



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Facultad de Veterinaria
Universidad de la República
Uruguay

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL MEDIANTE TERMOGRAFÍA EN
LAS DISTINTAS REGIONES ANATÓMICAS DEL PERRO**

“por”

**Adrian Javier, CASAÑAS GARAGORRY
Andrea Vanessa, CASAÑAS GARAGORRY
Bruno, VENTRE VARELA**

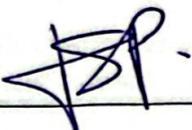
TESIS DE GRADO presentado como uno de
los requerimientos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación: Medicina Animal

MODALIDAD: ENSAYO EXPERIMENTAL

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

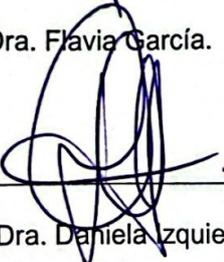
PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

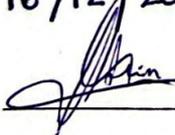
Presidente de mesa: 
Dra. Florencia Sollier.

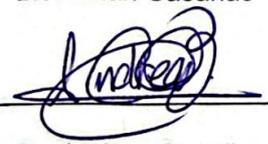
Segundo miembro (Tutor): 
Dra. Fernanda Ojeda.

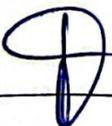
Tercer miembro: 
Dra. Flavia García.

Cuarto miembro: 
Dra. Daniela Izquierdo.

Fecha: 18/12/2023

Autores: 
Br. Adrian Casañas


Br. Andrea Casañas


Br. Bruno Ventre

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, quienes nos han apoyado desde un principio y en todo momento, asegurándose de que podamos cumplir con nuestras metas.

A nuestras tutoras Fernanda Ojeda y Daniela Izquierdo y a la profesora Valerie Cayssials, por ayudarnos y guiarnos, por la paciencia y por el apoyo en este proyecto.

A Facultad de Veterinaria que ha sido nuestra casa de estudio y segunda casa, brindándonos formación académica y de crecimiento personal.

Por último, a cada uno de los tutores que junto a sus mascotas fueron partícipes de este estudio, al igual que a la Dra. Beatriz Matos dueña y responsable del refugio “Perros y Gatos en adopción” quienes, gracias a su colaboración y paciencia, este proyecto pudo llevarse a cabo.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABD Abdomen

MA Miembro Anterior

MP Miembro posterior

SNC Sistema nervioso central

TMI Termografía infrarroja

T° Temperatura

BDF Bulldog Francés

IR Infrarrojo

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	4
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	7
RESUMEN	8
SUMMARY	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Piel	12
2.1.1. Definición	12
2.1.2. Funciones y propiedades generales de la piel	12
2.1.3. Anatomía	13
2.1.3.1. Formación y componentes de la piel	13
2.1.3.2. La piel como órgano inmunológico	14
2.1.3.3. Vasos sanguíneos	15
2.1.3.4. Vasos linfáticos	16
2.1.3.5. Nervios	16
2.1.3.6. Sudoración y termorregulación	17
2.1.3.7. El pelo	18
2.2. Historia de la termografía	20
2.3. Definición de la termografía	20
2.4. Aplicaciones y usos	23
3. HIPOTESIS	30
4. OBJETIVOS	31
4.1. Objetivo general	31
4.2. Objetivos específicos	31
5. MATERIALES Y MÉTODOS	32
5.1. Obtención de imágenes termográficas	34

5.2. Análisis de las imágenes por computadora	35
5.3 Análisis de datos	36
6. RESULTADOS	37
6.1. Datos generales	37
6.2. Resultados estadísticos	38
7. DISCUSIÓN	41
8. CONCLUSIONES	44
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
10. ANEXO	49

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Tabla 1: Características generales de la muestra de estudio conformada por 43 caninos sanos: Edad, sexo, tamaño y raza.....	37
Tabla 2: Temperatura intra-rectal y superficial en 9 zonas corporales de caninos sanos (43 caninos para MA y MP, y 33 caninos para el resto de las zonas) atendidos en el hospital veterinario de la facultad y en la clínica veterinaria privada Centenario.....	39
Tabla 3: Análisis de correlación entre la temperatura intra-rectal y la temperatura superficial de las 9 zonas estudiadas en los caninos.....	40
Figura 1: Espacio de la Facultad de Veterinaria donde se tomaron las imágenes termográficas el día 02/07/2022.....	33
Figura 2: Medidor termómetro y barómetro digital donde se puede observar valores de temperatura y humedad ambiental donde se realizó el estudio.....	33
Figura 3: Canino con las 9 zonas esquiladas previamente a la toma de las imágenes termográficas. Localidad: consultorio en Veterinaria Centenario.....	34
Figura 4: Toma de las imágenes termográficas.....	34
Figura 5: Visualización de la termografía infrarroja.....	35
Figura 6: Imagen termográfica de la escápula, con cuadrado de 1 x 1 cm. Se puede observar la media de la T° dentro del cuadrado.....	35
Figura 7: Box-plot de temperatura en las distintas zonas anatómicas de los caninos.....	38

RESUMEN

La piel es el órgano más extenso y visible del cuerpo, representa hasta el 24% del peso del animal según la edad y constituye la barrera anatómica y fisiológica entre el animal y el medio ambiente, proporcionando protección contra lesiones físicas, químicas y microbiológicas. Participa en la regulación de la temperatura corporal a través de la irrigación cutánea principalmente.

La termografía infrarroja es el medio más eficiente para el estudio de la distribución de la temperatura cutánea. Se ha venido implementando como herramienta de estudio y como método diagnóstico en diferentes ámbitos tales como medicina, bienestar y producción animal. En medicina veterinaria no hay muchas certezas en cuanto a cuál es el equipo termográfico adecuado según el órgano y/o área a evaluar.

El objetivo de nuestro trabajo fue establecer los valores fisiológicos de temperatura de la piel en las distintas regiones anatómicas en la población de caninos sanos utilizando una cámara termográfica de tipo FLIR ONE[®] acoplada a un teléfono del modelo Iphone[®].

Fueron incluidos 43 caninos sanos, sin predilección de sexo, edad, raza o peso. Las características generales de la población constaron de 23 machos y 20 hembras, en su mayoría de tamaño mediano y diferentes razas, entre ellas: Golden retriever, Pitbull, Bulldog francés, Dogo de Burdeos, Cane corso, American bully, Pug carlino, Boxer, American standford, Labrador, Schnauzer, Caniche y sin raza definida. Se tomaron 3 imágenes termográficas por cada zona (glúteo, flanco, tórax, escápula, cuello, cabeza, miembro anterior, miembro posterior y abdomen). Se realizaron pruebas estadísticas de Shapiro-wilk y prueba de homogeneidad de Levene. El análisis estadístico fue mediante el test no paramétrico de Kruskal- Wallis y el Test T de Student.

Los resultados del estudio en la población demostraron que los caninos sanos presentan diferentes rangos de temperatura en las distintas regiones anatómicas del cuerpo. En cuanto al grado de asociación entre la temperatura superficial de la piel de las 9 zonas estudiadas con la temperatura intra-rectal de los caninos, concluimos que no existe una asociación significativa, a excepción de las zonas: tórax y cuello, donde la correlación si fue significativa.

Palabras claves: Piel, regiones anatómicas, temperatura cutánea, termografía infrarroja, caninos.

SUMMARY

The skin is the largest and most visible organ of the body, representing up to 24% of the animal's weight depending on age. It serves as the anatomical and physiological barrier between the animal and the environment, providing protection against physical, chemical, and microbiological injuries. The skin also plays a crucial role in regulating body temperature through cutaneous irrigation primarily.

Infrared thermography is the most efficient means for studying the distribution of skin temperature. It has been implemented as a research tool and diagnostic method in various fields such as medicine, animal welfare, and production.

In veterinary medicine, there is uncertainty regarding the appropriate thermographic equipment for specific organs and/or areas to evaluate.

The objective of our study was to establish the physiological temperature values of the skin in different anatomical regions in a population of healthy dogs using a FLIR ONE® thermal camera attached to an iPhone®.

Forty-three healthy dogs were included, without preference for gender, age, breed, or weight. The general characteristics of the population consisted of twenty-three males and twenty females, mostly of medium size and various breeds, including Golden Retriever, Pitbull, French Bulldog, Dogue de Bordeaux, Cane Corso, American Bully, Pug, Boxer, American Staffordshire Terrier, Labrador, Schnauzer, Poodle, and mixed breeds.

Three thermal images were taken for each zone (buttocks, flank, chest, scapula, neck, head, front limb, hind limb, and abdomen). Statistical tests including Shapiro-Wilk and Levene's homogeneity test were performed. The statistical analysis involved the non-parametric Kruskal -Wallis' test and Student's T-test.

The study results in the population demonstrated that healthy dogs exhibit different temperature ranges in various anatomical regions of the body.

Regarding the degree of association between the skin surface temperature of the nine studied zones and rectal temperature in dogs, we concluded that there is no significant association, except for the chest and neck areas, where the correlation was significant.

Keywords: Skin, anatomical regions, cutaneous temperature, infrared thermography, dogs.

1. INTRODUCCIÓN

La piel es el órgano más extenso y visible del cuerpo y representa del 12 al 24 % del peso del animal según la edad. Constituye la barrera anatómica y fisiológica entre el animal y el medio ambiente proporcionando protección principalmente contra lesiones físicas, químicas y microbiológicas. Es considerada un reflejo de lo que ocurre dentro del organismo ya que puede manifestar alteraciones secundarias debido a desordenes primarios en otros tejidos (Scott, Miller y Griffin, 2002). Es un indicador importante de la salud general (Hughes y Dransfield, 1957; Scott et al., 2002); y es considerada un órgano dinámico ya que busca ajustarse constantemente para poder equilibrar las condiciones externas e internas compensando las demandas fisiológicas del organismo (Brioschi, Macedo y Coelho, 2016). Tiene un papel en la regulación de la temperatura corporal principalmente a través de la irrigación cutánea y por las glándulas anexas. La microcirculación de la piel es un sistema bastante complejo y dinámico de importancia para el metabolismo y la regulación de la temperatura, que es parte importante del sistema de defensa del organismo (Scott et al., 2002). El pelo, juega un papel importante para el aislamiento térmico y la percepción sensitiva, es fotorreceptor, siendo además una barrera contra lesiones (Sanz Tolón, Vicente Rubiano, Barneto Carmona, Sánchez y Rodríguez, 2008; Scott et al., 2002).

La termografía infrarroja, es el medio más eficiente para el estudio de la distribución de la temperatura cutánea (Brioschi et al., 2016). Es considerada una importante herramienta diagnóstica para caninos y felinos, realizando una examinación cuidadosa y llevado a cabo a cierta distancia, sin estrés, no invasiva y sin dolor, priorizando el bienestar animal. (Mota da Costa et al., 2020). Los distintos tonos y colores que ofrecen las imágenes térmicas corresponden a diferentes temperaturas superficiales del objeto (De Prada Perez de Azpeitia, 2016). Presenta una buena y alta sensibilidad, pero una baja especificidad, por lo tanto, siempre debe estar asociada a otros estudios complementarios (Mota da Costa, Braga y Batista Da Cruz, 2020; Sung et al., 2019). Con la utilización de la termografía podemos medir la frecuencia de los rayos infrarrojos, localizando regiones de mayor o menor temperatura, detectando procesos fisiológicos o patológicos que modifican la temperatura corporal (Mota da Costa, Braga Rassy y Batista da Cruz, 2020). Se debe tomar en cuenta que la presencia o ausencia de pelo varía considerablemente la temperatura ya que funciona como capa aislante para el animal. Por lo tanto, es necesario homogeneizar las fotografías realizando todas las tomas en las mismas condiciones, es decir realizando esquila de todas las zonas, con el fin de evitar falsos parámetros (Sanz Tolón et al., 2008). Otro factor que es esencial a la hora de toma de imágenes, es el ambiente que debe estar controlado para que la evaluación final pueda ser exitosa (Turner, 1991).

Gracias a que cada día el uso de la termografía es mayormente solicitada y usada en áreas de la salud, se han creado múltiples dispositivos ópticos que detectan y miden la radiación infrarroja emitida por los cuerpos (De Prada Pérez de Azpeitia, 2016; Turner 2001). En medicina veterinaria, la termografía es relativamente reciente (Redaelli et al., 2014) y su utilidad no ha sido muy estudiada, especialmente en pequeños animales (Se-Wook et al., 2005). Hoy en día, la termografía está siendo cada vez más utilizada y es considerada una herramienta auxiliar para poder evaluar diversos procesos patológicos.

Se localizan lesiones que afectan a dermis y epidermis, pudiéndolas delimitar con gran precisión. Puede ser usada como método complementario de diagnóstico en diversas situaciones patológicas como edemas, dermatitis, presencia de tumores superficiales benignos y malignos y otras alteraciones que cursen con variaciones de la temperatura corporal. Además, permite la detección de algunos procesos antes de que tengan lugar signos clínicos, haciendo posible un diagnóstico temprano (Casas et al., 2020; Sanz Tolón et al., 2008). No obstante, en diversos estudios, este método diagnóstico, es utilizado para poder evaluar el dolor generado en procesos quirúrgicos en pequeños animales (Casas et al., 2020). El diagnóstico es basado en la variación de temperaturas que están relacionadas directamente con los cambios que se producen en el flujo sanguíneo y por el cambio de metabolismo celular en casos de presencia de células tumorales (Love, 1980; Pavelski et al., 2015; Turner, 2001).

La termografía, puede ser realizada por los veterinarios de forma rutinaria en las consultas clínicas de los pacientes oncológicos para tratar y diagnosticar células tumorales malignas. Se necesitan más estudios para evaluar si existe una correlación positiva entre cambios de la temperatura y el grado histopatológico de las células tumorales, al igual que para evaluar las variaciones de temperatura que existe entre tumores benignos y malignos (Pavelski et al., 2015).

Hoy en día, no existen trabajos que evalúen la temperatura infrarroja de animales sanos. El objetivo principal de este estudio, es poder establecer valores fisiológicos de temperatura de la piel en las distintas regiones anatómicas como referencia del canino sano (glúteo, flanco, tórax, escápula, cuello, cabeza, falanges de los miembros anterior y posterior y por último el abdomen). Conociendo los rangos fisiológicos en los caninos sanos, podemos implementar de manera confiable y como otra herramienta diagnóstica en piel, al uso de la termografía infrarroja.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La piel

2.1.1 Definición

La piel, es el órgano más extenso y visible del cuerpo, y se considera como la principal barrera anatómica y fisiológica entre el animal y el medio ambiente que lo rodea. Representa el 12 % del peso corporal de un animal adulto y hasta un 25% de peso corporal en un cachorro recién nacido. Proporciona protección contra lesiones físicas, químicas y microbiológicas a las cuales el organismo está expuesto, así como también, es capaz de percibir de forma instantánea estímulos y sensaciones de calor, frío, prurito, tacto y presión. La piel, funciona en conjunto y de forma sinérgica con todo el organismo, por ende, debemos tener presente, que la piel es un reflejo, muchas veces de forma secundaria a procesos patológicos primarios que se producen en otros órganos o tejidos del organismo; es considerada un espejo que refleja el funcionamiento y el equilibrio interno del organismo (Scott, Miller y Griffin, 2002; Vich, 2021). La condición de la piel es una indicación valiosa de la salud general de un animal (Hughes y Dransfield, 1957).

