



**PERFIL HORMONAL Y DINÁMICA FOLICULAR  
DE DOS RAZAS DE GALLINAS PONEDORAS ENVEJECIDAS  
QUE SE LE SUMINISTRÓ MELATONINA EN NIGERIA**

**HORMONAL PROFILE AND FOLLICULAR DYNAMICS  
OF TWO BREEDS OF OLD LAYING HENS  
ON MELATONIN ADMINISTRATION IN NIGERIA**

✉ ROSEMARY OZIOMA IGWE<sup>1\*</sup>, ✉ UDO HERBERT<sup>2</sup>, ✉ JUDE T. OGUNNUPEBI<sup>1</sup>, ✉ ISAAC IKECHUKWU OSAKWE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Ebonyi State University, Abakaliki, Ebonyi State Nigeria, Animal Science*

<sup>2</sup>*Michael Okpara University of Agriculture Umudike, Abia State Nigeria, Animal Breeding and Physiology*

<sup>3</sup>*Alex-ekwueme Federal University Undufu-Alike Ikwo, Ebonyi State Nigeria, Animal Science*

\* Email: [igwe.rosemary@ebsu.edu.ng](mailto:igwe.rosemary@ebsu.edu.ng)

En un estudio de 20 semanas, se utilizaron 117 gallinas ponedoras, de 52 semanas de edad, de las razas Isa Brown y Nera Black para evaluar los efectos de la melatonina en las hormonas reproductivas y la producción de huevos. El estudio utilizó un diseño factorial 2×3, en bloques completamente aleatorizados con tres tratamientos (0 mg, 5 mg y 10 mg de melatonina) y tres réplicas, administradas diariamente a través del agua de beber. Se recolectaron y analizaron 39 muestras de sangre. La melatonina a 5 mg (T<sub>2</sub>) mejoró significativamente los niveles de hormona foliculoestimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) en gallinas Isa Brown, con concentraciones de 629.14 pg/mL y 55.48 mIU/mL, respectivamente. Sin embargo, mayores niveles de melatonina a 10 mg (T<sub>3</sub>) condujeron a niveles reducidos de hormonas (279.40 pg/mL y 39.64 mIU/mL). Una tendencia similar se observó en las gallinas Nera Black. La producción de huevos de gallina por día (HDEP) también mejoró con el tratamiento con melatonina, con la dosis de 5 mg (T<sub>2</sub>), con la mayor tasa de rendimiento productivo para ambas razas. Específicamente, las gallinas Isa Brown mostraron porcentajes de HDEP de 39.11 % (T<sub>1</sub>), 86.33 % (T<sub>2</sub>) y 61.66 % (T<sub>3</sub>), mientras que las gallinas Nera Black tuvieron porcentajes de HDEP de 31.10 % (T<sub>1</sub>), 70.86 % (T<sub>2</sub>) y 58.60 % (T<sub>3</sub>). En conclusión, la melatonina a 5 mg mejoró el perfil hormonal reproductivo, promovió el desarrollo y crecimiento de los folículos. Esto último aumentará la producción de huevos en las dos razas, preferentemente en la raza Nera Black.

In a 20-week study, 117 laying hens, aged 52 weeks, of the Isa Brown and Nera Black breeds were used to evaluate the effects of melatonin on reproductive hormones and egg production. The study utilized a 2×3 factorial, a completely randomized block design with three treatments (0 mg, 5 mg, and 10 mg of melatonin) and three replicates, administered daily through drinking water. A total of 39 samples of blood were collected and analyzed. Melatonin at 5 mg (T<sub>2</sub>) significantly improved levels of follicle-stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH) in Isa Brown hens, with concentrations of 629.14 pg/mL and 55.48 mIU/mL, respectively. However, higher melatonin levels at 10 mg (T<sub>3</sub>) led to reduced hormone levels (279.40 pg/mL and 39.64 mIU/mL). A similar trend was observed in Nera Black hens. Hen day egg production (HDEP) also improved with melatonin treatment, with the 5 mg dosage (T<sub>2</sub>) yielding the highest production rates for both breeds. Specifically, Isa Brown hens showed HDEP percentages of 39.11 % (T<sub>1</sub>), 86.33 % (T<sub>2</sub>), and 61.66 % (T<sub>3</sub>), while Nera Black hens had HDEP percentages of 31.10 % (T<sub>1</sub>), 70.86 % (T<sub>2</sub>) and 58.60 % (T<sub>3</sub>). In conclusion, melatonin at 5 mg improved the reproductive hormonal profile, promoted follicle development and growth the latter will increase egg production in the two breeds, preferentially in the Nera black breed.

