

Medición de la temperatura corporal en conejos: la termografía infrarroja como técnica no invasiva de elección.

JAÉN TÉLLEZ J. A.¹ BARTOLOMÉ MEDINA E.² SÁNCHEZ GUERRERO M. J.³ VALERA CÓRDOBA M.⁴
GONZÁLEZ REDONDO P.⁵

DPTO. AGRONOMÍA. ETSI AGRONÓMICA.^{2,3,4,5}
UNIVERSIDAD DE SEVILLA.¹

Resumen del Trabajo

Este estudio evaluó la temperatura corporal mediante termografía infrarroja (TI) en cuatro zonas anatómicas del conejo: ojo (TIO), cara externa de la oreja (TIE), cara interna de la oreja (TII) y nariz (TIN) con el fin de validarla como alternativa a la temperatura rectal (TR) evaluada con un termómetro convencional. Se tomó temperatura de 48 conejos durante 38 días. Los factores considerados fueron: semanas de medición y lote. En promedio, los resultados fueron una TR de $38,48 \pm 0,02$ °C; TIO $37,31 \pm 0,05$ °C; TIE $29,09 \pm 0,26$ °C; TII $30,53 \pm 0,251$ °C y TIN $33,29 \pm 0,11$ °C (media \pm EE). Se observaron correlaciones positivas moderadas y estadísticamente significativas ($P < 0,001$) entre la TR y TI (0,39 a 0,49). Las mediciones termográficas que mostraron mayor correlación con TR fueron TIE y TII. También estudiamos los efectos que podrían influir en las variables de temperatura evaluadas por IRT y RT dentro de cada lote para cada semana del periodo de medición. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,001$) entre semanas dentro del lote, con tendencia a que la temperatura de los conejos aumentara con el período de medición. En conclusión, la TI es eficaz para evaluar la temperatura corporal y presenta una estrecha correlación con la TR, siendo TII el mejor punto de referencia para la toma de temperatura corporal en conejos. La termografía infrarroja se mostró como una alternativa adecuada a la RT para la evaluación de la temperatura corporal en conejos, evitando así el estrés por manejo.

Introducción

Los conejos son tranquilos y dóciles, aunque tienden a ser asustadizos [1]. Su domesticación relativamente reciente implica que siguen percibiendo a los humanos como depredadores, por lo que asocian su presencia con estímulos negativos, constituyendo un factor de estrés y miedo [2]. El manejo inadecuado de los conejos puede tener consecuencias físicas (fractura o subluxación de médula espinal o vértebras) y fisiológicas (hipertensión, hiperglucemia, disminución de la perfusión renal, hipomotilidad intestinal) debido al estrés, y puede provocar diversos tipos de patologías, como diarrea, que puede producir pérdida de peso e incluso la muerte [3].

La técnica más utilizada para medir la temperatura corporal en conejos es mediante temperatura rectal (TR) [4], que se obtiene insertando un termómetro convencional en el recto [5], pero esta metodología es invasiva y podría afectar negativamente al bienestar del animal, ya que requiere mucho tiempo para su medición [6].

También se puede medir en la superficie de la piel [7] con una cámara termográfica infrarroja (TI) [8]. Su principal ventaja es que es un método rápido, no invasivo y sin contacto para medir la temperatura superficial del animal [9]. Permite evaluar los estados fisiológicos y los cambios de temperatura debidos a patologías [10]. En conejos, las diferentes partes ana-

tómicas presentan valores de temperatura diferentes debido a la distinta vascularización y a la influencia de la temperatura ambiental [11].

El objetivo principal de este estudio fue evaluar la temperatura tomada con una cámara de TI en cuatro partes diferentes de la anatomía de conejos de engorde (ojo, cara externa del pabellón auricular, cara interna del pabellón auricular y nariz), para validarla como alternativa a la TR con un termómetro convencional, y evaluar la influencia de la semana del período de medición y lote.

Material y métodos

Animales

Analizamos un total de 48 conejos de la raza doméstica común española con pelaje agutí.

Registro de temperatura

Las imágenes de TI se tomaron con una cámara FLIR E60, siguiendo las indicaciones de Jaén-Téllez et al. [11]. Posteriormente, estas fotos termográficas se analizaron con el software Flir Tools+®, obteniendo para los análisis la temperatura máxima de un círculo trazado alrededor del área corporal evaluada (Figura 1).

La TR se midió con un termómetro clínico convencional (Thermoval® kids flex), siguiendo indicaciones técnicas precisas [5].

