



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



Facultad de Veterinaria  
Universidad de la República  
Uruguay

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**ACTUALIZACIÓN EN EL MANEJO DEL SOPORTE VENTILATORIO EN  
CANINOS DURANTE LA ANESTESIA GENERAL: VENTAJAS,  
DESVENTAJAS, MODALIDADES Y DAÑO**

**por**

Br. Luna SOLLA BLASINA

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

Orientación: Medicina Veterinaria

MODALIDAD: Revisión Bibliográfica

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2025**



**Página de aprobación**

Tesis de Grado aprobada por:

Presidente de Mesa:

.....  
DMTV, MSc, PhD, Nadia Crosignani

Segundo Miembro (tutor):

.....  
DCV, MSc, Paula Machado

Tercer miembro:

.....  
DMVT, MSc, Graziana Cigliuti

Cuarto miembro (co-tutor):

.....  
DCV, Mariana Arocena

Fecha:

.....11/12/2025.....

Autores:

.....  
Br. Luna Solla

## **Agradecimientos**

A las Dras. Paula Machado y Mariana Arocena, por ser el mejor equipo de trabajo que podría pedir, siempre apoyándome con cariño, sin que faltaran risas en ningún momento durante todo el proceso.

A mis padres, que continúan enseñándome día a día con todo su amor acerca de anestesia, ventilación y la vida. Esta tesis es prueba irrefutable de que llevo conmigo siempre, en todos los ámbitos, un poco de cada uno de ustedes. Llegar hasta acá sólo es posible gracias a todo lo que me dieron.

A toda mi familia, que siempre está ahí, pase lo que pase. Mis tíos, primos y, sobre todo, mis sobrinos, son un motor fundamental.

A mis amigos, por siempre escucharme, apoyarme y estar.

A Flor, gracias por ser mi cómplice en el quirófano, en casa, en la vida. No hay nadie mejor para acompañarme en este proceso que alguien que conoce exactamente como es, y siempre sabe como ayudar y que decir.

A la Facultad de Veterinaria por abrirme las puertas a la profesión más hermosa.

Esta tesis está dedicada a mis abuelos, mis *Aíos*, quienes siempre festejaron todos mis logros, y aunque hoy ya no estén, siempre van a ser un pilar fundamental. Llevo siempre conmigo todas sus enseñanzas.

## **Tabla de contenido**

Página de aprobación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Agradecimientos .....	4
Lista de tablas y figuras .....	7
1. Resumen .....	9
1. Summary .....	10
2. Objetivos.....	11
2.1. OBJETIVO GENERAL:.....	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	11
3. Introducción .....	11
4. Revisión Bibliográfica.....	12
4.1. CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA ESPECIE.....	12
4.1.1. Características Anátomo-Fisiológicas del Sistema Respiratorio.....	12
4.1.2. Equilibrio Ácido-Base y Medio Interno.....	15
4.1.3. Espacio Muerto.....	17
4.1.4. Bomba torácica y hemodinamia.....	18
4.2. MANEJO DE LA VÍA AÉREA.....	20
4.2.1. Materiales.....	20
4.2.2. Intubación.....	25
4.3. CIRCUITOS RESPIRATORIOS Y ELEMENTOS DEL CIRCUITO VENTILATORIO.....	26
4.3.1. Ambú.....	26
4.3.2. Circuitos.....	28
4.4. PRESIONES EN LA VÍA AÉREA.....	31
4.5. INTERACCIÓN ENTRE HEMODINAMIA Y VENTILACIÓN.....	36
4.6. VENTILADORES MECÁNICOS EN ANESTESIA VETERINARIA.....	37
4.7. VENTILACIÓN EN ANESTESIA.....	38
4.7.1 Conceptos Básicos Del Manejo Anestésico Durante La Ventilación.....	38
4.7.2. Modos Ventilatorios Durante La Anestesia General.....	41
4.7.3. Farmacología Aplicada A La Ventilación.....	42
4.7.4. Estrategias De Ventilación Durante La Anestesia:.....	43
4.7.5. Ventilación Para El Destete Y Ventilación Espontánea Con Soporte Manual.....	46
4.7.6. Adaptación Del Soporte Ventilatorio En Situaciones Clínicas Específicas.....	47
4.7.7. Monitorización Del Paciente Ventilado Durante La Anestesia General.....	47

4.8. DAÑO ASOCIADO A LA VENTILACIÓN (VILI) Y COMPLICACIONES .....	57
4.8.1. Complicaciones Post-Anestésicas Ligadas A La Ventilación.....	59
4.9. RECUPERACIÓN Y CUIDADOS POST-OPERATORIOS .....	60
4.9.1. Extubación .....	60
4.9.2. Consideraciones adicionales.....	62
5.DISCUSIÓN.....	62
6.CONCLUSIONES .....	63
7.Referencias bibliográficas .....	64

## **Lista de figuras**

(Fig. 1) <b>Fórmula de disolución del CO<sub>2</sub> en agua</b> .....	16
(Fig. 2) <b>Ecuación de Espacio Muerto Total</b> . Volumen del espacio muerto instrumental ( $V_{deadinstr}$ ) y Volumen de cada componente del circuito con flujo bidireccional ( $V_i$ ) .....	18
(Fig. 3) <b>Partes del Traqueotubo</b> . Balón de neumotamponamiento inflado. Adaptado de: Dorsch J.A., Dorsch S.E. Traqueal tubes. 1994. In: Understanding anesthesia equipment, 3rd ed. J.A. ....	21
(Fig. 4) <b>Curva para identificar la talla del TET (ETS) por peso (Body Mass [Kg])</b> . Tomada de: Haider, G., Lorinson, K., Lorinson, D., & Auer, U. (2019). Development of a clinical tool to aid endotracheal tube size selection in dogs. Veterinary Record.....	23
(Fig. 5) Laringoscopios con palas tipo Miller (Rectas, Izquierda) y McIntosh (Curvas, Derecha). Archivo personal.....	24
(Fig. 6) <b>Máscaras laríngeas marca V-gel</b> . Imagen Tomada de: <a href="https://www.gmdesigndevelopment.com/portfolio/v-gel-cat/">https://www.gmdesigndevelopment.com/portfolio/v-gel-cat/</a> .....	25
(Fig. 7) <b>Partes del Ambú</b> . A) Bolsa ventiladora, B) Válvula Pop-off, C) Conexión a máscara, D) Bolsa Reservorio, E) Conector a Oxígeno. Archivo personal.....	27
(Fig. 8) <b>Tallas de Ambú</b> . Adulto (Izquierda), Pediátrico (Medio), Neonatal (Derecha). Archivo personal .....	28
(Fig. 9) <b>Circuitos Abiertos</b> . (a) Sistema Bain con APL. (b) Bain con válvula de pinza distal. (c) Jackson Rees Modificado con válvula de evacuación proximal. (d) Jackson Rees con válvula de pinza distal. Adaptado de: Veterinary Anesthesia and Analgesia The Fifth Edition of Lumb and Jones. ....	30
(Fig. 10) <b>Circuito anestésico básico con circuito cerrado</b> . Adaptado de: Veterinary Anesthesia and Analgesia The Fifth Edition of Lumb and Jones .....	31
(Fig. 11) <b>Volúmenes y capacidades en la vía aérea</b> . Tomada de: <a href="https://mural.uv.es/socape/">https://mural.uv.es/socape/</a> .....	32
(Fig. 12) <b>Ley de Poiseuille</b> . Al disminuir el radio de la tubuladura, la resistencia al flujo aumenta. Archivo Personal. ....	33
(Fig. 13) Guía de Parámetros al Inicio de la Ventilación. (Balakrishnan, 2025) .....	44
(Fig. 14) <b>Pantalla de Ventilador de Máquina de Anestesia Drager Fabius</b> . Ventilación mediante presión control, con los siguientes parámetros: FR 10 rpm, VT 361 mL, VM 3,6 L/min, PEEP 4 cmH <sub>2</sub> O, Pplat 12 cmH <sub>2</sub> O, PIM 12 cmH <sub>2</sub> O. Debajo, curva de presión-tiempo. Archivo Personal.....	48
(Fig. 15) <b>Curvas de Volumen, Flujo y Presión - Tiempo</b> . Tomado de Curvas y bucles en la ventilación mecánica. (Rittner & Doring, s.f.).....	49
(Fig. 16) <b>Bucle Estático Presión-Volumen</b> . Tomada de Implementación de la ventilación mecánica protectora en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda. Revisión narrativa. (Botto et al.,2023).....	51
(Fig. 17) <b>Bucle o Loop Presión-Volumen</b> . Tomado de Curvas y Bucles en Ventilación Mecánica (Rittner & Doring, s.f.) .....	52
(Fig. 18) <b>Trazado Normal de Curva de Capnografía</b> . Archivo personal.....	54
(Fig. 19) <b>Curvas de Capnografía</b> . A) Curva Normal. B) Obstrucción. C) Fuga. D) Apnea/Desconexión. E) Paro Cardiorrespiratorio. F) Reinalación de CO <sub>2</sub> . Tomada de Capnography: Assessing Ventilation During Anesthesia (Shippy, 2024) .....	55
(Fig. 20) <b>Onda de Pulso (Pletismografía) y sus variaciones según el estado hemodinámico del paciente</b> . Adaptado de: The Veterinary Nurse's Practical Guide to Small Animal Anesthesia (Costa, 2023).....	56

(Fig. 21) **Paciente canino en recuperación post-anestésica.** Archivo personal..... 61

## **1. Resumen**

El sistema respiratorio cumple una función esencial en el mantenimiento del intercambio gaseoso y del equilibrio ácido-base del organismo, garantizando la adecuada oxigenación tisular y la eliminación del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En el caso de los pacientes caninos, la marcada variabilidad anatómica y fisiológica existente entre razas y tamaños representa un desafío constante para el anestesta, quien debe adaptar las estrategias de manejo ventilatorio y de control de la vía aérea a las particularidades de cada individuo.

El manejo correcto de la vía aérea, principalmente mediante la intubación endotraqueal, resulta indispensable para asegurar su permeabilidad, prevenir la aspiración y permitir tanto la administración de oxígeno y anestésicos inhalatorios como el soporte ventilatorio controlado.

Durante la anestesia, pueden emplearse distintos modos ventilatorios como la ventilación controlada por volumen, controlada por presión o asistida, que permiten ajustar los parámetros respiratorios según las necesidades fisiológicas y el estado clínico del paciente.

La monitorización continua de las variables respiratorias y hemodinámicas adquiere una importancia crucial, ya que posibilita detectar alteraciones tempranas y prevenir complicaciones como la lesión pulmonar inducida por ventilación (VILI).

