

# Redes Neuronales Artificiales para la Predicción de la Masa Corporal de Pollos

## Artificial Neural Networks for Chicks Body Mass Prediction

Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz<sup>1</sup>, Tadayuki Yanagi Junior<sup>2</sup>,  
Yamid Fabián Hernández Julio<sup>3</sup>, Gabriel Araújo e Silva Ferraz<sup>4</sup>,  
Daiane Cecchin<sup>5</sup>

---

Ponciano Ferraz, P; Yanagi Junior, T; Hernández Julio, Y;  
Silva Ferraz, G; Cecchin, D . Redes Neuronales Artificiales  
para la Predicción de la Masa Corporal de Pollos. *Tecnología  
en Marcha*. Vol. 32, Especial. XIII CLIA. Abril 2019.  
Pág 93-99.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i7.4266>



- 1 Profesora Adjunta, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.  
Correo electrónico: patricia.ponciano@ufla.br
- 2 Profesor Asociado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.  
Correo electrónico: yanagi@ufla.br
- 3 Profesor Titular, Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Montería, Córdoba,  
Colombia, Estudiante de Doctorado en Ingeniería de Sistemas y Computación, be-  
cario de COLCIENCIAS y Universidad del Norte, Barranquilla, Atlántico, Colombia.  
Correo electrónico: yamidhernandezj@unisinu.edu.co
- 4 Profesor Adjunto, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.  
Correo electrónico: gabriel.ferraz@ufla.br
- 5 Profesora Adjunta, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.  
Correo electrónico: daianececchin@yahoo.com.br

## Palabras clave

Bienestar animal; inteligencia artificial; pollitos; confort térmico.

## Resumen

Dentro de un galpón avícola el ambiente térmico ejerce una gran influencia en el bienestar y la productividad de los animales. De esta manera, el propósito de este trabajo fue predecir la masa corporal de polluelos de 2 a 21 días de vida, sujetos a condiciones de confort y estrés calórico en diferentes intensidades (27; 30; 33 y 36 °C) y períodos de duración (1; 2; 3 y 4 días a partir del 2° día de vida) a través de redes neuronales artificiales (RNA). El experimento se llevó a cabo en Lavras, MG, Brasil. 210 pollitos de ambos sexos se utilizaron del 1 al 22 día de vida alojados en cuatro túneles de viento climatizados. Todos los días, todos los polluelos fueron pesados para acompañar su masa corporal. Las variables de entrada fueron: temperatura de bulbo seco del aire, duración del estrés térmico, edad de las aves y como variable de salida, la masa corporal diaria de los pollitos. Se obtuvo una base de datos de 840 observaciones, siendo 70% utilizado para el entrenamiento de la red, un 15% para la validación y un 15% para pruebas de modelos basados en RNA. Se demostró que las RNAs eran precisas para predecir la masa corporal de los pollitos sometidos a diferentes intensidades y duraciones de condiciones térmicas presentando un  $R^2$  de 0,9992 y error estándar de 5,23 G. Además, las RNAs propiciaron la simulación de varios escenarios, que pueden ayudar en la toma de decisiones con relación a la gestión, y pueden ser incorporados a los sistemas de control de calefacción.

## Keywords

Animal welfare; artificial intelligence; chicks; thermal comfort.

## Abstract

The thermal environment inside a broiler house has a great influence on animal welfare and productivity during the production phase. Thus, the aim of this study was to predict body mass of chicks from 2 to 21 days of age when subjected to different intensities (27, 30, 33 and 36°C) and duration (1, 2, 3 and 4 days starting on the second day of life) using artificial neural networks (ANN). This experiment was conducted at Lavras, MG, Brazil. It was used 210 chicks of both sexes, from 1st to 22<sup>nd</sup> days of life. The chicks were raised inside four climate-controlled wind tunnels. Daily the weight of all the chicks was measured to know the daily body masses. The input variables were dry-bulb air temperature, duration of thermal stress, chick age, and the output variable was the daily body mass of chicks. A database containing 840 records was used to train (70% of data), validate (15%) and test (15%) of models based on artificial neural networks (ANN). Between these models, the ANN was accurate in predicting the BM of chicks from 2 to 21 days of age after they were subjected to the input variables, and it had an  $R^2$  of 0.9992 and a standard error of 5,23 g. This model enables the simulation of different scenarios that can assist in managerial decision-making, and it can be embedded in the heating controls.