**Palabras clave:** hormona estimulante del folículo, hormona luteinizante, melatonina

**Keywords:** follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, melatonin

Recibido: 02 de abril de 2024

Aceptado: 25 de julio de 2024

**Conflicto de intereses:** No existe conflicto de intereses entre los autores.

**Declaración de contribución de autoría CRediT:** Rosemary Ozioma Igwe: **Conceptualización, Administración de proyectos, Redacción - borrador original.** Udo Herbert: **Supervisión, Redacción - revisión y edición.** Jude T. Ogunnupebi: **Curación de datos, Metodología, Software.** Isaac Ikechukwu Osakwe: **Investigación, Supervisión, Redacción - revisión y edición.**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## Introducción

Las gallinas ponedoras pueden seguir produciendo huevos durante varios años. Sin embargo, su productividad suele disminuir significativamente después del primer año, y esta disminución varía ampliamente entre razas (Albatshan et al. 1994). Para mejorar el rendimiento de las gallinas que envejecen, es fundamental retrasar el envejecimiento ovárico y controlar el agotamiento de la reserva de folículos primordiales después del período de producción máxima de huevos (Barzegar et al. 2020).

Anteriormente, muchos investigadores informaron sobre los efectos antioxidantes y antiinflamatorios de la melatonina (Bantounou et al. 2022). Se ha demostrado que la melatonina (MT) influye en la cantidad y madurez de los folículos ováricos, aunque las investigaciones sobre sus mecanismos específicos en las aves siguen siendo limitadas (Hao et al. 2020). Estudios recientes han destacado los efectos beneficiosos de la melatonina en la reproducción de varios animales. Por ejemplo, se ha descubierto que la melatonina promueve el desarrollo de los ovocitos y de los primeros embriones en mamíferos, que incluyen ratones (Ganji et al. 2015). En las gallinas ponedoras, los problemas comunes durante las últimas etapas de la producción incluyen un menor rendimiento de la puesta, una disminución del recuento de folículos en los ovarios (Zakaria et al. 1983 y Ferlazzo et al. 2020) y mayores tasas de rotura de huevos (Albatshan et al. 1994).

La atresia, maduración y desarrollo folicular realiza una actividad importante en varias etapas de la función folicular, lo que proporciona información sobre los mecanismos moleculares subyacentes a la producción de huevos. La FSH y la LH trabajan en conjunto para garantizar el crecimiento folicular normal (Raju et al. 2013). La FSH, que se produce en la hipófisis anterior en respuesta a la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) del hipotálamo, desempeña una función crucial en la fisiología reproductiva y la fertilidad tanto en animales machos como hembras (Ferlazzo et al. 2020). La FSH mejora el desarrollo folicular al promover la angiogénesis en los folículos de la teca externa, especialmente en gallinas con baja producción de huevos (Bi et al. 2021). Mientras que la FSH estimula el desarrollo y la maduración del óvulo, la LH es responsable de la ovulación. Los niveles óptimos de ambas hormonas aceleran el crecimiento del folículo, lo que conlleva a una mayor producción de huevos a través del desarrollo y la ovulación de más folículos (Prastiya et al. 2022). También participa en la regulación de las hormonas reproductivas al influir en la síntesis y secreción de FSH y LH, lo que afecta el ritmo circadiano, el crecimiento embrionario y el desarrollo de los ovarios (Duo et al. 2014). La melatonina se ha relacionado con respuestas inmunológicas mejoradas y una reducción del estrés oxidativo en aves de corral. Por ejemplo, un estudio de Liu et al. (2022) encontró

que la suplementación con melatonina mejoraba el sistema inmunológico y reducía los marcadores de estrés oxidativo en pollos de engorde, lo que contribuyó a una mejor productividad y salud general. A pesar de estos resultados, existen pocas investigaciones acerca de los efectos de la melatonina en las gallinas ponedoras más allá de su pico de puesta de huevos, particularmente en Nigeria.

Por lo tanto, se diseñó este experimento para evaluar el efecto de la melatonina en el perfil hormonal, el desarrollo folicular y el rendimiento de producción de ponedoras envejecidas, de dos razas de gran importancia en Nigeria.

## Materiales y Métodos

*Locación experimental:* Este experimento se aprobó en la Comunidad ética y de investigación de la Universidad con el número de referencia EBSU/2022/2087. Después de la aprobación, se llevó a cabo en la unidad avícola de la granja de enseñanza e investigación de la Universidad Estatal de Ebonyi, Abakaliki, Nigeria. El experimento se realizó durante la estación seca entre octubre de 2022 y marzo de 2023. La temperatura media fue de 37.8 a 39 °C durante la estación seca y calurosa.

*Animales experimentales y manejo:* El estudio incluyó gallinas Isa Brown y Nera Black, ambas de 54 semanas de edad al inicio del experimento que duró 20 semanas. El experimento se realizó en dos fases, denominadas Experimento I y Experimento II, cada una centrada en una raza diferente de gallinas ponedoras. Se utilizó un total de 117 gallinas ponedoras de cada raza y las gallinas se dividieron en tres grupos de tratamientos para cada experimento. Cada grupo de tratamiento contenía 39 aves, que se subdividieron en tres réplicas de 13 gallinas cada una, alojadas en una cama de cáscara de arroz.