2.1.2 Funciones y propiedades generales de la piel

Presenta diversas funciones:

- 1) Barrera protectora del organismo. Es considerada una de las funciones y roles más importantes de la piel, ya que protege de forma eficaz los órganos contra la pérdida de agua, electrolitos y macromoléculas, proporciona un medio ideal y una correcta homeostasis del medio interno y externo del individuo. Impide la entrada de agentes nocivos externos físicos, químicos y microbiológicos.
- 2) Proporciona el movimiento y la forma del animal, depende por su puesto de factores como son la flexibilidad, elasticidad y resistencia de la misma y a su vez estos están íntimamente relacionados con la salud del animal. Es la encargada de la producción de anexos de la piel, es decir, pelos, uñas y estrato córneo de la epidermis, todas ellas formadas por queratina. Percibe sensaciones y es muy sensible al tacto, presión, dolor, prurito, calor y frío.
- 3) A través de la irrigación cutánea y de las glándulas sudoríparas y del manto piloso (principalmente), la piel tiene un papel importante en la regulación de la temperatura; además, se considera un reservorio de electrolitos, agua, vitaminas, grasas, hidratos de carbono, proteínas y otros materiales.
- 4) Control de la presión sanguínea, ya que las alteraciones del flujo sanguíneo modulan la presión sanguínea cutánea.
- 5) La superficie cutánea presenta propiedades antibacterianas y antifúngicas. Forma parte de los mecanismos de inmunorregulación del organismo. Posee múltiples células las cuales tienen en común una función de inmunovigilancia, como los queratinocitos, células de Langerhans y los linfocitos, los cuales en conjunto con la piel ayudan a prevenir la aparición de neoplasias e infecciones cutáneas.
- 6) Pigmentación de la piel, la cual involucra procesos como la formación de melanina, vascularidad y queratinización de la piel, aparte de proporcionar el color del manto

- y de la piel, colaboran en la prevención de lesiones que son fácilmente producidas por la radiación solar.
- 7) Es considerada un órgano secretor y excretor ya que posee las glándulas epitriquiales o apocrinas, atriquiales o ecrinas y sebáceas.
 - 8) Participa en la producción de la vitamina D, gracias a la estimulación de los rayos solares contra la piel, la cual a través de diversos procesos es transportada a la circulación sanguínea para cumplir diversas funciones, y a su vez es importante en la regulación de la proliferación y diferenciación de la epidermis.
 - 9) La piel es un sitio de activo metabolismo de los ácidos grasos (Scott et al., 2002; Vich, 2021).

2.1.3 Anatomía

2.1.3.1 Formación y componentes de la piel

El crecimiento dérmico consiste en la formación de una matriz abundante en fibras. Se denomina maduración de la dermis al proceso en el cual se produce un aumento tanto en el espesor como en la cantidad de fibras, al igual que en la disminución de la sustancia fundamental y la transición de las células mesenquimáticas a fibroblastos. El estrato germinativo embrionario se diferencia en brotes pilosos (epiteliales primarios), que dan origen a los folículos pilosos, glándulas sebáceas y sudoríparas epitriquiales o apocrinas. Aparecen fibras de elastina seguidamente de las fibras de colágeno. Una de las grandes diferencias que se produce en la piel de los animales durante su desarrollo, es que la piel fetal contiene en su mayoría colágeno tipo III, en cambio, la piel del adulto contiene mayor porcentaje de colágeno tipo I (Scott et al., 2002).

La piel, incluye no sólo la epidermis y el corium, sino también las capas superficiales de la fascia subcutánea con las que el corion insensiblemente fusiona (Hughes y Dransfield, 1957). Dentro de la epidermis, existen cuatro tipos celulares diferentes: los queratinocitos (85%), los melanocitos (alrededor de un 5%), células de Langerhans (3 a 8%), y las células de Merkel (2%).

La dermis, conocida como la segunda capa de la piel, se encuentra inmediatamente por debajo de la epidermis, la cual posee fibras de colágeno I, II y III muy resistentes, folículos pilosos, glándulas sudoríparas y sebáceas, vasos sanguíneos y linfáticos, y también posee músculos y terminaciones nerviosas libres en todo su espesor (Scott et al., 2002). Las células que se encuentran en la dermis son principalmente fibroblastos participan en la síntesis del colágeno, y células de defensa como mastocitos, basófilos, macrófagos, linfocitos y células de Langerhans. Dentro de la dermis, se encuentra la unidad perivascular dérmica, la cual consiste en una estructura que es constituida por vasos sanguíneos y células como mastocitos, macrófagos y linfocitos T4 y T8 los cuales están asociados directamente con el endotelio vascular y pericitos y son las que participan de manera inmediata en la respuesta inflamatoria y de defensa del organismo. Forma el área perivascular de las vénulas poscapilares de la dermis papilar. En el subcutáneo se encuentran vasos sanguíneos, tejido adiposo de reserva y fibras de colágeno. Todos estos ayudan a mantener la temperatura corporal al igual que protegen al organismo principalmente de traumatismos (Vich, 2021).

La piel junto con el manto piloso, varían en cantidad y calidad entre especies, entre razas y entre individuos de una misma raza. También existen variaciones según la zona corporal, la edad y el sexo del animal. El espesor de la piel suele disminuir desde dorsal hacia ventral en el tronco y de proximal a distal en los miembros, y presenta un espesor máximo en zonas como la frente, dorsal en cuello, dorsal del tórax, caderas y base la cola. De manera contraria, la piel más delgada y delicada podemos encontrarla en el pabellón auricular, en las axilas, ingle, y zona perianal. Un valor promedio en el espesor de la piel en el gato sería de 0,4 a 2 mm y en el perro de 0,5 a 5 mm. El grosor del pelo, suele coincidir con el espesor de la piel. El pH de la piel se considera más hacia la acidez con un valor entre 4,4 hasta 7,5 tanto en caninos como en felinos, siendo más común valores entre 6 y 6,5. Se considera que los machos poseen valores más altos que las hembras al igual que las hembras castradas. Posee células totalmente reconocibles como los histiocitos, células de Schwann y melanocitos dérmicos. Los lipocitos, es decir las células grasas o adipocitos, se producen dentro del subcutis a partir de células mesenquimáticas precursoras fusiformes en la segunda mitad de la gestación. Las células de Merkel son células epidérmicas dendríticas claras que predominan principalmente en el epitelio del folículo piloso. Estas células participan en la regulación del flujo sanguíneo, en la producción de sudor, en la formación de nuevos queratinocitos y en el control del ciclo del folículo piloso (Scott et al., 2002).

2.1.3.2 La piel como órgano inmunológico

La piel posee mecanismos propios de protección como lo es la inmunovigilancia cutánea. Las células de Langerhans, los queratinocitos, los linfocitos T epidérmicos, al igual que los ganglios periféricos que drenan a la piel, forman un sistema integrado de tejido linfóide especializado y asociado a la piel. Células especializadas que forman parte del sistema inmune, como lo son los linfocitos T, se encuentran en la epidermis para actuar de manera inmediata ante posibles infecciones y en procesos alérgicos (Vich, 2021). Los melanocitos y los queratinocitos, participan en las reacciones inmunológicas e inflamatorias del organismo. Segregan citoquinas como la IL-8. Incluso, muchos de los precursores que contribuyen a la formación de melanina, son citotóxicos y contribuyen a la inflamación y a la lesión celular. Las células de Langerhans: son conocidas como células presentadoras de antígenos, cumplen funciones de procesamiento de antígenos y de estimulación de aloantígenos. Inducen la formación de linfocitos T citotóxicos dirigidos contra determinantes propios modificados y alogénicos. Se encuentran en la capa basal de la piel, pero se originan en la médula ósea. Los glucocorticoides sistémicos o tópicos disminuyen el número y función de estas células. Un péptido neuroinmunomodulador y antiinflamatorio conocido como α -MSH, es sintetizado por células de Langerhans, fibroblastos, células endoteliales, queratinocitos y melanocitos. Modula la inflamación cutánea y las enfermedades hiperproliferativas de la piel. Modula y regula la producción de citocinas y colagenasas por parte de las células endoteliales y fibroblastos. Regula negativamente la producción de citoquinas proinflamatorias y de moléculas accesorias presentes en la superficie de las células presentadoras de antígeno (monocitos y macrófagos). El α -MSH es un antagonista de la IL-1 la cual es una de las principales citoquinas en la respuesta inmune cutánea (Scott et al., 2002).

2.1.3.3 Vasos Sanguíneos

Todos los vasos de la piel fetal comienzan su desarrollo como capilares y se cree que a partir de células mesenquimatosas se organizan como tubos endoteliales y luego ramas provenientes de grandes troncos nerviosos subcutáneos se extienden dentro de la dermis formando plexos profundos y superficiales en relación con los plexos vasculares. La circulación de la piel, está formada por arteriolas, capilares arteriales y venosos y por vénulas. Existen 3 plexos, los cuales están comunicados entre sí a través de arterias y venas: el plexo más profundo se encuentra entre la epidermis y el subcutáneo. Sus ramas irrigan porciones de los folículos pilosos y las glándulas sudoríparas epitriquiales, finalmente estas ramas sanguíneas ascienden hasta entrar en contacto con el plexo medio, en el cual se encuentran las glándulas sebáceas, también nutre a los músculos erectores del pelo y a los folículos pilosos. El plexo medio sigue su trayecto de manera ascendente para finalmente encontrarse con el plexo superficial el cual forma capilares que irrigan a la epidermis encontrándose por debajo de ésta e igualmente irriga la porción superior de los folículos pilosos (Scott et al, 2002).

Las arterias cutáneas directas irrigan la piel canina. La capa profunda o subdérmica está estrechamente asociada con el músculo (Pavletic, 1991).

Las arteriolas se consideran células endoteliales que se encuentran rodeadas por 2 capas de músculo liso. Se cree que forman parte de los vasos de resistencia de la piel. Los capilares tanto arteriales como venosos, a diferencia de las arteriolas, carecen de músculo liso. Las vénulas post capilares, representan la mayor parte de los vasos que conforman a la dermis superficial. Este complejo de vasos sanguíneos, es el que se encuentra constantemente activo en organismos sanos, poseen soluciones de continuidad los cuales hacen que aumente la permeabilidad vascular durante los procesos inflamatorios o patológicos y es el medio por el cual, las células inflamatorias migran del espacio vascular hacia los tejidos a los cuales necesitan llegar para proteger al organismo. Las células endoteliales son reguladoras y modulan el tránsito de leucocitos. Existen conexiones fisiológicas entre arterias y venas que se conocen como anastomosis arteriovenosas, las cuales permiten que la sangre ingrese a la circulación venosa sin pasar a través de un lecho capilar. Controlan y pueden alterar el suministro de sangre de los tejidos. Se encuentran sobre todo en las extremidades como los miembros y las orejas. Las anastomosis arteriovenosas están directamente asociadas con la termorregulación. Se produce vasoconstricción, para restringir el flujo sanguíneo hacia una zona determinada y, por el contrario, se produce vasodilatación para aumentar el flujo sanguíneo (Scott et al., 2002).

El metabolismo tisular es generalmente constante; por lo tanto, la variación de la temperatura de la piel suele deberse a cambios en la perfusión tisular local. Normalmente, las venas están más calientes que las arterias porque drenan áreas metabólicamente activas. Las venas superficiales calientan más la piel que las arterias superficiales, y el drenaje venoso de tejidos u órganos con una tasa metabólica alta es más cálido que el drenaje venoso de tejidos normales (Love, 1980; Turner, 2001).

El tegumento depende en gran parte del suministro de sangre. En algunas regiones tales como las extremidades, la fascia subcutánea consta de vasos más grandes y más prominentes, particularmente las venas, que en otras regiones (Hughes y Dransfield, 1957).

Es importante destacar, que sustancias que son producto de una respuesta fisiológica y son liberadas en el organismo en determinado momento como acetilcolina e histamina causan dilatación, mientras que la adrenalina y noradrenalina tienen un efecto contrario causando vasoconstricción. Los pericitos, son células que se encuentran en los vasos sanguíneos sobre su lado dérmico. Poseen filamentos de actina y miosina con lo cual su función principal es producir la contractilidad del vaso sanguíneo, regulando el flujo capilar (Scott et al., 2002; Vich, 2021)

Para la medición de la microcirculación cutánea, se utiliza la flujometría Doppler con láser, la cual es una técnica no invasiva. Se utiliza para controlar de cerca la inflamación causada por diferentes factores, por ejemplo, por fármacos, productos químicos y alérgenos relacionados al flujo sanguíneo. El objetivo principal de la medición del flujo sanguíneo, es poder determinar lo más rápido posible y de manera confiable la fisiopatología de las diferentes enfermedades de la piel e inclusive, se pueden monitorear parcialmente ciertos medicamentos y alguno de sus efectos en el animal (Scott et al., 2002).

El aumento de la perfusión sanguínea está asociado con el aumento de la actividad metabólica presente en traumatismos, infecciones o causas de crecimiento maligno en la piel. La presencia de una pequeña lesión maligna parece provocar un trastorno metabólico generalizado, respuesta que resulta en un aumento del flujo sanguíneo regional, la cual se acompaña de un aumento de la temperatura de las venas superficiales, incluyendo el plexo venoso de la zona afectada (Love, 1980).

Como parte del sistema de defensa del organismo y de regulación de la temperatura, la microcirculación de la piel, es considerada un sistema complejo y de mucha importancia para el correcto funcionamiento y metabolismo de la piel (Scott et al., 2002; Vich, 2021).

2.1.3.4 Vasos linfáticos

Se originan en retículos capilares de la dermis y drenan en un plexo linfático subcutáneo. Controlan la verdadera microcirculación de la piel, es decir el movimiento del líquido intersticial tisular y participan en el transporte de proteínas y de células desde los tejidos hacia la circulación sanguínea. Tienen función inmunorreguladora, ya que tienen relación directa con los nódulos linfáticos regionales y de la piel (Scott et al., 2002).

2.1.3.5 Nervios

La piel se considera un órgano dinámico ya que busca ajustarse constantemente para poder equilibrar las condiciones externas e internas compensando las demandas fisiológicas del organismo. Existen una serie de fibras motoras que forman parte del sistema nervioso simpático que controlan la microcirculación de la piel a través de mecanismos fisiológicos como la vasoconstricción y la vasodilatación, con el fin de aumentar o disminuir la irrigación cutánea. Este fenómeno de control, transferencia y disipación de calor a través de la piel, se conoce como termorregulación y forma parte del sistema nervioso autónomo (SNA) (Brioschi, Macedo y Coelho, 2016).

