

**TRABAJO FIN DE MÁSTER: Iniciación a la Investigación en Ciencias  
Veterinarias**

# **DISEÑO Y EVALUACION DE UN DISPOSITIVO ARTESANAL PARA LA CRIOTERAPIA DE LA EXTREMIDAD DISTAL DEL CABALLO**



**Facultad de Veterinaria  
Universidad Zaragoza**

**AUTOR:** Paula Gómez Úriz

**DIRECTORES:** Faustino Manuel Gascón Pérez

Francisco José Vázquez Bringas

Antonio Romero Lasheras

## AGRADEMIENTOS

-Faustino Manuel Gascón Pérez, Francisco José Vázquez Bringas y Antonio Romero Lasheras como directores de este proyecto, por su tiempo dedicado a formarme y por su paciencia y confianza.

- A la Dirección del HV-UZ, por ceder el uso de las instalaciones, el equipo ecográfico y por permitirme incluir sus pacientes como casos clínicos en este estudio

-Doctor Gustavo María Levrino por ofrecerme su ayuda en todo lo necesario y por prestarme la cámara de termografía, sin la cual no podría haber realizado este trabajo.

- Ignacio De Blas Giral, por su trabajo con el análisis estadístico del proyecto.

- Arantza Vitoria Moraiz por su ayuda prestada tanto en lo académico como en lo personal y por introducirme en el maravilloso mundo de la ecografía.

- Nekane Ardanaz Laguardia y Laura Barrachina Porcar, por su predisposición continua a ayudarme y a animarme en cada momento a seguir trabajando y no decaer.

-Brahyan Álava Sanchez y Paula Vidal Francés, por ser los mejores compañeros que uno puede pedir y por crear un ambiente fraternal único.

- Internos del Área de Grandes Animales del Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza, por su fidelidad incondicional y por tomarse este trabajo como propio.

- A mi familia por sabermeme demostrar como nadie la confianza que tienen en mí y por ser el pilar en el que me apoyo cada día.

-A Aarón Remigio Gonzalez por entenderme mejor que nadie y hacerme sentir capaz de lo que me proponga.

## INDICE

ÍNDICE DE TABLAS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	2
ÍNCICE DE ABREVIATURAS	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	8
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	15
METODOLOGÍA	16
RESULTADOS Y DISCUSION	29
CONCLUSIONES Y RELEVANCIA CLINICA	43
REFERENCIAS	45
ANEXO I	48

## ÍNDICE DE TABLAS

- **Tabla 1:** Esquema del estudio prospectivo desarrollado, indicando los parámetros registrados y los tiempos en cada medición
- **Tabla 2:** Características fenotípicas de los 10 animales incluidos en el estudio (n=10).
- **Tabla 3:** Media  $\pm$  desviación estándar de las variables Doppler medidas en las extremidades con hielo y control, al tiempo 0(antes de aplicar el hielo) y alas 2, 4 y 6 horas de crioterapia con el dispositivo artesanal.
- **Tabla 4:** Cantidades de hielo empleadas en cada tratamiento especificando la carga inicial, las sucesivas cargas, el coste total del hielo durante las 6 horas del tratamiento, así como el coste por hora.

## ÍNDICE DE FIGURAS

- **Figura 1:** Dispositivo colocado en la extremidad anterior izquierda (tratamiento) de uno de los caballos del estudio y la contralateral como control.: Dispositivo artesanal para crioterapia, confeccionado con retales del anillo hinchable de piscinas easy-jet.
- **Figura 2:** Medición de temperatura de superficie del casco con termómetro láser, con el dispositivo colocado en la extremidad anterior izquierda.
- **Figura 3:** Medición de la temperatura de superficie del casco con cámara termográfica. Imagen termográfica a los 195 minutos de colocar el dispositivo con hielos en la extremidad anterior derecha y la extremidad contralateral como control.
- **Figura 4:** Imagen ecográfica en Modo Doppler-Pulsado de 3 ciclos cardiacos completos tomados sobre la arteria digital medial de la extremidad anterior izquierda.
- **Figura 5:** Encuesta sobre la comodidad y seguridad de uso del dispositivo.
- **Figura 6:** Primer dispositivo preliminar realizado, empleando cámara de aire de rueda de carretillo. Se puede observar el sistema de correas que permitía ajustarlo a la cuartilla de la extremidad de los caballos del estudio.
- **Figura 7:** Segundo sistema de crioterapia realizado con PVC de colchones hinchables relleno con cubos de hielo hasta justo por encima del menudillo de la extremidad anterior izquierda.
- **Figura 8:** Evolución de los valores medios de temperatura ambiental, rectal, de la superficie del casco (medida con termómetro láser y con termografía) de los 19 ensayos llevados a cabo con los 10 caballos del estudio.
- **Figura 9:** Evolución de los valores medios de temperatura de la superficie del casco (medida con termómetro láser) en los 6 ensayos llevados a cabo con los 3 caballos infosados del estudio y en las 13 experiencias realizadas con los 7 animales sanos.
- **Figura 10:** Espectro Doppler observado en uno de los caballos del estudio, antes de la aplicación del hielo, en el que se observa un flujo no laminar con un pico de velocidad sistólica seguido por al menos dos ondas diastólicas y un aplanamiento de la velocidad diastólica final.

## ÍNCICE DE ABREVIATURAS

- **EDV:** End Diastolic Velocity o Velocidad Diastólica
- **HVUZ:** Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza
- **PI:** Pulsatility Index o Índice de Pulsatilidad
- **PRE:** Pura Raza Español
- **PSV:** Peak Systolic Velocity o Velocidad Sistólica
- **PVC:** Policloruro de vinilo
- **RI:** Resistive Index o Índice de Resistencia
- **Tamx:** Time Averaged Maximum Velocity o Promedio de la Velocidad Máxima
- **Tav:** Time Average Mean Velocity o Promedio de la Velocidad Media

## **INTRODUCCIÓN**

La laminitis es la enfermedad más grave de la extremidad del caballo, ya que puede llegar a producir cambios patológicos en la ultraestructura del casco que provocan una devastadora pérdida de la función, consecuencia del fracaso de la unión entre la falange distal y la pared del casco interior.

La laminitis aguda es una secuela común de diferentes procesos como colitis, algunos cólicos, pleuroneumonía, endometritis... Los casos clínicos en esta situación de riesgo de desarrollar laminitis pueden ser tratados de manera profiláctica con crioterapia digital, en un intento de prevenir el desarrollo de la misma, reduciendo el metabolismo local y la llegada de factores desencadenantes al corion laminar.

Muchos de los trabajos publicados sobre crioterapia digital en caballos con riesgo de desarrollar laminitis utilizan bañeras o complejos dispositivos que no son fáciles de utilizar en la práctica diaria. Por ello muchos clínicos utilizan sistemas artesanales, basados en bolsas con hielo en su interior que engloban el casco y/o la extremidad distal, en un intento de simplificar el tratamiento.

En nuestro hospital utilizamos desde hace algún tiempo un dispositivo artesanal, fabricado con PVC de colchones hinchables y de piscinas *easynet*.

Los objetivos de este trabajo son:

- a) Cuantificar el efecto de este dispositivo en la temperatura y en el aporte sanguíneo del casco.
- b) Conocer el grado de tolerancia y la sencillez de uso del sistema.
- c) Estimar el coste del tratamiento.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

*Animales*

Se emplearon 10 pacientes del HVUZ. Tras recibir el consentimiento de los propietarios, sólo se realizaron determinaciones no invasivas de temperatura de superficie y pruebas para valorar el efecto sobre el aporte arterial del casco.

### *Crioterapia*

Se confeccionó un dispositivo artesanal en forma de cilindro abierto por ambos extremos de 90 cm de longitud y un diámetro de 30 cm. La parte distal del cilindro está dotada de un sistema que le permite ser ajustado a la cuartilla de cada animal. Para elaborar el cilindro se emplearon retales de PVC de colchones hinchables o del anillo superior hinchable de piscinas tipo *easysset*.

El cilindro se colocó en la extremidad distal del caballo, ajustándolo a la cuartilla. El espacio entre la extremidad y el PVC se rellenó con cubitos de hielo hasta justo por debajo del carpo. Al añadir el hielo se tuvo especial precaución en que el cilindro colgase sobre si mismo cubriendo al menos la mitad proximal del casco. Tanto el extremo distal como el proximal del cilindro se reforzaron con cinta de embalar tras la colocación de los hielos.

Conforme el operador detectó que el hielo se iba derritiendo y el nivel de los mismos descendía, el dispositivo se volvió a rellenar con más hielo hasta el nivel inicial (aproximadamente cada 30-45 minutos).

### *Evaluación del efecto sobre la temperatura del casco*

A todos los animales se les aplicó hielo durante 6 horas en una de las extremidades (tratamiento), empleando la extremidad contralateral como control. Pasadas 24 horas la extremidad control pasó a recibir tratamiento y la contralateral fue su control.

En el tiempo 0 (inmediatamente antes de colocar el dispositivo con hielo), durante las 6 horas de tratamiento y durante 30 minutos tras retirar el dispositivo, cada 15 minutos se registraron los siguientes parámetros (en total 26 determinaciones por tratamiento):

- Temperatura rectal empleando un termómetro digital.

- Temperatura ambiental empleando un termómetro de mercurio colocado en el interior de la cuadra.

-Temperatura externa del casco empleando un termómetro láser con el que se mide la temperatura de dos puntos situados a 1 cm de la línea sagital del casco, a 2 cm por debajo de la corona.

-Medición con cámara termográfica. Antes de efectuar las mediciones con el termómetro láser y termografía se levantó la parte del dispositivo que cuelga sobre el casco y se secó con papel el agua que podía estar escurriendo hacia el casco desde el dispositivo.

-Temperatura interna del casco (sólo animales de experimentación), empleando una sonda térmica de pequeño tamaño colocada a través de un catéter en la corona del casco siguiendo una técnica similar a la descrita en otros estudios [8].

#### *Evaluación del efecto sobre el aporte vascular del casco*

Durante cada tratamiento se realizaron, al tiempo 0 y cada 2 horas, evaluaciones hemodinámicas de la arteria digital distal, empleando una sonda lineal de ecografía en modo Doppler-Pulsado, midiendo los parámetros previamente descritos en la bibliografía [9]: Pico de Velocidad Sistólica (PSV) y Velocidad Diástólica Final (EDV). A partir de estos valores, el equipo calcula: Índice de Resistencia (RI) =  $(PSV - EDV) / PSV$  e Índice de Pulsatilidad (PI) =  $(\text{velocidad máxima} - \text{velocidad mínima}) / \text{velocidad media}$ .

#### *Evaluación de las condiciones de uso*

Todos los animales se encontraron en todo momento dentro de una cuadra con cama de paja, con acceso a alimento y agua y con total libertad de movimiento.

Se registraron los posibles cambios en el comportamiento del animal por llevar el dispositivo, así como la integridad del dispositivo durante el tratamiento. Además se efectuó una breve encuesta entre el personal del Servicio que había tenido la oportunidad de hacer crioterapias preventivas con este dispositivo y con alguno de los sistemas que empleábamos en el HVUZ anteriormente (bañera, cubos en extremidades anteriores...)

#### *Evaluación del coste*

Se pesó la cantidad de hielo necesaria para cada tratamiento y se calculó el coste por hora de tratamiento.

## **RESULTADOS**

Tanto las determinaciones con termómetro láser, como los valores de la cámara termográfica, evidenciaron una marcada disminución de la temperatura (media 20° C) en las extremidades tratadas con respecto a las extremidades control. Las temperaturas de superficie en las extremidades tratadas llegaron a alcanzar los 4° C.

Los parámetros registrados con Doppler-Pulsado no mostraron diferencias significativas entre las extremidades tratadas y las control.

