

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias de la Salud

**Evaluación de la sensibilidad de la cámara térmica con
termómetro electrónico en el registro de temperatura
corporal de manera no invasiva en felinos hospitalizados**

José Antonio Guerrón Silva

Medicina Veterinaria

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de Médico Veterinario

Quito, 29 de abril de 2025

Universidad San Francisco de Quito USFQ
Colegio de Ciencias de la Salud

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Evaluación de la sensibilidad de la cámara térmica con
termómetro electrónico en el registro de temperatura
corporal de manera no invasiva en felinos hospitalizados**

José Antonio Guerrón Silva

Rommel Lenin Vinuesa Sierra – DMVZ, M.Sc, PhD

Quito, 29 de abril de 2025

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: José Antonio Guerrón Silva

Código: 00321503

Cédula de identidad: 1725560260

Lugar y fecha: Quito, 29 de abril de 2025

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

Dedicatoria y Agradecimiento

Quiero agradecer a los médicos y al personal del Hospital Veterinario de la USFQ por su apoyo durante la recolección de datos para este trabajo. De igual forma, agradezco al mismo hospital por permitirme interactuar con los felinos hospitalizados y brindarme acceso a su base de datos.

RESUMEN

La medición de la temperatura corporal en felinos puede presentar dificultades debido a comportamientos agresivos o nerviosos que comprometen tanto al paciente como al personal médico. La disponibilidad de recursos tecnológicos puede constituir una opción para el registro de temperatura de forma menos invasiva. El presente estudio tuvo como objetivo comprobar la efectividad de la cámara térmica como técnica no invasiva para medir la temperatura corporal en felinos hospitalizados, utilizando como referencia un termómetro electrónico. Se estudiaron 15 pacientes felinos en el Hospital Veterinario de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ), de los cuales se capturaron fotografías térmicas desde tres ángulos distintos: dorsal, lateral y ventral. Los datos obtenidos fueron comparados con los registrados con el termómetro electrónico, procesados y analizados mediante el programa RStudio. Los resultados mostraron un bajo nivel de asociación entre los dos sistemas en los registros dorsales y laterales. No obstante, la región ventral presentó valores más cercanos a la temperatura rectal de referencia, especialmente en el subgrupo de felinos de pelo corto. El estudio sugiere que, aunque la cámara térmica representa una herramienta potencialmente útil en medicina veterinaria, con el número de datos observados y la técnica aplicada no se tiene evidencia suficiente para asegurar que pueda ser un método que sustituya al termómetro electrónico en la medición de la temperatura corporal.

Palabras clave: cámara térmica, temperatura corporal, felinos hospitalizados, métodos no invasivos, termómetro electrónico

ABSTRACT

Measurement of body temperature in felines can present challenges due to aggressive or nervous behaviors that compromise both the patient and the veterinary personnel. The availability of technological resources may offer an option for less invasive temperature monitoring. This study aimed to evaluate the effectiveness of a thermal camera as a non-invasive technique for measuring body temperature in hospitalized felines, using an electronic thermometer as a reference. Fifteen feline patients at the Veterinary Hospital of the Universidad San Francisco de Quito (USFQ) were studied, with thermal images captured from three different angles: dorsal, lateral, and ventral. The data obtained were compared with those recorded using the electronic thermometer. All data were processed and analyzed using the RStudio software. The results showed a low level of correlation between both systems in the dorsal and lateral recordings. However, the ventral region presented values closer to the reference rectal temperature, particularly in the subgroup of short-haired felines. The study suggests that although the thermal camera represents a potentially useful tool in veterinary medicine, based on the observed data and the applied technique, there is insufficient evidence to support its use as a replacement for the electronic thermometer in body temperature measurement.

Keywords: thermal camera, body temperature, hospitalized felines, non-invasive methods, electronic thermometer

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	11
Desarrollo del Tema	17
Conclusiones.....	33
Referencias bibliográficas (ejemplo estilo APA)	34
Anexo A: Cálculos realizados en RStudio	39
Anexo B: Fotos de la obtención de las imágenes térmicas.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Registro de temperaturas de felinos hospitalizados	17
Tabla 2: Imágenes térmicas de los gatos hospitalizados	24
Tabla 3: Prueba Shapiro Test de las temperaturas de los gatos hospitalizados	24
Tabla 4: Prueba T. Test de las temperaturas de los gatos hospitalizados	24
Tabla 5: Prueba Shapiro Test de las temperaturas de los felinos de pelo corto hospitalizados	25
Tabla 6: Prueba T. Test de las temperaturas de los felinos de pelo corto hospitalizados	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de caja de las temperaturas medidas de los felinos hospitalizados	25
Figura 2: Diagrama de caja de las temperaturas del subgrupo de felinos de pelo corto hospitalizados	26

1. - Introducción

El mecanismo de termorregulación varía entre especies animales. En mamíferos y aves, organismos endotermos, la temperatura corporal se regula internamente; en cambio, peces y reptiles, como ectotermos, dependen del ambiente para mantenerla (Esteban, 2009). En mamíferos, el hipotálamo actúa como centro de termorregulación, ajustando la temperatura frente a variaciones ambientales mediante mecanismos compensatorios, como contracciones musculares involuntarias o la activación/inhibición de procesos metabólicos (Esteban, 2009). Ante estados de debilidad, infección o lesión, estos mecanismos pueden alterarse, generando hipo o hipertermia. Por tanto, la medición de la temperatura corporal representa un parámetro fisiológico fundamental en la evaluación clínica, ya que permite inferir posibles diagnósticos y determinar la gravedad del cuadro clínico (Zalamea, 2023).

La temperatura de los animales se registra principalmente mediante dos métodos: el termómetro de mercurio y el termómetro digital. El termómetro de mercurio debe colocarse en contacto con la mucosa rectal durante aproximadamente tres minutos para lograr un equilibrio térmico; sin embargo, existe el riesgo de ruptura del dispositivo, lo cual podría provocar intoxicación por mercurio en el animal. Por otro lado, el termómetro digital requiere una colocación adecuada contra la mucosa rectal durante aproximadamente un minuto, aunque su uso puede resultar incómodo para animales que se encuentran hospitalizados (Torregrosa, 2022).

Además, existen otros métodos que se han probado para medir la temperatura de los animales, como es el caso del termómetro infrarrojo. Sin embargo, debido a la

realización de estudios en donde se comparaba el termómetro infrarrojo con la temperatura rectal, los resultados no fueron favorables para los investigadores.

La termografía infrarroja constituye una herramienta diagnóstica no invasiva en medicina veterinaria, útil para la evaluación de temperatura corporal sin contacto directo, lo que favorece el bienestar animal y evita distorsiones inducidas por estrés o manipulación (Muniz et al., 2024). Este método se basa en la detección de la radiación infrarroja emitida por el cuerpo del animal, la cual es captada por el sensor térmico y transformada en una imagen termográfica (Gomes & Gomes, 2014). Su aplicación es especialmente útil en animales con conducta agresiva o nerviosa, donde el uso de termómetros convencionales puede representar un riesgo tanto para el profesional como para el paciente. Además, permite realizar estudios a distancia en tiempo real, facilitando la identificación de posibles alteraciones fisiológicas o patologías, como procesos inflamatorios o neoplásicos (Domingo, 2021; Sánchez, 2019).

