

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**MONITOREO DEL PATRÓN DE VARIACIÓN DIARIA DE LA FRECUENCIA
CARDÍACA Y LOS SONIDOS INTESTINALES EN EQUINOS
SEMIESTABULADOS**

Por

RAMOS BLANCO, Daniela Alexandra

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

MODALIDAD: ENSAYO EXPERIMENTAL

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2024**

PÁGINA DE APROBACIÓN

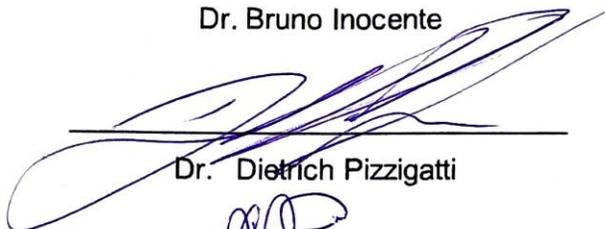
Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:



Dr. Bruno Inocente

Segundo miembro (Tutor):



Dr. Dietrich Pizzigatti

Tercer miembro:



Dra. Livia Pinto- Santini

Cuarto miembro (Co- tutor):



Lic. Ignacio Alcántara

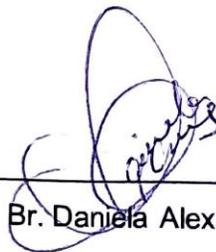
Quinto miembro (Co- tutor):



Dr. Fernando Fumagalli

Fecha: 25 de junio de 2024

Autor:



Br. Daniela Alexandra Ramos Blanco

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Dr. Dietrich Pizzigatti por darme la oportunidad de realizar este trabajo, enseñarme y guiarme con paciencia en la elaboración del mismo.

Al Lic. Ignacio Alcántara por la enseñanza y el tiempo dedicado a los análisis estadísticos.

A la sección Referencias de la Biblioteca de Facultad de Veterinaria-UDELAR, por facilitar bibliografía y colaborar con las correcciones bibliográficas.

A la Dra. Sabrina Castro, por facilitar los equinos evaluados en este trabajo.

A Mariana Arocena, Franco Rotela, Martin Barran y Antonella Desevo por hacer equipo durante el ensayo.

A la Universidad de la Republica, por el trato humano, el conocimiento y las oportunidades todas.

A mi mama, mis hermanos y mis amigos, por el amor y el apoyo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	9
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Domesticación del caballo	11
2.2	Alimentación y sistemas de producción	11
2.3	Ritmos biológicos	12
2.4	Importancia de evaluar la frecuencia cardíaca y su circadianidad	14
2.5	Motilidad intestinal	15
2.5.1	Anatomía y fisiología del tubo digestivo vinculada a la motilidad intestinal.....	15
2.6	Evaluación de la motilidad intestinal	18
2.6.1	Circadianidad de la motilidad intestinal	21
2.7	La tarea del veterinario.....	21
3	HIPÓTESIS	23
4	OBJETIVOS.....	24
4.1	Objetivos principales	24
4.2	Objetivos específicos	24
5	MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
5.1	Ensayo piloto	25
5.2	Criterios de inclusión y exclusión	25
5.3	Experimento y estudio enmascarado	26
5.4	Análisis estadístico	29
6	RESULTADOS.....	31
6.1	Frecuencia Cardíaca (FC).....	31
6.2	Sonidos intestinales.....	33
6.3	Clasificación de los sonidos auscultados: Estudio enmascarado	35
7	DISCUSIÓN	37
8	CONCLUSIÓN.....	42
9	BIBLIOGRAFIA	43
10	ANEXOS	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencia de Sonidos y tiempo de auscultación según descripciones presentes en la literatura.	20
Tabla 2. Promedio de los valores de Frecuencia Cardíaca (FC) expresadas en latidos por minuto (Media \pm Desvío estándar), para los siete equinos (Eq), en los dieciséis momentos de evaluación (M0-15).	31
Tabla 3. Resultado del Modelo Lineal General Mixto aplicado a la frecuencia de sonidos auscultados en el cuadrante ventral izquierdo (VI_spm).	34
Tabla 4. Matriz de Confusión Multiclase. Se presentan pareados los recuentos de registros clasificados de acuerdo al sonido predominante (MIX: Mezcla; LIQ: Líquido; GAS: Gaseoso; y NID: No Identificado) para cada Evaluador.	35
Tabla 5. Métricas globales y por clase para la clasificación ciega de los sonidos intestinal de los 7 equinos evaluados en los 16 momentos de evaluación	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: El sistema sincronizador circadiano en los mamíferos se compone por una jerarquía de osciladores. Adaptado de Reppert y Weaver (2002).	13
Figura 2: Registros representativos de frecuencia cardíaca (<i>Heart Rate</i>) expresada en latidos por minuto (<i>bpm</i>) de cinco caballos (Piccione et al., 2005a).	15
Figura 3: Vista izquierda de los órganos abdominales del caballo (Traducido de Krunkosky et al., 2006).	16
Figura 4: Base de ciego y parte proximal del colon ventral derecho (Traducido de Sherlock, 2019)	16
Figura 5: Vista derecha de los órganos abdominales del caballo. (Traducido de Krunkosky et al., 2006).	17
Figura 6: Manos posicionadas en el cuadrante dorsal (A) y ventral (B) derecho. Modificado de Popesko (1998)	19
Figura 7: Manos posicionadas en el cuadrante dorsal (A) y ventral (B) izquierdo Modificado de Popesko (1998)	19
Figura 8: Momentos de evaluación de los animales, espaciados cada 90 minutos siendo : M0-M3 (tarde); M4-M7 (noche); M8-M11 (madrugada); M12-M15 (mañana).	26
Figura 9: Sitio de auscultación de la frecuencia cardíaca (Foto demostrativa).	27
Figura 10. Orden y puntos de auscultación abdominal en los equinos evaluados. 28	
Figura 11. Distribución de los valores de frecuencia cardíaca para los 7 equinos en los 16 momentos de evaluación (M0-M15) expresado en latidos por minuto (lpm).	32
Figura 12. Representación gráfica de los valores individuales de frecuencia de sonidos intestinales, de los siete animales (e1-e7).	33

RESUMEN

Los equinos son especialmente susceptibles a trastornos digestivos y la monitorización de parámetros fisiológicos a través del examen físico de rutina permite reconocer e identificar clínicamente cambios patológicos. Sin embargo, se sabe que, en todos los mamíferos, la mayoría de los procesos fisiológicos exhiben oscilaciones a lo largo de las 24 horas en respuesta adaptativa a los cambios cíclicos ambientales, principalmente ante el ciclo luz-oscuridad, y que la frecuencia cardíaca y la motilidad intestinal exhiben ritmicidad circadiana. En este contexto, se exploró la distribución y variabilidad de la frecuencia cardíaca y motilidad intestinal de equinos sanos, en el transcurso circadiano. Además, se evaluó el grado de concordancia en la caracterización de los sonidos intestinales entre evaluadores con distinto grado de experiencia. Para ello, fueron seleccionados siete equinos (cuatro yeguas y tres machos castrados), adultos (9 ± 4 años), con peso de $411 \pm 54,88$ kg, utilizados en cabalgatas leves y mantenidos en sistema de cría semi-extensivo. Después de la adaptación al manejo experimental, los animales fueron evaluados, mediante auscultación con estetoscopio electrónico para reconocer la frecuencia cardíaca (FC) y caracterizar la motilidad intestinal (frecuencia y clasificación de los sonidos intestinales), en 16 momentos (cada 90 minutos), totalizando 24 horas de evaluación. Los sonidos intestinales fueron registrados acorde los cuatro cuadrantes de evaluación (dorsal y ventral, izquierdo y derecho) y después de enmascarados, fueron sometidos a evaluación ciega simple por un evaluador referente. Los datos fueron analizados por horario y por animal, mediante estadística descriptiva y para la concordancia en la clasificación de los sonidos, se usó el índice de Kappa Cohen. Se observó variación de la FC entre individuos en tanto que no hubo asociación significativa entre la FC y la frecuencia de sonidos intestinales, el momento del día o la combinación de ambas ($p < 0,05$). Los más altos valores de FC fueron observados durante la madrugada ($39 \pm 4,14$ bpm), mientras que los más bajos fueron observados durante la mañana ($35 \pm 4,54$ bpm), siendo esta variabilidad posiblemente ocasionada por factores individuales e influenciada (en algunos momentos) por cambios ambientales durante el experimento. En cuanto a la frecuencia de sonidos intestinales, no fue posible establecer un patrón de variación circadiana. La evaluación ciega de la clasificación de sonidos resultó en un leve nivel de acuerdo entre evaluadores (Kappa 0,03), siendo la mezcla de contenido sólido la clase más reconocida por ambos evaluadores (56%). Los resultados obtenidos pueden aportar una referencia a los parámetros FC y frecuencia de sonidos intestinales de caballos en régimen semi extensivo, en Uruguay. Asimismo, la metodología utilizada para la evaluación de la motilidad intestinal podría convertirse en un estándar para la clasificación de sonidos intestinales en equinos, lo que facilitaría la comparación entre diferentes investigaciones y la interpretación de los resultados.

Palabras clave: ritmo circadiano; auscultación; motilidad intestinal; cronofisiología; equino.

SUMMARY

Equines are especially susceptible to digestive disorders and monitoring physiological parameters through routine physical examination allows pathological changes to be clinically recognized. However, it is known that, in all mammals, most physiological processes exhibit oscillations throughout 24 hours in adaptive response to cyclic environmental changes, mainly to the light-dark cycle, and heart rate and intestinal motility exhibit circadian rhythmicity. In this context, the distribution and variability of heart rate and intestinal motility of healthy horses was explored over the circadian course. Furthermore, the degree of agreement in the characterization of intestinal sounds between assessors with different degrees of experience was evaluated. For this, seven adult horses (9 ± 4 years), weighing 411 ± 54.88 kg, used in light horseback riding and maintained in a semi-extensive breeding system, were selected (four mares and three geldings). After adaptation to experimental management, the animals were evaluated by auscultation with an electronic stethoscope to recognize heart rate (HR) and characterize intestinal motility (frequency and classification of intestinal sounds), at 16 moments (every 90 minutes), totalling 24 hours of evaluation. Intestinal sounds were recorded according to the four evaluation quadrants (dorsal and ventral, left and right) and after being masked, they were subjected to single-blind evaluation by a referent evaluator. The data were analysed by schedule and by animal, using descriptive statistics and for agreement in the classification of sounds, the Kappa Cohen index was used. Variation in HR was observed between individuals, while there was no significant association between HR and the frequency of bowel sounds, the time of day or the combination of both ($p < 0.05$). The highest HR values were observed during the dawn (39 ± 4.14 bpm), while the lowest were observed during the morning (35 ± 4.54 bpm), this variability being possibly caused by individual factors and influenced (at some times) by environmental changes during the experiment. Regarding the frequency of intestinal sounds, it was not possible to establish a pattern of circadian variation. The blind evaluation of sound classification resulted in a slight level of agreement between assessors (Kappa 0.03), with the solid content mix being the most recognized class by both assessors (56%). The results obtained can provide a reference to the HR parameters and frequency of intestinal sounds of horses in a semi-extensive regime, in Uruguay. Likewise, the methodology used to evaluate intestinal motility could become a standard for the classification of intestinal sounds in horses, which would facilitate the comparison between different investigations and the interpretation of the results.

Key words: Circadian Rythm; Auscultation; Intestinal Motility; Chronophysiology; Equine.

1 INTRODUCCIÓN

Más de 55 millones de años de evolución han determinado cambios en las capacidades fisiológicas y conductuales de los caballos que conocemos en la actualidad (Van Dierendonck, 2006). Sin embargo, en lo que significa un periodo reciente en la vida de la especie, la incorporación a procesos de desarrollo humano ha generado profundos cambios en su rutina, especialmente en lo que se refiere al manejo alimentario (Haupt, 1990; Murphy, 2019; Williams, Tucker, Green y Freeman, 2011).

Cambios en el tipo y cantidad del alimento ofrecido a los caballos domesticados afectan directamente su comportamiento de pastoreo y fisiología digestiva. Debido a factores anatómicos, fisiológicos y/o patológicos, los equinos son considerados la especie domestica más susceptibles a sufrir trastornos digestivos. Según la literatura, los disturbios en el sistema gastrointestinal (Síndrome Abdominal Agudo SAA – cólico) se colocan como la mayor causa de morbilidad y mortalidad en los equinos (Curtis et al, 2015; Tinker et al., 1997), afectando entre el 3 al 10% de los equinos domésticos cada año (Cohen, 2009). De este porcentaje, se estima que el 11% muere tras el episodio de cólico (Ludwig, Hobbs, McKinney-Aguirre y González, 2023).

La creciente demanda en la maximización de la producción y el rendimiento de los equinos ha motivado el avance de estudios científicos y sociales con foco en elucidar cambios en procesos fisiológicos propios de la especie. Por ende, la prevención, diagnóstico temprano y tratamiento oportuno de los trastornos digestivos en los equinos, casi siempre asociados a cambios de motilidad intestinal o del peristaltismo (contracciones coordinadas del tubo digestivo que permiten el tránsito del contenido) normal (Koenig y Cote, 2006; Wong, Davis y White, 2011), se ha convertido en uno de los ejes de acción más trascendentes de la medicina interna equina.

Para el clínico, el método más usado para evaluar el peristaltismo es mediante la auscultación de los sonidos intestinales, provocados por los movimientos del contenido intestinal en respuesta a las contracciones de la pared intestinal (Ehrhardt y Lowe, 1990; Naylor, Poirier, Hamilton y Dowling, 2006). Por medio de la auscultación, el clínico puede relacionar la frecuencia de los sonidos con la actividad de motilidad intestinal - análisis cuantitativo; y, además puede deducir la consistencia del contenido intestinal – análisis cualitativo (FCV- UBA, 2016b).

Por otra parte, la frecuencia cardíaca (FC), al igual que la motilidad intestinal, es un parámetro evaluado en el examen físico de rutina en el equino. La FC es una variable fisiológica que da idea de la función cardiovascular, de perfusión e hidratación del paciente (Rowe y White, 2009) y es un fuerte predictor de signos álgidos (Southwood, 2013). Su medición es fácil y brinda información inmediata del estado interno del paciente por lo que, se estila realizar mediciones seriadas, especialmente en aquellos pacientes con sintomatología digestiva, en los cuales toma un relevante valor pronóstico debido a su alta correlación con el dolor abdominal severo (Ihler, Venger y Skjerve, 2004).

Dicho esto, cabe destacar que las funciones fisiológicas exhiben variación en el tiempo, la mayoría rítmicas y hasta cierto punto predecibles (Giuseppe y Giovanni, 2002). Las variaciones son en respuesta de adaptación al ambiente cambiante que rodea al animal, y en la actualidad ofrecen una nueva visión de la fisiología, de las posibilidades de diagnóstico y ventajas terapéuticas.