Posee fibras nerviosas las cuales tienen funciones de percepción sensitiva (tacto, calor, dolor, frío, presión y prurito), controlan el tono vasomotor y regulan la actividad secretora de las glándulas. Modulan los procesos inflamatorios proliferativos y reparadores de la piel ya que están en contacto muy estrecho con los vasos sanguíneos, células cebadas,

fibroblastos, queratinocitos y células de Langerhans. Pueden activar procesos celulares para que puedan liberar diferentes citocinas proinflamatorias como la IL-1 e inervan a los vasos sanguíneos y se conoce como inervación autónoma dual de las arterias. Esta inervación de la piel posee fibras simpáticas mielinizadas posganglionares del sistema nervioso autónomo. Posee además termorreceptores los cuales se dividen en 2 categorías: por un lado las unidades de frío los cuales se van a activar cuando se perciben temperaturas bajas a nivel de la piel, y por otro lado las unidades de calor, las cuales son estimuladas por el aumento de la temperatura de la piel (Scott et al., 2002).

Se encuentran 4 tipos de unidades sensitivas mecanorreceptoras:

- 1) Unidades de corpúsculos de Pacini, los cuales son muy sensibles a pequeñas vibraciones de alta frecuencia, a presión profunda y a tránsitos muy rápidos.
- 2) Corpúsculos de Wagner- Meissne y bulbo terminal de Ruffini, sensibles al tacto y a la velocidad del movimiento de la piel.
- 3) Terminales tipo I de adaptación lenta de células de Merkel, sensibles a la presión constante.
- 4) Unidades tipo II de adaptación lenta de las células de Ruffini, sensibles a la elasticidad de la piel y función propioceptiva.

La mayoría de estas unidades de nociceptores, son responsables del calor y del eritema que aparece alrededor de las lesiones de la piel, mediante la liberación local de los agentes vasoactivos (Scott et al., 2002).

El trauma local o la enfermedad pueden deteriorar el sistema nervioso autónomo, lo que conduce a cambios en la microcirculación dérmica local y la subsiguiente alteración del calor corporal superficial (Sung et al., 2019).

En caso de estrés, las catecolaminas y el cortisol aumentan su concentración en sangre, lo que resulta en una respuesta metabólica y vasomotora (generalmente un aumento de la temperatura central y vasoconstricción periférica), que pueden detectarse mediante termografía (Redaelli et al., 2014).

A la hora de realizar fotografías térmicas es importante tener en cuenta que existen regiones anatómicas que en condiciones fisiológicas presentan mayor temperatura, como es el caso de la región axilar (Mota da Costa, Braga y Batista Da Cruz, 2020).

2.1.3.6 Sudoración y termorregulación

Los carnívoros carecen de glándulas sudoríparas atriquiales en la piel con el pelo. A través de diversos estudios, se comprobó que las glándulas sudoríparas epitriquiales caninas no están inervadas y que tienen poca o nula importancia en la termorregulación del organismo. Durante temperaturas bajas, el cuerpo siempre buscará reducir la pérdida de calor, ésta se produce principalmente mediante la vasoconstricción en la piel junto con la erección de los pelos. Los perros normales y con pelaje intacto tienen una temperatura crítica de 14°C. Se le llama temperatura crítica a la temperatura externa, a la cual los mecanismos conservadores de calor ya no son capaces de mantener una temperatura corporal constante y a la cual la producción de calor debe ser aumentada (Scott et al., 2002).

Los perros con manto rasurado, generalmente poseen una temperatura de 25°C. La temperatura de la superficie de la piel depende en gran medida tanto de la perfusión sanguínea de la piel como de las condiciones ambientales (Ng, 2009).

La grasa subcutánea es otro mecanismo aislante muy eficaz. Los animales sin ayuno tienen una temperatura crítica más baja, por lo tanto, están mejor preparados para soportar temperaturas ambientales bajas que los animales que sí ayunan. Una vez que se agotan estos mecanismos, el organismo comienza a producir calor mediante el temblor del cuerpo. En los perros el temblor se desencadena cuando la temperatura disminuye 1°C. De forma contraria, el calor corporal se pierde principalmente por radiación, conducción y convección. Otros mecanismos menos importantes también colaboran como la evaporación del agua de la piel y vías respiratorias y excreción de orina y heces. Cada uno de estos mecanismos están directamente vinculados a la temperatura y humedad externa y son controlados por respuestas vasomotoras y pilomotoras del animal. Cuando la temperatura sobrepasa los 27°C, aumenta la frecuencia respiratoria del animal, pero la profundidad de la misma es reducida, con esto el organismo intenta reducir la pérdida excesiva de CO₂ y alteraciones de los gases en la sangre. Se habla de que una temperatura rectal en el canino mayor a 40,5°C se considera el inicio de un desequilibrio térmico el cual es peligroso para el organismo. Las temperaturas también están influenciadas por el ejercicio físico probablemente debido a la actividad muscular y a los cambios en el flujo sanguíneo. En perros tanto la temperatura interna como la superficial están influenciadas por el ejercicio físico. Los cambios en los valores de temperatura de la superficie corporal podrían estar asociados con la actividad muscular subyacente y los cambios en el flujo sanguíneo en perros ejercitados (Rizzo et al., 2017).

En la piel, todos los seres vivos tenemos terminaciones nerviosas que captan la sensación térmica. En el día a día, estamos expuestos naturalmente a la intensa radiación infrarroja que es emitida por el sol, el fuego o simplemente un radiador. Cuanto mayor sea la temperatura de un objeto, más radiación infrarroja emitirá (De Prada Perez de Azpeitia, 2016).

La temperatura corporal anormal es un indicador importante de enfermedad (Rekant, Lyons, Pacheco, Arzt y Rodriguez, 2015).

2.1.3.7 El pelo

En el perro, el grosor de la piel, el crecimiento del pelo y la circulación varían regionalmente e incluso existen variaciones entre razas hasta cierto grado (Pavletic, 1991).

El pelo funciona como aislante térmico, participa en la percepción sensitiva y es una barrera física contra lesiones de cualquier tipo en la piel. Es fotoprotector. Posee relación estrecha con la temperatura corporal, y depende de su longitud, espesor y densidad por unidad de superficie y su modulación es a partir de fibras pilosas. Pelajes largos, finos y lisos junto con un espesor de manto que es incrementado por el proceso de piloerección, son más eficientes para el aislamiento térmico en ambientes de bajas temperaturas. Los caninos mostraron diferentes temperaturas en las distintas superficies corporales basadas o relacionadas con el tipo de pelaje. Pelajes largos y doble pelaje (varias capas de pelo) tienen temperatura superficial corporal media baja de 28°C en comparación con caninos de pelaje ondulado y de pelaje corto, los cuales tienen una temperatura de

superficie corporal de 29°C. Por lo tanto, se piensa que los caninos con pelajes más lisos y rectos liberan el calor de manera más eficiente y rápida que aquellos con pelajes que nacen contra la piel, que se caracterizan por estar contra la superficie corporal. Adicionalmente pelajes asimétricos como lo son los ondulados o rizados suelen exponer ciertas partes de la piel permitiendo una mejor ventilación de la misma que lo que puede exponer un pelaje que es más uniforme como lo son los pelajes largos y de doble capa. Esto podría ser una posible causa de por qué los caninos de pelajes ondulados superan en temperatura la superficie corporal de pelajes largos y doble capa. Las diferentes capas o pelajes de los caninos, no tienen efecto directo sobre la temperatura rectal. En las superficies corporales que no presentan pelaje, que actúa como aislamiento térmico (el cual es producido por la cantidad y el tipo de pelo), el calor se va a perder directamente a través de la superficie corporal, es decir la piel que pasa por diversos procesos de termorregulación (Scott et al., 2002).

La temperatura de la superficie corporal entre pelaje corto y pelaje largo, difiere en 2°C aproximadamente (Kwon y Brundage, 2019; Scott et al., 2002).

Cuando utilizamos la termografía infrarroja para evaluar la temperatura de la superficie corporal, es importante tener en cuenta y considerar las distintas razas y sus cruces con sus pelajes característicos. Otra característica a tomar en cuenta sobre la termografía, es que ésta es más efectiva en zonas o animales de pelos cortos que en animales de pelos largos (Mota da Costa et al., 2020).

El color del manto es otro factor que influye en la temperatura corporal, siendo más efectivos los mantos claros en los ambientes calurosos o de altas temperaturas (Scott et al., 2002).

La mayoría de las lesiones dermatológicas son detectables con un simple examen clínico y la alopecia resultante de los procesos de la enfermedad denota un aumento de la temperatura, con lo cual, desde el punto de vista dermatológico, la termografía se considera poco útil. De todos modos, mencionan que sería interesante comprobar la utilidad de las técnicas termográficas en otras enfermedades de la piel para probar la capacidad de la técnica para diferenciar entre dermatitis infecciosa y no infecciosa, por ejemplo Redaelli et al. (2014).

Debido a la poca tolerancia que presentan algunos caninos para las mediciones de temperatura rectal convencionales, se probó un termómetro infrarrojo calibrado para evaluar la temperatura de la superficie corporal y se determinó que la temperatura de la superficie corporal canina fue considerablemente más baja que la temperatura rectal, habiendo una correlación moderada entre ambas. Las mediciones con el termómetro infrarrojo provocaron una respuesta de estrés más baja estadísticamente significativa en comparación con las mediciones rectales de contacto (Cugmas, Susteric, Ruzic y Plavec, 2020).

La termografía y la gammagrafía son modalidades de imágenes fisiológicas. Proporcionan información sobre la fisiología de los tejidos; específicamente dan información sobre la circulación. Proporcionan información sobre la ubicación de la lesión o enfermedad, así como sobre la viabilidad del tejido. Ninguno proporciona información sobre la naturaleza específica del problema. Esto debe reservarse para una modalidad de imagen anatómica que identifique la estructura. En veterinaria, la termografía es una ayuda práctica en la evaluación clínica del paciente y aumenta específicamente la precisión del diagnóstico (Turner, 2001).

2.2 Historia de la termografía

Los primeros dispositivos infrarrojos fueron creados en el siglo XX, con fines militares. Sin embargo, no fue hasta principios del siglo XXI que, gracias al rápido progreso de la microtecnología, se diseñaron cámaras infrarrojas mucho más sencillas, ligeras y asequibles (De Prada Perez de Azpeitia, 2016). El potencial de esta técnica es bien aceptado y reconocido en 1959 (Ng, 2009).

La radiación infrarroja se descubrió por primera vez en 1800, por el astrónomo y músico alemán Sir Frederick William Herschel. Este científico observó y se dio cuenta que, al pasar la luz solar a través de un prisma, la temperatura aumentaba al desplazar un termómetro desde la zona de color violeta hacia la zona de color rojo del espectro visible y que al mover el termómetro más allá de la zona del rojo, la temperatura seguía aumentando. Demostró que existían formas de luz invisibles al ojo humano (de Camargo, 1999). Se utilizó por primera vez en medicina veterinaria hace 35 años, sin embargo, se ha limitado en su mayor parte a hospitales universitarios o investigaciones clínicas científicas (Turner, 2001).

Con la mejora en la calidad de la cámara a lo largo de los años, esto ha llevado al uso creciente de imágenes térmicas como una herramienta para el procedimiento de diagnóstico por imágenes que registra y produce imágenes de temperaturas de la superficie de la piel (Ng, 2009).

2.3 Definición

La termografía es la representación pictórica de la temperatura de la piel, la cual consiste en la detección de radiación infrarroja, que se puede correlacionar directamente con el flujo sanguíneo (Turner 2001). Puede evaluar los cambios en la temperatura de la superficie corporal de forma rápida y remota (Rekant et al., 2015).

Es un método de diagnóstico relativamente nuevo e innovador en medicina veterinaria, el cual se está utilizando cada vez más en la clínica diaria. Este método diagnóstico capta las radiaciones infrarrojas que emiten y reflejan los cuerpos, y que son proporcionales a la temperatura superficial, con lo cual, utilizando una cámara térmica, cada una de estas radiaciones emitidas, se traducen en imágenes digitales las cuales se pueden interpretar en función de una escala de colores con la que cuenta el sistema de cámaras (Sanz tolón, Rubiano, Barneto Carmana y Rodriguez Viscaíno Sanchez, 2008).

Es considerada una técnica diagnóstica y de gran ayuda en la clínica diaria, económica, no invasiva, no utiliza medio de contraste, es fácil de realizar y que aprovecha las ventajas de las cámaras térmicas para detectar la radiación infrarroja que es emitida por la piel, para originar patrones térmicos característicos de una región específica del cuerpo (Brioschi et al., 2016; Magalhaes, Vardasca y Mendes, 2018). Utiliza cámaras que miden y toman imágenes de la radiación infrarroja que es emitida por los cuerpos, la cual no necesita luz visible para obtener un resultado. Dicha cámara, capta la radiación que es producto de la temperatura de la superficie del cuerpo, por lo tanto, permite el cálculo y la visualización de dicha temperatura (De Prada Perez de Azpeitia, 2016).

Mide los cambios en el flujo sanguíneo en los capilares sanguíneos superficiales y la radiación de calor resultante (Mota Rojas et al., 2022). Es un método no invasivo, objetivo e indispensable para proporcionar información clínica del paciente (Saeki et al., 2021). Las cámaras termográficas son fácilmente 10 veces más sensibles que la mano para

determinar las diferencias de temperatura. La sensibilidad se refiere a la cantidad de diferencia de temperatura que se puede detectar (Turner, 2001). Presenta una buena y alta sensibilidad (100%), pero una baja especificidad (44%), por lo tanto, siempre debe estar asociada a otros estudios complementarios como por ejemplo la toma de imágenes radiográficas (Brioschi et al., 2016; Mota da Costa et al., 2020; Redaelli et al., 2014).

La aplicación biomecánica de la termografía infrarroja en medicina veterinaria es relativamente reciente. Es considerada un método de imagen diagnóstico no invasivo ya que no causa daño ni al paciente ni al operador, y tampoco utiliza sustancias radioactivas y no requiere de acceso quirúrgico o contacto directo con la piel para su uso. Estas imágenes termográficas nos proporcionan información local o delimitada a una zona sobre la temperatura fisiológica o patológica en la zona evaluada del paciente y sus variaciones (Redaelli et al., 2014). Debe realizarse en un área controlada y libre de corrientes de aire. La zona debe estar protegida de la luz solar para evitar un calentamiento erróneo de la piel (Turner, 2021), ya que la cámara infrarroja mide el calor del cuerpo superficial y produce un mapa de color que representa la distribución del calor (Sung et al., 2019).