La mayoría de los animales toleraron bien el dispositivo sin necesidad de mantenerlos atados. Los resultados de la encuesta entre el personal del Servicio indican que este sistema es percibido como más sencillo de utilizar y mejor tolerado por los animales que los otros métodos empleados anteriormente.

Al margen del coste de confección de los dispositivos (se utilizaron materiales reciclados), el coste en hielo fue bastante reducido, puesto que, a pesar de que los estudios se llevaron a cabo en los meses de verano (con temperaturas ambientales de hasta 29° C), el precio del tratamiento por hora fue de aproximadamente 2 €

## **CONCLUSIONES Y RELEVANCIA CLÍNICA**

Los resultados muestran que este dispositivo artesanal es un sistema eficaz para disminuir la temperatura del casco, bien tolerado por los caballos, sencillo de utilizar y con un coste muy razonable.

Estas características hacen que este sistema pueda ser recomendado como técnica habitual de crioterapia, tanto en condiciones hospitalarias como ambulatorias. Los resultados de algunos trabajos que muestran la eficacia de métodos con similares capacidades para disminuir la temperatura del casco en la prevención de laminitis en casos de colitis refuerzan esta indicación.

## **1. INTRODUCCIÓN:**

### **1.1. LAMINITIS:**

Probablemente, los caballos más famosos que más han ayudado a que el público en general conociese las graves consecuencias de la laminitis fueron Secretariat y Bárbaro, los cuales tuvieron que ser sacrificados como resultado de esta enfermedad, hace ya más de 20 años en el primer caso y a principios de este siglo en el segundo..

Pese a esto, Aristóteles ya hablaba de una debilitante enfermedad denominada “Enfermedad de la Cebada”, nombre atribuido debido a que el desarrollo de la enfermedad se creía que era consecuencia de la excesiva ingesta de cebada.

Esta enfermedad afecta a caballos de cualquier raza, cualquier tamaño y de cualquier edad, aunque suele ser más común en caballos adultos. Ningún caballo, no importa lo valioso que sea o lo bien cuidado que esté, es inmune a la laminitis.

No se saben con exactitud cuáles son las pérdidas anuales resultado de la laminitis pero se estiman en 13 millones incluidos la evaluación, el tratamiento y las pérdidas de caballos tras ser diagnosticados de esta enfermedad<sup>1</sup>.

Podemos hablar de que la laminitis es la enfermedad más grave de la extremidad del caballo, ya que puede llegar a producir cambios patológicos en la ultraestructura del casco que provocan una devastadora pérdida de la función, consecuencia del fracaso de la unión entre la falange distal y la pared del casco interior. Si esta falta de unión tiene lugar, el peso del caballo y las fuerzas de locomoción empujan al tejuelo hacia la palma del casco, dañar la vascularización digital, aplastando el corion de la suela y la corona, causando dolor implacable y una cojera característica<sup>2</sup>.

La patogénesis de la laminitis es incierta<sup>3,4</sup>. Hay al menos cinco hipótesis de cómo laminitis afecta inicialmente a las laminillas del casco, lo que se traduce en cambios en la estructura y anatomía microscópica de los cascos, el debilitamiento de la unión laminar, rotación y/o hundimiento de la tercera falange y los signos clínicos de la laminitis. Sin embargo, las investigaciones actuales se basan en dilucidar los vínculos entre las diferentes teorías, o si estas en realidad pueden representar diferentes momentos en el transcurso de tiempo de la laminitis en lugar de ser teorías opuestas.

Estas teorías incluyen la enzimática, inflamatoria, vascular, metabólica-endocrina y teorías mecánico-traumáticas<sup>5</sup>.

Existe una fase de desarrollo durante la cual la separación de las laminillas precede al dolor del casco (fase aguda). Este periodo puede ser corto, de 8 a 12h, en el caso de laminitis provocadas por exposición a sustancias tóxicas como las del nogal negro (*Juglans nigra*), o 30 a 40h en el caso de ingestión excesiva de almidón con alto contenido en grano. Existen casos en los que puede no apreciarse esta fase de desarrollo como ocurre con los fructanos<sup>2</sup>. Estos pueden encontrarse a concentraciones muy elevadas en los tallos de la hierba y desencadenar una laminitis gastrointestinal cuando son consumidos por los caballos y ponis. La fase de desarrollo de la laminitis dura hasta el momento en que comienza a haber cambios radiológicos. Se evidencia el desplazamiento de la falange distal dentro de la cápsula del casco<sup>6</sup>.

## **1.2. CRIOTERAPIA:**

Es sabido que la aplicación tópica de frío como tratamiento (crioterapia) en la extremidad distal, es el único tratamiento que ha demostrado ser efectivo para mejorar la gravedad de las lesiones laminares digitales, en laminitis agudas inducidas en caballos<sup>7</sup>. No obstante, hay que destacar que la temperatura digital exacta que es necesario alcanzar para una prevención eficaz del desarrollo de la laminitis en caballos todavía no está totalmente fijada<sup>8</sup>.

Los casos clínicos en situación de riesgo de desarrollar laminitis pueden ser tratados de manera profiláctica con crioterapia digital, en un intento de prevenir el desarrollo de la misma, reduciendo el metabolismo local y la llegada de factores desencadenantes al corion laminar<sup>9,10</sup>.

Muchos de los trabajos publicados sobre crioterapia digital en caballos con riesgo de desarrollar laminitis utilizan bañeras o complejos dispositivos que no son fáciles de utilizar en la práctica diaria<sup>9,10</sup>. Por ello muchos clínicos utilizan sistemas artesanales, basados en bolsas con hielo en su interior que engloban el casco y/o la extremidad distal, en un intento de simplificar el tratamiento<sup>11,12</sup>.

En base a lo leído en otros artículos decidimos desarrollar un dispositivo artesanal de crioterapia cuya confección y aplicación nos resultara sencilla y que nos permitiera comprobar que era un método eficaz en la disminución de la temperatura del casco. La razón por la que consideramos que debía cumplir estas características era debido a que la crioterapia es usada frecuentemente la clínica equina tanto en hospitales como en clínica ambulante, donde los veterinarios, estudiantes, personal de enfermería y los propietarios trabajan juntos en el cuidado de los caballos<sup>12</sup>.

En los trabajos en los que se describen diferentes métodos de crioterapia, como son las bolsas de hielo<sup>12,13</sup>; sistemas similares al descrito en este trabajo, indican realizar mediciones de la temperatura de superficie del dedo<sup>13</sup> o temperatura externa empleando cámaras de termografía<sup>12</sup>.

En el artículo de Wongaumnuykul S. y colaboradores<sup>13</sup> utilizan ecografía Doppler-Pulsado para evaluar el flujo sanguíneo digital en caballos con laminitis.

En base a estos estudios se decidió desarrollar el presente trabajo.

### **1.3. DOPPLER:**

Algunas enfermedades como la laminitis se asocian con alteraciones en el flujo sanguíneo<sup>14</sup>, por lo que se han realizado varios estudios para evaluar el flujo sanguíneo digital en caballos afectados por esta enfermedad<sup>15</sup>.

Algunas de las técnicas de diagnóstico utilizadas previamente, tales como la gammagrafía y la angiografía, no son adecuados para las mediciones diarias repetidas y aplicación en el campo debido a su enfoque invasivo o de alto coste. Por el contrario, la ecografía Doppler representa una técnica no invasiva de imagen que es útil para el examen rutinario del flujo sanguíneo en los vasos digitales<sup>15,16</sup>.

Existen distintos modos ecográficos. El modo B ó modo Escala de grises, es uno de los más usados. Proporciona imágenes en dos dimensiones y en blanco y negro y da información sobre su densidad, estructura, textura, etc<sup>17</sup>.

Modo Doppler permite obtener valores y representar gráficamente el flujo sanguíneo y constituye el fundamento de la herramienta ecográfica Doppler. Existen distintos tipos de modo Doppler: el Doppler pulsado (Pulsed Wave, PW), el Doppler Continuo (Continuous Wave), el Power Doppler y el Doppler Color (Color-flow Doppler ultrasonography o CDU)<sup>18</sup>.

En el presente estudio se utilizó el modo Doppler pulsado ya que era método empleado por otros autores<sup>13,20</sup> para evaluar el flujo sanguíneo digital.

Los parámetros seleccionados basados en un estudio que evalúa el flujo sanguíneo en caballos con laminitis<sup>13</sup>, para representar la vascularización de la extremidad distal del caballo fueron:

- PSV (Peak Systolic Velocity): Es la velocidad a la que circula la sangre por la arteria durante la sístole cardiaca.
- EDV (End Diastolic Velocity): Es la velocidad a la que circula la sangre por la arteria durante la diástole cardiaca.
- RI (Resistive Index o Índice de Resistencia) y PI (Pulsatility Index o Índice de Pulsatilidad): Se trata de índices calculados a partir de PSV y EDV y que dan información sobre la resistencia y plasticidad tanto de vasos como de tejidos

circundantes. Éstos no son los únicos índices que pueden obtenerse, pero sí son los más comúnmente usados por su fácil cálculo y su representatividad.

#### **1.4. TERMOGRAFÍA:**

La temperatura del casco se puede medir ya sea de manera invasiva utilizando agujas térmicas<sup>22</sup> y sondas implantadas<sup>7</sup>, o externamente y de manera no invasiva a través de termistor en la pared del casco exterior<sup>23</sup> o por termografía<sup>24</sup>.

La termografía viene siendo usada como una herramienta más de trabajo en la clínica equina desde 1960<sup>25,26</sup>, particularmente para encontrar lesiones inflamatorias o modificaciones en la perfusión de la extremidad distal<sup>25-27</sup>.

Mientras que la termografía se limita al registro de la temperatura de superficie y esta está influenciada por la temperatura ambiente y diversas influencias externas como las corrientes de aire, la humedad o radiación solar<sup>25</sup>, ofrece mediciones precisas sin manipulación invasiva del caballo<sup>28</sup>.

## **1.5. MOTIVOS PARA REALIZAR ESTE ESTUDIO**

La laminitis es la enfermedad más grave de la extremidad del caballo, ya que puede llegar a producir cambios patológicos en la ultraestructura del casco que provocan una devastadora pérdida de la función, consecuencia del fracaso de la unión entre la falange distal y la pared del casco interior.

La laminitis aguda es una secuela común de diferentes procesos como colitis, algunos cólicos, pleuroneumonía, endometritis... Los casos clínicos en esta situación de riesgo de desarrollar laminitis pueden ser tratados de manera profiláctica con crioterapia digital, en un intento de prevenir el desarrollo de la misma, reduciendo el metabolismo local y la llegada de factores desencadenantes al corion laminar.

Muchos de los trabajos publicados sobre crioterapia digital en caballos con riesgo de desarrollar laminitis utilizan bañeras o complejos dispositivos que no son fáciles de utilizar en la práctica diaria. Por ello muchos clínicos utilizan sistemas artesanales, basados en bolsas con hielo en su interior que engloban el casco y/o la extremidad distal, en un intento de simplificar el tratamiento.

En el HVUZ utilizamos desde hace algún tiempo un dispositivo artesanal, fabricado con PVC de colchones hinchables y de piscinas *easysset*.

Con este Trabajo Fin de Máster pretendemos, iniciarnos en la investigación veterinaria, tratando de dar respuesta, desde un enfoque científico, a los siguientes aspectos:

- a) Cuantificar el efecto de este dispositivo en la temperatura y en el aporte sanguíneo del casco.
- b) Conocer el grado de tolerancia y la sencillez de uso del sistema.
- c) Estimar el coste del tratamiento.

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1. HIPÓTESIS**

La aplicación de frío tópico localizado mediante el uso de un dispositivo artesanal, disminuye el aporte sanguíneo y la temperatura de la extremidad distal del caballo de manera eficaz, sencilla y económica.