El conocimiento actual y el estudio de la cronofisiología de ritmos circadianos (ritmos que ocurren en intervalos próximos a las 24 horas), en este caso de la frecuencia cardíaca y el peristaltismo intestinal, se justifica debido a la presencia de 'ritmos biológicos' (Giuseppe y Giovanni, 2002; Piccione, Grasso y Giudice, 2005b). Todos los seres vivos comparten la característica fundamental de tener un mecanismo adaptativo ante los estímulos ambientales constantemente cambiantes (Murphy, 2010) siendo el ciclo de luz y oscuridad, generado por la sucesión entre el día y la noche, el más estudiado (Arellanes-Licea y Díaz-Muñoz, 2012).

En este contexto, durante el examen físico de los equinos, dichas fluctuaciones fisiológicas podrían ser malinterpretados como signo de patología digestiva, por parte de estudiantes de veterinaria o clínicos inexpertos. Por este motivo, conocer la variación del ritmo peristáltico y su posible asociación con el ritmo cardíaco en el transcurso circadiano de equinos sanos permitiría diferenciar valores normales de patológicos en los distintos momentos del día para la especie.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Domesticación del caballo

La evolución del caballo abarca más de 55 millones de años (Van Dierendonk, 2006). Durante ese periodo, el animal solitario del tamaño de un zorro, que ramoneaba arbustos en la selva y se apoyaba sobre tres dígitos, evolucionó hacia otro de 130-140 cm a la cruz, social, habitante de las sabanas, que se desplaza sobre un dígito y que es capaz de aprovechar diversidad de forrajes, gracias al desarrollo de molares hipsodontes y un intestino grueso altamente especializado (Harris et al, 2017; Van Dierendonk, 2006; Williams et al., 2011). Dicho forraje es hidrolizado y/o fermentado por la microbiota presente a lo largo del tracto intestinal para de esta manera aprovechar energía y nutrientes (Harris y Shepherd, 2021).

Actualmente, los caballos tienen como funcionalidades más comunes el uso recreativo y social, la cría, el deporte, las competiciones y, en menor medida, la producción de carne. La reducción del uso de los equinos en actividades militares, agrícolas y de transporte se observa mayormente en países desarrollados (Mc Greevy, 2004), lo cual va de la mano del aumento en la valorización emocional y económica, y de la longevidad de estos animales. Esto último debido principalmente al desarrollo del conocimiento clínico (diagnóstico y terapéutico) con justificados fines de salvaguardar su salud general.

Las capacidades fisiológicas y el comportamiento específico en los equinos domésticos, se debe entonces al resultado de los millones de años de evolución dirigida al pastoreo casi contante (Harris et al, 2017) y a la adaptación óptima a situaciones impredecibles en un entorno de llanura y poca vegetación (Van Dierendonk, 2006). Caballos salvajes y domésticos libres sobre pastura, comparten el comportamiento del pastoreo por periodos que ocupan el 75% de su día y la mitad de su noche (Haupt, 1990) lo que significan alrededor de 15 horas distribuidos en pequeños episodios a lo largo de las 24 horas (Harris y Shepherd, 2021). El comportamiento de pastoreo en los equinos incluye de forma integral la locomoción. Los equinos durante la alimentación cubren grandes superficies, ya que rara vez toman más de dos bocados en el mismo lugar antes de desplazarse (Mc Greevy, 2004), ni pasan más de 3 horas sin pastar (Harris y Shepherd, 2021). Además, la locomoción tiene un efecto positivo en la motilidad intestinal, cuestión que se ha demostrado evaluando la variable en equinos libres versus estabulados (Williams et al., 2011).

2.2 Alimentación y sistemas de producción

La domesticación y la estabulación han cambiado dramáticamente los patrones de alimentación y la dieta de los equinos (Williams et al., 2011) ya que ha implicado retirar al animal de los estímulos ambientales naturales, de los cambios estacionales del fotoperiodo, del pastoreo constante y la actividad de

desplazamiento que le hace parte, de interacciones sociales en la manada, y del ejercicio sostenido y de baja intensidad que supone pastorear.

Bajo la mayoría de sistemas de gestión modernos, en general, los caballos reciben dos comidas al día, las cuales consumen entre 30 minutos y 4 horas (Haupt, 1990). El proceso de domesticación ha implicado confinamiento en caballerizas, regímenes de alimentación y entrenamiento, aislamiento social, (Murphy, 2019) y dietas concentradas en granos, con elevada carga energética y que suponen sobrecarga estomacal y de calorías en poco tiempo (Fernández-Casasnovas, Conde-Ayuda, Fondevila- Abenia, 2011). Todas estas adaptaciones impuestas al equino de manera independiente o en conjunto predisponen a la aparición de trastornos gastrointestinales, frecuentemente relacionados con trastornos de motilidad (Hudson y Merrit, 2008).

Por otra parte, en sistemas extensivos, en los cuales los equinos se alimentan de campo natural, se destaca que las variaciones estacionales del clima, influyen en la cantidad de carbohidratos simples, así como del contenido de proteína cruda y materia seca de los pastizales nativos (Rebuffo, Bemhaja y Risso, 2006). Todavía, cuando se ingiere pasto tierno, grandes cantidades de proteínas y carbohidratos no estructurales, pueden escapar de la digestión y absorción en el intestino delgado y quedar disponibles para una rápida fermentación por microorganismos en el intestino grueso (Lopes, 2009). Esto puede llevar a los equinos a presentar trastornos digestivos y metabólicos asociados a la producción excesiva de gases fermentativos, sumado a la sobrecarga de carbohidratos solubles de los pastos de rápido crecimiento (Hoffman et al., 2001; Lopes, 2009). Asimismo, la ingestión de hierba madura también incurre en el llenado gastrointestinal, que lleva a la distensión abdominal, y en los casos de animales deshidratados, la translocación de líquidos al espacio intraluminal puede ser insuficiente para humectar el contenido intestinal pudiendo resultar en cuadros de impactación. En las condiciones expuestas anteriormente, se producen cambios en el patrón y características de la motilidad intestinal.

En un estudio de 2011 que evaluó la motilidad del intestino grueso, a través de ultrasonografía, en equinos a campo versus equinos estabulados, se demostró que el grupo de equinos estabulados tenía tasas de pasaje de la ingesta menores mientras que, los equinos a pastoreo consumieron mayores volúmenes de forraje y de forma más continua. En el estudio, los caballos estabulados recibían alimento concentrado, el cual se conoce que reduce la tasa de pasaje de la ingesta en comparación con dietas con elevado contenido de forraje (Williams et al., 2011) demostrando así la susceptibilidad de los equinos estabulados a sufrir de trastornos digestivos por la naturaleza de los cambios de motilidad asociadas a las medidas de manejo.

2.3 Ritmos biológicos

Si algún evento biológico se repite en intervalos más o menos regulares, se habla de un ritmo biológico (Piccione et al, 2005a). La presencia de ritmos biológicos es una característica fundamental en los seres vivos y un mecanismo adaptativo ante las diversas fluctuaciones cíclicas que se presentan en el medio

ambiente externo (Arellanes-Licea y Díaz-Muñoz, 2012; Vaughn, Rotolo y Roth, 2014). Según Murphy (2019), las variables biológicas que oscilan en los organismos incluyen el comportamiento, las funciones fisiológicas y factores bioquímicos.

En los mamíferos dichas oscilaciones o patrones circadianos están controladas por un reloj biológico localizado en la región supraquiasmática del hipotálamo (Piccione, Giannetto, Assenza, Casella y Caola, 2009) que coordina la programación diaria y estacional a través de osciladores periféricos. La información lumínica entra directamente al sistema nervioso central a través del tracto retinohipotalámico, donde es procesada por las células nerviosas del Núcleo Supraquiasmático las cuales la traducen en información química que coordina la sincronización de osciladores periféricos (Guo, McKinley- Brewer, Champhekar, Harris y Bittman, 2004) que son genes específicos expresados en otras áreas del cerebro (por ejemplo, en la corteza) y en órganos periféricos (por ejemplo, hígado y riñón) (Figura 1).

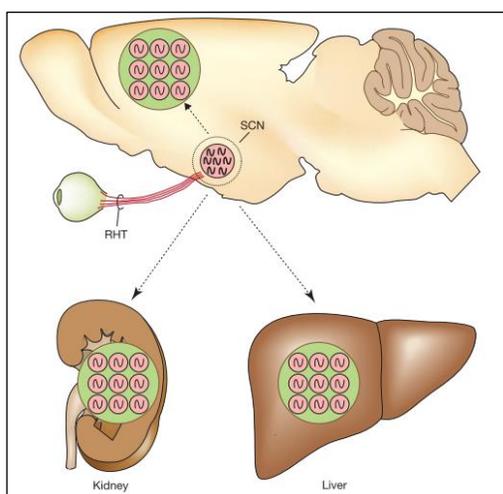


Figura 1: El sistema sincronizador circadiano en los mamíferos se compone por una jerarquía de osciladores. El reloj maestro, dentro del sistema nervioso central, es el Núcleo Supraquiasmático (SCN – *Suprachiasmatic Nuclei*), lo cual recibe impulsos eléctricos convertidos a partir de estímulos luminosos transcritos por el Tracto Retinohipotalámico (RHT – *Retinehypothalamic Tract*) y de células reloj (N), también ubicadas en órganos como hígado (*Liver*) y riñones (*Kidney*). Adaptado de Reppert y Weaver (2002).

La evolución de los mecanismos biológicos de sincronización ha permitido la mayor supervivencia de individuos más adaptados para predecir los cambios cíclicos regulares en el ambiente, sincronizar sus ritmos fisiológicos y con ello evadir la predación, garantizar el alimento y la reproducción (Arellanes-Licea y Díaz-Muñoz, 2012; Murphy, 2019; Reppert y Weaver, 2002).

El ciclo luz-oscuridad o más conocido “sueño-vigilia”, se ubica como el sincronizador más poderoso de los ritmos biológicos (Piccione y Giannetto, 2011; Piccione et al., 2005a; Reppert y Weaver, 2002), sin embargo, el horario de alimentación y el ejercicio son también sincronizadores robustos (Giuseppe y Giovanni, 2002; Piccione et al. 2009). En este sentido se sabe que metabolitos como la glucosa o las catecolaminas pueden sincronizar osciladores periféricos (Guo et al., 2004). El estrés, el ayuno y la fatiga cuando se prolongan en el tiempo, actúan como desincronizadores de los ritmos biológicos (Piccione y Giannetto, 2011).

Según la bibliografía actual, tanto el sistema digestivo (Arellanes-Licea y Díaz-Muñoz, 2012; Vaughn et al., 2014; Williams et al., 2011) como el sistema cardiovascular, (Evans, Winget, De Roshia y Holley, 1976; Murphy, 2019; Piccione

et al., 2005a) presentan momentos de mayor y menor actividad en función del periodo circadiano.

Fluctuaciones fisiológicas en la Frecuencia Cardíaca (FC) y en el peristaltismo intestinal de los equinos pueden ser pasibles de ser mal interpretadas como signo de patología digestiva por clínicos inexperientes. Asimismo, las variaciones dependientes del tiempo de las funciones fisiológicas y de la sensibilidad y adaptación ambiental, son en su mayoría rítmicas y ofrecen una nueva visión de la fisiología y patología animal (Giuseppe y Giovanni, 2002).

Por último, es importante diferenciar el patrón de variación diaria, del ritmo circadiano, y la distinción radica únicamente en las situaciones experimentales en las cuales se obtienen los resultados. Es así como, para ser considerado “ritmo circadiano” se debe confirmar la naturaleza endógena del ritmo bajo condiciones constantes fotoperiódicas (o luz u oscuridad) y eliminar los sincronizadores biológicos (variaciones en el fotoperiodo, horarios de alimentación y rutinas de ejercicio) (Murphy, 2019). Estas condiciones experimentales tan restrictivas, requeridas para confirmar el ritmo, son especialmente difíciles de alcanzar para los investigadores que tienen como sujeto experimental los equinos. Por lo tanto, en este estudio vamos a considerar la evaluación del patrón de variación diaria, no el ritmo circadiano, de dichas variables fisiológicas.

2.4 Importancia de evaluar la frecuencia cardíaca y su circadianidad

Los equinos son normalmente bradicárdicos en comparación con otras especies domésticas, estando el intervalo normal de FC entre 20 y 40 latidos por minuto (lpm) (Duncanson, 2010; FCV- UBA, 2016a; Fernández- Casanovas et al., 2011). Este parámetro puede variar muy rápida y dramáticamente debido a cambios eferentes autónomos y del nivel de ejercicio físico (Davis, 2018). La FC es un indicador de la respuesta fisiológica ante el dolor, la deshidratación, y la endotoxemia (FCV- UBA, 2016a; Feitosa, 2014; Marshall y Blikslager, 2019) en respuesta a una lesión intestinal (Sánchez, 2018), por lo que, en equinos con sintomatología de cólico, toma especial importancia la monitorización de esta constante fisiológica, ya que, junto con la coloración de las membranas mucosas, es el único valor de predicción confiable de la supervivencia (Curtis et al., 2014; Ihler et al., 2004).

La evaluación circadiana de la FC en los equinos es escasa en la bibliografía. Evans y colaboradores (1976) reportan que en condiciones experimentales “se evidenció un menor valor durante las horas de luz, que gradualmente aumentaba haciendo un pico dentro de las horas de oscuridad, con un rango de oscilación entre seis y diez lpm. Piccione y colaboradores (2005a) reafirman esto a través de información colectada a partir de estudios sobre la variación rítmica de la presión arterial y función electrocardiográfica de cinco equinos raza Sangre pura de carreras. Estos presentaron oscilaciones en los valores, siendo más bajos durante el día y altos en la noche (Figura 2). Dichos cambios en el ritmo cardiovascular son relacionados a estímulos endógenos (sistema adrenérgico) y exógenas (actividad física y estímulo luminoso) del ritmo fisiológico.

La acrofase, que por definición es el valor máximo del ritmo (Tamosiunas y Toledo, 2010,) de la evaluación circadiana de la frecuencia cardíaca en los equinos evaluados por Piccione y colaboradores (2001) se dio en la madrugada (02:00 h).

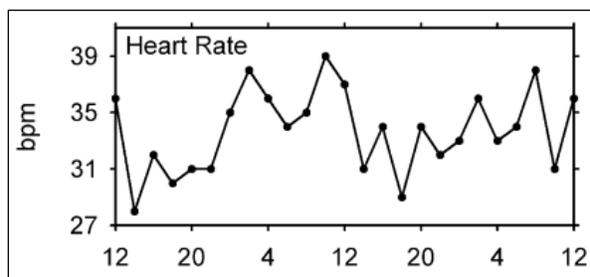


Figura 2: Registros representativos de Frecuencia Cardíaca (*Heart Rate*) expresada en latidos por minuto (*bpm*) de cinco caballos. Se evidencia la ritmicidad de la variable. (Piccione et al., 2005a).

