

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**RUIDOS DIGESTIVOS Y PARÁMETROS FISIOLÓGICOS EN EL CABALLO  
DOMÉSTICO (*Equus ferus caballus*) EN URUGUAY: EFECTOS DE LA  
ESTACIÓN Y RITMO CIRCADIANO**

**Por**

**Mariana AROCENA CHARQUERO**

TESIS DE GRADO presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título de  
Doctora en Ciencias Veterinarias  
Orientación: Medicina Veterinaria

MODALIDAD: Trabajo de investigación

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2023**

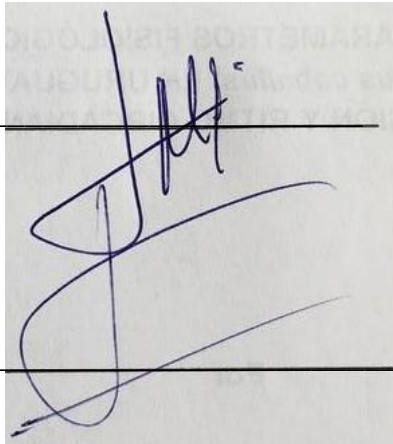
# 1. PAGINA DE APROBACION

Tesis de grado aprobada por:



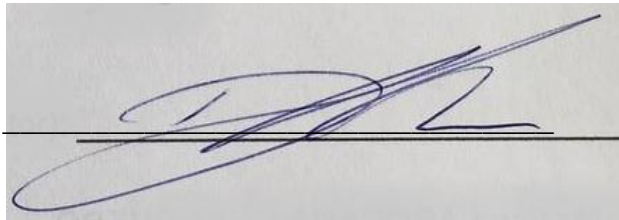
Presidente de mesa: \_\_\_\_\_

Segundo miembro (Tutor): \_\_\_\_\_



Tercer miembro: \_\_\_\_\_

Cuarto miembro: \_\_\_\_\_



Fecha: 24 de agosto de 2023

Autor:



## **2. AGRADECIMIENTOS**

Eternamente agradecida con los siete caballos que prestaron su energía para realizar este trabajo. Al Club Ecuestre Jacksonville por abrirnos las puertas de sus instalaciones y brindarnos tan cálida atención.

Gracias Sabri (mi queridísima Dra. Castro) por los traslados, la comida rica, los contactos y todos los detalles que hacen magia.

Gracias Dr. Bruno Inocente y Dr. Franco Rotela por las horas que pasaron al pie del caballo acompañando este trabajo.

Gracias a mis compañeros de Clínica Semiológica por el empuje, este trabajo es para nosotros. Sil, Cesar, Erika, Fer, Dani, Clari, Martin, Richard, Ruben, Fausto, Marta, Soto, Lucifer, Corbata, Negra, Sofi y Lobo.

A mis amigos facultativos, por mostrarme que es lo importante, orgullosa de los profesionales que son y serán.

Agradecer toda la evolución en mi carrera a mi familia. Siempre han sido un pilar fundamental, gracias por darme las herramientas para hacer mi sueño realidad.

La familia que elegí, Nico, MC Bono y Brillantina, gracias por la ternura y paciencia en esas incontables horas de estudio.

### 3. TABLA DE CONTENIDO

<b>1. PAGINA DE APROBACION .....</b>	<b>2</b>
<b>2. AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>4</b>
<b>4. LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>5. LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>6. RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>7. SUMMARY .....</b>	<b>8</b>
<b>8. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
8.1 Ritmos diarios .....	9
8.2 Alimentación, anatomía y fisiología digestiva del caballo.....	13
8.2.1 Alimentación, cavidad bucal y esófago .....	13
8.2.2 Estómago .....	14
8.2.3. Intestino delgado.....	15
8.2.4. Intestino grueso.....	16
8.2.5. Pared del intestino grueso .....	20
8.2.6. Motilidad intestinal y ruidos digestivos .....	20
8.3. Auscultación abdominal .....	22
<b>9. HIPÓTESIS .....</b>	<b>24</b>
<b>10. OBJETIVOS.....</b>	<b>25</b>
10.1. Objetivo general .....	25
10.2. Objetivos específicos .....	25
<b>11. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
11.1 Locación y animales.....	26
11.2 Metodología general .....	26
11.3. Variables ambientales .....	29
11.4. Análisis Estadístico .....	29
<b>12. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
12.1. Hemograma y bioquímica sanguínea .....	30
12.2 Ruidos digestivos.....	31
12.3 Parámetros fisiológicos .....	33
<b>13. DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>14. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>42</b>
<b>15. REFERENCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 4. LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciego del caballo. Vista lateral derecha. Se reconoce base del ciego, porción terminal del íleon (ileum), porción proximal de colon ventral derecho (RVC), cuerpo (body) y ápex. (Extraído de Krunkosky et al., 2017). .....	17
<b>Figura 2. Vista lateral izquierda</b> del colon dorsal izquierdo (Left Dorsal Colon), colon ventral izquierdo (Left Ventral Colon), flexura pélvica (Pelvic flexure). RDC (colon dorsal derecho) y RVC (colon ventral derecho). (Extraído de Krunkosky et al., 2017).....	19
<b>Figura 3 Vista lateral derecha del flanco del caballo.</b> Circulo amarillo señala región de flanco dorsal derecho (FDD), circulo verde señala región de flanco ventral derecho. ....	28
<b>Figura 4. Vista lateral izquierda del caballo.</b> Circulo amarillo señala región del flanco dorsal izquierdo (FDI), circulo verde señala región del flanco ventral izquierdo (FVI). ....	28
<b>Figura 5. Frecuencia cardíaca de los caballos evaluados (n=7) en ambas estaciones (invierno y verano).</b> .....	33
<b>Figura 6. Frecuencia respiratoria de los caballos evaluados (n=7) en ambas estaciones (invierno y verano).</b> .....	34
<b>Figura 7. Temperatura rectal de los caballos evaluados (n=7), en ambas estaciones (invierno y verano).</b> .....	35

## 5. LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Resultados de los hemogramas realizados a los caballos previo a la toma de registros en ambas estaciones (invierno y verano) (n=7).</b> .....	30
<b>Tabla 2. Resultados de la bioquímica sanguínea realizada a los caballos previo a comenzar la evaluación de 24 horas en ambas estaciones (invierno y verano) (n=7) ..</b>	31
<b>Tabla 3. Resultados de la auscultación de los ruidos digestivos en los diferentes flancos abdominales de los caballos (n=7), registrada en cuatro momentos del día, mañana (M), tarde (T), noche (N) y madrugada (Ma), bajo dos condiciones climáticas diferentes (invierno vs verano).</b> .....	32
<b>Tabla 4. Variables ambientales de temperatura y humedad relativa, en invierno y verano para los cuatro momentos del día.</b> .....	36

## 6. RESUMEN

Los organismos vivos que prosperaron se encontraron desde sus inicios sujetos a ciclos de luz-oscuridad y variaciones climáticas. Esto los ha llevado a adaptar su fisiología y comportamiento a estos cambios cíclicos. El ciclo más estudiado en los mamíferos es el ritmo circadiano de aproximadamente 24 horas. En el caballo se han demostrado variaciones circadianas en actividad locomotora, parámetros fisiológicos y bioquímicos. Pero aún falta evidencia sobre el comportamiento del aparato digestivo durante un ciclo de 24 horas. La motilidad intestinal es de interés en el caballo debido a su predisposición a cólicos digestivos, siendo evaluada clínicamente a través de la auscultación indirecta abdominal. La frecuencia de los ruidos digestivos es uno de los pilares en el reconocimiento del síndrome de abdomen agudo (SAA) o cólico, junto a los parámetros fisiológicos y exámenes laboratoriales. Para evaluar si la frecuencia de ruidos digestivos como los parámetros fisiológicos presentan variaciones a lo largo de 24 horas, se utilizaron 7 caballos y se les tomo registro cada 90 minutos durante 24 horas tanto en invierno como en verano, de: frecuencia de ruidos digestivos sobre el flanco dorsal y ventral derecho (FDD y FVD) y flanco dorsal y ventral izquierdo (FDI y FVI), frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura rectal. Los resultados sobre el FDI y FVI mostraron diferencias significativas entre el invierno y el verano ( $P \leq 0,05$ ), además el FDI manifestó diferencias entre los momentos de muestreo ( $P \leq 0,05$ ). Por otra parte, el FDD y FVD no exhibieron diferencias significativas entre estaciones ni momentos de muestreo. La frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria mostraron diferencias entre las dos estaciones ( $P \leq 0,05$ ), aunque no así la temperatura rectal. La frecuencia respiratoria y temperatura rectal exhibieron diferencias significativas según el momento del día ( $P \leq 0,05$ ). Concluimos en este trabajo que innegablemente existen variaciones fisiológicas sobre parámetros y frecuencia de ruidos digestivos a lo largo de 24 horas y entre las estaciones, pero sin duda se requieren de trabajos más exhaustivos para dilucidar si todos o solo algunos de estos ritmos están controlados por el marcapasos circadiano.

Palabras clave: equino, motilidad colónica, examen clínico, auscultación abdominal.

## 7. SUMMARY

The living organisms that prospered were found from their beginnings subject to light-dark cycles and climatic variations, this has led them to adapt their physiology and behavior to these cyclical changes. The most studied cycle in mammals is the 24-hour circadian rhythm. Circadian variations in locomotor activity, physiological and biochemical parameters have been demonstrated in the horse. But evidence is still lacking on the behavior of the horse's digestive system during a 24-hour cycle. Intestinal motility is of interest in the horse due to its predisposition to digestive colic, being clinically evaluated through indirect abdominal auscultation. Therefore, the frequency of digestive sounds is one of the pillars in the recognition of acute abdomen syndrome (AAS), together with the physiological parameters. To assess whether both the frequency of digestive noises and the physiological parameters present variations throughout 24 hours, 7 horses were used and a record was taken every 90 minutes for 24 hours, both in winter and in summer, of: frequency of digestive sounds on right dorsal and ventral flank (FDD and FVD) and left dorsal and ventral flank (FDI and FVI), heart rate, respiratory rate and rectal temperature. The results on the FDI and FVI show significant differences between winter and summer ( $P \leq 0,05$ ), in addition the FDI showed differences between the sampling hours ( $P \leq 0,05$ ). The heart rate and respiratory rate showed differences between the two seasons ( $P \leq 0,05$ ), but not the rectal temperature. We conclude in this work that there are undeniably physiological variations in parameters and frequency of digestive sounds throughout 24 hours and between seasons, but without a doubt more exhaustive work is required to elucidate if all or only some of these rhythms are controlled by the pacemaker circadian.

Key words: equine, colonic motility, clinical examination, abdominal auscultation.



## **8. INTRODUCCIÓN**

### **8.1 Ritmos diarios**

Los organismos vivos que prosperaron en el planeta tierra permanecieron desde los inicios de su evolución bajo influencia de oscilaciones cíclicas de luz-oscuridad, así como de variaciones climáticas (Murphy, 2019; Weaver, 2016). La anticipación fisiológica a cambios ambientales de luz-oscuridad y temperatura ambiental supone una evolución adaptativa de los mamíferos y muchos otros sistemas biológicos, ya que coordina ritmos endógenos con los ritmos diarios ambientales (Weaver, 2016). De esta forma se optimiza en actividades tales como: alimentación, supervivencia, encuentros con depredadores o pares para el apareamiento (Martin et al., 2010). Estas actividades se han visto influenciadas por la domesticación del caballo desde hace unos 6000 años atrás (Goodwin, 2007), ya que este ha sido adaptado de acuerdo con la evolución y las necesidades humanas, que claramente, difieren de las suyas, restringiendo su comportamiento y fisiología (Clutton-Brock, 1992). Desde entonces, el caballo ha desempeñado diversas labores, tanto en agricultura, transporte, conflictos bélicos, actividades deportivas y como animales de compañía (Goodwin, 2007). Esto ha provisto al caballo de: protección contra depredadores, cuidados ante lesiones, provisión de alimentos y refugio (Clutton-Brock, 1992; Goodwin, 2007). Sin embargo diferentes tipos de manejos productivos, le han impuesto limitaciones en la elección de alimentos, tipo y frecuencia de alimentación, restricción de actividad física e interferencia con la elección de sus pares y círculo social (Clutton-Brock, 1992; Goodwin, 2007; Martin et al., 2010). Acarreando comportamientos desadaptativos y detrimento del bienestar de los caballos ante diferentes manejos y estabulaciones (Goodwin, 2007). Conocer la fisiología normal de los caballos a campo, es de suma importancia para poder adaptar medidas clínicas y de manejo productivo que contemplen las variaciones fisiológicas circadianas y estacionales de los caballos. Las adaptaciones del organismo al ciclo diario ambiental, se ven reflejadas en cambios moleculares para adaptar el comportamiento y fisiología a un ritmo de 24 horas aproximadamente, reconocido como ritmo circadiano (RC) (Weaver, 2016). La luz del día es una de las principales señales para que se dé el RC (Murphy et al., 2007). La ausencia de luz es captada por la glándula pineal y en respuesta produce melatonina. Por lo tanto habrá una producción diferencial en meses

de día corto (invierno) y en meses de días largos (verano) (Davidson y Stabenfeldt, 2014). La melatonina presenta un comportamiento circadiano, aumentando su producción en las horas de oscuridad y se regula a través del fotoperiodo (Buijs, van Eden, Goncharuk y Kalsbeek, 2003), bien estudiado en caballos debido a su importancia en la reproducción (Davidson y Stabenfeldt, 2014). El sistema circadiano dirige y coordina eventos fisiológicos, hormonales, conductuales y ciclos de reposo-actividad (Murphy et al., 2007; Reppert y Weaver, 2002; Vaughn, Rotolo y Roth, 2014). En el caballo se han estudiado oscilaciones circadianas en: actividad locomotora (Bertolucci, Giannetto, Fazio y Piccione, 2008; Martin et al., 2010; Piccione, Caola y Rafinetti, 2005), temperatura rectal (Giannetto et al., 2022; Janczarek, Wilk, Zalewska y Bocian, 2014; Piccione et al., 2005; Rafinetti, 2010), proteínas séricas (Piccione et al., 2011), presión arterial, frecuencia cardíaca, glicemia, parámetros hematológicos y melatonina (Piccione et al., 2005; Piccione, Giannetto, Assenza, Casella y Caola, 2009).

