

## Evaluación de la temperatura de superficie para control térmico en un aviario experimental

### Evaluation of the surface temperature for thermal control in an experimental aviary

Vítor Augusto de Sousa, Pablo Alfredo Rituay Trujillo, Marcelo Eduardo de Oliveira,  
Jonathan Alberto Campos Trigos, Adriano Rogério Bruno Tech<sup>5</sup>

#### RESUMEN

La producción avícola se ubica en lugar privilegiado en Brasil y en el mundo. Prueba de ello es que Brasil es el segundo mayor productor de carne de pollo, y el mayor exportador mundial, para garantizar la eficiencia en la productividad animal es necesario garantizar el bienestar y el confort térmico; éste último puede ser analizado con el uso de tecnología en la medición de variables ambientales de un aviario. Este trabajo se basó en el desarrollo de un sistema de monitoreo remoto de un aviario experimental, enfocándose en la temperatura superficial, utilizando sensores que se comunican con una base de datos a través de una red inalámbrica. Para el levantamiento de los valores de esa variable se realizó un experimento en un aviario ubicado en el campus de la Facultad de Zootecnia e Ingeniería de Alimentos (FZEA), de la Universidade de São Paulo, en Pirassununga-SP, de dimensiones 29,70 x 8,03 m y 4 metros de altura, tejas de fibrocemento, linterna corrugada, durante el período de las 06 hs del día 14 de octubre de 2018, a las 06 hs del día 16 de octubre de 2018. La temperatura de superficie en el suelo fue mayor durante el día que las cortinas estaban abiertas, y menor cuando estaban cerradas. El sistema se mostró eficiente en la recolección de los datos a través de los sensores y su comunicación con la página web, proporcionando otro elemento relevante para la toma de decisión del productor avícola.

**Palabras clave:** Temperatura de superficie; Confort térmico; Producción Avícola, Sensores; e-Science.

#### ABSTRACT

Poultry production is located in a privileged place in Brazil and in the world. Proof of this is that Brazil is the second-largest producer of chicken meat, and the world's largest exporter, to ensure efficiency in animal productivity, it is necessary to ensure the well-being and thermal comfort; the latter can be analyzed with the use of technology in the measurement of environmental variables of an aviary. This work was based on the development of a remote monitoring system of an experimental aviary, focusing on surface temperature, using sensors that communicate with a database through a wireless network. For the survey of the values of this variable, an experiment was carried out in an aviary located on the campus of the Facultad de Zootecnia e Ingeniería de Alimentos (FZEA), of the Universidade of São Paulo, in Pirassununga-SP, of dimensions 29,70 x 8.03 m and 4 meters high, fibre-cement tiles, corrugated lantern, during the period from 06 a.m. on October 14, 2018, at 06 a.m. on October 16, 2018. The surface temperature in the floor was greater during the day that the curtains were open, and smaller when they were closed. The system was efficient in collecting data through the sensors and communicating with the website, providing another relevant element for the decision making of the poultry producer.

**Keywords:** Surface temperature; Thermal comfort; Poultry Production, Sensors; e-Science

<sup>1</sup> Alumno de la Escuela Profesional de Ingeniería de Biosistemas de la Universidad de São Paulo. Email: vitor.augusto.sousa@usp.br

<sup>2</sup> Bachiller en Ingeniería en Agronegocios por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Email: pablo.rituay@untrm.edu.pe

<sup>3</sup> Doctor en Ciencias de la Ingeniería Ambiental en la Escuela de Ingeniería de São Carlos de la Universidad de São, Brasil. Email: meoli@usp.br

<sup>4</sup> Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería en Agronegocios Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Email: jonathan.campos@untrm.edu.pe

<sup>5</sup> Docente de la Facultad de Zootecnia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad de São, Brasil. Email: adriano.tech@usp.br

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Santos Filho (2017), la carne de pollo ha ocupado el mercado brasileño y mundial en los últimos años. En los días de hoy, Brasil está entre los mayores productores mundiales en cuanto al volumen de producción, compitiendo sólo con Estados Unidos y China. En base a esas informaciones, la producción interna brasileña, obtuvo un crecimiento anual en torno al 10,22%, convirtiéndose en el año 2006 la carne más consumida en Brasil. Este hecho se debe al aumento de inversiones en tecnología en el área.

En el informe anual de la Asociación Brasileña de Proteína Animal - ABPA (2017), Brasil actualmente ocupa el segundo lugar en producción mundial de carne de pollo, con 12,9 millones de toneladas y es el mayor exportador con 4,384 millones de toneladas, abasteciendo a más de 150 mercados internacionales distribuidos en los cinco continentes.

De acuerdo con Menegali (2005), es necesario que el crecimiento de la producción avícola en el Brasil vaya acompañado de un mayor compromiso del productor con el bienestar animal.