En general, las cámaras termográficas utilizan una serie de espejos de enfoque y exploración para medir sistemáticamente un campo de visión completo. La cámara se acopla a un tubo de rayos catódicos y la intensidad de la radiación detectada se convierte en una señal eléctrica. Inicialmente, la señal se muestra en el tubo de rayos catódicos como una imagen en blanco y negro (formando una escala de grises) del objeto. Mediante el uso de microchips, la imagen en blanco y negro se puede convertir en una imagen en color formando finalmente lo que llamamos termograma clásico (Turner, 2001). Los resultados se muestran en forma de imágenes digitales, es decir, en forma de un mapa radiante de calor, modificado según sea necesario con programas de procesamiento de imágenes. Las imágenes térmicas siempre se representan en escala de grises, correspondientes a diferentes intensidades de radiación desde diferentes puntos del objeto. Luego se obtienen imágenes en “falsos colores” asociando diferentes colores a cada nivel de un gris dado. El objetivo es resaltar mejor ciertos fenómenos relacionados con el aspecto real de la imagen animal (Redaelli et al., 2014). Las áreas de mayor calidez se representan en color blanco, rojo, naranja y amarillo, mientras que las áreas más frías con verde, azul y negro (Love, 1980).

La evaluación de la temperatura corporal de la piel de los animales, se facilita tanto porque los sujetos vivos están varios grados por encima de la temperatura ambiental como porque los materiales circundantes tienen, en general, valores de emisividad más bajos. En el campo de las aplicaciones veterinarias, las técnicas de inspección termográfica se pueden dividir en pasivas y activas. En termografía pasiva, la temperatura se mide en cuerpos considerados como no influenciados por la temperatura de su entorno. La termografía activa o imagen funcional tiene en cuenta la temperatura que alcanza el cuerpo a través de una fuente externa de calor o frío, y puede evaluarse y medirse tras su vuelta a las condiciones normales. Cada especie animal presenta desafíos técnicos únicos, debido a las diferencias específicas de la especie (tamaño, presencia de pelaje, características de comportamiento, alojamiento, etc.), que pueden afectar el éxito de las medidas y no permitir la definición de una técnica operativa estándar utilizada. En todos los casos, a menudo sólo la experiencia y el conocimiento de las especies en el análisis permiten identificar las mejores soluciones y adaptar el método a las necesidades específicas. Las mediciones sin contacto evitan cualquier alteración local

del mecanismo de intercambio de calor entre la piel, su entorno y el centro del cuerpo por los vasos y libera a los pacientes de cualquier constricción física y psíquica (Redaelli et al., 2014).

Lo más apropiado es realizar la captura de la imagen termográfica manteniendo la humedad y la temperatura ambiente constante entre 15 a 18 minutos para aclimatarse con el individuo y sin contacto con otro objeto. Es importante contar con un programa o software que luego de la evaluación termográfica, realice una medición específica de los datos capturados por la cámara termográfica y que pueda indicar valores superiores e inferiores, las puntuaciones para los niveles de inflamación, el proceso inflamatorio y la posible lesión. De esta manera, el sesgo y el nivel de conocimiento del evaluador podría ser minimizado (Viegas et al., 2020).

No es posible diagnosticar una enfermedad específica mediante una imagen termográfica en color, solo es posible visualizar la presencia de una "anomalía térmica" que puede conectarse correctamente con el fenómeno fisiológico en el contexto del estado de enfermedad de los animales. La finalidad de la implementación de la termografía es precisamente optimizar las condiciones y poner en evidencia algunos ejemplos de estas anomalías. Cuando el fondo es negro, es porque se considera fuera de escala, es decir, una temperatura inferior a las reportadas en la falsa escala de colores (Redaelli et al., 2014).

Es una técnica que se utiliza en tiempo real y su emisividad con respecto al cuerpo, son características que permiten el uso de la termografía infrarroja en todo cuerpo que emita calor (Mota et al., 2021).

Para ser aceptado en la rutina clínica, debe establecerse un protocolo de medida de la imagen termográfica con una correcta preparación del paciente. El área de la piel relevante debe ser provocada y preparada. Por un lado, la piel se puede calentar y, por otro lado, la piel se puede enfriar. La Cámara se coloca directamente en frente de la lesión utilizando una lente macro (Buzug, Schumann, Pfaffmann, Reinhold y Ruhlmann, 2006).

Con el uso creciente de imágenes térmicas, existe la necesidad de contar con regulaciones y estándares para proporcionar resultados precisos y consistentes. Los estándares son basados principalmente en la física de la radiación y la termorregulación del cuerpo (Ng, 2009).

Durante el proceso de análisis de los termogramas ocurre la mayor parte del error generalizado, puesto que existe la posibilidad de haber factores no tomados en cuenta asociados al paciente o al ambiente por los cuales el mismo puede arrojar falsos positivos (Mota Rojas et al., 2022).

Es importante tomar en cuenta ciertos factores y controlarlos a la hora de tomar imágenes termográficas para que sean realmente confiables y fidedignas, estos factores son: movimiento, energía radiante extraña, temperatura ambiente y artefactos. El ambiente controlado es esencial para una evaluación termográfica exitosa, debe ser un área de baja luz, temperatura ideal por debajo de los 30°C y con 10- 20 minutos de aclimatación del paciente. Evitar agentes de restricción químicos, ya que estos medicamentos afectan la circulación periférica y los sistemas cardiovasculares, por ende, podrían causar patrones térmicos no fiables, aunque aún no está comprobado científicamente por el autor (Turner, 1991).

Es necesario homogeneizar las fotografías (pelado o sin pelar) con el fin de que sean comparables posteriormente. Otros factores a tener en cuenta en la toma de fotografías

térmicas son la distancia de la cámara al cuerpo fotografiado, la perpendicularidad de la cámara respecto al objeto de estudio y parámetros que varían sobre todo en ambientes externos como la emisividad de radiación de los cuerpos, la temperatura y la humedad relativa del medio ambiente (Certingul Pirtini y Herman, 2011; Sanz Tolón et al., 2008). Debemos tomar en cuenta que, por la dificultad general de la difusión del calor a través de los tejidos adiposo y óseo, no brinda detalles anatómicos sobre estructuras y órganos más profundos y, finalmente, no puede brindar información sobre la etiología de las enfermedades. A su vez, la presencia de objetos de metal o tejido con queratina como escamas, huesos y uñas, mezclan la energía reflejada con las señales emitidas en el área que es examinada, dando como resultado una incorrecta percepción de la temperatura (Redaelli et al., 2014).

En comparación con las otras modalidades o técnicas diagnósticas, la toma de imágenes termográficas no requiere sedación y evitará que los pacientes reciban radiación y que el personal de apoyo no sufra una exposición inadvertida de las mismas. La termografía se utiliza mejor junto con otras herramientas de diagnóstico para un diagnóstico completo y definitivo (Sung et al., 2019).

2.4 Aplicaciones y usos

La termografía infrarroja se ha incorporado en muchas profesiones como arquitectura e ingeniería, lo que lleva a la estandarización en toda la industria, sin embargo, sus usos en medicina aún están siendo descubiertos. (Rekant et al., 2015).

Se están desarrollando diversos trabajos con el objetivo de desarrollar esta técnica en todo su potencial, particularmente su dinámica y aplicación, aumentando la calidad de los servicios médicos prestados a los pacientes (Magalhaes et al., 2018).

Se espera que este método diagnóstico permita una evaluación cutánea total y rápida a través de imágenes termográficas, así como la evaluación del potencial maligno de la lesión individual (Certingul Pirtini y Herman, 2011).

En un futuro cercano, investigadores que se dedican al campo de la biotecnología, van a desarrollar equipos termográficos más especializados y sofisticados, cámaras equipadas con un software específico para permitir realizar análisis más detallados de las imágenes obtenidas con resultados valiosos e interesantes para la ciencia y su aplicación en la clínica (Motas et al., 2021).

La termografía detecta el calor antes de que sea perceptible durante el examen físico de rutina y, por lo tanto, es útil para la detección temprana de lesiones tanto en la piel como de tejidos blandos más profundos los cuales están siendo constantemente irrigados (Turner, 2001). También es muy útil en el monitoreo de la respuesta a las distintas terapias sin interferir directamente con ellas ni con la evolución del paciente. Las enfermedades en las cuales se utiliza de manera frecuente la termografía, son aquellas que producen alguna alteración del funcionamiento normal y del control de la temperatura, en las cuales se detectan cambios en la microcirculación, metabolismo celular e inflamación. Una inspección correcta con el uso de la termografía, puede detectar un mayor flujo de sangre en inflamaciones subclínicas; en presencia de atrofia de tejidos, se notará por el contrario la disminución del flujo sanguíneo antes de una sintomatología clínica evidente (Redaelli et al., 2014). Podría representar un método paraclínico útil en la identificación de lesiones crónicas (Laino et al., 2015). La evaluación termográfica proporciona información adicional que es útil para localizar el problema,

evaluar el grado de inflamación asociado y tomar decisiones sobre el mejor tratamiento según el caso clínico y el diagnóstico del paciente. Es particularmente útil con condiciones tempranas u ocultas del pie en humanos, donde los hallazgos del examen físico o radiográfico no son concluyentes (Turner, 2001).

La técnica no implica un escaneo o tiempo prolongado, ya que las imágenes infrarrojas se obtienen inmediatamente y son almacenadas en formato digital, por lo tanto, teniendo una computadora o un dispositivo inteligente disponible, se pueden visualizar en pocos segundos. Desde un punto de vista económico, una vez realizada la primera inversión (el costo de la cámara y el software), se considera un beneficio y un activo para la empresa (Redaelli et al., 2014). Los resultados del examen permiten la identificación de trastornos vasculares, así como de problemas con los sistemas neuronal y musculoesquelético, inflamación, condiciones dermatológicas, endocrinas y oncológicas. Nos permite evaluar el pronóstico clínico y, en consecuencia, resolver problemas médicos más objetivamente. Actualmente, la termografía infrarroja, es el medio más eficiente para el estudio de la distribución de la temperatura cutánea. Evalúa la microcirculación de la piel y a su vez se considera que evalúa el sistema nervioso autónomo (SNA) simpático que está íntimamente relacionado con la piel (Brioschi et al., 2016).

En medicina humana, las aplicaciones de la termografía infrarroja han facilitado la determinación exitosa del uso correcto de los fármacos utilizados para desensibilizar las terminaciones nerviosas de las regiones de interés (Turner, 2001). En casos de patologías musculares, es una herramienta adecuada para la evaluación y prevención del infarto de miocardio en atletas, ya que es una técnica diagnóstica utilizada para investigación complementaria del dolor (Viegas et al., 2020). En pacientes ortopédicos, muchas de estas lesiones son claramente visibles con termografía (Redaelli et al., 2014). En mujeres, con el uso de la termografía infrarroja, el diagnóstico de tumores de mamas, está basado en la variación de temperaturas que están relacionadas directamente con los cambios que se producen en el flujo sanguíneo y por el cambio de metabolismo de las células tumorales. Se utiliza la termografía para comprobar la sensibilidad del diagnóstico de tumores en mamas (Pavelski et al., 2015).

Con respecto al estudio termográfico del tejido mamario, se reporta una sensibilidad que varía del 62 % al 96%, esto se debe posiblemente, a la versatilidad del tejido del seno y a la profundidad tisular a la que se encuentren zonas patológicas como podrían ser los tumores de mama. Se reporta un 14% de error, el cual se debe a que tales lesiones se asocian a microcalcificaciones las cuales con la técnica termográfica reportada no es posible diferenciar (Bastida et al., 2017).

Da una respuesta inmediata, y es repetible y reproducible. Por esta razón podría ser muy útil para controles epidemiológicos en algunos grupos de riesgo, en el seguimiento de los pacientes operados, y en la evaluación de la eficacia de los tratamientos propuestos (Laino et al., 2015).

Al evaluar el grado de circulación en el tejido dérmico, podría utilizarse para determinar el grado de daño en tejido traumatizado en casos de enfermedades tromboembólicas y quemaduras. Esto sería útil para distinguir entre tejido dañado y sano y así determinar la terapia óptima para los pacientes.

La base fisiológica de la termografía infrarroja significa que se puede implementar no solo para detectar procesos inflamatorios sino también infecciosos, pudiendo detectar eventos patológicos con la consiguiente fiebre, o para evaluar la viabilidad del tejido en heridas con tejido hipotérmico que podrían indicar un compromiso vascular. Asimismo, puede

llegar a detectar aumentos en circulación periférica, que puede atribuirse a una angiogénesis, el cual es un evento presente en el desarrollo de neoplasias (Mota Rojas et al., 2022).

La idea es lograr utilizar la termografía para caracterizar y distinguir neoplasias malignas y benignas y diferentes tipos de cáncer de piel. También se ha aplicado con éxito en la evaluación del tratamiento de este tipo de lesiones (Alves Holanda, Alves Cortez, Fernandes de Queiroz y Matera, 2023; Magalhaes et al., 2018; Pavelski et al., 2015).

A nivel de la piel en un tumor primario, modificaciones histológicas o biomoleculares sin signos clínicos pueden estar presentes. La Teletermografía activa nos permite observar la imagen de un halo hipertérmico que rodea el tumor (Laino et al., 2015).

Las imágenes termográficas se han estudiado y utilizado ampliamente en medicina humana y equina, pero todavía faltan datos publicados sobre la medicina de pequeños animales (Vainionpaa, 2014).

En medicina veterinaria, la termografía puede darnos alguna información preliminar sobre la localización del problema o enfermedad. En segundo lugar, la facilidad del manejo de una cámara térmica y la sencillez de uso y que es una técnica diagnóstica de fácil acceso. Es muy útil en el monitoreo de la respuesta a las distintas terapias sin interferir directamente con ellas ni con la evolución del paciente. El médico veterinario puede enfrentar pacientes de comportamientos agresivos y difícilmente manejables, incluso por los propietarios, y este problema puede aumentar debido al dolor o al miedo. La imagen infrarroja es una técnica no invasiva que se puede utilizar para diagnosticar afecciones inflamatorias y neoplásicas temprano (Redaelli et al., 2014).

La termografía tiene potencial para ser aplicada en varios campos clínicos de medicina veterinaria. Detectar aumentos de temperatura o disminuciones en una región específica permite que estos cambios se asocien con afecciones dolorosas, como una herida, una articulación y lesiones musculares que involucran procesos inflamatorios junto con la secreción de sustancias que dilatan los capilares dérmicos. Similarmente, existe la posibilidad de que las evaluaciones de temperatura de regiones anatómicas, como la carúncula lagrimal, pueden proporcionar índices indirectos de la actividad del sistema nervioso autónomo relacionados con respuestas vasculares locales (Mota Rojas et al., 2022).

