

# USO DE EXPELLER DE SOJA EN DIETAS PARA PONEDORAS

Trabajo Final de Grado  
del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino (BA), 21 de septiembre de 2023.

# **USO DE EXPELLER DE SOJA EN DIETAS PARA PONEDORAS**

Trabajo Final de Grado  
del alumno

**Alejo Gomez**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Ayelén Chiarle  
**Evaluador**

Virginia Fain Binda  
**Evaluador**

Ángel Patitucci  
**Evaluador**

Bernardo F. Iglesias  
**Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino (BA), 21 de septiembre de 2023.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	3
INTRODUCCIÓN .....	5
La gallina ponedora: Generalidades .....	5
Avicultura a nivel mundial y nacional .....	6
La importancia del huevo .....	8
Alimentación y fuentes de proteínas para las aves .....	9
La soja .....	11
Origen y nutrientes .....	11
Factores antinutricionales .....	12
Determinaciones de calidad de desactivado.....	13
Harina, torta y expeller de soja .....	14
Torta de soja.....	14
Harina de soja.....	14
Expeller de soja .....	18
HIPÓTESIS .....	20
OBJETIVOS .....	20
General .....	20
Específicos.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
Lugar y animales.....	21
Diseño experimental .....	21
Tratamientos .....	21
Dietas experimentales.....	21
Parámetros zootécnicos y económicos.....	22
Análisis estadístico.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
Parámetros zootécnicos.....	24
Parámetros económicos .....	29
CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Razas de gallinas ponedoras. ....	6
Figura 2. Ranking mundial de consumo per cápita de huevos. ....	7
Figura 3. Porcentaje de granjas avícolas por provincia. ....	8
Figura 4. Flujograma de obtención de harina de soja. ....	15
Figura 5. Harina de soja HiPro en hojuelas. ....	16
Figura 6. Harina de soja LowPro pelletizada. ....	17
Figura 7. Expeller de soja. ....	19
Figura 8. Relación entre consumo de inhibidores de tripsina y postura. ....	25

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Industria de los concentrados proteicos de origen animal.....	10
Tabla 2. Harinas y expellers derivados de oleaginosas .....	11
Tabla 3. Tratamientos experimentales .....	21
Tabla 4. Composición y aportes nutricionales de las dietas experimentales para un consumo de 105 g/día.....	22
Tabla 5. Postura de gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas .....	24
Tabla 6. Peso de huevo de gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas.....	26
Tabla 7. Masa de huevo producida por gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas .....	27
Tabla 8. Consumo en gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas ..	28
Tabla 9. Conversión alimenticia en gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas.....	29
Tabla 10. Número de huevos sucios en gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas .....	29
Tabla 11. Costos en gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas ....	30

## RESUMEN

El consumo de huevos en Argentina continúa creciendo año tras año, de manera tal que para el año 2022, el país se situó cuarto en el ranking mundial. El valor nutritivo del huevo es muy elevado, fundamentalmente por su gran aporte de proteína, la cual es de alto valor biológico, así como de costo inferior a otras fuentes proteicas de origen animal, como por ejemplo distintos tipos de carnes (bovinos, porcinos, pescados, etc.). Existen diferentes tipos de materias primas utilizadas a la hora de formular el pienso de las aves, las cuales se utilizan en distintas proporciones, dependiendo de los objetivos de producción y los distintos parámetros nutricionales que se desean cubrir. En cuanto a las fuentes proteicas, éstas se dividen en dos grandes grupos: las de origen animal y vegetal. En este último grupo se encuentran mayormente subproductos de la industria aceitera y se diferencian entre sí por su contenido final y forma de extracción del aceite como, además, en su aspecto físico. El expeller de soja es un representante de este grupo. El objetivo de este trabajo fue comparar el reemplazo de harina y aceite de soja por expeller y aceite de soja sobre aspectos zootécnicos y económicos de las aves. Para llevar a cabo este ensayo, se utilizaron 720 gallinas de la línea Hy-Line W-36 de 41 semanas de vida, a las que les fueron asignados uno de dos tratamientos: *T1. Harina de soja* y *T2. Expeller de soja* en un diseño en bloques completos al azar. Los parámetros evaluados fueron: postura, consumo diario, peso de huevo, conversión por docena y kg de huevo, número de huevos sucios y, por último, costos de alimentación por docena y por kg de huevo. En los resultados se observó que, con expeller de soja mejoró el peso de huevo (+1 g), se redujo el consumo (-1,5 g/día) y la conversión por kg de huevo (-56 g para producir un kg de huevo); no se afectaron la postura, masa de huevo y conversión por docena y tendió a incrementarse el número de huevos sucios (pasando de 0,43% a 0,79%). A su vez, con expeller disminuyeron los costos de alimentación en 4 y 6 centavos de dólar para producir una docena y un kg de huevo, respectivamente. Por lo que se concluye que el expeller de soja es un ingrediente que puede reemplazar sin problemas a la harina de soja en dietas para gallinas ponedoras. Sin embargo, debería prestarse especial atención a la calidad del ingrediente analizando parámetros como presencia de

inhibidores de tripsina remanentes, solubilidad de proteína, energía metabolizable, aceite residual y contenido de proteína cruda.

**Palabras clave:** Aves, Extracción de aceite por prensa, Desempeño zootécnico, Pienso, Huevos, Prensado, Subproductos de soja, Alternativas a la harina de soja

## **USE OF SOYBEAN EXPELLER IN DIETS FOR LAYING HENS**

### **ABSTRACT**

Egg consumption in Argentina continues growing every year, so that by 2022, Argentina was fourth in the world ranking. The nutritional value of the egg is very high, mainly due to its great contribution of protein, which has a high biological value, as well as to have lower cost than other protein sources of animal origin like beef, pork, fish, etc. There are different types of raw materials used as feedstuff when formulating poultry feed, which are used in different proportions, depending on the production objectives and the different nutritional requirements to be covered. Protein sources are divided into two large groups, those of animal and vegetable origin. In this last group, there are mostly by-products of the oil industry and they differ from each other in their final oil content and method of oil extraction, as well as in their physical appearance. The soybean expeller is a representative of this group. The aim of this work was to compare the replacement of soybean meal by soybean expeller on zootechnical and economic aspects of laying hens. A total of 720 laying hens Hy-Line W-36, 41 weeks old, were used, which were assigned to one of two treatments: T1. Soybean meal and T2. Soybean expeller in a randomized complete block design. The evaluated parameters were: posture, daily feed intake, egg weight, feed conversion per dozen and kg of eggs, number of dirty eggs and, finally, feeding costs per dozen and per kg of eggs. As a result, it was observed that, with soybean expeller, improved egg weight (+1 g), reduced the feed intake (-1.5 g/day) and conversion per kg of egg (-56 g to produce one kg of egg); the posture, egg mass and feed conversion per dozen were not affected and the number of dirty eggs tended to increase (from 0.43% to 0.79%). Otherwise, with expeller, feeding costs decreased by 4 and 6 cents to produce a dozen and one kg of eggs, respectively. Therefore, it is concluded that soybean expeller is an ingredient that can easily replace soybean meal in diets for laying hens. However, special attention must be paid to the quality of this ingredient, analyzing parameters such as the



presence of remaining trypsin inhibitors, protein solubility, metabolizable energy, residual oil and crude protein content.

**Key Words:** Poultry, Pressed oil extraction, Zootechnical performance, Feed, Eggs, Pressed, Soybean byproducts, Alternatives to soybean meal.

## INTRODUCCIÓN

### La gallina ponedora: Generalidades

La gallina ponedora corresponde a la especie *Gallus gallus domesticus*. Su taxonomía es la siguiente:

Reino: Animalia (Animales)

Filo: Chordata (Cordados)