Procedimiento experimental

Las temperaturas de las muestras se registraron dos veces por semana (lunes y jueves), entre las 11:00h y las 12:00h, durante el periodo de 38 días en tres lotes distintos. Para evaluar la influencia de diferentes factores en la temperatura de los conejos, se estudiaron dos efectos diferentes: lote (del 1 al 3) y semana de medición (de la 1 a la 5).

Los tres períodos estacionales o lotes del ensayo se organizaron de la siguiente manera: lote 1 (primavera: abril-mayo, 14 animales), lote 2 (verano: junio-julio, 11 animales) y lote 3 (invierno: enero-febrero, 23 animales).

Durante cada sesión de muestreo, se tomaron dos fotos de TI de 4 puntos anatómicos diferentes en cada conejo (8 fotos por animal y sesión): partes externa e interna de la oreja izquierda, carúncula del ojo izquierdo y nariz completa (Figura 1). Las fotos siempre se tomaron en el mismo orden para todos los animales y tomó 30 s, aproximadamente, por ani-

mal en todos los casos. Además, también se tomó una medición de TR justo después de que se obtuvieron las fotos de TI.

Análisis estadístico

Una prueba de Shapiro-Wilk previa (resultados no mostrados) mostró una distribución normal de las variables estudiadas. Por lo tanto, se realizaron análisis estadísticos paramétricos.

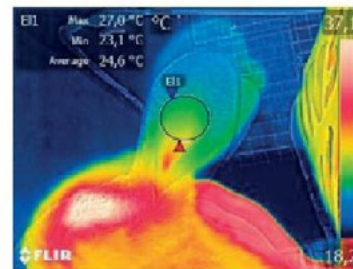
En primer lugar, se realizó un análisis estadístico descriptivo (media, error estándar, desviación estándar, mínimo y máximo) en los 48 conejos estudiados durante el periodo de medición para las cinco variables analizadas: TR, TI ocular (TIO), TI cara interna de la oreja (TII), TI cara externa de la oreja (TIE) y TI de la nariz (TIN). Además, se realizó una prueba t independiente por variable para buscar diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las variables rectales (TR) y termográficas (TIO, TII, TIE y TIN).

Figura 1. Imágenes de termografía infrarroja en diferentes regiones corporales en conejo

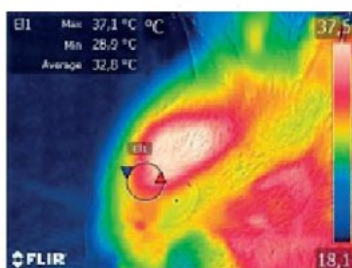
Cara externa de la oreja (TIE)



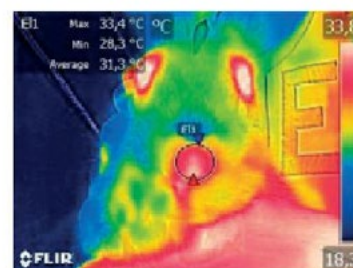
Cara interna de la oreja (TII)



Ojo (TIO)



Nariz (TIN)



E1 identifica el círculo trazado alrededor de la parte medida del cuerpo del conejo; el triángulo rojo indica la temperatura máxima dentro del círculo E1; el triángulo azul indica la temperatura mínima dentro del círculo E1; el rectángulo en la parte superior izquierda de la foto indica los valores medidos dentro del círculo E1 (temperatura máxima, mínima y promedio, en °C); la línea de color a lo largo del lado derecho de la foto indica el rango de temperatura de toda la foto, con la temperatura mínima en la parte inferior azul y la temperatura máxima en la parte superior blanca (en °C).

Para obtener las correlaciones fenotípicas entre las variables rectales y termográficas, se calcularon correlaciones de Pearson directas e intraclase según lote y semana de medición. También se realizaron gráficos de dispersión y análisis de regresión entre la TR y la TI, y se calcularon el coeficiente de determinación (R^2) y el error cuadrático medio (RMSE).

Para evaluar la influencia de los factores ambientales en la temperatura de los conejos, se realizó un análisis univariado del Modelo Lineal General (GLM) para las cinco temperaturas estudiadas (TR, TIO, TII, TIE y TIN) según la semana de medición dentro de cada lote. Además, para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los niveles de los efectos de la variable TR, se realizó una prueba post-hoc de Duncan.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS para Windows (IBM Corp. IBM SPSS Statistics para Windows; versión 25.0; IBM Corp: Armonk, NY, EE. UU., 2017).