En la actualidad, las tendencias en anestesia veterinaria avanzan hacia la aplicación de estrategias ventilatorias individualizadas y protectivas, que priorizan la seguridad del paciente, optimizan el intercambio gaseoso y buscan minimizar el daño pulmonar asociado al procedimiento anestésico.

**Palabras claves:** Anestesia, Ventilación Mecánica, VILI

## **1. Summary**

The Respiratory System plays an essential role in maintaining adequate gas exchange and homeostasis, guaranteeing oxygenation of target organs and elimination of Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>). Due to the anatomical and physiological variability of the canine patient, adapting ventilatory strategies and implementing correct airway control for each individual is a constant challenge for the anesthetist.

Airway patency, principally achieved via endotracheal intubation is needed to prevent aspiration and deliver both oxygen and anesthetic gases, as well as ventilate the patient if needed.

During Anesthesia, different ventilation modes can be employed, some being volume or pressure controlled, and others being assisted. The variety of modes allows the adjustment of parameters according to the patient's needs.

Continuous monitoring of ventilation and hemodynamics is of crucial importance, due to the possibility of detecting early variations and thus preventing complications such as Ventilator Induced Lung Injury (VILI).

Currently, clinicians tend to steer towards individualized, protective ventilatory strategies, prioritizing patient safety, optimizing gas exchange and minimizing lung injury associated with the anesthetic procedure.

## **2. Objetivos**

### 2.1. OBJETIVO GENERAL:

Elaborar una revisión actualizada acerca del uso de soporte ventilatorio intraoperatorio en caninos

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Recopilar y Analizar información de rigor científico para trasladar a la rutina anestésica conceptos adquiridos de la medicina basada en la evidencia
- Comprender las ventajas y desventajas del uso de la ventilación mecánica durante los procedimientos anestésicos y la aplicación los diferentes modos ventilatorios y sus objetivos terapéuticos.
- Aportar una revisión completa y actualizada que permita al clínico optar por el modo ventilatorio y los parámetros más adecuados para la asistencia ventilatoria individualizada

## **3. Introducción**

En la actualidad, los animales de compañía han tomado una gran relevancia como miembros de la familia, por lo cual los tutores a cargo buscan mejorar la calidad asistencial que reciben. Es por ello que el profesional veterinario debe formarse y especializarse de manera continua, así como optimizar el uso de recursos tecnológicos y adoptar buenas prácticas clínicas para la atención de sus pacientes (Veterinary Hospital Managers Association, 2020).

El avance de la medicina veterinaria en los últimos años trae consigo el surgimiento de especializaciones clínico-quirúrgicas, con los profesionales veterinarios como protagonistas en la búsqueda de la formación especializada. Aquellos que eligen su campo de trabajo en la anestesiología cobran hoy un rol de gran relevancia dentro de

los centros asistenciales debido a la necesidad de actos de sedación, sedoanalgesia, neuroleptoanalgesia y anestesia en diferentes contextos clínicos como en la UCI, emergencia, imagenología, clínica ambulatoria, instancias de procedimientos diagnósticos invasivos y actos quirúrgicos. Debido a su capacitación específica para la monitorización, manejo analgésico, soporte hemodinámico y ventilatorio del paciente, estos profesionales otorgan seguridad al procedimiento tanto para el animal como para los médicos y tutores (Tranquilli & Grimm, 2015).

En particular, los procedimientos anestésico-quirúrgicos, implican un riesgo asociado, tanto al procedimiento terapéutico como a la anestesia en sí misma, por lo que la inclusión de medidas de monitorización y soporte vital durante éstos resultan imprescindibles. Dentro del soporte vital del paciente se incluye la ventilación mecánica, la cual ha tenido un gran desarrollo en la medicina veterinaria en la última década. Sin embargo, aún existe controversia respecto al uso de ésta y sus posibles efectos adversos (Brodbelt et al., 2008; Fantoni et al., 2022).

Múltiples factores tanto fisiológicos como farmacológicos afectan la capacidad del paciente anestesiado de mantener una ventilación que garantice el adecuado intercambio gaseoso, justificando la necesidad de apoyo ventilatorio (Bednarski et al., 2011).

Es así que surge la necesidad de adquirir nuevos equipamientos y la formación necesaria que nos permita como clínicos comprender las repercusiones que cada estrategia ventilatoria pueda tener en nuestros pacientes, tanto desde el punto de vista de la mecánica ventilatoria en sí misma como de su impacto sobre la hemodinamia y medio interno (Havaldar et al., 2020).

De lo anteriormente expuesto se desprende la necesidad de recopilar información de la literatura científica actualizada, publicada fundamentalmente en revistas arbitradas, para construir una revisión completa de la temática que permita la discusión de la evidencia recabada, así como la implementación de conceptos asociados al uso de esta herramienta terapéutica en la práctica clínica para mejorar los estándares asistenciales de nuestros pacientes.

## **4.Revisión Bibliográfica**

### **4.1. CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA ESPECIE**

#### **4.1.1. Características Anátomo-Fisiológicas del Sistema Respiratorio**

Para comprender la importancia, así como las implicancias del uso de soporte ventilatorio durante la anestesia general debemos en primer lugar conocer la anatomía y fisiología del sistema respiratorio canino y sus particularidades.

La función más relevante del sistema respiratorio es la de llevar a cabo el proceso de ventilación, por el cual los animales son finalmente capaces de oxigenar sus tejidos y eliminar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a través del proceso de difusión de gases (Reece et al., 2015).

#### 4.1.1.a. Anatomía del sistema respiratorio

El aparato respiratorio puede dividirse en vías respiratorias altas y bajas, capaces de proveer intercambio gaseoso eficiente y protegerse de potenciales lesiones. Las vías altas están compuestas por las narinas, cavidades nasales, faringe y laringe, cuya función es filtrar, calentar y humidificar el aire inspirado, mientras que las vías bajas se componen por la tráquea, los bronquios, los bronquiolos, culminando en los alvéolos, dónde ocurre el intercambio gaseoso (Kuehn, 2018; Reece et al., 2015).

Histológicamente, la tráquea y los bronquios están recubiertos por un epitelio ciliar estratificado encargado de secretar mucus, aportando una barrera de defensa a las vías aéreas. Por debajo del epitelio, se encuentran anillos cartilagosos en forma de "C", los cuales proveen integridad estructural a estos órganos durante el ciclo respiratorio.

La transición de los bronquios hacia los bronquiolos se evidencia por una disminución progresiva de las estructuras cartilagosas, dando lugar a músculo liso, el cual tiene un rol clave en la regulación del diámetro y la resistencia generada por la vía aérea (Bacha & Bacha, 2012).

Los alvéolos se encuentran tapizados por un fino epitelio de células escamosas, conocidas como células alveolares o neumocitos tipo I, las cuales permiten el intercambio gaseoso. Por otro lado, contienen también a los neumocitos tipo II o neumocitos granulares, secretores de surfactante. El surfactante es una sustancia formada por lipoproteínas complejas, la cual se acumula en los alvéolos, reduciendo la tensión superficial, y evitando el colapso alveolar al final de la espiración (Reece et al., 2015).

Los pulmones, órganos principales del sistema respiratorio, se alojan en la caja torácica, y se encuentran recubiertos por una membrana serosa, la pleura, la cual facilita el movimiento respiratorio. La pleura consta de una hoja visceral que recubre los pulmones y una hoja parietal que recubre la pared torácica internamente. El espacio que se crea entre la pleura parietal y la pleura visceral se denomina espacio pleural, y se trata de un espacio virtual que contiene líquido que reduce la fricción durante el ciclo respiratorio (Bendas & Alberigi, 2024).

La cavidad torácica aloja también al espacio mediastínico, el cual contiene la vena cava, el esófago, la aorta y una porción de la tráquea, así como fibras nerviosas vagales, por ello todos los cambios de presión relacionados al ciclo respiratorio afectarán también a los órganos contenidos dentro de este espacio (Singh, 2018).

#### 4.1.1.b. Fisiología respiratoria

La fisiología ventilatoria asegura el intercambio gaseoso eficaz, que permite satisfacer las necesidades metabólicas de oxígeno. El proceso de ventilación, también conocido como ciclo respiratorio, se inicia a través de los centros respiratorios ubicados en la médula oblonga y el puente, sensibles a aumentos de CO<sub>2</sub>. Este ciclo comienza a través del accionar de los músculos inspiratorios. El diafragma desciende y los músculos intercostales expanden la caja torácica, lo cual genera un aumento en la presión negativa intratorácica, creando un gradiente de presión entre las vías aéreas altas y bajas, permitiendo la llegada de oxígeno a los alvéolos y por ende el intercambio gaseoso (Bendas & Alberigi, 2024).

La espiración se trata del proceso inverso y complementario a la inspiración, en donde el diafragma retorna hacia craneal y los músculos intercostales se relajan. Este proceso es habitualmente pasivo, es decir sin necesidad de contractilidad muscular, aunque puede requerir de la participación activa de los músculos intercostales en situaciones que generen esfuerzo espiratorio como por ejemplo en animales con obesidad, obstrucciones de vía aérea, enfermedad pulmonar restrictiva (fibrosis, neumonía) u obstructiva (asma, bronquitis) (Bach et al., 2007; O'Sullivan, 2024; Reece et al., 2015).

En el sistema respiratorio, la resistencia al flujo de aire que ingresa hacia los pulmones está representada por un componente resistivo y un componente elástico.

El componente resistivo es aquel asociado a las porciones inelásticas de las vías aéreas, siendo la resistencia generada por éstas al flujo de aire. Se verá afectado por el calibre de las vías aéreas, su longitud y viscosidad (resistencia al flujo debido al rozamiento de moléculas) tanto de los gases como de las sustancias mucosas producidas allí (Ortega García, 2020).

Por su parte el componente elástico, está determinado por la compliance y la elastancia. La compliance es la medida de distensibilidad pulmonar, y se asocia a la fórmula: Compliance= variación de volumen/ variación de presión, y se expresa en mililitros por centímetros de agua (mL/cmH<sub>2</sub>O). La elastancia es el proceso de retroceso elástico de las estructuras, y se trata del inverso de la compliance, es decir: 1/compliance (Donati & Roux, 2023; Reece et al., 2015).

Debemos tener presente que las variaciones de volumen dentro del sistema llevan aparejados cambios en la presión de la vía aérea y por tanto deben estudiarse en conjunto (Oura et al., 2012).

