., 2015). Así mismo, Kong y Adeola (2014) señalan que una formulación de precisión optimizaría la eficiencia alimenticia y reduciría los costos de producción.

Con el fin de identificar las etapas en la que ocurren las mayores pérdidas de nitrógeno y adoptar estrategias para minimizar estas pérdidas, el flujo de nitrógeno debe ser cuantificado. La metodología del flujo de materiales (MFA), herramienta basada en la ley de conservación de masas, plantea la definición de un sistema definido en el espacio y tiempo con sus procesos y la medición de entradas, salidas y stocks, permitiendo detectar tempranamente problemas ambientales y adoptar estrategias de mejora (Brunner y Rechberger, 2004).

Desde una visión de sistema ambiental de una producción de gallinas ponedoras es crucial conocer la cuantificación del flujo de nitrógeno en sus diferentes procesos de producción para determinar en qué procesos ocurren altas pérdidas de nitrógeno. El objetivo del presente estudio fue cuantificar el flujo del nitrógeno en una producción de gallinas ponedoras desde un enfoque sistémico identificando los ingresos,

procesos, depósitos intermedios y salidas de nitrógeno del sistema y determinar el coeficiente de transferencia del nitrógeno para la producción de huevos, excretas, plumas y gallinas muertas.

## 2. Materiales y métodos

El estudio fue conducido en un sistema de crianza de gallinas ponedoras en jaulas en la Unidad Experimental de Avicultura de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El flujo de nitrógeno en gallinas ponedoras utilizó la metodología *Material Flow Analysis* para la cuantificación y el software *STAN* para la diagramación del modelo de flujo (Brunner y Rechberger, 2004; Cencic y Rechberger, 2008) y comprendió las siguientes siete etapas: (1) selección de sustancias relevantes, límites del sistema, procesos y bienes, (2) evaluación de flujos de masa y bienes, (3) evaluación de las concentraciones de sustancias en los bienes, (4) cálculo del flujo de sustancias, (5) consideración de la incertidumbre, (6) presentación de los resultados y (7) simulación del escenario.

STAN (subSTance flow ANalysis) financiado por ARA - Altstoff Recycling Austria - voestalpine - Ministerio de Agricultura y medio Ambiente del Estado Federal de Austria y publicado por la Universidad TU Vienna (Technical University of Vienna, Institute for Water Quality, Resource and Waste Management, Austria).

Los elementos del sistema "Cuantificación del Flujo de Nitrógeno en gallinas ponedoras durante 80 semanas de producción" comprenden: la sustancia, límites del sistema, procesos, bienes o materiales y el stock (Fig. 1).

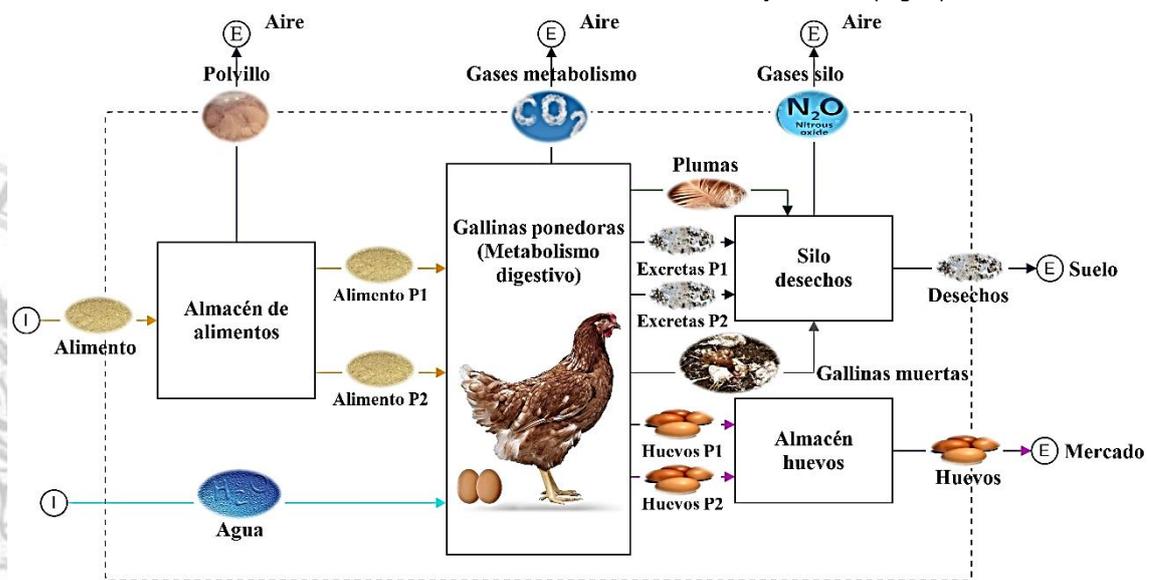


Figura 1. Enfoque sistémico de la crianza de gallinas ponedoras.