De manera similar, Giannetto et al. (2022) evaluaron la eficacia del termómetro infrarrojo sin contacto en felinos, comparando sus resultados con los obtenidos mediante termometría rectal. El estudio incluyó 20 gatos de diversas razas y se utilizaron tres modelos diferentes de termómetros infrarrojos, aplicados en cinco regiones anatómicas: yugular, hombro, costillas, flanco y cara interna del muslo. Los resultados revelaron que las temperaturas obtenidas con los termómetros infrarrojos fueron sistemáticamente inferiores a las temperaturas rectales, además de que los valores entre dispositivos mostraron escasa consistencia. Por este motivo, los autores concluyeron que el termómetro infrarrojo carece de la precisión necesaria para ser considerado una alternativa válida a la termometría rectal en la medición de temperatura cutánea en gatos (Giannetto et al., 2022).

Diversos estudios han evidenciado la utilidad de la cámara térmica como herramienta para la medición de la temperatura corporal, tanto en el contexto de procesos fisiológicos como en la detección de patologías. Tal es el caso de los reportes clínicos presentados por Tolón et al. (2008), donde se documentó su aplicación en dos pacientes felinos. En el primer caso, una gata de 9 años, vacunada contra trivalente, rabia y FeLV, presentó una masa en la región interescapular con adherencias a los planos musculares profundos. Se realizaron procedimientos diagnósticos como centesis, frotis, biopsia y tomografía axial computarizada, que permitieron confirmar un diagnóstico de fibrosarcoma felino. Posteriormente, mediante un estudio termográfico de la lesión, se evidenció un incremento térmico en la zona afectada en comparación con regiones corporales sanas.

En el segundo caso, una gata de 12 años, también vacunada contra rabia, FeLV y leucemia, desarrolló una masa en la pared costal izquierda que fue extirpada, pero que posteriormente reapareció en varias ocasiones. La citología confirmó nuevamente un diagnóstico de fibrosarcoma. En la última recurrencia, una imagen térmica permitió detectar un aumento de temperatura en la región de la lesión. No obstante, los autores destacaron la necesidad de cautela al interpretar las imágenes térmicas, ya que ciertas zonas anatómicas, como la axilar, pueden presentar variaciones fisiológicas de temperatura. Por ello, se recomendó complementar la termografía con una imagen fotográfica convencional, obtenida en una postura lo más similar posible, para mejorar la precisión diagnóstica (Tolón et al., 2008).

Por otra parte, Stella et al. (2012) evaluaron el empleo de la cámara térmica en contextos clínicos y experimentales como método para registrar la temperatura corporal y sus variaciones en animales sometidos a diferentes condiciones fisiológicas y

patológicas. Estas investigaciones incluyeron estudios sobre el efecto de la ingesta de alimento y las fases iniciales de la digestión en la temperatura de bovinos lecheros, la comparación de la temperatura perivulvar en ovejas durante el estro y el anestro, la evaluación de la calidad de la carne en cerdos sacrificados, el monitoreo térmico en yeguas en estro y ovulación, y el análisis térmico de ubres en vacas lecheras durante el ordeño (Stella et al., 2012).

Asimismo, Bertipaglia et al. (2023) realizaron una investigación para comparar distintos métodos de medición de la temperatura corporal en terneros lactantes. Se utilizaron un termómetro electrónico, un termómetro infrarrojo y una cámara térmica, aplicados en diferentes zonas anatómicas: frente, pabellón auricular, espalda y vulva. El objetivo fue identificar la región que proporcionara una temperatura más próxima a la rectal, medida con el termómetro electrónico. Los resultados mostraron que el pabellón auricular presentó valores térmicos similares a la temperatura rectal, probablemente debido a su cercanía al centro corporal. Sin embargo, los autores advirtieron que la comparación entre instrumentos no debe basarse únicamente en las diferencias de temperatura, ya que otros factores deben ser considerados al seleccionar el método de medición más adecuado.

Otro estudio que corroboró la fiabilidad de la cámara térmica fue realizado por Oliveira et al. (2023), quienes compararon la medición de la temperatura corporal en ratas de laboratorio utilizando un termómetro infrarrojo y una cámara térmica infrarroja. Las mediciones se efectuaron en dos regiones anatómicas, la espalda y la cola, manteniendo una distancia de 50 cm por encima del animal. Ambos métodos fueron aplicados de manera rápida y con un mínimo de manipulación para evitar el estrés y su consecuente alteración de los resultados. Además, los autores señalaron que, si bien la medición rectal

mediante termómetro electrónico es el método tradicional, este puede verse afectado por factores como el estrés, la presencia de heces, la inserción repetida del dispositivo e, incluso, por riesgos de ruptura de la mucosa, lo cual podría derivar en septicemia y muerte del paciente.

Adicionalmente, Oliveira et al. (2023) subrayaron la importancia de una adecuada calibración de la cámara térmica previa a su uso, considerando variables ambientales y el tipo de estudio a realizar, dado que la falta de ajustes apropiados podría limitar su implementación futura. También advirtieron que el alto costo de adquisición representa una barrera significativa para su incorporación en la práctica clínica veterinaria.

De manera complementaria, otros trabajos han explorado usos adicionales de la cámara térmica en medicina veterinaria, como lo evidenció el estudio de Casas-Alvarado et al. (2024). En dicha investigación, se evaluó la efectividad de la termografía infrarroja para monitorizar la recuperación en pacientes sometidos a tratamientos fisioterapéuticos. Se examinó el comportamiento térmico de zonas articulares tratadas mediante distintas técnicas de rehabilitación, tales como acupuntura, fisioterapia, crioterapia y electroestimulación. Las imágenes térmicas obtenidas mostraron una disminución de la temperatura en las áreas tratadas, correlacionándose con una reducción de los signos de dolor, atribuida a la disminución de sustancias proinflamatorias.

Aunque los estudios sobre este tema aún son limitados, la evidencia sugiere que la termografía infrarroja puede constituir una herramienta de gran utilidad para evaluar la respuesta térmica local en pacientes en proceso de rehabilitación (Casas-Alvarado et al., 2024).

En conjunto, la cámara térmica representa una alternativa no invasiva, de fácil aplicación y alineada con los principios de bienestar animal. Diversos estudios han demostrado su eficacia al compararla con métodos tradicionales de medición de temperatura corporal, como el termómetro electrónico.

Desarrollo del Tema

2. - Metodología

Para el presente estudio se empleó una cámara térmica marca Hti, modelo HT-A2. Las imágenes fueron capturadas utilizando un espectro de tono arcoíris, con el fin de identificar de manera eficiente las áreas de mayor temperatura en los pacientes. El periodo de recolección de imágenes se extendió durante tres meses, desde enero hasta marzo de 2025. Para la captura de las fotografías, se mantuvo una distancia adecuada entre el felino y la cámara térmica, y se posicionó a los pacientes en los ángulos dorsal, lateral y ventral. La medición de la temperatura rectal se realizó con un termómetro electrónico marca Microlife, de uso sencillo, el cual se insertó en la cavidad rectal de los pacientes tras la utilización de la cámara térmica. Este dispositivo fue previamente desinfectado y proporcionó resultados en aproximadamente un minuto.

Los datos fueron recopilados del hospital veterinario de la USFQ, con el objetivo de solicitar acceso a su base de datos. Una vez concedido el permiso, se accedió a las fichas médicas de los gatos que habían sido previamente fotografiados mediante cámara térmica. Se extrajeron imágenes relevantes, asegurándose de registrar datos clave como peso, raza y edad de cada paciente.