Clase: Aves

Orden: Galliformes

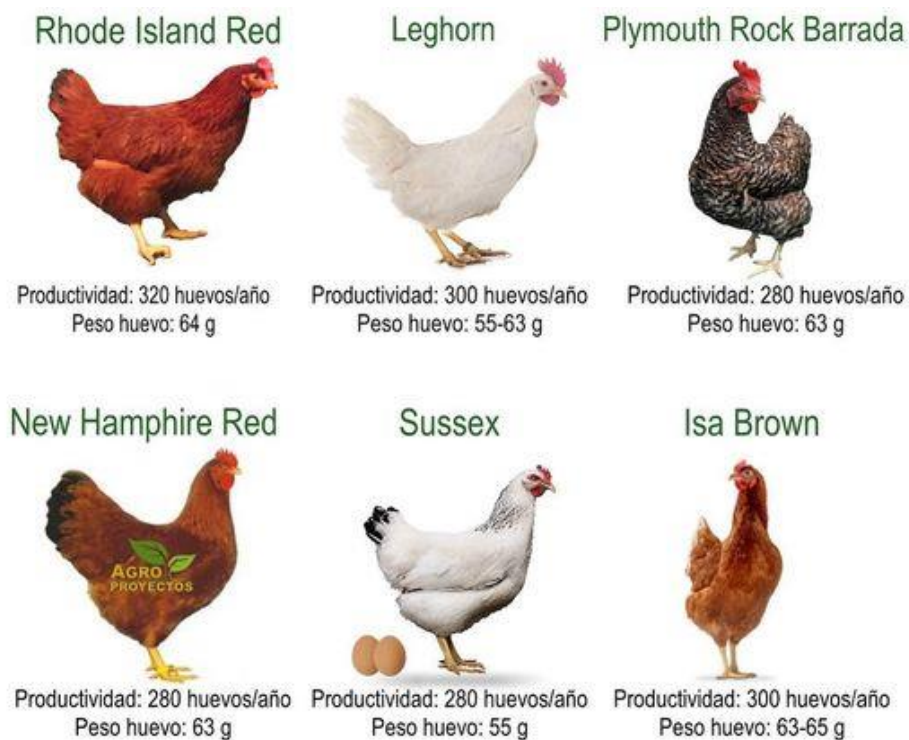
Familia: Phasianidae

Género: *Gallus*

Especie: *gallus*

Subespecie: *domesticus*

A su vez, existen diferentes taxones infra específicos, tales como raza, variedad, estirpe y línea. La estirpe se encuentra dentro de una raza o variedad, es una población cerrada de animales, es decir, que no se introducen materiales nuevos o externos. Esta pudo haber sido creada, ya sea por algún avicultor o por una empresa determinada, quien buscaba que dichos individuos presentaran alguna particularidad en especial como ser características productivas, morfológicas o ambas. La variedad, corresponde a un taxón inferior, ya que es una subdivisión de la raza. Normalmente, en las aves suele utilizarse para dar mención a caracteres morfológicos, por ejemplo, el color de pelo o el tamaño de las mismas. En cuanto a la línea de una determinada raza, estos individuos son el resultado de tener cruzamientos durante varias generaciones entre individuos de una determinada estirpe y así se logra el mayor grado de consanguinidad y, por ende, también mayor uniformidad (Figura 1) (González, 2017).



**Figura 1.** Razas de gallinas ponedoras.

Fuente: Agroproyectos, 2022.

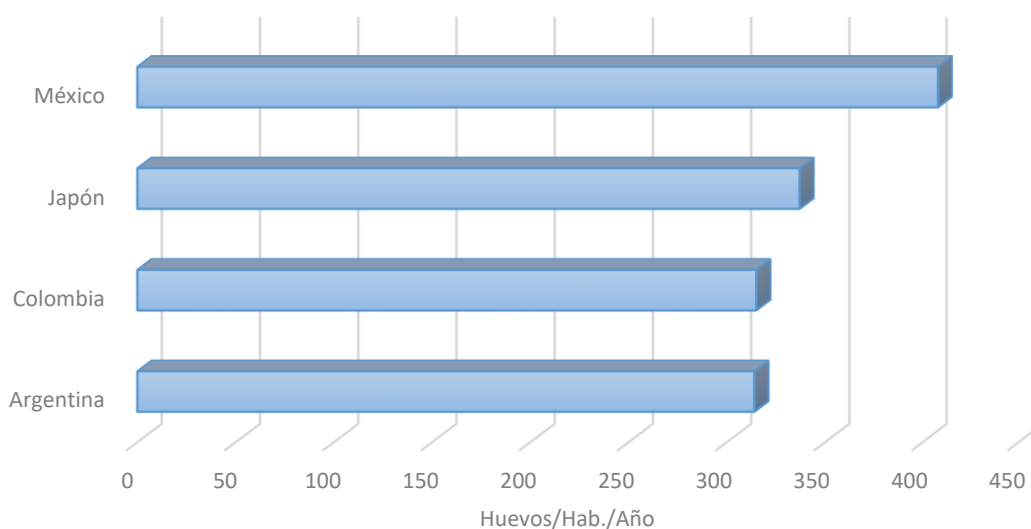
Si bien, el sector avícola se encuentra segmentado en dos claros subsectores, por un lado, las gallinas ponedoras para la producción de huevos y por otro, los *broilers* o pollos parrilleros, para la obtención de carne de pollo, existen también un nicho de productores que produce aves de doble propósito. Este tipo de aves sirven para la obtención de huevos, ya que las hembras cumplen este rol, y los machos se destinan a la producción de carne (de Klerk & van de Braak, 2019).

### **Avicultura a nivel mundial y nacional**

En el último decenio, se ha dado un incremento sustancial en la producción de huevos, que alcanzó el 24%. En base a cifras publicadas por el departamento de estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la producción de huevos pasó de 61,7 millones de toneladas en 2008 a 76,7 millones de toneladas en 2018 (Cladan, 2020). En este ámbito y durante los últimos 30 años, el principal productor de huevos fue China, con un total de 466 mil millones de huevos, representando el 34% de la producción

mundial y le siguen UE, EE. UU. e India, y en conjunto, estos representan aproximadamente el 60% de la producción mundial (Cladan, 2020).

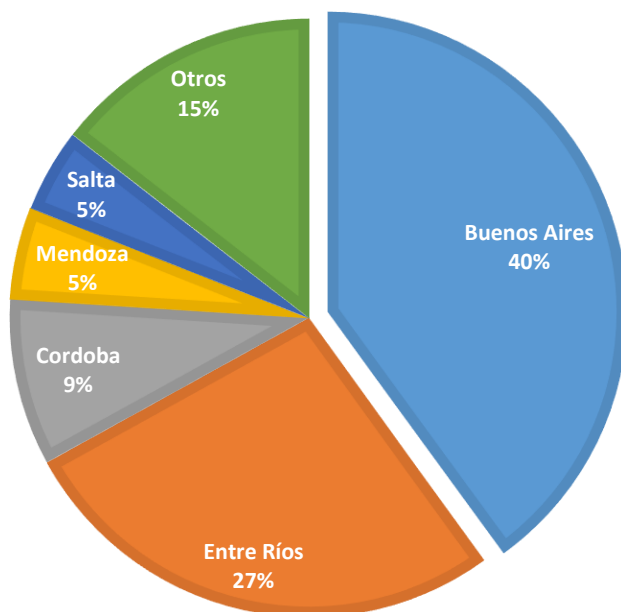
Debido a un incesante y sostenido crecimiento del consumo de este alimento, la información brindada por la Cámara Argentina de Productores Avícolas (CAPIA), indica que, en 2022 la Argentina se encontró en cuarto lugar a nivel mundial, después de México, Japón y Colombia, con una ingesta de 314 unidades per cápita al año (Figura 2), lo que indica un aumento del 5,16% en comparación a 2021. Este aumento del consumo se tradujo en un alza de la producción del 8,68% interanual llegando a algo más de 15 mil millones de unidades, acompañado además de un incremento en el número de aves en postura del 8,46% respecto a 2021 para alcanzar 51,6 millones de gallinas ponedoras. Del total de unidades producidas, el 96,8% se destinó al consumo interno, mientras que el restante 3,2% fue a la exportación, lo que representó un aumento interanual del 17%, con destino a más de 50 mercados internacionales actualmente operativos (Avicultura.com, 2023).



**Figura 2.** Ranking mundial de consumo per cápita de huevos.  
Fuente: Vilella, 2023.

Argentina cuenta con más de 1.000 granjas avícolas en actividad, ubicadas en 18 provincias del país, siendo la más importante Buenos Aires con el 40%, seguida por Entre Ríos, Córdoba, Mendoza y Salta, entre las principales productoras (Figura 3). A su vez, la industria avícola consumió 1,5 millones de

toneladas de maíz y 0,5 millones de toneladas de soja en 2022 y empleó a 18.000 personas en forma directa y 12.000 de manera indirecta (Avicultura.com, 2023).



**Figura 3.** Porcentaje de granjas avícolas por provincia.

Fuente: Avicultura.com, 2023.

### La importancia del huevo

Mucho se ha dicho del valor nutritivo del huevo como alimento básico de la dieta de los seres humanos, fundamentalmente por su elevado aporte de proteína, que es de alto valor biológico, así como de inferior costo en comparación a otras fuentes proteicas de origen animal, como las carnes rojas y pescados (Codony, 2002).

Existen tres partes fundamentales en el huevo: la cáscara, la clara y la yema, pero solo las dos últimas se utilizan habitualmente en la alimentación y nutrición humana. La clara está formada en un 88% por agua y por diversos tipos de proteínas, las cuales se encuentran en diferentes proporciones, siendo la albúmina la de mayor importancia. Por otro lado, la yema está constituida en un 50% por agua, el resto de su integridad se reparte en cantidades equitativas de proteínas y lípidos. Por último, y no menos importante, está el aporte de vitaminas y minerales (Tortuero Cosialls, 2002).

Considerando el peso de un huevo estándar (62 gramos), el aporte energético del mismo es de tan solo 75 kcal, ya que la mayoría de su peso se encuentra representado por agua y solo las proteínas y lípidos aportan energía. Por otra parte, la riqueza proteica de este alimento, es alta y de gran calidad nutritiva, debido a la concentración y equilibrio en que se hallan los distintos aminoácidos que las constituyen, tanto a las proteínas del albumen, como a las de la yema. Esta característica, ha llevado a que la proteína del huevo se use como estándar de referencia en la nutrición proteica, otorgándole un valor biológico de 100 (Tortuero Cosialls, 2002).

El huevo es la proteína de origen animal más amigable con el medio ambiente, ya que, en los actuales sistemas productivos, las huellas de carbono e hídrica resultan ser sumamente bajas (Avicultura.com, 2022; González-Velandia *et al.*, 2020).