El índice ventilación-perfusión (V/Q) es la relación entre la ventilación alveolar (V) y la perfusión pulmonar (Q). En perros, como en otras especies, un adecuado balance V/Q es esencial para una buena oxigenación y eliminación de dióxido de carbono. Las desigualdades en esta relación (V/Q *mismatch*) ocurren cuando algunas áreas del pulmón están bien ventiladas, pero pobremente perfundidas, o viceversa. Estudios en perros han demostrado que variaciones en el volumen corriente, frecuencia respiratoria o adición de espacio muerto externo modifican la distribución de V/Q, afectando el intercambio gaseoso eficiente. (Domino et al., 1991; Domino et al., 1993; Tsukimoto et al., 1990).

#### 4.1.2. Equilibrio Ácido-Base y Medio Interno

El medio interno, concepto introducido por el fisiólogo francés Claude Bernard en el siglo XIX, se refiere al conjunto de líquidos extracelulares que rodean a las células del organismo, como el plasma sanguíneo, la linfa y el líquido intersticial. La homeostasis por su parte refiere al mantenimiento del estado de equilibrio del medio interno, siendo ésta esencial para el correcto funcionamiento celular. Cualquier alteración en su composición, ya sea en concentración de iones, gases, nutrientes o desechos metabólicos, puede comprometer la integridad celular y, por ende, la salud del organismo en su conjunto (Billman, 2020; Coppo, 2017).

Los fluidos corporales, tanto intracelulares como extracelulares, deben mantener el pH y la concentración de iones dentro de un margen estrecho de variación para asegurar la electroneutralidad y mantenimiento del equilibrio ácido-base garantizando así el funcionamiento adecuado de todos los sistemas orgánicos. La electroneutralidad refiere a que el número total de cargas positivas (cationes) en el cuerpo debe ser igual al total de cargas negativas (aniones) para mantener el balance eléctrico. Esto se respeta en la totalidad de los fluidos corporales (intracelular, extracelular e intravascular) y las cargas pueden atravesar las membranas celulares con el fin de igualarse en ambos lados. El equilibrio ácido-base se define como el equilibrio dinámico entre los ácidos y sus bases conjugadas, o bases y sus ácidos conjugados dentro de una solución (Muir, 2017).

El pH es una medida cuantitativa que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Se define como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno ( $H^+$ ) presentes en la solución (Pineda Caro et al., 2020). En el perro, este valor oscila aproximadamente entre 7.35 y 7.43, y depende, fundamentalmente, de la presión parcial de  $CO_2$  ( $PaCO_2$ ), la concentración de

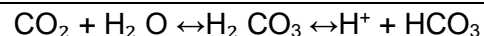
hidrogeniones (H<sup>+</sup>) y la de bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) presentes (Hopper, 2023; Vanova-Uhrikova, 2020).

La regulación del pH del medio interno, y por tanto de los elementos previamente mencionados, puede dividirse en tres niveles de regulación para su mejor comprensión. Si bien actúan de forma conjunta, ésta se divide de manera meramente teórica en tres etapas, donde el primer mecanismo compensatorio en activarse son los sistemas tampón o "buffer" plasmáticos, seguidos por cambios en la dinámica ventilatoria tendientes a regular las concentraciones de CO<sub>2</sub> y por último aquellos mecanismos asociados al metabolismo, secreción y excreción renal que regularán los niveles de bicarbonato e hidrogeniones (DiBartola, 2012).

Los sistemas amortiguadores o "buffers" desempeñan un papel crucial. Éstos son soluciones que resisten los cambios en el pH cuando se les añade un ácido o una base. Estos sistemas amortiguadores funcionan al neutralizar los iones hidrógeno (H<sup>+</sup>) en exceso o liberando H<sup>+</sup> cuando su concentración disminuye, manteniendo el pH en un rango óptimo para la función celular y metabólica (Boron, 2016).

El principal sistema buffer en el organismo es el sistema bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), que está interconectado con el control respiratorio y renal. En este sistema, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se disuelve en agua formando ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), el cual se disocia en iones bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e iones hidrógeno (H<sup>+</sup>) (Figura 1). Este equilibrio dinámico permite que el organismo mantenga un pH cercano a 7.4, crucial para la actividad enzimática y los procesos bioquímicos. Otros sistemas buffer importantes incluyen los tampones proteicos, que actúan en función de los grupos amino y carboxilo de las proteínas, y los sistemas fosfato, que también son esenciales en la regulación del pH celular (DiBartola, 2012).

Por su parte, el sistema respiratorio participa de la regulación del pH cumpliendo un rol fundamental en la eliminación del CO<sub>2</sub>, gas difusible (ácido volátil) generado por el metabolismo celular aerobio y eliminado a través de los pulmones como consecuencia del intercambio gaseoso alveolar, buscando el equilibrio con el bicarbonato en sangre (Pippalapalli & Lumb, 2023).



(Fig. 1) *Fórmula de disolución del CO<sub>2</sub> en agua*

Por último, la regulación de la concentración de bicarbonato y excreción de hidrogeniones realizada a nivel renal desempeña un papel crucial a largo plazo en la regulación del equilibrio ácido-base. Sin embargo, la ventilación y la función renal están interconectadas, y un cambio en uno de estos sistemas puede influir en el otro. El bicarbonato filtrado por los riñones se reabsorbe casi en su totalidad en los túbulos proximales y en menor medida en el túbulo distal y la nefrona colectora. Este proceso

implica la interacción entre bicarbonato y los iones hidrógeno secretados por las células epiteliales tubulares. En el túbulo proximal, los iones  $H^+$  son secretados en el lumen tubular, donde reaccionan con el bicarbonato para formar  $H_2CO_3$ , que se disocia en agua y  $CO_2$ . El  $CO_2$  difunde hacia las células tubulares, donde se convierte nuevamente en ácido carbónico por acción de la anhidrasa carbónica. Este ácido se disocia nuevamente en iones  $H^+$  y bicarbonato, y éste es transportado al intersticio para ser reabsorbido hacia la sangre (Boron, 2016; Gantsova et al., 2024).

El riñón también regula el pH mediante la secreción de iones  $H^+$  en el túbulo distal y en los conductos colectores, lo cual ayuda a disminuir la acidosis cuando el pH sanguíneo es bajo. Los iones  $H^+$  son secretados en las células tubulares. Los hidrogeniones secretados se combinan con los buffers disponibles, como el fosfato, para formar ácidos débiles que se excretan en la orina, contribuyendo de esta manera a la eliminación de exceso de  $H^+$  sin alterar significativamente los niveles de bicarbonato. Además de la reabsorción de bicarbonato y la secreción de  $H^+$ , los riñones también son responsables de generar nuevos iones bicarbonato en el proceso de excreción de ácido. La generación de nuevos bicarbonatos ocurre principalmente a través de la excreción de hidrógeno en forma de ácido débil (por ejemplo, ácido fosfórico), lo que permite que se liberen iones bicarbonato adicionales al sistema sanguíneo para neutralizar los ácidos excesivos (Barrett et al., 2019).

De lo anteriormente expuesto se desprende que la ventilación pulmonar no solo es de gran relevancia para el intercambio de gases, sino que también juega un papel esencial en la regulación del medio interno de nuestros pacientes. Es así como las variaciones de  $CO_2$  censadas por los centros respiratorios repercutirán directamente en la frecuencia y amplitud ventilatoria para restaurar el equilibrio ácido-base. Sin embargo, estas respuestas fisiológicas se ven mermadas en los pacientes sometidos a anestesia general, ya que la acción propia de los fármacos utilizados, así como el posicionamiento del paciente quirúrgico repercuten negativamente en la eficacia de este mecanismo (Hall, 2016).

Los pacientes anestesiados se encuentran en estado de hipoventilación, es decir que su presión parcial de dióxido de carbono ( $PaCO_2$ ) tenderá a elevarse sobre 60 mmHg debido a la relajación de músculos involucrados en la ventilación y la depresión de centros ventilatorios encefálicos. De esta manera cuando el esfuerzo respiratorio es inadecuado será necesario dar soporte ventilatorio al paciente, evitando así el desarrollo de acidosis respiratoria y en consecuencia, disminución peligrosa del pH, incluso incompatible con los procesos fisiológicos. (Cagle et al., 2022).

#### 4.1.3. Espacio Muerto

El término espacio muerto refiere, en fisiología, al volumen de aire que es inspirado pero que no participa en el intercambio gaseoso. Éste se subdivide en espacio muerto anatómico, volumen de aire que circula por las vías respiratorias superiores sin llegar a los alvéolos, incluyendo la nariz, tráquea y bronquios principales. Y espacio muerto alveolar, constituido por los alvéolos que no participan del intercambio gaseoso debido a su inadecuada ventilación (por ejemplo, cuando hay atelectasia) o a su inadecuada perfusión (por ejemplo, en un episodio de tromboembolismo). Se denomina espacio muerto fisiológico total a la suma del espacio muerto anatómico y el espacio muerto alveolar (Intagliata et al., 2023; Williams et al., 2021).

Por otra parte, el espacio muerto instrumental es aquel generado por todos los componentes del circuito ventilatorio (traqueotubo, tubuladuras, calderas, filtros). El aumento de este espacio muerto tiene implicancia clínica en la eficiencia de la ventilación de los pacientes. Esto se debe a una reducción del volumen que participa del intercambio gaseoso, pudiendo resultar en hipercapnia y aumento del trabajo ventilatorio (Grubb et al., 2020; Hammond & Murison, 2016).

Existen dos métodos certeros para el cálculo del espacio muerto. El método de Fowler que mide la concentración de nitrógeno del aire exhalado para calcular el espacio muerto, y el método de Enghoff, modificación del método Bohr, que calcula la diferencia entre la  $P_{aCO_2}$  y la presión espirada mixta de  $CO_2$  ( $P_{eCO_2}$ ), mediante la ecuación Bohr-Enghoff. Ambos métodos toman en cuenta el espacio muerto anatómico, alveolar y la porción de espacio muerto instrumental generada por la interfase paciente-ventilador, y pueden ser calculados utilizando capnografía volumétrica (Balogh et al., 2016; Robertson, 2015).