## Introducción

Datos de confort térmico para pollitos han sido muy citados en la literatura y demuestran que tanto el estrés calórico como el frío durante las primeras tres semanas de vida pueden causar pérdida de peso corporal además de otros daños a la salud del Ave. Esto se debe a que la

tasa de crecimiento de los pollos de engorde se asocia con su sensibilidad a temperaturas ambientales extremas [1].

El desarrollo del polluelo en condiciones de termo-neutralidad, particularmente en la primera semana de edad, es una condición relevante para el desarrollo futuro del animal [2]. En este contexto, la predicción de respuestas productivas, como la masa corporal de pollos de corte, permite inferir el efecto del ambiente termal sobre esta variable, asistiendo en la toma de decisiones con relación al control del entorno termal de producción. Entre las metodologías utilizadas para la predicción se destacan las redes neuronales artificiales – RNAs.

Las RNAs son modelos constituidos por un grupo de simples células interconectadas, llamadas neuronas artificiales, que están dispuestas en capas y calculan funciones matemáticas [3]. Estos modelos se inspiran en la estructura del cerebro y pretenden simular el comportamiento humano, tales como el aprendizaje, la asociación, la generalización y la abstracción, cuando se someten a entrenamiento [4].

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar modelos basados en inteligencia artificial para predecir la masa corporal ( $M_c$ , g) de pollos de corte del linaje Cobb, de 2 a 21 días de vida sometidos a diferentes períodos e intensidades de estrés térmico, en función de las variables: temperatura del bulbo seco del aire ( $T_{bs}$ , °C), duración del estrés (DE, días) y edad de las aves ( $I$ , días).

## Material y Métodos

El experimento se condujo en el laboratorio de construcción rural y ambientación del Departamento de ingeniería de la Universidad Federal de Lavras (UFLA), ubicada en la ciudad de Lavras, estado de Minas Gerais, Brasil. Para la realización del experimento se utilizaron cuatro túneles de viento climatizados y renovación parcial. Se usaron durante el período experimental 210 pollos machos y hembras oriundos de una misma incubadora.

Los polluelos fueron mantenidos en sus temperaturas de confort, siendo 33 °C en la primera semana, 30 °C en la segunda y 27 °C en la tercera semana [5] y la humedad relativa (UR, %) dentro de los túneles de viento con aire acondicionado fueron mantenidos cerca de 60%. Sin embargo, cada grupo de quince aves fueron sometidas a temperaturas de estrés (27 °C, 30 °C y 36 °C) durante períodos que varían de uno a cuatro días a partir del segundo día de vida. Después de los días de estrés, las aves fueron sometidas de nuevo a su temperatura de confort. Dos grupos de quince aves se mantuvieron en una situación de confort durante todo el período experimental (grupo de control). Diariamente, por la mañana, las masas corporales de todos los polluelos fueron evaluadas para acompañar la evolución de estas.

Durante todo el período experimental, se recopiló información que dio origen a una base de datos conteniendo 840 pares de datos (de 2 a 21 días de vida de las aves) que se utilizaron para entrenar o ajustar, validar y probar los modelos basados en redes neuronales Artificial (RNA). Para la construcción de RNA se utilizaron como variables de entrada la temperatura de bulbo seco del aire ( $T_{bs}$ , °C), la duración del estrés (DE, días) y la edad de las aves ( $I$ ) y como variable de salida, la masa corporal ( $M_c$ , g) de polluelos del linaje Cobb de 2 a 21 días de vida. Para el entrenamiento, fue utilizado el 70% del conjunto de datos experimentales (588 pares de datos), para la validación y prueba fueron utilizados el 15% de los datos, respectivamente (126 puntos de datos en cada uno), totalizando 840 pares de datos del conjunto de datos experimental. El conjunto de datos de validación final de los modelos fue compuesto por medio de 42 pares de datos experimentales, equivalentes al promedio de las masas corporales correspondientes a los días 7°, 14° y 21° de edad de las aves.