### **Alimentación y fuentes de proteínas para las aves**

La gallina ponedora, requiere de una adecuada alimentación, la cual debe estar correctamente balanceada en los diferentes nutrientes, que dependen de los objetivos y de la etapa productiva; por lo que la alimentación de la gallina juega un rol crucial en la rentabilidad del negocio (González, 2020).

En cuanto al aporte de aminoácidos en el pienso de las aves en postura, se debe garantizar que el mismo cuente con un perfil balanceado, sin dejar de lado la relación entre aminoácidos esenciales y no esenciales, buscando la máxima digestibilidad, para lo cual se deben evaluar y seleccionar los ingredientes y combinaciones que van en esta dirección (Alcalde Tuesta, 2021).

Al momento de seleccionar un determinado ingrediente como fuente proteica, se debe considerar, no solo los niveles de proteína *per se*, sino el aporte de aminoácidos esenciales y su digestibilidad, ya que el requerimiento real de las aves no es de proteína, sino de aminoácidos (Alcalde Tuesta, 2021).

Las fuentes proteicas se pueden clasificar, según su origen, en animal y vegetal. Podemos decir que las proteínas de origen animal tienen un mayor valor biológico que las vegetales, debido a una mayor proporción de aminoácidos esenciales y que no necesitan ser procesadas para mejorar su valor nutritivo. No

obstante, las proteínas de origen vegetal, son sumamente importante en la alimentación de las aves, y la deficiencia de algunos aminoácidos puede ser suplementada oportunamente con aminoácidos sintéticos, por lo que pueden utilizarse sin ningún tipo de inconveniente (Cuca García & Ávila González, 1978).

En cuanto a las proteínas de origen animal, se pueden encontrar diferentes productos, pero todos son derivados de alguna industria determinada (Tabla 1).

**Tabla 1.** Industria de los concentrados proteicos de origen animal

Frigorífica	Avícola	Lechera	Del Pescado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina de carne</li> <li>• Harina de vísceras</li> <li>• Harina de hígado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina de plumas</li> <li>• Harina de vísceras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leche en polvo</li> <li>• Leche descremada</li> <li>• Caseína</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina de pescado</li> </ul>

Fuente: Aello & Di Marco, 2000.

Además de tener un elevado valor biológico, este tipo de concentrados, por lo general, son muy palatables, sin embargo, su inclusión en las dietas de aves se ve limitada, principalmente, por su elevado costo (Cozzolino, 2020).

Los concentrados proteicos de origen vegetal son, principalmente, las oleaginosas y los subproductos de la industria aceitera que quedan luego de extraerles el aceite por medio de presión continua (expeller) o por el uso de solventes (harina) (Aello & Di Marco, 2000).

Por lo tanto, es factible encontrar en el mercado una gran variedad de harinas y expellers de diferentes oleaginosas (Tabla 2).

**Tabla 2.** Harinas y expellers derivados de oleaginosas

Soja	Girasol	Lino	Colza
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina baja proteína</li> <li>• Harina alta proteína</li> <li>• Expeller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina baja proteína</li> <li>• Harina alta proteína</li> <li>• Expeller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina</li> <li>• Expeller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harina</li> <li>• Expeller</li> </ul>

Fuente: Aello & Di Marco, 2000; Masi Mignaco, 2016.

También se pueden encontrar, entre las fuentes proteicas de origen vegetal, semillas de arveja, lenteja, lupino, habas, entre otras (de Blas *et al.*, 2019).

## La soja

### *Origen y nutrientes*

La soja es oriunda del norte y centro de china, considerada ya en el año 3000 a.C., una de las cinco semillas sagradas (Ridner, 2006).

Los primeros cultivos de soja en nuestro país, se realizaron durante el año 1862 que, debido a la falta de conocimiento en su manejo, y principalmente en la cosecha, no encontró eco entre los agricultores argentinos (Ridner, 2006); sin embargo, 100 años más tarde se realiza la primera exportación, llevando 6000 toneladas a Hamburgo, Alemania por medio del buque Alabama (Ridner, 2006).

Recién en la década de 1970 se hizo evidente un notorio aumento en el rendimiento del cultivo debido a un mayor conocimiento sobre el manejo del mismo, sumado a diversos factores, como la inclusión de la siembra directa y la biotecnología (Ridner, 2006).

Este grano se caracteriza por su alto contenido de proteínas y lípidos, 38 y 22% respectivamente, lo que lo ha llevado a posicionarse como la principal fuente de proteína en la alimentación animal (Melgar *et. al.*, 2011).

Por otro lado, el grano de soja no es importante solo por la cantidad de proteína que presenta, sino también por la calidad de la misma. Por lo general, las proteínas de origen vegetal, son deficientes en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína), pero no es el caso del poroto de soja (Ridner, 2006).



Dentro del 20% de lípidos que componen el peso del grano, la mayoría son ácidos grasos poliinsaturados, con una contribución del 51% de ácido linoleico. Entre el 1,5 y el 2,5% de los lípidos presentes en la soja se encuentra bajo la forma de lecitinas, las cuales tienen función emulsionante en los alimentos. Además, en la fracción lipídica también se encuentran los tocoferoles, que actúan como antioxidantes naturales (Charrière, 2014).

Los hidratos de carbono que se encuentran en la soja son, en su mayoría, de tipo “solubles” y se encuentran representados por oligosacáridos (rafinosa, estaquiosa y verbascosa) y polisacáridos que son principalmente pectinas. Por otro lado, en menor proporción, también aparecen los “insolubles”, que constituyen la fibra dietaria y se caracteriza por ser indigestibles (Ridner, 2006).

La soja, además, cuenta con una amplia variedad de vitaminas, entre las que se cuentan la tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), ácido pantoténico (B5), piridoxina (B6), biotina (B7), ácido fólico (B9),  $\beta$ -caroteno (provit-A), inositol, colina y ácido ascórbico (vit-C) (Ridner, 2006).

Por otro lado, también posee minerales como calcio, fósforo, flúor, magnesio, potasio, hierro, sodio, cobre, selenio, yodo, manganeso y zinc, con una proporción entre el 5 y 6% del peso del grano (Charrière, 2014).

### *Factores antinutricionales*

La soja cuenta con una gran cantidad de factores antinutricionales, tales como inhibidores de tripsina (IT), fitohemaglutininas (lectinas), anti-vitaminas, factores goitrogénicos, ureasa, entre otros, los cuales son, en su mayoría, termolábiles (Méndez *et al.*, 2011).

Los IT son sustancias de carácter peptídico. En presencia de una proteasa (tripsina y quimiotripsina) y un sustrato, producen una notoria disminución de la velocidad de reacción de las enzimas. Entre los diferentes tipos de IT presentes en la soja, los que se destacan son el de Kunitz y el de Bowman-Birk, que constituyen aproximadamente un 15% de las proteínas de la semilla (Quicazán & Caicedo, 2012).

Debido a la presencia de estos factores antinutricionales que limitan el aprovechamiento de algunos compuestos químicos de la soja y sus derivados, es que se somete al grano de soja al procesamiento térmico, en el que se trata de disminuir los efectos deletéreos. La temperatura, el tiempo de aplicación y las condiciones de humedad son aspectos cruciales en dicho proceso, que deben ser meticulosamente controlados (Olguin *et al.*, 2001).

El páncreas, que es la glándula productora de algunas enzimas proteolíticas en los animales, puede sufrir hipertrofia debido a la ingestión de productos derivados de la soja u otras leguminosas que no fueron correctamente desactivados (Iglesias *et al.*, 2013; 2022).

#### *Determinaciones de calidad de desactivado*

Existen una serie de parámetros que sirven para medir la calidad de desactivado de los productos derivados de soja luego de ser sometidos a diferentes tratamientos, entre los que se encuentran:

**Actividad ureásica:** La ureasa es una enzima capaz de desdoblar la urea en amoníaco y CO<sub>2</sub> (Martínez Moreno & Rodríguez Suarez, 2010). La actividad ureásica se mide en base a cambios de pH de una determinada muestra tratada. Este indicador sirve para determinar si una muestra fue subprocesada, pero no cuando haya sido sobreprocesada, dado que no existe una escala negativa del mismo. El óptimo incremento entre muestras tratadas y la solución de urea, varía entre 0,05 y 0,20 (Dale, 1988).

**Solubilidad de la proteína en medio alcalino:** Este indicador de calidad, tiene su fundamento en que el poroto de soja cruda tiene una solubilidad de 100% en una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 0,2%. A medida que la soja se desactiva por calor, su solubilidad en dicho medio es cada vez menor. Valores por encima de 85% indican que el sustrato fue insuficientemente procesado, mientras que, si el porcentaje de solubilidad de las proteínas es inferior al 75%, se está frente a un sobreprocesamiento (Dale, 1988).

**Actividad de los inhibidores de tripsina:** El método más preciso para evaluar la actividad de los inhibidores de tripsina, se fundamenta en medir la inhibición de la actividad enzimática de tripsina bovina sobre un sustrato sintético

denominado benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida (BAPNA). Los resultados se expresan como mg de tripsina inhibida por un gramo de soja (Martínez Moreno & Rodríguez Suarez, 2010), aunque en la Argentina se acostumbra a informar en UTI/mg de muestra (Charrière, 2014).