Sin embargo, al momento de trabajar con un paciente anestesiado, es posible realizar una estimación del espacio muerto instrumental realizando una sumatoria de los volúmenes de los componentes del circuito ventilatorio (Palmer, 2024) (Fig. 2).

$$V_{dead_{instr}} = \sum_i V_i$$

(Fig. 2) **Ecuación de Espacio Muerto Total.** Volumen del espacio muerto instrumental ( $V_{dead_{instr}}$ ) y Volumen de cada componente del circuito con flujo bidireccional ( $V_i$ )

#### 4.1.4. Bomba torácica y hemodinamia

Las interacciones entre los sistemas cardiovascular y respiratorio, conocidas como interacciones cardiopulmonares, representan la relación dinámica que se produce entre ambos durante el ciclo cardíaco y respiratorio debido a su relación anatómica. Esta interacción se ve influenciada por el tipo de ventilación que recibe el paciente (espontánea o mecánica), y puede modificar de manera significativa la precarga

(grado de estiramiento del miocardio ventricular al final de la diástole, relacionada con el volumen diastólico) y poscarga (fuerza ejercida por la pared ventricular durante su contracción, influenciada por la resistencia vascular) (Castillo Moya & Del Pozo Bascuñán, 2018).

Las variaciones de PIT generadas durante el ciclo respiratorio modifican las presiones que determinan el llenado y la eyección cardíaca hacia los espacios extratorácicos. Es así que durante el ciclo respiratorio en ventilación espontánea, el gradiente de presión negativa que provoca el ingreso de un flujo de gas fresco hacia el tórax colabora con el llenado de las cámaras cardíacas, manteniendo el equilibrio hemodinámico del paciente (Jozwiak & Teboul, 2025).

Por otra parte, durante la PPV, dentro del tórax se reduce el retorno venoso hacia el corazón derecho debido a la compresión de los grandes vasos intratorácicos (como la vena cava caudal), lo que puede llevar a una disminución del gasto cardíaco (definido como el producto del volumen de eyección sistólica o VES por minuto). Además el aumento de la PIT tiene un efecto directo sobre la bomba cardíaca, en particular sobre las cavidades derechas limitando su capacidad de llenado, así como sobre el llenado diastólico del ventrículo izquierdo. Al disminuir el volumen diastólico final se compromete la precarga del ventrículo izquierdo, lo que conlleva una reducción del volumen sistólico, es decir la caída de la Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo (FEVI), y, por ende, del gasto cardíaco (Corp et al., 2021).

El flujo sanguíneo en cualquier circuito depende de un gradiente de presión impulsora. En el sistema venoso, dicho gradiente se establece entre la presión media de llenado circulatorio ( $P_{mcf}$ ) y la presión en la aurícula derecha ( $P_{ra}$ ), mientras que en el sistema arterial es generado por la eyección ventricular izquierda hacia el árbol arterial (Boysen & Gommeren, 2021).

La presión transmural de la aurícula derecha se define como  $P_{ra} - PIT$ , lo que refleja la presión efectiva para el llenado ventricular derecho. De forma análoga, la presión de eyección del ventrículo izquierdo se calcula como la presión arterial sistémica menos la PIT. Los cambios en la PIT ya sean cíclicos por la ventilación espontánea o sostenidos por ventilación mecánica, pueden modificar de manera significativa estos gradientes de presión transmural, alterando el retorno venoso y la eyección ventricular izquierda. Es importante destacar que el gradiente entre la arteria pulmonar y la aurícula izquierda no se ve afectado por variaciones aisladas de la PIT, ya que todo el circuito pulmonar se encuentra dentro del tórax; sin embargo, el circuito sistémico sí puede experimentar cambios profundos bajo estas condiciones, especialmente en presencia de volúmenes pulmonares modificados (Mahmood & Pinsky, 2018).

Además, una presión positiva excesiva puede aumentar la resistencia vascular pulmonar (RVP, siendo ésta la oposición al flujo sanguíneo que ejercen los vasos

pulmonares desde las arterias pulmonares hasta la aurícula izquierda), lo que compromete aún más la eficiencia del intercambio gaseoso y la perfusión tisular. Por estas razones, es fundamental ajustar cuidadosamente los parámetros ventilatorios (como la PIM y la PEEP) para evitar efectos adversos sobre la circulación sistémica y mantener al paciente hemodinámicamente estable durante la anestesia (Widrich & Shetty, 2024).

El impacto de la ventilación a presión positiva sobre la precarga y la poscarga es aún más pronunciado en pacientes hipovolémicos o con función cardiovascular comprometida. Por lo tanto, durante la anestesia de estos pacientes es fundamental ajustar cuidadosamente los parámetros ventilatorios y evaluar el efecto sobre la hemodinamia mediante monitorización de parámetros como gasto cardíaco, presión arterial (PA) y retorno venoso (Junqueira et al., 2024).

Durante la IPPV, especialmente con PEEP alta o volúmenes corrientes grandes, aumenta la Ppl, disminuyendo la presión transmural del ventrículo izquierdo (presión dentro del ventrículo menos la presión que lo rodea) y como resultado disminuye la poscarga del ventrículo y facilita su eyección, incluso si la presión arterial sistémica sube. Este efecto es beneficioso, por ejemplo, en pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva izquierda, ya que ayuda al ventrículo a expulsar la sangre con menor resistencia. Por otra parte, esta reducción de poscarga se ve contrarrestada por la disminución del retorno venoso debido al aumento de la PIT y en casos donde el volumen pulmonar aumente de forma considerable, se incrementará la RVP, lo que dificulta la eyección del ventrículo derecho.

Estos efectos son especialmente relevantes en pacientes con compromiso de la contractilidad, distensibilidad vascular alterada o en estados de bajo gasto, donde pequeñas variaciones en la PIT pueden tener repercusiones hemodinámicas importantes (Luecke & Pelosi, 2005; Mahmood & Pinsky, 2018).

## 4.2. MANEJO DE LA VÍA AÉREA

### 4.2.1. Materiales

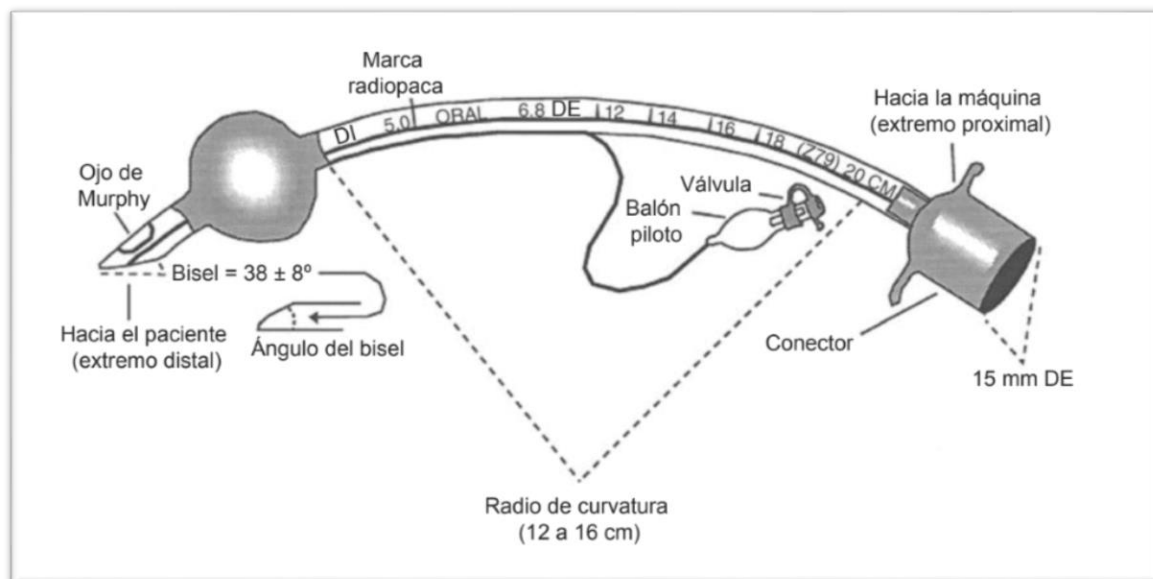
Para garantizar la ventilación eficaz del paciente anestesiado es imprescindible lograr el correcto manejo de la vía aérea de éste. Esto incluye la intubación endotraqueal adecuada mediante el uso de dispositivos que aseguren la permeabilidad de las vías respiratorias y garanticen su estanqueidad evitando aspiración de contenido faríngeo y/o esofágico, así como la selección apropiada de circuitos, ventiladores y modos ventilatorios que posibiliten el procedimiento (Avva et al., 2025).

#### 4.2.1.a.Traqueotubos

Para la maniobra de intubación se requerirá un tubo endotraqueal (TET), dispositivo tubular rígido que funcionará como interfaz entre el ventilador y el paciente, permitiendo la permeabilidad de la vía aérea (Busico et al., 2013).

En el marco de esta tesis no se profundizará más que lo estrictamente necesario para la comprensión del tema tratado acerca de los distintos tipos de traqueotubos y sus funciones. Una revisión más detallada puede encontrarse en el análisis de Busico et al., (2013).

La estructura del TET, si bien puede contar con distintas características (material, forma, tamaño), se compone por un cuerpo de forma tubular, el cual posee en el extremo distal al paciente una conexión para el acople a los circuitos ventilatorios y en el extremo proximal al paciente una punta roma. Algunos traqueotubos contarán también con un balón de neumotaponamiento, pudiendo ser éstos de silicona o PVC, cuyo rol es crear un sello en la vía aérea para evitar aspiraciones de contenido orofaríngeo. Éstos están acoplados a un balón de control o "testigo", el cual permanecerá fuera de la cavidad oral del paciente permitiendo al anestesista controlar la tensión del balón una vez insertado en la tráquea, evitando la insuflación excesiva (Fig. 3). Es importante notar que no todos los traqueotubos poseen balón de neumotaponamiento, debido a que en pacientes de menor porte (felinos, pacientes pediátricos), el uso de éste puede provocar injuria (Hoy, 2023; Hung et al., 2020; Mosley, 2013).