Sustancia: Nitrógeno.

El análisis del nitrógeno en huevos, excretas y alimento utilizó el método Semi Micro Kjeldhal según las normas establecidas por la A.O.A.C. Official Method 984.13, 2000.

Límites del sistema: Crianza de gallinas ponedoras de la Unidad Experimental de Avicultura durante sus 80 semanas de producción.

Procesos: El almacén de alimentos, las gallinas, el silo para la deposición de desechos y el almacén de huevos.

Bienes o materiales: El alimento, los huevos, las excretas producidas en las diferentes fases de postura, las plumas y las gallinas muertas.

Stock: Gallinas vivas sin plumas.

Para la cuantificación de materiales y sustancias, se condujo una prueba de campo utilizando 50 gallinas ponedoras Hy-Line Brown; siguiendo criterios éticos de crianza en bienestar animal y verificados por el Comité de Ética de la Facultad de Zootecnia, fueron divididas en dos grupos de acuerdo con su edad; el primer grupo (gallinas de 37 semanas de edad con 1.9 kg de peso vivo) recibió un alimento de Fase I (desde el pico de postura hasta 90% de postura) con 16.2% de proteína cruda, y el segundo grupo (gallinas de 98 semanas de edad con 1.6 kg de peso vivo), un alimento de Fase II (< 90% postura) con 15% de proteína cruda.

El uso de gallinas de avanzada de edad fue por las limitaciones de tiempo durante la realización del experimento. El consumo de alimento y la excreción fueron cuantificados durante seis días. La producción de huevos fue calculada de acuerdo al Manual de Estándar de Rendimiento, 2da Ed, de la Línea Hy-Line Brown 2012 (Hy-Line International) y también en base a registros de la propia granja para el tiempo comprendido entre la semana 81 y 98 de producción. La generación de plumas fue determinada en base a los datos proporcionados por Scott *et al.* (1982). Las mortalidades se obtuvieron a partir de registros de la misma granja. El nitrógeno retenido en el cuerpo de la gallina fue estimado en base a la data publicada por Haque *et al.* (1991). El consumo de agua durante el periodo de postura no fue considerado por contener cantidades muy pequeñas de nitrógeno. El contenido de nitrógeno en el alimento, excretas y huevo fue determinado en laboratorio mediante el método semi-micro Kjeldahl (AOAC, 2005).

El nitrógeno (N) ingerido fue determinado de la siguiente forma:

$N_{\text{ingerido}} = \text{Alimento}_{\text{consumo}} \times N_{\text{alimento}} \times \text{Gallinas}_{\text{número}}$ , donde  $\text{Alimento}_{\text{consumo}}$  = alimento consumido (kg) y  $N_{\text{alimento}}$  = N en el alimento (%) y  $\text{Gallinas}_{\text{número}}$  = Total de gallinas.

El nitrógeno excretado fue calculado de la siguiente manera:  $N_{\text{excretado}} = \text{Excretas}_{\text{excreción}} \times N_{\text{excretas}} \times \text{Gallinas}_{\text{número}}$ , donde  $\text{Excretas}_{\text{excreción}} = \text{Excretas producidas (kg)}$  y  $N_{\text{excretas}} = N$  las excretas (%).

El nitrógeno contenido en los huevos se determinó del siguiente modo:  $\text{Huevos}_{\text{producción}} = \text{Huevos}_{\text{postura}} \times \text{Días}_{\text{postura}} \times N_{\text{huevos}} \times \text{Peso}_{\text{huevos}} \times \text{Gallinas}_{\text{número}}$ , donde  $\text{Huevos}_{\text{postura}} = \text{Postura de huevos (\%)}$  según el Manual de Estándar de Rendimiento, 2da Ed, de la Línea Hy-Line Brown 2012 (Hy-Line International),  $\text{Días}_{\text{postura}} = \text{Número de días en postura}$ ,  $N_{\text{huevos}} = N$  en el huevo (%) y  $\text{Peso}_{\text{huevos}} = \text{Peso del huevo (kg)}$  según el Manual de Estándar de Rendimiento, 2da Ed, de la Línea Hy-Line Brown 2012 (Hy-Line International).