### **2.2. OBJETIVOS**

#### **2.2.1. Objetivo general:**

Comprobar si la aplicación de frío tópico localizado mediante el uso de un dispositivo artesanal, disminuye el aporte sanguíneo y la temperatura de la extremidad distal del caballo de manera eficaz, sencilla y económica.

#### **2.2.2. Objetivos específicos:**

**A.** Diseñar un dispositivo artesanal de bajo coste y sencillo de usar, que permita la aplicación de crioterapia de la extremidad distal del caballo.

**B.** Cuantificar el efecto del dispositivo artesanal en la disminución de la temperatura del casco.

**C.** Cuantificar el efecto del dispositivo artesanal en el aporte sanguíneo del casco.

**D.** Conocer la resistencia del sistema y el grado de tolerancia del caballo con el dispositivo.

**E.** Conocer la percepción sobre la comodidad y sencillez de uso del dispositivo entre el personal que lo ha utilizado.

**F.** Estimar el coste del tratamiento.

**B.** Realizar una encuesta a veterinarios y alumnos colaboradores con experiencia en otro tipo de dispositivos empleados para crioterapia, con el fin de comprobar que es un método fácil de usar y cómodo tanto para el animal, como para el usuario.

**C.** Cuantificar el dinero invertido por hora en el uso de este dispositivo.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO:

**1ª FASE: Diseño del dispositivo y pruebas preliminares (objetivo A)**

**2ª FASE: Estudio prospectivo cruzado con pacientes del Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza (HVUZ) (objetivos B, C y D).**

El dispositivo artesanal, es colocado durante 6 h en una de las extremidades anteriores (tratamiento), empleando la extremidad contralateral como control. Pasadas 24 h la extremidad control pasa a recibir tratamiento y la contralateral es su control.

Inmediatamente antes de aplicar el tratamiento con el dispositivo (tiempo 0) y periódicamente durante las 6 h de tratamiento, se realizan mediciones de temperatura cada 15 min (ambiente, rectal y de la superficie del casco), así como evaluaciones cada 2 h del flujo arterial, mediante ecografía en modo Doppler–Pulsado. Tras retirar el dispositivo y finalizar el tratamiento, se llevan a cabo dos determinaciones adicionales de temperatura cada 15 min (Tabla 1).

	Medición 1	Mediciones 2 a 8	Medición 9	Mediciones 10 a 16	Medición 17	Mediciones 18 a 24	Medición 25	Mediciones 26 y 27
REGISTROS	Hora o	15 min - 105min (cada 15 minutos)	120 min	135 min - 225 min (cada 15 minutos)	240 min	255 min - 345 min (cada 15 minutos)	360 min	375min - 390 min (cada 15 minutos)
Tª ambiente	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Tª rectal	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Tª externa casco (láser)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Tª externa casco (termografía)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Ecografía Doppler- Pulsado	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	SIN HIELO	CON HIELO (EXTREMIDAD TRATAMIENTO) O SIN HIELO (EXTREMIDAD CONTROL)						SIN HIELO

Tabla 1: Esquema del estudio prospectivo desarrollado, indicando los parámetros registrados y los tiempos en cada medición.

**3ª FASE: Estimación de la comodidad de uso del dispositivo y coste del tratamiento (objetivos E y F)**

## **4.2. MATERIAL ANIMAL:**

Se emplearon un total de 10 caballos, todos ellos pacientes del HVUZ. Se utilizaron animales que debían estar hospitalizados al menos 48 h y cuyo motivo de consulta y estado clínico les permitiese someterse a estas pruebas sin que interfiriesen negativamente en la evolución del proceso por el que estaban siendo atendidos, excluyendo casos de urgencia y animales con patologías graves. En todos los casos se solicitó el permiso y el consentimiento informado de los propietarios para que sus animales participasen en este estudio (Anexo I).

En los animales utilizados en el estudio había seis hembras y tres machos castrados y un macho entero. Sus edades están comprendidas entre 11 y 18 años (media  $13,9 \pm 2,5$  y mediana 13,5). Todos los caballos pertenecían a razas de silla (3 Hispano – Árabes, 2 Pura Raza Español y 5 cruzados) y sus pesos estaban comprendidos entre 365 y 500 kilogramos (media  $460,8 \pm 47,1$  y mediana 483,5)

Siete de los animales utilizados no presentaban historial ni signos clínicos de laminitis ni de alteraciones en el aparato locomotor. Tres de los animales incluidos presentaban signos clínicos y radiológicos de laminitis crónica (dos hembras y un macho). El caso IV presentaba hundimiento del tejuelo de la extremidad anterior derecha y ligero hundimiento y rotación del tejuelo de la extremidad anterior izquierda, el caballo V presentaba hundimiento y rotación del tejuelo de la extremidad anterior derecha y hundimiento del tejuelo en la extremidad anterior izquierda, el animal IX presentaba hundimiento y rotación del tejuelo en ambas manos. La distribución por sexo, edad, raza, capa y peso de los caballos empleados en el estudio se muestran en la tabla 2, indicando los animales con laminitis crónica.

<b>Caso</b>	<b>Sexo</b>	<b>Edad(años)</b>	<b>Raza</b>	<b>Capa</b>	<b>Peso(Kilogramos)</b>
<b>I</b>	Macho	12	Hispano-Árabe	Tordo	365
<b>II</b>	Macho	16	Cruzado	Tordo	480
<b>III</b>	Hembra	12	Hispano-Árabe	Bayo	485
<b>IV*</b>	Macho	17	PRE	Tordo	492
<b>V*</b>	Hembra	11	Hispano-Árabe	Bayo	493
<b>VI</b>	Hembra	13	Cruzado	Alazana	400
<b>VII</b>	Hembra	11	Cruzado	Castaña	488
<b>VIII</b>	Hembra	14	Cruzado	Torda	482
<b>IX*</b>	Hembra	18	Cruzado	Alazana	423
<b>X</b>	Macho	15	PRE	Tordo	500

Tabla 2: Características fenotípicas de los 10 animales incluidos en el estudio (n=10). Los casos marcados con \* (fondo rojo) presentaban laminitis crónica. PRE: Pura raza español

### **4.3. SISTEMA DE CRIOTERAPIA:**

En la fase 1° del estudio se diseñaron dos sistemas de crioterapia preliminares probados en los caballos de prácticas del Departamento de Patología Animal del HVUZ, durante un periodo corto de tiempo (menos de dos horas). Con estos diseños previos se quiso valorar el grado de tolerancia del animal a cada sistema, el grado de resistencia de los materiales empleados, las dimensiones que debía tener y la eficacia en la disminución de la temperatura (mediciones de la temperatura de superficie del casco empleando termómetro láser):

- El primero se realizó utilizando una cámara de aire de una rueda de carretillo cuyo interior fue rellenado con agua que posteriormente se congeló. El dispositivo se ajustaba mediante un sistema de correas, a la cuartilla de la extremidad anterior.
- Se confeccionó un segundo sistema de crioterapia empleando PVC de colchones hinchables que se ajustaba a la cuartilla de la extremidad anterior y cuyo interior era rellenado con cubos de hielo, hasta cubrir el menudillo. Posteriormente era cerrado en su parte proximal utilizando cinta de embalar. Este sistema también fue descartado ya que la bajada de temperatura del casco de la extremidad en la que estaba colocado era muy pequeña y la superficie a enfriar debía de ser mayor.

En base a estos hallazgos detectados con estos dos sistemas (ver apartado de Resultados), se decidió confeccionar un dispositivo de mayor longitud que permitiera cubrir de hielos la extremidad hasta el carpo.

#### **4.3.1. Descripción del dispositivo:**

Se confeccionó un dispositivo artesanal en forma de cilindro abierto por ambos extremos de 90 cm de longitud y un diámetro de 30 cm. La parte distal del cilindro está dotada de un sistema que le permite ser ajustado a la cuartilla de cada animal. Para elaborar el cilindro se emplearon retales de PVC de colchones hinchables o del anillo superior hinchable de piscinas tipo *easyjet*.

El cilindro se colocó en la extremidad distal del caballo, ajustándolo a la cuartilla. El espacio entre la extremidad y el PVC se rellenó con cubitos de hielo hasta justo por

debajo del carpo. Al añadir el hielo se tuvo especial precaución en que el cilindro colgase sobre sí mismo cubriendo al menos la mitad proximal del casco. Tanto el extremo distal como el proximal del cilindro se reforzaron con cinta de embalar tras la colocación de los hielos (Figura 1).

#### 4.3.2. Carga con hielo:

Una vez colocado el dispositivo se pesaron diferentes bolsas de hielo para saber qué cantidad exacta de hielo era utilizada en un principio, empleando una báscula de pesaje.

Se intentó que el nivel de hielo llegase hasta inmediatamente por debajo del carpo. Conforme el operador detectó que el hielo se iba derritiendo y el nivel de los mismos descendía, el dispositivo se volvió a rellenar con más hielo, previamente pesado, hasta el nivel inicial (aproximadamente cada 45 min). La aplicación del dispositivo fue realizada en todos los casos por el mismo operador (el autor). El mantenimiento de la carga del hielo en los diferentes casos se llevó a cabo tanto por el autor como por personal del Servicio de Cirugía y Medicina Equina del HVUZ.



Figura 1: Derecha: dispositivo colocado en la extremidad anterior izquierda (tratamiento) de uno de los caballos del estudio y la contralateral como control; se puede apreciar el detalle de cómo se coloca el dispositivo, permitiendo que se repliegue sobre sí mismo y que los hielos cubran al menos la mitad del casco. Izquierda: dispositivo artesanal para crioterapia, confeccionado con retales del anillo hinchable de piscinas *easy-jet*.

#### **4.4. EVALUACIÓN DEL EFECTO SOBRE LA TEMPERATURA DEL CASCO:**

##### **4.4.1. Registro temperatura ambiental y temperatura rectal:**

-La temperatura ambiental era registrada empleando un termómetro convencional, colocado en cada una de las cuadras.

-La temperatura rectal se registró empleando termómetros clínicos digitales.

##### **4.4.2. Medición temperatura de superficie:**

Todas las mediciones de temperatura superficial del casco, tanto de la extremidad con hielo (tratamiento) como de la contralateral (control) se realizaron empleando dos métodos:

- a) Termómetro láser (Infrared Thermometer MS<sup>a</sup>). Se realizaron dos mediciones de cada extremidad apuntando el foco del láser a ambos lados de un punto central previamente dibujado en la cara dorsal del casco, situado a 1 cm de la línea sagital del casco y a 2 cm por debajo de la corona. Dicha medición se realizó a una distancia no superior a 60 cm. Los registros se anotaron manualmente (Figura 2).

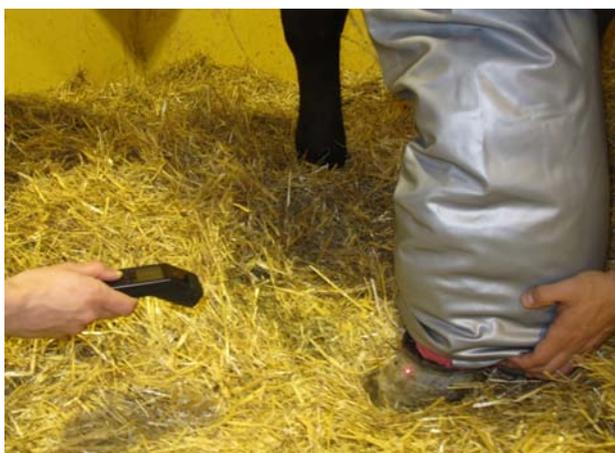


Figura 2: Medición de temperatura de superficie del casco con termómetro láser, con el dispositivo colocado en la extremidad anterior izquierda; se observa como un ayudante levanta el dispositivo con hielos replegado hasta mitad de casco para poder realizar el registro de la temperatura.