2.5 Motilidad intestinal

2.5.1 Anatomía y fisiología del tubo digestivo vinculada a la motilidad intestinal

El sistema digestivo, a grandes rasgos, es un sistema de conducción en el que tienen lugar procesos de tránsito, secreción, digestión, fermentación y absorción, con el fin de aprovechar el valor nutritivo de la dieta (Argenzio, Lowe, Pickard y Stevens, 1974). El peristaltismo se refiere a la contracción rítmica y sincrónica de músculo liso intestinal que permite la conducción del contenido en sentido aboral (Murray, Freeman, Lopes y Mair, 2009). Dicho peristaltismo es fuertemente sincronizado por estímulos exógenos que actúan antes y/o a partir de la ingestión (fase cefálica de la digestión y la presencia o no de alimento, respectivamente) y estímulos endógenos (digestión químico-enzimática y fermentativa) intermediado por vías miogénicas, neurales y hormonales (Koenig y Cote, 2006; Naylor et al., 2006; Van Weyenberg, Sales y Janssens, 2006).

Iniciando por la cavidad oral, los labios móviles son capaces de seleccionar el pasto. El equino aprehende el pasto con los dientes incisivos, forma el bolo alimenticio luego de la salivación (35-40L por día en un equino adulto de 500kg) (Harris y Shepherd, 2021) y la masticación. La lengua permite que dicho bolo avance hacia la orofaringe desde donde es deglutido de forma refleja hacia el esófago, el cual actúa como tubo de conducción unidireccional en sentido caudal.

El contenido atraviesa el esfínter cardial hacia al estómago con capacidad de 8 a 15L para un caballo de 500kg, retiene por entre 85 a 300 minutos posprandial el bolo alimenticio (Harris y Shepherd, 2021) donde se mezcla con secreciones estomacales que facilitan la digestión química formando el llamado "quilo". Este último abandona el estómago para ingresar a intestino delgado, segmento que a su vez se divide en sentido aboral en; duodeno, yeyuno e íleon.

En el duodeno las secreciones pancreáticas (cerca de 25 L por día en un equino adulto promedio) (Harris y Shepherd, 2021) y hepáticas (bilis de producción y secreción constante) se mezclan con el contenido, ahora denominado "quimo",

favoreciendo la digestión química de forma similar al resto de los mamíferos monogástricos.

El intestino delgado, de más de 26 metros en el equino, tiene en su pared muscular una capa de musculo circular interna y otra longitudinal externa (Krunkosky, Jarrett y Moore, 2006). Durante la peristalsis la contracción rítmica y sincrónica de ambas capas permite segmentar el contenido y gracias al acortamiento longitudinal propulsarlo en sentido aboral (Murray et al., 2009).

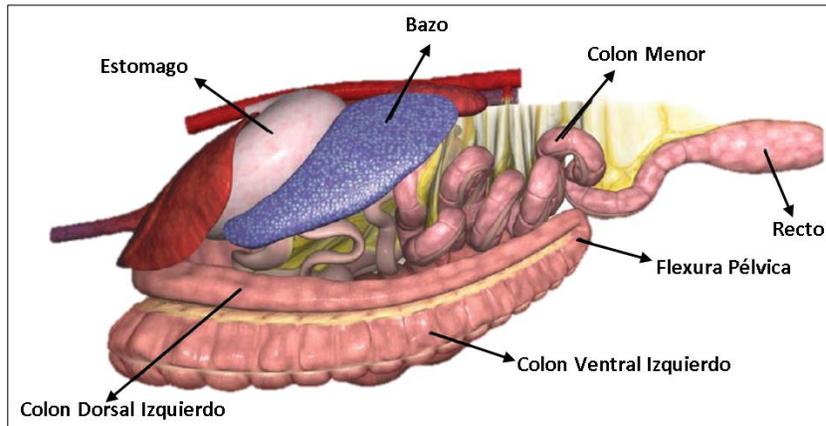


Figura 3: Vista izquierda de los órganos abdominales del caballo (Traducido de Krunkosky et al., 2006).

En el intestino grueso el transito es significativamente más lento que en el intestino delgado, esto con el fin de retener la ingesta el tiempo suficiente para su fermentación microbiana y maximizar la absorción de agua y los productos finales de la fermentación (Harris y Shepherd, 2021; Ross, Cullen y Rutkowski, 1990; Wong et al., 2011). Así que, desde el intestino delgado el quimo avanza hacia el intestino grueso atravesando la válvula ileocecal (Figura 4) y cae en el ciego, allí se moviliza desde la cabeza hacia el cuerpo y el ápice del ciego, y de retorno para luego atravesar el orificio cecocólico (Figura 4), y avanzar al colon mayor dividido topográficamente en cuatro segmentos y tres flexuras, siendo en sentido aboral : colon ventral derecho - flexura esternal- colon ventral izquierdo- flexura pélvica- colon dorsal izquierdo- flexura diafragmática- colon dorsal derecho. Desde allí avanza hacia el colon transverso, colon menor- recto y ano (Figura 3 y 4).

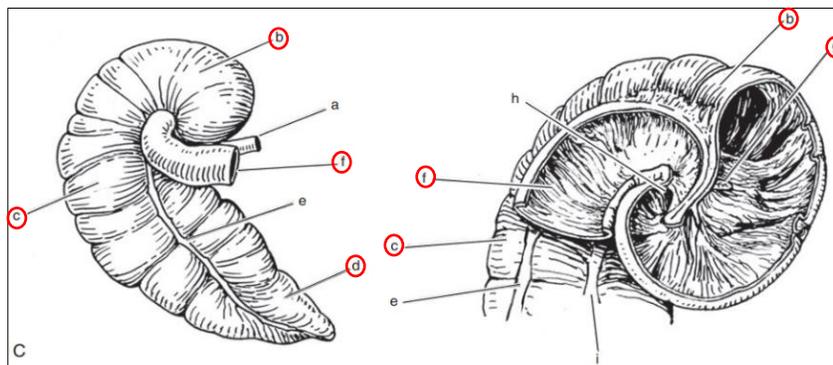


Figura 4: Base de ciego y parte proximal del colon ventral derecho, abierto lateralmente para mostrar los orificios ileal y cecocólico, fijado in situ. a, íleon; b, base del ciego; c,

cuerpo del ciego; *d*, ápice del ciego; *e*, tenia lateral; *f*, colon ventral derecho; *g*, orificio ileocecal; *h*, orificio cecocolico; *i*, tenia dorsal del ciego; *j*, pliegue cecocolico; *k*, tenia ventral del ciego; *l*, flexura pélvica; *m*, colon dorsal derecho; *n*, duodeno; *o*, tenia medial del ciego; *p*, pliegue ileocecal. (Traducido de Sherlock, 2019)

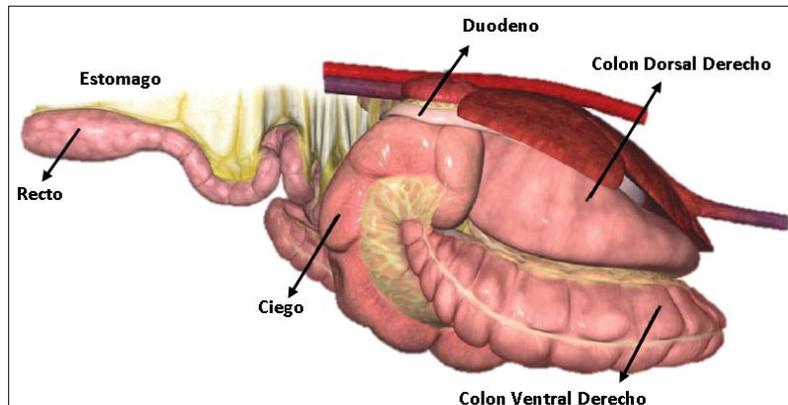


Figura 5: Vista derecha de los órganos abdominales del caballo. (Traducido de Krunkosky et al., 2006).

Se han identificado distintos patrones de motilidad y el propósito de cada uno es garantizar una adecuada mezcla y contacto del contenido intestinal con la mucosa (Rakestraw, 2017). Son necesarios patrones de motilidad que permitan tanto un flujo normogrado como retrogrado para mantener el tránsito de la ingesta, facilitar la digestión y absorción de nutrientes (Sánchez, 2018; Van Weyenberg et al., 2006; Wong et al., 2011).

El ciego y el colon son responsables por la absorción de hasta 90% de todo fluido presente en la ingesta, que corresponde a 30 litros de agua/día (Argenzio et al., 1974). El flujo retrogrado ocurre intermitentemente en cortas distancias para ayudar a mezclar la ingesta y exponer los nutrientes a la mucosa para su absorción (Rakestraw, 2017; Sánchez, 2018; Southwood, 2013). A medida que la ingesta y el agua presente en asas de intestino delgado avanza hacia el intestino grueso se deshidrata, debido a la absorción de agua, entonces se adentra en el ciego al atravesar la válvula ileocecal, la cual impide el reflujo de líquido y partículas (Murray et al., 2009).

El paso, a través de la mencionada válvula, según la literatura, produce un sonido de mezcla con mucho gas y líquidos, semejante al de una cascada o también conocido como “gorgoteo o burbujeo” (*burb burb*), de característica prolongada e intermitente, auscultable en la fosa paralumbar derecha (FCV- UBA, 2016b; Feitosa, 2014; Radostits, Gay, Blood y Hinchcliff, 2002).

Las contracciones coordinadas que se originan en el cuerpo del ciego, cerca del ápice, generan un gradiente de presión que moviliza la ingesta y el gas hacia el colon ventral derecho, a través del orificio cecocólico (Murray et al., 2009) (Figura 4). Durante el tránsito en el colon mayor, el quimo sigue perdiendo humedad, y a medida que avanza produce cada vez más sonidos de mezcla de material orgánico y menores sonidos de contenido líquido o gaseoso.

En concordancia con lo antes mencionado, en la bibliografía se propone que el origen de los sonidos intestinales se debe a los movimientos del contenido

intestinal en respuesta a las contracciones (Fernández- Casanovas et al., 2011; Marshall y Blikslager, 2019; Naylor et al., 2006; Sasaki, Murata, Lee y Yamada, 2008), por lo tanto, es posible que el examinador logre relacionar la actividad de peristaltismo intestinal - análisis cuantitativo; y, además deduzca la consistencia del contenido intestinal – análisis cualitativo (FCV- UBA, 2016b) en función de lo que logra auscultar en un determinado periodo.

2.6 Evaluación de la motilidad intestinal

El movimiento neto del contenido intraluminal está definido por la motilidad intestinal (Marshall y Blikslager, 2019). Ésta puede ser medida a través de la actividad mioeléctrica, la actividad mecánica o el tránsito del contenido intraluminal. Los primeros dos evalúan de forma indirecta la motilidad intestinal, sin embargo, no siempre se correlacionan con precisión con el tránsito del contenido intraluminal (Koenig y Cote, 2006). En situaciones clínicas los modelos de evaluación quedan casi que exclusivamente reducidos a ecografía y auscultación abdominal (Koenig y Cote, 2006).

La auscultación abdominal es parte rutinaria en el examen físico de los equinos y sigue siendo el método más usado por los clínicos para evaluar el peristaltismo intestinal (Ehrhardt y Lowe, 1990; Naylor et al., 2006; Sánchez, 2018). Dicha técnica, además de ser de fácil realización, no invasiva, económica y reproducible, permite la evaluación continua del animal sano o enfermo (Hudson y Merritt, 2008; Ragle, Meagher, Schrader y Honnas, 1989; VanderBroek, Reef, Aitken, Stefanovsky y Southwood, 2019). La auscultación de los borborigmos abdominales permite la evaluación indirecta de la motilidad intestinal. A pesar de que el intestino delgado puede ser muy motil, puede no generar sonidos referidos, por lo que los borborigmos auscultados en el cuadrante dorsal izquierdo- zona de proyección del intestino delgado y colon menor (Krunkosky et al., 2006; Sánchez, 2018)- son una buena indicación de motilidad de intestino grueso, pero no siempre de la motilidad del intestino delgado (Marshall y Blikslager, 2019).

La motilidad puede aumentar fisiológicamente inmediatamente después de la ingesta (Sánchez, 2018), y en general, disminuye en sentido aboral a lo largo del tracto digestivo (Williams et al., 2011). Por este motivo, la auscultación siempre se realiza en las regiones mesogástricas (porción ventrolateral) e hipogástrica, en ambos los lados izquierdo y derecho (Rowe y White, 2009; FCV- UBA, 2016b). En la literatura, son descritos de cuatro a cinco puntos de auscultación abdominal, divididos en cuadrantes, normalmente correlacionados con zonas de proximidad anatómica al; ciego y válvula ileocecal (cuadrante dorsal derecho), colon mayor derecho (cuadrante ventral derecho) (Figura 6); colon menor y/o intestino delgado (cuadrante dorsal izquierdo), flexura pélvica y colon mayor izquierdo (cuadrante ventral izquierdo) (Figura 7), además del colon mayor (cuadrante ventral/diafragmático), justo caudal al proceso xifoideo (Marshall y Blikslager, 2019; Naylor et al., 2006; Sánchez, 2018). En general, los focos dorsales son los que producen los sonidos más característicos y de fácil distinción, principalmente por presentar un carácter más gaseoso- fermentativo (dorsal derecho) y de propulsión (dorsal izquierdo) (Fernández- Casanovas et al., 2011). Los puntos de

auscultación ventrales comúnmente se asocian a sonidos de mezcla de material orgánico, con exaltación variable de tonos (gas o líquido), en el transcurso del tiempo.

Las figuras 6 y 7 permiten visualizar la topografía de los órganos abdominales del equino *in situ*, visto de ambos lados, manteniendo el esqueleto y sus accidentes anatómicos como referencia. Didácticamente se han superpuesto en dichas imágenes los sitios de colocación de la campana del estetoscopio. Para los cuadrantes dorsales: la campana del estetoscopio se posiciona en la fosa paralumbar (ventral a los procesos transversos de las vertebrae lumbares- caudal al borde caudal de la última costilla- craneal a la tuberosidad coxal) derecha e izquierda. Y para los cuadrantes ventrales: la campana del estetoscopio se posiciona ventral al foco de auscultación dorsal y a su vez, ventral de una línea imaginaria (roja) que se traza horizontalmente desde la tuberosidad isquiática hacia craneal, para cada lado, respectivamente.