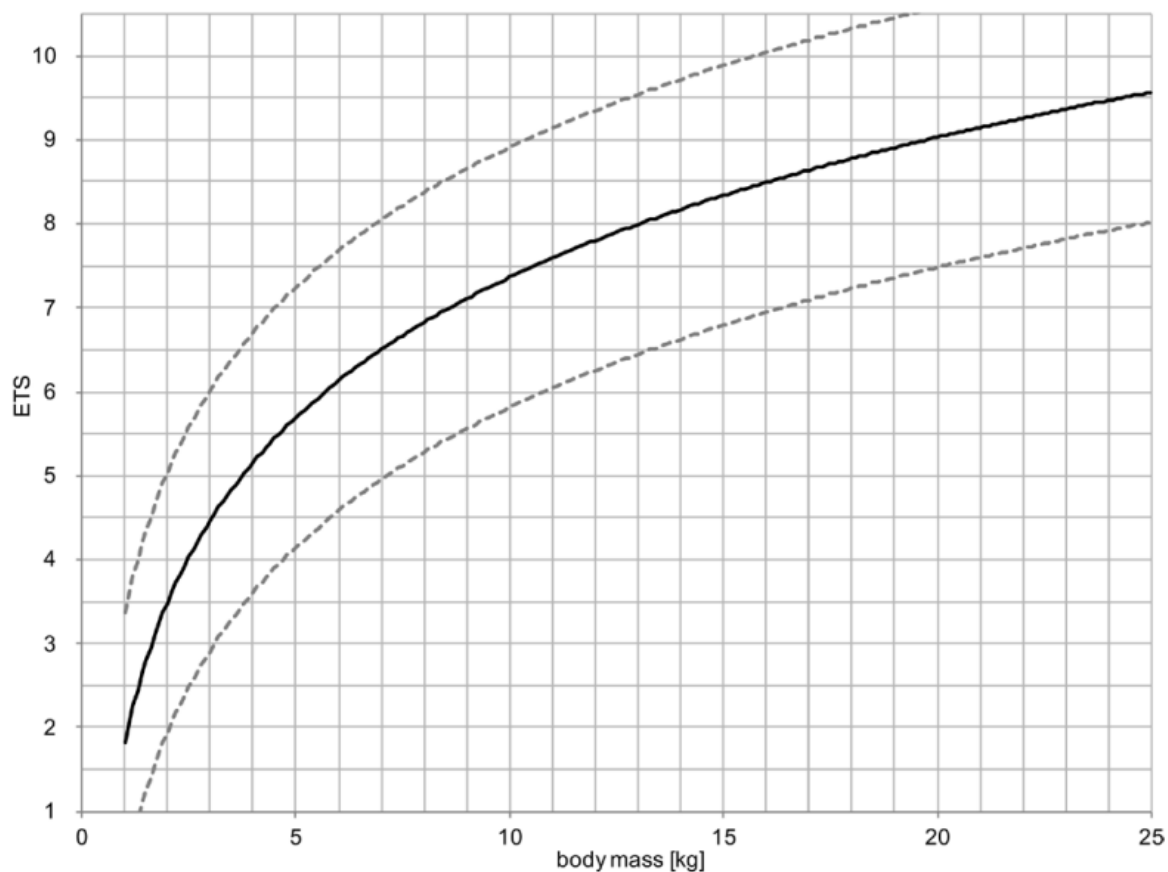
(Fig. 3) **Partes del Traqueotubo.** Balón de neumotaponamiento inflado. Adaptado de: Dorsch J.A., Dorsch S.E. *Traqueal tubes*. 1994. In: *Understanding anesthesia equipment*, 3rd ed. J.A.

Los TET pueden estar fabricados de silicona, polivinilo de cloruro (PVC), látex e incluso acero inoxidable, y contar o no con un espiral metálico interno como ayuda para mantener su turgencia y evitar su acodamiento.

Algunos TET cuentan con un "ojo de Murphy", una apertura lateral en el extremo proximal que previene la oclusión total del tubo si la punta se tapara. Aquellos que cuentan con dicho orificio se denominan de igual manera (TET de Murphy) mientras que los que carecen de dicha estructura son TET de Magill.

Los TET de doble lumen, denominados así porque contienen dos conductos internos (lúmenes) separados dentro de un mismo tubo, cumplen el propósito de ventilar independientemente a cada pulmón y son particularmente útiles para intervenciones quirúrgicas torácicas donde se requiera el colapso de uno de éstos. Además, algunos TET cuentan con puertos adicionales los cuales permiten la aspiración de secreciones en la vía aérea, la administración de fármacos y la monitorización de las presiones más distales al circuito en la vía aérea (Gray, 2003; Busico et al., 2013).

El diámetro interno del TET, expresado en milímetros, será el utilizado para referirse a la talla de éste. Existe un amplio rango, desde los 2.0mm hasta los 12.0mm de diámetro. Según el material del traqueotubo, el diámetro externo puede variar, siendo este último el que condiciona el ingreso del TET en la vía aérea. Según Shin et al., (2018), en pacientes de raza beagle, un traqueotubo de tamaño adecuado es del 70% del diámetro traqueal interno medido por radiografía. Este conocimiento aporta una herramienta que puede ser extrapolable a otros pacientes, pudiendo conocer su talla adecuada de TET si contaran con una radiografía previa. Por otra parte, Haider et al., (2019) encuentran que existe una relación directa entre características fenotípicas (masa corporal, largo de almohadilla metacarpiana, largo del philtrum), particularmente en caninos mesocéfalos (cráneo de longitud media) y dolicocefalos (cráneos elongados), siendo esta correlación particularmente importante entre la masa corporal y la talla adecuada de TET (Fig. 4) (Mosley, 2013; Pitts-Kiefer & DeMarchi, 2014).



(Fig. 4) **Curva para identificar la talla del TET (ETS) por peso (Body Mass [Kg]).** Tomada de: Haider, G., Lorinson, K., Lorinson, D., & Auer, U. (2019). Development of a clinical tool to aid endotracheal tube size selection in dogs. *Veterinary Record*.

Las marcas de profundidad del TET cumplen el propósito de indicar la distancia entre la comisura labial del paciente y la punta del traqueotubo, permitiendo estimar su correcta colocación. Éste deberá medirse en el paciente, y al intubar, el TET no deberá quedar hacia afuera de la cavidad oral en exceso (menor a 3 cm), garantizando de esta manera que la punta opuesta se encuentre posicionada entre la laringe y el comienzo de la porción torácica de la tráquea (Brown, 2007; Dugdale, 2010; The University of Bristol, 2017).

#### 4.2.1.b. Laringoscopios

Para la maniobra de intubación se requerirá la ayuda de un laringoscopio. Se trata de un dispositivo de acero inoxidable (si bien de tipo descartable en plástico también existen) que cuenta con un mango el cual puede ser acoplado con palas de múltiples tamaños. Las palas poseen una luz (pudiendo ser de fibra óptica, tipo LED o bombilla) la cual permite mejorar la visibilidad dentro de la faringe del paciente.

Tradicionalmente en la medicina veterinaria se utilizan palas de tipo Mcintosh o de tipo Miller. Los laringoscopios tipo Mcintosh son aquellos con palas curvas, mientras que los tipos Miller tendrán palas rectas. Ambos tipos poseen un reborde, siendo este

más pronunciado en las palas tipo Mcintosh. Existen tamaños variados de pala, pudiendo ir del 000 al 5 (Fig. 5).

La elección con respecto al tipo de pala, así como su tamaño se hará según la anatomía del paciente y el largo del trayecto entre el vestíbulo oral y la laringe, aunque no deja de tener relevancia la preferencia del anestesista y su experiencia en esta elección (Mosley, 2015).



(Fig. 5) Laringoscopios con palas tipo Miller (Rectas, Izquierda) y Mcintosh (Curvas, Derecha).  
Archivo personal

#### 4.2.1.c. Máscaras Laríngeas

Es posible también el uso de máscaras laríngeas (Fig. 6), dispositivos creados con el fin de generar un sello alrededor de la laringe, sin la necesidad de ingresar dentro de la tráquea. Si bien se trata de una opción menos invasiva para el soporte ventilatorio durante la anestesia, su efectividad en el sellado de la vía aérea es ampliamente dependiente de la forma de la laringe del paciente y en el 36,7% de los perros se detectaron fugas durante la ventilación manual y la imposibilidad de alcanzar presiones inspiratorias máximas (PIM) por encima de 10cmH<sub>2</sub>O (Wiederstein & Moens, 2008).



(Fig. 6) **Máscaras laríngeas marca V-gel.** Imagen Tomada de: <https://www.gmdesigndevelopment.com/portfolio/v-gel-cat/>

#### 4.2.2. Intubación

El acto de intubación realizado de forma correcta comienza con la elección del TET adecuado, siempre acorde a la talla del paciente, el diámetro de su vía aérea y procurando utilizar el de mayor tamaño posible que no dañe las estructuras, teniendo en cuenta que de ser demasiado pequeño no permitirá una correcta ventilación debido a fugas (Tong & Pang, 2019).

Con el fin de mejorar tanto la agilidad como la seguridad de la maniobra, es recomendable elegir dos traqueotubos extra al que se piensa utilizar, de una talla por encima (0,5mm más) y una talla por debajo (0,5mm menos) del que creemos apto para el paciente. Debemos además contar con una gaza para sostener efectivamente la lengua del paciente durante la maniobra de intubación, una cuerda con el fin de fijar el traqueotubo al paciente y una jeringa completamente seca para inflar el balón una vez posicionado correctamente el traqueotubo (Brown, 2007; Taylor, 2022). El posicionamiento correcto a través de la laringe se corrobora mediante visualización de su pasaje a través de los pliegues vocales, “empañamiento” cíclico del tubo con cada respiración y/o presencia de CO<sub>2</sub> espirado captado en el monitor (The University of Bristol, 2017).

Se debe tener en cuenta que los balones modernos son de “baja presión y alto volumen”, por lo cual el operario puede alcanzar la hiperinsuflación de éste sin advertirlo. Con el fin de evitar superar la presión de perfusión capilar de la mucosa traqueal, el balón debe insuflarse hasta los 25cmH<sub>2</sub>O (o 18mmHg) debido a que cualquier presión que la supere puede ocasionar isquemia y ulceración en la tráquea.

Para asegurar presiones no lesivas, pueden utilizarse distintos dispositivos como los manómetros y dispositivos automatizados que marquen la presión utilizada para el inflado. Existen también técnicas basadas en la auscultación de fugas traqueales hasta alcanzar la presión de oclusión mínima, reduciendo el riesgo de complicaciones. La técnica de palpación-presión del testigo es comúnmente utilizada a pesar de ser subjetiva y poco segura (Briganti et al., 2012; López-Herrans, 2013).

En el caso del paciente canino, la maniobra de intubación se realiza de forma inmediata luego de la inducción anestésica. La importancia del mantenimiento de la vía aérea permeable a través de estos dispositivos radica en la posibilidad de suplementar oxígeno (O<sub>2</sub>), administrar soporte ventilatorio y utilizar gases halogenados para el mantenimiento de los pacientes anestesiado (Elgohary et al., 2024; Lloyd et al., 2023).

Es importante considerar que en aquellos pacientes en los que esté indicado (pacientes gerontes, cardiopatas, obesos o con otras patologías o estados fisiológicos que impidan la correcta oxigenación durante la inducción), deberá realizarse la preoxigenación previo a la intubación. Ésta consiste en la suplementación de O<sub>2</sub> previo a la inducción para retrasar la desaturación de la hemoglobina hasta por 3 minutos en caso de apnea o complicaciones para la intubación, permitiendo al operario mayor tiempo de actuación durante la maniobra y aumentando la seguridad del paciente (Azam Danish, 2021; McNally et al., 2009).