Resultados

La temperatura media más alta se encontró para TR ($38,48 \pm 0,02$ °C), seguida de TIO ($37,31 \pm 0,05$ °C), TIN ($33,29 \pm 0,11$ °C), TII ($30,53 \pm 0,25$ °C) y, por último, TIE ($29,09 \pm 0,26$ °C) (Tabla 1).

La TR fue superior a la temperatura medida por TI en las diferentes zonas corporales analizadas ($P < 0,001$). La temperatura más baja se pudo observar un rango de temperatura en TR (35,6 a 39,8 °C), que es una temperatura interna, en comparación con las temperaturas tomadas con TI, donde el rango más estrecho fue el de ETT (32,1 a 39,5 °C).

Todas las correlaciones del TI con el TR fueron positivas, estadísticamente significativas ($P < 0,001$) y de magnitud media (resultados no mostrados). Los valores variaron desde 0,36 para la correlación intraclase de TR con TIO y TEN hasta 0,49 para la correlación general de TR con TIE.

Discusión

La medición de la temperatura corporal es fundamental en la gestión sanitaria en conejos, ya que, al ser un animal de presa, tiende a ocultar los síntomas de su estado de salud [12]. Tanto la hipertermia como la hipotermia son signos inequívocos de problemas de salud en los animales.

La temperatura corporal normal promedio de los conejos tomados por TR en este estudio ($38,5 \pm 0,02$ °C) se encontró dentro de los rangos establecidos por

varios autores [12]. Estas variaciones de temperatura se debieron a diferentes factores condicionantes, como la temperatura ambiental, la raza de los conejos o los instrumentos de medición utilizados [13].

Vicente-Pérez, et al. [6] han afirmado que la TR se correlaciona positivamente con el TI tomado en diferentes partes de la anatomía del animal, coincidiendo con nuestro trabajo, lo que demuestra la posible idoneidad de la TI como técnica para medir la temperatura de forma similar a un termómetro digital.

Los resultados de la correlación destacaron las mediciones de la oreja (TII y TIE) como mejores mediciones para complementar la medición de TR, TII sería una mejor medida de referencia que TIE, ya que los conejos utilizan la cara externa de la oreja para disipar el calor [14].

En cuanto a las combinaciones de lotes y semanas de medición, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,001$) entre semanas para todos los lotes y para todas las variables analizadas (TI y TR). La temperatura aumentó con las semanas de medición, mostrando una tendencia ascendente a medida que avanzaba el periodo.

Los conejos jóvenes tienden a presentar temperaturas más bajas que los animales mayores [13]. Además, Jaén-Téllez et al. [11] observaron que la temperatura de las diferentes partes anatómicas del conejo se correlaciona con la temperatura ambiental. El ambiente influye en la temperatura superficial del cuerpo del conejo, ya que afecta a la temperatura de la piel y al intercambio de calor entre el animal y su entorno a través del control vasomotor [13]. Por lo tanto, un factor clave en la regulación de la temperatura interna del conejo es la temperatura ambiental a la que se mantiene el animal [15].

El aumento de la temperatura corporal de los animales en cada semana del periodo de medición podría correlacionarse con la evolución del aumento de la temperatura ambiental en cada mes de cada lote. Por lotes, la temperatura ambiental fue mayor al final que al inicio de cada uno de estos periodos. Las temperaturas ambientales promedio oscilaron entre 21,3 °C en abril y 38,7 °C en mayo para el lote 1; entre 25,0 °C en junio y 26,1 °C en julio para el lote 2, y entre 12,9 °C en enero y 18,8 °C en febrero para el lote 3.

Conclusiones

La TI es una herramienta eficaz que no altera el bienestar de los conejos para medir la temperatura en diferentes regiones del cuerpo, estando relacionadas con la TR. La TII parece ser el mejor punto de referen-

Tabla 1: Análisis descriptivo (media, error estándar, mínimo, máximo y desviación estándar) para las 4 variables termográficas y para la temperatura rectal. T-test por variable entre las cuatro variables de temperatura termográfica analizadas y la temperatura rectal.