El peso vivo promedio de las aves Isa Brown fue de 1.65 kg, mientras que las aves Nera Black promediaron 1.96 kg. Estas ponedoras se obtuvieron de Agrited, una empresa de cría con sede en Ibadan, Nigeria. Durante todo el experimento, las aves se alimentaron con un puré para ponedoras que contenía 16 % de proteína cruda, 3.5 % de extracto etéreo, 4.7 % de fibra cruda y 11.2968 MJ/kg de energía metabolizable. En la [tabla 1](#) se muestra la composición de la dieta.

*Materiales experimentales:* El material experimental fue un suplemento de melatonina. La melatonina se disolvió en etanol al 10 % a razón de 5 mg/1 mL o 10 mg/1 mL y se administró por vía oral a través del agua a razón de 2 mL por litro de agua diariamente a las ponedoras.

*Análisis hormonal:* Al final del experimento (72 semanas de edad), se obtuvieron muestras de sangre (5 mL) (dos muestras en cada réplica) de la vena braquial del ala de cada gallina y se almacenaron en un tubo Vacutainer simple en una caja fría (4 °C) llena de gel de hielo y cubitos de hielo antes de trasladarlas al laboratorio.

**Tabla 1.** Composición del alimento del experimento

Ingredientes	% Composición
Maíz	48.50
Despojos de trigo	10.30
Harina de palmiche	12.70
Torta de nuez molida	10.70
Harina de pescado	6.30
Conchas de ostras	6.0
Harina de huesos	4.0
Sal común	0.5
Premezcla	0.5
Lisina	0.25
Metionina	0.25
Total	100
Calculado	Valores
Proteína cruda %	16
Fibra cruda %	4.70
Extracto etéreo %	3.20
Metabolizable (Mj/kg)	11.30

\*Premezcla para proporcionar lo siguiente por kg de alimento: Vit A-500 ui, Vit D3- 1200 mg, Vit.E-11 mg, Vit.K-2 mg, Riboflavina- 20 mg, Ácido nicotínico- 10 mg, Ácido pantoténico- 7 mg, Cobalamina- 0.08 mg, Cloruro de colina- 900 mg, Ácido fólico- 1.5 mg, Biotina-1.5 mg, Hierro- 25 mg, Manganeso- 80 mg, Cobre- 2 mg, Zinc- 50 mg, Cobalto- 1.25 mg y Selenio- 0.1 mg.

El ensayo de inmunoadsorción ligado a enzima (ELISA) se utilizó para determinar los niveles de progesterona, FSH y LH en las muestras de sangre. En el ELISA, las muestras de sangre se centrifugaron. La hormona luteinizante (LH) plasmática, la hormona foliculoestimulante (FSH) y la progesterona se cuantificaron utilizando un RIA homólogo (Krishnan *et al.* 1993) o se determinaron por una prueba cuantitativa basada en un kit de ELISA en fase sólida.

*Evaluaciones morfológicas reproductivas:* Al final del experimento (72 semanas de edad), se seleccionaron al azar 6 aves de cada grupo (2 aves por réplica, lo que hace un

total de 18) y se pesaron y decapitaron. Los folículos se recolectaron y se contaron rápidamente bajo el microscopio para detectar folículos blancos pequeños, folículos amarillos pequeños y folículos ligeramente más grandes de entre 5 mm y 2 mm (SWF, SYF, F5 y F2).

*Análisis estadístico:* Para el estudio se utilizó un arreglo factorial 2x3 en un diseño de bloques completamente aleatorizado. Las diferencias entre los grupos de tratamiento y el grupo control se analizaron con un Mini-Tab Versión 12. Se utilizaron las nuevas pruebas de rango múltiple de Duncan después de la prueba de Fisher para identificar qué condiciones de tratamiento eran significativamente diferentes entre sí a un nivel de significancia de  $p < 0.05$  (Duncan 1955).

## Resultados

*Efecto de la melatonina en el perfil hormonal de Isa Brown:* Los resultados de la [tabla 2](#) muestran que la melatonina influyó significativamente ( $p < 0.05$ ) en el perfil hormonal de las gallinas ponedoras de la raza Isa Brown. El grupo control  $T_1$  (2.96 pg/mL) tuvo el nivel más bajo de progesterona, seguido por  $T_2$  (6.15 pg/mL), mientras que el  $T_3$  (8.24 pg/mL) tuvo el más alto. Los niveles de FSH y de LH se afectaron significativamente ( $p < 0.05$ ) por el tratamiento con melatonina. Los más altos niveles de FSH promedio se encontraron en gallinas que se les suministró 5 mg de melatonina.  $T_2$  tuvo altos niveles de FSH con 629.140 pg/mL, seguido por  $T_3$  (279.45 pg/mL), mientras que el grupo control  $T_1$  (198.78 pg/mL) tuvo el menor nivel. Los niveles de LH tuvieron una tendencia similar, donde  $T_2$  (55.48 mUI/mL) tuvo los mayores, seguido por  $T_3$  (39.64 mUI/mL) and  $T_1$  (30.68 mUI/mL), respectivamente.