El RC en los mamíferos está dirigido por un complejo sistema jerárquico que tiene como orquestador principal al núcleo supraquiasmático del hipotálamo (Hoogerwerf, 2009; Weaver, 2016). Este núcleo posee células reloj con genes reloj que codifican proteínas para generar un ritmo constante, auto sostenido de aproximadamente 24 horas (Segers y Depoortere, 2021; Weaver, 2016). El núcleo supraquiasmático regula los diferentes órganos a través del sistema nervioso autónomo y el sistema endocrino (Finger y Kramer, 2020), principalmente por la secreción de melatonina (Vaughn et al., 2014). La luz produce un nuevo reinicio a cada ciclo circadiano y lo regula a través de genes reloj según el ciclo de luz y oscuridad (Segers y Depoortere, 2021). Para que esta ritmicidad ocurra existen oscilaciones en genes críticos en el ritmo circadiano denominados, *Per1*, *Per2*, *Per 3*, *Cry1*, *Cry2*, *Clock* y *Bmal1*. Estos genes oscilan en el núcleo supraquiasmático y en tejidos periféricos (Guo et al., 2005), dependiendo de la hora del día, precisamente según la cantidad de horas luz (Vaughn et al., 2014; Weaver, 2016). Se ha comprobado que en varios tejidos hay presencia de relojes moleculares (genes), para la regulación circadiana (Guo, Brewer, Champhekar, Harris y Bittman, 2005). En el caballo fue estudiada la presencia de los mismos en el músculo esquelético (Martin et al., 2010), en humanos se reconocen genes rítmicos (*Per1* y *Per2*) en el estómago con implicancia en su actividad motora y sobre la secreción

ácida (Vaughn et al., 2014), otros órganos que han sido objeto de estudio del RC son el riñón y el hígado (Guo et al., 2005).

El núcleo supraquiasmático recibe y envía señales a los tejidos periféricos por las siguientes tres vías: (1) por el sistema nervioso simpático y (2) parasimpático (Buijs et al., 2006; Weaver, 2016), y a través de (3) secreción hormonal (Buijs et al., 2006). Esta coordinación permite que las células del núcleo supraquiasmático reciban señales endógenas y exógenas para establecer los RC corporales, procesando y confeccionando respuestas adaptadas y anticipadas al medio (Guo et al., 2005), necesarias para la supervivencia (Buijs et al., 2006). Entre las señales de arrastre endógenas que recibe el núcleo supraquiasmático, se destaca la concentración plasmática de melatonina, como uno de los principales mensajeros del fotoperiodo para su regulación (Buijs et al., 2006; Murphy, 2019; Vaughn et al., 2014). Las rutinas sociales y de actividad también tienen señales que impactan sobre los ritmos biológicos, principalmente las que conllevan actividad física (Murphy, 2019). Se vio que el caballo tiene RC en su actividad locomotora, mostrando un aumento de actividad durante las horas luz (Martin et al., 2010; Murphy, 2019).

Por otra parte, las señales exógenas se pueden denominar también señales de arrastre o *zeitgebers* (dador de tiempo en alemán). Entre estas señales se encuentran: oscilaciones de luz-oscuridad (Piccione et al., 2011; Reppert y Weaver, 2002; Vaughn et al., 2014), siendo la luz la señal más potente para la expresión génica de proteínas reloj, que se encuentran involucradas en los diferentes procesos del RC (Weaver, 2016). La información lumínica es captada por neuronas especializadas de la retina, que presentan un fotorpigmento, denominado, melanopsina (Güler et al., 2008), capaz de modular la respuesta a la luz y ascender información a través del tracto retino hipotalámico, principal vía retiniana involucrada (Reppert y Weaver, 2002). La información de las modificaciones de las horas de luz llega a los núcleos supraquiasmáticos, donde se integra con otras señales de arrastre, tales como la temperatura ambiental (Finger y Kramer, 2020; Stephan y Zucker, 1972) y el momento de ingesta de alimentos (Hoogerwerf, 2009; Voigt, Forsyth y Keshavarzian, 2019). El sistema circadiano se involucra en dirigir procesos gastrointestinales afectados por el momento de alimentación según lo estudiado en humanos (Hoogerwerf, 2009; Segers y Depoortere, 2021; Voigt et al., 2019). Como sabemos el intestino es el principal órgano afectado por el momento de ingesta, que a su vez repercute sobre la motilidad

gastrointestinal (Segers y Depoortere, 2021). La influencia del ritmo circadiano sobre la motilidad del colon fue estudiada en humanos (Narducci, Bassotti, Gaburri y Morelli, 1987), como también lo han sido los complejos motores a nivel rectal (Auwerda, Bac y Schouten, 2021).

Si bien hay señales que regulan al RC hay otras que son capaces de generar desbalances en los ritmos si se prolongan durante un tiempo considerable o se repiten de forma cíclica, estas son el estrés, el ayuno y la fatiga (Murphy, 2019). Muchos de estos componentes se introdujeron en la vida del caballo, luego de su domesticación y crianza intensiva al retirarlo de las pasturas (McGreevy, 2004). En humanos se vio que las modificaciones en las horas de ingesta y horas de descanso, son los principales predisponentes para la desregulación circadiana (Voigt et al., 2019). Se vio que las personas que trabajan por turnos o viajan con cambio de zona horaria, tienen alteraciones en su RC manifestando muchas veces signos gastrointestinales de diarrea, estreñimiento, e inflamación abdominal (Hoogerwerf, 2010).

Por lo antes mencionado al caballo se lo ha predispuesto a desórdenes patológicos, principalmente del tracto gastrointestinal (Hudson y Merritt, 2008). Los desórdenes del aparato digestivo son una causa frecuente de muerte en el caballo, afectando principalmente a individuos entre 4 a 15 años de edad (Baker y Ellis, 1981). Estas alteraciones pueden manifestarse como cólico o síndrome de abdomen agudo (SAA), siendo este, una entidad dolorosa de la cavidad abdominal, con posible asiento en el aparato digestivo (Gonçalves, Julliard y Leblond, 2002). Debido a su particular anatomía y a su lábil sistema vegetativo, el caballo es uno de los animales domésticos que más comúnmente sufre de cólicos (Bonfig, 1988). Además, factores como: edad, sexo, raza, carga parasitaria, antecedentes clínicos, manejos de estabulación y alimentación (tipo, cantidad, calidad y cambios), predisponen a la manifestación de cólicos (Bonfig, 1988; Gonçalves et al., 2002). Hasta donde sabemos, no hay evidencia sobre la incidencia de SAA según la estación del año.

Inevitablemente, no podemos negar que la vida de la civilización tiene un impacto sobre la motilidad gastrointestinal y los parámetros fisiológicos en el equino (Hudson y Merritt, 2008). Conocer los patrones normales de motilidad intestinal a lo largo de 24 horas en dos extremos climáticos (invierno y verano), ayudaría a la detección de anomalías clínicas y a una correcta estimación de la signología clínica recabada del

caballo. Así como, implementar medidas de manejo que mejoren la salud y bienestar de los caballos.

## **8.2 Alimentación, anatomía y fisiología digestiva del caballo**

### **8.2.1 Alimentación, cavidad bucal y esófago**

El caballo es un mamífero, herbívoro no rumiante, con fermentación en los tractos posteriores del intestino: ciego y colon (Goff, 2015; Hintz y Cymbaluk 1994; Houpt, 1990). Debido a las particularidades e importancia del tracto gastrointestinal, recordaremos los principales tópicos acerca del comportamiento alimentario, fisiología y anatomía digestiva en esta especie.

Cuando los caballos tienen alimentación *ad libitum* o se encuentran en libertad, ocupan al menos el 60% del día en alimentarse (Houpt, 1990), aproximadamente unas 18 horas al día (Dixon y Dacre, 2005). Mientras tanto, actividades tales como, descanso, auto acicalamiento y reproducción, ocupan porcentajes considerablemente más reducidos (Houpt, 1990).

Para alimentarse, el patrón habitual de ingestión consiste en seleccionar y tomar el material vegetal con el labio superior e inferior, para cortar los tallos con los dientes incisivos. Posteriormente, los premolares y molares reducirán el tamaño y espesor del alimento, el que se irá humectando con saliva hasta formar el bolo alimenticio (Goff, 2015). Los caballos presentan dientes de tipo hipsodontos (Dixon y Dacre, 2005; Goff, 2015), esto quiere decir que tienen un crecimiento continuo, siendo una adaptación al alto nivel de desgaste que producen largas horas de masticación de material vegetal (Dixon y Dacre, 2005). La armonía entre todos los componentes de la cavidad oral permitirá una masticación eficiente, siendo fundamental en herbívoros para romper las paredes vegetales y alcanzar así una alta digestibilidad del material vegetal (Goff, 2015).

Una vez formado el bolo alimenticio este deberá ser deglutido. La deglución es un proceso complejo que tiene 2 fases: una voluntaria y otra involuntaria. La fase voluntaria tiene lugar en la cavidad oral cuando el bolo es impulsado sobre el dorso de la lengua hacia la oro-faringe. Posteriormente, comienza la fase involuntaria que comprende mecanismos complejos y coordinados, que tiene lugar en la oro-faringe y finalmente en el esófago. Cuando el bolo alimenticio llega a la oro-faringe es censado por receptores que ascienden la señal por fibras aferentes hacia la médula espinal,

quien coordina una respuesta motora eferente para trasladar el bolo alimenticio hasta la entrada del esófago (Goff, 2015; Herdt y Sayegh, 2014)

El esófago es una estructura tubular con función de pasaje que comunica la vía digestiva desde la faringe hasta el estómago. Se puede subdividir en 3 partes según su recorrido: parte cervical, parte torácica y por último una porción abdominal. En la parte cervical se posiciona dorsalmente a la tráquea, para enseguida volcarse hacia el lado izquierdo de la misma, poco después de su entrada en la cavidad torácica vuelve a disponerse dorsal a la tráquea y continúa por el plano medio (König, Sautet y Liebich, 2004). Los tejidos que conforman al esófago desde el más interno al más externo son: mucosa, submucosa, muscular y adventicia (König et al., 2004). Entre las particularidades de cada tejido, encontramos que, los herbívoros presentan una túnica mucosa débilmente cornificada y la capa submucosa presenta glándulas mucosas en la parte más craneal del órgano. La túnica muscular tiene una capa circular y otra longitudinal que en una primera porción es de músculo estriado, seguido de músculo liso en la parte más distal; siendo esto último una característica de equinos, felinos y primates. A partir de esta musculatura lisa se formará el músculo esfínter del cardias, el que es especialmente fuerte en los caballos y que le da la particularidad de no poder eructar ni vomitar (Goff, 2015; Herdt y Sayegh, 2014; Krunkosky, Jarrett y Moore, 2017), aun teniendo centro del vómito (Goff, 2015). A esto se suma la angulación oblicua del esófago cuando ingresa al estómago, lo que impide este acto reflejo (Goff, 2015; Herdt y Sayegh, 2014; Krunkosky et al., 2017). Las contracciones peristálticas de la musculatura estriada están bajo el control del nervio vago y las de la musculatura lisa por el sistema nervioso entérico (Herdt y Sayegh, 2014), en quien ahondaremos más adelante.