La información recolectada se organizó en una base de datos utilizando Microsoft Excel (versión 16.96.1) y a cada individuo se le asignó un código identificador. En la tabla se registraron las temperaturas obtenidas mediante la cámara térmica y el termómetro electrónico, siguiendo la clasificación previamente definida.

Los datos fueron importados al programa estadístico R para su análisis. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de la distribución de los datos. Asimismo, se realizó una prueba t de Student con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre las temperaturas obtenidas por ambos métodos de

medición. Un segundo análisis se aplicó a los felinos de pelo corto, empleando las mismas pruebas estadísticas para evaluar la efectividad específica de la cámara térmica en esta población.

Finalmente, se elaboraron diagramas de cajas para ambos conjuntos de datos, con el objetivo de visualizar la distribución de las temperaturas y analizar la distribución de los datos y su relación con los valores referenciales registrados con el termómetro electrónico.

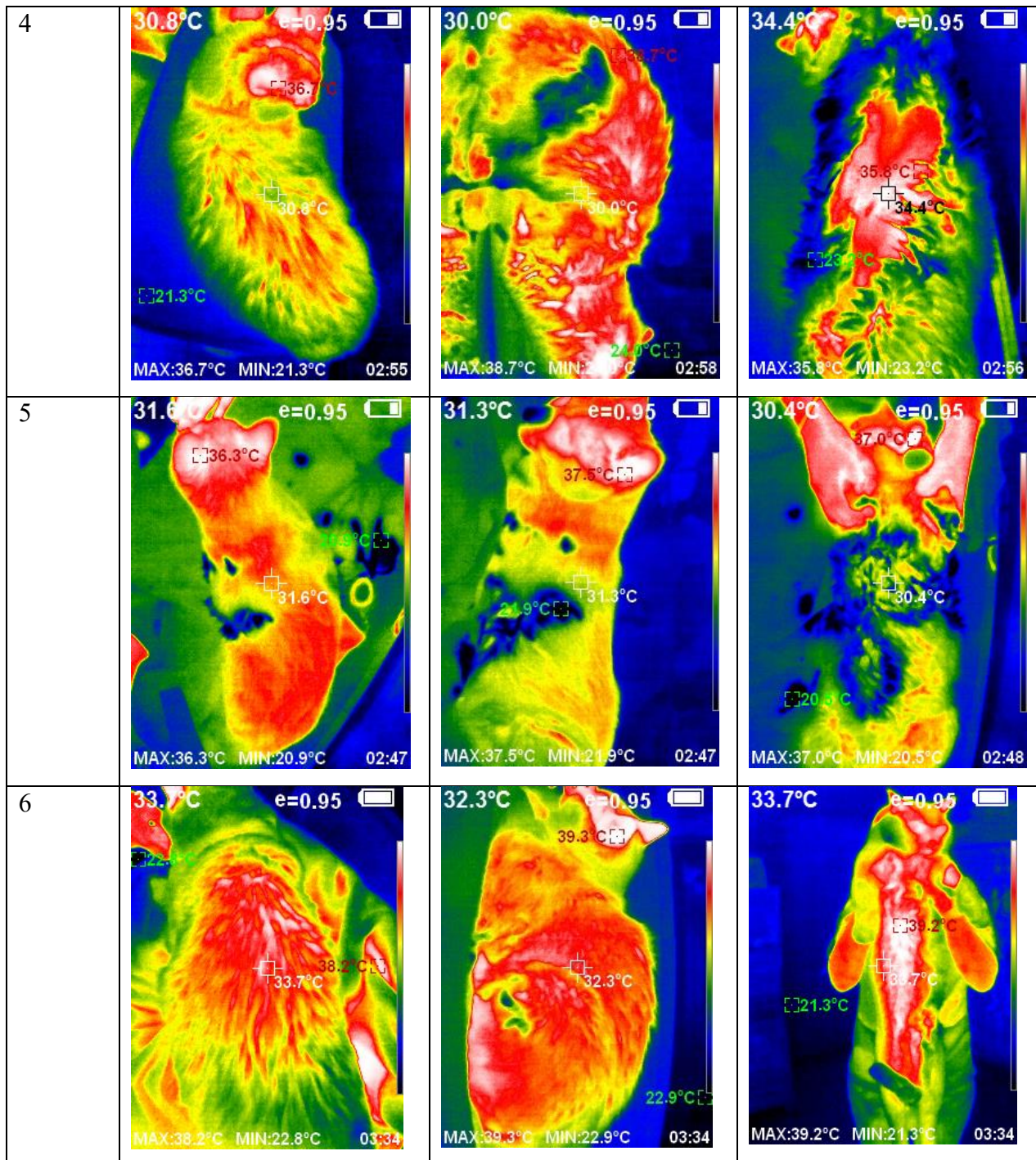
3. - Resultados

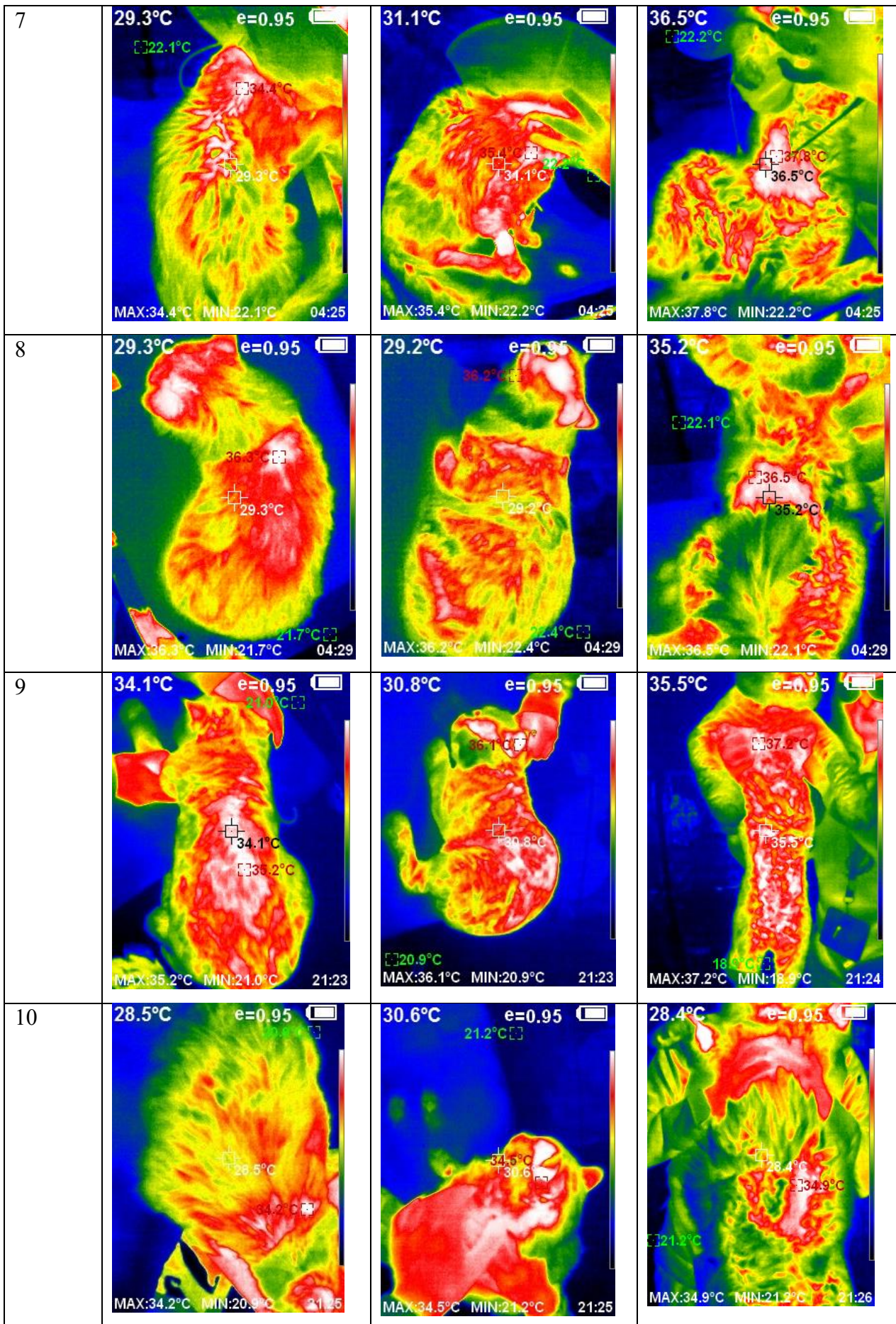
Tabla de datos de la temperatura de felinos hospitalizados								