	Análisis Descriptivo				T-Test
	Media±s.e. (°C)	Min	Max	s.d.	P-value
TR	38.48±0.02	35.60	39.80	0.50	–
TII	30.53±0.25	16.00	40.35	5.11	***
TIE	29.09±0.26	18.20	39.10	5.41	***
TIO	37.31±0.05	32.10	39.45	1.10	***
TIN	33.29±0.11	26.15	38.45	2.17	***

*** P<0.001; TR: temperatura rectal; TII: temperatura termográfica en la cara interna de la oreja; TIE: temperatura termográfica en la cara externa de la oreja; TIO: temperatura termográfica en el ojo; TIN: temperatura termográfica en la nariz.

cia para tomar la temperatura corporal en conejos debido a las mayores correlaciones encontradas con la TR, mientras que la medición TIE parece ser una forma ineficiente de representar la temperatura corporal, ya que los conejos la utilizan para disipar el calor.

REFERENCIAS

- WARD ML. 2006. *Physical examination and clinical techniques*. In: *BSAVA (British Small Animal Veterinary Association) Manual of rabbit medicine and surgery*: 2nd ed. Meredith, A., Flecknell P. (ed.). British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, United Kingdom, 18-36.
- TROCINO G, XICCATO A. 2006. *Animal welfare in reared rabbits: a review with emphasis on housing systems*. *World Rabbit Sci.*, 14: 77-93.
- LEBAS F, COUDERT P, DE ROCHAMBEAU H, THÉBAULT RG. 1997. *The rabbit – Husbandry, health and production*. F.A.O., Rome, Italy.
- CHEN P, WHITE C. 2006. *Comparison of rectal, microchip transponder, and infrared thermometry techniques for obtaining body temperature in the laboratory rabbit (*Oryctolagus cuniculus*)*. *J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.*, 45: 57-63.
- CHAPEL JM, BENEDITO JL, HERNÁNDEZ J, PEREIRA V, Domínguez R, Castillo C. 2015. *Técnicas de manejo y sujeción del conejo doméstico*. *Consulta de Difusión Veterinaria*, 221: 47-54.
- VICENTE-PÉREZ R, MACÍAS-CRUZ U, AVENDAÑO-REYES L, CORREA-CALDERÓN A, LUNA-PALOMERA C, CHAY-CANUL AJ. 2019. *Relación de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de pelo obtenidas por*

termografía en ovejas gestantes estresadas por calor. ITEA-Inf. Tec. Econ. Ag., 115: 219-230.

7. CHACUR MGM, BASTOS GP, VIVIAN DS, SILVA L, CHIARI LNF, ARAUJO JS, ET AL.. 2016. *Use of infrared thermography to evaluate the influence of the climatic factors in the reproduction and lactation of dairy cattle.* Acta Sci. Vet., 44: 1412-1421.
8. STEWART M, WEBSTER JR, SCHAEFER AL, Cook NJ, Scott SL. 2005. *Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare.* Anim. Welf., 14: 319-325.
9. DE LIMA V, PILES M, RAFEL O, LÓPEZ-BÉJAR M, RAMÓN J, VELARDE A, DALMAU A. 2013. *Use of infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits.* Res. Vet. Sci., 95: 802-810.
10. SKLIAROV P, FEDORENKO S, NAUMENKO S, ONYSHCHENKO O, BILYI D, MYLOSTYVYI R, ET AL. *Infrared thermography as a method of diagnosing reproductive pathologies in animals* (2023) M 6 (2), art. no. E2023007.
11. JAÉN-TÉLLEZ JA, SÁNCHEZ-GUERRERO MJ, LÓPEZ-CAMPOS JI, VALERA M, GONZÁLEZ-REDONDO P. 2020. *Acute stress assessment using infrared thermography in fattening rabbits reacting to handling under winter and summer conditions.* Span. J. Agric. Res., 18, e0502, 13 pages.
12. ARDIACA M, BROTONS NJ, MONTESINOS A. 2010. *Aproximación a las urgencias y cuidados intensivos en conejos, psitácidas y reptiles.* Clín. Vet. Peq. Anim., 30: 5-14.
13. ZEFERINO CP, MOURA ASAMT, FERNANDES S, KANAYAMA JS, SCAPINELLO C, SARTORI JR. 2011. *Genetic group×ambient temperature interaction effects on physiological responses and growth performance of rabbits.* Livest. Sci., 140: 177-183.
14. FAYEZ I, MARAI M, ALNAIMY A, HABEEB M. 1994. *Thermoregulation in rabbits. In: Rabbit production in hot climates; Baselga M, Marai IFM (eds.), CIHEAM (Cahiers Options Méditerranéennes), Zaragoza, Spain, 8: 33-41.*
15. SANMIGUEL RA, DÍAZ V. 2011. *Mecanismos fisiológicos de la termorregulación en animales de producción.* Rev. Colomb. Cienc. Anim., 4: 88-94.