### **Harina, torta y expeller de soja**

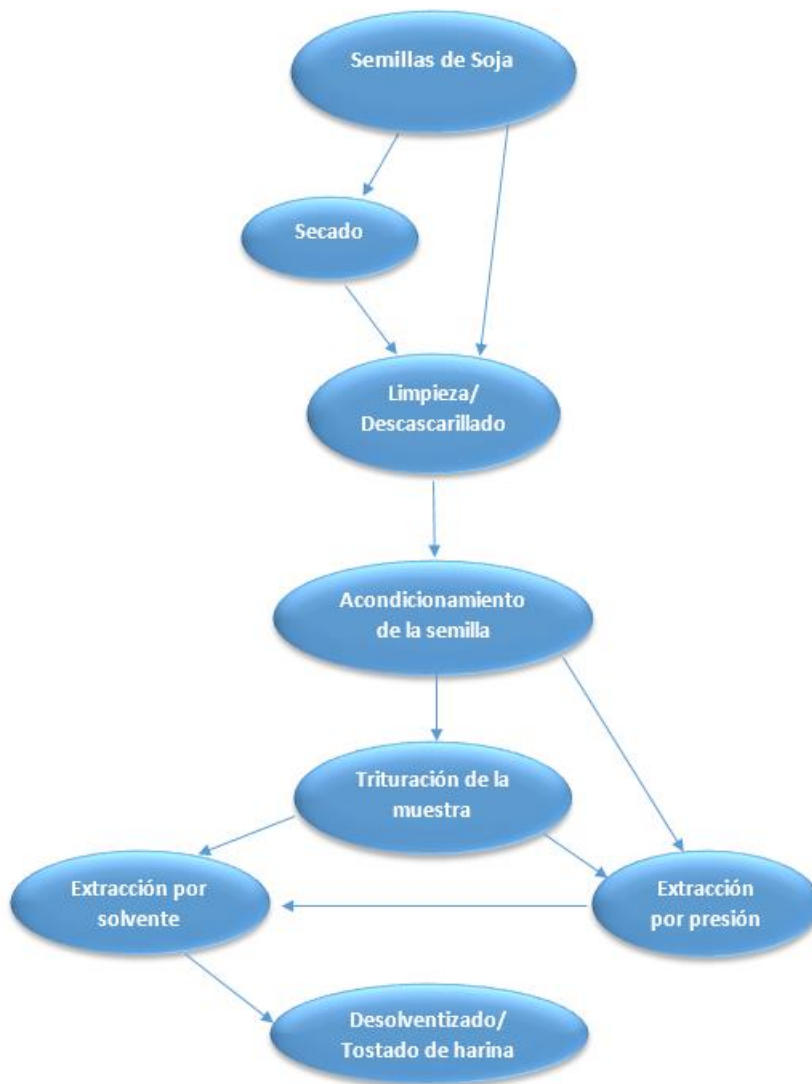
A la soja se le puede extraer el aceite en forma parcial o total, y de esta forma se obtienen diferentes subproductos (Casale, 2004).

#### *Torta de soja*

Es el residuo resultante de ejercer una presión discontinua, donde las semillas sometidas a este proceso alcanzan temperaturas del orden de los 80-100 °C. A este subproducto le queda un remanente de aceite del 12%, y sus dos caras son rugosas. Debido a que este sistema de extracción es antiguo, no se encuentran tortas en el mercado (Aello & Di Marco, 2000).

#### *Harina de soja*

Este producto se obtiene por extracción con solvente, donde la semilla de soja previamente acondicionada o no, o bien la torta resultante del proceso de prensa, son sometidos a un agente solvente que arrastra el aceite (Baquero Franco, 1988).



**Figura 4.** Flujograma de obtención de harina de soja.

Fuente: Elaboración Propia en base a Baquero Franco, 1988.

Si bien existen diferentes solventes empleados en la extracción de aceite, los más utilizados son el tricloroetileno (mayor poder solvente), sulfuro de carbono, benceno y hexano, siendo este último el más empleado, ya que genera mejor calidad de aceite y menos problemas por toxicidad y corrosividad en las instalaciones (Baquero Franco, 1988).

Una vez realizada la extracción con solvente, se procede al desolventizado de la harina de soja, con el fin de remover los restos del solvente utilizado previamente (Dale, 1988).

La harina de soja es la fuente de proteína y aminoácidos de origen vegetal más elegida a nivel mundial en la alimentación de especies no rumiantes, por lo que la uniformidad de su calidad y valor nutricional es de especial relevancia (Aguirre Toribio *et al.*, 2019).

Este ingrediente posee entre 40 y 48% de proteína cruda. Dicha concentración variará en función del contenido de proteína inicial del grano y del porcentaje residual de cáscara, impactando también en el valor de energía metabolizable del producto final (Nutrinews, 2021). Por lo que se encuentran en el mercado dos tipos o calidades de harina de soja: la HiPro (alta proteína) con más de 46,5% de proteína cruda (Figura 5) y LowPro (baja proteína) con menos de 46,5% de proteína cruda y comúnmente se comercializa pelletizada (Figura 6) (Baquero Franco, 1988).



**Figura 5.** Harina de soja HiPro en hojuelas

Fuente: imagen gentileza de B. Iglesias.



**Figura 6.** Harina de soja LowPro pelletizada.

Fuente: imagen gentileza de B. Iglesias.

Debido a esto, es importante realizar un análisis de los nutrientes de la harina de soja antes de formular las dietas, de manera de conocer exactamente su composición. Los parámetros más importantes a tener en cuenta son: contenido de proteína cruda, perfil de aminoácidos y digestibilidad, como también el aporte de energía metabolizable (DeltLabs, 2021).

El tostado que se realiza durante el proceso de desolventizado permite mejorar la digestibilidad de los nutrientes, especialmente de la proteína, ya que se inactivan los inhibidores de la tripsina y otros factores como las lectinas y ureasas que provocan irritación de la mucosa digestiva y disminuyen la absorción de nutrientes (Baquero Franco, 1988; DeltLabs, 2021).

Por otro lado, la harina de soja suele contener alrededor del 35-40% de carbohidratos, la mayoría en forma de polisacáridos no amiláceos (PNA), que no pueden ser utilizados directamente como fuente de energía por los monogástricos (DeltLabs, 2021).

Por último, se debe tener ciertos recaudos a la hora del procesado de este producto. Dentro de los aspectos a considerar se encuentran las temperaturas a las que se trabaja, ya que un exceso de la misma produce la formación de compuestos que son indigestibles; por otro lado, temperaturas muy bajas, es decir, una falta de cocción, no desactivará correctamente los factores antinutricionales que afectan negativamente el desempeño de las aves (Méndez *et al.*, 2011).

### *Expeller de soja*

Es el subproducto de la industria aceitera remanente luego de retirar el aceite por medio del proceso de extrusado y prensado (Méndez, 2011).

El extrusado de la soja puede producirse en seco o en húmedo. En el primer caso, la temperatura alcanzada en el cañón del extrusor es más elevada que en el proceso húmedo, y por consiguiente se produce una disminución en el contenido de lisina digestible (Valls Porta, 1993).

Sin embargo, para facilitar la posterior extracción de aceite, es conveniente utilizar la extrusión en seco. Debido a esto, es recomendable acondicionar el grano para uniformar la humedad a la que ingresa a la extrusora (Juan *et al.*, 2015; Maciel, 2020).

Durante el extrusado en seco, se somete al poroto de soja a una presión de 40 atmósferas durante un período corto de tiempo, entre 20 y 30 segundos, generando altas temperaturas (aproximadamente 130-135 °C) por fricción, que no necesitan de una fuente de calor adicional, produciendo una modificación de la estructura de los componentes químicos del poroto (Juan *et al.*, 2015). El proceso de extrusión es el único capaz de cocinar, expandir, esterilizar, deshidratar parcialmente, estabilizar y texturizar los granos en general y las oleaginosas en particular (Méndez, 2011).

El resultado de este proceso, es una pasta semilíquida de temperatura elevada, que al abandonar el extrusor se descomprime bruscamente a presión atmosférica provocando la pérdida de agua y rotura de las celdas que contienen el aceite (Juan *et al.*, 2015).

Seguidamente, la soja extrusada, ingresa a una prensa continua de tornillo para separar la materia grasa del expeller. Bajo condiciones óptimas de producción, se llega a extraer el 13% o más del aceite contenido en el grano (Cinque, 2011).

Una vez finalizado el proceso de prensado, se obtiene el expeller y aceite con borra. Este último puede pasar por un “borrero” para eliminar del aceite los subproductos del prensado. Luego el aceite pasa por un “decantador” para eliminar gomas y otras impurezas (Cuéllar Parrado, 2019; Juan *et al.*, 2015).

El contenido de proteína cruda de un expeller oscila entre 42 y 47% en base tal cual, con una proporción de materia grasa que va desde el 5 al 7% y cerca del 6-7% de humedad. Su aspecto físico es de forma achatada y se caracteriza por tener una de sus caras lisa y la otra rugosa (Aello & Di Marco, 2000, Cinque, 2011;).



**Figura 7.** Expeller de soja

Fuente: imagen gentileza de B. Iglesias.