Los resultados que se muestran en la [tabla 3](#) indican que la melatonina mejoró significativamente ( $p < 0.05$ ) la producción de huevos diaria (HDEP) de ponedoras después de las 50 semanas de edad. Los grupos con 5 mg tuvieron 86.33 % seguidos de los de 10 mg que tenían 61.66 %, mientras que el grupo control (0 mg) tuvo la HDEP más baja. Se observó una tendencia similar en el peso del oviducto. El tamaño de los folículos también estuvo influenciado por la administración de melatonina.

**Tabla 2.** Efecto medio de la melatonina en el perfil hormonal de Isa Brown

Parámetro	$T_1$ (0 mg)	$T_2$ (5 mg)	$T_3$ (10 mg)	EEM	Valor de P
Progesterona, ng/mL	2.96 <sup>a</sup>	6.15 <sup>a</sup>	8.24 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.01	0.000**
FSH, pg/mL	198.78 <sup>b</sup>	629.140 <sup>a</sup>	279.45 <sup>b</sup>	6.41 ± 0.07	0.053**
LH, mUI/mL	30.68 <sup>b</sup>	55.48 <sup>a</sup>	39.64 <sup>b</sup>	0.32 ± 0.0	0.000**

<sup>a,b</sup> Las medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren significativamente ( $p < 0.05$ ) de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Duncan. FSH: hormona foliculoestimulante, LSH: hormona luteinizante

**Tabla 3.** Efecto medio de la melatonina en la dinámica folicular de Isa Brown

Parámetros	T <sub>1</sub> (0 mg)	T <sub>2</sub> (5 mg)	T <sub>3</sub> (10 mg)	EEM	Valor de P
HDEP (%)	39.11 <sup>b</sup>	86.33 <sup>a</sup>	61.66 <sup>a</sup>	3.63 ± 0.07	0.005**
Oviwt (g)	34.40 <sup>b</sup>	64.59 <sup>a</sup>	68.18 <sup>a</sup>	2.92 ± 0.02	0.000**
F <sub>5</sub> (mm)	3.00 <sup>b</sup>	6.00 <sup>a</sup>	5.00 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.00	0.001**
F <sub>4</sub> (mm)	4.00	6.00	4.00	0.61 ± 0.00	0.012
F <sub>3</sub> (mm)	4.00	5.00	5.00	0.50 ± 0.00	0.057
F <sub>2</sub> (mm)	4.00	4.00	5.00	0.99 ± 0.10	0.001
F <sub>1</sub> (mm)	4.00	4.00	5.00	0.48 ± 0.00	0.058
LYF (mm)	30.55 <sup>b</sup>	46.33 <sup>a</sup>	38.11 <sup>a</sup>	4.60 ± 0.10	0.000**
SYF (mm)	18.55 <sup>c</sup>	40.66 <sup>a</sup>	30.12 <sup>a</sup>	0.59 ± 0.0	0.007**
SWF (mm)	20.35 <sup>a</sup>	44.44 <sup>a</sup>	35.33 <sup>b</sup>	2.03 ± 0.03	0.000**

<sup>a,b</sup> Las medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren significativamente (p<0.05) de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Duncan. HDEP: producción de huevos diaria, Oviwt: peso del oviducto.

F5: quinto foliculo amarillo, F4: cuarto foliculo amarillo, F3: tercer foliculo amarillo, F2: segundo foliculo amarillo y F1: primer foliculo amarillo, LYF: foliculo amarillo grande, SYF: foliculo amarillo pequeño, SWF: pequeño foliculo blanco

Los LYF, SYF y SWF aumentaron con la administración de melatonina. De F5-F1 hubo aumentos numéricos con niveles mayores de melatonina, pero no fue estadísticamente significativo.

*Efecto de la melatonina en el perfil hormonal de Nera Black:* Los niveles de progesterona, FSH y LH se afectaron significativamente (p<0.05) por el tratamiento con melatonina (tabla 4). Los niveles más altos de FSH promedio se encontraron en las gallinas por debajo de 5 mg de melatonina (T<sub>2</sub>429.68 pg/mL), seguido por grupos con 10 mg (T<sub>3</sub>198.46 pg/mL) y 0 mg (T<sub>1</sub>52.74 pg/mL), respectivamente. Una tendencia similar se mostró igualmente en LH, donde se registraron niveles más altos en T<sub>2</sub> seguidos de T<sub>3</sub> y T<sub>1</sub>, respectivamente. Los niveles de progesterona aumentaron igualmente con un aumento de los niveles de melatonina en los grupos.