- b) Termografía de superficie, utilizando una cámara termográfica Testo 880<sup>b</sup> En el momento de realizar las mediciones, el operario se situó a una distancia

aproximada de 60 cm con respecto al casco y realizó cada 15 min dos fotografías, una de ambas manos y otra de la mano con el dispositivo de crioterapia. En función de los resultados preliminares observados durante la fase de diseño del dispositivo, se empleó una escala de temperatura de 10°C a 40°C. Los registros termográficos fueron recopilados mediante el software IRSoft<sup>c</sup>, el cual, además de almacenar las imágenes con su escala, almacena el valor en grados centígrados de las zonas seleccionadas por el usuario. Para medir la temperatura sobre la imagen se seleccionó el mismo punto central utilizado para la medición con termómetro láser: un punto central previamente dibujado en la cara dorsal del casco, situados a 1 cm de la línea sagital del casco y a 2 cm por debajo de la corona (Figura 3). Por lo tanto, para la extremidad control en cada medición tenemos un único valor de temperatura y para la extremidad tratada dos.



Figura 3: Izquierda: medición de la temperatura de superficie del casco con cámara termográfica. Derecha: imagen termográfica a los 195 minutos de colocar el dispositivo con hielos en la extremidad anterior derecha y la extremidad contralateral como control. Los puntos representados con M1 y M2 son los puntos referencia para el registro de la temperatura externa.

Durante el estudio los animales permanecieron estabulados en un box del HVUZ, para evitar la influencia de las corrientes de aire en las determinaciones de la temperatura<sup>28</sup>. Antes de efectuar las mediciones con el termómetro láser y termografía se levantó la parte del dispositivo que cuelga sobre el casco y se secó con papel el agua que podía estar escurriendo hacia el casco desde el dispositivo.

#### **4.5. EVALUACIÓN DEL EFECTO SOBRE EL APORTE VASCULAR DEL CASCO:**

Durante cada tratamiento se realizaron, en el tiempo 0 y cada 2 horas, evaluaciones hemodinámicas de la arteria digital distal, empleando una sonda lineal de 8 a 12 MHz de ecografía, colocada con una angulación menor a 60° para evitar<sup>21</sup>. Tras preparar al animal, el examen se realizó con tres modos ecográficos:

- Modo en Escala de Grises: para localizar las arterias digitales (lateral y medial).
- Modo Doppler-Color: para confirmar el flujo sanguíneo en las arterias digitales.
- Modo Doppler-Pulsado: para la medición de los parámetros de vascularización elegidos, anteriormente descritos en la bibliografía<sup>21</sup>.

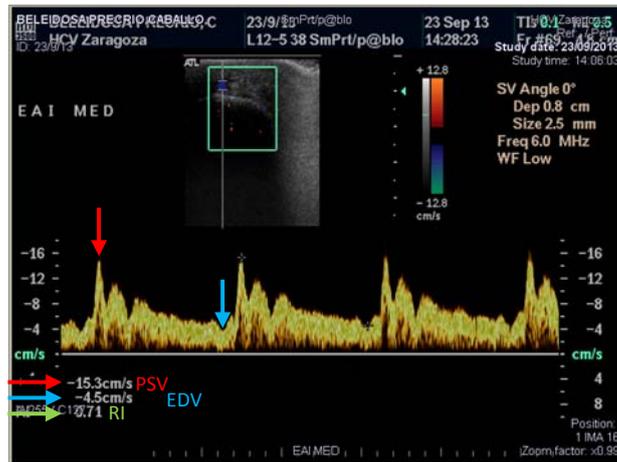
Los parámetros registrados y calculados fueron:

- PSV: *Systolic Peak Velocity*, velocidad a la que circula la sangre por la arteria durante la sístole cardíaca. Correspondiente al pico más alto de cada ciclo cardíaco.
- EDV: *End Diastolic Velocity*, velocidad a la que circula la sangre por la arteria en la sístole cardíaca. Correspondiente al final del ciclo cardíaco.

A partir de estos valores, se calculan los siguientes índices:

- *Resistive Index*:  $RI = (PSV-EDV)/PSV$
- *Pulsatility Index*:  $PI = (velocidad\ máxima-velocidad\ mínima)/velocidad\ media$

De cada una de las arterias digitales de ambas manos, se realizaron tres barridos, tomando así tres mediciones de cada parámetro para obtener después la media. Así pues, se obtuvieron los rangos de valores y los valores medios para cuatro parámetros representativos del flujo sanguíneo (PSV, EDV, RI y PI). Todas las mediciones se realizaron por el mismo operador (el autor). (Figura 4)



**Figura 4:** Imagen ecográfica en Modo Doppler-Pulsado de 3 ciclos cardiacos completos tomados sobre la arteria digital medial de la extremidad anterior izquierda. Se observan los puntos de medición y los valores de PSV (flecha roja) y EDV (flecha azul) del ciclo central, registrados automáticamente en la esquina inferior izquierda de la pantalla. El equipo calcula de manera automática el RI (flecha verde). PSV: pico de velocidad sistólica, EDV: velocidad diastólica final, RI: índice de resistencia.

Estas determinaciones se llevaron a cabo utilizando un ecógrafo ATL Ultrasound All Digital BROADBAND Technology modelo HDI-3500<sup>d</sup> con una sonda lineal de 8-12 MHz.

#### **4.6. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE USO:**

Todos los animales se encontraron en todo momento dentro de una cuadra con cama de paja, con acceso a alimento y agua y con total libertad de movimiento.

Se registraron los posibles efectos adversos sobre la extremidad del dispositivo y el tratamiento de crioterapia.

Se evaluó subjetivamente, el grado de tolerancia del dispositivo por parte del animal, así como la resistencia del mismo, para lo que se desarrollaron unas rúbricas en la que se registraron los diferentes hallazgos relacionados con el comportamiento del animal por llevar el dispositivo y la integridad del mismo. La rúbrica asigna una puntuación a los diferentes hallazgos para poder cuantificar los resultados observados:

- integridad del sistema de crioterapia durante el tratamiento (rúbrica 1)
- tolerancia al dispositivo con hielos (rúbrica 2)
- tolerancia a la carga inicial y recargas de hielo (rúbrica 3)

##### RÚBRICA 1

INTEGRIDAD DEL DISPOSITIVO DURANTE EL TIEMPO DEL ESTUDIO	ESCASAMENTE RESISTENTE	Se rompe o rasga siendo imposible su reparación	NO RESISTENTE
	PARCIALMENTE RESISTENTE	Se rompe o rasga siendo posible su reparación	RESISTENTE
	TOTALMENTE RESISTENTE	El dispositivo permanece intacto	

##### RUBRICA 2

TOLERANCIA AL DISPOSITIVO DURANTE EL TIEMPO DE ESTUDIO POR PARTE DE CADA ANIMAL	MUY INQUIETO	El caballo se mueve por la cuadra nervioso y manotea de manera compulsiva intentando quitarse el dispositivo.	NO TOLERA EL DISPOSITIVO
	INTRANQUILO	Ligeramente nervioso y rasca de vez en cuando para retirarse el dispositivo.	
	ALERTA	Al comienzo camina con dificultad pero enseguida se acostumbra al dispositivo.	TOLERA EL DISPOSITIVO
	TRANQUILO	De comienzo a fin mantiene una actitud normal por la cuadra.	

### RÚBRICA 3

TOLERANCIA A LA CARGA INICIAL DE HIELO Y LAS DIFERENTES CARGAS A LO LARGO DEL ESTUDIO POR PARTE DE CADA ANIMAL	MUY INQUIETO	Se pone muy nervioso ante la carga con hielos y retira la mano dificultando el correcto manejo	NO TOLERA LAS CARGAS CON HIELOS DEL DISPOSITIVO
	INTRANQUILO	Retira la mano al rellenar el dispositivo	
	ALERTA	Se muestra en una actitud de alerta ante la carga con hielos pero no retira la mano.	TOLERA LAS CARGAS CON HIELOS DEL DISPOSITIVO
	TRANQUILO	Se muestra indiferente a las cargas con hielos.	

Además se efectuó una breve encuesta entre el personal del Servicio de Cirugía y Medicina Equina del HVUZ que había tenido la oportunidad de hacer crioterapias preventivas con este dispositivo y con alguno de los sistemas que empleábamos en el HVUZ anteriormente (bañera, cubos en extremidades anteriores...) (Figura 5).

En dicha encuesta se evaluaron de manera subjetiva y atendiendo a las experiencias previas de los encuestados, diferentes métodos, atendiendo a las complicaciones asociadas al uso de los mismos, la tolerancia de los animales a los diferentes sistemas y la comodidad en el uso de ellos. Para llevar a cabo dicha evaluación los encuestados asignaron puntuación a cada una de las cuestiones y se calculó el total de puntos obtenidos de cada afirmación sobre el total de puntos posibles.

1. ¿Tiene experiencia con diferentes métodos de crioterapia?

2. Marque los métodos que conoce y si ha usado alguno de ellos:

MÉTODO	¿LO CONOCE?	¿LO HA USADO?
Sumergir extremidades del caballo en el río		
Bañera sumergiendo cuatro extremidades		
Cubo sumergiendo dos extremidades		
Cubos individuales por extremidad		
Botas de crioterapia comercializadas		
Guantes con hielo en corona del casco		
Dispositivo artesanal		

3. Asigne una puntuación del 1 al 4, según si considera que existen complicaciones asociadas a cada uno de los siguientes sistemas de crioterapia. Siendo 1 ninguna complicación y 4 muchas complicaciones.

TIPO DE MÉTODO	1	2	3	4
Sumergir extremidades del caballo en el río				
Bañera sumergiendo cuatro extremidades				
Cubo sumergiendo dos extremidades				
Cubos individuales por extremidad				
Botas de crioterapia comercializadas				
Guantes con hielo en corona del casco				
Dispositivo artesanal (Criopau)				

4. Asigne una puntuación del 1 al 4, según lo cómodo que considera que le resulta al animal cada uno de los métodos. Siendo 1 no lo tolera y 4 muy bien tolerado.

TIPO DE MÉTODO	1	2	3	4
Sumergir extremidades del caballo en el río				
Bañera sumergiendo cuatro extremidades				
Cubo sumergiendo dos extremidades				
Cubos individuales por extremidad				
Botas de crioterapia comercializadas				
Guantes con hielo en corona del casco				
Dispositivo artesanal (Criopau)				

5. Asigne una puntuación del 1 al 4, según lo cómodo que cómo usuario, le resulta utilizar los siguientes métodos. Siendo 1 nada cómodo y 4 muy cómodo.

TIPO DE MÉTODO	1	2	3	4
Sumergir extremidades del caballo en el río				
Bañera sumergiendo cuatro extremidades				
Cubo sumergiendo dos extremidades				
Cubos individuales por extremidad				
Botas de crioterapia comercializadas				
Guantes con hielo en corona del casco				
Dispositivo artesanal (Criopau)				

Figura 5: Encuesta sobre la comodidad y seguridad de uso del dispositivo

#### **4.7. EVALUACIÓN DEL COSTE:**

Se pesó la cantidad de hielo necesaria para cada tratamiento, tanto de la carga inicial del dispositivo como de las sucesivas recargas, y se calculó el coste por hora de tratamiento.

#### **4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS:**

Se llevó a cabo una estadística descriptiva de los resultados obtenidos en el efecto sobre la temperatura del casco, el aporte sanguíneo de la extremidad distal, así como en las rúbricas y encuesta sobre las condiciones de uso. La recogida de datos y la representación de los resultados se efectuaron utilizando la hoja de cálculo Microsoft Excel 2010.