### **8.2.2 Estómago**

El estómago es la primera dilatación del tubo digestivo, siendo un órgano en forma de saco que conecta con el esófago y el duodeno (König et al., 2004). Su capacidad es de 5 a 15 litros, limitada en relación al tamaño corporal y al volumen de forraje ingerido. Este estómago pequeño, debe alimentarse por “goteo”, ingiriendo pequeñas porciones con alta frecuencia, deteniéndose para dar unos bocados y desplazándose, para repetir la acción (Haupt, 1990). Por esta circunstancia, la restricción del movimiento por estabulación, así como largos periodos de ayuno, van en contra de su naturaleza

y perjudican el bienestar de los caballos (McGreevy, 2004). La poca capacidad del órgano y la imposibilidad para vomitar, regurgitar o eructar, hacen al estómago pasible de sobredistensión, lo que ocasiona contracciones que producen cuadros de cólico, pudiendo llevar a la rotura de la pared estomacal (Bonfig, 1988; Goff, 2015). El estómago posee como funciones: disminuir el tamaño del contenido alimenticio, humedecerlo, así como, controlar la liberación del mismo hacia el duodeno (Herdt y Sayegh, 2014). Se encuentra cubierto por la parrilla costal entre las costillas 9 y 15, caudal a la cúpula diafragmática e hígado y craneal al bazo, dispuesto principalmente hacia la mitad izquierda del abdomen (Krunkosky et al., 2017). Esto hace dificultoso su abordaje semiológico externo, pudiendo ser abordado indirectamente con una sonda nasogástrica (Goff, 2015). Anatómicamente podemos identificar 4 regiones: cardias, *fundus*, cuerpo y píloro (Krunkosky et al., 2017). El cardias corresponde a la unión gastroesofágica, siendo este un esfínter muscular fuerte (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017). Le continúa el *fundus*, porción aglandular del órgano, situada dorsalmente al cardias, quien presenta un saco ciego ocupado por gas (Krunkosky et al., 2017). La región del cuerpo es la más extensa y se encuentra revestida de mucosa glandular al igual que la región pilórica (Krunkosky et al., 2017). La región pilórica presenta forma tubular (König et al., 2004), y es la única región que se desplaza hacia la derecha del plano medio (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017). Podemos subdividir esta región en: antro pilórico, canal pilórico, y el esfínter muscular denominado píloro (Krunkosky et al., 2017). El *fundus* almacena el alimento, mientras que el cuerpo y el píloro cumplen funciones de molido y desmenuzado del bolo alimenticio, para su posterior liberación al duodeno (Herdt y Sayegh, 2014).

### **8.2.3. Intestino delgado**

El quimo abandona el estómago para llegar al intestino delgado (ID). Este último se subdivide en 3 regiones: duodeno, yeyuno e íleon (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017). El ID se encuentra sujeto a la pared abdominal dorsal por el mesenterio dorsal, el que se denomina según la porción de intestino al que se fije: mesoduodeno, mesoyeyuno y mesoíleon (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017).

El duodeno ocupa una extensión aproximada de 1 metro de largo y se subdivide en 3 porciones según su recorrido: parte craneal, descendente y ascendente (Krunkosky et al., 2017). La región craneal del duodeno presenta una doble curvatura en forma sigmoidea. En la segunda concavidad de este segmento se encuentran las papilas

duodenales mayor y menor, así como, el cuerpo del páncreas ensamblado a esta flexura (Krunkosky et al., 2017). La porción descendente del duodeno comienza justo después del ángulo duodenal craneal y se dirige hacia caudal por la pared dorsal, hacia el lado derecho de la cavidad abdominal. Luego alcanza el polo caudal del riñón derecho, donde gira hacia medial y bordea la base del ciego. Posteriormente, retorna al lado izquierdo del abdomen, como porción ascendente del duodeno, quien hará la transición al yeyuno en la región medial del riñón izquierdo (Krunkosky et al., 2017).

El yeyuno es la porción más extensa del intestino delgado, alcanzando una longitud aproximada de 25 metros en un caballo adulto. Ocupa el cuadrante dorsal izquierdo de la cavidad abdominal, donde se entrelaza libremente con asas de colon descendente (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017). De la raíz del mesenterio en la pared abdominal dorsal, parte desde un tramo corto el mesoyeyuno, que se inserta al yeyuno en toda su extensión y es particularmente largo en la especie equina (König et al., 2004). Esto le otorga al yeyuno una considerable movilidad dentro del abdomen, aumentando así las probabilidades de cambios de su posición anatómica que ocasionen SAA (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017).

El íleon, correspondiente a la última porción del intestino delgado, es un segmento corto de aproximadamente 50 cm de extensión (Krunkosky et al., 2017). Este presenta una pared muscular fuerte y gruesa que se encarga de hacer progresar el contenido alimenticio hacia el ciego y evitar su retroceso (König et al., 2004). El íleon se une al ciego mediante el pliegue ileocecal y este a la banda dorsal del ciego (Krunkosky et al., 2017). Una vez que el íleon penetra la pared dorsomedial del ciego forma la papila ileal en la luz de este último (Krunkosky et al., 2017).

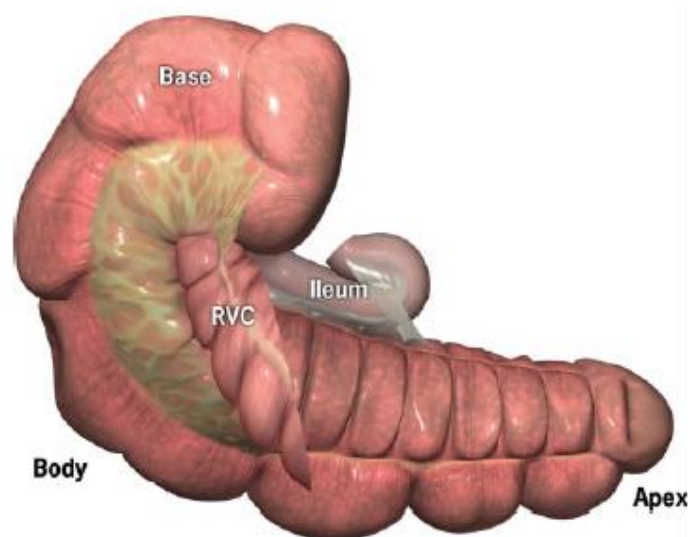
#### **8.2.4. Intestino grueso**

Abandonando el intestino delgado, comienza el intestino grueso, siendo de suma importancia en el caballo por su calidad de herbívoro no rumiante. Esta porción intestinal presenta gran capacidad de fermentación teniendo como sustratos principales a los carbohidratos estructurales y no estructurales, como también proteínas (Herdt y Sayegh, 2014). Las porciones que se reconocen del intestino grueso son: ciego, colon, recto, y canal anal (Krunkosky et al., 2017).

El ciego es la primera porción del intestino grueso y funciona como una cámara de fermentación, con capacidad aproximada de 30 litros. Presenta forma de coma y



extensión aproximada de 1 m, abarca desde la totalidad del flanco derecho y se dirige hacia craneal por ventral del abdomen. En él, se pueden distinguir 3 regiones: base, cuerpo y vértice u ápex (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017). La base del ciego se encuentra ocupando la fosa paralumbar derecha (Krunkosky et al., 2017), en su luz se puede reconocer la papila ileal con el orificio ileal y a pocos centímetros el orificio cecocólico quien dará continuidad al colon ascendente (König et al., 2004). El cuerpo del ciego toma dirección craneoventral para finalmente terminar en el vértice (Krunkosky et al., 2017). En toda su extensión, el ciego presenta 4 bandas longitudinales denominadas tenias, que toman nombre según su posición: dorsal, ventral, lateral y medial (König et al., 2004). Las tenias son haces musculares que se disponen de forma longitudinal al eje del ciego, así como también del colon (Herdt y Sayegh, 2014) y su principal función es efectuar movimientos peristálticos (König et al., 2004). La tenia dorsal es punto de inserción del pliegue ileocecal, mientras que, la banda ventral es reconocible por tacto rectal y no presenta uniones a otras estructuras. Por las tenias medial y lateral discurren los vasos linfáticos, arterias y venas, la banda lateral además presenta unión al colon ventral derecho por el pliegue cecocólico. El ciego al igual que el colon, presenta haustras o saculaciones, siendo éstas dilataciones de su luz (König et al., 2004) para aumentar la capacidad del órgano.



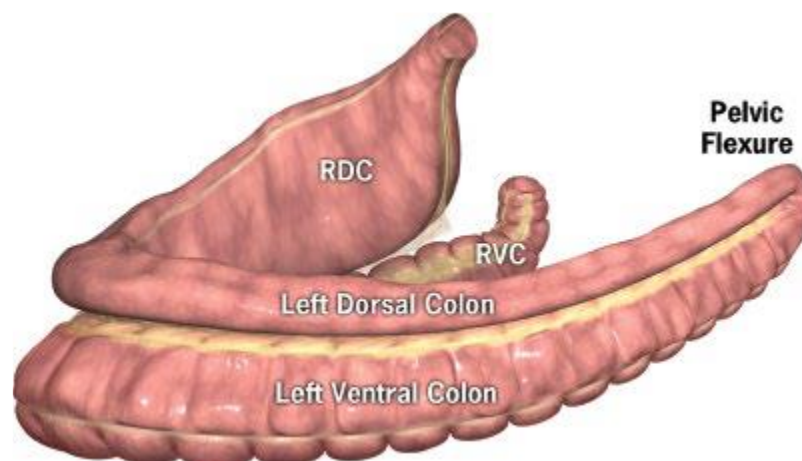
**Figura 1.** Ciego del caballo. Vista lateral derecha. Se reconoce base del ciego, porción terminal del íleon (ileum), porción proximal de colon ventral derecho (RVC), cuerpo (body) y ápex. (Extraído de Krunkosky et al., 2017).

Posterior al orificio cecocólico del ciego comienza el colon ascendente, quien tiene capacidad de 80 litros o más y gran extensión (Krunkosky et al., 2017), por estas características también se le denomina “colon mayor” (König et al., 2004). Gran parte de su extensión se encuentra libre en la cavidad abdominal, haciéndolo propenso a vólvulos y desplazamiento, manifestándose como SAA(Krunkosky et al., 2017). Próximo a las uniones costocondrales de las últimas dos costillas del lado derecho, encontramos su origen, recorriendo un primer tramo desde caudodorsal hacia craneoventral hasta llegar a la región xifoidea donde cambiará de sentido hacia el lado izquierdo del abdomen. A este cambio de sentido se le denomina flexura diafragmática ventral o flexura esternal, y a esta porción de colon también se le denomina colon ventral derecho, para luego pasar a colon ventral izquierdo. Este último, discurre sobre el lado izquierdo por la pared ventral hasta llegar próximo a la cavidad pélvica donde gira 180° en sentido dorsocraneal, a este punto se le denomina flexura pélvica (König et al., 2004). Esta flexura es un punto crítico del colon equino, que puede desencadenar SAA, este estrechamiento fisiológico y su movilidad libre, predispone a torsiones y obstrucciones en su luz. Posterior a la flexura pélvica el colon continúa por el lado izquierdo tomando nombre de colon dorsal izquierdo, hasta el diafragma donde produce otra curvatura para desviarse hacia la derecha del abdomen y discurrir en dirección caudal, a esta curvatura se le denomina flexura diafragmática dorsal (König et al., 2004). La flexura pélvica marca un punto a destacar entre dos funciones del colon bien diferenciadas, los segmentos ventrales del colon están encargados de los procesos de fermentación mientras que las porciones dorsales se encargan del transporte posterior del contenido que ya ha sido fermentado. Tanto el colon ventral derecho e izquierdo, presentan haustras y cuatro tenias. Dos de las cuatro tenias son dorsales, tenia mesocólica lateral y tenia mesocólica medial que le dan inserción al mesocolon, por ventral presenta una tenia lateral y otra medial que discurren libres sin inserciones (König et al., 2004). La tenia mesocólica medial es la encargada de portar ramas arteriales y venosas así como vías vegetativas y vasos linfáticos. Todas estas tenias son responsables principalmente del peristaltismo, salvo la tenia ventral lateral que tiene función de sostén. Luego, tres de estas tenias se fusionan a la altura de la flexura pélvica para formar una única tenia mesocólica, correspondiente al colon dorsal izquierdo, podemos reconocer esta porción por poseer esta única tenia y por una disminución en su luz (König et al., 2004). Inmediatamente que el colon dorsal izquierdo pasa la flexura diafragmática dorsal, el colon dorsal derecho vuelve a

presentar tres tenias que efectúan movimientos peristálticos para avanzar el contenido al colon transverso (König et al., 2004). Tanto el colon dorsal izquierdo como el derecho no presentan saculaciones. El colon dorsal derecho se dispone dorsal al colon ventral derecho y toma dirección hacia caudal hasta alcanzar la base del ciego para luego desviarse al plano medio donde le seguirá el colon transverso (Krunkosky et al., 2017). Este cambio de colon dorsal derecho a colon transverso es otro punto crítico en la anatomía equina. Debido a que la porción terminal del colon dorsal derecho presenta una luz considerablemente amplia de 50 centímetros aproximadamente, mientras que el colon transverso exhibe una luz estrecha de 8 centímetros, siendo punto de obstrucción de coprolitos e impacción, manifestándose como SAA (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017).