Los resultados de la tabla 5 muestran que la melatonina (p<0.05) influyó en algunos de los parámetros. La HDEP mejoró con la administración de melatonina. El tratamiento T<sub>2</sub> (70.86 %) con 5 mg de melatonina tuvo una mayor HDEP, seguido de T<sub>3</sub> (58.60 %), mientras que el grupo de control tuvo la menor (31.10 %). El peso del oviducto aumentó con un mayor nivel de melatonina donde T<sub>3</sub>

(84.18 g) fue seguido por T<sub>2</sub> (78.59 g), mientras que T<sub>1</sub> (54.40 g) registró el peso más bajo. Algunos de los folículos estaban igualmente influenciados por el tratamiento, mientras que otros tuvieron un aumento numérico, pero no fueron estadísticamente (p>0.05) significativos.

### Discusión

El envejecimiento y el estrés ambiental afectan significativamente el potencial reproductivo de un animal, suprimiendo su capacidad de reproducirse de manera efectiva (Pandi-Perumal 2013 y Barzegar Yarmarhamadi et al. 2020). El aumento de los niveles de FSH y LH en ambas razas podría atribuirse a las propiedades antioxidativas y nutracéuticas de melatonina en el manejo de la enfermedad (Kamfar et al. 2024) Los niveles más bajos de FSH se observaron en los grupos de 10 mg de melatonina y control. El análisis estadístico de los resultados confirmó que el grupo de melatonina de 5 mg mostró niveles de FSH significativamente (P<0.05) más altos. Este hallazgo está en concordancia con Ragil et al. (2022), quienes informaron que los niveles elevados de FSH y LH en gallinas ponedoras promueven el desarrollo del foliculo y la ovulación.

**Tabla 4.** Efecto medio de la melatonina en el perfil hormonal de Nera Black

Parámetro	T <sub>1</sub> (0 mg)	T <sub>2</sub> (5 mg)	T <sub>3</sub> (10 mg)	EEM	Valor de P
Progesterona, ng/mL	3.16 <sup>c</sup>	8.15 <sup>b</sup>	9.94 <sup>a</sup>	0.41± 0.01	0.012**
FSH, pg/mL	52.748 <sup>c</sup>	429.68 <sup>a</sup>	198.45 <sup>b</sup>	6.41 ± 0.05	0.009**
LH, mUI/mL	23.55 <sup>b</sup>	51.78 <sup>a</sup>	31.14 <sup>b</sup>	0.32 ± 0.00	0.000**

<sup>a,b</sup> Las medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren significativamente (p<0.05) de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Duncan. FSH: hormona foliculoestimulante, LSH: hormona luteinizante

**Tabla 5.** Efecto medio de la melatonina en la dinámica folicular de Nera Black

Parámetros	0 mg	5 mg	10 mg	EEM	Valor de P
HDEP (%)	31.10 <sup>c</sup>	70.86 <sup>a</sup>	58.60 <sup>b</sup>	1.13 ± 0.00	0.007**
Oviwt (g)	54.40 <sup>b</sup>	78.59 <sup>a</sup>	84.18 <sup>a</sup>	2.12 ± 0.02	0.000**
F <sub>5</sub> (mm)	2.00 <sup>b</sup>	4.00 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.00	0.000**
F <sub>4</sub> (mm)	2.00	4.00	4.00	0.31 ± 0.00	0.031
F <sub>3</sub> (mm)	2.00	3.00	2.00	0.30 ± 0.00	0.001
F <sub>2</sub> (mm)	3.00	4.00	4.00	0.81 ± 0.01	0.000
F <sub>1</sub> (mm)	2.00	4.00	4.00	0.28 ± 0.1	0.120
LYF (mm)	18.55 <sup>b</sup>	28.30 <sup>a</sup>	27.11 <sup>a</sup>	4.60 ± 0.04	0.000**
SYF (mm)	10.00	15.60	15.10	0.20 ± 0.00	0.201
SWF (mm)	10.35	14.44	13.33	1.43 ± 0.02	0.057

<sup>a,b</sup> Las medias en la misma fila con diferentes superíndices difieren significativamente (p<0.05) de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Duncan. HDEP: producción de huevos diaria, Oviwt: peso del oviducto.