Un aspecto importante de esta tecnología, la cual tiene un gran impacto en el bienestar animal, es que es considerada un método preventivo, ya que es capaz de reconocer de forma temprana cambios que aún no están causando signos clínicos en el paciente y los cuales son pacientes catalogados sanos cuando están comenzando con un proceso de índole inflamatorio, por ejemplo. Mediante la interpretación de las imágenes termográficas obtenidas en este caso por los pacientes de la clínica diaria, se localizan lesiones que afectan la dermis y epidermis, pudiéndose delimitar con gran precisión (Sanz Tolón et al., 2008). El uso de imágenes térmicas infrarrojas se ha estudiado como una posible herramienta médica para ayudar en el diagnóstico de lesiones oncológicas cutáneas (Magalhaes et al., 2018). Una evaluación termográfica se puede utilizar como una forma simple y no invasiva para evaluar cambios en la condición de un animal que no pueden ser observados por enfermería general en un monitoreo simple. Las imágenes termográficas pueden ser una herramienta para estimar la incomodidad, incluso para

perros pacientes, porque pueden evaluar objetivamente la condición del animal (Saeki et al., 2021).

Hoy en día, en la medicina veterinaria, la termografía está siendo cada vez más utilizada y es considerada una herramienta auxiliar para poder evaluar diversos procesos patológicos. No obstante, en diversos estudios la termografía es utilizada para poder evaluar el dolor generado en procesos quirúrgicos en pequeños animales (Casas et al., 2020). Se ha utilizado en animales de compañía para determinar su estado de salud y diagnosticar procesos inflamatorios, neoplasias, dolor o neuropatías. Se ha reportado que, tanto en perros como en gatos, la termografía se suele utilizar en zonas de la cara y de las extremidades anteriores y posteriores (Casas Alvarado et al., 2022). Sin embargo, se considera que la termografía superficial no permite determinar la posición cartesiana y exacta de la lesión, sino el cuadrante en el que se encuentra. Como ventaja, la termografía no requiere de mayores conocimientos más que la información proporcionada por la clínica del paciente y los parámetros detectados en sus termogramas (Bastida et al., 2017).

La asociación de la termografía en pacientes oncológicos puede aumentar la precisión diagnóstica de citología en situaciones desafiantes, reduciendo costos, complicaciones y retrasos en el diagnóstico de una biopsia incisional. Sin embargo, grandes estudios son necesarios para evaluar esta hipótesis (Alves Holanda et al., 2023).

Los tumores a menudo son hipervasculares y tienen un metabolismo más alto, por lo tanto, pueden tener una temperatura elevada. La temperatura superficial de los tumores malignos de tejido blando es a menudo más alta que la de los tumores benignos, y diferencias de temperatura de 0,2 °C o superiores se asociaron significativamente con malignidad ($P < 0,001$). Los lipomas y los tipos de tumores lipomatosos atípicos, tienen temperaturas más bajas que los tejidos no afectados. Las diferencias de temperatura de 0,2 °C o más se asociaron significativamente con la presencia de tumores malignos ($p < 0,001$) (Shimatani et al., 2020).

Puede usarse como método complementario para el diagnóstico de fibrosarcoma felino, así como para el seguimiento y control de recidivas y crecimiento de tumores de pequeño tamaño, ya que lo ideal es el diagnóstico temprano de estas patologías (Sanz Tolón et al., 2008). En un control posquirúrgico de tumor de piel (sarcoma) en un paciente felino, se observó que la zona presentaba una temperatura superior al resto de área pelada provocado posiblemente por la inflamación que generaban los puntos en el área quirúrgica. También se utilizó la termografía para controlar y monitorear el área quirúrgica por posibles recidivas, notándose en la última recidiva un aumento de temperatura marcado en la zona de lesión, que presentaba de máxima 31, -2° C (Moda da Costa., 2020). Se compararon termogramas obtenidos de 11 gatos sanos y 31 gatos que presentaban tumores de piel y tejidos blandos, las temperaturas medias fueron significativamente más altas en tumores malignos en comparación con los benignos con una temperatura por encima de 34,7°C, asociándose con malignidad con una sensibilidad 76% y una especificidad 80% (Nitrini, Cogliati y Matera, 2020).

En otro estudio se observó que en los tumores que tenían un tamaño considerable, era bastante fácil y evidente observar las lesiones y “márgenes” con termografía. En tumores malignos del tejido conjuntivo fibroso (fibrosarcoma en gatos) que, aunque clínicamente se consideraban tumores medianos a grandes, no eran “visibles” con el uso de la termografía ya que no se detectaron cambios evidentes de temperatura en las zonas tumorales. Los cánceres de mama muestran una apariencia variable de imágenes

infrarrojas, que no pueden ser interpretadas de forma única hasta la fecha (Redaelli et al., 2014). Sin embargo, en un estudio se reportaron las siguientes temperaturas: en un felino hembra de 4 años con tumor en glándula torácica derecha presentó una temperatura promedio de 36,7°C, una máxima de 37,3°C y una mínima de 35,6°C (Bastida, Cabello, Rodriguez y García, 2017). Se comprobó, que todas las mamas tumorales tenían temperatura más alta que las glándulas mamarias sanas. Se consideró como la media de temperatura del grupo control, es decir glándulas mamarias sanas, un valor de 35.07°C, versus 37.86°C del grupo tumoral, teniendo una variación de 2.79°C (Pavelski et al., 2015). Los casos de linfoma no mostraron cambios específicos en la imagen, a excepción de un linfoma folicular que muestra una temperatura elevada en la región correspondiente a los ganglios preescapulares (Redaelli et al., 2014).

En otro estudio, en un Boxer macho de 9 años, diagnosticado con linfoma de 4 cm de diámetro en la arcada mandibular derecha, tuvo una temperatura máxima de 38,1°C y una mínima de 32,2°C. Este refleja un aumento de temperatura debido al crecimiento de células cancerosas en el ganglio linfático submandibular (Bastida et al., 2017).

En los perros, los tumores circumanales son la tercera neoplasia cutánea más frecuente. Ambos tumores estaban más fríos que la piel sana del esfínter. Sin embargo, un número sustancial de los adenomas eran más fríos que los adenocarcinomas. Las imágenes permitieron discriminar entre tejidos sanos y tumorales; por lo tanto, podría ser una buena modalidad diagnóstica auxiliar (Zanuto, Melo, Januário, Fernandes y Matera, 2021).

En el caso de la detección del melanoma en caninos se utiliza a la termografía como herramienta diagnóstica, inclusive para el seguimiento de lesiones cutáneas después del tratamiento, ya que es muy útil para la medición precisa de las diferencias de temperatura en la superficie de la piel. Detecta células metabólicamente activas o malignas, lo que contribuye a cuantificar el potencial maligno de lesiones. La existencia de una herramienta simple, de tipo cuantitativa, objetiva y no invasiva para la evaluación de lesiones pigmentadas sería invaluable para la detección temprana del melanoma en una variedad de entornos clínicos. Existe una clara diferencia en las respuestas térmicas entre el tejido sano y la lesión maligna (Certingul Pirtini y Herman, 2011). Sin embargo, otros estudios indican que la identificación del melanoma o de otros tumores en etapa temprana aún no se puede lograr con un 100% de sensibilidad (Magalhaes et al., 2018). Se ha utilizado en pacientes oncológicos luego de realizar radioterapia en tumores nasales, donde el plano nasal aumentó gradualmente después de la irradiación, alcanzando un valor significativamente mayor en 120-240 min. La temperatura máxima fue de 42,3 °C y la temperatura media aumentó 4,4 °C. Un aumento de la temperatura en el sitio irradiado puede causar reacciones tisulares que pueden ser incómodas para el animal (Saeki et al., 2021).

En casos de neoplasias óseas, se puede utilizar para pacientes que presentan una claudicación persistente no localizable o para la detección temprana de neoplasias óseas apendiculares. En algunos pacientes en los cuales se opta por realizar tratamientos y cuidados paliativos, se puede monitorear la progresión de la enfermedad. Sin embargo, se debe enfatizar y tomar en cuenta que se requieren otras modalidades de imagen o métodos diagnósticos complementarios como el uso de la radiografía y/o procedimientos más invasivos como una biopsia ósea para diagnosticar con precisión la neoplasia ósea apendicular. Presenta una tasa de éxito global que oscila entre el 75 y el 100 %, pudiendo detectar la presencia de neoplasia ósea apendicular, la cual se asocia a un cambio en el patrón termográfico. Las vistas caudales de la extremidad distal específicamente en el

carpo, presentan tanto una sensibilidad 100 % como una especificidad del 100 % (Sung et al., 2019).

La imagen infrarroja es extremadamente interesante en ortopedia, ya que puede mostrar todos los problemas relacionados con fracturas, problemas articulares y de ligamentos. Sin embargo, los autores no pudieron resaltar cambios de temperaturas que ayuden a diagnosticar pacientes con displasia de caderas y codos, a excepción de un caso que desarrolló artritis en el cual se observaron zonas de mayor aumento de temperatura. Se obtuvieron resultados similares en todos los trastornos neurológicos relacionados con los problemas ortopédicos de la columna vertebral, como subluxación vertebral, estenosis lumbosacra o degeneración del disco intervertebral. Los autores creen que los resultados negativos en perros y gatos se deben al efecto protector ejercido por el pelo. Es importante tener en cuenta la mínima de la temperatura, que podría estar relacionada con una falta de circulación local producida por la destrucción de los vasos sanguíneos superficiales. En cambio, la temperatura máxima se asocia con la inflamación de los tejidos periféricos. (Redaelli et al., 2014).

La termografía, mostró una buena sensibilidad en la cabeza y los miembros de los caninos, obteniéndose mayores temperaturas en regiones que presentaban alguna patología o inflamación y temperaturas menores fisiológicas en las zonas consideradas sanas. Sin embargo, presenta menor sensibilidad en zonas como tórax y abdomen. Es posible la correlación positiva entre el resultado de las imágenes y la sintomatología del paciente (Mota da Costa et al., 2020).

En caballos de deporte, se sabe que los cambios termográficos a nivel de los miembros ocurren 2 semanas antes de los cambios clínicos. En estos casos, la termografía se puede usar para identificar problemas subclínicos y en el entrenamiento se pueden hacer modificaciones para evitar lesiones por completo (Turner, 1991; Turner 2001). En grandes especies, es utilizada para monitorear el estado fisiológico de animales individuales, como medir eficiencia alimenticia o diagnóstico de preñez, así como también en la evaluación del bienestar animal (Rekant et al., 2015).

El uso de la termografía no se limita únicamente a detectar los cambios inflamatorios que acompañan a los procesos patológicos, sino que permite a los especialistas identificar los cambios que se producen a nivel de la circulación causados por las drogas administradas en los pacientes, incluso los cambios ocasionados por los anestésicos locales. Puede predecir y prevenir futuros eventos patológicos en los pacientes, tales como existe en el caso de osteomielitis y osteonecrosis en cirugías traumáticas de alto impacto traumático. De igual manera, el uso de esta técnica diagnóstica no invasiva, es utilizada para poder examinar y prevenir iatrogenia en los pacientes ya que detecta de forma rápida y eficaz el aumento de la temperatura como signo principal inflamatorio de los tejidos vitales. (Casas et al., 2020).

Quizás la aplicación más prometedora de la termografía en la medicina animal individual es la identificación temprana de un aumento en la temperatura local que es indicativo del desarrollo inicial de inflamación o alteración patológica de tejidos o células de la zona (Rekant et al., 2015). De igual manera, su objetivo y uso en la clínica está cobrando mayor importancia en el diagnóstico de enfermedades, identificando signos por ejemplo de diabetes, los procesos inflamatorios que involucra y validando técnicas quirúrgicas. Es utilizada en pacientes bajo los efectos de la anestesia, controlando zonas de dolor e inflamación e incluso en pacientes muy graves y en condiciones críticas, donde el acceso directo y la monitorización del paciente se hace difícil con otros métodos (Motas et al.,

2021). En un futuro, se espera poder potenciar el uso de la termografía en relación a factores clínicos, histopatológicos, e inmunohistoquímicas de las neoplasias sobre la temperatura, así como la difusión del diagnóstico asistido por computadora y el uso de la termografía en el seguimiento del tratamiento. (Alves Holanda et al., 2023; Redaelli et al., 2014). Es probable que esta técnica diagnóstica sea cada vez más reconocida y utilizada como una herramienta valiosa en la medicina y clínica veterinaria (Um et al., 2005), para la promoción del bienestar animal al igual que para la protección de la salud pública (Rekant et al., 2015).

Se debe tener en cuenta que puede surgir un problema tratando de tomar imágenes de buena calidad en animales libres ya que están en constante movimiento. También puede llegar a ser difícil tomar buenas imágenes desde diferentes ángulos, incluso en animales sedados o anestesiados, algún lado del paciente puede ser imposible de investigar correctamente. Otra limitación de la termografía está relacionada con la capacidad de exploración en profundidad: sólo unos pocos cm de la superficie del cuerpo pueden ser penetrada y analizada. Siempre se recomienda esquilarse el área afectada o zona que se desea estudiar o, en caso de no hacerlo, solo las lesiones que se localizan en zonas sin pelo, como el ojo, la nariz, la cavidad bucal, el oído y la zona perianal pueden ser evaluadas por termografía (Redaelli et al., 2014).

3. HIPÓTESIS

- En caninos sanos existen diferencias en los rangos de temperatura obtenidos por imagen termográfica según la región anatómica del cuerpo.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general:

Establecer los valores fisiológicos de temperatura de la piel en las distintas regiones anatómicas en la población de caninos sanos.

4.2. Objetivos específicos:

- Analizar las imágenes termográficas de un grupo heterogéneo de caninos sanos en la región parietal de la cabeza, cuello, tórax, abdomen ventral y flancos, miembros anteriores región de la escápula y 2da - 3era falange, en miembros posteriores región de los glúteos y 2da- 3era falange.
- Evaluar si la temperatura superficial es variable a lo largo de las diferentes zonas corporales de los caninos.
- Establecer los valores termográficos de referencia en las diferentes regiones anatómicas de los caninos.
- Estudiar el grado de asociación entre la temperatura superficial de la piel de las 9 zonas estudiadas con la temperatura intra-rectal de los caninos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Participaron en el estudio 43 caninos clínicamente sanos, que no presentaron ninguna afección de la piel. A cada canino se le realizó previamente una inspección en estación de la piel para corroborar la ausencia de lesiones. La elección de los participantes fue oportunista. Los caninos fueron provenientes de tutores que aceptaron ser partícipes de este estudio, de los cuales 17 caninos fueron seleccionados en el refugio PGA “Perros y gatos en adopción”, y los 26 caninos restantes fueron provenientes de clínicas particulares. Este ensayo se llevó a cabo en el Centro Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República (UdelaR), realizando la toma de imágenes termográficas a 22 caninos y los 21 caninos restantes en el centro privado Clínica Veterinaria Centenario. No se discriminó por sexo, raza o edad.