El proceso de extrusión prensa es menos eficiente que el solvente para la extracción del aceite. No obstante, en términos generales, si este proceso se lleva a cabo en condiciones adecuadas, se genera un producto de muy buena calidad, con poco daño de la proteína y buen contenido de aminoácidos, principalmente lisina (Seijas Noya *et al.*, 2020).

El proceso de producción de expeller se ha ido tecnificando con el pasar de los años (Valls Porta, 1993; Reinaudo Bordoni, 2017) y, por consiguiente, se cuenta con poca o nula información actualizada del valor nutricional del expeller y su efecto sobre el desempeño zootécnico de gallinas ponedoras.



## **HIPÓTESIS**

- El expeller de soja, en reemplazo de harina y aceite de soja en una dieta para gallinas ponedoras no afecta el desempeño productivo de las aves y abarata costos de alimentación.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Evaluar el efecto del reemplazo total de harina de soja y parcial de aceite por expeller de soja sobre el desempeño zootécnico y económico de gallinas ponedoras.

### **Específicos**

- Evaluar el efecto del reemplazo total de harina de soja y parcial de aceite por expeller de soja sobre el desempeño zootécnico de gallinas ponedoras (postura, peso y masa huevo, consumo de alimento, conversión por docena y kg de huevo).
- Evaluar los costos de alimentación que surgen del reemplazo total de harina de soja y parcial de aceite por expeller en gallinas ponedoras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar y animales

El ensayo se llevó a cabo en instalaciones del Sector Aves de la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Se emplearon 720 gallinas de la línea Hy-Line W-36, de 41 semanas de vida. Las mismas estuvieron alojadas en jaulas de 30 cm de frente x 45 cm de profundidad. El lote estaba conformado por 6 jaulas de 4 gallinas cada una (24 gallinas por lote). La duración del ensayo fue de 12 semanas repetidas en 3 períodos de 4 semanas cada uno.

### Diseño experimental

Se empleó un diseño en bloques completos al azar con 2 tratamientos y 15 réplicas (lotes) por tratamiento, totalizando 360 aves por tratamiento. El lote fue considerado la unidad experimental.

### Tratamientos

Los tratamientos evaluados figuran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Tratamientos experimentales

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
<b>1-Hna Sj</b>	Dieta* a base de harina de soja común (45% PC)
<b>2-Exp Sj</b>	Dieta* a base de expeller de soja (39% PC)

\*Las dietas fueron formuladas isoproteicas e isoenergéticas. PC: Proteína cruda.

### Dietas experimentales

Las dietas se formularon isoproteicas e isoenergéticas en base a las recomendaciones de la línea (Hy-Line International, 2016) para un consumo de 105 g por día (Tabla 4), para lo cual se empleó el software N-utrition 2.0 (DAPP, 2003).

Los materiales evaluados fueron harina de soja de 45% de proteína cruda y 4 UTI/mg de IT y expeller de soja de 39% de proteína cruda y 10 UTI/mg de IT.

**Tabla 4.** Composición y aportes nutricionales de las dietas experimentales para un consumo de 105 g/día

<b>Materias Primas (%)</b>	<b>Tratamientos</b>	
	<b>Hna Soja</b>	<b>Exp Soja</b>
<b>Maíz</b>	59,54	57,18
<b>Soja aceite</b>	2,55	0,55
<b>Soja harina (45% PC)</b>	25,72	
<b>Soja expeller (39% PC)</b>		30,00
<b>Conchilla</b>	10,05	10,04
<b>Fosfato monocálcico</b>	1,46	1,52
<b>Premix vit-min</b>	0,15	0,15
<b>Sal</b>	0,41	0,41
<b>DL-Metionina 99%</b>	0,07	0,10
<b>Colina Cl</b>	0,05	0,05
<b>Costo (US\$/t)</b>	370,61	348,30
<b>Nutrientes calculados (%)</b>		
<b>Proteína</b>	16,28	16,28
<b>Lípidos</b>	5,40	5,93
<b>Ca</b>	4,14	4,14
<b>P Total</b>	0,64	0,66
<b>P Disponible</b>	0,44	0,44
<b>Na</b>	0,17	0,17
<b>EMA (kcal/kg)</b>	2.844	2.844
<b>EMV (kcal/kg)</b>	3.072	3.072
<b>Lisina Dig.</b>	0,780	0,773
<b>Metionina Dig.</b>	0,332	0,343
<b>Met+Cis Dig.</b>	0,570	0,570
<b>Treonina Dig.</b>	0,560	0,542
<b>Arginina Dig.</b>	1,006	0,963
<b>IT (UTI/mg)</b>	1,03	3,00

EMV: Energía Metabolizable Verdadera (Sibbald, 1976); EMA: Energía Metabolizable Aparente; Dig. Digestible; IT: Inhibidores de Tripsina.

### Parámetros zootécnicos y económicos

Los parámetros evaluados durante el ensayo fueron los siguientes:

- Postura (%): diaria considerando ave-día.
- Consumo diario (g): por lote, promedio de cada período.
- Peso de huevo (g): tomando una muestra (producción de los 3 últimos días de cada período).

- Mortalidad: Diaria para corrección de la postura.
- Masa de huevo (g/día): Postura x Peso de huevo.
- Conversión por docena y por kg de huevo.
- Huevo sucio (%): Tomando una muestra (producción de los 3 últimos días de cada período).
- Costos de alimentación por docena y kg de huevo: con los datos de conversión y costos de alimento se calcularon los costos de alimentación para la producción de una docena y un kg de huevo.

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron sometidos a Análisis de la Variancia (ANOVA) como medidas repetidas. El análisis se realizó mediante modelos lineales mixtos. Cuando el grado de significancia resultó menor al 5% (10%, tendencia), la comparación de medias se realizó por la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher. En el caso de huevos sucios se empleó tablas de contingencia para datos categóricos y prueba de  $\chi^2$  para comparar entre valores observados y esperados.

Para todos los análisis estadísticos se empleó el software InfoSTAT v2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020) y la aplicación Modelos Lineales Mixtos (Di Rienzo *et al.*, 2011) del mismo software integrado con R (R Core Team, 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros zootécnicos

En ninguno de los parámetros evaluados se encontró interacción entre período y fuente proteica ( $p>0,05$ ), por lo que se presentan los efectos mayores.

En **postura** se encontró un efecto de período, donde a medida que la gallina envejece, la postura disminuye ( $p\leq 0,05$ , Tabla 5).

Esto es debido a que, una vez que las aves rompen postura, aproximadamente a las 20 semanas de edad, se llega a un pico luego de transcurridas 8 a 10 semanas, donde se mantiene relativamente estable hasta comenzar a descender y declinar alcanzando valores entre 50 y 60% al final del primer año de postura (Barh, 1992; Cuéllar Sáenz, 2022).

El descenso en el nivel de puesta se debe a dos hechos que aparecen simultáneamente: un acortamiento de las series de puesta y un incremento en los períodos de descanso (Sauveur & de Reviere, 1992).

No se encontró un efecto de tratamiento en postura ( $p>0,05$ , Tabla 5). Este resultado es esperable desde el punto de vista nutricional, ya que las dietas fueron formuladas isonutritivas.

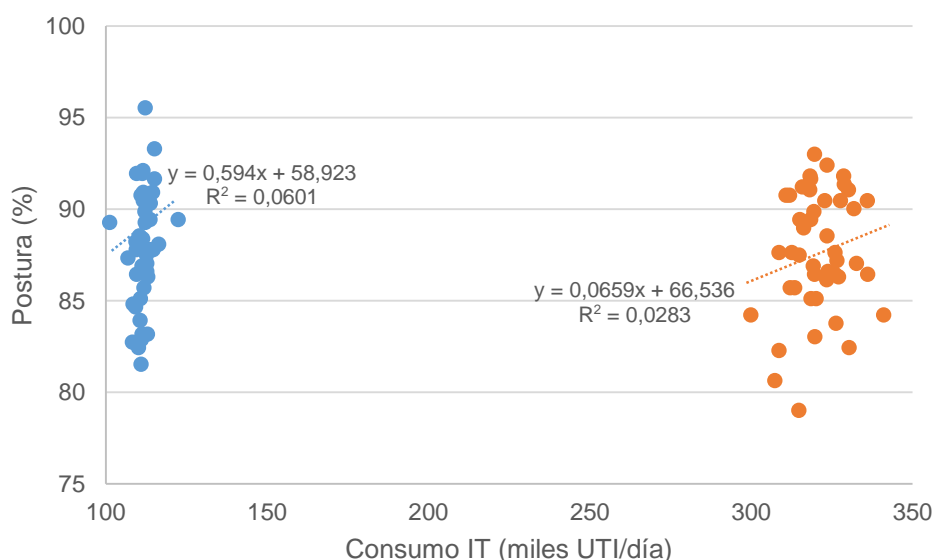
**Tabla 5.** Postura de gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas

<i>Efecto mayor</i>	<b>Postura</b> %
<b>Período</b>	
1-	89,93 <sup>a</sup>
2-	88,39 <sup>b</sup>
3-	85,05 <sup>c</sup>
<b>Fte. Prot.</b>	
Hna. Sj	87,89
Exp. Sj	87,69
<b>Probabilidades</b>	
Período	<0,01
Fte. Prot.	0,80
Interacción	0,18
<b>CV (%)</b>	2,8

Fte. Prot.: Fuente proteica. Hna. Sj: Harina de Soja. Exp. Sj: Expeller de soja. CV: Coeficiente de variación.