F5: quinto foliculo amarillo, F4: cuarto foliculo amarillo, F3: tercer foliculo amarillo, F2: segundo foliculo amarillo y F1: primer foliculo amarillo, LYF: foliculo amarillo grande, SYF: foliculo amarillo pequeño, SWF: pequeño foliculo blanco

El creciente desarrollo del foliculo, la maduración y el crecimiento en las gallinas Isa Brown y Nera Black en este estudio condujo a un aumento notable en la producción de huevos diarios de gallina. Este resultado es consistente con [Jonak et al. \(2017\)](#), quienes observaron que FSH mejora la diferenciación de células de granulosa en los folículos pre-jerárquicos y apoya la síntesis de hormonas esteroides en células granulares. Del mismo modo, [Ragil et al. \(2022\)](#) señalaron que los niveles más altos de FSH se asociaron con una mayor frecuencia de puesta de huevo en gallinas Isa Brown. FSH juega un papel clave en el desarrollo folicular al promover la angiogénesis en los folículos externos de las gallinas con bajas tasas de producción de huevos y gallinas envejecidas ([Tamura et al. 2017](#) y [Bi et al. 2022](#)).

El estado hormonal de una gallina influye significativamente en la producción y calidad de los huevos ([Prastiya et al. 2022](#)). Los altos niveles de FSH en las gallinas ISA Brown probablemente contribuyeron a sus recuentos de folículos más altos en comparación con las gallinas Nera Black, lo que resultó en una mayor producción de huevos diarios de gallina en el grupo Isa Brown. Además, los niveles de progesterona se elevaron en los grupos de tratamiento de melatonina en comparación con el control, lo que indica que las dosis más altas de melatonina aumentaron los niveles de progesterona, a diferencia de FSH y LH. Sin embargo, las altas dosis de melatonina (por ejemplo, 10 mg) redujeron significativamente los niveles de FSH y LH en ambas razas, como se observa en el tratamiento 3. Este resultado respalda los informes de [Kang et al. \(2023\)](#), quienes informaron que las dosis más altas de melatonina (por ejemplo, 10 mg/kg) redujeron los niveles de FSH y LH, potencialmente debido a mecanismos de retroalimentación o respuestas endocrinas alteradas.

Los niveles de hormona luteinizante (LH) fluctuaron entre los grupos de tratamiento, con las concentraciones más altas observadas en las que se suministró 5 mg de melatonina. Esto sugiere que la melatonina mejora el desarrollo del foliculo, particularmente de los folículos más grandes (F1). Estos resultados son consistentes con el estudio de [Marques et al. \(2022\)](#), quienes informaron un aumento de los niveles de LH, lo que condujo a un mayor número de folículos maduros en aves ponedoras. El aumento en la síntesis de progesterona observada en este estudio se relacionó con una reducción en los niveles de estrógeno, que ocurre a medida que crecen los folículos más grandes en la jerarquía folicular, especialmente F1. Este crecimiento contribuyó a un mejor desempeño en la puesta de las aves, a pesar de la disminución natural de la producción debido al envejecimiento.

La producción de huevos diarios por gallina (HDEP) mejoró significativamente por la administración de melatonina. A las 50 semanas (350 días), las aves generalmente pasan su pico de producción de huevos, y una disminución en la producción de huevos a menudo lleva a los agricultores a vender las ponedoras como gallinas envejecidas antes de recuperar sus costos de producción ([Tamura et al. 2017](#)). Sin embargo, la administración de melatonina mejoró HDEP en gallinas Isa Brown y Nera Black. Isa Brown logró el HDEP más alto con 86.33 %, seguido de Nera Black en 70.86 %. Estos resultados coinciden con [Yaxiong et al. \(2016\)](#), quienes descubrieron que la melatonina mejoró la producción de huevos en ponedoras después de 400 días. Los resultados de este experimento igualmente confirman el trabajo de [Bocheva et al. \(2024\)](#) quien señaló que la melatonina mejora

la producción de huevos en las ponedoras. La producción mejorada podría atribuirse al efecto protector de la melatonina contra el estrés a través de su actividad de eliminación directa de radicales libres y actividad antioxidante indirecta a través de la producción de enzimas antioxidantes (Yuanyuan et al. 2021).

En este experimento, los niveles de HDEP más altos se registraron en el tratamiento 2 (5 mg de melatonina), seguido del tratamiento 3, el cual mostró el rendimiento más bajo. Esto condujo a la disminución de la expresión de mediadores inflamatorios, como citocinas, moléculas de adhesión y enzimas (Ferlazzo et al. 2020), lo que conduce a un mejor crecimiento folicular. Esto indica que la dosis de melatonina más baja, de 5 mg, fue más efectiva en ambas razas en comparación con la dosis más alta.

El rendimiento mejorado podría atribuirse al aumento en el desarrollo del folículo, de F5 a F1, así como los folículos blancos pequeños (SWF) y los folículos amarillos pequeños (SYF) en ambas razas. Esto concuerda con Yaxiong et al. (2016), quienes informaron que una dosis más alta de melatonina (implante de 20 mg) tuvo un efecto ligeramente inhibitorio en la velocidad de puesta. Además, mayor administración de melatonina condujo a un aumento en el peso del oviducto, que también se reflejó en mayores pesos de huevos y peso corporal promedio en las aves.