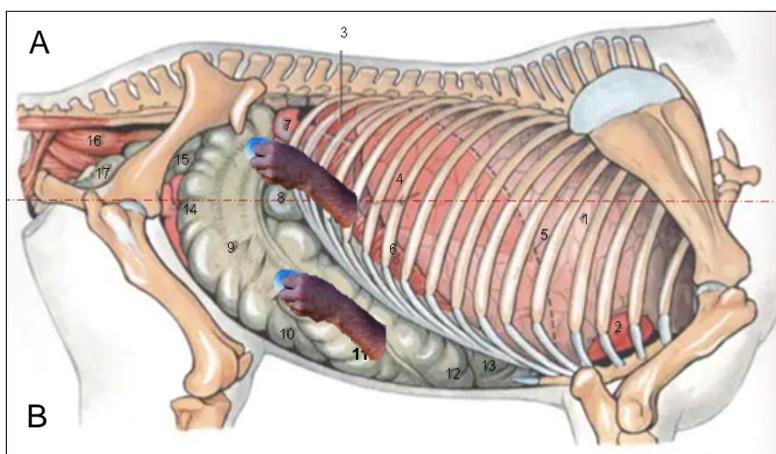


Figura 6: Manos posicionadas en el cuadrante dorsal (A) y ventral (B) derecho. 1, Pulmón; 2, Corazón; 3, Riñón derecho (proyección); 4, Hígado (proyección); 5, Cúpula del diafragma (proyección); 6, Parte costal del diafragma; 7, Flexura caudal del duodeno; 8, Base del ciego; 9, Cuerpo del ciego; 10, Ápex del ciego; 11-13, 15, Colon

mayor; 11, Colon ventral derecho; 12, Flexura esternal; 13, Flexura diafragmática; 14, Yeyuno; 15, Flexura Pélvica; 16, Recto; 17, Vejiga urinaria. Modificado de Popesko (1998)

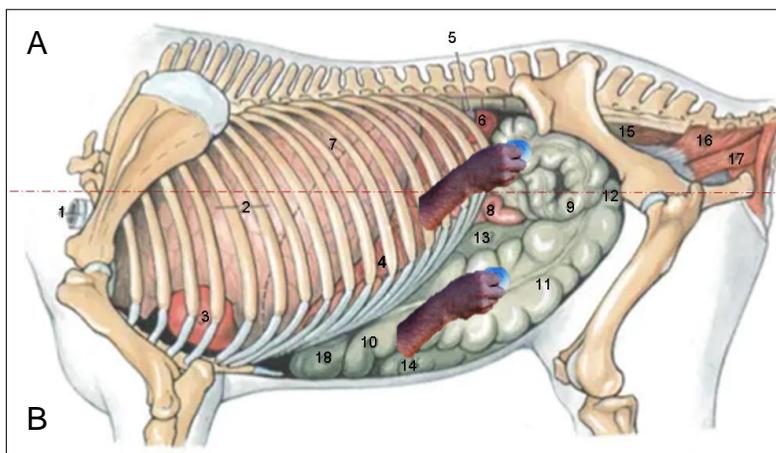


Figura 7: Manos posicionadas en el cuadrante dorsal (A) y ventral (B) izquierdo. 1, Tráquea; 2, Pulmones; 3, Corazón; 4, parte costal del diafragma; 5, Bazo (proyección); 6, Riñón izquierdo; 7, Capsula del diafragma; 8, Yeyuno; 9, Colon menor; 10-13, 18, Colon mayor; 11, Colon ventral izquierdo; 12, Flexura pélvica; 13, Colon

dorsal izquierdo; 14, Ápex del ciego; 15, Recto; 16, Musculo coccígeo; 17, Musculo elevador del ano; 18, Flexura diafragmática. Modificado de Popesko (1998).

Los movimientos audibles del ciego y el colon ventral incluyen contracción de propulsión, retropulsión y mezcla, sin embargo, la frecuencia esperable de los mismos es variable entre la bibliografía (Tabla 1). En condiciones de anorexia y sedación se espera que dichas frecuencias disminuyan (Feitosa, 2014; Marshall y Blikslager, 2019), también por motivos individuales, los equinos de temperamento nervioso pueden presentar menor motilidad (por aumento de tono simpático) (Sánchez, 2018). En tanto, en condiciones patológicas, el dolor es el principal responsable por la disminución de los sonidos intestinales (Feitosa, 2014).

Tabla 1. Frecuencia de sonidos y tiempo de auscultación según descripciones presentes en la literatura.

Evento	Frecuencia	Referencia
Sonidos de Mezcla	2 a 4 por minuto	Fernández- Casasnovas et al., 2011; Rowe y White, 2009
	3 a 6 por minuto	FCV- UBA, 2016b
Sonidos de Propulsión	cada 3 a 4 minutos	Marshall y Blikslager, 2019; Sánchez, 2018
	cada 2 a 4 minutos	Fernández- Casasnovas et al., 2011; Rowe y White, 2009
Tiempo de auscultación por cuadrante	30 segundos a 1 min	FCV- UBA, 2016b; Feitosa, 2014
	1 minuto	Ehrhardt y Lowe, 1990
	2 a 4 minutos	Rowe y White, 2009

El uso de la medición en decibeles (dB) también ya fue descrito en la literatura, Ehrhardt y Lowe en 1990 presentaron el primer estudio de evaluación intra e interobservador del método de auscultación intestinal en equinos. En dicho estudio, categorizaron los sonidos en “ausente”, “disminuido”, “normal” y “aumentado” obteniendo buenas concordancias entre observadores (Kappa 0,49-0,75) en extremos categóricos. Además, dichos autores demostraron la existencia de variaciones de frecuencia (MHz) entre la mañana y la tarde. Asimismo, son escasas las investigaciones destinadas a evaluar las fluctuaciones cuali-cuantitativas de los sonidos intestinales de forma seriada durante el periodo circadiano. Nuestro conocimiento acerca de la motilidad intestinal en el equino sigue siendo rudimentaria, especialmente en la comprensión de lo que es “normal” (Hudson y Merritt, 2008). El valor diagnóstico y pronóstico en el examen semiotécnico del tracto intestinal es incuestionable, pero, la experticia clínica del veterinario y aún más, la falta de rutina de auscultación son factores que pesan en la precisión de la herramienta. Los sonidos intestinales o borborigmos son extremadamente complejos con una amplia banda de frecuencias y cambios impulsivos de amplitud, variables acordes al contenido interno de las vísceras (gas, ingesta y líquido) (VanderBroek et al., 2019). Por eso, perfeccionar y estandarizar la técnica de auscultación sigue siendo tema de investigación en la literatura (Ehrhardt y Lowe, 1990; Naylor et al., 2006).

2.6.1 *Circadianidad de la motilidad intestinal*

El sistema digestivo, como casi todos los sistemas fisiológicos, metabólicos y conductuales, exhibe ritmicidad circadiana (Murphy, 2019). La disponibilidad de nutrientes, la alimentación rítmica, el alimento por sí mismo, los metabolitos inducidos por el alimento u hormonas cuya secreción está controlada por la alimentación o su ausencia interactúan dinámicamente con el ritmo circadiano (Arellanes-Licea y Diaz-Muñoz, 2012; Vaughn et al., 2014).

El ritmo circadiano y el sueño se relaciona al correcto funcionamiento del sistema digestivo. En humanos, está demostrado que la actividad peristáltica del colon disminuye durante el sueño hasta prácticamente desaparecer durante el sueño profundo (Vaughn et al., 2014). La ghrelina, una hormona peptídica secretada por el estómago durante el llenado gástrico, tiene un efecto directo sobre el núcleo supraquiasmático, que sugiere una interacción entre el consumo de alimento y el ritmo circadiano (Arellanes-Licea y Diaz-Muñoz, 2012). En un ensayo realizado en equinos se determinó, a través de ultrasonografía, una relación entre la motilidad intestinal y el momento del día, existiendo un aumento significativo de la actividad peristáltica durante la tarde (13.00- 15.00h), en comparación con la mañana (08.00- 10.00h), tanto en el grupo de equinos a campo como en los estabulados (Williams et al., 2011).

2.7 La tarea del veterinario

Como ya se mencionó, los trastornos digestivos son la principal causa de enfermedad y muerte en los equinos, por lo que los clínicos dedicados a estos animales tienen la tarea de intervenir oportunamente en el diagnóstico y tratamiento del paciente y para ello se debe saber diferenciar precozmente las variaciones patológicas y fisiológicas (normales) de las patológicas.

Hoy día es ampliamente aceptado que la mayoría de las funciones biológicas exhiben ritmicidad circadiana, y la función máxima y mínima pueden variar en horarios específicos del día (Giuseppe y Giovanni, 2002). Sin embargo, durante la formación clínica de Medicina Veterinaria, se capacita al estudiante con conocimiento semiológico que le permita explorar órganos y sistemas, para determinar si el animal presenta valores acordes a los referenciados en la bibliografía y poco se traslada el concepto de ritmicidad circadiana.

La tarea es aproximarse al entendimiento de que dichas fluctuaciones son normales y esperables en animales sanos. Saber distinguir las de variaciones patológicas es un reto solo superable por la práctica continua. Debido a esta situación, ya en 1990 Ehrhardt y Lowe sugerían que los estudiantes de veterinaria se les expusieran a grabaciones de sonidos intestinales de equinos sanos en distintos momentos del día, en lugar de depender su exposición a pacientes enfermos de los hospitales escuela.

El objetivo del presente estudio es monitorear la variación del ritmo cardiaco asociado o no a la frecuencia peristáltica en el transcurso circadiano, siendo

determinadas a través de auscultación en equinos sanos, criados a campo bajo régimen semi-extensivo en Uruguay.

3 HIPÓTESIS

La frecuencia cardíaca y la motilidad intestinal son funciones fisiológicas que se ajustan al ciclo circadiano como forma de adaptación. Debido a esto, esperaríamos que en horas de oscuridad la frecuencia cardíaca presente mayores valores asociados a menores valores de frecuencia de sonidos intestinales.

Esperaríamos alcanzar un nivel aceptable de concordancia entre las evaluaciones de la calidad de sonidos intestinales obtenidos mediante auscultación entre observadores de distintos niveles de experiencia en clínica de equinos.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivos principales

1. Determinar la variación del ritmo cardíaco asociado o no al ritmo peristáltico en el transcurso circadiano (24 horas), siendo determinados a través de auscultación en equinos sanos, criados bajo régimen semi – extensivo.
2. Determinar el grado de acuerdo, entre un evaluador de referencia y otro en formación, en la evaluación cualitativa de los sonidos intestinales auscultados.

4.2 Objetivos específicos

1. a Describir los valores de frecuencia de sonidos intestinales y frecuencia cardíaca a lo largo de las 24 horas.
1. b Determinar si existe asociación entre las variables frecuencia de sonidos intestinales y frecuencia cardíaca a lo largo de las 24 horas.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto CEUA/FVet N°1464/111900-000035-22 fue realizado tomando como muestra equinos de un club ecuestre de Montevideo/Uruguay (34°47'32.06"S, 56°4'56.676"W). Siete equinos sanos (4 hembras y 3 machos castrados), asignados al azar, fueron seleccionados para este estudio. La edad promedio de los animales fue de 9 ± 4 años, y peso promedio de 411 ± 54.88 kg. Todos los animales eran criados y fueron mantenidos durante el experimento en piquetes (Anexo 1) de aproximadamente 80 m² con pasto nativo (*Paspalum notatum*, *Paspalum dilatatum*, *Trifolium pratense*, *Lolium perenne*, *Bromus auleticus* entre otras especies), siendo todos suplementados dos veces al día (07:00 y 17:00 h) con 1,0 kg de granos de avena (*Avena sativa*) y agua *ad libitum*.

5.1 Ensayo piloto

La propuesta del proyecto, por no tener un carácter invasivo, fue inicialmente valorada a través de un ensayo piloto con un equino de docencia. El mismo era mantenido en el antiguo predio de la Facultad de Veterinaria-Universidad de la República (35°53'49.844"S, 56°8'21.102"W), bajo condiciones de manejo semejantes a la de los animales foco del experimento (Anexo 2-A). Dicho estudio piloto fue relevante para determinar la cantidad de animales factibles de ser evaluados, en las 24 horas, acorde a la metodología propuesta por la investigación, el tiempo necesario para realizar cada evaluación y el intervalo entre las mismas. Asimismo, el ensayo sirvió de preparación para el evaluador "En Formación" (estudiante avanzado de veterinaria, sin experiencias prácticas extracurriculares), manejo del tiempo, entrenar el orden de la toma de registros y ajustar criterios para las evaluaciones planteadas.

5.2 Criterios de inclusión y exclusión

Los equinos incluidos en la investigación fueron elegidos a partir de un pool de animales residentes y con más de 6 meses de adaptación a la rutina alimentaria y de actividad física (cabalgatas) del lugar. Solamente los equinos considerados sanos a partir de la evaluación clínica y paraclínica (hematología, perfil renal y funcional hepático) previos, fueron dados como aptos a participar de la investigación (Anexo 3). Animales identificados con alteraciones en los parámetros clínicos y/o paraclínicos, portadores de cualquier enfermedad general (con o sin tratamiento), que tuvieron cuadros de cólico en los últimos seis meses y los que fueron tratados quirúrgicamente para dicha patología, no fueron incluidos en el estudio.

5.3 Experimento y estudio enmascarado

El ensayo piloto dejó en evidencia que por cada día de evaluación podían ser evaluados hasta un máximo de cuatro equinos. El experimento se llevó a cabo en dos fechas asignadas al azar en los meses de agosto y septiembre del año 2021.

En la primera fecha (del 15 al 16 de agosto) fueron evaluados cuatro equinos, y las temperaturas ambientales fueron de $10,0 \pm 1,7$ °C (Instituto Uruguayo de Meteorología, 2023) siendo los horarios de salidas y puesta del sol 07:24 h y 18:14 h, respectivamente (SOHMA, 2021). En la segunda fecha (del 14 al 15 de septiembre) fueron evaluados los 3 equinos restantes, y las temperaturas ambientales fueron de $10,3 \pm 3,4$ °C (Instituto Uruguayo de Meteorología, 2023), siendo los horarios de salidas y puesta del sol 06:45 h y 18:36 h, respectivamente (SOHMA, 2021). Dichos datos de temperatura ambiente corroboraban con los obtenidos con el anemómetro en el lugar de evaluación.

Los animales fueron siempre evaluados por un mismo evaluador (Evaluador “En formación”), en el transcurso circadiano (24 horas), organizado en dieciséis (16) momentos de evaluación espaciados cada 90 minutos (Figura 8). Dichos momentos, para mayor comprensión, también fueron agrupados, acorde a los horarios de salida y puesta del sol, en partes: la tarde (desde el mediodía hasta el atardecer) y la noche (desde el atardecer hasta la medianoche), la madrugada (desde la medianoche hasta el amanecer), la mañana (desde el amanecer hasta el mediodía) (Figura 8).