Medias en un mismo grupo con diferente superíndice, difieren estadísticamente ( $p\leq 0,05$ ).

No se observó correlación entre el consumo de IT y la postura con un  $R^2$  de 0,06 y 0,03 para los tratamientos con harina y expeller de soja, respectivamente, (Figura 8), estos datos no concuerdan con numerosos estudios que muestran el efecto negativo de los IT sobre el desempeño de diferentes especies animales que incluyen ratas, cerdos, pavos y pollos (Batterham *et al.*, 1993; Clarke & Wiseman, 2005; 2007; Grant *et al.*, 1995; Herkelman *et al.*, 1992; Iglesias *et al.*, 2013; Mian & Garlich, 1995; Zollitsch *et al.*, 1993); posiblemente, los niveles de IT en el alimento alcanzados en el presente ensayo (de 1,03 y 3,00 UTI/mg de alimento para las dietas con harina y expeller de soja, respectivamente), no serían perjudiciales para las gallinas por dos razones: la cantidad de consumo y la edad.



**Figura 8.** Relación entre consumo de inhibidores de tripsina y postura.

● Harina de soja; ● Expeller de soja.

Iglesias *et al.* (2013) indican que, para pollos parrilleros, el punto de inflexión para comenzar a encontrar pérdidas en el desempeño es de 2,4 UTI/mg de alimento. Algo parecido proponen Ruiz & Belalcázar (2005), que concluyeron que dietas con harinas de soja con 3,8 a 5,7 UTI/mg (2 a 3 mg TI/g) no generaban signos de tránsito rápido en pollos parrilleros, considerando un nivel de inclusión de harina de soja del 40%, estarían hablando de tener entre 1,52 y 2,28 UTI/mg de alimento terminado.

No existe una equivalencia exacta entre las diferentes unidades en que se miden los IT, sin embargo, se puede decir que  $1 \text{ mg TI/g} \approx 1,9 \text{ UTI/mg}$  (Mateos *et al.*, 2019).

En cuanto al **peso de huevo**, los primeros dos períodos no difieren estadísticamente entre sí ( $p > 0,05$ , Tabla 6), pero sí lo hacen del período 3, en el cual, el peso de huevo fue mayor ( $p \leq 0,05$ ).

Barh (1992) señala que en gallinas viejas el folículo necesita más tiempo para crecer antes de ovular, por lo que las yemas son más grandes a medida que la gallina envejece.

En cuanto a las fuentes proteicas, con el expeller se encontró mayor peso de huevo que con la harina de soja ( $p \leq 0,05$ , Tabla 6). Capparelli (2020) señala que, a niveles de energía adecuados, la grasa añadida ayuda a elevar el peso del huevo. En el presente ensayo, la cantidad de lípidos proveniente del expeller + aceite es mayor que el proveniente de la harina de soja + aceite (Tabla 4), lo que explicaría, en parte, el mayor tamaño de huevo encontrado en el tratamiento con expeller de soja.

**Tabla 6.** Peso de huevo de gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas

<i>Efecto mayor</i>	<b>Peso de Huevo</b> <b>g</b>
<b>Período</b>	
1-	63,23 <sup>b</sup>
2-	63,28 <sup>b</sup>
3-	64,12 <sup>a</sup>
<b>Fte. Prot.</b>	
<b>Hna. Sj</b>	63,01 <sup>b</sup>
<b>Exp. Sj</b>	64,08 <sup>a</sup>
<b>Probabilidades</b>	
<b>Período</b>	<0,01
<b>Fte. Prot.</b>	<0,01
<b>Interacción</b>	0,44
<b>C.V. (%)</b>	1,1

Fte. Prot.: Fuente de proteína. Hna. Sj: Harina de Soja. Exp. Sj: Expeller de soja. C.V.: Coeficiente de variación.

Medias en un mismo grupo con diferente superíndice, difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ).

Para **masa de huevo**, se encontró una diferencia significativa entre períodos ( $p \leq 0,05$ ), en donde a medida que la gallina envejece, la masa de huevo se reduce (Tabla 7).

Esto se debe a que, si bien el peso de huevo aumenta con la edad de la gallina, dicho aumento no es capaz de compensar la pérdida en postura, por lo tanto, es de esperar que este parámetro también decline con la edad del animal (Bell, 1981).

En cuanto a los tratamientos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ , Tabla 7).

**Tabla 7.** Masa de huevo producida por gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas

<i>Efecto mayor</i>	<b>Masa de Huevo g</b>
<b>Período</b>	
1-	56,87 <sup>a</sup>
2-	55,93 <sup>b</sup>
3-	54,53 <sup>c</sup>
<b>Fte. Prot.</b>	
Hna. Sj	55,37
Exp. Sj	56,19
<b>Probabilidades</b>	
Período	<0,01
Fte. Prot.	0,19
Interacción	0,14
C.V. (%)	2,0

Fte. Prot.: Fuente de proteína. Hna. Sj: Harina de Soja. Exp. Sj: Expeller de soja. C.V.: Coeficiente de variación.

Medias en un mismo grupo con diferente superíndice, difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ).

En **consumo**, se encontraron diferencias significativas entre períodos ( $p \leq 0,05$ , Tabla 8), siendo el primer período el de mayor consumo, seguido por el tercero y el segundo presentó el menor valor, por lo que no se pudo establecer una tendencia clara a través del tiempo; sin embargo, todos estos valores hallados se encuentran dentro de los estándares para la línea (Hy-Line International, 2016).

En tanto que, al analizar la fuente proteica, con expeller de soja hubo menor consumo que con harina ( $p \leq 0,05$ ).



El consumo puede ser alterado por un sinnúmero de factores, desde la textura y color del alimento hasta mecanismos glucostáticos, termostáticos, lipostáticos o bien por el simple hecho de la distensión del tracto gastrointestinal (Ferket & Gernat, 2006). En el caso de las dietas con expeller o harina de soja, la diferencia que se encontró, y que podría explicar esta disminución en el consumo, es el contenido de lípidos (Tabla 4), por lo que la teoría lipostática podría explicar este comportamiento, pese a que las dietas fueron formuladas isoenergéticas.

**Tabla 8.** Consumo en gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas

<i>Efecto mayor</i>	<b>Consumo</b> <b>g</b>
<b>Período</b>	
1-	109,3 <sup>a</sup>
2-	106,0 <sup>c</sup>
3-	108,0 <sup>b</sup>
<b>Fte. Prot.</b>	
<b>Hna. Sj</b>	108,5 <sup>a</sup>
<b>Exp. Sj</b>	107,0 <sup>b</sup>
<b>Probabilidades</b>	
<b>Período</b>	<0,01
<b>Fte. Prot.</b>	<0,01
<b>Interacción</b>	0,54
<b>C.V. (%)</b>	2,1

Fte. Prot.: Fuente de proteína. Hna. Sj: Harina de Soja. Exp. Sj: Expeller de soja. C.V.: Coeficiente de variación.

Medias en un mismo grupo con diferente superíndice, difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ).

Las **conversiones por docena y por kilogramo** empeoraron con la edad de las gallinas, producto de la disminución en la postura ( $p \leq 0,05$ , Tabla 9).

En cuanto a los tratamientos, solo se encontró que con expeller de soja se mejoró la conversión por kg de huevo ( $p \leq 0,05$ , Tabla 9), producto del mayor peso de huevo logrado (Tabla 6) y menor consumo de alimento (Tabla 8).

**Tabla 9.** Conversión alimenticia en gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas

<i>Efecto mayor</i>	<i>Conversión</i>	
	<i>Docena</i>	<i>Kg</i>
<b>Período</b>		
1-	1,459 <sup>b</sup>	1,924 <sup>b</sup>
2-	1,440 <sup>b</sup>	1,897 <sup>b</sup>
3-	1,525 <sup>a</sup>	1,982 <sup>a</sup>
<b>Fte. Prot.</b>		
<b>Hna. Sj</b>	1,483	1,962 <sup>a</sup>
<b>Exp. Sj</b>	1,466	1,906 <sup>b</sup>
<b>Probabilidades</b>		
<b>Período</b>	<0,01	<0,01
<b>Fte. Prot.</b>	0,21	0,01
<b>Interacción</b>	0,92	0,58
<b>C.V. (%)</b>	2,5	2,5

Fte. Prot.: Fuente de proteína. Hna. Sj: Harina de Soja. Exp. Sj: Expeller de soja. C.V.: Coeficiente de variación.

Medias en un mismo grupo con diferente superíndice, difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ).

Con expeller de soja se encontró una tendencia a mayor número de **huevos sucios** ( $p \leq 0,10$ , Tabla 10), pasando de 0,43% al 0,79%. Esto puede ser producto del mayor contenido de factores antinutricionales en la dieta con expeller de soja (Tabla 4), que no llegó a afectar la postura (Tabla 5), pero produjo heces más blandas que ensuciaron el huevo (Zalazar, 2021).