Fecha (semana)	#	Raza	Peso (kg)	Edad (años)	Temp. cámara térmica (°C) (Dorsal)	Temp. cámara térmica (°C) (Lateral)	Temp. cámara térmica (°C) (Ventral)	Temp. con termómetro Electrónico (°C)
Semana 3 enero (13-19)	1	Domestico pelo corto	3,88	2	34,2	35,1	37,6	37,9
	2	Domestico pelo corto	4,3	5	36,9	37,5	40	37,7
	3	Persa	2,1	5	38,5	39,4	39,1	37,6
Semana 4 enero (20-26)	4	Domestico pelo corto	4,2	2	36,7	38,7	35,8	37,7
	5	Mestizo	4,6	1	36,3	37,5	37	38,2
	6	Mestizo	4,6	12	38,2	39,3	39,2	37,7
	7	Domestico pelo corto	3,7	11	34,4	35,4	37,8	37,8
	8	Mestizo	5	8	36,3	36,2	36,5	38,1
Semana 1 febrero (1-9)	9	Persa	3,8	2	35,2	36,1	37,2	39,7
	10	Mestizo	6,6	6	34,2	34,5	34,9	37,7
	11	Mestizo	4,5	2	37,6	36,2	36,7	38,7
Semana 2 marzo (10-16)	12	Maine Coon	4,5	14	33,3	36,8	37,4	37,2
Semana 3 marzo (17-23)	13	Domestico pelo corto	8	5	33,9	33,6	36	38,7
	14	Domestico pelo corto	8,7	4	35,2	35,6	34,3	36,6
	15	Persa	3,3	6	36,2	38,5	36,8	39,3

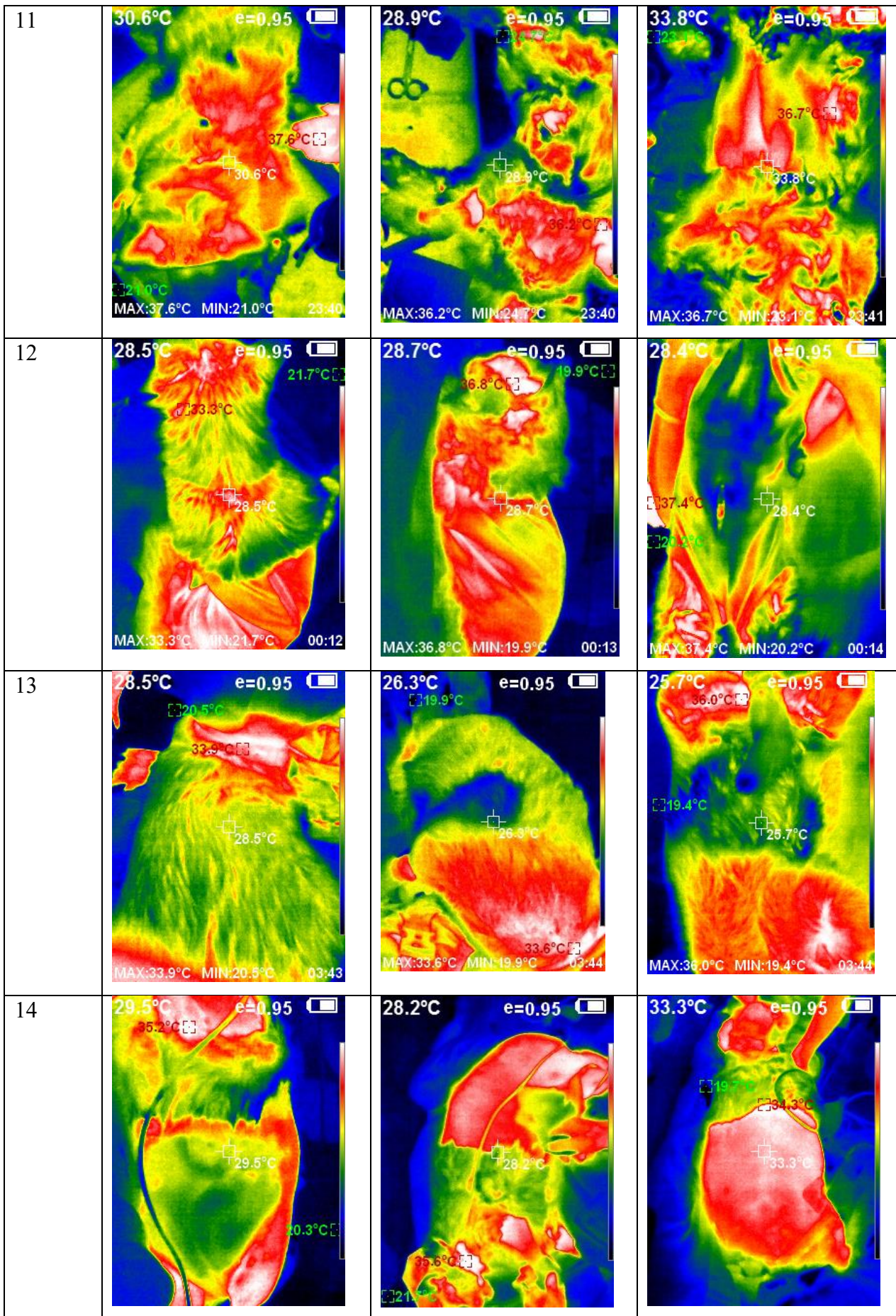
Tabla 1: Registro de temperaturas de felinos hospitalizados

La tabla 1 presenta la temperatura de los 15 felinos hospitalizados para este estudio con datos personales y la temperatura medida con el termómetro electrónico y la cámara térmica en distintos ángulos.