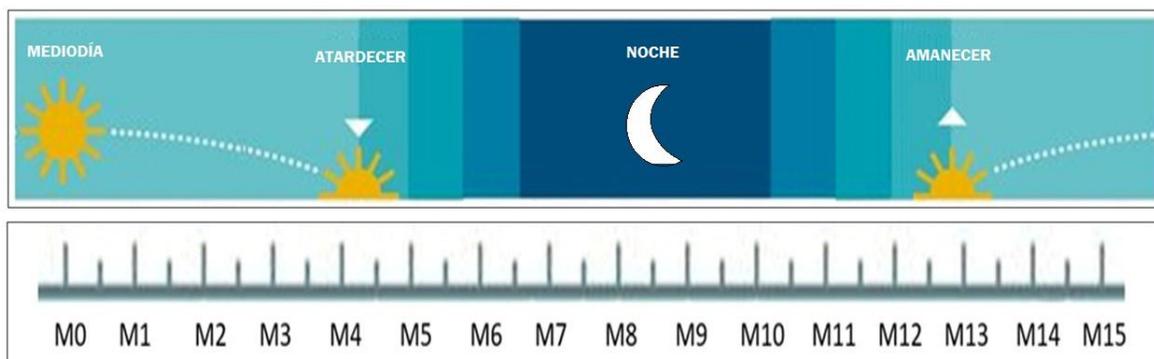


Figura 8: Momentos de evaluación de los animales, espaciados cada 90 minutos siendo: M0(12:00h), M1 (13:30h), M2 (15:00h), M3 (16:30h), M4 (18:00h), M5 (19:30h), M6 (21:00h), M7 (22:30h), M8 (00:00h), M9 (01:30h), M10 (03:00h), M11 (04:30h), M12 (06:00h), M13 (07:30h), M14 (09:00h), M15 (10:30h). Visto en partes: M0-M3 (tarde); M4-M7 (noche); M8-M11 (madrugada); M12-M15 (mañana).

Antes de empezar a registrar los datos de evaluación (M0), fueron realizadas tres simulaciones del procedimiento de evaluación con el objetivo de acostumbrar los animales a ser conducidos al lugar de examen y a la examinación. Los datos obtenidos en estas simulaciones no fueron considerados para el estudio.

Durante todo el experimento los equinos mantuvieron bozal y quedaron libres dentro de piquetes ubicados a 18 ± 4 metros del lugar de evaluaciones,

siendo que cada piquete tenía cobertura de campo nativo en toda su extensión (80m² aproximadamente). Cada 90 minutos se procedía a trasladar a cada animal desde el piquete hasta el cepo de contención, utilizando cabresto para guiarle. La evaluación duraba en torno a los 9 ± 2 minutos, al terminar de evaluar y registrar los datos, se guiaba el animal de vuelta al piquete. La evaluación siguió cada vez el siguiente orden:

1. *Frecuencia cardíaca (FC)*: en cada momento de evaluación fue valorada mediante auscultación indirecta, utilizando para ello un estetoscopio acústico [Littmann Classic III de 3M-Minnesota USA], siendo el punto de auscultación el cuarto espacio intercostal izquierdo a nivel del codillo (Figura 9). Registrando lpm/lpm que se auscultaban en un minuto completo.



Figura 9: Sitio de auscultación de la Frecuencia Cardíaca, el tercio inferior de la pared costal, desde el espacio intercostal III al VI (Foto demostrativa).

2. *Sonidos abdominales*: Evaluados de forma cualitativa y cuantitativa. Considerando para eso los cuatro puntos de auscultación abdominal propuestos por Naylor et al., 2006; en la región paralumbar izquierda y derecha, siendo cuadrante superior e inferior tomando como punto de referencia una línea imaginaria horizontal al nivel de la tuberosidad isquiática (Figura 6 y 7). El orden de auscultación fue: iniciando por el lado izquierdo; cuadrante dorsal y ventral, avanzando al lado derecho; cuadrante dorsal y ventral (Figura 10).

Para la auscultación abdominal se utilizó un estetoscopio electrónico [Littmann Electronic Stethoscope 3200 de 3M- Minnesota USA] con capacidad de grabar sonidos por hasta 30 segundos corridos. El evaluador "En formación", tras auscultar durante un minuto, iniciaba la grabación de 30 segundos de sonido. Cada registro era posteriormente transferido vía Bluetooth al *software* visualizador correspondiente al estetoscopio [3M Littmann Steth Assist Heart and Lung Sound Visualization Software] (Anexo 4) instalado en un ordenador portátil.



Figura 10. Orden y puntos de auscultación abdominal en los equinos evaluados. 1: Cuadrante Dorsal Izquierdo; 2: Cuadrante Ventral Izquierdo; 3: Cuadrante Dorsal Derecho; 4: Cuadrante Ventral Derecho (Fotos demostrativas).

El método de evaluación cuantitativa fue basado en la medición de la frecuencia de sonidos por minuto (sonidos/ min) registrados en cada momento de evaluación, por el evaluador “En formación”. El método de evaluación cualitativa, en el que se realizó la clasificación de los sonidos intestinales obtenidos en los sitios de auscultación abdominal evaluados fue realizado en dos momentos:

1) durante los 30 segundos de auscultación/grabación del sonido, para cada cuadrante y momento de evaluación, por el evaluador “En formación”;

2) al finalizar el ensayo, por un segundo evaluador, el evaluador “De referencia” (DMV, MSc, PhD con más de 18 años de experiencia en medicina interna equina), a través de registros digitales reproducidos de los sonidos auscultados, sin conocimiento del animal, momento, ni cuadrante de auscultación (evaluación enmascarada).

Los sonidos intestinales fueron clasificados acorde al tipo de contenido predominante reconocidos por el evaluador, asignando a cada uno la combinación de letras, pudiendo ser: sonidos de mezcla de contenido sólido (MIX), Líquido (LIQ), Gaseoso (GAS) y cuando no hubo posibilidad de caracterización, el mismo fue clasificado como “No Identificado” (NID).

Una vez completado el ensayo, los datos obtenidos fueron digitalizados, ordenados en tablas y carpetas individuales, separadas por animal y momento de evaluación, e identificados acorde al cuadrante evaluado. Para las evaluaciones a ciegas, los registros se almacenaron en ocho carpetas de archivos en la plataforma de almacenamiento digital “Google Drive”, donde los registros les fue modificada y aleatorizada su identificación. El enlace de almacenamiento fue compartido con el evaluador “De referencia” para su correspondiente caracterización asincrónica, según descripción anterior. Para la interpretación de los sonidos el evaluador “De referencia” contaba con la posibilidad de uso de audífonos y hasta tres repeticiones de cada audio.

5.4 Análisis estadístico

Los datos de frecuencia cardíaca, de sonidos intestinales y la clasificación de los sonidos recabados durante el experimento fueron registrados y ordenados en una base de datos mediante el programa Microsoft Office Excel 2007. Las variables numéricas fueron analizadas mediante estadística descriptiva a través del programa estadístico R (R Core Team, 2024). Por otra parte, se graficó la distribución de los valores de frecuencia cardíaca entre los equinos para cada momento (análisis trasversal), y también de la distribución de la frecuencia de sonidos de cada equino a lo largo del tiempo (análisis longitudinal), utilizando el mismo programa estadístico.

Se utilizó un modelo de regresión lineal mixta para analizar la relación entre la frecuencia cardíaca (FC) y la frecuencia de sonidos del cuadrante ventral izquierdo (VI_spm) junto con el tiempo, considerando la naturaleza longitudinal del estudio. Debido a la similitud de frecuencia de sonido intestinal entre cuadrantes, fue elegido aleatoriamente el cuadrante ventral izquierdo. El modelo fue ajustado utilizando la función lmer del paquete lme4 en el software R. La variable FC fue modelada como la variable dependiente, mientras que VI_spm, momento y su interacción fueron incluidas como variables independientes. Se incorporó un efecto aleatorio que considera al individuo, para tener en cuenta la variabilidad entre los sujetos.

Una vez que se comprobó que los datos cumplían con los supuestos de: Homogeneidad de varianza, Normalidad e Independencia de las observaciones, se realizó el análisis expresándose los resultados con niveles de significancia del 95% ($p < 0,05$). El poder explicativo del modelo fue abordado a través del cálculo de los **R² Marginal (R²m)** que representa la proporción de la varianza explicada por los **efectos fijos** relativo a la **varianza general**, y el **R² Condicional (R²c)** que representa la proporción de la varianza explicada por los **efectos fijos y aleatorios** juntos relativos a la **varianza general**.

La clasificación de los sonidos realizada por ambos evaluadores se organizó en una Matriz de confusión multiclase (tabla 4x4) elaborada según los pasos descritos en el Anexo 5-A, a partir de la cual se determinaron:

- Clase mayoritaria: clase que representa la mayoría de las clasificaciones realizada por el evaluador “De referencia”.
- Tasa de bien clasificados: porcentaje de datos clasificados correctamente por el evaluador “En formación” considerando la clasificación realizada por el evaluador “De referencia” como la referencia.
- Métricas globales;
 - Precisión de la prueba: es la predicción de clasificaciones correctas entre el total de datos. Expresada con intervalo de confianza del 95%, lo que significa que con un 95% de confianza, la verdadera precisión está dentro del rango en paréntesis (Lee, 2023).
 - Tasa de no información: es la exactitud que pudiera alcanzarse si el evaluador “En formación” siempre eligiera la clase mayoritaria para clasificar los sonidos (Lee, 2023).
 - Índice Kappa Cohen: La confiabilidad interobservador para la clasificación de los sonidos intestinales fue probada a través del análisis estadístico Kappa Cohen, donde los índices de concordancia eran de ≤ 0 para ausencia; de 0,01-0,20, concordancia leve; de 0,21-0,40, concordancia regular; de 0,41-0,60 concordancia aceptable; de 0,61-0,80 concordancia moderada; y, de 0,81-1,00 para concordancia perfecta (McHugh, 2012).
 - Métricas por clase;
 - Sensibilidad: también llamada tasa de verdaderos positivos, es la proporción de datos que fueron clasificados en determinada clase por el “De referencia” y detectados/ clasificados en la misma clase por el evaluador “En formación” (Lee, 2023).
 - Especificidad: es la proporción de datos que no fueron clasificados dentro de determinada clase por el “De referencia” y tampoco por el evaluador “En formación” (Lee, 2023).

Las fórmulas para el cálculo de Sensibilidad y Especificidad se plantean en el Anexo 5-B.

6 RESULTADOS

Los datos de Hemograma, Perfil renal y Funcional Hepático de control (Anexo 1), además del examen físico inicial, comprobaron la salud de los animales seleccionados para la investigación.

6.1 Frecuencia Cardíaca (FC)

En la Tabla 2 se resumen los valores de FC para los siete equinos, la cual presentó variaciones marcadas entre los equinos evaluados y, entre horarios para el mismo animal. A modo de ejemplo, el equino 3 presentó valores inferiores al resto (min. 20 y máx. 36 lpm) mientras que el equino 1 presentó valores superiores al resto (min. 33 y máx. 47 lpm) en todas evaluaciones.

Tabla 2. Promedio de los valores de (FC) expresadas en latidos por minuto (lpm) (Media \pm Desvío estándar), para los siete equinos (Eq), en los dieciséis momentos de evaluación durante el día (M0-15).

	Eq1	Eq 2	Eq 3	Eq 4	Eq 5	Eq 6	Eq 7
FC	43 \pm	37 \pm	30 \pm	38 \pm	37 \pm	33 \pm	33 \pm
(lpm)	4,02	3,67	3,82	2,48	4,59*	1,65**	1,34**

*** en el M7 (22.30-23.59h) este animal puede haber presentado cambios de la FC, debido a inestabilidad climática (tormenta eléctrica)**

**** en los M7 y M8 (22.30 hasta 01.30h) no fue posible registrar estos animales debido a inestabilidad climática (tormenta eléctrica)**

La figura 11 resume la distribución de FC entre los animales para cada momento de evaluación (análisis transversal). Se observó concentración de los datos en el segundo cuartil (entre p25 y la mediana) para casi todas las observaciones (13/16), indicando una distribución asimétrica hacia los valores menores (\pm 37 lpm).

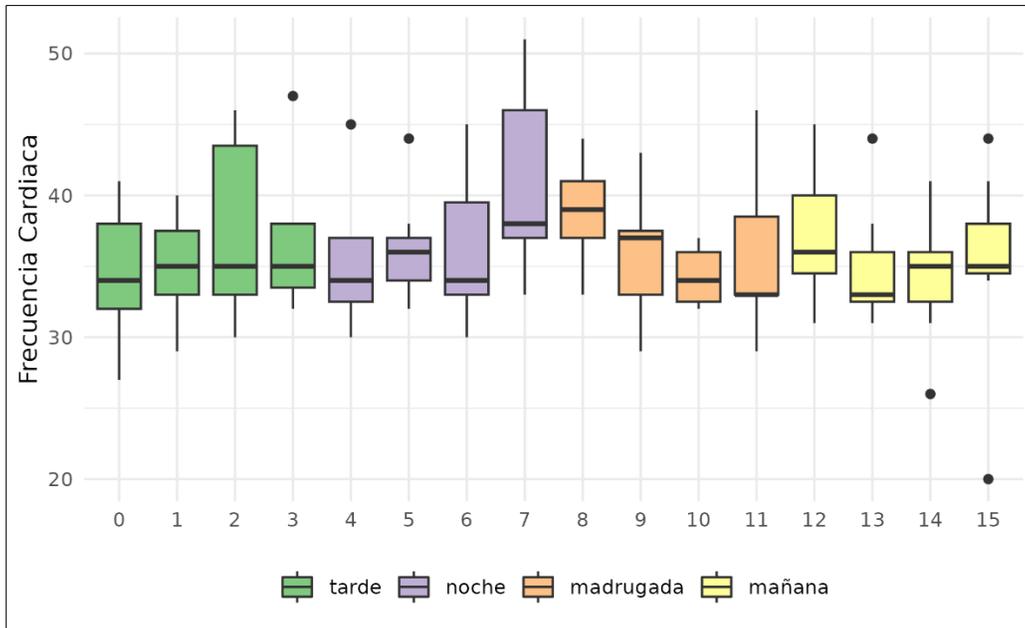


Figura 11. Distribución de los valores de FC para los 7 equinos en los 16 momentos de evaluación (M0-M15) expresado en latidos por minuto (lpm). M0(12:00h), M1 (13:30h), M2 (15:00h), M3 (16:30h), M4 (18:00h), M5 (19:30h), M6 (21:00h), M7 (22:30h), M8 (00:00h), M9 (01:30h), M10 (03:00h), M11 (04:30h), M12 (06:00h), M13 (07:30h), M14 (09:00h), M15 (10:30h). Visto en partes en función de los horarios de salida y puesta de sol durante el experimento: tarde, M0-M3 (verde); noche, M4-M7 (violeta); madrugada, M8-M11 (naranja); mañana, M12-M15 (amarillo)

En el horario de madrugada se identificó el mayor pico de la FC, en el M8 (00:00h), tomando el rango de $39 \pm 4,14$ lpm. En contraparte, los menores valores de FC fueron observados en la mañana haciendo un descenso uniforme entre los equinos en el M13(h7.30h) $35 \pm 4,54$ lpm (Figura 11).