Antes del experimento, la producción de huevos ocurrió una vez cada tres o cuatro días, pero dentro de los cinco días de la administración de melatonina, la producción aumentó a una vez cada dos días, y eventualmente a la puesta diaria, especialmente en gallinas Isa Brown. Esto sugiere que la melatonina puede servir como un promotor del crecimiento en los animales.

### Conclusiones

Mejorar la producción de huevos diaria en aves mayores de 364 días es un objetivo crucial que puede aumentar significativamente los ingresos de los agricultores en la industria avícola. En este experimento, observamos que la melatonina influyó positivamente en el perfil hormonal de las aves, lo que condujo a un resurgimiento en su producción máxima de huevos debido a la maduración adicional de los folículos ováricos. Las aves de raza Isa Brown mostraron un rendimiento superior con un mayor número de folículos, lo que resultó en mayor producción de huevos diarios por gallina. Sin embargo, las aves de raza Nera Black tenían un mayor peso del oviducto en comparación con Isa Brown, lo que contribuyó al aumento del peso del huevo y el peso corporal general.

### Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente al Departamento de Ciencias Animales de la Universidad Estatal de Ebonyi por proporcionar la granja de investigación donde se llevó

a cabo este experimento. Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiación en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

### Referencias

- Albatshan H.A., Scheideler S.E., Black B.L., Garlich J.D. & Anderson K.E. 1994. Duodenal Calcium uptake, Femur Ash, and Eggshell quality decline with age and increase following Molt. *Poultry Science*, 73: 1590-1596, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.3382/ps.0731590>.
- Annia G., Dun Xian T. & Reiter R.J. 2011. Melatonin as a natural ally against oxidative stress: a physicochemical examination. *Journal of Pineal Research*, 51: 1-16, ISSN: 1600-079X. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X>.
- Bantounou, M., Josip, P. & Galley, H.F. 2022. Melatonin and related compounds: Antioxidant and anti-inflammatory actions. *Antioxidants*, 11: 532, ISSN: 2076-3921. <https://doi.org/10.3390/antiox11030532>.
- Barzegar, Y.A., Sharifi, D. & Mohammadi, S.A. 2020. Efficacy of dietary supplementation of nanoparticles-chromium, chromium-methionine and zinc-proteinate, on performance of Japanese quail under physiological stress. *Italian Journal of Animal Science*, 19: 1123-1134, ISSN: 1828-051X. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1822763>.
- Bi, Y.L., Yang, S.Y., Wang, H.Y., Chang, G.B. & Chen, G.H. 2021. Follicle-stimulating hormone is expressed in ovarian follicles of chickens and promotes ovarian granulosa cell proliferation. *Journal Integrated Agriculture*, 20(10): 2749-2757, ISSN: 1338-4376. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63606-](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63606-).
- Bocheva, G., Bakalov, D., Iliev, P., Tafradjiiska-Hadjiolova. 2024. The Vital Role of Melatonin and its Metabolites in the Neuroprotection and Retardation of Brain Aging. *International Journal of Molecular Science*, 25(10): 5122, ISSN: 1422-0067. <https://doi.org/10.3390/ijms25105122>.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 1541-0420. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Ferlazzo, N., Andolina, G., Cannata, A., Costanzo, M. G., Rizzo, V., Currò, M., Ientile, R. & Caccamo, D. 2020. Is melatonin the cornucopia of the 21st century. *Antioxidants*, 9: 1-29, ISSN: 2076-3921. <https://doi.org/10.3390/antiox9111088>.
- Ganji, R., Nabiuni, M. & Faraji, R. 2015. Development of mouse preantral follicle after in vitro culture in a medium containing melatonin. *Cell Journal (Yakhteh)*, 4: 546, ISSN: 2228-5814. <https://doi.org/10.22074/cellj.2015.499>.
- Hao, E.Y., Chen, H., Wang, D.H., Huang, C.X., Tong, Y.G., Chen, Y.F., Zhou, R.Y. & Huang, R.L. 2020. Melatonin regulates the ovarian function and enhances