La metodología a seguir fue igual en todos los pacientes. En primera instancia se les brindó a los tutores un consentimiento informado de requisitos previos que el paciente cumpliría al día de la toma de las imágenes, los mismos no podrían presentar ninguna afección de la piel, no podrían ser expuestos al sol en un período de 2 horas previo, ni realizar ejercicio en un lapso de 4 horas previas. Se les pidió que al menos 24 horas antes no aplicaran ninguna loción tópica, ni podrían bañarlos y tampoco administrarles analgésicos ni antiinflamatorios ya sea vía oral o tópicos.

Una vez que fueron ingresados a la sala de toma de imagen y previo a la toma de imágenes termográficas, se esperó un período mínimo de 15 minutos con el fin de climatizar a los pacientes a la temperatura. Para asegurar la climatización en todos los pacientes de forma estándar, se utilizó un dispositivo medidor termómetro y barómetro digital, la sala permaneció siempre entre 17 a 26 °C y entre 40 a 75% de humedad, a puerta cerrada evitando así cualquier corriente de aire y no se permitió la presencia de más de 4 personas. Se tomó la precaución de que el aire acondicionado no apuntara de forma directa a nuestros pacientes. Todos los animales fueron sometidos a la tricotomía en forma de cuadrados de 2 x 2 cm con peine N°40 en región parietal de la cabeza, cuello, tórax, abdomen ventral y flancos, miembros anteriores región de la escápula y 2da- 3era falange, en miembros posteriores región de los glúteos y 2da- 3era falange. La muestra de estudio en zonas de las falanges tanto de miembro anterior como de posterior fue de 43 caninos sanos, mientras que para el resto de las zonas la muestra de estudio fue de 33 caninos sanos. En todos los casos se les tomó la temperatura intra-rectal (Figura 1, 2, 3 y 4).



Figura 1: Espacio de la Facultad de Veterinaria donde se tomaron las imágenes termográficas el día 02/07/2022.

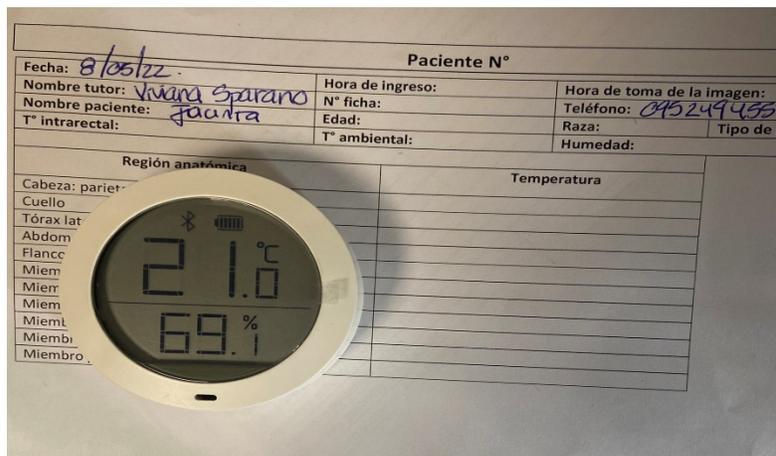


Figura 2: Medidor termómetro y barómetro digital donde se puede observar valores de temperatura y humedad ambiental donde se realizó el estudio.



Figura 3: Canino con las 9 zonas esquiladas previamente a la toma de las imágenes termográficas. Localidad: consultorio en Veterinaria Centenario.

5.1 Obtención de imágenes termográficas

Para la toma de la imagen termográfica, se utilizó una cámara termográfica FLIR ONE PRO, acoplada a un teléfono modelo IPHONE a través de un conector Lightning (iOS). Dicha cámara cuenta con una resolución térmica de 160 x 120 píxeles. La medida puntual avanzada detecta pequeñas diferencias de temperatura de hasta 0,1 °C y puede medir temperaturas desde -20 °C (-4 °F) hasta 400 °C (752 °F) con una precisión de 3 (+/-) °C (5,4 °F). El mismo cuenta con una cámara HD de 1440 x 1080 en las imágenes térmicas creando una imagen nítida y fácil de comprender. Las fotografías termográficas se tomaron a 25cm de distancia con respecto a la piel de los caninos.



Figura 4: Toma de las imágenes termográficas.

En todos los pacientes se registraron los siguientes datos: identificación del paciente (ID), edad o categoría etaria, raza, tipo de pelo, fecha de toma de las imágenes, hora de ingreso a la sala, hora de toma de imagen, T° intrarectal, T° ambiental y humedad ambiental.

5.2 Análisis de las imágenes por computadora

Las imágenes fueron procesadas por un software de computadora llamado “FLIR Tools” versión 5.13.18031.2002 que permite importar, editar y analizar las imágenes obtenidas. Para esto, en cada imagen termográfica se delimitaron las zonas estudiadas en las cuales se dibujaron cuadrados de 1 x 1 cm en las zonas de cabeza, cuello, escápula, tórax, abdomen ventral y flanco, y de 0,5 x 0,5 cm en regiones de 2da y 3era falange de miembros anteriores y posteriores. El *software* arrojó datos de temperatura mínima, máxima y un promedio dentro de esa zona delimitada. El objetivo de realizar esto, fue tratar de disminuir cualquier discrepancia termográfica puntual en cada región, haciendo la evaluación y comparación entre los individuos más fidedigna. La secuencia de evaluación consistió en la identificación central del área capturada por la imagen termográfica y finalmente realizar un promedio de la misma que se encontrara dentro del diámetro establecido en los cuadrados.



Figura 5: Visualización de la termografía infrarroja.

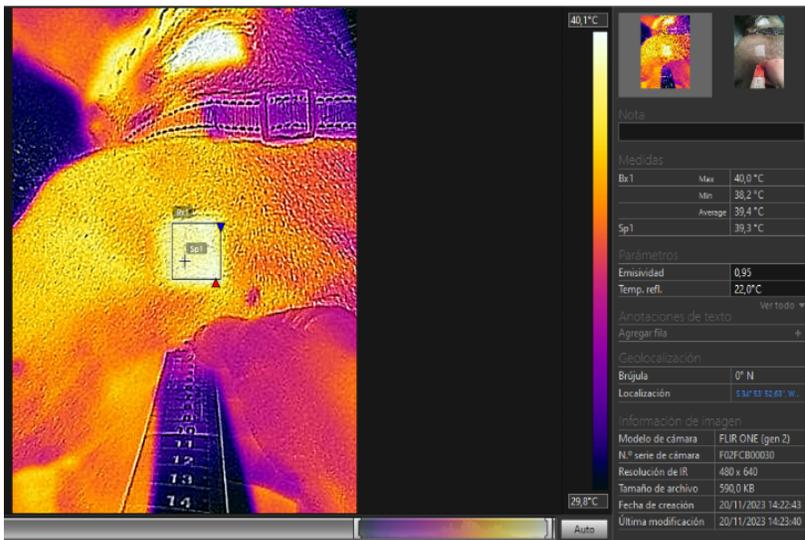


Figura 6: Imagen termográfica de la escápula, con cuadrado de 1 x 1 cm. Se puede observar la media de la T° dentro del cuadrado.

5.3 Análisis de datos

Todos los datos de los participantes, así como las mediciones de temperatura recogidas fueron incorporadas a una planilla de datos.

Para evaluar si las temperaturas superficiales difieren a lo largo de las diferentes zonas, se realizó un test no paramétrico de Kruskal- Wallis, dado que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro- Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de homogeneidad de Levene).

Se realizó análisis descriptivo de la muestra estudiada y de la temperatura en las diferentes zonas de los caninos.

Para la estimación del intervalo de confianza de las temperaturas medias, se realizó mediante la distribución t de Student.

Para evaluar la relación entre la temperatura superficial de la piel en diferentes zonas, con temperatura interna de los caninos, se realizaron análisis de correlación y contraste de hipótesis mediante la prueba t de Student sobre el coeficiente de correlación de Pearson.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción de la muestra

La muestra de estudio se conformó por 43 caninos, con sexo balanceado (20 hembras y 23 machos), de entre 6 meses y 10 años de edad. La mayor parte de los caninos fueron adultos (74,42%) y cruza (53,49%).

En la tabla 1 se describen las principales características de la muestra estudiada.

TABLA 1: Características generales de la muestra de estudio conformada por 43 caninos sanos.

Características de los participantes	N° de caninos	Porcentaje (%)
<u>Edad</u>		
Cachorro (menor a 1 año)	3	6,98
Adulto (1 a 6 años)	32	74,42
Geronte (mayor a 6 años)	8	18,60
<u>Sexo</u>		
Hembra	20	46,51
Macho	23	53,49
<u>Tamaño</u>		
Grande (mayor a 20 kg)	10	23,26
Mediano (entre 10 y 20 kg)	26	60,47
Pequeño (menor a 10 kg)	7	16,28
<u>Raza</u>		
Cruza	23	53,49
Golden	4	9,30
Pitbull	3	6,98
BDF	3	6,98
Dogo de Burdeos	2	4,66
Otras razas*	8	18,60

*Otras razas: Cane corso, American bully, Pug carlino, Boxer, American standford, Labrador, Schnauzer y Caniche.

En relación a la variación de la temperatura a lo largo de las zonas, la prueba de Kruskal-Wallis permite detectar diferencias de temperatura entre zonas. Según los resultados de la prueba de Kruskal- Wallis de nuestro estudio: ($X^2=170$, $gl=8$, $\text{valor-}p<0.001$), se establece que los caninos sanos poseen diferencias significativas entre las distintas zonas de la superficie corporal, con un $\text{valor } p<0,05$. Ver figura 7.

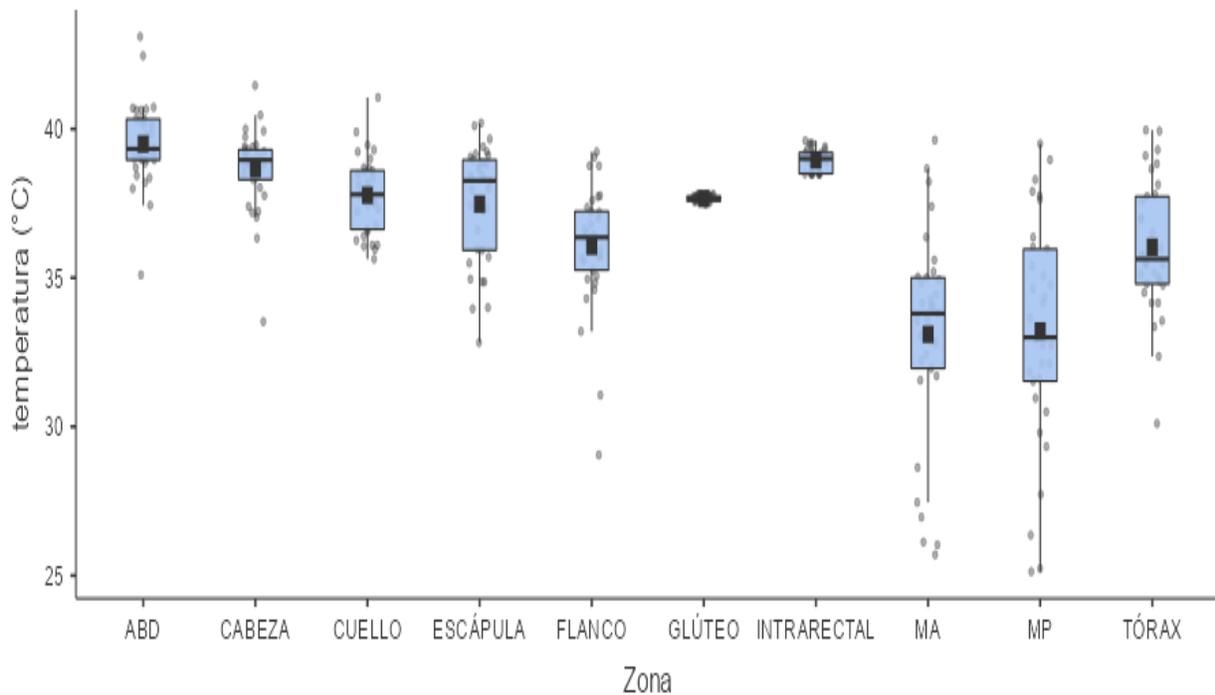


Figura 7: Box-plot de temperatura en las distintas zonas anatómicas de los caninos.

Las temperaturas superficiales en piel de las 9 zonas estudiadas que resultaron del análisis de las termografías infrarrojas mediante el software FLIR Tools se presentan en la tabla 2, junto la temperatura intra-rectal de los caninos.

Tabla 2: Temperatura intra-rectal y superficial en 9 zonas corporales de caninos sanos (43 caninos para MA y MP, y 33 caninos para el resto de las zonas) atendidos en el hospital veterinario de la facultad y en la clínica veterinaria privada Centenario. Muestras tomadas los días 08/05, 02/07, 12/08, 14/08 del año 2022 y 13/10, 15/10 del año 2023.

Zonas	n	Temperatura Media °C [IC95%]	Desvío estándar	Mínimo	Percentil5	Percentil 95	Máximo
T° intra- rectal	43	38,96 [38,84- 39,09]	0,35	38,50	38,50	39,50	39,60
Glúteo	33	37,66 [37,63- 37,69]	0,10	37,50	37,52	37,80	37,82
Flanco	33	36,06 [35,31- 36,80]	2,10	29,05	32,34	38,88	39,23
Tórax	33	36,03 [35,24- 36,83]	2,24	30,10	32,96	39,55	39,96
Escápula	33	37,48 [36,77-38,18]	1,98	32,83	33,98	39,84	40,20
Cuello	33	37,77 [37,31- 38,23]	1,29	35,63	36,02	39,64	41,06
Cabeza	33	38,65 [38,16- 39,15]	1,38	33,53	36,75	40,18	41,46
MA	43	32,78 [31,73- 33,83]	3,41	25,70	26,21	38,15	39,63

MP	43	32,89 [31,78- 34,00]	3,61	25,13	26,50	38,26	39,50
ABD	33	39,49 [38,99- 40]	1,42	35,10	37,77	41,42	43,10

La temperatura media de las diferentes zonas muestra ciertas variaciones. Cada zona fue evaluada independientemente, obteniendo datos de temperatura máxima, mínima y media en los caninos sanos. Las regiones de cabeza (38,65°C), cuello (37,77°C) y abdomen (39,49°C), alcanzaron las temperaturas más altas y las regiones de tórax (36,03°C) y cuello (37,77°C), presentaron una mayor relación con la temperatura corporal del mismo. Las falanges arrojaron promedios más bajos, alrededor de (32,78°C) en miembro anterior y (32,89°C) para miembro posterior.

Cuando evaluamos la correlación entre la temperatura superficial de las 9 zonas corporales con la temperatura intra-rectal de los caninos, encontramos que en 2 de las zonas estudiadas (tórax y cuello) la correlación fue significativa (tabla 3). En el resto de las zonas (glúteo, flanco, escápula, cabeza, falanges de miembro anterior y posterior y abdomen) no se encontró correlación significativa, es decir, no existen evidencias estadísticas de una asociación entre los valores termográficos de la zona y la temperatura intra-rectal, al menos cuando los individuos se encuentran dentro de la temperatura normal (sin fiebre).