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con SPSS 19.0 para Windows. El error alfa se estableció en 0,05. Las variables cualitativas fueron descritas mediante frecuencias absolutas y relativas y las variables cuantitativas mediante media, desviación estándar y mediana. Se evaluó la normalidad de las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, resultando todas las variables normales. Por ello la comparación de dos medias se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes o para muestras pareadas (dependiendo de la hipótesis), mientras que la comparación de más de dos medias se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA), aplicando la prueba post hoc de Duncan para comparación por parejas.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **5.1. OBJETIVO 1: Diseñar un dispositivo artesanal de bajo coste y sencillo de usar, que permita la aplicación de crioterapia de la extremidad distal del caballo.**

En la primera fase del estudio se diseñaron dos sistemas de crioterapia preliminares probados en los caballos de prácticas del Departamento de Patología Animal del HVUZ, durante un periodo corto de tiempo (menos de dos horas).

El primero se realizó utilizando una cámara de aire de una rueda de carretillo (Figura 6) cuyo interior fue rellenado con agua que posteriormente se congeló. El dispositivo se ajustaba mediante un sistema de correas, a la cuartilla de la extremidad anterior. Este método fue descartado debido a que la escasa cantidad de agua helada que permite alojar este sistema provocaba una bajada temperatura prácticamente nula (menor a 2-3° C en 2 horas) en el casco.



Figura 6: Primer dispositivo preliminar realizado, empleando cámara de aire de rueda de carretillo. Se puede observar el sistema de correas que permitía ajustarlo a la cuartilla de la extremidad de los caballos del estudio.

Se confeccionó un segundo sistema de crioterapia empleando PVC de colchones hinchables que se ajustaba a la cuartilla de la extremidad anterior y cuyo interior era rellenado con cubos de hielo, hasta cubrir el menudillo. Posteriormente era cerrado en su parte proximal utilizando esparadrapo. Este sistema también fue descartado ya que la

bajada de temperatura del casco de la extremidad en la que estaba colocado todavía era insuficiente (alrededor de 10° C) ya que, probablemente, la superficie a enfriar debía de ser mayor y llegar no solo hasta por encima del menudillo, sino extenderse hasta por debajo del carpo<sup>7</sup>. La resistencia del material, en estas pruebas preliminares, fue adecuada (Figura 7).



Figura 7: Segundo sistema de crioterapia realizado con PVC de colchones hinchables relleno con cubos de hielo hasta justo por encima del menudillo de la extremidad anterior izquierda

En base a estos hallazgos, se decidió aumentar la longitud del mismo para que nos permitiera rellenar con hielos hasta inmediatamente por debajo del carpo, para intentar conseguir una bajada de la temperatura del casco mayor. Se confeccionaron varios juegos de dispositivos empleando o bien el PVC de retales de colchones hinchables o bien el anillo superior de piscinas tipo *easyjet* como material para el dispositivo ya que, en esta fase preliminar, ambos materiales se mostraron resistentes a la carga con hielo y los movimientos del animal. Estos materiales son de bajo coste y fácil disponibilidad y la confección del dispositivo es bastante sencilla y no requiere de ninguna maquinaria específica, cumpliendo con las características que se destacan en otros trabajos<sup>12</sup> que describen sistemas de crioterapia para su uso rutinario en caballos con riesgo de laminitis.

## **5.2. OBJETIVO 2: Cuantificar el efecto del dispositivo artesanal en la disminución de la temperatura del casco.**

Tanto la temperatura rectal como la ambiental se mantuvieron estables durante las 6h de tratamiento (media  $37,4 \pm 0,05^{\circ} \text{C}$  y  $24,3 \pm 0,07^{\circ} \text{C}$  respectivamente; mediana  $37,43^{\circ} \text{C}$  y  $24,26^{\circ} \text{C}$ ), lo cual indica una estabilidad adecuada tanto en las condiciones ambientales en las que se desarrollo el estudio, como en el estado fisiológico de los animales estudiados.

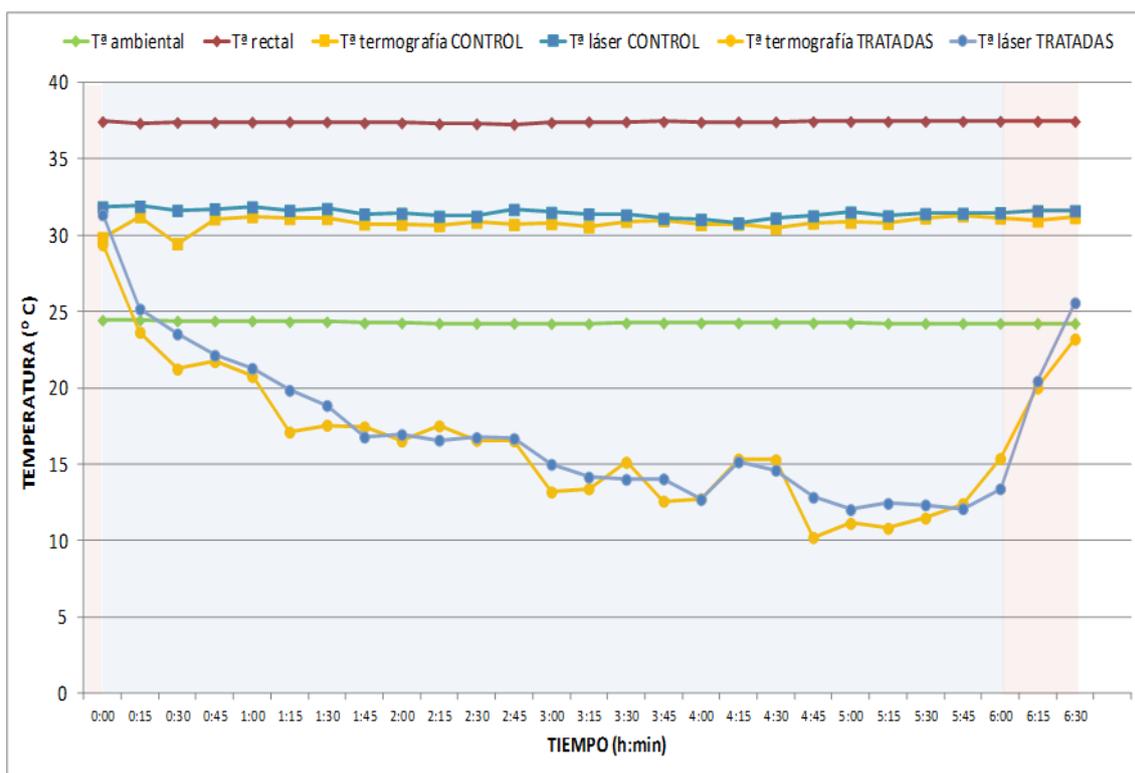
Las temperaturas iniciales del casco medidas con termómetro láser de las extremidades a tiempo 0 oscilaron entre  $29,2$  y  $33,8^{\circ} \text{C}$  (media  $31,34 \pm 2,56^{\circ} \text{C}$ ; mediana  $31,9^{\circ} \text{C}$ ) en las extremidades que iban a recibir tratamiento y entre  $29,0$  y  $33,8^{\circ} \text{C}$  (media  $31,86 \pm 1,31^{\circ} \text{C}$ ; mediana  $32^{\circ} \text{C}$ ) en las extremidades control. La diferencia de temperatura entre ambos grupos antes de iniciar el tratamiento medida con termómetro láser no fue estadísticamente significativa ( $P = 0,358$ ). Este hallazgo indica que las condiciones de partida eran adecuadas para llevar a cabo un estudio pareado y cruzado.

Al realizar los registros de temperatura con cámara termográfica las temperaturas obtenidas a tiempo 0 variaron entre  $17$  y  $33,7^{\circ} \text{C}$  (media  $29,39 \pm 4,8^{\circ} \text{C}$ ; mediana  $31,3^{\circ} \text{C}$ ) para las patas que iban a ser tratadas con hielo y  $16,9$  y  $33,5$  (media  $29,84 \pm 4,35^{\circ} \text{C}$ ; mediana  $30,8^{\circ} \text{C}$ ) en las contralaterales (control). La diferencia de temperatura entre ambos grupos antes de iniciar el tratamiento medida con termografía tampoco fue estadísticamente significativa ( $P = 0,264$ ). Las diferencias de temperatura entre ambos métodos de medición (láser vs termografía) fueron estadísticamente significativas ( $P < 0,001$ ). Este hallazgo puede ser debido a que el fabricante de la cámara termográfica especifica un margen de error menor a  $0,1^{\circ} \text{C}$  para este aparato, mientras que la exactitud proporcionada para el termómetro láser es menor a  $1\%$  o menor a  $1^{\circ} \text{C}$ . En cualquier caso es conveniente señalar que en algunos de los casos del estudio no pudieron obtenerse mediciones termográficas de todos los tiempos de registro, bien fuera porque el peso del hielo impedía levantar bien todo el dispositivo para tomar una buena imagen, o porque, pese a que se intentaba secar la zona antes de la captura, el abundante agua que escurría desde la cuartilla, no permitía obtener valores coherentes. Por este motivo, algunos de los análisis estadísticos que se ofrecen a continuación hacen referencia exclusivamente a los resultados obtenidos con el termómetro láser, el cual, además de ser un método mucho más barato, al menos en las condiciones de nuestro

estudio, fue más sencillo de utilizar y más eficaz para conseguir los registros de temperatura superficial del casco. No obstante, la evaluación termográfica, tal y como muestran diferentes trabajos<sup>24-26</sup> presenta otras ventajas adicionales, ya que, además de ofrecer datos puntuales de temperatura, muestra una imagen de la temperatura del casco en su conjunto y de las posibles variaciones de temperatura de superficie en sus diferentes partes, lo cual puede proporcionar datos interesantes en este tipo de estudios.

El dispositivo de crioterapia produjo una marcada disminución en la temperatura del casco tratado. Así, mientras que la temperatura media de los cascos tratados durante las 6 h del tratamiento fue de  $17,91 \pm 3,7^\circ \text{C}$  (mediana  $17,54^\circ \text{C}$ ), la temperatura media en las extremidades control fue de  $31,44 \pm 0,27^\circ \text{C}$  (mediana  $31,43^\circ \text{C}$ ). El tratamiento con hielo provocó una disminución significativa ( $P < 0,001$ ) a partir de los 15 minutos de tratamiento. Esta diferencia estadísticamente significativa se mantuvo durante el resto de la crioterapia, con valores máximos de disminución que variaron entre  $-15,3$  y  $-25,45^\circ \text{C}$  (media del cambio de temperatura de  $-22,12 \pm 3,02$  y mediana  $-22,2^\circ \text{C}$ ). El dispositivo de crioterapia permitió alcanzar unos valores mínimos de temperatura del superficial del casco tratado que variaron entre  $4,3$  y  $13,35^\circ \text{C}$  (media  $9,25 \pm 2,46$  y mediana  $9,1^\circ \text{C}$ ). El valor de temperatura mínimo alcanzado se produjo a las 4 h y 15 min de la carga con hielo del dispositivo -registros de temperatura obtenidos con termómetro láser, los valores de temperatura alcanzados durante el tratamiento mostraron una tendencia similar cuando el registro se realizó con la cámara termográfica- (Figura 8).

Así pues, estos resultados indican que el uso de este dispositivo artesanal produce una reducción marcada de la temperatura en el casco. No obstante, hay que destacar que la temperatura digital exacta que es necesario alcanzar para una prevención eficaz del desarrollo de la laminitis en caballos todavía no está totalmente fijada<sup>8</sup>. Pese a esto, van Eps y Pollit<sup>7</sup> describen que mantener una temperatura del casco menor a  $5^\circ \text{C}$ , medida con una sonda térmica introducida en el estrato medio del aspecto dorsal del casco, es efectivo en la prevención de laminitis agudas inducidas con dietas ricas en carbohidratos administrados por vía nasogástrica, pero, en nuestro conocimiento, no existe ningún trabajo que estudie si crioterapias con temperaturas por encima de  $5^\circ \text{C}$  también pueden ser eficaces. Hay que destacar que este estudio se realizó con caballos con laminitis aguda inducida artificialmente.