- follicle growth in aging laying hens via activating the mammalian target of the rapamycin pathway. *Poultry Science*, 99(4): 2185-2195, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.040>.
- Jia, Y., Yang, M., Zhu, K., Liang, W., Song, Y., Jing, W., Qin, W., Xu, Z., Yu, C. & Liu, G. 2016. Melatonin implantation improved the egg-laying rate and quality in hens past their peak egg-laying age. *Scientific Reports*, 6: 39799, ISSN: 2045-2322. <https://doi.org/10.1038/srep39799>.
- Jonak, C.R., Lainez, N.M., Roybal, L.L., Williamson, A.D. & Coss, D. 2017. c-JUN dimerization protein 2 (JDP2) is a transcriptional repressor of follicle-stimulating hormone  $\beta$  (FSH $\beta$ ) and is required for preventing premature reproductive senescence in female mice. *Journal of Biological Chemistry*, 292(7): 2646-2659, ISSN: 1083-351X. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(93\)90275-9](https://doi.org/10.1016/0300-9629(93)90275-9).
- Kang, B., Erying, H., Chen-xuan, H., Qiao-xian, Y., De-He, W., Lei S., Yi-fan, C., Hui, C. & Ren-Lu, H. 2023. Melatonin alleviates ovarian function damage and oxidative stress induced by dexamethasone in the laying hens through FOXO1 signaling pathway. *Poultry Science*, 102(8): 102745, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102745>.
- Kamfar, W.W., Khraiwesh, H.M., Ibrahim, M.O., Qadhi, A.H., Azhar, W.F., Ghafouri, K.J., Alhussain, M.H., Aldairi, A.F., AlShahrani, A.M., Alghannam, A.F., Abdulal, R.H., Al-Slaihat, A.H., Qutob, M.S., Elrggal, M.E., Ghaith, M.M. & Azzeh, F.S. 2024. Comprehensive review of melatonin as a promising nutritional and nutraceutical supplement. *Heliyon*, 10(4): e24266, ISSN: 2405-8440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24266>.
- Liu, G., Li, J., Yang, L. & Zhang, X. 2022. Melatonin supplementation improves immune response and reduces oxidative stress in broilers. *Journal of Animal Science*, 100(3): 1124-1132, ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.1080/09064702.2023.2222733>.
- Marques, P., Skorupskaite, K. & George, J.T. 2022. Physiology of GNRH and gonadotropin secretion. In: Feingold, K.R., Anawalt, B., Boyce, A. editors. *Endotext*. MDText.com, Inc., South Dartmouth (MA) WWW.ENDOTEXT.ORG.
- Pandi-Perumal, S.R., BaHammam, A.S., Brown, G.M., Spence, D.W., Bharti, V.K., Kaur, C., Hardeland, R. & Cardinali, D.P. 2013. Melatonin antioxidative defense: Therapeutical implications for aging and neurodegenerative processes. *Neurotoxicity Research*, 23(3): 267-300, ISSN: 1476-3524. <https://doi.org/10.1007/s12640-012-9337->.
- Prastiya, R.A., Madyawati, S.P., Sari S.Y. & Nugroho, A.P. 2022. Effect of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone levels on egg-laying frequency in hens. *Veterinary World*, 15(12): 2890-2895, ISSN: 2231-0916. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2890-2895>.
- Ragil, A.P., Sri, P.M., Sera, Y.S. & Aras, P.N. 2022. Effect of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone levels on egg-laying frequency in hens. *Veterinary World*, 15(12): 2890-2895, ISSN: 2231-0916. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2890-2895>.
- Raju, G.A., Chavan, R., Deenadayal, M., Gunasheela, D., Gutgutia, R., Haripriya, G., Govindarajan, M., Patel, N.H. & Paktil, A.S. 2013. Luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone synergy: A review of role in controlled ovarian hyper-stimulation. *Journal of Human Reproductive Sciences*, 6(4): 227-234, ISSN: 1998-4766. <https://doi.org/10.4103/0974-1208.126285>.
- Sevilhano, T., Carvalho, R.F., Oliveira, N.A., Oliveira, J.E., Maltarollo, V.G., Trossini, G., Garcez, R. & Bartolini, P. 2017. Molecular cloning and characterization of pirarucu (*Arapaima gigas*) follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone  $\beta$ -subunit cDNAs. *PLoS One*, 12(8): e0183545, ISSN: 1932-6203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183545>.
- Tamura, H., Kawamoto, M., Sato, S., Tamura, I., Maekawa R., Taketani T., Aasada H., Takaki E., Nakai A. & Reiter, R.J. 2017. Long-term melatonin treatment delays ovarian aging. *Journal of Pineal Research*, 62: 12381, ISSN: 1600-079X. <https://doi.org/10.1111/jpi.12381>.
- Yaxiong, Jia MinghuiYang, KuanfengZhu, LiangWang, Yukun Song, JingWang, WenxiangQin, ZhiyuanXu, YuChen & Guoshi Liu. 2016. Melatonin implantation improved the egg-laying rate and quality in hens past their peak egg-laying age. *Scientific Reports*, 6: 39799, ISSN: 2045- 2322. <https://doi.org/10.1038/srep39799>.
- Yuanyuan, T., Song, E., Zhenzhen, W., Na, J., Linling, Z., Wang, K., Sun, H., Yuting, Z., Qiuqian, Z., Xiaojuan, L. & Zhu, M. 2021. Melatonin attenuates oxidative stress and inflammation of Müller cells in diabetic retinopathy via activating the Sirt1 pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 137: 111274, ISSN: 1950-6007. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111274>.
- Zakaria, A.H., Miyaki, T. & Imai, K. 1983. The effect of aging on the ovarian follicular growth in laying hens. *Poultry Science*, 62: 670-674, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.3382/ps.0620670>.