Tabla 3: Análisis de correlación entre la temperatura intra-rectal y la temperatura superficial de las 9 zonas estudiadas en los caninos.

Zona	R	Estadístico T	Grados de libertad	p-valor
Glúteo	0,53	-1,64	31	0,11
Flanco	0,13	0,72	31	0,48
Tórax	0,64	2,49	31	0,02
Escápula	0,39	0,87	31	0,39
Cuello	0,63	2,35	31	0,03
Cabeza	0,45	1,16	31	0,25
MA	0,54	1,92	31	0,06
MP	0,53	1,89	31	0,07
ABD	0,48	1,33	31	0,19

7. DISCUSIÓN

Luego de realizar la evaluación termográfica de 43 caninos, lo que obtuvimos como resultado fue lo esperado: a lo largo del cuerpo del canino la temperatura superficial de la piel presenta diferentes rangos de temperatura según su localización anatómica, lo que coincide con Pavletic (1991) quien menciona que la piel presenta variaciones regionales con respecto al grosor, crecimiento, circulación e irrigación. Además, Mota Rojas et al., (2022) y Ng, (2009) concluyen que la termografía mide los cambios en el flujo sanguíneo de los capilares, lo cuales varían según la región del cuerpo del animal y los resultados dependen de la perfusión de la zona estudiada, así como de la condición ambiental. También, Brioschi et al. (2016), Love (1980), Mota Rojas et al. (2022), Redaelli et al. (2014), Turner (2001) afirman que dichas diferencias de temperaturas por cada región anatómica en los caninos sanos, se deben a los cambios en la perfusión tisular local y al metabolismo tisular de cada región.

Dentro de las limitaciones del estudio, se encuentra el “n” reducido de animales, además de que la población es muy heterogénea en cuanto a la edad, peso, y raza. Otra limitación a tomar en cuenta es la interferencia de artefactos como el movimiento constante de algunos perros más nerviosos al momento de la tricotomía en esta zona, la toma de imágenes y la poca precisión de la zona en las falanges, al igual que no poder controlar algunos factores como humedad en zona de los dedos de algunos perros.

Mota da Costa et al. (2020), realizaron seguimiento clínico termográfico en caninos lesionados sin llevar a cabo una esquila previa de las zonas y afirmaron que la termografía mostró una buena sensibilidad en la cabeza y en los miembros ya que presentaban menor cantidad de pelo en estas regiones; y menor sensibilidad en zonas como tórax y abdomen. De igual manera, mencionamos que, una de las preocupaciones al realizar el estudio, fue obtener información representativa del cuerpo del animal, ya que a diferencia del humano, no podemos obtener imágenes completas de regiones del cuerpo, como por ejemplo la imagen termográfica completa de tórax, por ello fueron escogidas 9 áreas o zonas las cuales se rasuraron previo al estudio y todas las imágenes fueron tomadas a unos 25 cm con respecto a la piel de los caninos, lo que permitió obtener resultados más uniformes y confiables. Estamos de acuerdo con Kwon y Brundage, (2019), Mota da Costa et al. (2020), Sanz Tolón et al. (2008), Scott et al. (2002) al establecer la ventaja de rasurar la zona de estudio unos minutos antes de la toma de imagen con la cámara termográfica, ya que la presencia o ausencia de pelo varía considerablemente la temperatura, funcionando como capa aislante para el animal, por lo tanto, con esto evitaríamos falsos resultados sobre la temperatura real de la zona.

Una limitante a tener en cuenta es que durante nuestro estudio, pudimos acceder a una cámara termográfica económica y accesible en el mercado de modelo FLIR ONE PRO, con una resolución térmica de 160 x 120 píxeles; la cual posee ventajas desde el punto de vista económico, sin embargo, hoy en día en el mercado se encuentran disponibles cámaras de mejor calidad y para uso medicinal como por ejemplo el modelo: NEC Avio R550, la cual presenta una resolución de 1280 x 960 píxeles IR y una velocidad de hasta 120 imágenes/ segundo. Es necesario contar con una resolución adecuada debido a que, durante el examen, es común que el canino se mueva o cambie de posición y teniendo

esto en cuenta la idea es poder evitar o reducir la aparición de artefactos que generen alteraciones en el valor de la temperatura, ya que al igual que lo menciona Turner, (2001) las cámaras termográficas presentan una buena y alta sensibilidad del 100% y una baja especificidad del 44%. Durante la toma de imágenes, el movimiento de los animales fue una problemática que también tuvimos, ocasionando muchas veces la necesidad de realizar varias tomas de una misma zona para obtener imágenes de buena calidad.

Para poder obtener valores más exactos de temperatura de las distintas zonas, se podría considerar realizar la sedación del paciente, sin embargo, no se realizó durante nuestro trabajo ya que es importante tomar en cuenta que éstos fármacos intervienen en el equilibrio hemodinámico y producen cambios importantes a nivel del sistema cardio-respiratorio modulando finalmente cambios en la circulación del paciente, siendo la hipotensión unas de las principales consecuencias de los sedantes, pudiendo así producir falsos resultados en la evaluación de la temperatura superficial de la piel.

Se realizó una evaluación clínica semiológica a cada uno de los caninos para asegurarnos de estar evaluando “caninos sanos”. No se realizaron estudios paraclínicos a estos animales, por lo que no se descarta la posibilidad de haber obtenido valores exactos fisiológicos ya que, al igual que mencionan Rekant et al., (2015), Sanz Tolón et al. (2008), Turner (2001), la termografía detecta el calor antes de que sea perceptible durante el examen físico de rutina, puede detectar zonas subclínicas o la identificación temprana de procesos inflamatorios, con lo cual se podría esperar un aumento de la temperatura de la zona pudiendo arrojar valores por encima de la temperatura fisiológica de la zona. Consideramos como otra limitante de este estudio la selección oportunista de los 43 caninos, ya que no se realizó un seguimiento clínico previo y tampoco pudimos controlar y evitar los efectos producidos por el estrés de los animales estudiados.

Con respecto al control y monitoreo del ambiente, como lo indica Turner (2021), donde recomienda realizar la toma de imágenes termográficas en un ambiente controlado y libre de corrientes de aire, éste se llevó a cabo entre 17 a 26°C y entre 40 a 75% de humedad, áreas en las cuales no se requirieron grandes adaptaciones ni cambios, haciéndola fácil de implementar en la rutina diaria de la clínica, sin embargo el control del rango de temperatura ambiental, humedad y corrientes de aire es amplio y variable por lo tanto no se descarta la alteración de la temperatura superficial en las zonas estudiadas en el canino debido a estos factores. Otra limitación fue el transporte y movimiento del grupo de animales, los cuales se estresaron durante el viaje y creemos que pudo haber influenciado en el aumento leve de la temperatura intra-rectal de los mismos (Rizzo et al., 2017). Mota Rojas et al. (2022) establecen que hay factores no tomados en cuenta asociados al paciente o al ambiente por los cuales el mismo puede arrojar falsos positivos.

Este método diagnóstico, se ve vulnerado por condiciones multifactoriales, tanto del ambiente, del animal, como la forma de realizar la toma de las imágenes.

Queremos resaltar que hoy en día es necesario establecer un protocolo para poder implementar el uso de la termografía en la clínica diaria, ya que este estudio se realizó bajo determinadas condiciones que se establecieron para tratar de disminuir el error en los valores de temperatura superficial de cada una de las zonas estudiadas.

Con este trabajo acordamos con Sanz Tolón et al. (2008) que es importante tener en cuenta que esta tecnología es considerada un método preventivo, ya que es capaz de reconocer de forma temprana cambios que aún no están causando signos clínicos en el

paciente. La termografía por sí sola no revela patologías específicas, así lo afirma Redaelli et al. (2014) con lo cual siempre se debe utilizar junto a otros métodos diagnósticos y la clínica que presente el paciente. El presente trabajo cumplió con nuestras expectativas, ya que, al obtener valores fisiológicos de cada región, podríamos considerar a la termografía como método de ayuda diagnóstica, el cual nos define una zona problema, pero sin definir o diagnosticar una patología en el paciente.

8. CONCLUSIONES

En el presente estudio realizado, a través de los resultados obtenidos, concluimos que la termografía infrarroja, demostró que los caninos sanos presentan diferentes valores fisiológicos de temperatura superficial en las distintas regiones anatómicas, por lo tanto, se acepta la hipótesis del estudio.

Las temperaturas medias de las diferentes zonas muestran ciertas variaciones. Las regiones de cabeza, cuello y abdomen alcanzan las temperaturas más altas. Las extremidades en miembros anterior y posterior presentan temperaturas más bajas, con un mayor intervalo de confianza debido a los diferentes valores de temperatura que presentó cada canino en esa zona.

En el caso de las zonas de tórax y cuello, se debe tomar en cuenta que ambas zonas presentan cierta correlación lineal con la temperatura corporal.

Con este trabajo, buscábamos establecer rangos fisiológicos de la piel del canino, y considerar a la termografía como un indicador clínico que aportara información relevante sobre la temperatura de la zona de interés en el paciente y que sea una herramienta más en la clínica diaria.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves Holanda, A.G., Alves Cortez, D.E., Fernandes de Queiroz, G., y Matera J.M. (2023). Applicability of thermography for cancer diagnosis in small animals. *Journal of Thermal Biology*, 114(1), 1-7.
- Bastida, M.B., Cabello, M.E., Rodriguez, A.L., y García, J. (2017). Sistema de apoyo para la toma de decisiones en termografía de glándulas mamarias. *Ingeniería Biomédica*, 38(1), 166- 187.
- Brioschi, M.L., Macedo, J.F., y Coelho, M.R. (2016). Termometria cutânea: novos conceitos. *Jornal Vascular Brasileiro*, 2(2), 151- 160.
- Buzug, T.M., Schumann, S., Pfaffmann, L., Reinhold, U., y Ruhlmann, J. (2006). Functional infrared imaging for skin- cancer screening. *Advancing Technology for Humanity*, 28, 2766- 2769.
- Campos Nitrini, A.G., Cogliati, B., y Matera, J.M. (2020). Thermographic assessment of skin and soft tissue tumors in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23(6), 513-518.
- Casas, A. A., Mota, R. D., Hernández, A. I., Mora, M. P., Olmos, H. A., Verduzco, M.A., ... Martinez, B. J. (2020). Advances in infrared thermography: surgical aspects, vascular changes, and pain monitoring in veterinary medicine. *Journal of Thermal Biology*, 92, 1-31.
- Casas Alvarado, A., Martínez Burnes, J., Mora Medina, P., Hernández Avalos, I., Domínguez Oliva, A., Lezama García, K., ... Mota Rojas, D. (2022). Thermal and circulatory changes in diverse body regions in dogs and cats evaluated by infrared thermography. *Animals*, 12(6), 2-18.
- Certingul Pirtini, M., y Herman, C. (2011). Quantification of the thermal signature of a melanoma lesion. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(1), 421- 431.
- Cugmas, B., Susteric, P., Ruzic Gorenjec, N., y Plavec, T. (2020). Comparison between rectal and body surface temperature in dogs by the calibrated infrared thermometer. *Veterinary and Animal Science*, (9), 1-8.
- De Camargo Andrade Filho, A. C. (1999). Teletermografía: principios físicos, fisiológicos e fisiopatológicos da produção da imagen e suas indicações na clínica de dor e reabilitação. *Acta Fisiátrica*, 6(2), 55-59.
- De Prada Pérez de Azpeitia, F. I. (2016). La termografía infrarroja: un sorprendente recurso para la enseñanza de la física y la química. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 617- 627.

- Hughes, H.V., y Dransfield, J.W. (1957). The blood supply to the skin of the dog. *British Veterinary Journal*, 115(9), 299.
- Kastberger, G., y Stachl, R. (2003). Infrared imaging technology and biological applications. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 35(3), 429-439.
- Kwon, C. J., y Brundage, C. M. (2019). Quantifying body surface temperature differences in canine coat types using infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 82, 18-22.
- Laino, L., Elia, F., Desiderio, F., Scarabello, A., Sperduti, I., Cota, C., y Dicarlo, A. (2015). The efficacy of a photolyase- based device on the cancerization field: a clinical and thermographic study. *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research*, 34(84), 1-7.
- Love, T. (1980). Thermography as an indicator of blood perfusion. *Annals New York Academy of Sciences*, 335(1), 429-437.
- Magalhaes, C., Vardasca, R., y Mendes, J. (2018). Recent use of medical infrared thermography in skin neoplasms. *Skin Research and Technology*, 24(4), 587- 591.
- Marino, D. J., y Loughin, C.A. (2010). Diagnostic Imaging of the Canine Stifle. *The American College of Veterinary Surgeons*, 39(1), 284- 295.
- Mota da Costa, A.L., Braga Rassy, F., y Batista da Cruz, J. (2020). Diagnostic Applications of infrared thermography in captive brazilian canids and felids. *Archives of Veterinary Science*, 25(2), 01- 12.
- Mota Rojas, D., Martínez Burnes, J., Casas Alvarado, A., Gómez Prado, J., Hernández Ávalos, I., Domínguez Oliva, A., ...Pereira, A.M.F. (2022). Clinical usefulness of infrared thermography to detect sick animals: frequent and current cases. *CABI Reviews*, 17(040), 1-17.
- Mota Rojas, D., Olmos, H.A., Verduzco, M.A., Lecona, B.H., Martínez, B.J., Mora, M.P., ... Orihuela, A. (2021). *Infrared termal imaging associated with pain in laboratory animals. Experimental Animals*, 70(1), 1-12.
- Ng, E.K. (2009). A review of thermography as promising non- invasive detection modality for breast tumor. *International Journal of Thermal Sciences*, 48(1), 849-859.
- Pavelski, M., Silva, D.M., Leite, N.C., Junior, D.A., De Sousa, R.S., Guério, S.D., y Dornbusch, P.T. (2015). Infrared thermography in dogs with mammary tumors and healthy dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29, 1578- 1583.