**Figura 8:** evolución de los valores medios de temperatura ambiental, rectal, de la superficie del casco (medida con termómetro láser y con termografía) de los 19 ensayos llevados a cabo con los 10 caballos del estudio. El fondo azul representa el tiempo en el que las extremidades tratadas tenían hielo y el fondo salmón el tiempo en el que no había hielo.

Los mismos autores, cuando emplean un sistema de crioterapia similar en caballos sanos<sup>10</sup> tan sólo alcanzan valores mínimos de temperatura laminar de  $11,9 \pm 1^\circ \text{C}$ . Este hallazgo podría sugerir que si la crioterapia se aplica en animales que están desarrollando laminitis la temperatura mínima laminar que se alcanza podría ser más baja que cuando se utiliza en caballos sanos<sup>10</sup>. De hecho, los autores que plantean esta hipótesis, en un estudio con caballos sanos<sup>8</sup>, señalan que sólo en uno de sus casos de estudio la temperatura mínima laminar bajo de  $5^\circ \text{C}$  (la media de la temperatura laminar mínima en ese trabajo fue de  $11,14 \pm 1,7^\circ \text{C}$ ) y, basándose en su hipótesis, sugieren que si su estudio se hubiera realizado con caballos desarrollando laminitis se podrían haber alcanzado temperaturas próximas a los  $5^\circ \text{C}$ . En los trabajos del equipo de Pollit (1 y 5) miden la temperatura laminar utilizando termosondas insertadas en el casco, lo cual no es directamente extrapolable a nuestros resultados, ya que nosotros sólo medimos la temperatura de superficie del casco. Existe otro<sup>8</sup> en el que las temperaturas registradas, empleando un método de crioterapia similar al de nuestro estudio fueron tomadas tanto

en el interior de las láminas del casco (termosondas) como en la superficie del dedo del caballo. Sus resultados muestran que la temperatura mínima alcanzada en las láminas fue de  $11,41 \pm 1,6^\circ \text{C}$  y de  $17,6 \pm 1,2^\circ \text{C}$  en la superficie digital. Puesto que los datos obtenidos en nuestro estudio reflejan unas temperaturas mínimas de superficie aún menores ( $9,25 \pm 2,46^\circ \text{C}$ ) y se ha realizado con caballos que no están desarrollando laminitis, podemos suponer que nuestro dispositivo si se hubiese aplicado en caballos que se están infosando, permitiría alcanzar valores de temperatura laminar cercanos a ese valor de  $5^\circ \text{C}$  alcanzado por Van Eps y Pollit<sup>7</sup> y que si demostró ser eficaz en la prevención de laminitis.

Por lo tanto podría decirse que el dispositivo de crioterapia descrito en este estudio puede considerarse un método eficaz para la prevención del desarrollo de la laminitis en caballos. Existe otros trabajo<sup>11</sup> que podría apoyar esta afirmación, ya que, a pesar de que se trata de un estudio retrospectivo que no mide el descenso de temperatura, se utiliza un método relativamente similar al nuestro (bolsas de hielo cubriendo todo el dedos del caballo, incluyendo el casco) y su uso disminuye marcadamente la incidencia de laminitis en caballos con colitis, frente a aquellos casos con esa patología en los que no se aplicó ningún método de crioterapia.

La medición de la temperatura interna de las láminas del casco fue la idea original del este trabajo pero debido a la necesidad de utilizar animales de experimentación (procedimiento invasivo) y a que el material a usar es caro, se descartó dicha posibilidad. Sin duda esta sería una línea de investigación interesante, que nos ayudaría a determinar si efectivamente la temperatura interna del casco con este dispositivo disminuye tanto como describen otros autores<sup>7,8</sup>.

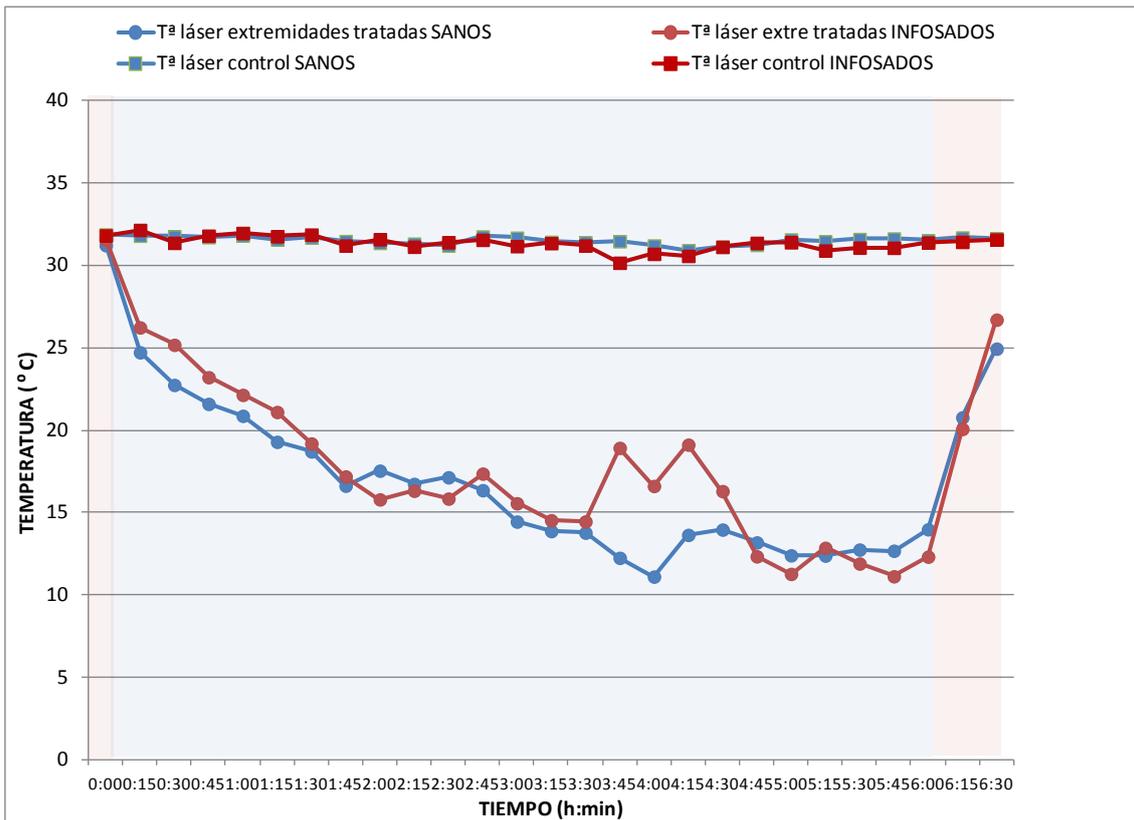
En las extremidades tratadas, la adición de hielo al dispositivo, resultó en una rápida disminución de la temperatura del casco tratado alcanzándose una disminución media de la temperatura igual o superior al 50% de la temperatura inicial entre las mediciones realizadas a los 165 y 180 min -registros de temperatura obtenidos con termómetro láser-.

La temperatura disminuyó gradualmente en las extremidades tratadas hasta llegar a un momento en el que los valores se estabilizaron hasta la retirada del hielo. El análisis de varianza (ANOVA), aplicando la prueba post hoc de Duncan para comparación por

parejas mostró que esa estabilización fue estadísticamente significativa ( $P < 0,001$ ) a partir del tiempo 2 h y 15 min.

Pasadas las 6 h del tiempo de tratamiento, se retiraron los hielos, obteniéndose un aumento medio de la temperatura de  $7,04 \pm 4,2^{\circ} \text{C}$  (mediana  $5,2^{\circ} \text{C}$ ) a los 15 min y de  $11,52 \pm 6,7^{\circ} \text{C}$  (mediana  $11^{\circ} \text{C}$ ) a los 30 min de finalizar el tratamiento, recuperando en tan solo media hora una temperatura de la superficie del casco que varió entre 18,4 y 29,9 (media  $25,6 \pm 3,7^{\circ} \text{C}$ , mediana  $26,6^{\circ} \text{C}$ ) -registros de temperatura obtenidos con termómetro láser-. Estos resultados podrían contradecir la creencia de algunos autores<sup>b</sup> que sugieren que alternar periodos de crioterapia (alrededor de 3 horas) con periodos sin hielo (en torno a una hora), no afecta a los potenciales beneficios de esta terapia de prevención de la laminitis, ya que, aunque esto debería ser comprobado en un estudio específico, nuestros datos sugieren que en muy poco tiempo el aumento de temperatura es muy marcado, lo cual podría hacer que en esos periodos sin crioterapia se recuperasen los fenómenos de vasodilatación y llegada masiva de factores desencadenantes de la laminitis a las células laminares. A pesar de que no era un objetivo de nuestro estudio valorar cuánto tiempo perdura el efecto de la crioterapia y de que no se conoce cuál es la temperatura mínima ideal para obtener efectos preventivos beneficiosos, la tendencia de nuestros resultados tras cesar la crioterapia, permite recomendar que en los casos clínicos la crioterapia sea mantenida ininterrumpidamente hasta que haya indicadores que sugieran que el riesgo de infosura ha cesado, lo cual coincide con la opinión manifestada en algunos trabajos.

Tres de los 10 caballos utilizados en nuestro estudio presentaban signos clínicos y radiológicos de laminitis crónica. Puesto que es sabido que esta patología afecta marcadamente a la vascularización del casco<sup>28</sup> se consideró indicado evaluar si existían diferencias entre la disminución de temperatura del casco entre los caballos sanos y los infosados. Los registros de temperatura obtenidos mediante termómetro láser muestran que la temperatura media de los cascos sanos tratados durante las 6 h del tratamiento fue de  $17,79 \pm 3,8^{\circ} \text{C}$  (mediana  $17,54^{\circ} \text{C}$ ) frente a una temperatura media de los cascos infosados con hielo de  $18,17 \pm 3,79^{\circ} \text{C}$  (mediana  $17,87^{\circ} \text{C}$ ) (Figura 9). La diferencia entre ambos grupos no fue estadísticamente significativa ( $P > 0,05$ ) salvo en la medición realizada a los 105 minutos entre las patas tratadas (sanos vs infosados) en el que el valor de P fue de 0,035.



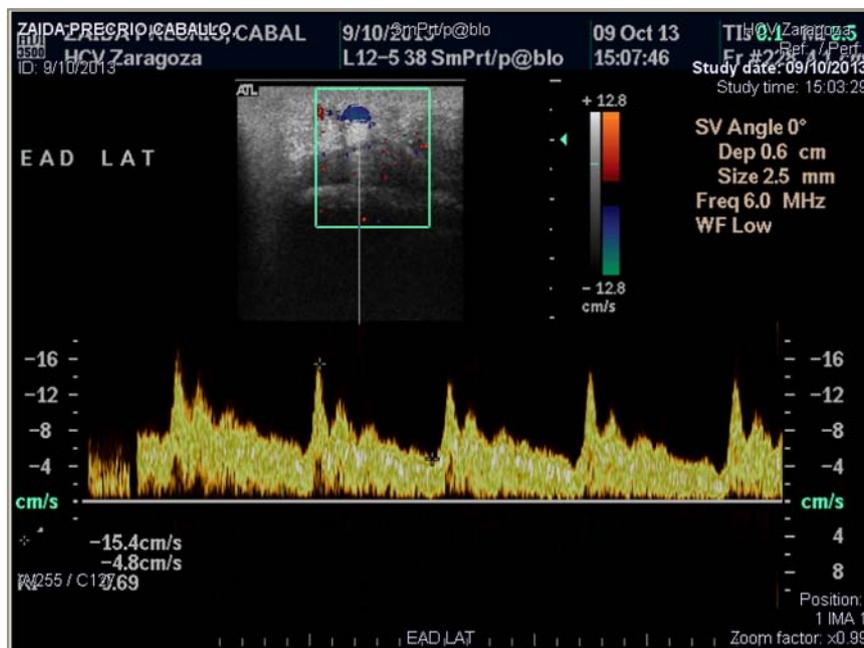
**Figura 9:** evolución de los valores medios de temperatura de la superficie del casco (medida con termómetro láser) en los 6 ensayos llevados a cabo con los 3 caballos infoados del estudio y en las 13 experiencias realizadas con los 7 animales sanos. El fondo azul representa el tiempo en el que las extremidades tratadas tenían hielo y el fondo salmón el tiempo en el que no había hielo.