El N en las gallinas muertas fue calculado de la siguiente forma:  $N_{\text{mortalidad}} = (\text{Gallinas}_{\text{número}} \times \text{Mortalidad}_{\text{gallinas}} \times \text{Peso}_{\text{gallinas}} \times \text{Materiaseca}_{\text{gallinas}} \times \text{Proteína}_{\text{gallinas}}) / 6.25$ , donde  $\text{Mortalidad}_{\text{gallinas}} = \text{Gallinas muertas (\%)}$ ,  $\text{Peso}_{\text{gallinas}} = \text{Peso vivo de la gallina (kg)}$ ,  $\text{Materiaseca}_{\text{gallinas}} = \text{Materia seca de la gallina (\%)}$  según Haque *et al.* (1991),  $\text{Proteína}_{\text{gallinas}} = \text{Proteína en la gallina (\%)}$  según Haque *et al.* (1991).

El N calculado en la pluma se determinó de la siguiente forma:  $N_{\text{pluma}} = ((\text{Gallinas}_{\text{número}} - \text{Mortalidad}_{\text{gallinas}}) \times \text{Peso}_{\text{gallinas}} \times \text{Pluma}_{\text{gallinas}} \times \text{Proteína}_{\text{pluma}}) / 6.25$ , donde  $\text{Pluma}_{\text{gallinas}} = \text{Pluma en la gallina (\%)}$  según Scott *et al.* (1982) y  $\text{Proteína}_{\text{pluma}} = \text{Proteína en la pluma (\%)}$  según Scott *et al.* (1982).

El N en el stock fue calculado del siguiente modo:  $N_{\text{stock}} = N_{\text{ingerido}} - (N_{\text{excretado}} + N_{\text{huevos}} + N_{\text{mortalidad}} + N_{\text{pluma}})$ .

Un flujo teórico realizado por Van Horn (1998) fue comparado con el de la presente investigación, en la cual se aplicaron las mismas fórmulas, en gramos por día, para determinar el  $N_{\text{ingerido}}$ ,  $N_{\text{excretado}}$  y  $N_{\text{huevos}}$ . En este caso, el  $N_{\text{retenido}}$  fue determinado de la siguiente forma:  $N_{\text{retenido}} = N_{\text{ingerido}} - N_{\text{excretado}} - N_{\text{huevos}}$ .

El coeficiente de transferencia de nitrógeno se determinó según Brunner y Rechberger (2004):

$$CT_i = \frac{XO_i}{\sum_{i=1}^{K_i} XI_i}$$

Donde CT = Coeficiente de transferencia del nitrógeno de un material; XI = Nitrógeno de un material ingresante al sistema (alimento); XO = Nitrógeno de un material saliente del sistema (excretas, huevos, plumas, aves muertas) y Ki = Número de flujos ingresantes al sistema.

Los datos obtenidos fueron luego proyectados a 593 gallinas durante 80 semanas de producción. Se consideró la incertidumbre para la producción de huevos, excretas y consumo de alimento. Los resultados fueron diagramados y simulados con el software STAN (Cencic y Kovacs, 2007) para balancear los flujos de masa y reconciliar los datos de los flujos no balanceados.

### 3. Resultados y discusión

Las incertidumbres fueron consideradas debido a que las cantidades ingresantes al sistema eran mayores que las salientes (Tabla 1). Este desbalance en el flujo de materiales es debido a flujos omitidos en el sistema como el concerniente a la inspiración y espiración (Brunner y Rechberger, 2004), los cuales fueron relegados del sistema por carecer de nitrógeno orgánico.

Por otro lado, 835,22 kg de N fue ingerido durante el ciclo de postura. Las salidas de nitrógeno se dieron a través de los desechos (excretas, plumas y gallinas muertas), las excretas aportaron el 98% del N en los desechos. Las plumas y las gallinas muertas tienen una cantidad insignificante de N comparado con el total; por ello, estos materiales no suelen ser considerados en los flujos de nitrógeno de gallinas ponedoras (Patterson y Lorenz, 1996; Roberts *et al.*, 2007; Van Horn, 1998). El stock consistió en gallinas vivas sin plumas, las cuales contenían 25,17 kg de nitrógeno, de acuerdo a la información obtenida de Haque *et al.* (1991). Las plumas no fueron consideradas en el stock debido a que ya habían sido consideradas en el flujo hacia el silo de desechos.