Se destaca la caja correspondiente al M15 en la que dos animales presentaron valores extremos. El animal 1 registró valores de 44 lpm, y el animal 3 valores de 33 lpm, se representan como puntos ya que superan 1,5 veces el intervalo intercuartil (Figura 11).

6.2 Sonidos intestinales

En cuanto a la distribución de la frecuencia de sonidos intestinales a lo largo del tiempo, podemos observar en los cuatro cuadrantes de auscultación, que ocurre de forma similar a la variable FC; las respuestas de los individuos son variables (Figura 12), impidiendo la determinación de una tendencia clara del comportamiento de esta variable en el tiempo.

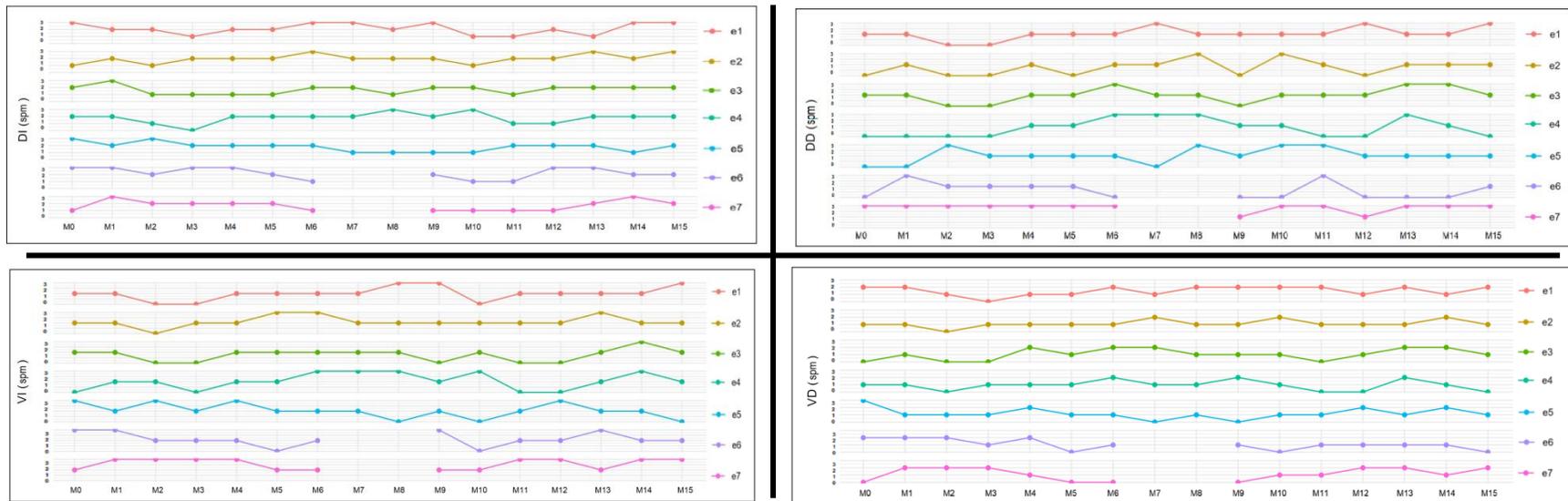


Figura 12. Representación gráfica de los valores individuales de frecuencia de sonidos intestinales, de los siete animales (e1-e7), evaluados entre los momentos (M0-M15), con rango de 0-3 sonidos por minuto (spm), en los cuadrantes Dorsal Izquierdo (DI), Dorsal Derecho (DD), Ventral Izquierdo (VI) y Ventral Derecho (VD). M0 (12:00h), M1 (13:30h), M2 (15:00h), M3 (16:30h), M4 (18:00h), M5 (19:30h), M6 (21:00h), M7 (22:30h), M8 (00:00h), M9 (01:30h), M10 (03:00h), M11 (04:30h), M12 (06:00h), M13 (07:30h), M14 (09:00h), M15 (10:30h). Visto en partes: M0-M3 (tarde); M4-M7 (noche); M8-M11 (madrugada); M12-M15 (mañana).

El comportamiento global (7 equinos) de los sonidos por minuto para cada cuadrante y momento evaluado (M0- M15) resultaron en frecuencias de (Media \pm desvío estándar): 1,91 \pm 0,49 sonidos/ min en el cuadrante Dorsal Izquierdo; 2,10 \pm 0,65 sonidos/ min en el cuadrante Ventral Izquierdo; 2,03 \pm 0,71 sonidos/ min en el cuadrante Dorsal Derecho; 2,15 \pm 0,64 sonidos/ min en el cuadrante Ventral Derecho.

Por motivos climáticos (temporal) no fue posible la auscultación de los sonidos abdominales en ninguno de los cuatro cuadrantes para los equinos 6 y 7 en los momentos 7 y 8 (M7 y M8).

Modelo lineal general mixto

Debido a la similitud entre cuadrantes de la distribución de sonidos intestinales en el tiempo (Figura 12) se tomó el cuadrante ventral izquierdo como ejemplo para la generación del modelo lineal general mixto.

Los resultados indican que la frecuencia cardíaca basal (Intercepto) fue de 37,48 (IC 95%: 32,24 – 42,72). Sin embargo, la frecuencia de sonidos del cuadrante ventral izquierdo (VI_spm), el momento y su interacción no mostraron asociación significativa con la FC ($p > 0.05$ para todas las estimaciones). Además, el modelo reveló una variabilidad substancial entre los sujetos ($\tau_{00} ID = 16,00$), con un coeficiente de correlación intraclase (ICC) de 0,58, indicando que aproximadamente el 58% de la variabilidad total en la FC puede ser atribuida a diferencias entre los sujetos. El modelo exhibió un bajo poder predictivo global ($R^2 m = 0.005$), pero una adecuada capacidad para explicar la variabilidad condicional ($R^2 m = 0.587$), lo que sugiere que la mayoría de la variabilidad observada en la FC puede ser explicada por las variables incluidas en el modelo, considerando el efecto aleatorio de los sujetos (Tabla 3).

Tabla 3. Resultado del Modelo Lineal General Mixto aplicado a la frecuencia de sonidos auscultados en el cuadrante ventral izquierdo (VI_spm).

Predictores	Estimados	IC	p
(Intercepto)	37,48	32,24 – 42.72	<0,001
VI_spm	-0,51	-2,47 – 1.45	0,605
Momento	-0,10	-0,59 – 0.39	0,691
VI_spm * momento	0,02	-0,20 – 0.24	0,869
Marginal R2 / Condicional R2	0,005 / 0,587		

Predictores: Predictores o variables independientes del modelo.

Estimados: Estimaciones de los coeficientes del modelo.

CI: Intervalo de confianza al 95 % para las estimaciones de los coeficientes.

p: Valor p asociado a cada coeficiente, indicando su significancia estadística.

Marginal R2 / Condicional R2: Coeficientes de determinación R.

6.3 Clasificación de los sonidos auscultados: Estudio enmascarado

La clasificación de los sonidos realizada por el evaluador “En formación” y “De referencia” para cada registro dio lugar a una Matriz de Confusión (Tabla 4). Se destaca la clase MIX como la clase mayoritaria ya que ocupó 385 observaciones del total de clasificaciones (428) realizadas por el evaluador “De referencia”.

El porcentaje de registros bien clasificados resultó cercano al 57%. De los cuales 56,31% correspondieron a la concordancia clasificando MIX, mientras que el 0,70% restante correspondió a la concordancia clasificando NID. No hubo concordancia clasificando la clase LIQ ni GAS por parte de los evaluadores (ver tabla 4).

Tabla 4. Matriz de Confusión Multiclase. Se presentan pareados los recuentos de registros clasificados de acuerdo al sonido predominante (MIX: Mezcla; LIQ: Líquido; GAS: Gaseoso; y NID: No Identificado) para cada Evaluador.

		EVALUADOR “DE REFERENCIA”				Total	
		MIX	LIQ	GAS	NID		
EVALUADOR “EN FORMACION”	MIX	Recuento	241*	3	1	16	261
		% del total	56,31%	0,70%	0,41%	3,74%	60,98%
	LIQ	Recuento	95	0*	1	14	110
		% del total	22,20%	0%	0,41%	5,65%	44,35%
	GAS	Recuento	24	2	0*	3	29
		% del total	5,61%	0,47%	0%	0,70%	6,78%
	NID	Recuento	25	0	0	3*	28
		% del total	5,84%	0%	0%	0,70%	6,54%
	Total	Recuento	385	5	2	36	428
		% del total	89,95%	1,17%	0,47%	8,41%	100%

* Recuento de bien clasificados para cada clase

En la tabla 5 se presentan las métricas globales y por clase obtenidas a partir de los datos organizados en la Matriz de confusión. El significado de cada una de las métricas se define en la sección Materiales y Métodos (página 29).

De acuerdo con la precisión de la prueba, el porcentaje de coincidencia es del 57% (Tabla 5), pero de acuerdo a la Tasa de no información, estas coincidencias podrían haber escalado hasta un 90%. Consistente con estos resultados, el valor de kappa (0,03) cercano a cero indica que las concordancias obtenidas en esta evaluación ciega son leves, y que los casos de concordancia se deben en gran medida al azar.

Tabla 5. Métricas globales y por clase para la clasificación ciega de los sonidos intestinal de los 7 equinos evaluados en los 16 momentos de evaluación

<i>Métricas globales</i>				
Precisión de la prueba: 0.57 (95% IC: 0.52, 0.61)				
Tasa de no información: 0,90				
Índice Kappa Cohen: 0,03				
<i>Métricas por clase</i>				
	MIX	LIQ	GAS	NID
Sensibilidad	0,62	0,00	0,00	0,08
Especificidad	0,53	0,74	0,92	0.94

7 DISCUSIÓN

Al reconocer los trastornos digestivos como ente número uno de enfermedad y muerte en los equinos domésticos (Curtis et al, 2015; Tinker et al., 1997) toma gran relevancia para los clínicos dedicados a esta especie el continuo entendimiento de lo que es esperable en el caballo sano, para de esta manera identificar precozmente variaciones patológicas que ocurren en el equino enfermo.

Hoy se sabe que la mayoría de los procesos fisiológicos exhiben ritmicidad circadiana (Murphy, 2019), es decir, presentan oscilaciones con extremos (acrofases) y variabilidad (periodicidad y amplitud) a lo largo de las 24 horas como respuesta adaptativa tanto, a los cambios cíclicos ambientales (ciclo luz- oscuridad y factores ambientales) como a estímulos externos (estresores, alimentación,) e internos (neurotransmisores, electrolitos y sustratos metabólicos) (Giuseppe y Giovanni, 2002).

Destacamos que para esta investigación fueron seleccionados como sujetos de estudio, equinos bajo régimen de cría semiextensivo, de acuerdo a que como se mencionó en la revisión bibliográfica, la estabulación en caballerizas, se opone al pastoreo y la locomoción que hace parte del mismo (Harris et al., 2017; Harris y Shepherd, 2021; Houpt, 1990) con demostrado impacto sobre la motilidad intestinal (Williams et a., 2011). Para reducir este efecto fueron evaluados equinos libres a campo natural.

Tras la evaluación de la frecuencia cardíaca y de sonidos intestinales durante el periodo circadiano, observamos que los valores de FC obtenidos (Media \pm DE) (Tabla 2), coincidieron dentro del rango normal establecido para la especie (20 - 40 lpm) (Duncanson, 2010; FCV- UBA, 2016a; Fernández-Casasnovas et al., 2011) en seis de los siete equinos. Davis (2018) menciona que, a pesar de existir un rango de FC esperable, se pueden observar valores menores en equinos atletas y mayores en caballos de tiro, ponies y adultos sanos pero nerviosos. En ese contexto, el equino restante (Eq 1) presentó valores de FC superiores atípicos (*outliers*) durante la evaluación ($43 \pm 4,02$), y se destaca que este animal durante toda la evaluación se mostró con temperamento nervioso, pudiendo relacionar los registros de FC alta al aumento del tono simpático (Davis, 2018; Guyton y Hall, 2006) por miedo durante los momentos de evaluación. Se destaca también que el Eq 3 registró los menores valores de FC en todo el experimento ($30 \pm 3,82$), y particularmente en el momento 15 (horario de la mañana), registró valores sobre el límite inferior (20 lpm) lo que puede atribuirse al temperamento tranquilo del animal.

Por motivo de tormenta eléctrica, en la segunda fecha de evaluación, se presume que el Eq 5 en el momento 7 registró valores de FC atípicos elevados (51 lpm), considerados en la bibliografía como taquicardia (Davis, 2018) que se justifican por aumento del tono simpático (Davis, 2018; Guyton y Hall, 2006) ante

el miedo generado por los ruidos estruendosos de la tormenta. Igualmente, los registros de FC en los momentos 7 y 8 (M7 y M8) de los equinos 6 y 7 (entre 20:30 y 00:00 h) no pudieron ser registrados por la razón de ambiental antes expuesta.

En cuanto a la distribución de los valores de FC por momento de evaluación y agrupados por horarios del día (Figura 11) se observa, concentración de los datos en el primer cuartil en la mayoría de las observaciones (13/16) y en contraparte, mayor dispersión de los datos en el segundo cuartil, esto puede explicarse por la presión de los registros extremos superiores ejercida por el Eq 1 y, particularmente en el registro M7 debido a la tormenta, los registros de taquicardia del Eq 5 y la pérdida de registros de los Eq 6 y 7 se piensa que favorece los valores promedio excepcionalmente altos ($41 \pm 7,31$).

En cuanto a las medianas aritméticas en la Figura 11, se puede observar por horarios que; durante la tarde (M0-M3) los valores fueron bastantes constantes, que en la noche (M4-M7) aumentaron gradualmente, hasta hacer un pico (\bar{x} 39 lpm) al inicio de la madrugada (M8-M11) para luego descender gradualmente y, durante la mañana (M12-M15) presentar los menores valores (\bar{x} 33 lpm). Estos resultados coinciden con el reporte de Evans y colaboradores en 1976, en cuanto a la observación de menores FC durante las horas de luz, mientras que durante las horas de oscuridad aumentaron hasta hacer un pico. Dichos autores analizaron a los equinos individualmente ya que encontraron diferencias significativas entre los mismos, pero en todos los animales comprobaron el mismo comportamiento circadiano de la FC.