**Tabla 10.** Número de huevos sucios en gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas

<i>Fte. Prot.</i>	<i>Huevos</i>		
	<i>Sucios</i>	<i>Limpios</i>	<i>Total</i>
<b>Hna. Sj</b>	12* (e=17)	2750* (e=2745)	2762
<b>Exp. Sj</b>	22* (e=17)	2750* (e=2755)	2772
<b>Total</b>	34	5500	5534
<b>Probabilidad (<math>Ch^2</math>)</b>	0,08		

Fte. Prot.: Fuente de proteína. Hna. Sj: Harina de Soja. Exp. Sj: Expeller de soja.

\*Valor observado resultó significativamente diferente al esperado ( $p \leq 0,10$ ).

### Parámetros económicos

En ninguno de los dos parámetros analizados se encontró interacción entre período y fuente proteica ( $p > 0,05$ , Tabla 10).

El comportamiento de **costo por docena** y **costo por kilogramo de huevo** a lo largo del ensayo fue similar. Se observó que, en los dos primeros períodos, los costos fueron menores y difirieron estadísticamente del tercer período ( $p \leq 0,05$ , Tabla 11). Esto se asocia estrechamente con los parámetros zootécnicos de conversión alimenticia (Tabla 9), ya que, a medida que la gallina envejece, la conversión empeora, dado que declina la puesta (Tabla 5) y el consumo se mantiene relativamente constante (Tabla 8).

Entre las fuentes proteicas se observó que, tanto para **costo por docena** como para **costo por kilogramo de huevo**, con expeller de soja se lograron valores menores que con harina de soja ( $p \leq 0,05$ , Tabla 11), asociado principalmente al menor costo de la dieta con expeller de soja (Tabla 4) y a la mejor conversión alcanzada por este tratamiento (Tabla 9).

**Tabla 11.** Costos en gallinas alimentadas con diferentes fuentes proteicas

<b>Efecto mayor</b>	<b>Costos de alimentación</b>	
	<b>US\$/Doc</b>	<b>US\$/Kg</b>
<b>Período</b>		
1-	0,5247 <sup>b</sup>	0,6920 <sup>b</sup>
2-	0,5177 <sup>b</sup>	0,6822 <sup>b</sup>
3-	0,5482 <sup>a</sup>	0,7128 <sup>a</sup>
<b>Fte. Prot.</b>		
<b>Hna. Sj</b>	0,5498 <sup>a</sup>	0,7272 <sup>a</sup>
<b>Exp. Sj</b>	0,5106 <sup>b</sup>	0,6641 <sup>b</sup>
<b>Probabilidades</b>		
<b>Período</b>	<0,01	<0,01
<b>Fte. Prot.</b>	<0,01	<0,01
<b>Interacción</b>	0,99	0,70
<b>C.V. (%)</b>	2,5	2,6

Fte. Prot.: Fuente de proteína. Hna. Sj: Harina de Soja. Exp. Sj: Expeller de soja. C.V.: Coeficiente de variación.

Medias en un mismo grupo con diferente superíndice, difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

El reemplazo total de harina de soja y parcial de aceite por expeller de soja mejoró parámetros como *peso de huevo* (+1 g), *consumo* (-1,5 g/día) y *conversión por kg de huevo* (-56 g para producir un kg de huevo); por otra parte, no afectó significativamente los parámetros de *postura*, *masa de huevo* y

*conversión por docena*; y tendió a presentar más *huevos sucios*, pasando de 0,43% de huevos sucios con harina de soja a 0,79% con expeller.

Entre los parámetros económicos analizados, al emplear expeller de soja en lugar de harina de soja disminuyeron los *costos de alimentación*, tanto por docena (-4 centavos de dólar) como por kg de huevo producido (-6 centavos de dólar).

De todo esto se desprende que, el expeller de soja es un ingrediente que puede reemplazar sin problemas a la harina de soja en dietas para gallinas ponedoras, pero hay que prestar especial atención a la calidad del ingrediente analizando parámetros como presencia de IT remanentes, solubilidad de proteína, energía metabolizable, aceite residual y contenido de PC.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aello MS & Di Marco ON. 2000. *Curso de Nutrición Animal*. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMDP. Mar del Plata, Bs. As., Argentina. 310 pp.
- Agroproyectos. 2022. Razas de gallinas ponedoras. Agroproyectos.org. URL: <https://agroproyectos.org/guia-tecnica-de-gallinas-de-postura-pdf/>. Acceso: 22-may-2023.
- Aguirre Toribio LA, Fondevila Lobera G, González Mateos G. 2019. Variabilidad de la composición química y del valor nutricional de la harina de soja. *3tres3*. URL: [https://www.3tres3.com/articulos/composicion-quimica-y-valor-nutricional-de-la-harina-de-soja\\_40947/](https://www.3tres3.com/articulos/composicion-quimica-y-valor-nutricional-de-la-harina-de-soja_40947/). Acceso: 23-Mar-2023.
- Alcalde Tuesta S. 2021. Proteína de origen animal en la formulación de la dieta avícola. *Actualidad Avípecuaria*. URL: <https://actualidadavipecuaria.com/proteina-de-origen-animal-en-la-formulacion-de-la-dieta-avicola/>. Acceso: 2-Mar-2023.
- Avicultura.com. 2022. Crece el consumo de huevos en Argentina y ocupa el quinto lugar en el ranking mundial. *Real Escuela de Avicultura*. URL: <https://avicultura.com/crece-el-consumo-de-huevos-en-argentina-y-ocupa-el-quinto-lugar-en-el-ranking-mundial/>. Acceso: 8-Mar-2023.
- Avicultura.com. 2023. Crece el consumo de huevos en Argentina y se sitúa en 314 huevos por habitante. *Real Escuela de Avicultura*. URL: <https://avicultura.com/crece-el-consumo-huevos-en-argentina-y-se-situa-en-314-huevos-por-habitante/>. Acceso: 8-Mar-2023.
- Baquero Franco J. 1988. Extracción de aceite de semillas oleaginosas. *Hojas de Divulgación* del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias. N° 3. Madrid, España. 24 pp.
- Barh J. 1992. Producción de huevos. Envejecimiento de las gallinas domésticas y descenso de la producción de huevos. *Selecciones Avícolas* 34(7): 467-470.
- Batterham ES, Saini HS, Andersen LM, Baigent RD. 1993. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and

- pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 61(2): 211-216.
- Bell D. 1981. La masa diaria de huevos, una mejor medición de los resultados. *Selecciones Avícolas* 23(6): 231-232.
- Capparelli M. 2020. Gallinas ponedoras: Factores que influyen en el tamaño y peso del huevo. *El Sitio Avícola*. URL: <https://www.elsitioavicola.com/articulos/3015/gallinas-ponedoras-factores-que-influyen-en-el-tamaao-y-peso-del-huevo/>. Acceso: 4-May-2023.
- Casale MG. 2004. Procesamiento industrial de la soja. En: Harris S; Kovalskys I; López Musi JC; Rubinstein C (Eds.) *Soja y Nutrición: Informe sobre el Uso y la Seguridad de la Soja en la Alimentación*. 1<sup>ra</sup> ed. Editorial Publitec SAECyM, Buenos Aires, Argentina. pp. 17-19.
- Charriere MV. 2014. *Inhibidores de tripsina en complejo soja: Sus efectos sobre el desempeño de las aves*. [Trabajo Final de Especialización] Universidad Nacional de Luján. 55 pp.
- Cinque F. 2011. *Proyecto de inversión de una planta extrusadora de soja. Análisis económico y comercial*. [Trabajo Final de Grado] Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. 39 pp.
- Cladan. 2020. La producción mundial de huevos continúa aumentando. Cladan. URL: <https://cladan.com.ar/publicaciones/noticias/la-produccion-mundial-de-huevos-continua-aumentando>. Acceso: 8-Mar-2023.
- Clarke E & Wiseman J. 2005. Effects of variability in trypsin inhibitor content of soya bean meals on true and apparent ileal digestibility of amino acids and pancreas size in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology* 121(1-2): 125-138.
- Clarke E & Wiseman J. 2007. Effects of extrusion conditions on trypsin inhibitor activity of full fat soybeans and subsequent effects on their nutritional value for young broilers. *British Poultry Science* 48(6): 703-712.
- Codony R. 2002. Composición y valor nutritivo del huevo. En: Sastre Gallego A; Sastre Gallego RM; Tortuero Cosialls F; Suárez Fernández G; Vergara

- García G; López Nomdedeu C (Eds.) *Lecciones Sobre el Huevo*. 1<sup>ra</sup> ed. Instituto de Estudios del Huevo, Madrid, España. Pp 155-164.
- Cozzolino D. 2000. 5.1. Harinas de origen animal. En: *Características de los Suplementos Utilizados en el Uruguay para su Empleo en la Alimentación*. Serie Técnica n° 110. Unidad de Difusión e Información Tecnológica, INIA. Montevideo, Uruguay. Pp 10-11.
- Cuca García M & Ávila González E. 1978. Fuentes de energía y proteínas para la alimentación de las aves. *Ciencia Veterinaria* 2: 325-358.
- Cuéllar Parrado JT. 2019. *Relevamiento y Ajuste de la Variable Temperatura en la Obtención de Aceite Crudo y Expeller de Soja*. [Informe de Práctica Profesional]. Dpto. de Tecnología Química, Fac. de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto. 48 pp.
- Cuéllar Sáenz JA. 2022. Factores que disminuyen la producción de huevos. *Veterinaria Digital*. URL: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/factores-que-disminuyen-la-produccion-de-huevos/>. Acceso: 04-May-2023.
- Dale N. 1988. Solubilidad de la proteína: indicador del procesado de la harina de soja. *Selecciones avícolas* 30(11): 329-332.
- DAPP. 2003. *N-utritión 2.0*. [Software de formulación]. Colón, Entre Ríos, Argentina.
- de Blas C, García-Rebollar P, Gorrachategui M, Mateos GG. 2019. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. 4<sup>a</sup> edición. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 604 pp.
- de Klerk B & van de Braak T. 2019. Dual purpose breeding from a broiler and a layer perspective. In: Trefil P & Weigend S (Eds.) *Proceedings of the XIth European symposium on Poultry Genetics*. 23-25 October. Prague, Czech Republic. Pp 25-28.
- DeltLabs. 2021. La harina de soja en nutrición avícola. *DeltLabs*. URL: <https://www.deltalabs.online/la-harina-de-soja-en-nutricion-avicola/>. Acceso: 16-Mar-2023.

- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M & Robledo CW. 2020. *InfoStat v2020*. [software estadístico]. Córdoba, Argentina: FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Di Rienzo JA, Macchiavelli RE & Casanoves F. 2011. *Modelos lineales mixtos*. 1st ed. Córdoba, Córdoba, Argentina: Grupo Infostat. 193 pp.
- Ferket PR & Gernat AG. 2006. Factors that affect feed intake of meat birds: A review. *International Journal of Poultry Science* 5 (10): 905-911.
- González K. 2017. ¿Qué es la estirpe en avicultura? *ZooVet Es mi pasión*. URL: <https://zoovetespasion.com/avicultura/gallinas-ponedoras/la-estirpe-avicultura>. Acceso: 8-Mar-2023.
- González K. 2020. Alimentación de la gallina ponedora. *Actualidad Avipecuaria*. URL: <https://actualidadavipecuaria.com/alimentacion-de-la-gallina-ponedora/> Acceso: 23-Mar-2023.
- González-Velandia KD, Landázury-Correa A & Chaparro AM. 2020. Nota técnica: Evaluación de impactos ambientales en la cadena de producción de huevos agroecológicos con un enfoque de ciclo de vida. *Revista de Ciencias Ambientales* 54(2): 165-179.
- Mateos GG, Cámara L, de Juan AF, Aguirre L, Fondevila G. 2019. Factores antinutricionales de los ingredientes y su impacto en alimentación de aves y porcino. XXXV Curso de Especialización FEDNA. 7 y 8 de noviembre. Madrid, España. Pp 113-132.
- Grant G, Dorward PM, Buchan WC, Armour JC, Pusztai A. 1995. Consumption of diets containing raw soya beans (*Glycine max*), kidney beans (*Phaseolus vulgaris*), cowpeas (*Vigna unguiculata*) or lupin seeds (*Lupinus angustifolius*) by rats for up to 700 days: Effect on body composition and organ weights. *The British Journal of Nutrition* 73(1):17-29.
- Herkelman KL, Cromwell GL, Stahly TS, Pfeiffer TW, Knabe DA. 1992. Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low-trypsin-inhibitor soybeans for pigs. *Journal of Animal Science* 70(3): 818-826.



- Hy-Line International. 2016. *Guía de Manejo – Ponedoras Comerciales W-36*. 42 pp.
- Iglesias BF, Azcona JO, Charriere MV. 2013. Inhibidores de tripsina: Sus efectos sobre el desempeño de pollos parrilleros. *Agroindustria* 31(127): 18-22.
- Iglesias BF, Charrière MV, Gaggiotti M, Fain Binda V, Chale J, Prieto GM. 2022. Caracterización de arveja (*Pisum sativum*) para la alimentación de aves y efecto de desactivado con microondas. *Nutrinews LATAM* 2022(4): 48-55.
- Juan NA., Massigoge JI, Errasquin L, Méndez JM, Ochandio DC, Saavedra AE, Paolilli MC, Alladio RM, Accoroni C, Behr EF. 2015. *Calidad de la soja procesada y del expeller producido por la industria de extrusado-prensado en Argentina*. Ediciones INTA, La Pampa, Argentina. 31 pp.
- Maciel G. 2020. Expeller de soja: Acondicionamiento de materia prima, eficiencia de extracción, composición, calidad y almacenabilidad del producto extrusado. [Tesis Doctoral] Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. 261 pp.
- Martínez Moreno DC & Rodríguez Suárez GL. 2010. *Determinación de los inhibidores de tripsina del frijol soya tostado y del subproducto torta de soya para evaluar el control de proveedores de la empresa de alimentos concentrados Contegral SA*. [Trabajo de Grado] Fac. de Ingeniería, Univ. de La Salle. Bogotá, Colombia. 111 pp.
- Masi Mignaco S. 2016. Evaluación de una suplementación con expeller de soja en cerdas durante el último tercio de gestación y el impacto sobre sus lechones. [Tesis de Magister Scientiae]. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 62 pp.
- Melgar R, Vitti G, De Melo Benites V. 2011. Fertilizando para altos rendimientos: Soja en Latinoamérica. Instituto Internacional de la Potasa. *Boletín n 20*. Horgen, Switzerland. 179 pp.
- Méndez JM. 2011. Expeller de soja: Valor agregado y calidad. *INTA Informa* URL: <https://intainforma.inta.gob.ar/expeller-de-soja-valor-agregado-y-calidad/>. Acceso: 17-Mar-2023.

- Méndez JM, Covacevich M, Capurro J, Bragachini MA, Casini C, Saavedra A. 2011. Procesamiento del grano de soja en la provincia de Santa Fe mediante extrusado y prensado. *Revista A&G* n° 83, XXI(2): 254-258.
- Mian MA & Garlich JD. 1995. Tolerance of turkeys to diets high in trypsin inhibitor activity from untoasted soybean meals. *Poultry Science* 74(7):1126-1133.
- Nutrinew.com. 2021. Harina de soja y su papel en la alimentación animal. URL: <https://nutrinews.com/harina-de-soja-y-papel-en-la-alimentacion-animal/>. Acceso: 16-Mar-2023.
- Olguin MC, Zingale MI, Revelant GC, Vignale ME. 2001. Actividad ureásica en productos de soja: Propuesta de un nuevo método. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51(3): 284-287.
- Quicazán M & Caicedo L. 2012. Inactivación del inhibidor de tripsina durante el tratamiento térmico de bebidas de soja. *Vitae* 19(1): S337-S339.
- R Core Team. 2017. *A language and environment for statistical computing*. <http://www.R-project.org/>. Vienna, Austria.
- Reinaudo Bordoni, M. 2017. *Proyecto de inversión: El caso de una extrusora de soja*. [Trabajo Final de Grado]. Fac. de Cs. De la Administración, Instituto Universitario Aeronáutico. 50 pp.
- Ridner E. 2006. *Soja, Propiedades Nutricionales y su Impacto en la Salud*. Sociedad Argentina de Nutrición, Buenos Aires, Argentina. 99 pp.
- Ruiz N & De Belalcázar F. 2005. Field observation: trypsin inhibitors in soybean meal are correlated with outbreaks of feed passage in broilers. *Poultry Science* 84(E-suppl. 1): 70.
- Sauveur B & de Reviers M. 1992. *Reproducción de las Aves*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. 350 pp.
- Seijas Noya I, Jaurena G, Wawrzkievicz M, Gaggiotti M, Romero LA, Méndez M. 2020. Evaluación de la calidad de subproductos de la soja. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 46(2): 258-266.

- Tortuero Cosialls F. 2002. El huevo en la nutrición y la salud. En: Sastre Gallego A; Sastre Gallego RM; Tortuero Cosialls F; Suárez Fernández G; Vergara García G; López Nomdedeu C (Eds.) *Lecciones Sobre el Huevo*. 1<sup>ra</sup> ed. Instituto de Estudios del Huevo, Madrid, España. Pp 145-153.
- Valls Porta A. 1993. El proceso de extrusión en cereales y habas de soja, I. Efecto de la extrusión sobre la utilización de nutrientes. *Avances en Nutrición y Alimentación Animal: IX Curso de Especialización FEDNA*, Barcelona, España. Pp 109-115.
- Vilella F. 2023. Avicultura, una bioeconomía que crece entre la nutrición, la gastronomía y el valor agregado. *Clarín Rural*. URL: [https://www.clarin.com/rural/avicultura-bioeconomia-crece-nutricion-gastronomia-valor-agregado\\_0\\_mhzoVNYWwf.html](https://www.clarin.com/rural/avicultura-bioeconomia-crece-nutricion-gastronomia-valor-agregado_0_mhzoVNYWwf.html). Acceso: 6-Jun-2023.
- Zalazar PS. 2021. Control de Calidad de Huevos Comercializables. [Tesis de Especialización]. Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina. 54 pp.
- Zollitsch W, Wetscherek W, Lettner F. 1993. Use of differently processed full-fat soybeans in a diet for pig fattening. *Animal Feed Science and Technology* 41(3): 237-246.