#### 4.3. CIRCUITOS RESPIRATORIOS Y ELEMENTOS DEL CIRCUITO VENTILATORIO

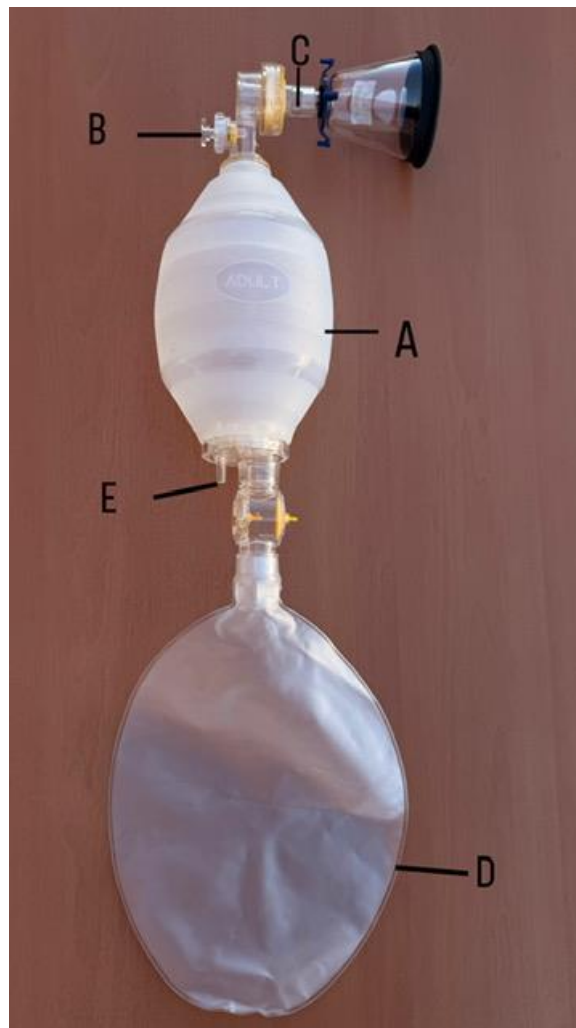
Una vez asegurada la vía aérea del paciente, se puede contar con múltiples elementos con el fin de proveer el soporte ventilatorio adecuado. La elección del material que proveerá las ventilaciones puede definirse según las necesidades del paciente, la experiencia del operario y la infraestructura con la que cuente al momento de ventilar (Latshaw & Coleman, 2010).

##### 4.3.1. Ambú

El resucitador manual o Ambú es un dispositivo diseñado para proporcionar ventilación con presión positiva. Su uso es esencial en situaciones de emergencia y puede emplearse en el peri-operatorio para soporte de los pacientes. Éstos suelen estar fabricados con materiales como silicona, PVC y elastómeros termoplásticos, permitiendo durabilidad y resistencia a la esterilización (Broc et al., 2024).

Partes de un ambú (Broc et al., 2024) (Fig. 7)

- Bolsa ventiladora: ubicada en el centro del dispositivo es normalmente de silicona o PVC. Será comprimida manualmente por el operario con el fin de insuflar los pulmones del paciente.
- Válvula de seguridad o pop-off: Se encuentra hacia proximal del paciente con respecto a la bolsa ventiladora, y limita la presión máxima aplicable al paciente protegiéndolo de lesiones. El tipo de válvula pop-off más frecuentemente encontrada es aquella que no permite superar los 40cmH2O o 60cmH2O.
- Conector para acople a mascarillas o TET: En su aspecto más proximal al paciente, permite conectar con la interfase paciente-ambú que se esté utilizando (TET, máscara laríngea, máscara).
- Bolsa de reservorio de oxígeno: mediante un conector para entrada de oxígeno, permite aumentar la cantidad de O2 disponible para las ventilaciones del paciente



(Fig. 7) **Partes del Ambú.** A) Bolsa ventiladora, B) Válvula Pop-off, C) Conexión a máscara, D) Bolsa Reservorio, E) Conector a Oxígeno. Archivo personal

La elección del tamaño de ambú deberá basarse en la talla del paciente. Las tallas se catalogan según su uso en la medicina humana como “Adulto”, “pediátrico” y “neonatal”, pudiendo administrar mayor o menor volumen tidal (VT) según el tamaño del paciente (Fig. 8) (Dafilou et al., 2020; Reminga & King, 2017).



(Fig. 8) **Tallas de Ambú.** Adulto (Izquierda), Pediátrico (Medio), Neonatal (Derecha). Archivo personal

#### 4.3.2. Circuitos

Los circuitos ventilatorios son los sistemas que conectan la máquina de anestesia con la vía aérea del paciente y permiten el transporte de gases frescos, la eliminación de dióxido de carbono, el transporte del anestésico volátil en caso de mantener la hipnosis por esta vía y, de ser necesario, la ventilación mecánica. Están compuestos por tubuladuras flexibles, generalmente corrugadas para evitar acodamientos, fabricadas en materiales plásticos livianos y resistentes, que pueden ser reutilizables o desechables según el diseño. Estos sistemas se dividen en circuitos abiertos (no existe reinhalación del gas espirado) y circuitos cerrados o circulares (incorporan válvulas unidireccionales y un sistema de absorción de CO<sub>2</sub>, permitiendo la reinhalación de los gases y una mayor eficiencia en el uso de anestésicos inhalatorios) (Hughes, 2016; Mosley, 2015).

Los circuitos abiertos son aquellos en los que el paciente inhala únicamente la mezcla de gases frescos proporcionada por la máquina de anestesia, sin que se permita la reinhalación de los gases espirados. Estos sistemas no cuentan con absorbentes de CO<sub>2</sub> y el gas exhalado se elimina directamente al ambiente (Hughes, 2016).

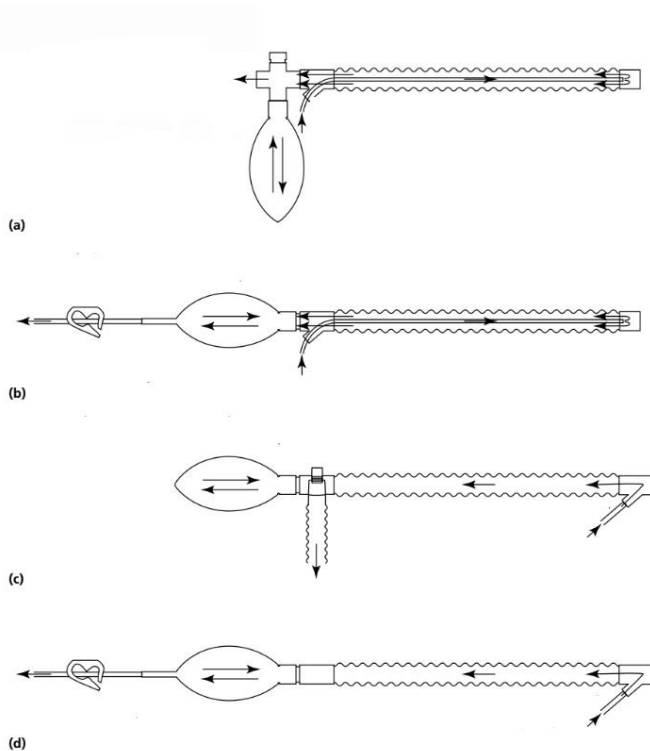
Por su parte en los circuitos cerrados los gases espirados por el paciente recirculan tras pasar por un absorbente de CO<sub>2</sub>, como la cal sodada, y se mezclan con gas fresco para mantener la concentración de oxígeno y anestésico deseadas. Este sistema permite la reinhalación de los gases, lo que lo hace más económico y eficiente. Sin embargo, requiere un control preciso del flujo de gas fresco y una monitorización constante del CO<sub>2</sub> para evitar la acumulación de dióxido de carbono en el circuito. La elección entre un circuito abierto o cerrado depende de factores como el tamaño del paciente, la duración de la anestesia y los recursos disponibles (Dugdale, 2010; Scales, 2023).

El uso de uno u otro tiene implicancias clínicas significativas. Los circuitos cerrados presentan la ventaja de conservar mejor el calor y la humedad del aire inspirado, lo que contribuye a mantener la temperatura corporal del paciente y a reducir la sequedad de las mucosas respiratorias, un factor importante en procedimientos prolongados. Además, al limitar la liberación de gases anestésicos al ambiente, disminuyen la contaminación ambiental y la exposición del personal veterinario a agentes potencialmente nocivos. Por otro lado, los circuitos abiertos, si bien son más simples y permiten una eliminación rápida de los gases espirados, favorecen una mayor pérdida de calor y humedad, incrementando el riesgo de hipotermia e irritación de las vías aéreas. Asimismo, al liberar directamente los gases al ambiente, representan un riesgo considerable para la salud ocupacional del equipo médico (Mizuno & Sumiyoshi, 1998; Mosley, 2015; Scales, 2023).

#### 4.3.2.a. Circuitos Abiertos

En el caso de pacientes de pequeño porte (menores de 5 kg), el uso de circuitos abiertos puede resultar beneficioso, ya que estos presentan un menor espacio muerto instrumental en comparación a los de reinhalación. Ésto favorece un intercambio gaseoso más eficiente y permite un control más preciso de la concentración de agentes anestésicos inhalables administrados (Bednarski et al., 2011; Grubb et al., 2020, Warne et al., 2018).

La clasificación de los circuitos abiertos en medicina veterinaria resulta dificultosa debido a la posibilidad de modificar los circuitos según el anestesista encuentre cómodo o útil. Por ello se sugiere una clasificación en base a la dirección de la tubuladura (coaxial o no coaxial, siendo la primera un circuito contenido dentro de otro, y la segunda, circuitos paralelos), la ubicación del sistema de evacuación de gases anestésicos (proximal o distal a la bolsa reservorio) y el método de evacuación (mediante válvula de limitación de presión o APL, válvula de pinza o válvula tipo llave de paso). No obstante, podría decirse que los tipos de circuito abierto más utilizados en medicina veterinaria son de configuración Bain (basado en sistemas Mapleson D) y Jackson Rees modificados (Fig. 9) (Mosley, 2015).