Código	Dorsal	Lateral	Ventral
1	31.1°C e=0.95 02:16 MAX:34.2°C MIN:22.2°C	29.5°C e=0.95 02:15 MAX:35.1°C MIN:22.5°C	35.1°C e=0.95 02:16 MAX:37.6°C MIN:22.8°C
2	30.4°C e=0.95 02:18 MAX:36.9°C MIN:22.5°C	30.4°C e=0.95 02:19 MAX:37.5°C MIN:19.9°C	26.2°C e=0.95 02:20 MAX:40.0°C MIN:21.2°C
3	32.2°C e=0.95 02:51 MAX:38.5°C MIN:25.7°C	31.7°C e=0.95 02:52 MAX:39.4°C MIN:22.9°C	38.7°C e=0.95 02:52 MAX:39.1°C MIN:24.5°C







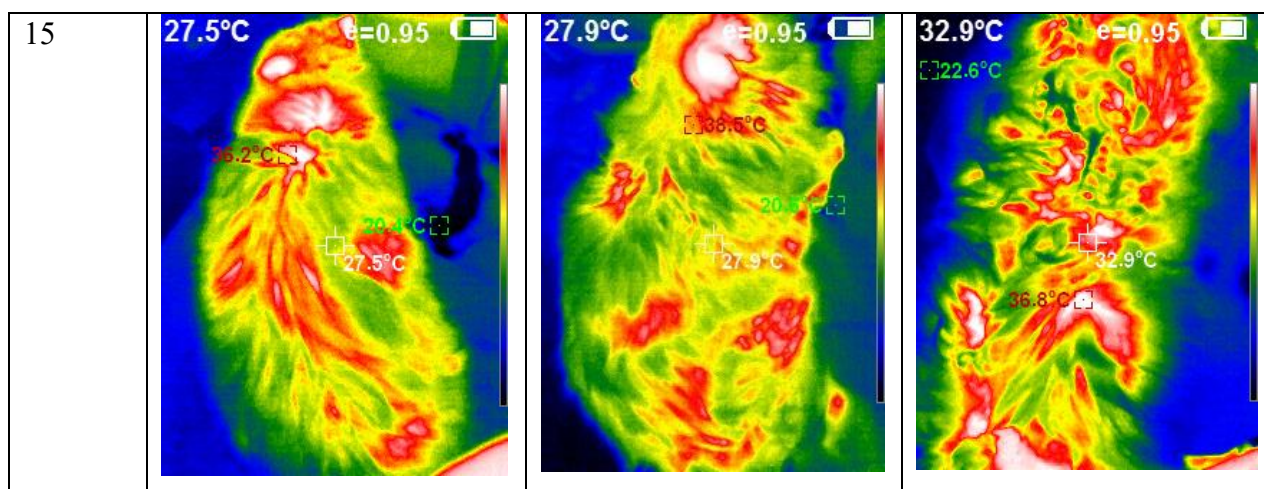


Tabla 2: Imágenes térmicas de los gatos hospitalizados

En la tabla 2 se observan las imágenes térmicas de los 15 felinos hospitalizados que fueron tomados con la cámara térmica en los diferentes ángulos.

**Resultados de las pruebas T1
Shapiro Test**

Tipo	W	P<0.05
cd	0.95387	0.5873
cl	0.96293	0.7432
cv	0.97522	0.9264
tr	0.93729	0.3495

Tabla 3: Prueba Shapiro Test de las temperaturas de los gatos hospitalizados

Se observa los resultados de la prueba de shapiro test de la temperatura obtenida de los 15 felinos hospitalizados para saber si los valores tienen una distribución normal.

**Resultados de las pruebas
T1 T. Test**

Tipo	T	P<0.05
ctd	-4.804	0.0001035
ctl	-27.035	0.0139
ctv	-21.163	0.04656

Tabla 4: Prueba T. Test de las temperaturas de los gatos hospitalizados

En la tabla 4 se observa los resultados de la prueba T. test de las temperaturas de los 15 felinos hospitalizados para determinar si hay una diferencia significativa entre la cámara térmica y el termómetro electrónico.

Resultados de las pruebas T2 Shapiro Test		
Tipo	W	P<0.05
ctd	0.86168	0.195
ctl	0.94808	0.7247
ctv	0.96888	0.8848
te	0.88882	0.3121

Tabla 5: Prueba Shapiro Test de las temperaturas de los felinos de pelo corto hospitalizados

En la tabla se observa los resultados de la prueba de shapiro test de los felinos de pelo corto para determinar si los resultados seguían una distribución.

Resultados de las pruebas T2 T. Test		
Tipo	T	P<0.05
ctd	-42.097	0.003432
ctl	-22.059	0.06721
ctv	-0.95493	0.3757

Tabla 6: Prueba T. Test de las temperaturas de los felinos de pelo corto hospitalizados

En la tabla se aprecia los resultados de la prueba t. test de los felinos de pelo corto para saber si hay una diferencia significativa entre la cámara térmica y el termómetro electrónico.

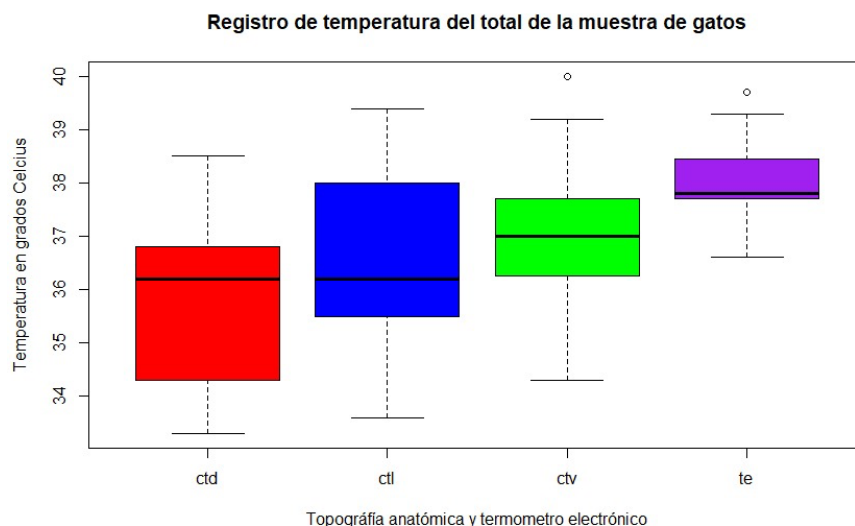


Figura 1: Diagrama de caja de las temperaturas medidas de los felinos hospitalizados. Se puede observar el diagrama de cajas de los 15 felinos hospitalizados para medir su distribución en los grupos de temperatura.

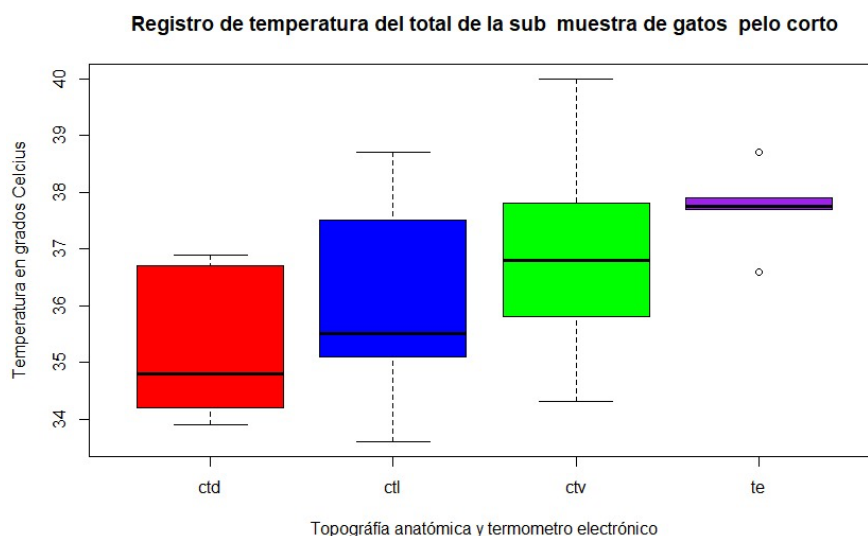


Figura 2: Diagrama de caja de las temperaturas del subgrupo de felinos de pelo corto hospitalizados. Se aprecia el diagrama de caja del subgrupo de los felinos de pelo corto para medir su distribución en los grupos de temperatura.