En el flujo de nitrógeno inicial (sin considerar incertidumbres) el nitrógeno ingresante al sistema no iguala al saliente, habiendo así 50 kg de nitrógeno sin determinar (Ingreso - Salida). Este N sin determinar es debido al uso de gallinas de avanzada edad en el segundo grupo y a flujos omitidos en el sistema; de acuerdo a

Brunner y Rechberger (2004) lo obtenido no afecta el resultado final al ser el desbalance menor al 10% de la cantidad ingresante.

Al considerar las incertidumbres, el flujo de nitrógeno alcanza un equilibrio en el cual el ingreso iguala a las salidas más la variación del stock (dStock). Se observa que, durante un periodo de 80 semanas, la producción de 593 gallinas ponedoras de la línea Hy-Line Brown resultó en un ingreso de 825,60±12,03 kg de nitrógeno en el alimento y una salida de 542,42±13,3 kg de nitrógeno en los desechos (excretas, plumas y gallinas muertas) y 283,17±7,48 kg de nitrógeno en los huevos (Fig. 2). El stock no afecta al balance del flujo de materiales/sustancias, más si afecta la variación que sufra el mismo. Por ser una cantidad pequeña, se consideró que el ave no gana ni pierde nitrógeno durante la etapa de postura; por tanto, el dStock se fijó en 0.

El concepto de nitrógeno retenido difiere entre autores. Si bien los estudios revisados coinciden en que su determinación resulta de Ningerido – (Nhuevo + Nexcretrado), para Yang *et al.* (2000) esto hace alusión al nitrógeno contenido en el ave, el cual está en función del peso vivo; mientras que para Van Horn (1998), Patterson y Lorenz (1996) y Roberts *et al.* (2007) el nitrógeno retenido hace referencia al nitrógeno que el ave gana o pierde durante su ciclo de vida. Según la terminología utilizada en la MFA, el N retenido vendría a ser el Stock, el que en líneas generales es determinado por Ningreso – Nsalida.

**Tabla 1**

Flujo de materiales en kilogramos de materia seca durante 80 semanas de producción de huevos

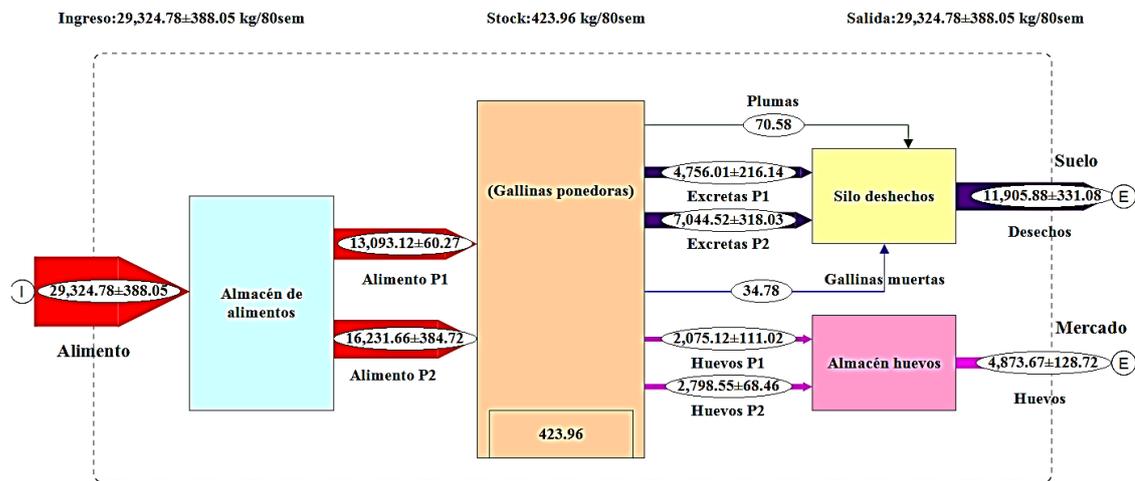
Materiales		Sin incertidumbre		Con incertidumbre	
		Kg MS/80 sem.	Total	Kg MS/80 sem.	Total
Ingreso	Alimento	29580,76	29580,76	29324,78±388,05	29324,78±388,05
Stock	Gallinas vivas sin plumas	42,96	423,96	423,96	423,96
Salida	Excretas	11227,57	16151,38	11800,53±384,5	16779,55±405,5
	Plumas	70,58		70,58	
	Gallinas muertas	34,78		34,78	
	Huevos	4818,45		4873,67±128,72	