El colon transverso es un segmento de corta longitud y luz estrecha, presenta dos bandas o tenias longitudinales. El colon transverso recorre del plano derecho del abdomen al izquierdo por delante de la raíz del mesenterio y se fija a la pared dorsal del abdomen por un mesenterio corto (Krunkosky et al., 2017).

El colon descendente ocupa la región caudodorsal izquierda del abdomen, con una extensión aproximada de 2 a 4 metros y un diámetro aproximado de 8 centímetros, sujeto por el mesocolon descendente que es un punto de depósitos grasos. En su longitud presenta saculaciones, además de dos tenias, una tenia mesentérica y otra antimesentérica que se puede palpar por tacto rectal (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017).



**Figura 2. Vista lateral izquierdadel colon dorsal izquierdo (Left Dorsal Colon), colon ventral izquierdo (Left Ventral Colon), flexura pélvica (Pelvic flexure). RDC (colon dorsal derecho) y RVC (colon ventral derecho). (Extraído de Krunkosky et al., 2017).**

Por último, tenemos el recto que es la última porción del tracto digestivo equino, tiene una extensión de 25 centímetros que se extiende desde la entrada de la pelvis y finaliza en el canal anal, donde se dilata para formar la ampolla rectal (Krunkosky et al., 2017).

#### **8.2.5. Pared del intestino grueso**

La pared del intestino grueso no presenta vellosidades, la superficie de contacto aquí, aumenta por pliegues longitudinales. El epitelio se compone de células cilíndricas simples y abundantes células caliciformes dispuestas en las glándulas intestinales. Las glándulas intestinales son simples, tubulares y sin ramificaciones. Al igual que en el intestino delgado, la submucosa presenta agregado linfoide. La capa muscular es la que más se diferencia, presentando una capa circular interna de músculo liso y una capa longitudinal exterior, que se refuerzan con fibras elásticas en bandas longitudinales, denominadas tenias. Entre estas tenias, la pared intestinal protruye en ciertas porciones formando las haustras o saculaciones (König et al., 2004).

#### **8.2.6. Motilidad intestinal y ruidos digestivos**

Todas las paredes musculares del tubo digestivo tienen la propiedad de efectuar movimientos, con el fin de propulsar el material ingerido, integrar con secreciones digestivas, disminuir el tamaño del alimento, como también exponerlo al contacto con las paredes para mayor absorción (Herdt y Sayegh, 2014). El movimiento del tubo digestivo se denomina Motilidad, habiendo varios tipos: propulsiva (Herdt y Sayegh, 2014), retropropulsiva (Sanchez, 2018), de mezclado, segmentación y de retención (Herdt y Sayegh, 2014). Dentro de los movimientos de propulsión, se encuentra el peristaltismo, que se refiere a las contracciones anulares de la pared del tubo digestivo (Herdt y Sayegh, 2014). Las contracciones propulsivas son aquellas que dirigen el contenido en dirección aboral y las contracciones retropropulsivas en sentido oral (Herdt y Sayegh, 2014). Estas últimas son menos frecuentes, aunque esto no tiene una implicancia clínica relevante, ya que ambas indican motilidad intestinal (Sanchez, 2018). Todos estos mecanismos están perfectamente coordinados para dar movimiento de la ingesta a través del intestino. En presencia de cólicos se evidencian desórdenes en la motilidad intestinal (Clark y Becht, 1987). Las obstrucciones intestinales, isquemias, parasitismo, endotoxemia e inflamación de la serosa, alteran

la motilidad intestinal (Clark y Becht, 1987), el detenimiento de la motilidad produce alteraciones clínicas graves e incluso la muerte (Sanchez, 2018).

Las contracciones peristálticas del tubo digestivo producen movimiento del contenido intestinal (sólido, líquido y gaseoso), que provoca sonidos detectables a través de la auscultación abdominal (Sanchez, 2018). Por esta razón, la auscultación abdominal es una herramienta utilizada de forma rutinaria en el examen físico de grandes animales (Naylor, Poirier, Hamilton y Dowling, 2006; Sanchez, 2018), para la evaluación abdominal en cuadros de cólico (Ehrhardt y Lowe, 1990), evaluación postquirúrgica (Sasaki, Murata, Lee y Yamada, 2008; Sellers y Lowe, 1986) y cuadros de diarreas (Naylor et al., 2006; Sellers y Lowe, 1986). Al mismo tiempo es un método no invasivo y fácil de ejecutar (Hudson y Merritt, 2008), para evaluar la motilidad del intestino grueso (Sanchez, 2018). Para esto, el médico debe comprender los patrones de motilidad normal, los tipos de sonidos audibles y en qué frecuencia ocurren, para reconocer posteriormente alteraciones anormales (Sellers y Lowe, 1986). Cuando los patrones de motilidad intestinal normal se ven alterados, conducen a perturbaciones clínicas de forma inmediata (Nieto y Rakestraw, 2017). Ante cuadros de dolor abdominal, se activa el sistema nervioso simpático y la respuesta inflamatoria, provocando una disminución de los sonidos propulsivos, pudiendo estar ausentes en cuadros graves de cólico, como lo son las asas intestinales estranguladas (Desrochers y White 2017), timpanismo, desequilibrios electrolíticos o causas neurológicas (Davies, 1989). Por ende, la cantidad de ruidos intestinales detectados por auscultación, tiene un valor pronóstico relevante (Ehrhardt y Lowe, 1990), sumado con la detección de alteraciones clínicas y de laboratorio (Ihler, Venger y Skjerve, 2004). Aunque la falta de lineamientos en la técnica, interpretación y experiencia clínica del médico, puede influenciar el valor de confiabilidad de los datos recogidos (Ehrhardt y Lowe, 1990). Entre las alteraciones clínicas que encontramos, la frecuencia cardíaca, temperatura rectal y frecuencia respiratoria, son las más importantes, debido a que según la magnitud de su variación podremos clasificar la gravedad del cólico (Desrochers y White, 2017).

### **8.3. Auscultación abdominal**

Para realizar una correcta auscultación abdominal, el examinador deberá colocar el estetoscopio sobre ambos flancos abdominales, que serán separados en 4 cuadrantes: flanco dorsal derecho (FDD), flanco ventral derecho (FVD), flanco dorsal izquierdo (FDI), y flanco ventral izquierdo (FVI) (Bonfig, 1988; Desrochers y White II, 2017; Díez, 2010; Fernández, Conde y Fondevila, 2011). Al auscultar se deberá prestar particular atención a la frecuencia y calidad de los sonidos (Bonfig, 1988), siendo la frecuencia el punto más constante entre caballos (Desrochers y White II, 2017). Los sonidos auscultados se denominan borborismos, siendo estos, sonidos de gorgoteo de fluidos (Desrochers y White II, 2017).

Los borborismos identificados a la auscultación pertenecen a la motilidad del intestino grueso, mientras que el intestino delgado no produce sonidos proyectados en un punto particular, por su movilidad libre dentro de la cavidad abdominal (Desrochers y White II, 2017; Sanchez, 2018). Sobre toda la extensión del flanco derecho se podrá auscultar los sonidos del ciego, con una frecuencia de 2 a 4 sonidos por minuto (Bonfig, 1988; Desrochers y White II, 2017; Sanchez, 2018), producidos por las válvulas ileocecal y cecocólica sobre el FDD principalmente (Fernández et al., 2011).

Sobre el FDI y FVI, se logra auscultar los borborismos del colon dorsal izquierdo, colon ventral izquierdo y flexura pélvica, que presentan una frecuencia de 2 a 4 sonidos por minuto (Desrochers y White II, 2017; Sanchez, 2018). Sin embargo, hay autores que reportan que los ruidos auscultados en el FDI, corresponden a las contracciones del intestino delgado, pudiendo percibirse ruidos suaves de predominio líquido (Radostits, Gay, Blood y Hinchcliff, 2002). Según la cantidad, tipo y tiempo de alimentación los borborismos de un caballo sano pueden variar en frecuencia, amplitud e intensidad (Desrochers y White II, 2017; Fernández et al., 2011). Un animal que no ha ingerido alimentos tiene una frecuencia baja y se podrá auscultar sonidos cada 2 a 4 minutos, sin embargo, cuando la ingesta de alimentos es reciente los sonidos aumentan en frecuencia y amplitud, pudiendo ser percibidos cada pocos segundos (Fernández et al., 2011). No hay evidencias en caballos sobre las variaciones a lo largo del día y entre estaciones de los ruidos auscultados sobre los flancos.

Considerando todos los antecedentes antes vistos y existiendo poca o nula información en nuestro país sobre la influencia del ritmo circadiano y los extremos

climáticos (invierno y verano) en los parámetros fisiológicos y sobre la motilidad intestinal en el caballo, es que nos planteamos en esta tesis estudiar la existencia de ese efecto. Esta evaluación podría también colaborar para establecer una conexión que permita conocer y facilitar el tratamiento y diagnóstico del cólico en la clínica diaria por la determinación de la frecuencia de los sonidos digestivos auscultables en diferentes momentos del día. Visto todo lo anterior, se plantea estudiar en el caballo, el efecto del ritmo circadiano sobre las frecuencias de los ruidos digestivos, los parámetros fisiológicos: frecuencia cardíaca, temperatura rectal y frecuencia respiratoria.

## **9. HIPÓTESIS**

Los ruidos digestivos y parámetros fisiológicos (frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, temperatura rectal) del caballo, se ven influenciados por la estación del año, momento del día.



## **10. OBJETIVOS**

### **10.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de los ritmos circadianos y la estación del año en los ruidos digestivos y parámetros fisiológicos en el caballo.

### **10.2. Objetivos específicos**

Determinar cómo los ruidos digestivos en diferentes regiones del abdomen se ven afectadas por el horario del día y la estación del año, en el caballo.

Evaluar si los siguientes parámetros fisiológicos se ven afectados por la hora del día en que son registrados y por la estación del año:

- Frecuencia cardíaca
- Frecuencia respiratoria
- Temperatura rectal

## **11. MATERIALES Y MÉTODOS**

Este experimento contó con la aprobación del trabajo experimental con animales: Protocolo CHEA habilitado por el CEUAFVET- 1464, Nro registro 111900-00003522.

### **11.1 Locación y animales**

Este trabajo fue realizado en Club Ecuestre Jacksonville [ruta 8, km 17, Montevideo - Uruguay 34°47'33"S 56°04'46"W]. Se trabajó con 7 equinos, cruza, machos castrados (n=4) y hembras (n=3), de  $9,1 \pm 1,5$  años y con un peso de  $434,6 \pm 3,3$  kg. Los animales fueron mantenidos en campo natural y suplementados con avena una vez al día, en la tarde. Los potreros donde se alojaban contaban con tapiz verde vegetal, áreas de sombra y reparo así como fuentes de hidratación. Los 7 caballos formaban parte de una misma manada, uno de ellos realizaba paseos dentro del predio, máximo dos horas diarias, de forma esporádica. Se determinó la salud de los caballos mediante examen clínico general. Además, se realizó una extracción de sangre de 10 ml por venopunción de la vena yugular, la que fue remitida al laboratorio en tubos con anticoagulantes (EDTA K3). Con esta muestra se realizó un hemograma completo, realizado mediante un equipo automatizado (Mythic TM 18 Vet Operators Orphee S.A, Ginebra, Switzerland). Otra parte de la muestra de sangre se colocó en tubo seco para evaluar perfil renal y perfil hepático. Para ello se utilizó un analizador (Metrolab 1600 DR, Metrolab, Buenos Aires, Argentina). Todas las muestras fueron remitidas y procesadas por el Laboratorio de Análisis Clínicos de Facultad de Veterinaria (Montevideo, Uruguay). Los animales contaban con plan de vacunación y desparasitación a cargo del Veterinario de libre ejercicio del establecimiento, todos los caballos fueron desparasitados un mes previo a cada uno de los muestreos realizados.