4. - Discusión

El objetivo de este proyecto fue evaluar la efectividad de la cámara térmica para medir la temperatura corporal de felinos hospitalizados de manera no invasiva, comparándola con los registros obtenidos con un termómetro electrónico. Los resultados demostraron que la implementación de cámaras térmicas en medicina veterinaria representa una herramienta prometedora para la medición de la temperatura corporal de los animales en tiempo real. Esta tecnología permitiría observar cambios térmicos asociados a procesos patológicos de manera remota, minimizando la manipulación del paciente. No obstante, el estudio permitió identificar diversas limitaciones en su uso, tales como las condiciones ambientales durante la captura de las imágenes, la distancia entre la cámara y el animal, el nivel de estrés del paciente y características individuales como la densidad y el tipo de pelaje; factores que pueden influir significativamente en los resultados obtenidos (Domingo, 2021).

Adicionalmente, la región anatómica seleccionada para la medición térmica pareció influir en la exactitud de los resultados. Según los datos obtenidos (Tabla 1), la temperatura registrada en la región ventral mostró mayor concordancia con las mediciones obtenidas mediante termómetro electrónico en comparación con las áreas lateral y dorsal. Esto podría ser explicado por el hecho que ese plano del animal está desprovisto de pelo. Este hallazgo coincide con lo reportado por Mota-Rojas et al. (2021), quienes compararon diversas ventanas térmicas en ganado bovino y búfalos, observando que factores como la raza, las particularidades anatómicas y las afecciones clínicas podían afectar la precisión de las mediciones.

Los resultados obtenidos sugieren que la región ventral de los felinos proporciona un mayor grado de confiabilidad, al presentar valores de temperatura más próximos a los

registrados mediante medición rectal. Los cálculos presentados en la Tabla 3, respaldan esta observación al mostrar un valor significativo ($p \leq 0,05$), lo que indica una diferencia estadística mínima en esta zona. De manera complementaria, el diagrama de cajas (Imagen 1) muestra que tanto la mediana de la temperatura ventral como la distribución de las cajas se aproxima al límite superior de la caja correspondiente al termómetro electrónico. Asimismo, en el diagrama de cajas del subgrupo de felinos de pelo corto (Imagen 2), se observa que la mediana de la temperatura ventral se encuentra aún más próxima a la del termómetro electrónico, lo que sugiere una mayor eficacia de la cámara térmica en animales de pelaje corto. No obstante, la obtención de imágenes de la región ventral puede requerir manipulación adicional del paciente, lo que representa una dificultad significativa en felinos de comportamiento agresivo. A pesar de esta limitación, la implementación de cámaras térmicas constituye una estrategia prometedora para reducir el estrés y la manipulación excesiva en pacientes de manejo complicado.

Sin embargo, si el estudio hubiera empleado una cámara térmica de mayor calidad y sensibilidad, los resultados podrían haber sido más precisos, ya que se habría medido la temperatura de forma más eficiente y con un margen de error reducido. Por ejemplo, Werema et al. (2023) evaluaron la locomoción de ganado lechero para la detección de cojeras utilizando una cámara térmica portátil FLIR T650SC en siete zonas diferentes de las extremidades posteriores. Pese a que este equipo permitió discriminar con éxito los animales con alteraciones de locomoción, su elevado coste impide su adquisición en estudios de escala similar. En consecuencia, sería conveniente que la tecnología avanzara hasta incluir sensores térmicos de alta resolución en dispositivos móviles, de modo que las clínicas veterinarias pudieran capturar imágenes termográficas con equipos de menor coste.

Asimismo, para implementar la termografía infrarroja como herramienta diagnóstica rutinaria en medicina veterinaria, resulta imprescindible definir una escala de referencia que distinga el rango normal de temperatura en animales sanos del de aquellos enfermos. McManus et al. (2022) sugieren que, además de establecer umbrales de temperatura relativos, debe garantizarse el almacenamiento sistemático de imágenes termográficas de individuos en estado de salud óptimo. Esto permitiría comparar series temporales de datos y detectar desviaciones térmicas asociadas a distintas patologías, si bien dependerá del tipo de cámara utilizada y de la enfermedad evaluada para definir los límites de alerta adecuados.

Aunque la termografía infrarroja ofrece múltiples beneficios, su elevado costo limita su adopción en la práctica clínica veterinaria. Sin embargo, como ha sucedido con otras tecnologías, es posible que en un futuro cercano sea más asequible. Por este motivo, los termómetros electrónicos continúan siendo por el momento la opción más utilizada, debido a su bajo costo y facilidad de uso. Además, la falta de precisión documentada en la medición de la temperatura central a través de termografía disminuye su atractivo como herramienta de rutina. Sin embargo, la adquisición de una cámara térmica podría justificarse dado su uso en otras aplicaciones clínicas, como la detección de procesos inflamatorios, infecciones, cicatrización de heridas, alteraciones musculoesqueléticas, problemas circulatorios, estrés, traumatismos, cirugía y detección de tumores (Vainionpää, 2014). Asimismo, este método permite evaluar funciones fisiológicas en tiempo real y facilita la detección precoz de patologías a través de cambios sutiles en la temperatura corporal (Rodea et al., 2024).

En la comparación entre métodos de medición de temperatura entre el termómetro electrónico versus cámara térmica, el primero se posiciona como la herramienta de

referencia debido a su capacidad de medir la temperatura central de forma directa. Sin embargo, implica la manipulación del paciente, lo que puede generar errores por estrés o manejo inadecuado, e incluso representar riesgos para el operador. En algunos casos, es necesaria la sedación, lo cual puede alterar la temperatura registrada y, en felinos particularmente sensibles, aumentar el riesgo de mortalidad. De ahí surge el interés en métodos no invasivos que minimicen el estrés en animales de difícil manejo.

En cuanto al tiempo de obtención de los datos, la cámara térmica ofrece la ventaja de brindar una medición inmediata de la temperatura superficial, mientras que el termómetro electrónico requiere mayor tiempo para registrar el calor corporal interno. Respecto a la facilidad de uso, el termómetro electrónico resulta más sencillo para los médicos veterinarios, ya que consiste en una medición rectal directa, mientras que la cámara térmica proporciona únicamente información superficial, dependiente de la zona observada.

Estudios previos sobre el mismo tema, como el realizado por Colás (2021), evaluaron la eficacia de la cámara térmica y el termómetro infrarrojo frente a la medición rectal en ovinos. En dicho trabajo se registraron temperaturas en regiones como la lagrimal, hocico, orejas, vulva, patas y cuello, observándose que ambos métodos alternativos presentaban una baja correlación con la temperatura rectal, lo que limita su aplicación como herramientas para la medición de la temperatura central (Colás, 2021).