**Tabla 2**

Flujo de nitrógeno en kilogramos durante 80 semanas de producción

Materiales			Sin incertidumbre		Con incertidumbre	
			Kg N/80 sem.	Total	Kg N/80 sem.	Total
Ingreso	Alimento		835,22	835,22	825,60±12,03	825,60±12,03
Stock	Gallinas vivas sin plumas		25,17+0,00 <sup>1</sup>	25,17+0,00	25,17+0,00	25,17+0,00
Salida	Excretas		493,83	785,27	530,97±18,91	
	Plumas		9,26		9,26	
	Gallinas muertas		2,2		2,2	
	Huevos		279,97		283,17±7,48	

<sup>1</sup> Stock + dStock (Variación del stock)



**Figura 2.** Cuantificación del Flujo de Nitrógeno en gallinas ponedoras durante 80 semanas de producción (Software STAN, Cencic y Kovacs, 2007). I: Ingreso al sistema; E: Salida del sistema; P1: Primera fase de postura (Pico de postura – 90% postura); P2: Segunda fase de postura (< 90% postura); dStock: Variación en el stock (kg/80sem).

**Tabla 3**  
Comparación entre el flujo de N estimado y teórico

Ítem	Parámetro	Teórico <sup>1</sup>	Estimado
Ingesta	g ms/d	88,00	89,5
	N%	2,69	2,84
	Total	2,31	2,54
Retenido <sup>2</sup>	g ms/d	0,84	---
	N%	2,2	---
	Total	0,02	0,25
Huevo	g ms/d	16,19	14,46
	N%	4,88	5,81
	Total	0,79	0,84
Excreción <sup>3</sup>	g ms/d	---	33,48
	N%	---	4,34
	Total	1,5	1,5
Metabolicidad <sup>4</sup>	MET %	35,06	42,91

g ms/d = g de materia seca por día. <sup>1</sup>Van Horn (1998), <sup>2</sup>Estimado N retenido: N ingerido – (N huevo + N excretado), <sup>3</sup>N excretado teórico: N ingerido – (N huevo + N ganancia peso), <sup>4</sup>(N ingerido – N excreta) / N excreta.

El flujo de nitrógeno se comparó con el flujo teórico estimado por Van Horn (1998). Se puede

observar que el N retenido es aproximadamente el 10% del nitrógeno ingerido (Tabla 5). De acuerdo con Roberts *et al.* (2007) esto estaría diciendo que el ave está ganando nitrógeno, lo cual es coherente con lo obtenido ya que parte de las gallinas utilizadas para la estimación eran gallinas jóvenes de 37 semanas de edad que aún estaban en crecimiento.

Esta relación también se aprecia en la metabolicidad del nitrógeno la cual fue mayor a la teórica debido a una mejor asimilación de este precisamente por la utilización de gallinas más jóvenes. Carvalho *et al.* (2012), en cuyo estudio hacen referencia a la metabolicidad como balance de nitrógeno (g/g), obtienen resultados similares al presente estudio en gallinas ponedoras Lohman, más la metabolicidad puede mejorarse dependiendo de la edad de las aves y el nivel de aminoácidos lisina y arginina suministrados en la dieta.

**Tabla 4**  
Coeficientes de Transferencia de Nitrógeno

Material Entrada N	Entrada N Kg/80 sem	Material Salida N	Salida N Kg/80 sem	Coefficiente Transferencia de N
Alimento	825,6±12,03	Excretas	530,97±26,48	0,65±0,06
		Plumas	9,26	0,01±0,01
		Gallinas muertas	2,20	0,00±0,00
		Huevos	283,17±7,48	0,34±0,02
		Total		1,00±0,06