### **11.2 Metodología general**

Este estudio se realizó en dos etapas, una primera etapa correspondiente a la estación de invierno en dos días, el día 15 de agosto se evaluaron 4 equinos, mientras que los 3 restantes el 14 de septiembre. En la toma de registros de verano se evaluaron los 7 animales el día 02 de febrero. Se realizó auscultación abdominal, se tomaron los tres parámetros fisiológicos y las condiciones climáticas de cada momento de evaluación. Las mediciones comenzaron al medio día y durante 24 horas. Cada animal se registró

cada 90 minutos, obteniéndose un total de 16 registros en 24 horas en invierno y verano. Para optimizar la interpretación de los datos, el día fue subdividido en cuatro momentos: mañana (desde las 6:00 a 12:00 horas); tarde (desde las 12:01 a 18:00 horas); noche (desde las 18:01 a 23:59 horas) y madrugada (desde las 00:00 a 5:59 horas).

La dinámica de trabajo constó de un primer acercamiento y presentación con los equinos antes de comenzar la toma de registros, en esta instancia la evaluadora y el equipo de asistencia hicieron un acostumbramiento del equino a su presencia y contacto. Luego, los caballos eran trasladados a un potrero cercano al área de trabajo, la sujeción para la conducción de los animales se realizó mediante bozal y cabestro. Cabe destacar que los 7 equinos correspondían a la misma manada, por lo tanto había relacionamiento acorde del grupo. El potrero de descanso constaba con amplia extensión, suelo cubierto de verde para pastoreo, sombra y agua fresca a disposición. La toma de registros se realizó en un cepo ubicado bajo techo, se conducía de a un animal a la vez al área de trabajo, se registraban los datos y nuevamente era conducido al potrero de descanso. Una vez que el equino se encontraba en el área de trabajo, se procedía a realizar la auscultación indirecta abdominal, comenzando el abordaje por el flanco dorsal izquierdo (FDI), seguido por flanco ventral izquierdo (FVI), luego flanco dorsal derecho (FDD) y por último flanco ventral derecho (FVD), ver figura 3 y 4. La auscultación se realizaba durante 1 minuto cronometrado y posteriormente se procedía a grabar los sonidos abdominales con el estetoscopio Littmann® Electronic Stethoscope (3M, Health care, St. Paul, Minnesota - USA), con capacidad de grabación de 30 segundos; este dato no fue analizado para este trabajo. Una vez concluida la auscultación abdominal se tomaba la frecuencia cardíaca, mediante auscultación indirecta con estetoscopio Litmann® Clasic IIITM (3M, Health care, St. Paul, Minnesota – USA) en el área de proyección cardíaca (región axilar izquierda), durante 1 minuto cronometrado. La frecuencia respiratoria se evaluó mediante inspección directa de los movimientos respiratorios. Por último, se tomaba la temperatura rectal con termómetro electrónico, previamente lubricado con vaselina semisólida para disminuir la incomodidad del animal a la maniobra. El instrumento de medida era desinfectado después de utilizarlo en cada animal.



**Figura 3 Vista lateral derecha del flanco del caballo.**

Circulo amarillo señala región de flanco dorsal derecho (FDD), circulo verde señala región de flanco ventral derecho.



**Figura 4. Vista lateral izquierda del caballo.**

Circulo amarillo señala región del flanco dorsal izquierdo (FDI), circulo verde señala región del flanco ventral izquierdo (FVI).

### **11.3. Variables ambientales**

En cada toma de parámetros fisiológicos, también se registraron las siguientes variables ambientales: temperatura ambiental (°C) y humedad relativa (%), utilizando un anemómetro digital (Hold Peak, China). Previo al inicio de cada muestreo de parámetros, se realizó un registro de estas variables ambientales en ambas estaciones.

### **11.4. Análisis Estadístico**

El análisis estadístico de los resultados de las variables fisiológicas, como de la frecuencia de los ruidos digestivos, fueron analizados por ANOVA para medidas repetidas, comparados por un modelo mixto (SAS, University Edition). Los efectos incluidos fueron el momento del día, las estaciones y la interacción entre el momento del día y la estación. Se consideraron efectos significativos cuando  $P \leq 0,05$ . Los resultados se expresan como las medias  $\pm$  EEM.

## 12. RESULTADOS

### 12.1. Hemograma y bioquímica sanguínea

Los resultados obtenidos de los hemogramas y bioquímica sanguínea, permitieron confirmar el estado de salud de los animales. En base a estos se constató que ninguno de los animales incluidos en el trabajo presentó alteraciones en dichos análisis, como para ser excluidos del experimento. Además de la evaluación sanguínea se realizó un examen clínico exhaustivo de todos los caballos, encontrándose todos los animales dentro de los parámetros normales establecidos para la especie. Se obtuvo una frecuencia cardíaca de  $37,3 \pm 1,9$  latidos por minuto, frecuencia respiratoria de  $10,1 \pm 1,1$  respiraciones por minuto y una temperatura rectal de  $37,5 \pm 0,2$  °C.

**Tabla 1. Resultados de los hemogramas realizados a los caballos previo a la toma de registros en ambas estaciones (invierno y verano) (n=7).**

Animales	GR (mill/ul)	Hto (%)	Hb (g/dl)	Plq	GB (/ul)	Lin (/ul)	Neu (/ul)	Mon (/ul)	Eosi (/ul)	Baso (/ul)
1	6.94	28,7	10,5	156000	7600	2432	4712	0	380	0
2	8.02	34,7	12,6	119000	6800	2992	3128	408	272	0
3	14.66	53,1	22,2	138000	5600	2632	2520	224	168	56
4	9.04	37,3	14	155000	8200	1804	6068	82	246	0
5	8.17	33,5	12,5	260000	8300	2988	4648	249	332	83
6	12.43	47,1	19,3	94000	5200	1248	3588	52	156	52
7	8.01	31,1	11,5	137000	7600	2888	4332	0	380	0

Los resultados se expresan como la media. GR (glóbulos rojos), Hto (hematocrito), Hb (hemoglobina), Plq (plaquetas), GB (glóbulos blancos), Lin (linfocitos), Neu (neutrófilos), Mon (monocitos), Eosi (eosinófilos), Baso (basófilos).

**Tabla 2. Resultados de la bioquímica sanguínea realizada a los caballos previo a comenzar la evaluación de 24 horas en ambas estaciones (invierno y verano) (n=7)**

Animales	Urea	Creatinina	Alb	Glo	Prot. T	FAS	GOT	GGT	Colesterol	Bilirrubina total
1	45,86	1	3,8	2,11	5,9	394	306	12	67	0,6
2	46,84	0,9	3,7	3	6,7	490	290	15	75	0,9
3	44,28	0,9	3,5	3,4	6,9	470	246	12	75	0,7
4	40,6	1,1	3,7	3,38	7	531	263	11	64	1
5	41,69	1,2	3,8	3,24	7,1	383	258	13	113	0,8
6	46,65	1	4	2,77	6,8	323	281	17	112	1,3
7	50,71	0,8	3,7	2,63	6,4	341	306	14	81	0,7

Los resultados se expresan como la media. Alb (albumina), Glo (globulinas), Prot. T (proteínas totales).

## 12.2 Ruidos digestivos

Los resultados de los ruidos digestivos en los cuatro cuadrantes se presentan en la Tabla 3. El FDI manifestó menor cantidad de ruidos digestivos en invierno que en verano ( $P < 0,05$ ), también con diferencias entre los momentos del día, teniendo el menor valor durante la madrugada ( $P < 0,05$ ) tanto en verano como en invierno y el mayor durante el momento de la tarde. Mientras tanto, en el FVI se encontró que la frecuencia de ruidos digestivos por minuto fue menor en invierno que en verano ( $P < 0,05$ ). No hubo resultados significativos entre los momentos del día, ni interacción entre estación y la hora para el FVI. En el FDD y FVD no hubo diferencias significativas entre las estaciones, ni sobre los momentos del día, tampoco se observó interacción entre estación y la hora del día.

**Tabla 3. Resultados de la auscultación de los ruidos digestivos en los diferentes flancos abdominales de los caballos (n=7), registrada en cuatro momentos del día, mañana (M), tarde (T), noche (N) y madrugada (Ma), bajo dos condiciones climáticas diferentes (invierno vs verano).**

Flancos	Invierno				Verano				<i>P est</i>	<i>P hora</i>	<i>P est X hora</i>
	M	T	N	Ma	M	T	N	Ma			
<b>FDD</b>	2,07± 0,15	1,71± 0,15	2,03± 0,15	2,11± 0,15	2,14± 0,15	2,07± 0,15	2,25± 0,15	1,92± 0,15	0,28	0,33	0,31
<b>FVD</b>	2,28± 0,13	2,10± 0,13	2,15± 0,14	2,03± 0,14	2,39± 0,13	2,25± 0,13	2,39± 0,13	2,10± 0,13	0,14	0,22	0,93
<b>FDI</b>	2,03± 0,13	1,89± 0,13	1,88± 0,14	1,53± 0,14	2,25± 0,13	2,14± 0,13	2,14± 0,13	1,57± 0,13	0,04	0,0001	0,81
<b>FVI</b>	2,10± 0,15	1,96± 0,15	2,19± 0,16	1,92± 0,16	2,50± 0,15	2,46± 0,15	2,17± 0,15	1,96± 0,15	0,03	0,11	0,24

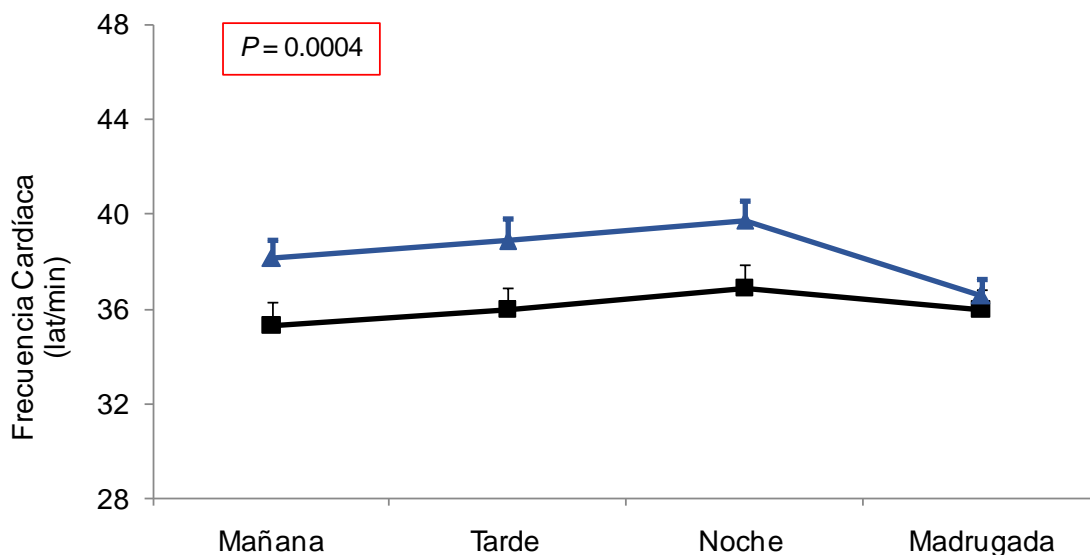
Los resultados se expresan como la media ± EEM. M (mañana), T (tarde), N (noche), Ma (madrugada), FDD (flanco dorsal derecho), FVD (flanco ventral derecho), FDI (flanco dorsal izquierdo), FVI (flanco ventral izquierdo), est (estación). Los resultados se consideran significativos con un  $P \leq 0,05$ .



### 12.3 Parámetros fisiológicos

Los resultados de los parámetros fisiológicos se presentan en las figuras 5, 6 y 7. Se obtuvieron diferencias de varios de los parámetros fisiológicos evaluados, tanto entre las estaciones como según el momento del día.

La frecuencia cardíaca (Fig. 5), fue significativamente menor en la estación de invierno que en verano ( $P = 0,0004$ ), la media de latidos/minuto para invierno fue de  $36 \pm 1$  latidos/minuto, mientras que en verano fue de  $38,3 \pm 0,8$  latidos/minuto. No se encontró diferencia en la frecuencia cardíaca según el momento del día en que fue registrada, como tampoco se encontró interacción entre la estación y el momento del día.