### **5.3. OBJETIVO 3: Cuantificar el efecto del dispositivo artesanal en el aporte sanguíneo de la extremidad distal.**

Pese a que hubo una gran variabilidad entre individuos y en las diferentes valoraciones de un mismo animal, el espectro Doppler observado en la mayoría de los caballos estudiados se podría definir, cualitativamente hablando, como un flujo no laminar con un pico de velocidad sistólica seguido por algunas ondas diastólicas y un aplanamiento de la velocidad diastólica final (Figura 10). Este patrón es similar al descrito por Aguirre y colaboradores<sup>29</sup>. No se observaron diferencias llamativas en este patrón como consecuencia del tratamiento con hielos (crioterapia vs control) ni, sorprendentemente, entre los caballos sanos y los laminíticos crónicos.

Los resultados de los diferentes parámetros evaluados (PSV, EDV, RI y PI) muestran, para las extremidades tratadas y control en la tabla 3.

No se observaron diferencias significativas ( $P > 0,5$ ) para ninguno de los cuatro parámetros entre las extremidades tratadas y control, en ninguno de los tiempos.



**Figura 10:** espectro Doppler observado en uno de los caballos del estudio, antes de la aplicación del hielo, en el que se observa un flujo no laminar con un pico de velocidad sistólica seguido por al menos dos ondas diastólicas y un aplanamiento de la velocidad diastólica final.

TIEMPO	con hielo				control			
	PSV	EDV	RI	PI	PSV	EDV	RI	PI
0	14,32 ± 1,90	5,32 ± 1,24	0,62 ± 0,07	0,95 ± 0,18	14,68 ± 2,02	6,34 ± 1,91	0,59 ± 0,06	0,87 ± 0,18
2	12,61 ± 3,61	4,70 ± 1,55	0,62 ± 0,07	0,94 ± 0,17	15,34 ± 1,92	5,78 ± 1,94	0,64 ± 0,08	0,97 ± 0,17
4	12,82 ± 2,53	4,69 ± 1,63	0,67 ± 0,07	1,04 ± 0,19	14,83 ± 2,76	5,65 ± 1,70	0,65 ± 0,05	0,98 ± 0,13
6	13,69 ± 2,58	5,39 ± 1,69	0,60 ± 0,07	0,89 ± 0,20	14,70 ± 2,8	6,13 ± 2,47	0,66 ± 0,05	1,09 ± 0,16

**Tabla 3:** Media ± desviación estándar de las variables Doppler medidas en las extremidades con hielo y control, al tiempo 0 (antes de aplicar el hielo) y a las 2, 4 y 6 horas de crioterapia con el dispositivo artesanal. No hubo diferencias significativas ni en función del tiempo ni entre las extremidades tratadas y control. PSV: *Peak Systolic Velocity* (Pico de Velocidad Sistólica), EDV: *End Diastolic Velocity* (Velocidad Diastólica Final), RI: *Resistive Index* (Índice de Resistencia), PI: *Pulsatility Index* (Índice de pulsatilidad)

La alta variabilidad en los espectros Doppler registrados y su falta de repetibilidad, así como la falta de correlación entre los parámetros evaluados y los efectos del tratamiento, pueden deberse a que existe un gran número de variables que pueden alterar el flujo sanguíneo digital<sup>13</sup> y a que, pese a que en nuestro estudio todas las evaluaciones se llevaron a cabo por el mismo operador y con el mismo equipo, a la falta de estandarización de la técnica ecográfica.

En el presente estudio no se registró el diámetro de las arterias digitales ya que se considera un parámetro muy variable<sup>13</sup> y que depende enormemente del adiestramiento del operador así como la presión durante la realización de las mediciones. Algunos autores describen cuantificar otros parámetros como  $T_{amx}$  (*Time Averaged Maximum Velocity* o Promedio de la Velocidad Máxima),  $T_{av}$  (*Time Average Mean Velocity* o Promedio de la Velocidad Media), diámetro arterial y flujo sanguíneo<sup>13</sup>. Debido a que el flujo sanguíneo es producto de la  $T_{AV}$  y del diámetro arterial<sup>13</sup>, este parámetro tampoco fue registrado.

#### **5.4. OBJETIVO 4: Conocer el grado de tolerancia del caballo con el dispositivo y la resistencia del sistema.**

##### **5.4.1. Integridad del dispositivo durante el tiempo del estudio.**

Según el diseño del estudio, el dispositivo debía ser utilizado 20 veces (estudio cruzado con 10 caballos). Sin embargo, en una de las aplicaciones, el caballo rasgó el sistema, siendo imposible su reparación, por lo que el total de aplicaciones fue de 19. Por lo tanto, sólo 1 de las 19 aplicaciones (5,2%) el dispositivo fue, según la clasificación otorgada por la rúbrica 1, “escasamente resistente”. En tres ocasiones (3 de 19, 15,8%) el sistema se mostró como “parcialmente resistente” ya que se rasgó pero fue posible su reparación. En el resto de los ensayos (15 de 19, 79%) el dispositivo artesanal permaneció intacto (“totalmente resistente”) y pudo ser reutilizado sin ningún tipo de reparación.

El caso II, fue el caballo que rasgó completamente el dispositivo y que además, como se verá a continuación, no toleró el dispositivo ni las recargas con hielo y. Ante esta circunstancia se decidió no someterlo a un segundo ensayo (estudio cruzado), por lo que de este animal sólo hay valores de temperatura y flujo sanguíneo en una extremidad con tratamiento.

##### **5.4.2. Tolerancia al dispositivo durante el tiempo de estudio por parte de cada animal**

Nueve de los 10 caballos se sometieron 2 veces al uso del dispositivo (estudio cruzado) y en todos ellos el comportamiento fue el mismo en la primera y en la segunda aplicación.

Sólo 1 de los 10 animales del estudio (10%) mostró el comportamiento denominado en la rúbrica 1 como “muy inquieto”. Otro caballo (1 de 10, 10%) mostró el comportamiento descrito como “alerta”. El resto de los pacientes (8 de 10, 80%) se clasificaron, según su grado de tolerancia, como “tranquilos”. Por lo tanto, siguiendo la clasificación que otorga la rúbrica, sólo el 10% de los caballos del estudio no toleró el dispositivo, frente a un 90% que si lo hizo.

### **5.4.3. Tolerancia a la carga inicial de hielo y las diferentes cargas a lo largo del estudio por parte de cada animal**

Nueve de los 10 caballos se sometieron 2 veces al uso del dispositivo (estudio cruzado) y en todos ellos el comportamiento fue el mismo en la primera y en la segunda aplicación.

Sólo 1 de los 10 animales del estudio (10%) mostró el comportamiento denominado en la rúbrica 1 como “muy inquieto”. El resto de los pacientes (9 de 10, 90%) se clasificaron, según su grado de tolerancia, como “tranquilos”. Por lo tanto, siguiendo la clasificación que otorga la rúbrica, sólo el 10% de los caballos del estudio no toleró la recarga del dispositivo, frente a un 90% que si lo hizo.

El dispositivo artesanal de crioterapia aplicado a los 10 casos del estudio durante el tiempo del mismo no tuvo como consecuencia efectos negativos sobre ninguna de las extremidades tratadas de ninguno de los animales

**5.5. OBJETIVO 5: Conocer la percepción sobre la comodidad y sencillez de uso del dispositivo entre el personal que lo ha utilizado.**

La encuesta fue cumplimentada por 8 personas. Todas ellas conocían los métodos mencionados; ningún encuestado había utilizado las botas de crioterapia comerciales ni los cubos individuales.

En lo referente a las posibles complicaciones asociadas a cada uno de los métodos de crioterapia, se obtuvieron las siguientes puntuaciones:

Método	Río	Bañera	Cubo 2 delanteras	Cubos individuales	Botas comerciales	Guantes	Nuestro dispositivo
Puntuación (sobre 32)	24	24	13	No contestan	No contestan	8	8

Los 8 encuestados consideraron tanto el río como la bañera, los métodos de crioterapia con más complicaciones asociadas. Los guantes con hielos y el dispositivo objeto de estudio son los métodos que menos complicaciones presenta.

En lo referente a lo cómodo que se considera que le resulta al animal cada uno de los métodos de crioterapia:

Método	Río	Bañera	Cubo 2 delanteras	Cubos individuales	Botas comerciales	Guantes	Nuestro dispositivo
Puntuación (sobre 32)	25	19	21	No contestan	No contestan	32	32

Los 8 encuestados estimaron tanto los guantes como el sistema artesanal de crioterapia, los métodos mejor tolerados por los animales (alcanzando las máximas puntuaciones), recibiendo las peores puntuaciones tanto el río como la bañera.

En lo referente a lo cómodo que como usuarios les resulta cada uno de los sistemas:

Método	Río	Bañera	Cubo 2 delanteras	Cubos individuales	Botas comerciales	Guantes	Nuestro dispositivo
Puntuación (sobre 32)	23	14	23	No contestan	No contestan	32	32

Los 8 encuestados consideran tanto los guantes como el dispositivo estudiado, los métodos más cómodos para ser empleados como métodos de crioterapia (alcanzando las máximas puntuaciones), siendo la bañera el sistema peor valorado.

## **5.6. OBJETIVO 6: Estimar el coste del tratamiento.**

En la tabla 4, se muestran las cantidades de hielo necesarias para cada tratamiento, especificando tanto el hielo empleado en la carga inicial del dispositivo, como el utilizado en las sucesivas recargas hasta finalizar las 6 horas de tratamiento. El coste de la bolsa de 2 kg (compradas en sacos de 5 bolsas -10 kg-) fue de 0'84 €(transporte e impuestos incluidos). En la tabla se indica también el coste total y por hora de cada tratamiento.