**Tabla 5**  
Coeficientes de Transferencia de Nitrógeno por Fases de postura

Material Entrada N	Entrada N Kg/80 sem	Material Salida N	Salida N Kg/80 sem	Coefficiente Transferencia N
Alimento Postura 1	383,59±4,57	Excretas Postura 1	194,16±11,36	0,51
		Huevos Postura 1	120,57±6,45	0,31
Alimento Postura 2	442±11,45	Excretas Postura 2	336,81±15,12	0,76
		Huevos Postura 2	162,60±3,98	0,37

Este no es el caso de [Van Horn \(1998\)](#) quien posiblemente basó su estimación en parámetros de gallinas de mayor edad que ya no estaban en crecimiento para obtener una retención de nitrógeno de 0,87%. [Roberts et al. \(2007\)](#) obtuvieron valores similares al de [Van Horn \(1998\)](#) y de incluso negativos al utilizar gallinas con edad superior a las 45 semanas.

Los coeficientes de transferencia de nitrógeno obtenidos para todos los materiales del flujo se muestran en la Tabla 4. El nitrógeno transferido a los huevos fue menor que el transferido a los deshechos: 34 vs 65%, lo cual indica que menos de la mitad del nitrógeno consumido va al producto principal, el huevo. Los resultados concuerdan con [Yang et al. \(2000\)](#) quienes en su estudio determinaron que la deposición del nitrógeno en los huevos variaba entre 31 y 40%; mientras que el nitrógeno perdido en las excretas, considerando las pérdidas amoniacales, variaba entre 53 y 62%. Del mismo modo, los resultados son similares a los obtenidos por [Patterson y Lorenz \(1996\)](#), en cuyo estudio obtuvieron 34% para los huevos, 25% para las excretas y 40% para el nitrógeno volatilizado. En este estudio, la volatilización del nitrógeno no se consideró debido a que las muestras de excretas fueron recolectadas y analizadas un día después de haber sido expulsadas por las aves. De acuerdo con [Penz-Junior \(1993\)](#) del 35 a 45% de la proteína ingerida por las gallinas ponedoras acaba en la carne y huevos; los resultados obtenidos concuerdan con este rango al considerar el nitrógeno en el huevo y pluma.

Al analizar los coeficientes de transferencia del nitrógeno según el alimento consumido por las aves (Tabla 5) se puede observar que el nitrógeno transferido a las excretas aumentó conforme la gallina avanzó en edad. Esto mismo es también reportado en el estudio de [Carvalho et al. \(2008\)](#) quienes independientemente de los niveles de lisina y arginina probados, observaron que el balance de nitrógeno ( $N_{\text{ingesta}} - N_{\text{excretas}}$ ) disminuía al aumentar la edad del ave. Con respecto al coeficiente de transferencia de nitrógeno derivado a los huevos, se observa una sobreestimación en los kg de nitrógeno de los huevos de la Postura 2 ya que la suma de este con el de Excretas de Postura 3 supera el valor de 1,00. Esta sobreestimación responde a que la producción de huevos calculada en base al Manual de Estándar de Rendimiento, 2da Ed, de la Línea Hy-Line Brown 2012 (Hy-Line International) y a registros de la granja no era compatible con la avanzada edad de las gallinas

utilizadas en esta fase experimentación (98 semanas de edad).

En contraste con estos resultados, [Latshaw y Zhao \(2011\)](#) redujeron la cantidad de nitrógeno depositado en las excretas de 55.88 a 49.52% del nitrógeno consumido, balanceando los niveles de aminoácidos en el alimento y reduciendo el nivel de proteína cruda en el alimento de acuerdo con el requerimiento del ave de 17 a 13 g de proteína cruda / día. Esto indica que es posible reducir la excreción de nitrógeno, y por lo tanto mejorar la utilización del nitrógeno en el alimento sin afectar la producción; no obstante, esta reducción de la proteína cruda en la ingesta debe estar acompañada de un correcto balance de aminoácidos ([Carvalho et al. 2012](#); [Latshaw y Zhao, 2011](#)), ya que de no ser así se verá un descenso en la producción de huevos atribuido a una deficiencia de aminoácidos ([Roberts et al., 2007](#)).

#### 4. Conclusiones

Los resultados obtenidos de la cuantificación del flujo de nitrógeno en gallinas ponedoras guardan relación con los determinados por otros autores y con el marco teórico, siendo así que en el sistema evaluado 65% del nitrógeno ingerido por las gallinas es derivado a excretas, 34% a huevos y 1% restante en plumas y aves muertas. Data más precisa puede obtenerse tomando en cuenta la edad de las aves según la etapa de postura, midiendo la producción de huevos con el tiempo, calculando la variación del stock (nitrógeno retenido) y la volatilización del amonio. Los dos últimos pueden tener mayor o menor relevancia en el flujo según el sistema a analizar y el diseño experimental de la prueba.