El término bienestar animal se refiere a las cinco libertades en relación con las condiciones ambientales: libre de hambre y sed; de cualquier tipo de incomodidad; de dolor, lesiones y enfermedades; para expresar comportamiento normal; el estrés, el miedo y la ansiedad (FAWC, 1992).

Teniendo en cuenta los aspectos climáticos y las necesidades de los animales, agregando confort térmico y bienestar animal, se han aplicado varias técnicas para que haya una disminución en el tiempo de reproducción y su consiguiente aumento de la productividad Abreu y Abreu, (2011); Amaral, et al. (2011).

Para obtener una mayor productividad, las aves deben estar en un estado de confort, ya sea en relación con la humedad relativa, la temperatura, la luminosidad, entre otros. Según (Bridi, 2010), las aves están dentro de la clasificación de las homeotérmicas, ya que cuentan con la capacidad de regular su calor interno; siempre y cuando la temperatura del ambiente se encuentre dentro del parámetro óptimo de confort térmico (Abreu y Abreu, 2005), siendo estas variables las de mayor influencia o impacto en el bienestar animal (Tinoco, 2001).

Según Silva *et al.* (2007), la hipertermia se presenta cuando los pollos de carne están expuestos a temperaturas extremas externas (mayores a 35°C)

teniendo como desenlace la muerte del animal. Los altos niveles de temperatura del aire afectan directamente la respuesta de las aves al estrés térmico. Han, *et al.* (2010) experimentaron a una temperatura de 35° C en aves de cuatro semanas de edad por 3 horas /día y observaron síntomas claros de estrés térmico.

De acuerdo con Nascimento *et al.* (2014), la temperatura superficial media de las aves sufre gran influencia de la temperatura superficial interna del aviario en que están situadas, ésta influencia llega a ser mayor que la causada por la temperatura ambiente externo.

Según Curi et al. (2017), el período entre las 12 y las 15hs presentan las condiciones climáticas (T°) más adversas para la producción avícola en la estación de verano en Brasil, pues en promedio se alcanza temperaturas superiores a los 30 °C, incrementando el riesgo del bienestar animal, todo esto obliga a optar por la instalación y adaptación de aviarios equipados con tecnología suficiente que aseguren temperaturas ideales según la edad y requerimientos productivos.

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) resultan una alternativa en la construcción de aviarios con la inserción de sensores y actuadores en ambientes monitoreados pueden generar informaciones útiles, rápidas y confiables que apoyarían a productores y gerentes en el proceso de toma de decisiones respecto al control de la temperatura dentro del aviario con el objetivo de lograr el bienestar animal (Corkery, et al., 2013)

Teniendo en cuenta estas condiciones, el propósito de este trabajo fue desarrollar una interfaz basada en la Red de Sensores Inalámbricos, mediante el montaje de un sensor de temperatura superficial, utilizando circuitos electrónicos ya existentes, en comunicación con un sistema de almacenamiento de datos en la nube, que los recibió y registró, permitiendo el acceso remoto por medio de una página implementada en el lenguaje de programación PHP5.

## II. MATERIAL Y MÉTODO

Para el sistema de monitoreo de ambiente aviario fue desarrollado un prototipo de sensor capaz de recoger las variables del ambiente, en el caso la temperatura de superficie, y comunicarse, por medio de la conexión a un router Wi-Fi con internet (nube), registrando esos valores en una base de datos MySQL

El modelo del nodo sensor (Figura 1) fue montado por la conexión de una placa de microcontroladora con un sensor termopar, responsable de la medición de la temperatura de la superficie, encapsulados en

una caja de seguridad y alimentados por una batería. La placa microcontroladora fue responsable de proporcionar la tensión necesaria al sensor para su funcionamiento, interpretando las señales recogidas por el sensor y enviándolos a la nube. El sensor termopar registró la temperatura de superficie del local, en el caso del suelo del aviario, por medio de su extremo metálico.

El código grabado en la placa microcontroladora posibilitó la obtención de la variable física (temperatura superficial) mediante sensor termopar, lo que resultó como salida de datos a temperatura en grados Celsius (°C). Con el control de esta variable de salida, el sistema fue capaz de conectarse a la red de Internet y enviar los datos de temperatura al sistema en la nube, a través de paquetes de datos.



Figura 1. Sensor encapsulado

El sistema basado en la nube fue estructurado a través de una página web en lenguaje PHP5, en comunicación con la base de datos MySQL. La página web recibió las intensidades de temperatura a cada intervalo de tiempo y las almacena. De acuerdo, con la opción del usuario, el sistema generó un gráfico de intensidad de temperatura de superficie en tiempo real, a lo largo del período escogido.