Entre los modelos ajustados, se optó por escoger un modelo basado en RNA que presentara el coeficiente de determinación más alto ( $R^2$ ) y el menor error medio cuadrado (EMC) para poder compararlos. Estos modelos fueron entrenados con 70% de los datos experimentales divididos aleatoriamente, siendo probados diferentes números de neuronas ocultas (de 2 a 10, en intervalos de 1 unidad y de 10 a 115 en intervalos de 5). Las mejores configuraciones de los modelos probados se seleccionaron basándose en el más alto coeficiente  $R^2$  y el más pequeño EMC. Posteriormente, estos modelos se validaron con los datos experimentales y así escogimos el mejor modelo de todos.

En este trabajo, dentro de las arquitecturas probadas, las que presentaron mejor desempeño para la predicción de MC fueron las redes multicapas (MultiLayer Perceptron -MLP), que han sido las más utilizadas en el desarrollo de RNAs. Fueron utilizadas dos capas "Feedforward" y entrenamiento supervisado, usando el algoritmo de entrenamiento de retro-propagación de *Levenberg-Marquardt* (LM), que es considerado el método más rápido para entrenar este tipo de redes. La función de desempeño utilizado fue el EMC, siendo que, la función de la activación de la neurona de salida fue la función tangente sigmoideal.

Para el desarrollo de la RNAs, se utilizaron tres variables en la capa de entrada: Tbs, DE, I. Los parámetros iniciales de las redes se configuraron de la siguiente manera: número de épocas: 1.000; Tolerancia de error: 0,0; Tasa de aprendizaje: 0,7 y tasa de momento: 1, 0000<sup>-3</sup>; Estos valores se optimizaron automáticamente durante el proceso de entrenamiento de la red a través de la aplicación computacional utilizada para el entrenamiento de estas.

## Resultados y discusión

La mejor arquitectura de red obtenida estuvo conformada por 100 neuronas ocultas en la capa intermedia y en cada RNA entrenada, la capa de salida fue compuesta por una sola neurona, la MC. De esta manera, se obtuvo el menor número de errores predictivos: error de entrenamiento (error Medio Cuadrado) = 273.63, error de validación = 283.95, error de prueba = 297.54 para la MC. A partir de este punto, al aumentar el número de neuronas en la capa intermedia, también se incrementaba la diferencia entre los errores de predicción, indicando el sobreajuste del modelo. Se verificó mediante los valores de EMC que la RNA puede predecir adecuadamente la variable de salida (cuadro 1).

Al compararse los valores de MC simulados por la RNA con los valores obtenidos experimentalmente, se encontró que el modelo propuesto tenía buena precisión para la predicción de la MC de pollos con edades que oscilaban entre 2 y 21 días. Se observa que el modelo basado en RNA presentó un excelente rendimiento con  $R^2 = 0.9992$ . Este resultado indica que los valores de MC predichos por la RNA fueron cercanos a los valores observados experimentalmente. Este resultado indica que las fallas de aprendizaje en la red durante el proceso de entrenamiento fueron mínimas [6].

Posteriormente, gráficas del comportamiento de la MC de los pollos de corte durante las tres primeras semanas de vida, en función de I (días) y de la DE (días) para Tbs de 27 °C, 30 °C y 36 °C (figuras 1 a, b y c, respectivamente) fueron generadas. Las predicciones de la MC para la Tbs de 33 °C, condición de confort recomendada por la literatura [7] también fueron agregadas a las figuras.