CASO	CARGA INICIAL DE HIELO	HIELO TOTAL RECARGAS	HIELO TOTAL	COSTE TOTAL	COSTE POR HORA
I, derecha	5.65 Kg	7.8 Kg	13.45 Kg	11.3 €	1.88 €
I, izquierda	3.95 Kg	6.37 Kg	11.54 Kg	9.69 €	1.61€
II derecha	5.55 Kg	4.16 Kg	10.5 Kg	8.82€	1.47€
III, derecha	6.5 Kg	5.5 Kg	13.05 Kg	10.96€	1.8€
III, izquierda	6.4 Kg	6.88 Kg	14.6 Kg	12.26€	2.04€
IV, derecha	6.65Kg	6.3 Kg	14.15 Kg	11.88€	1.98€
IV, izquierda	7.3 Kg	6.95 Kg	14.25 Kg	11.97€	1.99€
V, derecha	6.4 Kg	7.95 Kg	14.35 Kg	12.05€	2€
V, izquierda	6.05 Kg	7.1 Kg	13.15 Kg	11.04€	1.8€
VI, derecha	7.05 Kg	4.97 Kg	1.02 Kg	10.1€	1.68€
VI, izquierda	8.2 Kg	8.4 Kg	16.6 Kg	13.94€	2.32€
VII, derecha	5.7 Kg	5 Kg	10.7 Kg	8.98 €	1.49€
VII, izquierda	6 Kg	9.95 Kg	15.95 Kg	13.39€	2.23€
VIII, derecha	7.25 Kg	8.65 Kg	15.9 Kg	13.35 €	2.22€
VIII, izquierda	7.1 Kg	10.15 Kg	17.25 Kg	14.61€	2.43€
IX, derecha	6.4 Kg	10.9 Kg	17.3 Kg	14.53€	2.42€
IX, izquierda	6.4 Kg	10.2 Kg	16.6 Kg	13.34€	2.32€
X, derecha	6.85 Kg	10.6 Kg	17.45 Kg	14.65€	2.44€
X, izquierda	6.7 Kg	7.9 Kg	14.6 Kg	12.26€	2€

Tabla 4: Cantidades de hielo empleadas en cada tratamiento especificando la carga inicial, las sucesivas cargas, el coste total del hielo durante las 6 horas del tratamiento, así como el coste por hora.

El coste por tratamiento varió entre 8,82 y 14,61 €(media del coste total por tratamiento 13,81 €). El coste medio por hora de tratamiento fue de 2 € Con este dato se puede estimar que el coste en hielos de un tratamiento preventivo con crioterapia durante 72-96 horas, sería de 150-200 € lo que parece un coste bastante asumible. A este respecto es preciso subrayar que se decidió realizar la parte experimental de este estudio en verano (julio, agosto y septiembre) para valorar la efectividad en la bajada de la temperatura del casco en las condiciones más extremas posibles para nuestra zona geográfica, ya que si se hubiera realizado en invierno cabe esperar que se necesite menos cantidad de hielo para obtener los mismos resultados.

## 6. CONCLUSIONES Y RELEVANCIA CLINICA

Los resultados obtenidos en las condiciones de nuestro estudio permiten concluir que:

1.- Los dispositivos artesanales para crioterapia preventiva de la extremidad distal del caballo han de estar diseñados de tal forma que permitan ser cargados con una cantidad de al menos 4 kg de hielo y cubrir al menos desde la mitad superior del casco hasta por debajo del carpo.

2.- El uso del termómetro láser es más sencillo y útil que la termografía para medir la temperatura de superficie puntual en los cascos sometidos a crioterapia con este dispositivo artesanal.

3.- El dispositivo artesanal diseñado, convenientemente recargado con hielo cada 30-45 minutos, provoca un descenso significativo de la temperatura de superficie del casco de la extremidad tratada desde los 15 minutos de su aplicación, que progresa paulatinamente hasta llegar a estabilizarse desde las 2 horas y 15 minutos hasta el final del tratamiento.

4.- El descenso medio de la temperatura en la superficie del casco tratado con el dispositivo es superior a 20° C, permitiendo alcanzar en momentos puntuales, incluso temperaturas inferiores a los 5° C.

5.- Tras retirar el dispositivo y cesar el tratamiento de crioterapia, se aumenta rápidamente la temperatura de superficie del caso, alcanzado valores próximos a los valores pre-tratamiento en 30 minutos.

6.- No se observan diferencias significativas entre los efectos del dispositivo sobre la temperatura de superficie del casco cuando se utiliza en la extremidad distal de caballos sanos o en animales con infosura crónica.

7.- El patrón cualitativo del espectro Doppler y los valores de PSV, EDV, RI y PI en las arterias digitales a nivel de la cuartilla, no se ven apenas alterados por la aplicación de crioterapia con el dispositivo artesanal.

8.- El dispositivo artesanal de crioterapia no provoca efectos negativos sobre la extremidad distal.

9.- La mayoría de los animales tolera bien el dispositivo y la aplicación de crioterapia con este sistema.

10.- El dispositivo artesanal se muestra razonablemente resistente y puede ser utilizado y reutilizado de manera regular.

11.- El personal encargado de utilizar este dispositivo artesanal lo percibe como un sistema de crioterapia con escasas complicaciones para el animal, bien tolerado por el caballo y sencillo de utilizar.

12.- El coste en hielo de la crioterapia con este dispositivo artesanal es reducido.

### **CONCLUSION GENERAL:**

El dispositivo artesanal diseñado es un sistema eficaz para disminuir la temperatura de superficie del casco, bien tolerado por los caballos, sencillo de utilizar y barato.

### **RELEVANCIA CLINICA:**

Estas características hacen que este dispositivo artesanal pueda ser recomendado como técnica habitual de crioterapia, tanto en condiciones hospitalarias como ambulatorias, en aquellas situaciones en las que esté indicada la disminución preventiva de la temperatura de la extremidad distal, fundamentalmente en caballos con riesgo de desarrollar laminitis.

## 7. REFERENCIAS

1. Moore R.M.(2010) Vision 20/20 – Conquer laminitis by 2020. *Journal of Equine Veterinary Science* Vol 30, No 2
2. Pollitt C.C. (2004) Equine Laminitis. *Clinical Techniques in Equine Pract.* **1**, 34-44.
3. Bailey S.R. (2004) The pathogenesis of acute laminitis: Fitting more pieces into the puzzle. *Equine Vet. J.* **36**, 199-203.
4. Moore R.M., S.C. Eades, and A.M. Stokes. (2004) Evidence for vascular and enzymatic events in the pathophysiology of acute laminitis: Which pathway is responsible for initiation of this process in horses? *Equine Vet. J.* **36**, 204-209
5. Huntington P, Pollitt C.C, McGowan C. (2008) Recent Research into Laminitis. *Kentucky Equine Reserach proceedings* (<http://www.ker.com/library>)
6. Pollitt C.C, Kyaw-Tanner M, French KR, et al. (2003) Equine laminitis: Indepth. New Orleans, LA: American Association of Equine Practitioners 49th Annual Convention, pp. 21-25,
7. van Eps A. W, Pollitt C.C. (2004) Equine laminitis: cryotherapy reduces the severity of the acute lesion. *Equine Vet J*, **36**, 255–260
8. Reesink H.L. et al (2012) Measurement of digital laminar and venous temperatures as a means of comparing three methods of topically applied cold treatment for digits of horses. *AJVR.* **73** (6), 860-866
9. van Eps A. W, Walters L. J, Baldwin G. I, McGarry M and Pollitt C.C (2004) Distal Limb Cryotherapy for the Prevention of Acute Laminitis. *Clinical Techniques in Equine Pract.* **3**, 64-70
10. Pollitt C.C., Van Eps . (2004) Prolonged, continuous distal limb cryotherapy in the horse. *Equine Vet. J.* **36** (3), 216-220
11. Kullmann A. et al. (2013) *Equine Vet. J.* In press: doi: 10.1111/evj.12156
12. Buchner H.H, Wiesenhofer G. (2011) Effects of distal limb ice bag cryotherapy in horses: a thermographic evaluation. *Pferdeheilkunde* **27** (6), 670-673
13. Wongaumnuaykul S. et al. (2006) Doppler Sonographic Evaluation of the Digital Blood Flow in Horses with Laminitis or Septic Pododermatitis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, **47**,199-205
14. Coffman J.R, Johnson J.H, Guffy M.M, Finocchio E.J. (1970) Hoof circulation in equine laminitis. *J Am Med Vet Assoc*; **156**, 76–83

15. Ingle-Fehr JE, Baxter GM. (1998) Evaluation of digital and laminar blood flow in horses given a low dose of endotoxin. *Am J Vet Res* **59**, 192–196
16. Walker M, Geiser D. (1986) Effects of acetylpromazine on the hemodynamics of the equine metatarsal artery, as determined by two-dimensional real-time and pulsed Doppler ultrasonography. *Am J Vet Res* **47**, 1075–1078.
17. Cochard T, Toal RL, Saxton AM. (2000) Doppler ultrasonographic features of thoracic limb arteries in clinically normal horses. *Am J Vet Res* **61**, 183–190.
18. Samper J.C., Pycock, McKinnon. (2007) *Current Therapy in Equine Reproduction* **26**, 167-170
19. Rantanen N., McKinnon A. (1998) *Equine Diagnostic Ultrasonography*. Williams & Wilkins, **1**, 1-18.
20. Pietra M, Guglielmini C, Nardi S, Gandini G, Cipone M. (2006) Influence of weight bearing and hoof position on Doppler evaluation of lateral palmar digital arteries in healthy horses. *Am J Vet Res* **65**,1211–1215
21. Worster A. A., Gaughan E. M. and Hoskinson J. (2001) Effects of External Thermal Manipulation on Laminar Temperature and Perfusion of the Equine Digit. *AAEP-Proceedings* 47, 329-333
22. Hood D. M., Wagner I. P. and Brumbaugh G. W. (2001) Evaluation of hoof wall surface temperature as an index of digital vascular perfusion during the prodromal and acute phases of carbohydrate- induced laminitis in horses. *Am. J. Vet. Res.* 62, 1167-1172
23. Turner T. A., Wolfsdorf K. and Jourdenais J. (1991) Effects of heat, cold, biomagnets and ultrasound on skin circulation in the horse. *Proceedings AAEP* 37, 249-257
24. Turned, T.A (1991) Thermography as an aid of to the clinical lameness evaluation. *Vet. Clin. North Am: Equine Pract* 7, 311-338
25. Smith, W.M (1964) Applications of the thermography in veterinary medicine. *Ann N.Y.Acad Sci.* 9,248-254
26. Turned, T.A (2001) Diagnosis thermography. *Vet. Clin. North Am: Equine Pract.* 17, 95-113
27. Westermann S., Stanek C., Schramel J.P, Ion A. and Buchner H.H.,2013, The effect of airflow on the thermographically determined temperature of the distal forelimb of the horse, *Equine Veterinary Journal* 45, 637-641
28. Van N.R, 2008, *El Casco del Caballo*, Editorial Hispano Europea, 200

29. Aguirre A., Fernandez P.J, Talavera J, 2008, Quantitative and Qualitative Duplex Doppler Evaluation of Digital Blood Flow in Healthy Horses and Horses with diseases predisposing to laminitis and overt laminitis, Proceeding of the European Equine Meeting, XIV SIVE – FEEVA Congress, Venice Italy

**CITAS:**

- A. [http://www.testosites.de/export/sites/default/testo880/es\\_ES/local\\_downloads/update\\_testo-880\\_broschures/en\\_testo\\_880\\_building.pdf](http://www.testosites.de/export/sites/default/testo880/es_ES/local_downloads/update_testo-880_broschures/en_testo_880_building.pdf))
- B. Citado por J Méndez Angulo (2013) en el II Congreso de Urgencias y Cuidados Intensivos en Équidos de Córdoba

**ANEXO I:**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO A PROPIETARIOS**

Don/Doña ..... , con DNI ..... , propietario/a del caballo de nombre ..... , con nº de historial ..... Cuyo motivo de consulta en el HVUZ es ..... **autoriza** al personal del Servicio de Cirugía y Medicina Equina del HVUZ a someter a dicho animal a un tratamiento de crioterapia (dispositivo con hielo alrededor de la pata hasta por debajo del carpo) durante 6 horas, en el que el caballo permanecerá estabulado en un box, con cama de paja, y con libre acceso a agua y alimento. Durante el tiempo indicado se realizarán diferentes determinaciones no invasivas de temperatura de la superficie del casco y temperatura rectal.

Dicho procedimiento forma parte de un estudio de investigación y no es un método invasivo ni es previsible que interfiera de manera negativa en el proceso por el que el caballo ha acudido al HVUZ.

FIRMA DEL PROPIETARIO

Zaragoza a      de      de 2013