Piccione y colaboradores (2001) en un ensayo realizado con seis equinos atletas de salto, observaron la acrofase (pico oscilatorio) de la FC en horas de la madrugada, específicamente a las 02.00 h. En 2005a Piccione y otros colaboradores, en un estudio de circadianidad de 21 variables fisiológicas en cinco equinos de carreras, comprobaron la ritmicidad circadiana de la FC y detectaron la acrofase en horas de la madrugada (04.00h). Esto permite visualizar que los resultados obtenidos en nuestra investigación, se asemejan de forma importante a lo referenciado en la literatura, más allá de las diferencias metodológicas que pudieran existir.

Semejante a lo descrito para la FC, el análisis de la distribución de Frecuencia de sonidos intestinales (spm) por cuadrante, reveló que la respuesta de los individuos es variable (Figura 12). Por dicha razón no fue posible proponer una tendencia clara en el comportamiento de esta variable a lo largo del tiempo. Además, el análisis del Modelo lineal general mixto, arrojó que la variable Frecuencia de sonidos intestinales no se asoció significativamente de forma individual ni combinada con la variable tiempo, con las variaciones observadas en la FC.

En cuanto al análisis estadístico de los datos, a través del Modelo lineal general mixto se descarta la asociación significativa entre FC y el momento del día. Tampoco se encontró asociación significativa ($p > 0.05$) entre la Frecuencia

de sonidos del cuadrante ventral izquierdo (VI_spm), el momento, y su interacción, con la FC. En cuanto a la asociación de FC y tiempo, las diferencias con los resultados publicados en la bibliografía se pueden atribuir a diferencias en el método de colección de los datos, por ejemplo, uso de transmisores subcutáneos para medir FC cada 5 minutos (Evans et. al, 1976), oscilómetros no invasivos fijados en base de cola o metacarpos para medir cada dos horas (Piccione et al, 2001; Piccione et al, 2005a). Además, se especula que la heterogeneidad de los individuos, las condiciones climáticas y las pérdidas de muestras pudieron influir negativamente en los resultados estadísticos.

La varianza de los efectos aleatorios del modelo, que para nuestro caso fueron los equinos, reveló que existe variabilidad substancial de FC entre sujetos ($\tau_{00} \text{ ID} = 16,00$), con un coeficiente de correlación interclase de 0,58, lo cual indica que el 58% de la variabilidad total observada en FC puede ser atribuida a diferencias entre los sujetos. Esto último es consistente con las variaciones observadas en la distribución de la FC. Tomando como ejemplo lo observado en el registro en M15 (Figura 11) donde dos animales presentaron valores atípicos (44 y 33 lpm), superando en 1,50 veces el intervalo intercuartil aun cuando no existió aparentemente ningún evento ambiental (tormenta) que pudiera explicar este comportamiento, teniendo en cuenta que dichos animales fueron evaluados en el mismo día, en el mismo horario, bajo las mismas condiciones de manejo que en el resto del experimento que dieran lugar a dicha discrepancia entre los registros. La presencia de estos *outliers* puede justificar aún más la característica de individualidad de la FC.

El modelo arrojó también, como se dijo antes, que la variación observada en la frecuencia de sonidos intestinales no se asoció significativamente con la FC de forma individual, ni tampoco en asociación al momento de evaluación. Con eso, es posible decir que la hipótesis propuesta no pudo ser estadísticamente confirmada, y se puede inferir también, que tal como ocurre con la FC, la variación en la Frecuencia de sonidos intestinales se deba principalmente a la variación entre individuos y no al momento del día. Estos resultados difieren de lo publicado en 1990 por Ehrhardt y Lowe, en el cual a través de un estudio de medición de la energía acústica (dB) demostró variaciones significativas entre los registros de audio obtenidos mediante auscultación de la fosa paralumbar derecha de equinos, hallando diferencias significativas entre la mañana y la tarde, confirmando así la variación circadiana de la motilidad intestinal. Tampoco es consistente con los resultados de Vaughn y colaboradores (2014) que mediante monitorización prolongada a través de sensores posicionados dentro del colon de nueve personas confirmaron que la actividad contráctil se reduce al mínimo durante el sueño, confirmando la naturaleza rítmica de esta variable. También en 2011 Williams y colaboradores compararon la motilidad intestinal a través de ultrasonografía, de 16 equinos de trabajo en sistema de cría semiextensivo (sobre pastura) encontraron que la frecuencia de contracciones intestinales fue significativamente mayor en momentos específicos de la tarde (13.00- 15.00h) comparada con la mañana (08.00- 10.00h), en ambos regímenes de alimentación.

Las diferencias en los resultados obtenidos con respecto a las mencionadas investigaciones, teorizamos se debe a las distintas metodologías para la recolección de los datos, tal como ocurrió para la variable FC. Si embargo, destacamos que el planteamiento inicial y la esencia de este trabajo persigue evidenciar variaciones circadianas, pero más importante hacerlo mediante la aplicación de las herramientas que rutinariamente se usan para evaluar la FC y motilidad intestinal en la práctica médica diaria, es decir, mediante auscultación indirecta (Hudson y Merritt, 2008; Ragle et al., 1989; VanderBroek et al., 2019).

Con respecto a la suplementación con granos de avena que recibían los equinos. Sabemos que la capacidad de digestión pre-cecal del almidón es saturable cuando se superan los 600 g de avena / 100 kg de peso vivo por comida (Harris, 2009). En el caso de los equinos evaluados, recibieron menos de la mitad de la dosis máxima, asegurando una cantidad segura. Sin embargo, no fue evidente la disminución de la motilidad intestinal esperable debido al efecto supresor de la tasa de vaciado gástrico tras el consumo de granos de cereal (Lopes, 2009) (1,00 Kg durante el M3 y M12). Esto último se puede atribuir a que la cantidad de granos de avena ofrecida fue relativamente poca y/o a la sensibilidad del método de auscultación para detectar ligeras reducciones de motilidad (sonidos por minuto).

En cuanto a la evaluación cualitativa de los sonidos intestinales, los resultados indican que el sonido mayormente identificado por ambos evaluadores fue el de mezcla de contenido sólido (MIX), concordante con lo expuesto en la literatura, la cual refiere que son los sonidos que típicamente se distinguen en los cuadrantes ventrales, y en el cuadrante dorsal izquierdo que es la zona de proyección de colon menor (Fernández- Casasnovas et al., 2011; Krunkosky et al., 2006; UBA, 2016b).

La evaluación ciega fue analizada, arrojando una precisión de la prueba del 57%, en otras palabras, por cada 100 evaluaciones realizadas por el evaluador "En formación", 57 coincidieron con las realizadas por el evaluador De Referencia, sin embargo, de acuerdo a la Tasa de no información (definición en página 30), estas coincidencias podrían haber escalado hasta un 90% de haber clasificado en todas las evaluaciones como clase MIX, esto se debe a que esta fue la clase por lejos más clasificada. También el análisis evidenció que las otras clases (LIQ, GAS, NID) nunca fueron evaluadas consistentemente entre los evaluadores, lo que puede traducirse en que son sonidos de detección más compleja y se requiere mayor experiencia para asignarlos correctamente. Consistente con estos resultados, el valor de kappa (0,03) indica que, una vez corregida la posibilidad de coincidir por efecto del azar, el evaluador "En formación" podría clasificar de igual manera que el evaluador "De referencia" (Lee, 2023), por existir, aunque leve, concordancia entre las evaluaciones.

Si comparamos nuestros resultados con los del estudio interobservador de Ehrhardt y colaboradores (1990) vemos que el nivel de concordancia entre evaluadores fue menor (0,30 versus 0,03, respectivamente), y la explicación

puede deberse a que la cantidad de registros fue mayor en nuestro estudio (428 versus 20). La clasificación realizada por dichos autores era del tipo cuantitativa con dos opciones posibles (ausente/disminuido o normal/aumentado) lo cual aumenta de manera importante la posibilidad de coincidir.

Los resultados de la evaluación de concordancia dejan en evidencia la trascendencia de la experiencia clínica en la evaluación de los sonidos intestinales y la escasez de valoración de las técnicas estandarizadas y de su interpretación, la cual puede llevar a los estudiantes avanzados o clínicos con menores años de experiencia a dudar de la precisión y utilidad de la auscultación abdominal como técnica para el diagnóstico clínico.

Se destaca de esta investigación, la frecuencia de evaluación que permite mayor sensibilidad en la detección de variaciones sutiles en las frecuencias cardiaca y de sonidos intestinales. El estudio ciego ofrece confiabilidad en las evaluaciones de los sonidos abdominales, pone en manifiesto debilidades en la interpretación de los sonidos auscultados por parte del evaluador en entrenamiento, comparable de forma transversal con el resto del alumnado y veterinarios recién egresados en el país. Toma gran relevancia para los veterinarios el continuo entendimiento de lo que es esperable en un individuo sano, para garantizar la divulgación de medidas de manejo que reduzcan el impacto negativo sobre la fisiología digestiva y con ello dar respuesta a la salud y bienestar de estos animales, sumado a proteger el recurso económico y emocional que representan para sus propietarios.

Como perspectivas a futuro, reconociendo la trascendencia de los resultados obtenidos en esta evaluación, se proponen una serie de ajustes de metodología tendientes a mejorar la confiabilidad de los resultados:

1. Homogeneidad de la muestra
2. Tamaño de muestra
3. Instalaciones adecuadas

Este trabajo se presenta como una de las primeras iniciativas en el campo de la circadianidad de variables fisiológicas de equinos a campo en Uruguay. La importancia de los resultados obtenidos radica en brindar un mayor entendimiento de la semiología intestinal y cardíaca en equinos sanos para las condiciones de pasturas, fotoperiodo y clima de Uruguay. Permite, además, entender parte de la naturaleza cambiante/ adaptativa de dichas variables a lo largo del día y ser un punta pie para futuras investigaciones.

8 CONCLUSIÓN

Mediante estadística descriptiva, la frecuencia cardiaca exhibió ritmicidad circadiana, siendo que los valores medianos más altos ($39 \pm 4,14$ lpm) se registraron durante la madrugada y los valores medianos más bajos durante la mañana ($35 \pm 4,54$ lpm).

En el caso de la frecuencia de sonidos intestinales, fue posible identificar, en general, la frecuencia de 2 spm, aunque en algunos momentos fue menor en el cuadrante Dorsal Izquierdo. Mediante estadística inferencial, no fue posible establecer un patrón de variación de la frecuencia de sonidos intestinales en el transcurso circadiano. Tampoco fue posible determinar la asociación significativa entre la frecuencia cardiaca y de los sonidos intestinales, el momento del día o la combinación de ambas. Sin embargo, se determinó que la variación de la frecuencia cardiaca se debe primordialmente a la variabilidad entre individuos.

La valoración interobservador (estudio enmascarado) del análisis cualitativo de los sonidos intestinales resultó en concordancia leve (Kappa 0,03) y la clase mayormente clasificada por ambos evaluadores fue la de mezcla de contenido sólido.

9 BIBLIOGRAFIA

- Arellanes-Licea, E., y Díaz-Muñoz, M. (2012). Ritmicidad biológica de la secreción de ghrelina, GH e IGF-1, y su regulación por la alimentación. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 20(2), 74-87.
- Argenzio, R. A., Lowe, J. E., Pickard, D. W., y Stevens, C. E. (1974). Digesta passage and water exchange in the equine large intestine. *American Journal of Physiology*, 226(5), 1035-1042.
- Cohen, N.D. (2009). Epidemiology of Colic. En N.A. White, J.N. Moore y T.S. Mair, *The Equine Acute Abdomen* (pp. 217-232). Jackson: Teton NewMedia.
- Curtis, L., Burford, J. H., Thomas, J. S. M., Curran, M. L., Bayes, T. C., England, G. C. W., y Freeman, S. L. (2015). Prospective study of the primary evaluation of 1016 horses with clinical signs of abdominal pain by veterinary practitioners, and the differentiation of critical and non-critical cases. *Acta veterinaria Scandinavica*, 57, 69.
- Davis, E. (2018). Disorders of the Cardiovascular System. En S.M Reed, W.M. Bayly, y D.C. Sellon (Eds.), *Equine internal medicine* (pp. 313-386). St. Louis: Elsevier.
- Duncanson, G. R. (2010). *Veterinary Treatment for Working Equines*. Cambridge: Cabi.
- Ehrhardt, E. E., y Lowe, J. E. (1990). Observer variation in equine abdominal auscultation. *Equine Veterinary Journal*, 22(3), 182-185.
- Evans, J. W., Winget, C. M., De Roshia, C., y Holley, D. C. (1976). Ovulation and equine body temperature and heart rate circadian rhythms. *Journal of Interdisciplinary Cycle Research*, 7(1), 25-37.
- Feitosa, F. L. (2014). *Semiologia Veterinaria: A arte do diagnostic* (3ª ed.) Sao Paulo: Roca.
- Fernández - Casasnovas, A., Conde- Ayuda, T., y Fondevila- Abenia, J. (2011). Aparato digestivo: Exploración del aparato digestivo. En A. F. Casanova, T. C. Ayuda, y J. F. Abenia (Eds.), *La exploración clínica del caballo* (pp. 115-133). Zaragoza: Servet.
- Gamal, B. (2021, 27 de febrero). *Evaluate Multi- Class Classification Model. Medium*. Recuperado de <https://bassantqz30.medium.com/performance-metrics-for-classification-models-in-machine-learning-part-ii-9303a1c7cadd>

- Giuseppe, P., y Giovanni, C. (2002). Biological Rhythm in Livestock. *Journal of Veterinary Science*, 3(3), 145-157.
- 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.
- Guyton, A.C., y Hall, H.E. (2006). El sistema nervioso autónomo y la médula suprarrenal. En *Tratado de fisiología médica* (11ª ed., pp. 748-760). Madrid: Elsevier.
- Harris, P. A. (2009). Feeding Management of Elite Endurance Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 25, 137-153.
- Harris, P. A., Ellis, A. D., Fradinho, M. J., Jansson, A., Julliand, V., Luthersson, N., Santos, A.S., y Vervuert, I. (2017). Review: Feeding conserved forage to horses: recent advances and recommendations. *Animal*. 11(6), 958-967.
- Harris, P., y Shepherd, M. (2021). What Would Be Good for All Veterinarians to Know About Equine Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 37(1), 1-20.
- Hoffman, R. M., Wilson, J. A., Kronfeld, D. S., Cooper, W. L., Lawrence, L. A., Sklan, D., y Harris, P. A. (2021). Hydrolysable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: direct assay and seasonal variation. *Journal of Animal Science*, 79(2), 500-506.
- Houpt, K. A. (1990). Ingestive Behavior. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 6(2), 319-337.
- Hudson, N. P. H., 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.
- Ihler, C. F., Venger, J. L., y Skjerve, E. (2004). Evaluation of clinical and laboratory variables as prognostic indicators in hospitalized gastrointestinal colic horses. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 45(1-2), 109-118.
- Instituto Uruguayo de Meteorología, Departamento de Variabilidad Climática y Cambio Climático. (2023). [Datos meteorológicos del 16 de agosto y 15 de septiembre de 2021] (Informe N° EE: 2023- 441).
- Koenig, J., y Cote, N. (2006). Equine gastrointestinal motility--ileus and pharmacological modification. *Canadian Veterinary Journal*, 47(6), 551-559.