También, en la investigación realizada por Nutt et al. (2015), se comparó la termometría infrarroja sin contacto con la termometría rectal en felinos. El estudio incluyó 14 gatos clínicamente sanos, se emplearon seis dispositivos de medición y se seleccionaron quince sitios anatómicos distintos para la toma de temperatura, seguida de una medición rectal como método de referencia. La precisión de los dispositivos fue evaluada mediante el

coeficiente de correlación de Pearson. Solo tres regiones: el pabellón auricular, el perineo y la encía, presentaron una mejor correlación con la temperatura rectal; sin embargo, estas correlaciones fueron débiles, lo que imposibilitó clasificar adecuadamente a los individuos en categorías de hipotermia, normotermia o hipertermia. En consecuencia, se concluyó que los termómetros infrarrojos no resultan adecuados para la medición de la temperatura en gatos (Nutt et al., 2016).

Adicionalmente, un artículo publicado por Nutt et al. (2015) se encargó de comparar la termometría infrarroja sin contacto y la termometría rectal en gatos. Para esto seleccionaron 14 gatos sanos, 6 dispositivos de medición de temperatura y 15 sitios anatómicos diferentes para medir, y una medición rectal luego de utilizar las infrarrojas. Luego se tomó la medición rectal como un *gold standard* y se midió la precisión de los dispositivos en cada sitio mediante el coeficiente de correlación de Pearson. De todos estos solo 3 sitios se correlacionaron mejor con la medición rectal siendo el pabellón auricular, el perineo y la encía. Sin embargo, estas correlaciones obtenidas de los sitios mencionados fueron de carácter débil, impidiendo así la clasificación de los gatos en los grupos de hipotermia, normotermia e hipertermia. Por lo tanto, se concluyó que los termómetros infrarrojos no eran adecuados para medir la temperatura en gatos (Nutt et al., 2016).

Asimismo, la termografía infrarroja presenta aplicaciones en otras áreas de la medicina veterinaria, como el estudio de fauna silvestre. Mota-Rojas et al. (2022) evaluaron su utilidad para monitorizar el estado de salud de animales silvestres bajo cuidado humano. Los autores demostraron que la medición a distancia de la temperatura superficial permite evaluar sin sedación ni sujeción forzada procesos inflamatorios, infecciones tempranas (por ejemplo, rabia o fiebre aftosa) y cambios fisiológicos, como los asociados a la gestación. No obstante, identificaron que la variabilidad del pelaje y

factores ambientales pueden alterar los resultados, lo que subraya la necesidad de calibraciones específicas para cada especie y condición de muestreo (Mota-Rojas et al., 2022).

De igual modo, Finstad et al. (2023) investigaron el empleo de la termografía infrarroja en cirugía veterinaria, midiendo la temperatura superficial del intestino delgado en perros con obstrucción intestinal antes y después de la intervención. Si bien no hallaron correlación significativa entre las diferencias térmicas locales y los parámetros sistémicos, observaron que la temperatura superficial en el sitio quirúrgico disminuía tras la resolución de la obstrucción, lo que refleja la reducción de la inflamación, la disminución de la distensión tisular y la normalización del flujo sanguíneo en la zona intervenida (Finstad et al., 2023).

Este estudio presentó algunas limitaciones que afectaron la profundidad del análisis. Una de las principales fue el tamaño reducido de la muestra. Una mayor cantidad de felinos hospitalizados, idealmente superior a 30 individuos, habría permitido obtener resultados con mayor validez estadística y confirmar o refutar con mayor contundencia la hipótesis planteada. Adicionalmente, la calidad de las fotografías se vio comprometida debido al movimiento frecuente de los pacientes, lo que pudo haber afectado la exactitud de las mediciones térmicas obtenidas.

5. - Conclusiones

En conclusión, tras el análisis de los resultados obtenidos y su comparación con investigaciones previas, se determinó que la cámara térmica por el momento no resulta adecuada como sustituto del termómetro electrónico en medir la temperatura corporal en felinos, debido a la baja correlación observada entre ambas mediciones. No obstante, si en el futuro se desarrolla una cámara térmica con mayor sensibilidad y precisión, se deberá volver a realizar un estudio similar al realizado en el presente trabajo para analizar si se mantiene o no una correlación significativa con las mediciones obtenidas mediante termómetros electrónicos. Con esto, la implementación de la termografía infrarroja en áreas de hospitalización veterinaria podría convertirse en una alternativa viable para la evaluación no invasiva de la temperatura corporal, siempre y cuando los costos sean accesibles a las clínicas veterinarias.

Referencias Bibliográficas

- Bertipaglia, Liandra & Melo, Gabriel & José de Melo, Wanderley & Cardim, Laís & Lima, Caroline & Quilis, Amanda & Moitinho, Aurélio. (2023). Methods for obtaining body temperature of infant dairy calves. <https://doi.org/10.56238/uniknowindevolp-081>
- Cardoso Gomes R. & Cassoli Gomes A., (2014). UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA MEDICINA VETERINÁRIA – REVISÃO DE LITERATURA https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENL50P438.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Casas-Alvarado, A., Ogi, A., Villanueva-García, D., Martínez-Burnes, J., Hernández-Avalos, I., Olmos-Hernández, A., Mora-Medina, P., Domínguez-Oliva, A., & Mota-Rojas, D. (2024). Aplicación de la Termografía Infrarroja en la Rehabilitación de Pacientes en Medicina Veterinaria. *Animales* , 14 (5), 696. <https://doi.org/10.3390/ani14050696>
- Colás, A. L. P. (2021). *Validación de sistemas infrarrojos como método de medición de temperatura corporal en la especie ovina.* https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/1814/TFG%20Ana%20Luc%C3%ADa%20Piquer%20Col%C3%A1s.pdf?sequence=1&utm_source=chatgpt.com
- Domingo Ruano Z. (2021). USOS Y APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA EN ZOOLÓGICOS PARA LA MEJORA DEL BIENESTAR ANIMAL. <https://zoo.cordoba.es/wp-content/uploads/2021/06/USOS-Y-APLICACIONES-DE-LA-TERMOGRAFIA-EN-ZOOLOGICOS-PARA-LA-MEJORA-DEL-BIENESTAR-ANIMAL.pdf>

- Esteban Pérez H. (2009). FISIOLÓGIA ANIMAL II https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENL50P438.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Finstad, J. B., Cooper, E., Ten Cate, S. C., Yaxley, P., Her, J., & Guillaumin, J. (2023). Infrared thermography is a novel tool to assess small intestinal surface temperature in dogs undergoing laparotomy for foreign body obstruction. *American Journal of Veterinary Research*, 84(11), ajvr.23.04.0082. Retrieved May 11, 2025, from <https://doi.org/10.2460/ajvr.23.04.0082>
- Giannetto, C., Acri, G., Pennisi, M., Piccione, G., Arfuso, F., Falcone, A., Giudice, E. y Di Pietro, S. (2022). Comunicación breve: uso de termómetros infrarrojos para el registro de la temperatura cutánea: concordancia con la temperatura rectal en *Felis catus*. *Animales*, 12 (10), 1275. <https://doi.org/10.3390/ani12101275>
- McManus, R., Boden, L. A., Weir, W., Viora, L., Barker, R., Kim, Y., McBride, P., & Yang, S. (2022). Thermography for disease detection in livestock: A scoping review. *Frontiers in veterinary science*, 9, 965622. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.965622>
- Mota-Rojas, D., Pereira, AMF, Wang, D., Martínez-Burnes, J., Ghezzi, M., Hernández-Avalos, I., Lendez, P., Mora-Medina, P., Casas, A., Olmos-Hernández, A., Domínguez, A., Bertoni, A., & Geraldo, A. d. (2021). Aplicaciones clínicas y factores implicados en la validación de ventanas térmicas utilizadas en termografía infrarroja en ganado vacuno y búfalos de río para evaluar la salud y la productividad. *Animales*, 11 (8), 2247. <https://doi.org/10.3390/ani11082247>