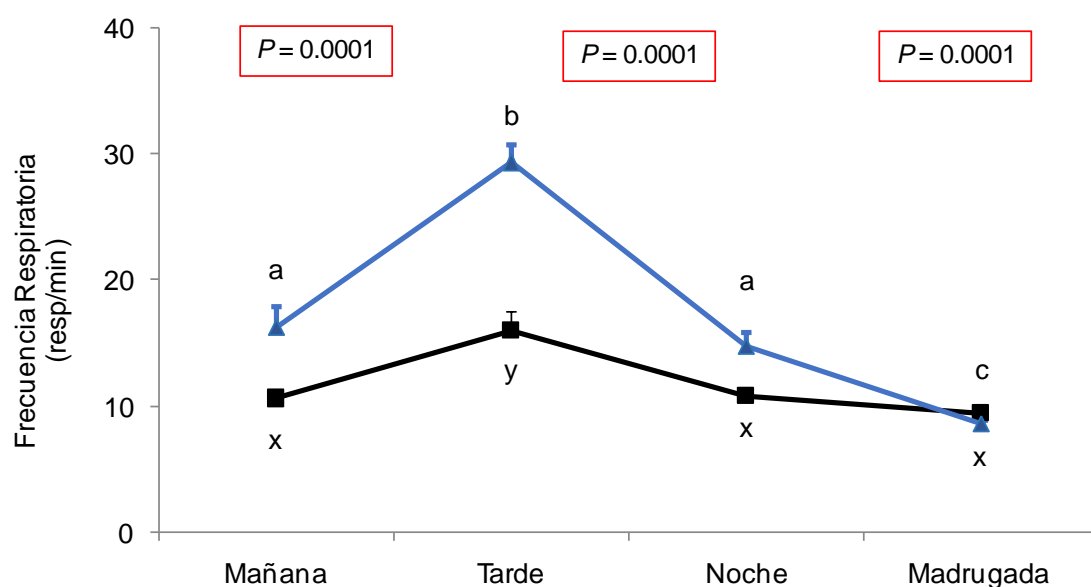


**Figura 5. Frecuencia cardíaca de los caballos evaluados (n=7) en ambas estaciones (invierno y verano).**

Estación de invierno (línea negra) y la estación de verano (línea azul), expresada como las medias  $\pm$  EE de latidos por minuto para los cuatro momentos del día (mañana, tarde, noche y madrugada). Los resultados se consideran significativos con un  $P \leq 0,05$ .

Los resultados de frecuencia respiratoria se observan en la figura 6. Se presentó menor cantidad de respiraciones minuto en invierno que en verano ( $P = 0,0001$ ). La FR en invierno fue de  $11,7 \pm 0,7$  respiraciones/minuto y en verano fue de  $17,3 \pm 1,2$  respiraciones/minuto.

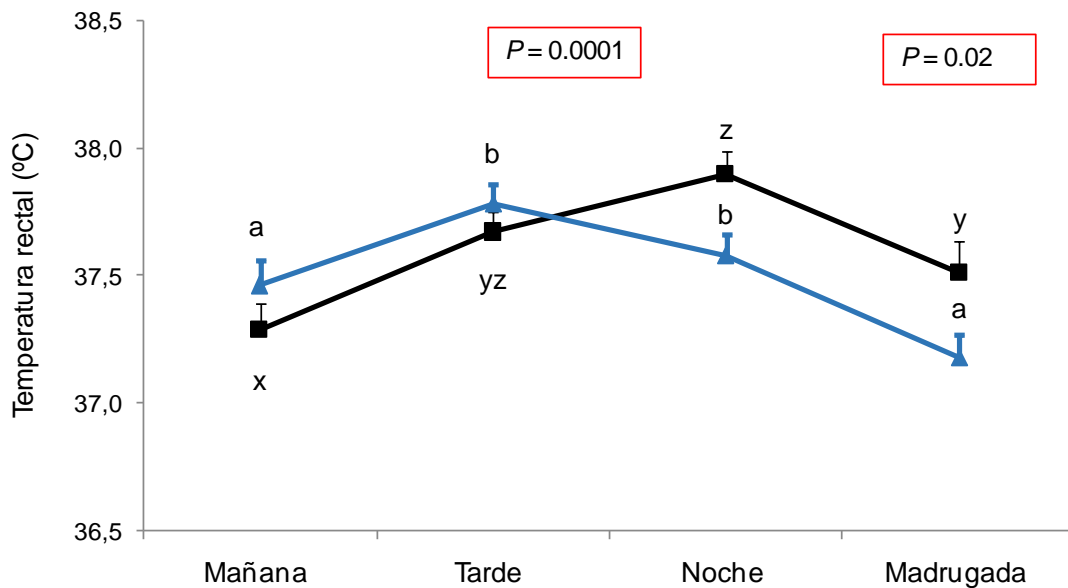
A su vez se encontró diferencia en la frecuencia respiratoria según el momento del día, teniendo los animales el valor más bajo en las horas de la madrugada y la FR más alta se registró en el momento de la tarde ( $P = 0,0001$ ). Se encontró interacción entre la estación y el momento del día ( $P = 0,0001$ ).



**Figura 6. Frecuencia respiratoria de los caballos evaluados (n=7) en ambas estaciones (invierno y verano).**

Estación de invierno (línea negra) y la estación de verano (línea azul), expresada como las medias  $\pm$  EE de la FR en los cuatro momentos del día (mañana, tarde, noche y madrugada). La FR en invierno fue menor que en verano ( $P = 0,0001$ ), la FR varió según el momento del día siendo menor en la madrugada y obteniendo la FR más alta en el momento de la tarde ( $P = 0,0001$ ). Hubo interacción entre la estación y el momento de registro ( $P = 0,0001$ ). Los resultados se consideran significativos con un  $P \leq 0,05$ .

La temperatura rectal como se observa en la figura 7, no mostró diferencias entre las estaciones del año en la que fue registrada, la temperatura en invierno fue de  $37,6 \pm 0,1$  °C y en verano  $37,5 \pm 0,1$  °C. Se encontraron diferencias significativas en la temperatura rectal según el momento del día ( $P = 0,0001$ ), siendo en la madrugada y la mañana los registros de temperatura rectal más bajos en ambas estaciones. Se encontró una interacción entre la estación y el momento del día ( $P = 0,0216$ ).



**Figura 7. Temperatura rectal de los caballos evaluados (n=7), en ambas estaciones (invierno y verano).**

Estación de invierno (línea negra) y la estación de verano (línea azul), expresada como las medias  $\pm$  EE de la temperatura rectal en los cuatro momentos del día (mañana, tarde, noche y madrugada). TR varía entre momentos del día ( $P = 0,0001$ ). Existe interacción entre la estación y el momento de muestreo ( $P = 0,02$ ). Los resultados se consideran significativos con un  $P \leq 0,05$ .

## VARIABLES AMBIENTALES

Los datos recabados de las variables ambientales (temperatura ambiental y humedad relativa) se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4. Variables ambientales de temperatura y humedad relativa, en invierno y verano para los cuatro momentos del día.**

	Invierno				Verano			
	M	T	N	Ma	M	T	N	Ma
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	11,3	14,8	11,5	11,0	22,0	28,3	23,2	20,7
<b>Humedad relativa (%)</b>	84,7	83,2	84,2	79,0	65,6	28,7	57,9	68,6

Los resultados se expresan como la media  $\pm$  EEM. M (mañana), T (tarde), N (noche), Ma (madrugada).

### 13. DISCUSIÓN

Existen investigaciones previas sobre la ritmicidad que exhiben varios parámetros fisiológicos en el caballo (Piccione et al., 2005; Piccione et al., 2009). Sin embargo, hasta donde tenemos conocimiento, no existen estudios que evalúen la influencia de la estación y del RC sobre el aparato digestivo del caballo, particularmente sobre su motilidad. En medicina humana se ha ampliado el estudio del RC en relación con el aparato digestivo, debido a que la desregulación del mismo tiene impactos negativos sobre el metabolismo y las funciones digestivas, principalmente sobre la motilidad intestinal (Segers y Depoortere, 2021). Se estudió en humanos RC en la motilidad gástrica (Yamaguchi et al., 2015) e intestinal (Auwerda et al., 2001), así como en las hormonas producidas por el aparato digestivo (Martchenko et al., 2020). El momento de ingestión de alimentos es un sincronizador del RC e impacta sobre las funciones digestivas (Hoogerwerf, 2009; Segers y Depoortere, 2021; Voigt et al., 2019). Además, el momento de ingestión de alimentos repercute sobre la motilidad del intestino y sobre los ruidos digestivos auscultados. Un animal que no ha ingerido alimentos tiene una frecuencia baja y se podrá auscultar sonidos cada 2 a 4 minutos, sin embargo, cuando la ingesta de alimentos es reciente los sonidos aumentan en frecuencia y amplitud, pudiendo ser percibidos cada pocos segundos (Fernández et al., 2011). La frecuencia de los ruidos digestivos proyectados sobre el FDI, se vieron significativamente afectados por el momento del día en que fue registrada, teniendo la menor frecuencia en la madrugada en ambas estaciones (invierno y verano). Hay desacuerdo entre autores sobre qué segmento del intestino se proyecta sobre el FDI. Radostits et al., (2002) informan sobre la posibilidad de auscultar ruidos suaves e hídricos sobre el FDI correspondientes al intestino delgado. Por otra parte, otros autores afirman que sobre FDI se proyecta el colon descendente (König et al., 2004; Krunkosky et al., 2017). Por tanto, en el presente trabajo no podemos discutir con certeza a que región del intestino del caballo corresponde esta diferencia significativa en la frecuencia de sonidos auscultados en invierno y verano. Tal vez realizar una auscultación ecoguiada en futuros estudios pueda tener un acercamiento mayor sobre los ruidos percibidos y sus correspondencias anatómicas. En humanos se evidenció que la actividad motora del colon a lo largo de un ciclo de 24 horas presenta oscilaciones. Siendo en la madrugada durante el sueño la actividad mínima y picos máximos de actividad en la mañana temprano luego del despertar y posterior a cada momento de ingesta (Narducci et al,

1987). Esto se puede explicar por los reflejos coordinados que presenta el aparato digestivo para asegurar una correcta función. La ingesta de alimentos produce distensión del estómago que de forma refleja producirá un aumento en la motilidad del colon, a esto se le denomina reflejo gastrocólico. Además, cuando se produce esta distensión estomacal, aumentan las contracciones del íleon, denominándose reflejo gastroileal (Bisiacchi, 2010b). Por tanto, los movimientos del tubo digestivo están íntimamente relacionados con el momento de alimentación. El patrón de alimentación de un caballo en libertad consiste en el desplazamiento para luego tomar un par de bocados y volverse a desplazar (Goff, 2015), lo que se acompaña con una mayor actividad motora diurna que nocturna (Bertolucci et al., 2008; Martin et al., 2010; Piccione et al., 2005). En el presente trabajo no se registró el comportamiento de los caballos durante los distintos momentos del día (alimentación, actividad física y descanso), como para dilucidar si en la madrugada los caballos mostraban disminución de la ingesta o reducción de la actividad motora; pudiendo tener estos factores íntima relación con los ruidos digestivos auscultados. Arnold (1984) estudió el comportamiento de pastoreo y actividad en caballos, ovinos y vacunos en invierno, primavera y verano, pudiendo observar que los caballos en el invierno tenían la mínima actividad de pastoreo entre las 03:00 a 06:00 am, momento donde se obtuvo la menor frecuencia de ruidos digestivos sobre el FDI en el presente estudio. Tampoco se tomó registro del momento ni número de defecaciones al día, pudiendo ser un dato interesante, fácil de recabar y adicional para la interpretación de los resultados, ya que la defecación es un indicativo de motilidad intestinal. Los momentos de defecación más frecuentes en humanos son luego de la ingesta de alimentos y posterior al despertar en la mañana (Rao, Lembo, Chey, Friedenber y Quigley, 2020). Según lo visto por Naylor et al. (2006), cuando un caballo pasa por un periodo de ayuno de sólidos, la realimentación estimula el aumento en la intensidad del sonido y la frecuencia de la actividad mioeléctrica del intestino. Aunque no se sabe con certeza cuál es el promedio de tiempo que un equino realiza ayuno voluntariamente en condiciones de campo en la madrugada.