- Krunkosky, T. M., Jarrett, C., y Moore, J. M. (2009). Gross and Microscopic Anatomy of the Equine Gastrointestinal Tract. En N.A. White, J.N. Moore y T.S. Mair, *The Equine Acute Abdomen* (pp. 3-20). Jackson: Teton NewMedia
- Kuhn, M. (2019, 27 de marzo). *The caret package: Measures for predicted classes*. Recuperado de <https://topepo.github.io/caret/measuring-performance.html>
- Lee, C. (2023, 21 de marzo). *Understanding the Confusion Matrix and ROC Cur in R. CJL and Lab*. Recuperado de [https://changjunlee.com/blogs/posts/4_confusion_mat_and_roc#:~:text=in%20this%20case\).- ,P%2DValue%20%5Bacc%20%3E%20NIR%5D%20%3A%204.43e%2D,sig nificantly%20better%20than%20the%20NIR](https://changjunlee.com/blogs/posts/4_confusion_mat_and_roc#:~:text=in%20this%20case).- ,P%2DValue%20%5Bacc%20%3E%20NIR%5D%20%3A%204.43e%2D,sig nificantly%20better%20than%20the%20NIR)
- Lopes, M.A. (2009). Effects of feeding on equine gastrointestinal function or physiology. En N.A. White, J.N. Moore y T.S. Mair, *The Equine Acute Abdomen* (pp. 58-62). Jackson: Teton NewMedia.
- Ludwig, E. K., Hobbs, K. J., McKinney-Aguirre, C. A., y González, L. M. (2023). Biomarkers of Intestinal Injury in Colic. *Animals*, 13(2), 227.
- Mc Greevy, P. (2004). Ingestive behavior. En P. Mc Greevy (Ed.), *Equine Behavior* (pp. 189-215). Oxford: W.B. Saunders.
- McHugh M. L. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia medica*, 22(3), 276-282.
- Marshall, J F., y Blikslager, A T. (2019) Colic: Diagnosis, Surgical Decision, Preoperative Management, and Surgical Approaches to the Abdomen. En J. A. Auer, J. A. Stick, J. M. Kummerge y T. Prange, *Equine Surgery* (pp. 521-528). St Louis: Elsevier.
- Murphy, B. A. (2010). Chronobiology and the horse: recent revelations and future directions. *Veterinary Journal*, 185(2), 105-114.
- 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.
- Murray, M. J., Freeman, D. E., Lopes, M. A., y Mair T (2009). Physiology of the digestive tract. En N.A. White, J.N. Moore y T.S. Mair, *The Equine Acute Abdomen* (pp. 22-56). Jackson: Teton NewMedia.
- Naylor, J. M., Poirier, K. L., 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, 1408-1413.

- Piccione, G., Assenza, A., Anzzio, G., Fazio F., y Caola G., (2001). Cronophysiology of Arterial Blood Pressure and Heart Rate in Athletic Horses. *Slovenian Veterinary Research*, 28(3), 243- 248.
- Caola, G., y Rafinetti, R. (2005a) Temporal relationships of 21 physiological variables in horse and sheep. *Comparative Biochemistry and Physiology Par A: Molecular and Integrative Physiology*, 142(4), 389-396.
- 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.
- Piccione, G., Grasso, F., y Giudice, E. (2005b). Circadian rhythm in the cardiovascular system of domestic animals. *Research in Veterinary Science*, 79(2), 155-160.
- Piccione, G., y Giannetto, C. (2011). State of the art on daily rhythms of physiology and behavior in horses. *Biological Rhythm Research*, 42(1), 67-88.
- Popesko, P. (1998). *Atlas de Anatomía de los Animales Domesticos: Tomo II*. Barcelona: Masson.
- R Core Team. (2024). *_R: Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <https://www.R-project.org/>
- 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.
- Ragle, C. A., Meagher, D. M., Schrader, J. L., y Honnas, C. M. (1989). Abdominal Auscultation in the Detection of Experimentally Induced Gastrointestinal Sand Accumulation. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 3(1), 12-14.
- Rakestraw, P. C. (2017). Intestinal Motility and Transit. En A. T. Blikslager, N. A. White, J. N. Moore, y T. S. Mair (Eds.), *The Equine Acute Abdomen* (3ª ed., pp. 78-96). New Jersey: John Wiley y Sons.
- Rebuffo, M., Bemhaja, M., y Risso, D. F. (2006). Utilization of forage legumes in pastoral systems: state of art in Uruguay. *Lotus Newsletter*, 36(1), 22-33.
- Reppert, S. M., y Weaver, D. R. (2002). Coordination of circadian timing in mammals. *Nature*, 418(6901), 935-941.

- Ross, M.W., Cullen, K.K., y Rutkowski, J.A. (1990) Myoelectric activity of the ileum, cecum, and right ventral colon in ponies during interdigestive, non-feeding, and digestive periods. *American Journal of Veterinary Research*, 51, 561-566
- Rowe, E.L., y White, N.A. (2009). Diagnosis of Gastrointestinal Disease. En N.A. White, J.N. Moore y T.S. Mair, *The Equine Acute Abdomen* (pp. 235-288). Jackson: Teton NewMedia.
- Sánchez, L.C. (2018). Disorders of the Gastrointestinal System. En S.M. Reed, W.M. Bayly, D.C. Sellon (Eds), *Equine internal medicine* (4aed., 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.
- Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada Nacional. (2020). *Almanaque 2021*. Montevideo: SOHMA. Recuperado de https://sohma.armada.mil.uy/attachments/article/304/ALMANAQUE_2021.pdf
- Sherlock, C. (2019). Cecum. En J. A. Auer, J. A. Stick, J. M. Kummerge y T. Prange, *Equine Surgery* (pp. 575-591). St Louis: Elsevier.
- Southwood, L. L. (2013). Physical Examination. En L. L. Southwood (Ed.), *Practical Guide to Equine Colic* (pp. 12-21). Oxford: John Wiley y Sons.
- Tamosiunas, G., Toledo M. (2010). La cronofarmacología: un nuevo aspecto a considerar en la variabilidad de la respuesta terapéutica. *Arch Med Interna*, 32 (4), 65-69.
- Tinker, M. K., White, N. A., Lessards, P., Thatcher, C. D., Pelzer, K. D., Davis, B., y Carmels, D. K. (1997). Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Veterinary Journal*, 29(6), 454-458.
- Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias. (2016). *Manual de semiología Veterinaria Medicina* (Vol. 2, 2 T.). Buenos Aires: Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad de Buenos Aires.
- Van Dierendonck, M.C. (2006). *The importance of social relationship in horses*. Amsterdam: Ridderprint.

- Van Weyenberg, S., Sales, J., y Janssens, G. P. J. (2006). Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: A review. *Livestock Science*, 99(1), 3-12.
- VanderBroek, A. R., Reef, V. B., Aitken, M. R., Stefanovski, D., y Southwood, L. L. (2019). Assessing gastrointestinal motility in healthy horses comparing auscultation, ultrasonography and an acoustic gastrointestinal surveillance biosensor: a randomized, blinded, controlled crossover proof of principle study. *Equine Veterinary Journal*, 51(2), 246-251.
- Vaughn, B., Rotolo, S., y Roth, H. (2014). Circadian rhythm and sleep influences on digestive physiology and disorders. *Chrono Physiology and Therapy*, 2014, 67.
- Williams, S., Tucker, C. A., Green, M. J., y Freeman, S. L. (2011). Investigation of the effect of pasture and stable management on large intestinal motility in the horse, measured using transcutaneous ultrasonography. *Equine Veterinary Journal*, 43(S39), 93-97.
- Wong, D. M., Davis, J. L., y White, N. A. (2011). Motility of the equine gastrointestinal tract. *Physiology and Pharmacotherapy*, 23(2), 88-100.

10 ANEXOS

Anexo 1. A: Corral utilizado durante el experimento y muestreado en cinco puntos; B: Principales especies vegetales (desechadas) muestreadas del corral (A).



Anexo 2. A: Momento de evaluación durante ensayo piloto; B: Equino libre en corral entre momentos de evaluación, expresando comportamiento normal.

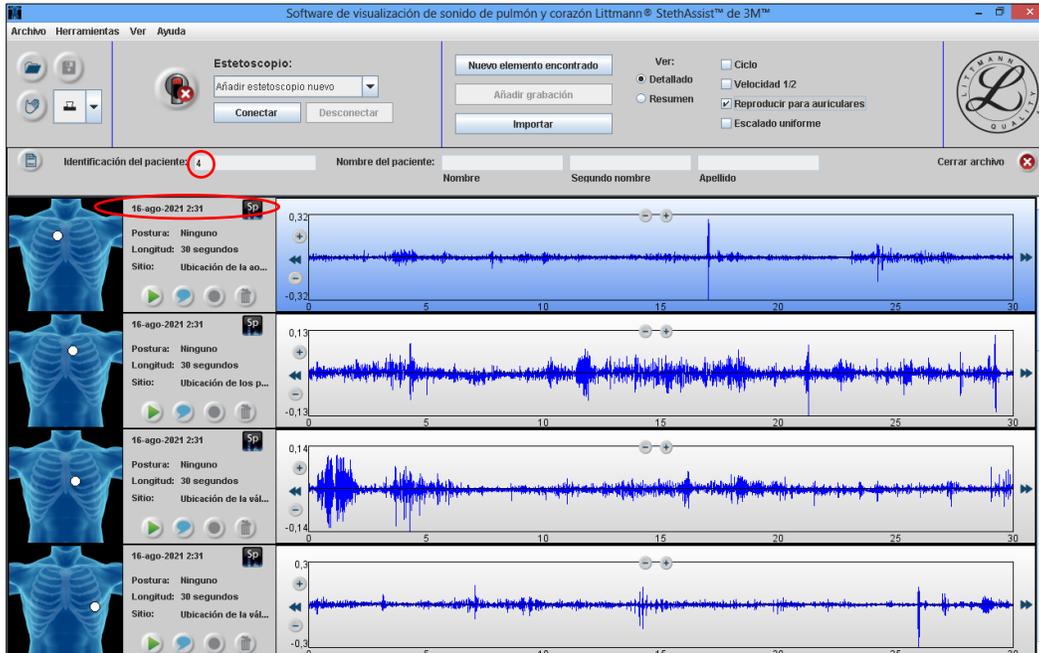


Anexo 3. Resultados de Hemograma, Perfil Renal y Funcional Hepático de los 7 equinos (Eq1-E7) evaluados. (Laboratorio de Análisis Clínicos- Facultad de Veterinaria UDELAR).

Parámetros	Eq 1	Eq 2	Eq 3	Eq 4	Eq 5	Eq 6	Eq 7	Valor Referencia*	
Hemograma	Leucocitos (/μL)	7600.0	6800.0	5600.0	8200.0	8300.0	5200.0	7600.0	6000.0 - 12000.0
	Linfocitos (/μL)	2432.0	2992.0	2632.0	1804.0	2988.0	1248.0	2888.0	1500.0 - 5000.0
	Neutrófilos (/μL)	4712.0	3128.0	2520.0	6068.0	4648.0	3588.0	4332.0	3000.0 - 6000.0
	Neutrófilos en banda (/μL)	0	0	0	0	0	52	0	
	Monocitos (/μL)	0.00	408.00	224.00	82.00	249.00	156.00	0.00	0.00 - 600.00
	Eosinófilos (/μL)	380.00	272.00	168.00	246.00	332.00	104.00	380.00	0.00 - 800.00
	Basófilos (/μL)	0.00	0.00	56.00	0.00	83.00	52.00	0.00	0.00 - 300.00
	Eritrocitos (mill/μl)	6.94	8.02	14.66	9.04	8.17	12.43	8.01	6.00 - 12.00
	Hemoglobina (g/dL)	10.5	12.6	22.2	14.0	12.5	19.3	11.5	10.0 - 18.0
	Hematocrito (%)	28.7	34.7	53.1	37.3	33.5	47.1	31.1	32.0 - 48.0
Plaquetas (/μL)	156000.0	119000.0	138000.0	155000.0	260000.0	94000.0	137000.0	100000.0 - 600000.0	
Perfil Renal	Urea (mg/dL)	45.86	46.84	44.28	40.60	41.69	46.65	50.71	17.14 - 49.28
	Creatinina (mg/dL)	1.0	0.9	0.9	1.1	1.2	1.0	0.8	0.9 - 1.7
Funcional Hepático	Albúmina (g/dL)	3.8	3.7	3.5	3.7	3.8	4.0	3.7	2.9 - 3.8
	Globulinas (g/dL)	2.11	3.00	3.40	3.38	3.24	2.77	2.63	
	Proteínas Totales (g/dL)	5.9	6.7	6.9	7.0	7.1	6.8	6.4	5.9 - 7.6
	Fosfatasa Alcalina (UI/L)	394	490	470	531	383	323	341	68 - 260
	GOT (UI/L)	306	290	246	263	258	281	306	199 - 374
	Gama GT (UI/L)	12	15	7 - 25	11	14	17	14	7 - 25
	Colesterol (mg/dL)	67	75	75	64	113	112	81	75 - 130
Bilirrubina Total (mg/dL)	0.6	0.9	0.7	1.0	0.8	1.3	0.7	0.5 - 2.5	

*Valores de referencia propuestos por la Universidad de Oregon (EEUU)

Anexo 4. Software de visualización Littmann StethAssist de 3M. Se visualizan los cuatro registros de grabación correspondientes al Equino 4 transferidos el 16 de agosto de 2021 a las 02.31h, organizadas por orden de auscultación (de arriba hacia abajo)



Anexo 5. Pasos para el armado de Matriz de confusión para cuatro clases, tomando la clase “Cat” en el ejemplo (izquierda) (Gamal, 2021); y fórmulas para el cálculo de métricas por clase (derecha) (Kuhn, 2019).

A.

		Actual			
		Cat	Dog	Tiger	Wolf
Predicted	Cat	6	2	3	1
	Dog	0	4	3	4
	Tiger	3	0	3	1
	Wolf	1	4	0	2

→

		Actual	
		Cat	Not Cat
Predicted	Cat	6	6
	Not Cat	3	21

→

		Actual	
		Cat	Not Cat
Predicted	Cat	6	6
	Not Cat	4	21

B.

		Reference	
		Event	No Event
Predicted	Event	A	B
	No Event	C	D

The formulas used here are:

$$Sensitivity = \frac{A}{A+C}$$

$$Specificity = \frac{D}{B+D}$$

Anexo 6. Código QR que mediante escaneo permite acceder a audio original de la investigación; sonidos clasificado por ambos evaluadores como MIX.