El experimento para la recolección de datos fue realizado en el aviario experimental dentro del campus de la Facultad de Zootecnia e Ingeniería de Alimentos (FZEA), de la Universidad de São Paulo, ubicada en las siguientes coordenadas geográficas de 21°57'37 "S y 47°27'07" W, de dimensiones 29,70 x 8,03 m, y 4 metros de altura, tejas de fibrocemento, linterna corrugada, durante el período de las 06 hs del día 14 de octubre de 2018, a las 06 hs del día 16 de octubre de 2018, con intervalo de recolección de datos dos horas, con el sensor termopar en contacto con el piso.

En el primer día del experimento, las mediciones se

realizaron con las cortinas abiertas, mientras que en el segundo día, se realizaron con las cortinas cerradas.



Figura 2. Fotografía del aviario experimental

### III. RESULTADOS

Tabla 1. Intensidad de Temperatura de Superficie

Horario	TS Primer Día (°C)	TS Segundo Día (°C)
06:00	24.75	21.00
08:00	26.50	23.00
10:00	29.50	27.25
12:00	32.50	30.25
14:00	35.00	32.00
16:00	35.75	30.75
18:00	33.50	26.75
20:00	30.25	23.50
22:00	27.75	21.00
00:00	24.25	19.75

La Tabla 1, indica las mediciones que se realizaron de las 06hs del día 14 a las 00hs del día 15 y de las 06hs del día 15 a las 00hs del día 16. De acuerdo con la Tabla 1, el período cuyas intensidades de temperatura superficial (TS) en el interior del aviario alcanzaron las máximas fue entre las 14hs y las 16hs, para ambos días. . Lo que muestra la necesidad de un sistema automatizado para genenciar y controlar esa variación por medio de actuadores de ambiente, como ventiladores, aspersores y extractores.

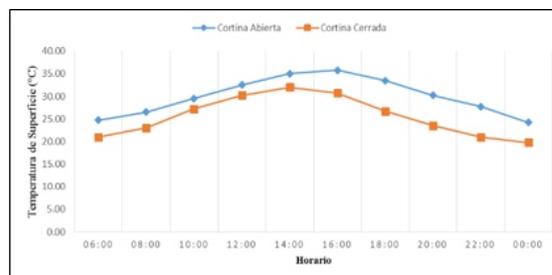


Gráfico 1. Curvas de temperatura de superficie

El gráfico 1, muestra las mediciones en cuanto a la temperatura de superficie, mostrando las curvas y temperaturas máximas referentes a cada día. Con base en los datos de la Tabla 1 y en las curvas del gráfico, la temperatura de superficie máxima del primer día, con una intensidad de 35,75 °C, ocurrió a las 16hs.

En el segundo día, la temperatura de superficie máxima, con intensidad de 32,00 °C, ocurrió a las 14hs. Que la presentación refuerza la afirmación de Curi et al. (2017), en cuanto al hecho de que este período presente condiciones climáticas más adversas y críticas para la producción de pollos de corte brasileña, en la estación del verano.

Por otro lado, se utilizó la herramienta de control estadístico de proceso (CEP) y el gráfico de media por la amplitud muestral del mismo, que permite visualizar los parámetros de temperatura ideal que aseguran el confort térmico de las aves durante la segunda semana de edad de las aves, sabiendo que en esta semana las temperatura mínima y máxima se encuentran en 29 -32 °C respectivamente.

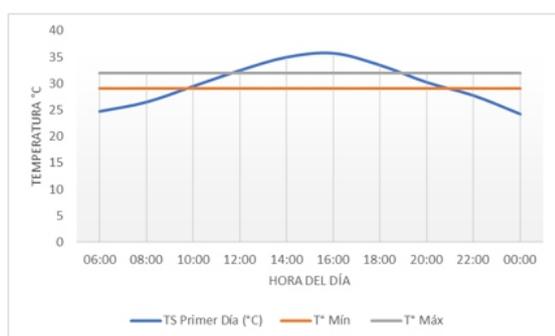


Gráfico 2. Temperatura del primer día

El gráfico 2, muestra las temperatura superficial del primer día, donde las temperaturas de las 10 y 20 horas del día estuvieron dentro del parámetro ideal de confort térmico, mientras que los registro de temperatura de las demás horas del día se encontraron por debajo o encima de parámetro, proporcionando así, un mejor control sobre el ambiente monitoreado, permitiendo a los gestores mantener el ambiente dentro del parámetro de temperatura ideal y de mayor confort térmico para los animales alojados en los horarios de mayor temperatura.