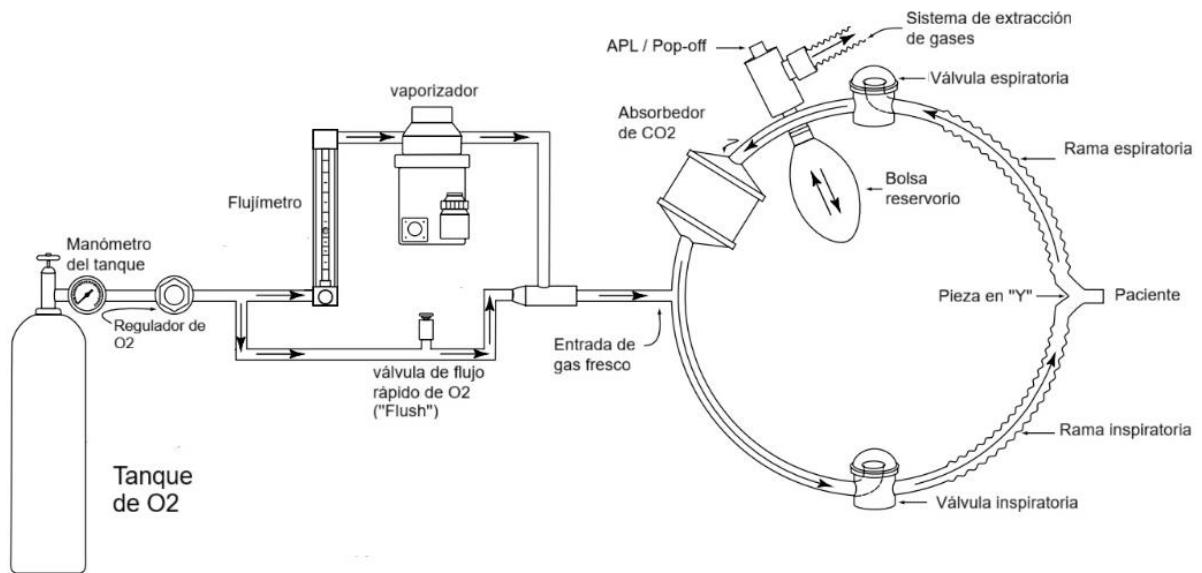


(Fig. 9) **Circuitos Abiertos.** (a) Sistema Bain con APL. (b) Bain con válvula de pinza distal. (c) Jackson Rees Modificado con válvula de evacuación proximal. (d) Jackson Rees con válvula de pinza distal. Adaptado de: *Veterinary Anesthesia and Analgesia The Fifth Edition of Lumb and Jones.*

#### 4.3.2.b. Circuitos Cerrados

Los circuitos circulares o cerrados constan de siete componentes principales. La entrada de gases frescos que suministra oxígeno y otros gases al circuito, y suele estar conectada entre el recipiente absorbedor de  $\text{CO}_2$  y la válvula inspiratoria, permitiendo la mezcla de gas fresco con los gases exhalados por el paciente. Válvulas unidireccionales, inspiratoria y espiratoria, la primera permite la entrada de gases al paciente, mientras que la segunda permite la salida de los gases exhalados. Ambas son esenciales para mantener el flujo unidireccional en el circuito. Los tubos corrugados, tubos flexibles y resistentes, poseen dos ramas, una inspiratoria y una espiratoria, y conectan al paciente con el resto del circuito. Ambas ramas están unidas por una pieza o conector en "Y", que permite la conexión al paciente en un punto común, así como la manutención de la dirección del flujo, según el momento del ciclo ventilatorio en el cual se encuentre el paciente. La válvula de sobrepresión APL (calibrada en cm de  $\text{H}_2\text{O}$ ), permite la liberación de gases del circuito cuando la presión interna supera un umbral preestablecido, evitando así presiones que puedan dañar al paciente y es ajustable según las necesidades de éste. El circuito cuenta también con una bolsa reservorio, la cual almacena gases frescos y permite la ventilación manual del paciente, siendo también un indicador visual de la ventilación espontánea. Finalmente tendremos el recipiente absorbedor de  $\text{CO}_2$ , normalmente un canister que contiene gránulos de cal sodada, que posibilita el uso de los gases restantes en la

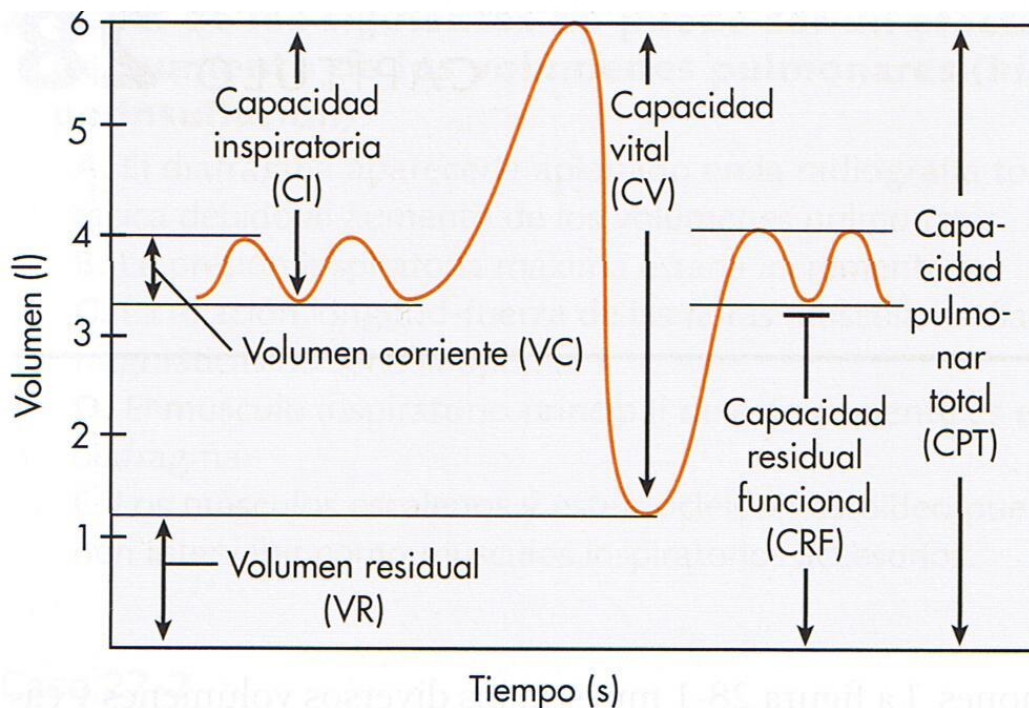
siguiente inspiración (Fig. 10) (D'este, 2001; Gutierrez Muñoz, 2011; Kling & Hernández, 2004).



(Fig. 10) **Circuito anestésico básico con circuito cerrado.** Adaptado de: *Veterinary Anesthesia and Analgesia The Fifth Edition of Lumb and Jones*

#### 4.4. VOLÚMENES Y PRESIONES EN LA VÍA AÉREA

A lo largo del ciclo respiratorio las presiones en la vía aérea se modifican, y su equilibrio e interacción son fundamentales tanto en la ventilación espontánea como en la ventilación mecánica. Todo cambio de presión dentro de la cavidad torácica se asocia inevitablemente a un cambio de volumen de ésta (Fig. 11). Estas variaciones de presión (oscilaciones en la presión en la vía aérea,  $P_{aw}$ ) pueden visualizarse como curvas en el monitor del ventilador de anestesia y se mide en  $\text{cmH}_2\text{O}$ . La  $P_{aw}$  se compone por la Presión Pico o Presión Inspiratoria Máxima (PIM), la Presión Meseta o Plateau ( $P_{plat}$ ), y la presión positiva al final de la espiración (PEEP), por último, la Presión Media de la Vía Aérea ( $P_{Mean}$ ) es la presión promedio durante todo el ciclo ventilatorio. Por tanto, la  $P_{aw}$  resulta de la suma de las presiones necesarias para vencer la resistencia de las vías aéreas superiores, la resistencia elástica del parénquima pulmonar y la compliance de la caja torácica (capacidad de la caja torácica para expandirse) (Silva & Rocco, 2018).



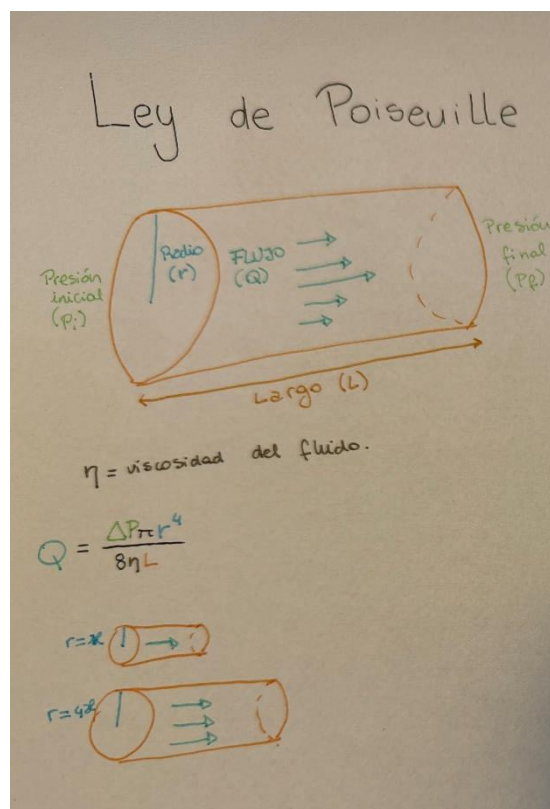
(Fig. 11) **Volúmenes y capacidades en la vía aérea.** Tomada de: <https://mural.uv.es/socape/>

Los componentes del sistema respiratorio, en función de sus características, opondrán resistencia al flujo de aire, el cual se desplaza siguiendo un gradiente de presión, y responde a las leyes físicas que explican el comportamiento de los gases en movimiento. El flujo laminar, caracterizado por un movimiento ordenado y paralelo de las capas de aire, predomina en las vías aéreas más pequeñas y de menor velocidad, mientras que el flujo turbulento, siendo éste irregular, es frecuente en las vías aéreas superiores, bifurcaciones bronquiales o cuando se utilizan flujos elevados. La transición entre ambos está determinada por el número de Reynolds ( $Re$ ), definido por la fórmula  $Re = \rho \cdot V \cdot L / \mu$  y depende de la densidad del gas ( $\rho$ ), la viscosidad ( $\mu$ ), el diámetro de la vía ( $L$ ) y la velocidad del flujo ( $V$ ). Según la ley de Poiseuille, la cual describe el flujo laminar de un fluido viscoso a través de un tubo cilíndrico, la resistencia al flujo en condiciones laminares es inversamente proporcional a la cuarta potencia del radio del conducto, y directamente proporcional a la viscosidad del gas y a la longitud del tubo (Fig. 12); esto explica por qué pequeñas reducciones en el calibre de la vía aérea sea por edema, secreciones o mal posicionamiento del TET generan aumentos marcados en la resistencia ventilatoria (Chandan & Cascella, 2025; García-Prieto et al., 2014; Cairo, 2024).