- Pavletic, M.M. (1991). Anatomy and circulation of the canine skin. *Microsurgery*, 12(2), 103-112.
- Redaelli, V., Ludwing, N., Costa, L.N., Crosta, L., Riva, J., y Luzi, F. (2014). Potential application of the thermography (IRT) in animal production and for animal welfare. A case report of working dogs. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, 50(2), 147-152.
- Redaelli, V., Tanzi, B., Luzi, F., Stefanello, D., Proverbio, D., Crosta, L., y Di Giancamillo, M. (2014). Use of thermographic imaging in clinical diagnosis of small animal: preliminary notes. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 50(2), 140-146.
- Rekant, S.T., Lyons, M.A., Pacheco, J.M., Arzt, J., y Rodriguez, L.L. (2015). Veterinary applications of infrared thermography. *American Journal of Veterinary Research*, 77(1), 98-107.
- Rizzo, M., Arfuso, F., Alberghina, D., Giudice, E., Giancesella, M., y Piccione, G. (2017). Monitoring changes in body surface temperatura associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology. *Journal of Thermal Biology*, 69(1), 64-68.
- Saeki, K., Kutara, K., Iwata, E., Miyabe, M., Shimizu, Y., Wada, Y., ...Asanuma, T. (2021). Noninvasive thermographic photographing as an assessment of the state of discomfort in a dog receiving radiation therapy. *Animals*, 11(9), 2-9.
- Sanz Tolón, A., Rubiano, V., Barneto Carmona, A., y Rodriguez Vizcaíno-Sánchez, J.M. (2008). Diagnóstico de fibrosarcoma felino por imagen termográfica. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 2(2), 134-140.
- Scott, D., Miller, H., y Griffin, D. (2002). *Muller & Kirk's. Dermatología en pequeños animales* (6ª ed.). Buenos Aires: Inter-médica.
- Shimatani, A., Hoshi, M., Oebisu, N., Iwai, T., Takada, N., y Nakamura, H. (2020). Clinical signficance of termal detection of soft-tissue tumors. *International Journal of Clinical Oncology*, 25(1), 1418-1424.
- Sung, J., Loughin, C., Marino, D., Leyva, F., Dewey, C., Umbaugh, S., y Lesser, M. (2019). Medical infrared thermal imaging of canine appendicular bone neoplasia. *BMC Veterinary Research*, 15(430), 1-7.
- Turner, T.A. (1991). Thermography as an Aid to the Clinical Lameness Evaluation. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 7(2), 311-338.
- Turner, T.A. (2001). Diagnostic Thermography. *Modern Diagnostic Imaging*, 17(1), 95-113.

- Um, S.W., Kim, M.S., Lim, J.H., Kim, S.Y., Seo, K.M., y Nam, T.C. (2005). Thermographic evaluation for the efficacy of acupuncture on induced chronic arthritis in the dog. *Journal of Veterinary Medical Science*, 67(12), 1283- 1284.
- Vich Córdón, C. (2021). Anatomía y funciones de la piel. En *Manual práctico de dermatología canina y felina* (pp. 1-6). Linda-a-Velha: Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Viegas, F., De Mello, M.T., Rodriguez, A.S., Amaral Costa, C.M., Nogueira Freitas, L., Rodriguez, E.L., y Silva, A. (2020). The use of thermography and its control variables: a systematic review. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 26(1), 82- 86.
- Wang, J., Chang, K.J., Chen, C.Y., Chien, K.L., Tsai, Y.S., Wu, Y.M., ... Shih, T.T. Evaluation of the diagnostic performance of infrared imaging of the breast: a preliminary study. *BioMedical Engineering Online*, 9(3), 1-14.
- Zanuto, E.B.M., Melo, S.R., Januário, E.V., Fernandes, G.A.A.L., y Matera, J.M. (2021). Diagnostic value and application of infrared thermography in the analysis of circumanal gland tumors. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(1), 1-8.
- Vainionpaa, M. (2014). *Thermographic Imaging in Cats and Dogs Usability as a Clinical Method* (Tesis doctoral). Faculty of Veterinary Medicine and Doctoral Programme in Clinical Veterinary Medicine, University of Helsinki.

10. ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento informado para la participación en tesis de grado experimental. Firmado por la Dra. Beatriz Matos, propietaria y encargada del refugio PGA “Perros y gatos en adopción”.

Realizamos 1 consentimiento informado por propietario.

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

FVET Facultad de Veterinaria Universidad de la República Uruguay

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN TESIS DE GRADO ENSAYO EXPERIMENTAL

Título de la tesis: "DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL MEDIANTE TERMOGRAFÍA EN LAS DISTINTAS REGIONES ANATÓMICAS DEL PERRO"

Autores: Casañas Andrea, Casañas Adrian, Ventre Bruno.

Sede donde se realiza el estudio: Centro Hospital Veterinario, Unidad de Clínica y Cirugía de Pequeños Animales, Departamento de Clínica y Cirugía de Pequeños Animales, Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República.

Nombre del paciente:

Se lo está invitando a la Sra. Betty Matos como responsable del refugio PGA "Perros y gatos en adopción" a participar en este ensayo experimental clínico. Antes de decidir si participar o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, se le pedirá que firme esta forma de consentimiento.

1. **JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO:** La piel, es el órgano más extenso y visible del cuerpo y representa del 12 al 24 % del peso del animal según la edad, constituye la barrera anatómica y fisiológica entre el animal y el medio ambiente proporcionando protección contra lesiones físicas, químicas y microbiológicas principalmente. La piel es considerada un reflejo de lo que ocurre dentro del organismo, ya que no solo manifiesta lesiones asociadas a sí misma, sino también puede

El paciente debe estar clínicamente sano, no podrá presentar ninguna afección de la piel y deberá cumplir al día de la toma de las imágenes, el mismo no podrá ser expuesto al sol en un período de 2 horas previo, no podrá realizar ejercicio en un lapso de 4 horas previas, 24 horas antes no se podrá aplicar ninguna loción tópica, no se podrá bañar y no se le podrá administrar analgésicos ni antiinflamatorios.

Una vez ingresado a la sala de toma de imagen, se esperará un período de 15 minutos para asegurar la climatización del paciente de forma estándar, la sala permanecerá siempre entre 18 a 25 °C y entre 40 a 75% de humedad, a puerta cerrada evitando así cualquier corriente de aire y no se permitirá la presencia de más de 5 personas. Se tomarán todos los recaudos para que el aire acondicionado no apunte de forma directa a nuestro paciente. Dicho paciente, será sometido a la tricotomía con peine (50 o 40) en región parietal de la cabeza, cuello, tórax, abdomen ventral y flancos, miembros anteriores región de la escápula y 2da-3era falange, en miembros posteriores región de los glúteos y 2da-3era falange. Se le medirá la temperatura intrarectal.

Las fotografías termográficas se tomarán a 25cm de distancia con un ángulo de 90 ° con respecto a la piel del canino.

Yo BEATRIZ MATOS responsable del refugio PGA, acepto participar de este estudio.

Firma Beatriz Matos

Anexo 2: Registro de temperaturas en (°C) para las 9 zonas estudiadas en los caninos. Se registran datos como: lugar de toma de imagen, fecha, hora de ingreso y egreso de la sala, temperatura intra-rectal, temperatura ambiental, porcentaje de humedad, raza, edad y tipo de pelo.

N°	LUGAR	FECHA	HORA		T°			RAZA	EDAD	TIPO DE PELO	TIPO DE									T°
			INGRES/	IMAG	INTRARECTAL	AMBIENTAL	HUMEDAD %				GLÚTEO	FLANCO	TÓRAX	ESCÁPULA	CUELLO	CABEZA	MA	MP	ABD	
1	Centenaric	08/05/2022	10:10	/ 10:27	39,30	21,00	69,10	Bully	3 años	corto	37,50	39,23	39,93	40,10	39,90	39,23	37,40	36,36	42,46	39,30
2	Centenaric	08/05/2022	10:30	/ 10:48	39,50	24,60	59,90	Pitbull	7 años	corto	37,51	34,83	39,96	39,66	39,46	39,93	31,56	29,33	40,63	39,50
3	Centenaric	08/05/2022	10:45	/ 11:01	39,40	24,30	59,70	Dogo de B.	5 años	corto	37,52	35,93	34,80	33,96	36,06	38,96	34,26	37,63	39,03	39,40
4	Centenaric	08/05/2022	10:50	/ 11:13	39,50	24,70	62,89	Pitbull	5 años	corto	37,53	34,96	36,00	39,16	37,53	38,56	39,63	39,50	40,63	39,50
5	Centenaric	08/05/2022	11:10	/ 11:32	38,80	25,40	61,60	Pitbull	5 años	corto	37,54	37,20	35,50	39,40	38,36	39,40	33,56	32,93	39,33	38,80
6	Centenaric	08/05/2022	11:35	/ 11:50	39,30	25,30	55,20	Cruza	adulto	corto	37,55	39,06	36,96	40,20	41,06	40,46	38,23	37,90	43,10	39,30
7	Centenaric	08/05/2022	11:35	/ 12:03	38,50	25,50	57,60	Cruza	adulto	corto	37,56	38,76	38,13	37,43	38,03	38,76	36,36	35,40	39,36	38,50
8	Centenaric	08/05/2022	11:35	/ 12:16	38,90	25,90	53,80	Cruza	adulto	largo	37,57	35,96	34,50	34,96	39,00	39,20	31,96	35,06	38,96	38,90
9	Centenaric	08/05/2022	11:35	/ 12:25	39,20	25,70	52,00	Cruza	cachorro	corto	37,58	37,60	36,53	34,86	38,66	37,03	38,66	38,96	38,70	39,20
10	Centenaric	08/05/2022	11:35	/ 12:37	38,90	25,90	52,50	Cruza	cachorro	corto	37,59	35,66	35,03	35,70	39,23	33,53	34,06	32,73	35,10	38,90
11	Centenaric	08/05/2022	13:15	/ 13:32	39,20	25,70	51,89	BDF	4 años	corto	37,60	34,30	38,83	38,96	38,60	40,00	32,23	33,00	40,33	39,20
12	Centenaric	08/05/2022	15:42	/ 16:09	39,10	25,30	49,20	BDF	5 años	corto	37,61	35,56	33,56	37,36	37,23	39,46	34,06	38,30	40,30	39,10
13	Centenaric	08/05/2022	15:42	/ 16:15	38,50	25,80	55,50	Cane Corso	1 año	corto	37,62	36,16	37,73	35,93	35,63	39,73	33,80	34,63	38,96	38,50
14	Centenaric	08/05/2022	15:42	/ 16:28	39,00	25,90	58,10	Dogo de B.	4 años	corto	37,63	36,46	34,90	38,43	37,80	39,30	35,03	34,76	39,10	39,00
15	Centenaric	08/05/2022	15:42	/ 16:39	38,80	25,60	52,40	schnauzer	7 años	largo	37,64	35,73	39,30	38,33	38,56	38,80	33,06	32,76	40,10	38,80
16	Fvet	02/07/2022	11:25	/ 11:43	38,90	19,60	56,40	cruza	adulto	largo	37,65	37,76	35,63	35,96	36,26	38,50	25,70	25,13	37,43	38,90
17	Fvet	02/07/2022	11:25	/ 11:58	38,90	17,90	56,70	cruza	adulto	largo	37,66	36,80	35,76	32,83	36,76	37,40	31,70	34,36	39,00	38,90
18	Fvet	02/07/2022	11:52	/ 12:10	39,20	20,30	58,60	cruza	2 años	corto	37,67	37,73	35,46	39,23	36,63	38,90	26,96	29,80	38,20	39,20
19	Fvet	02/07/2022	11:25	/ 12:21	39,50	21,40	56,30	cruza	adulto	largo	37,68	35,26	38,66	38,70	38,20	38,80	35,20	31,63	40,33	39,50
20	Fvet	02/07/2022	11:25	/ 12:30	38,50	22,10	52,50	cruza	adulto	corto	37,69	37,00	35,76	34,00	35,95	38,96	35,60	36,03	38,36	38,50
21	Fvet	02/07/2022	11:25	/ 12:38	38,50	22,00	52,50	cruza	adulto	largo	37,70	36,40	34,16	39,06	36,10	39,16	32,83	32,13	40,73	38,50

Anexo 3: registro de datos estadísticos de la temperatura superficial de las 9 zonas estudiadas en los caninos. Se observan: la media con sus intervalos de confianza, desviación estándar, valores mínimos, valores máximos, percentil 5 y percentil 95 por zona, incluyendo la temperatura intra- rectal.

TOTAL PROMEDIO:	38,90	23,02	55,57	TOTAL PROMEDIO:	37,66	36,06	36,03	37,48	37,77	38,65	32,78	32,89	39,49	38,96
DESVIACIÓN ESTANDAR:	0,38	2,28	5,23	DESVIACIÓN ESTANDAR:	0,10	2,10	2,24	1,98	1,29	1,38	3,41	3,61	1,42	0,35
MÍNIMO:	38,00	17,90	45,60	MÍNIMO:	37,50	29,05	30,10	32,83	35,63	33,53	25,70	25,13	35,10	38,50
MÁXIMO:	39,60	25,90	69,10	MÁXIMO:	37,82	39,23	39,96	40,20	41,06	41,46	39,63	39,50	43,10	39,60
Tamaño de muestra 95% conf y una imprecisión de 1 grado														
	n>	0,14	67,67	76,78	60,24	25,68	29,45	178,92	200,73	31,00				
1,959963985	P5	37,52	32,34	32,96	33,98	36,02	36,75	26,21	26,50	37,77	38,50			
2,575829304	P95	37,80	38,88	39,55	39,84	39,64	40,18	38,15	38,26	41,42	39,50			
	dist Norma	p0,05	37,50	32,61	32,36	34,22	35,64	36,38	27,17	26,95	37,16			
		p0,95	37,82	39,51	39,71	40,73	39,90	40,93	38,40	41,83				
	IC95% media	impresión	0,0343	0,7441	0,793	0,702084	0,4584	0,4909	1,20997	1,281599	0,5037	0,124401654		
		inf	37,63	35,31	35,24	36,77	37,31	36,16	31,73	31,78	38,99	38,84		
		lsup	37,69	36,80	36,63	38,16	38,23	39,15	33,83	34,00	40,00	39,09		
		impresión	0,0343	0,7441	0,7926	0,7021	0,4584	0,4909	1,2100	1,2816	0,5037	0,1244		

Anexo 4: Registro de cálculos estadísticos en zona de glúteo de los 33 caninos estudiados: coeficiente de correlación, la regresión, estadístico t y la probabilidad. Se realizaron cálculos de las 9 zonas estudiadas: glúteo, flanco, tórax, escápula, cuello, cabeza, miembro anterior, miembro posterior y abdomen.

	INTRARECTAL	GLÚTEO					
INTRARECTAL	1						
GLÚTEO	-0,28279797	1					
Resumen							
<i>Estadísticas de la regresión</i>							
Coefficiente de correlación	0,282797968						
Coefficiente de determinac	0,079974691						
R^2 ajustado	0,050296455						
Error típico	0,094232309						
Observaciones	33						
ANÁLISIS DE VARIANZA							
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	medio de los cuadrados	F	valor crítico de	medio de los cuadrados	
Regresión	1	0,023928427	0,023928427	2,6947252	0,110789	0,023928427	
Residuos	31	0,275271573	0,008879728			0,008879728	
Total	32	0,2992					
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad inferior	95%	Estadístico t	inferior 95,0% superior 95,0%
Intercepción	40,69669718	1,849955649	21,99874209	1,775E-20	36,923688	21,99874209	36,923688 44,469707
INTRARECTAL	-0,07794276	0,047480856	-1,641561826	0,110789	-0,1747806	-1,641561826	-0,1747806 0,0188951