- Mota-Rojas, D., Pereira, A. M. F., Martínez-Burnes, J., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Casas-Alvarado, A., Rios-Sandoval, J., de Mira Geraldo, A., & Wang, D. (2022). Thermal Imaging to Assess the Health Status in Wildlife Animals under Human Care: Limitations and Perspectives. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(24), 3558. <https://doi.org/10.3390/ani12243558>
- Muniz, T. D. T. P., Joaquim, J. G. F., & Machado, V. M. de V. (2024). Uses and applications of thermography in veterinary medicine. *Caderno Pedagogic*, 21(12), e11112. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n12-213>
- Nutt KR., Levy JK. & Tucker SJ. (2016). Comparison of non-contact infrared thermometry and rectal thermometry in cats https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1098612X15596564?utm_source=chatgpt.com
- Oliveira PA, Gonçalves L, Gonçalves M, Venâncio C, Azevedo T, Ribeiro C, Reis R, Faustino-Rocha AI. (2023). Relation between infrared thermometry and thermal imaging for assessment of rodents' body temperature: a way to improve animal welfare. *International Journal of Veterinary Science* 13(3): 391-400. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2024.133>
- Rodea, G. B., Madero, A. M., & Peña, D. Y. J. (2024). La termografía como una herramienta diagnóstica en Medicina veterinaria y Veterinaria forense. *Revista Chicomoztoc*, 6(12), Article 12. <https://doi.org/10.48705/chztk.v6i12.2752>
- Sánchez González M.L. (2019). Análisis de la sensibilidad del método termográfico a la detección de hemivértebra en la raza Bulldog Francés <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/88ea9c5e-c641-45d1-8012-58f910d7739a/content>

- Stelletta, Calogero & Giancesella, Matteo & Vencato, Juri & Fiore, Enrico & Morgante, Massimo. (2012). Thermographic Applications in Veterinary Medicine. 10.5772/29135.
- Tolón, A. S., Rubiano, M. V., Carmona, A. B., & Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2008). DIAGNÓSTICO DE FIBROSARCOMA FELINO POR IMAGEN TERMOGRÁFICA/FELINE FIBROSARCOMA DIAGNOSIS USING THERMOGRAPHIC IMAGING. Revista complutense de ciencias veterinarias, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2961344>
- Torregrosa M.M.G. (2022). *Intervalos de referencia de la temperatura en la especie canina mediante termómetro de infrarrojos en la cara interna del pabellón auricular. Comparativa con la temperatura rectal.* <https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/2656/Intervalos%20de%20referencia%20de%20la%20temperatura%20en%20la%20cara%20interna%20del%20pabell%C3%B3n%20auricular%20-%20Mar%20Guerrero%20Torregrosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Werema, C. W., Laven, L. J., Mueller, K. R., & Laven, R. A. (2023). Assessing Alternatives to Locomotion Scoring for Detecting Lameness in Dairy Cattle in Tanzania: Infrared Thermography. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(8), 1372. <https://doi.org/10.3390/ani13081372>
- Vainionpaa M. (2014). Thermographic Imaging in Cats and Dogs Usability as a Clinical Method <https://core.ac.uk/download/pdf/20441286.pdf>
- Zalamea Garcia D.J. (2023). COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS PARA CONTROL Y PREVENCIÓN DE HIPOTERMIA EN GATAS SOMETIDAS A OVARIOHISTERECTOMÍA EN UN HOSPITAL VETERINARIO DE LATACUNGA

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ZALAMEA%20GARCIA%20DARWIN%20JOSUE.pdf>

Anexo A: Cálculos realizados en RStudio

```
t<-T1
cd<-t$ctd
cl<-t$ctl
cv<-t$ctv
tr<-t$te
shapiro.test(cd)
shapiro.test(cl)
shapiro.test(cv)
shapiro.test(tr)
t.test(t$ctd,t$te)
t.test(t$ctl,t$te)
t.test(t$ctv,t$te)
```

```
> shapiro.test(cd)

Shapiro-Wilk normality test

data:  cd
W = 0.95387, p-value = 0.5873

> shapiro.test(cl)

Shapiro-Wilk normality test

data:  cl
W = 0.96293, p-value = 0.7432

> shapiro.test(cv)

Shapiro-Wilk normality test

data:  cv
W = 0.97522, p-value = 0.9264

> shapiro.test(tr)

Shapiro-Wilk normality test

data:  tr
W = 0.93729, p-value = 0.3495
```

```
> t.test(t$ctd,t$te)

Welch Two Sample t-test

data:  t$ctd and t$te
t = -4.804, df = 20.331, p-value = 0.0001035
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-3.202060 -1.264607
sample estimates:
mean of x mean of y
35.80667 38.04000

> t.test(t$ctl,t$te)

Welch Two Sample t-test

data:  t$ctl and t$te
t = -2.7035, df = 19.434, p-value = 0.0139
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-2.387664 -0.305669
sample estimates:
mean of x mean of y
36.69333 38.04000

> t.test(t$ctv,t$te)

Welch Two Sample t-test

data:  t$ctv and t$te
t = -2.1163, df = 20.787, p-value = 0.04656
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-1.89071511 -0.01595156
sample estimates:
mean of x mean of y
37.08667 38.04000
```

```

T<-T2
shapiro.test(T2$ctd)
shapiro.test(T2$ctl)
shapiro.test(T2$ctv)
shapiro.test(T2$te)
t.test(T$ctd,T$te)
t.test(T$ctl,T$te)
t.test(T$ctv,T$te)

```

```

> shapiro.test(T2$ctd)

Shapiro-Wilk normality test

data:  T2$ctd
W = 0.86168, p-value = 0.195

> shapiro.test(T2$ctl)

Shapiro-Wilk normality test

data:  T2$ctl
W = 0.94808, p-value = 0.7247

> shapiro.test(T2$ctv)

Shapiro-Wilk normality test

data:  T2$ctv
W = 0.96888, p-value = 0.8848

> shapiro.test(T2$te)

Shapiro-Wilk normality test

data:  T2$te
W = 0.88882, p-value = 0.3121

```

```

> t.test(T$ctd,T$te)

Welch Two Sample t-test

data:  T$ctd and T$te
t = -4.2097, df = 7.485, p-value = 0.003432
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -3.911930 -1.121403
sample estimates:
mean of x mean of y
 35.21667  37.73333

> t.test(T$ctl,T$te)

Welch Two Sample t-test

data:  T$ctl and T$te
t = -2.2059, df = 6.3307, p-value = 0.06721
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -3.6669172  0.1669172
sample estimates:
mean of x mean of y
 35.98333  37.73333

> t.test(T$ctv,T$te)

Welch Two Sample t-test

data:  T$ctv and T$te
t = -0.95493, df = 6.1297, p-value = 0.3757
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -2.898610  1.265277
sample estimates:
mean of x mean of y
 36.91667  37.73333

```

Anexo B: Fotos de la obtención de las imágenes térmicas