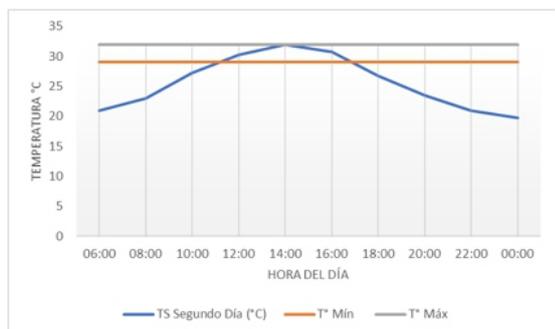


Gráfico 3. Temperatura del primer día

El gráfico 3, por su parte muestra la temperatura superficial del segundo día de experimento, donde se aprecia que de las 12 a las 16 horas los niveles de

temperatura se encontraron dentro del parámetro ideal de confort térmico de las aves, además se observa que el resto de las temperaturas registradas se encontraron por debajo de la temperatura mínima del parámetro ideal.

#### IV. DISCUSIÓN

En el gráfico 1, la temperatura de superficie en el día de cortina abierta presentó intensidad mayor al que se presentó durante el día de cortina cerrada; esto se debe a que la cortina abierta permite la entrada predominante de rayos solares en el ambiente y, principalmente, en contacto con el suelo del aviario, donde está posicionada la parte funcional del sensor. Desde el punto de vista bioclimático, uno de los principales factores que influyen en la carga térmica de la radiación incidente son los techos, principalmente debido a los materiales del mismo (Iánglio et al., 2007).

Savastano et al. (1997), al analizar el rendimiento térmico de los techos comerciales de aves de corral en São Paulo - BR, concluyeron que las tejas de fibrocemento, pintadas de blanco en el exterior, presentaron mejores resultados en términos de confort térmico que las tejas de fibrocemento sin pintura. Por lo tanto, con referencia a los gráficos 2 y 3 en donde se visualiza los niveles de temperatura representadas en los gráficos de control en el cual se estableció el parámetro ideal de confort térmico de las aves, se puede apreciar la variación del comportamiento de la temperatura con las cortinas abiertas y cerradas, por un lado las temperaturas con las cortinas abiertas se encontraron en un 40% por encima de nivel máximo del parámetro y con las cortinas cerradas el 100% de las mediciones registradas estaban por debajo del nivel máximo del parámetro.

#### V. CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra la eficiente recolección y registro de la temperatura superficial del ambiente con el uso de un sensor conectado a la base de datos MySQL, a través de la conexión Wi-Fi. Así, este experimento pudo proporcionar datos ambientales relevantes para la producción animal, pudiendo servir de soporte para la toma de decisión para el productor avícola. De esta forma, una recomendación para trabajos futuros sería el desarrollo de actuadores de ambiente, interactuando con el sistema de mediciones de temperatura de superficie.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, V. M., & Abreu, P. G. (2005). Diagnóstico bioclimático para produção de aves na mesorregião Pantanal Sul Mato-Grossense.

- Conferencia Apinco 2005 de Ciência e Tecnologia Avícolas (pág. 188). Santos Anais, Campinas: Facta.
- Abreu, V. M., & Abreu, P. G. (2011). Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 1-14.
- Amaral, A.G., et al. (2011) Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.63, n.3, p.649-658.
- Bridi, A. M. (2010). Adaptação e aclimação animal. Universidade Estadual de Londrina.
- Corkery, G., Ward, S., Kenny, C., & Hemmingway, P. (2013). Monitoring environmental parameters in poultry production facilities. Institute for Process and Particle Engineering, Graz University of Technology, Austria, 7-10.
- Curi, T.M.R.C. et al. (2017) Positioning of sensors for control of ventilation systems in broiler houses: a case study. *Sci. Agric.*, v.74, n.2, p.101-109.
- FACW (1992) Animal Welfare Council's.
- FAWC updates the five freedoms. *Veterinary Record*. V 131, n 375. Disponible en: <<http://www.gov.uk/government/groups/farm-animal-welfare-committee-facw>>. Acceso en: 12 nov.
- Han, A. Y. et al. (2010) Effect of acute stress on calcium concentration, proliferation, cell cycle, and interleukin-2 production in splenic lymphocytes from broiler chickens. *Poultry Science*, p. 2063-2070.
- Iánglio, M. T. D. et al. (2007) Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, n.5, p.527-531.
- Menegali, I. (2005) Diagnóstico da qualidade do ar na produção de frangos de corte em instalações semiclimatizadas por pressão negativa e positiva, no inverno, no sul do Brasil.
- Nascimento, G.R. et al. (2014) Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.18, n.6, p.658-663.
- Santos F, JI. (2018). Mercado. Disponible en: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango\\_de\\_corte/arvore/CONT000fy1j9mko02wx5ok0pvo4k3z9kscuy.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/arvore/CONT000fy1j9mko02wx5ok0pvo4k3z9kscuy.html)>. Acceso en: 12 nov.
- Savastano J. H. et al. (1997) Desempenho térmico de alguns materiais de cobertura em aviários. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.8, n.1, p.1-10.
- Tinôco, I.F.F. (2001) Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.3, p.1-26