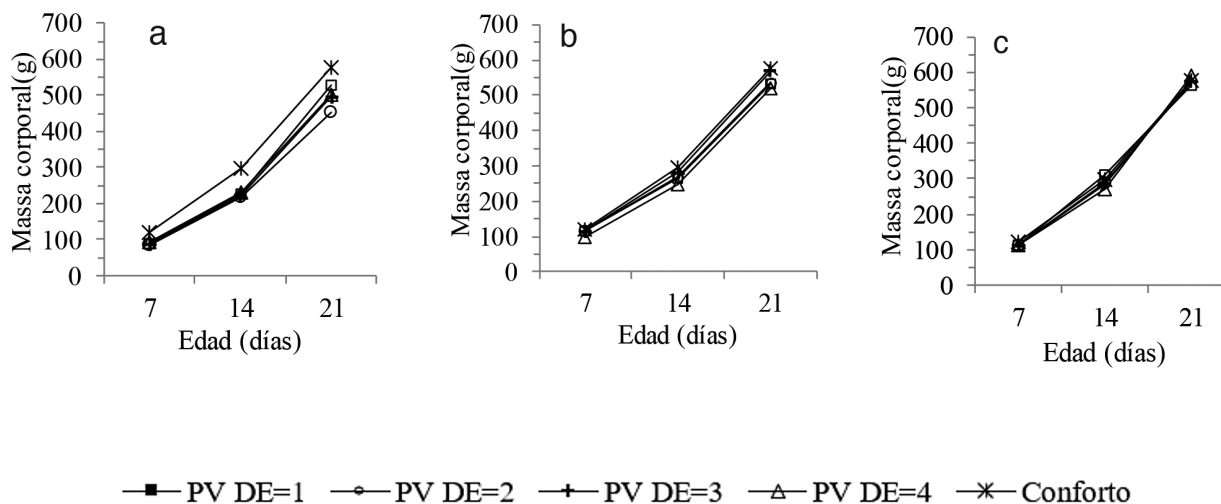
Según la figura 1, se puede observar que en el día 21 de vida, las aves con temperatura de confort mostraron una MC promedio aproximadamente a los 583 g, mientras que las aves que fueron sometidas a temperatura de 27 °C (figura 1a) presentaron promedios de MC de 523, 452, 500 y 515 g para 1, 2, 3 y 4 días de estrés, respectivamente. En la figura 1b, la MC de los pollos de corte a los 21 días de vida sometidos a 30 °C durante 1, 2, 3 y 4 días fueron 537,

535, 568 y 525 g, respectivamente. Sin embargo, las aves sometidas a 36 °C durante 1, 2, 3 y 4 días presentaron MC a los 21 días de 582, 571, 579 y 595 g, respectivamente. Se observa, por lo tanto, que las aves sometidas a 27 °C mostraron valores más bajos de MC en comparación con las aves sujetas a 30 °C y que ambas mostraron disminución en la MC con relación a la temperatura de confort. Sin embargo, hay que destacar, que, aunque la pérdida es pequeña, si consideramos un galpón de pollos para la producción comercial, esta diferencia en la MC de las aves puede representar un gran perjuicio para el lote de animales, causando incluso pérdidas financieras para el productor, estando en consonancia con los resultados obtenidos por Ponciano, et al. [8]. Además, los mismos autores observaron que estos polluelos no presentaron consumo de ración compensatoria, tratando de mantener la producción de calor. Por tanto, se puede deducir que, si los polluelos están estresados por frío, en menor o mayor intensidad, se afecta la ingesta de alimentos, consecuentemente su desarrollo digestivo y corporal, además de la homeotermia y consecuentemente el aumento de peso y la Masa corporal de las aves.