Por otra parte la frecuencia de ruidos digestivos obtenidos sobre el FDI y FVI fue significativamente menor durante el invierno que en verano. En el flanco izquierdo y particularmente el FVI se encuentra proyectado el colon ventral y dorsal izquierdo, segmentos importantes en la fermentación, retención y avance del material vegetal

(Hardy, 2017; Herdt y Sayegh, 2014). En el colon ventral izquierdo hay un predominio de movimientos retropropulsivos o antiperistálticos, para aumentar el tiempo de contacto del contenido intestinal con los microorganismos, favoreciendo la digestión microbiana y la retención de microorganismos en ese segmento (Herdt y Sayegh, 2014). La motilidad intestinal sufre impactos a través de la alimentación y esta última se ve influenciada indirectamente por condiciones climáticas. Se vio en ponis y burros que el tipo de alimento consumido tiene un impacto sobre la digestibilidad y sobre la tasa de paso del alimento por el colon (Pearson y Merritt, 1991). Los burros que consumieron pasturas de baja calidad presentaron un enlentecimiento de la tasa de paso en el colon (Pearson y Merritt, 1991). Podemos inferir que las estaciones de invierno se caracterizan por materiales vegetales de menor calidad. Uruguay presenta ambientes heterogéneos y climas variables, lo que hace difícil muchas veces que los cultivos sean exitosos (Del Puerto, 1969). En invierno la tasa de crecimiento del pasto es baja, según datos recabados para julio del 2021 en Uruguay, la altura del pasto en el campo natural promediaba unos 3,84 cm, resultando en un descenso importante en la disponibilidad para los meses de invierno (Plan Agropecuario, 2021). Estas pasturas de menor calidad y en menor disponibilidad pueden tener influencia sobre la motilidad intestinal, y por tanto sobre la frecuencia de ruidos digestivos auscultados en ambas estaciones.

Entre los resultados obtenidos en los parámetros fisiológicos, se encontró que la frecuencia cardíaca tuvo una diferencia significativa según la estación del año, encontrándose un valor menor en la estación de invierno que en verano. Un estudio realizado en burros adultos, jóvenes y potrillos en clima frío-seco y cálido-seco encontró que la frecuencia cardíaca y respiratoria eran significativamente más bajas en invierno que en verano (Zakari, Ayo, Rekwot, Kawu y Minka, 2018). Este estudio también obtuvo como resultado el comportamiento diurno de ambas categorías de animales en las dos estaciones (Zakari, Ayo, Rekwot, Kawu y Minka, 2018), lo cual coincide con los resultados de nuestro trabajo. Se sabe que las condiciones climáticas tales como temperaturas elevadas aumentan la frecuencia cardíaca (Palacio, 1999), lo que explica el aumento de la misma en la estación de verano. Sucede que a medida que la temperatura del ambiente incrementa se resienten las funciones corporales y generan estrés calórico en los caballos (Janczarek et al., 2014). El aumento de la frecuencia cardíaca en meses de calor es una adaptación del organismo para enviar

mayor flujo sanguíneo a tejidos periféricos y facilitar la pérdida de calor (Zakari et al., 2018). Se vio que tanto la frecuencia cardíaca como la temperatura rectal son indicadores sensibles en el caballo frente a exposiciones de temperatura ambiente superiores a los 26°C (Janczarek et al., 2014). Investigaciones en humanos (Guo y Stein, 2003) y en caballos (Piccione et al., 2005), han reportado variaciones de frecuencia cardíaca a lo largo del día. En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas según el momento de la hora del día. Aunque sin diferencia entre momentos del día, en este estudio se observaron (Fig. 5) los valores de frecuencia cardíaca más bajos durante la noche y la madrugada, en coincidencia de los trabajos mencionados (Guo y Stein, 2003; Piccione et al., 2005). En humanos está documentada la disminución del volumen de eyección sistólica y del gasto cardíaco en horas de la noche y se explica por las oscilaciones de luz-oscuridad y la actividad física (Veerman, Imholz, Wieling, Wesseling y van Montfrans, 1995). Al igual que la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria fue significativamente más baja durante el invierno en comparación con el verano, manteniéndose entre los rangos normales para la especie. Esto puede explicarse por la importancia del aparato respiratorio en la termorregulación, sobre todo en verano (Robinson, 2014a). Las demandas de oxígeno que se producen en meses de calor requieren un aumento del volumen minuto, a expensas de aumentar la frecuencia respiratoria o el volumen corriente (volumen de cada respiración) (Robinson, 2014b). Esto facilita la evaporación de las secreciones respiratorias necesarias para la pérdida de calor en los meses de verano (Robinson, 2014a), al igual que ocurre en los caballos en ejercicio (Franklin, Van Erckwestergren y Bayly, 2012). La actividad locomotora de los caballos es menor durante el equinoccio de invierno (Bertolucci et al., 2008), lo que conlleva una menor demanda de oxígeno por parte de los tejidos. También se vio que la frecuencia respiratoria disminuyó durante horas de la madrugada, esto puede verse asociado a una menor actividad locomotora en horas de la noche ya que se ha demostrado que los caballos tienen actividad diurna (Martin et al., 2010; Bertolucci et al., 2008), teniendo su pico de actividad en la mitad de la fase luminosa (Piccione et al., 2005). Además, la disminución de la frecuencia respiratoria en horas de la madrugada puede ser una estrategia del organismo para evitar la pérdida de calor por la vía aérea (Robinson, 2014). Por otra parte, los resultados obtenidos de temperatura rectal muestran una variación significativa a lo largo del día (Fig. 7), coincidiendo con diversos autores (Piccione et al., 2002; Piccione et al., 2005; Giannetto et al., 2022). Giannetto et al.



(2022), comparó la temperatura rectal y cutánea en las cuatro estaciones del año, con dos sistemas de crianza diferentes, concluyendo que el pico de temperatura rectal se da al final de la fase luminosa en las cuatro estaciones del año, en coincidencia con nuestro trabajo realizado en invierno y verano. Si observamos la Fig. 5 podremos notar que el pico de temperatura rectal en invierno se da en la tarde mientras que en verano el pico se da sobre el momento de la noche. Al igual que Giannetto et al. (2022), Piccione et al. (2005), observaron que el pico de temperatura rectal se da en las primeras horas de oscuridad. Por tanto, esta diferencia en los picos observados (Fig. 5), se asociarían a la hora de puesta de sol en las diferentes estaciones.

En el presente estudio no encontramos diferencias significativas en la temperatura rectal con respecto a las dos estaciones estudiadas. Esto puede explicarse debido a que la temperatura rectal es un reflejo de la temperatura corporal central (Sessler, 2009; Rafinetti, 2010). Los homeotermos, como lo es el caballo, utilizan diferentes mecanismos para conservar o perder calor según la temperatura ambiental, ya que la temperatura corporal central debe mantenerse alrededor de los 38°C para asegurar las funciones tisulares normales (Robinson, 2014a; Sessler, 2009).

Los resultados de esta investigación son un punta pie para profundizar en futuras investigaciones, debido a la importancia clínica del aparato digestivo del caballo, como así también, para optimizar las medidas de manejo alimentario que acompañen a la fisiología normal.

Entre los parámetros fisiológicos que se han estudiado en diferentes estaciones y regímenes de crianza, la temperatura rectal ha sido un parámetro importante en la biología del caballo (Giannetto et al., 2022), en interacción con la temperatura ambiente y sus ciclos de luz-oscuridad. Sin embargo, hasta donde sabemos no hay antecedentes previos sobre el efecto del día y el efecto de la estación del año sobre la frecuencia de ruidos digestivos auscultados en el caballo.

Por lo tanto, este sería el primer estudio, que analiza tanto los ruidos digestivos como también parámetros fisiológicos entre estaciones y momentos del día.

## **14. CONCLUSIÓN**

Concluimos que existió una variación estacional en la frecuencia de los ruidos digestivos del caballo, siendo el invierno un momento donde se aprecia la menor frecuencia de ruidos digestivos auscultados sobre el FDI y FVI. Además, concluimos que la hora del día tuvo un impacto sobre la frecuencia de ruidos digestivos auscultados en el FDI, mostrando una disminución de la frecuencia de ruidos reconocible por auscultación indirecta en horas de la madrugada en ambas estaciones.

En cuanto a los parámetros fisiológicos, concluimos que la frecuencia respiratoria y la temperatura rectal muestran oscilaciones según el momento del día. Además, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria variaron entre la estación de invierno y verano, siendo el invierno la estación donde se aprecian los valores más bajos en estos parámetros.

## 15. REFERENCIAS

- Arnold, G.W. (1984). Comparison of the time budgets and circadian patterns of maintenance activities in sheep, cattle and horses grouped together. *Applied Animal Behaviour Science*, 13(1-2), 19–30. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(84\)90048-0](https://doi.org/10.1016/0168-1591(84)90048-0)
- Auwerda, J.J., Bac, D.J., y Schouten, W.R. (2001). Circadian rhythm of rectal motor complexes. *Diseases of the colon and rectum*, 44(9), 1328-1332. <https://doi.org/10.1007/BF02234793>
- Baker, J.R., y Ellis, C.E. (1981). A survey of post mortem findings in 480 horses 1958 to 1980: (1) Causes of death. *Equine Veterinary Journal*, 13(1), 43-46. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1981.tb03448.x>
- Bertolucci, C., Giannetto, C., Fazio, F., y Piccione, G. (2008). Seasonal variations in daily rhythms of activity in athletic horses. *Animal*, 2(7), 1055-1060. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002267>
- Bisiacchi, B. (2010a). Generalidades y control del sistema gastrointestinal. En M.A. Dvorkin, D.P. Cardinal, *Best & Taylor: Bases físicas de la Práctica Médica* (14<sup>a</sup> ed., pp. 577-592). Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.
- Bisiacchi, B. (2010b). Motilidad del sistema gastrointestinal. En M.A. Dvorkin, D.P. Cardinal, *Best & Taylor: Bases físicas de la Practica Medica* (14<sup>a</sup> ed., pp. 593-606). Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.
- Bonfig H. (1988). Examination of the horse with colic. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 4(1), 1-15. [https://doi:10.1016/s0749-0739\(17\)30646-6](https://doi:10.1016/s0749-0739(17)30646-6)
- Breves, G., Diener, M., Ehrlein, H.J., von Engelhardt, W., Kaske, M., Leonhard-Marek, S. ... Wolfram, S. (2004). Fisiología del tracto gastrointestinal. En W.V. Engelhardt y G. Breves (Eds.), *Fisiología veterinaria* (pp. 323-337). Zaragoza: Acribia.
- Buijs, R.M., Scheer, F.A., Kreier, F., Yi, C., Bos, N., Goncharuk, V.D., y Kalsbeek, A. (2006). Organization of circadian functions: interaction with the body. *Progress in Brain Research*, 153, 341-360. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)53020-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)53020-1)
- Buijs, R.M., van Eden, C.G., Goncharuk, V.D., y Kalsbeek, A. (2003). The biological clock tunes the organs of the body: timing by hormones and the autonomic nervous system. *The Journal of Endocrinology*, 177(1), 17-26. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1770017>
- Clark, E.S., y Becht, J.L. (1987). Clinical pharmacology of the gastrointestinal tract. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 3(1), 101-122. [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30693-4](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30693-4)

- Clutton-brock, J. (1992). The process of domestication. *Mammal Review*, 22(2), 79–85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1992.tb00122.x>
- Davidson, A.P. y Stabenfeldt, G.H. (2014). Ciclos reproductores. En B.G. Klein (Ed.), *Cunningham fisiología veterinaria* (5ª ed., pp. 423-430). Barcelona: Elsevier.
- Davies J.V. (1989). Normal intestinal motility. *The Veterinary Clinics of North America. Equine practice*, 5(2), 271-281. [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30588-6](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30588-6)
- Del Puerto, O. (1969). Hierbas del Uruguay. *Nuestra Tierra*, (19), 68.
- Desrochers A., y White II N.A. (2017). Diagnostic approach to colic. En A.T. Blikslager, N.A. White II, J.N. Moore y T.S. Mair (Eds.), *The equine acute abdomen* (3ª ed., pp. 223-310). Hoboken: Wiley Blackwell.
- Díez, A.J. (1999). Exploración del aparato digestivo: Monogástricos. Examen general. Exploración abdominal interna. Semiología. Examen laboratorial de jugos gástricos. En P. García, F. Prieto, C. Gutiérrez, R. Mayer (Eds.), *Exploración clínica veterinaria* (pp. 249-262). Madrid: Ediciones Lancia.
- Dixon, P.M., y Dacre, I. (2005). A review of equine dental disorders. *Veterinary Journal*, 169(2), 165-187. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.03.022>
- Ehrhardt, E.E., y Lowe, J.E. (1990). Observer variation in equine abdominal auscultation. *Equine Veterinary Journal*, 22(3), 182-185. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04244.x>
- Fernández A.C., Conde, T.A., y Fondevila J.A. (2011). Exploración del aparato digestivo. En A.C. Fernández, T.A. Conde, y J.A. Fondevila, *La exploración clínica del caballo* (pp. 116-133). Zaragoza: SERVET.
- Finger, A., y Kramer, A. (2020). Mammalian circadian systems: Organization and modern life challenges. *Acta Physiologica*, 231(3). <https://doi.org/10.1111/apha.13548>
- Giannetto, C., Aragona, F., Arfuso, F., Piccione, G., De Caro, S., y Fazio, F. (2022). Diurnal variation in rectal and cutaneous temperatures of horses housed under different management conditions. *International Journal of Biometeorology*, 66(8), 1601-1611. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02304-3>
- Goff J.P. (2015). Digestion, absorption, and metabolism. En W.O. Reece, H.H. Erickson, J.P. Goff y E.E. Uemura (Eds.), *Dukes' physiology of domestic animals* (13<sup>th</sup> ed., pp. 467-483). Hoboken: Wiley Blackwell.
- Gonçalves, S., Julliard, V., y Leblond, A. (2002). Risk factors associated with colic in horses. *Veterinary Research*, 33(6), 641-652. <https://doi.org/10.1051/vetres:2002044>
- Goodwin, D. (2007). Horse behaviour: evolution, domestication and feralisation. En N. Waran (Ed.), *The welfare of horses* (Vol. 1, pp 1-18). Dordrecht: Springer.