#### Referencias bibliográficas

- Association of Analytical Communities International. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18<sup>th</sup> edition. United States of America
- Carvalho, F.; Stringhini, J.; Matos, M.; Jardim Filho R.; Café, M.; Leandro, N.; Andrade, M. 2012. Performance and nitrogen balance of laying hens fed increasing levels of digestible lysine and arginine. *Revista Brasileira De Zootecnia* 41(10): 2183-2188.
- Brunner, P.; Rechberger, H. 2004. *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Editorial Lewis Publishers. New York, United States of America
- Cencic, O.; Kovacs, A. 2007. STAN 2.0 – Software for Substance Flow Analysis. Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien, Karlsplatz 13, 1040 Vienna
- Cencic, O.; Rechberger, H. 2008. Material Flow Analysis with Software STAN. *Environmental Engineering and Management Journal* 18(1): 3-7.
- David, B.; Mejdell, C.; Michel, V.; Lund, V.; Moe, R. 2015. Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare, Part II-Ammonia. *Animals* 5(3): 886-896.

- Haque, A.; Lyons, J.; Vandepopuliere, J. 1991. Extrusion processing of broiler starter diets containing ground whole hens, poultry by-product meal, feather meal or ground feathers. *Poultry Science* 70 (2): 234-240.
- Henry, J.; Aherne, J. 2014. Nitrogen deposition and exceedance of critical loads for nutrient nitrogen in Irish grasslands. *Science of The Total Environment* 470-471: 216-223.
- Kong, C.; Adeola, O. 2014. Evaluation of Amino Acid and Energy Utilization in Feedstuff for Swine and Poultry Diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(7): 917-925.
- Latshaw, J.D.; Zhao, L. 2011. Dietary protein effects on hen performance and nitrogen excretion. *Poultry Science* 90(1): 99-106.
- Leeson, S.; Summers, J.; Diaz, G. 2000. *Nutrición aviar comercial*. Editorial Gonzalo J. Diaz Gonzalez. Santafé de Bogotá, Colombia
- Patterson, P. H. 2005. Hen House Ammonia: Environmental Consequences and Dietary Strategies. Eastern Nutrition Conference, p. 173-186.
- Patterson, P.; Lorenz, E. 1996. Manure nutrient production from commercial White Leghorn hens. *The Journal of Applied Poultry Research* 5(3): 260-268.
- Penz-Junior, A.M. 1993. Digestibilidad de aminoácidos. In: *Simpósio de Avances Tecnológicos*, 1993, República Dominicana. Anais. República Dominicana: NOVUS, 1993. p.35-48.
- Roberts, S.; Xin, H.; Kerr, B.; Russell, J.; Bregendahl, K. 2007. Effects of Dietary Fiber and Reduced Crude Protein on Nitrogen Balance and Egg Production in Laying Hens. *Poultry Science* 86(8): 1716-25.
- Scott, M.; Nesheim, M.; Young, R. 1982. *Nutrition of the Chicken*. 3<sup>rd</sup> edition. Cornell University. M. L. Scott and Associates. Nueva York, United States of America
- Torki, M.; Mohebbifar, A.; Ghasemi, H. A.; Zardast, A. 2015. Response of laying hens to feeding low-protein amino acid-supplemented diets under high ambient temperature: performance, egg quality, leukocyte profile, blood lipids, and excreta pH. *International Journal of Biometeorology* 59(5): 575-584.
- Van Horn, H. 1998. Factors affecting manure quantity, quality, and use. Proceedings of the mid-south ruminant nutrition conference. Dallas-Forth Worth, TX. Held in May 7 – 8, 1998.
- Windisch, W. 2000. Pollutants in animal manure: Factors of Emission and Strategies for Reduction. Retrieved from <http://agriculture.de/acms1/conf6/ws4poll.htm>
- Yang, P.; Lorimor, J. C.; Xin, H. 2000. Nitrogen losses from laying hen manure in commercial high-rise layer facilities. *American Society Of Agricultural Engineers* 43(6): 1771-1780.

*Agroind Sci*  
www.agsci.com