**Cuadro 1.** Resultados estadísticos de los modelos de RNAs

Variable de salida	Índices estadísticos		RNA
Masa corporal (g)	Desvíos absolutos	Mínimo	0.02
		Media	4.38
		Mediana	3.88
		Máximo	14.46
	Desvíos estándares	Mínimo	0.01
		Media	3.09
		Mediana	2.74
		Máximo	10.23
	Error porcentual	Mínimo	0.02
		Media	1.63
		Mediana	1.24
		Máximo	6.52
	R <sup>2</sup>		0.9992
	Error estándar		5.23
	RMSE		2.32
	Coeficientes de regresión (Slopes)*		1.01455 <sup>±</sup> ± 0.0046
Interceptos*		-5,2334 <sup>±</sup> ± 1,699	

\* Los coeficientes fueron significativos a un nivel de 95% del intervalo de confianza. Al mismo tiempo, si el intercepto está cerca de 0 y la pendiente está cerca de 1, entonces la precisión es mayor. RMSE: Raíz del Error Cuadrático Medio.



**Figura 1.** Gráfico de la  $M_c$  (g) predicha por la RNA en función de la  $t_{bs}$  a que los pollitos fueron sometidos: 27°C (a), 30°C (b) y 36°C (c), 1 (días) y DE (días).

A 36 °C el perjuicio con relación a la MC fue prácticamente insignificante o incluso inexistente, demostrando que las aves pueden adaptarse bien a temperaturas más altas en este grupo de edad concordando con Abreu, et al. [9] quienes afirman que las aves jóvenes presentan mayor resistencia a las altas temperaturas y mayor susceptibilidad a las condiciones de estrés por frío. Siendo así, las aves a 36 °C consiguieron presentar un mejor desempeño que las aves en situación de estrés por frío.

## Conclusiones

El modelo basado en RNA se mostró apropiado para predecir la MC de pollos de corte de 2 a 21 días de edad, sometidos a diferentes  $T_{bs}$ , con un  $R^2$  de 0.9992 y un error estándar de 5.23 g.

## Referencias

- [1] Z. Zhang, Z. Lv, J. Li, S. Li, S. Xu, and X. Wang, "Effects of cold stress on nitric oxide in duodenum of chicks," *Poultry science*, vol. 90, pp. 1555-1561, 2011. <http://doi.org/10.3382/ps.2010-01333>.
- [2] C. F. P. Marchini, P. L. Silva, M. R. B. M. Nascimento, M. E. Beletti, E. C. Guimarães, and H. L. Soares, "Morfometria da mucosa duodenal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada," *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol. 61, pp. 491-497, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352009000200029>.
- [3] H. R. H. Matin, A. A. Saki, H. Aliarabi, M. Shadmani, and H. Z. Abyane, "Intestinal broiler microflora estimation by artificial neural network," *Neural Computing and Applications*, vol. 21, pp. 1043-1047, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00521-011-0553-2>.
- [4] R. Pinto Ferreira, R. J. Sassi, and C. d. Oliveira Affonso, "Aplicação de uma rede neuro Fuzzy para a previsão do comportamento do tráfego veicular urbano na região metropolitana da cidade de São Paulo," *Exacta*, vol. 9, 2011.
- [5] I. Menegali, I. F. Tinoco, C. d. Carvalho, C. d. F. Souza, and J. H. Martins, "Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de pintos de corte," *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agrambi*, vol. 17, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100015>.
- [6] H. Ahmadi and A. Golian, "The integration of broiler chicken threonine responses data into neural network models," *Poultry science*, vol. 89, pp. 2535-2541, 2010. <http://doi.org/10.3382/ps.2010-00884>.

- [7] I. Menegali, I. F. F. Tinoco, C. d. C. S. Carvalho, C. d. F. Souza, and J. H. Martins, "Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de pintos de corte," *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 17, pp. 106-113, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100015>.
- [8] P. F. Ponciano, T. Yanagi Junior, L. Schiassi, A. T. Campos, and J. W. B. d. Nascimento, "Sistema fuzzy para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade," *Engenharia Agrícola*, vol. 32, pp. 446-458, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000300004>.
- [9] P. G. d. Abreu, V. M. N. Abreu, A. Coldebella, M. J. Hassemer, and I. L. Tomazelli, "Medidas morfológicas em função do peso e da idade da ave, por meio de imagens," *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 16, pp. 795-801, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000700014>.