- Guo, Y.F., y Stein, P.K. (2003). Circadian rhythm in the cardiovascular system: chronocardiology. *American Heart Journal*, 145(5), 779-786. [https://doi.org/10.1016/S0002-8703\(02\)94797-6](https://doi.org/10.1016/S0002-8703(02)94797-6)
- Güler, A.D., Ecker, J.L., Lall, G.S., Haq, S., Altimus, C.M., Liao, H.W., Barnard, A.R., ... Hattar, S. (2008). Melanopsin cells are the principal conduits for rod-cone input to non-image-forming vision. *Nature*, 453(7191), 102-105. <https://doi.org/10.1038/nature06829>
- Guo, H., Brewer, J.M., Champhekar, A., Harris, R.B., y Bittman, E.L. (2005). Differential control of peripheral circadian rhythms by suprachiasmatic-dependent neural signals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(8), 3111-3116. <https://doi.org/10.1073/pnas.0409734102>
- Hall, J.E. (2016). Fisiología gastrointestinal. En J.E. Hall, y A.C. Guyton (Ed.) *Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica* (12ª ed., pp. 753-803). Barcelona: Elsevier.
- Herd, T.H. y Sayegh A.I. (2014). Fisiología del tracto gastrointestinal. En B.G. Klein (Ed.), *Cunningham fisiología veterinaria* (5ª ed., pp. 263-341). Barcelona: Elsevier.
- Hardy, J. (2017). Specific Diseases of the Ascending Colon. En A.T. Blikslager, N.A. White II, J.N. Moore, y T.S. Mair (Eds.), *The equine acute abdomen* (3ª ed., pp. 748-774) Hoboken: Wiley Blackwell.
- Hintz, H.F., y Cymbaluk, N.F. (1994). Nutrition of the horse. *Annual Review of Nutrition*, 14, 243-267. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.14.070194.001331>
- Hoogerwerf, W. A. (2009). Role of biological rhythms in gastrointestinal health and disease. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 10(4), 293-300. <https://doi.org/10.1007/s11154-009-9119-3>
- Hoogerwerf, W.A. (2010). Role of clock genes in gastrointestinal motility. *American Journal of Physiology. Gastrointestinal and liver physiology*, 299(3), G549-G555. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00147.2010>
- Houpt, K.A. (1990). Ingestive behavior. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 6(2), 319-337. [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30544-8](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30544-8)
- Hudson, N.P., y Merritt, A.M. (2008). Equine gastrointestinal motility research: where we are and where we need to go. *Equine Veterinary Journal*, 40(4), 422-428. <https://doi.org/10.2746/042516408X312932>
- Ihler, C.F., Venger, J.L., y Skjerve, E. (2004). Evaluation of clinical and laboratory variables as prognostic indicators in hospitalised gastrointestinal colic horses. *Acta veterinaria Scandinavica*, 45(1-2), 109-118. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-45-109>
- Janczarek, I., Wilk, I., Zalewska, E., y Bocian, K. (2014). Correlations between the behavior of recreational horses, the physiological parameters and summer

- atmospheric conditions. *Animal Science Journal*, 86(7), 721-728.  
<https://doi.org/10.1111/asj.12343>
- König, H.E., Sautet J., y Liebich, H.G (2004). Aparato digestivo. En *Anatomía de los animales domésticos: texto y atlas en color* (Vol. 2, pp. 15-80). Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.
- Krunkosky, T.M. Jarrett, C.L., y Moore, J.N. (2017). Gross and microscopic anatomy of the equine gastrointestinal tract. En A.T. Blikslager, N.A. White II, J.N. Moore, y T.S. Mair (Eds.), *The Equine acute abdomen* (3ª ed., pp. 3-18). Hoboken: Wiley Blackwell.
- Martchenko, A., Martchenko, S.E., Biancolin, A.D., y Brubaker, P.L. (2020). Circadian rhythms and the gastrointestinal tract: Relationship to metabolism and gut hormones. *Endocrinology*, 161(12), 1-13.  
<https://doi.org/10.1210/endo/bqaa167>
- Martin, A.M., Elliott, J.A., Duffy, P., Blake, C.M., Ben Attia, S., Katz, L.M., ...Murphy, B.A. (2010). Circadian regulation of locomotor activity and skeletal muscle gene expression in the horse. *Journal of Applied Physiology*, 109(5), 1328-1336.  
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01327.2009>
- McGreevy, P. (2004). Introduction. En J. Rodenhuis (Ed.), *Equine Behavior* (pp. 1-36). Barcelona: Elsevier.
- Murphy, B.A. (2019). Circadian and circannual regulation in the horse: Internal timing in an elite athlete. *Journal of Equine Veterinary Science*, 76, 14-24.  
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.02.026>
- Murphy, B.A., Elliott, J.A., Sessions, D.R., Vick, M.M., Kennedy, E.L., y Fitzgerald, B.P. (2007). Rapid phase adjustment of melatonin and core body temperature rhythms following a 6-h advance of the light/dark cycle in the horse. *Journal of Circadian Rhythms*, 5, 5. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-5-5>.
- Narducci, F., Bassotti, G., Gaburri, M., y Morelli, A. (1987). Twenty four hour manometric recording of colonic motor activity in healthy man. *Gut*, 28(1), 17-25. <https://doi.org/10.1136/gut.28.1.17>
- Naylor, J.M., Poirier, K.L., y Hamilton, D.L., y Dowling, P.M. (2006). The effects of feeding and fasting on gastrointestinal sounds in adult horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20(6), 1408-1413.
- Nieto J.E., y Rakestraw P.C. (2017). Intestinal Motility and Transit. En A.T. Blikslager, N.A. White II, J.N. Moore, y T.S. Mair (Eds.), *The equine acute abdomen* (3ª ed., pp. 78-95). Hoboken: Wiley Blackwell.
- Pearson, R.A., y Merritt, J.B. (1991). Intake, digestion and gastrointestinal transit time in resting donkeys and ponies and exercised donkeys given ad libitum hay and straw diets. *Equine Veterinary Journal*, 23(5), 339-343.  
<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1991.tb03734.x>

- Piccione, G., Caola, G., y Refinetti, R. (2002). The Circadian rhythm of body temperature of the horse. *Biological Rhythm Research*, 33(1), 113-119, <https://doi.org/10.1076/brhm.33.1.113.1322>
- Piccione, G., Caola, G., y Refinetti, R. (2005). Temporal relationships of 21 physiological variables in horse and sheep. *comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 142(4), 389-396. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2005.07.019>
- Piccione, G., Giannetto, C., Assenza, A., Casella, S., y Caola, G. (2009). Influence of time of day on body temperature, heart rate, arterial pressure, and other biological variables in horses during incremental exercise. *Chronobiology International*, 26(1), 47-60. <https://doi.org/10.1080/07420520802689772>
- Piccione, G., y Giannetto, C. (2011). State of the art on daily rhythms of physiology and behaviour in horses. *Biological Rhythm Research*, 42(1), 67-88. <https://doi.org/10.1080/09291016.2010.491247>
- Plan Agropecuario (2021, julio). Informe estado de situación del país (pasturas-haciendas). Recuperado de <https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/filemanager/source/2021/RING/RING%20JULIO%202021.pdf>
- Radostits, O.M., Gay, C.C., Blood, D.C., y Hinchcliff, K.W. (2002). *Medicina veterinaria: tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino* (9ª ed.). Madrid: Mc Graw Hill – Interamericana de España, S. A. U.
- Rao, S.S.C., Lembo, A., Chey, W.D., Friedenber, K., y Quigley, E.M.M. (2020). Effects of the vibrating capsule on colonic circadian rhythm and bowel symptoms in chronic idiopathic constipation. *Neurogastroenterology and Motility*, 32(11). <https://doi.org/10.1111/nmo.13890>
- Refinetti, R. (2010). The circadian rhythm of body temperature. *Frontiers in Bioscience*, 15(2), 564-594. <https://doi.org/10.2741/3634>
- Reppert, S.M., y Weaver, D.R. (2002). Coordination of circadian timing in mammals. *Nature*, 418(6901), 935-941. <https://doi.org/10.1038/nature00965>
- Robinson, N.E. (2014a). Visión general de la función respiratoria: ventilación pulmonar. En B.G. Klein (Ed.), *Cunningham fisiología veterinaria* (5ª ed., pp. 495-505). Barcelona: Elsevier.
- Robinson N.E. (2014b). Termorregulación. En B.G. Klein (Ed.), *Cunningham fisiología veterinaria* (5ª ed., pp. 559-568). Barcelona: Elsevier.
- Sanchez, L.C. (2018). Disorders of the gastrointestinal system. En S.M. Reed, W.M. Bayly, y D.C. Sellon (Eds.), *Equine internal medicine* (4ª ed., pp. 709-842). St. Louis: Elsevier.
- Sasaki, N., Murata, A., Lee, I., y Yamada, H. (2008). Evaluation of equine cecal motility by auscultation, ultrasonography and electrointestinography after



- jejunocecostomy. *Research in Veterinary Science*, 84(2), 305-310. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2007.04.009>
- Segers, A., y Depoortere, I. (2021). Circadian clocks in the digestive system. *Nature Reviews. Gastroenterology & Hepatology*, 18(4), 239-251. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00401-5>
- Sellers, A.F., y Lowe, J.E. (1986). Review of large intestinal motility and mechanisms of impaction in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 18(4), 261-263. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1986.tb03621.x>
- Sessler, D.I. (2009). Thermoregulatory defense mechanisms. *Critical Care Medicine*, 37(7 Suppl), S203–S210. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181aa5568>
- Stephan, F.K., y Zucker, I. (1972). Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 69(6), 1583-1586. <https://doi.org/10.1073/pnas.69.6.1583>
- Vaughn, B.V., Rotolo, S., y Roth, L.H. (2014). Circadian rhythm and sleep influences on digestive physiology and disorders. *Chrono Physiology and Therapy*, 2014(4), 67-77.
- Veerman, D. P., Imholz, B. P., Wieling, W., Wesseling, K. H., y van Montfrans, G.A. (1995). Circadian profile of systemic hemodynamics. *Hypertension*, 26(1), 55-59. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.26.1.55>
- Voigt, R.M., Forsyth, C.B., y Keshavarzian, A. (2019). Circadian rhythms: a regulator of gastrointestinal health and dysfunction. *Expert Review of Gastroenterology y Hepatology*, 13(5), 411-424. <https://doi.org/10.1080/17474124.2019.1595588>
- Weaver, D.R. (2016). Introduction to circadian rhythms and mechanisms of circadian oscillations. En M.L. Gumz (Ed.), *Circadian clocks: Role in health and disease* (pp. 1-55). New York: Springer.
- Yamaguchi, M., Kotani, K., Tsuzaki, K., Takagi, A., Motokubota, N., Komai, N., ... Nagai, N. (2015). Circadian rhythm genes CLOCK and PER3 polymorphisms and morning gastric motility in humans. *PloS One*, 10(3), e0120009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120009>
- Zakari, F.O., Ayo, J.O., Rekwot, P.I., Kawu, M.U., y Minka, N.S. (2018). Diurnal rhythms of heart and respiratory rates in donkeys of different age groups during the cold-dry and hot-dry seasons in a tropical savannah. *Physiological Reports*, 6(17). <https://doi:10.14814/phy2.13855>