Durante la respiración espontánea, la presión intratorácica (PIT) se torna más negativa, generando un gradiente de presión que desplaza el aire hacia los pulmones (como fue previamente mencionado en el apartado 4.1.1b, fisiología respiratoria). La caja torácica, incluyendo la musculatura intercostal, el diafragma y la pleura, actúa como una estructura contenedora que participa activamente en la generación de

cambios de presión. Bajo ventilación mecánica, el papel activo de estos músculos se ve sustituido por una presión positiva externa, lo que modifica la interacción entre la presión pleural y la presión alveolar. Es así que, durante la ventilación mecánica a presión positiva intermitente (IPPV), este proceso se invierte: el ventilador suministra un flujo de gas fresco bajo presión positiva, lo que induce la distensión pulmonar sin la participación activa de los músculos respiratorios. Este mecanismo de llenado pulmonar, aunque efectivo, se considera “antifisiológico” en comparación con la ventilación espontánea (Bellani et al., 2016).

Las vías aéreas superiores ofrecen una resistencia considerable al flujo de aire, especialmente durante la inspiración, a este componente de presión se le denomina presión resistiva y está relacionada con la fricción que el flujo aéreo encuentra al



(Fig. 12) **Ley de Poiseuille.** Al disminuir el radio de la tubuladura, la resistencia al flujo aumenta. Archivo Personal.

atravesar las vías respiratorias altas, y depende de su calibre y longitud, así como de la velocidad del flujo. Esta resistencia constituye un componente importante de la presión inspiratoria total y puede afectar negativamente la eficiencia del intercambio gaseoso si no se controla adecuadamente. La intubación orotraqueal durante el soporte ventilatorio del paciente anestesiado permite eliminar o disminuir de manera significativa esta fracción de resistencia mejorando el intercambio (Brekka et al., 2025; Chemonges, 2012; Farré & Navajas, 2023).

El parénquima pulmonar representa la principal proporción del componente elástico de presión dentro del sistema respiratorio. Durante la inspiración, ya sea espontánea o asistida, se requiere una presión suficiente para expandir los alvéolos y permitir el llenado pulmonar efectivo. La aplicación de presión positiva es necesaria para vencer la tendencia natural del pulmón a colapsar debido a la retracción elástica del mismo. Sin embargo, durante la ventilación mecánica, ésta provoca el aumento de la presión transpulmonar (diferencia entre la presión dentro de los alvéolos y la presión pleural) y facilita la apertura alveolar, aunque con riesgo potencial de sobredistensión y producción de injuria asociada a la ventilación. La presión requerida para vencer la elasticidad del parénquima pulmonar y la caja torácica permite la expansión del sistema respiratorio y es proporcional al volumen corriente administrado (García-Prieto et al., 2014).

La presión alveolar refiere a la presión existente dentro de los alvéolos pulmonares, y es el principal determinante del movimiento de gases hacia y desde los pulmones. Por su parte, la presión intrapleural es la presión que se encuentra en el espacio pleural entre el pulmón y la pared torácica, siendo negativa durante la ventilación espontánea, ayudando a mantener los pulmones expandidos. La presión transpulmonar, definida como la diferencia entre la presión alveolar y la presión intrapleural ( $P_{tp} = P_{alv} - P_{pl}$ ), representa la presión real de distensión que se aplica sobre el tejido pulmonar, y es un indicador del estrés mecánico aplicado al tejido pulmonar. Este parámetro es crítico, ya que una presión insuficiente puede favorecer el colapso alveolar (y generar trauma por colapso, o atelectrauma), mientras que una presión excesiva puede causar sobredistensión y daño estructural. La comprensión de la interacción entre la presión alveolar ( $P_{alv}$ ), la presión intrapleural ( $P_{pl}$ ) y la presión transpulmonar ( $P_{tp}$ ) es fundamental para evaluar la mecánica respiratoria y prevenir lesiones inducidas por el ventilador (Mietto et al., 2015).

La monitorización de variación de la  $P_{tp}$  durante la ventilación puede lograrse mediante mediciones esofágicas que permiten calcular la presión pleural de forma indirecta. El monitoreo de la  $P_{tp}$  es particularmente útil en animales con distensibilidad alterada o en los que se emplean niveles elevados de PEEP, ya que permite optimizar la ventilación sin inducir daño pulmonar (Daoud et al., 2018).

Por último, la presión inercial representa la fuerza necesaria para acelerar las masas de aire y tejido durante los cambios rápidos de presión, pero es un componente relativamente despreciable en frecuencias respiratorias menores a 60rpm (Lanteri et al., 1999).

En conjunto, la comprensión de cómo se descomponen las presiones en el aparato respiratorio permite una mejor adaptación de las estrategias ventilatorias, particularmente en animales anestesiados. Ajustar parámetros como el VT, la PIM o el tiempo inspiratorio (TI), con base en la resistencia y compliance de sus

componentes, resulta fundamental para garantizar una ventilación segura y eficaz (Silva & Rocco, 2018).

La compliance respiratoria es un parámetro clave que refleja la distensibilidad del sistema respiratorio. Se calcula a partir de la relación entre el volumen corriente y la diferencia de presión entre inspiración y espiración, es decir Compliance (C) =  $\Delta V / \Delta P$  (Cambio en el volumen pulmonar/ cambio en la presión transpulmonar). Una compliance disminuida puede indicar atelectasias, edema pulmonar, fibrosis o sobredistensión, mientras que un aumento anormal puede sugerir obstrucciones o pérdida de elasticidad torácica. El seguimiento de la compliance en tiempo real permite detectar precozmente cambios en la mecánica ventilatoria y ajustar los parámetros del respirador de forma individualizada (Haskins, 2015).

La PIM es la presión máxima alcanzada durante la inspiración, y se asocia a un volumen determinado en las vías aéreas. Se ve afectada tanto por la resistencia como por la compliance, ya que a menor compliance o mayor resistencia con el mismo volumen, las presiones alcanzadas serán mayores (Donati & Roux, 2023).

La Pplat, la cual se mide con flujo 0 al final de la pausa inspiratoria, es decir en un estado de equilibrio de presiones, representa la presión de retroceso pulmonar. Al darse en condiciones de flujo 0, no se verá afectada por variaciones de resistencia dentro de las vías aéreas (Pérez & Mancebo, 2006).

La PEEP se aplica durante la ventilación mecánica para evitar la caída de la presión alveolar a 0. Ésta genera un aumento en la Capacidad Residual Funcional (CRF), evitando el colapso alveolar al final de la espiración. Su relevancia radica en evitar ciclos de colapso y apertura alveolar, los cuales generarían injuria asociada a la ventilación. La administración de PEEP extrínseca es por ende un mecanismo protector a la hora de aplicar IPPV durante la ventilación mecánica, incluidos los pacientes anestesiados. Sin embargo, en pacientes cuyos tiempos espiratorios (TE) no permiten la espiración completa, o cuyas vías aéreas se encuentren obstruidas, impidiendo la correcta salida de aire, podremos encontrar PEEP intrínseca, también denominada auto-PEEP, definida por Pepe & Marini en 1982 como el desarrollo espontáneo de PEEP, donde una porción del volumen inspiratorio queda atrapada en los alvéolos al final de la espiración (Donati & Roux, 2023; García-Sanz et al., 2019; Laghi & Goyal, 2012).

La diferencia entre la Pplat y la PEEP se conoce como presión de trabajo, presión de conducción o  $\Delta P$ . Ésta representa en el paciente con ventilación espontánea el esfuerzo que deberá realizar en cada ventilación para aumentar la diferencia entre las presiones anteriormente mencionadas, y, por ende, el volumen dentro de la vía aérea. La presión de trabajo, la compliance del sistema respiratorio y el VT se relacionan según la fórmula:  $\Delta P = VT / Compliance$ . Es esta relación un indicador útil del espacio pulmonar verdaderamente funcional y permite guiar el VT a utilizar según la compliance de cada paciente. Según Donati et al., (2024) 7 cmH<sub>2</sub>O de  $\Delta P$  son

suficientes para mantener el *ratio* de presión parcial de CO<sub>2</sub> (PCO<sub>2</sub>) a CO<sub>2</sub> arterial (PaCO<sub>2</sub>) (PCO<sub>2</sub>/PaCO<sub>2</sub>) sin variaciones ni provocar hipocapnia (Amato et al., 2015, Buggedo et al., 2017).

#### 4.5. INTERACCIÓN ENTRE HEMODINAMIA Y VENTILACIÓN

El gasto cardíaco (GC), como fue previamente explicado, está condicionado por el VES y la FC. Éste es responsable del mantenimiento de la PA, pudiéndose definir esta última como el resultado del producto entre el GC y la resistencia vascular periférica (RVP). El GC depende de la precarga, la contracción miocárdica, la frecuencia cardíaca (FC) y la poscarga, mientras que la RVP representa la fuerza opuesta al flujo sanguíneo en la circulación sistémica. Cuando la precarga disminuye, por ejemplo, debido a una reducción del retorno venoso durante la IPPV, el GC se reduce, lo que, sin una respuesta compensatoria, tendría como consecuencia una disminución de la PA. Para mantener la perfusión, el organismo puede aumentar la RVP, pero este mecanismo puede fallar en pacientes con volemia comprometida o inestabilidad cardiovascular, provocando caída simultánea de GC y PA. Si esta alteración no se corrige, puede progresar a una situación crítica con riesgo vital (Pierce, 2025).

Debido a lo anteriormente expuesto, es sumamente relevante que los pacientes en los que se instaure soporte ventilatorio a presión positiva estén hemodinámicamente estables y euvolémicos. Caso contrario deberán tomarse las medidas terapéuticas correspondientes (Muir et al., 2013).

Una de las complicaciones más frecuentes durante el acto anestésico es la presentación de hipotensión. Ésta se define como una PA sistólica (PAS) inferior a 80-90 mmHg, PA media (PAM) inferior a 60-70 mmHg y PA diastólica (PAD) inferior a 40mmHg, y se asocia frecuentemente a vasodilatación provocada por fármacos anestésicos. Sin embargo, existen otras causas de hipotensión en el paciente canino anestesiado como hipovolemia absoluta (hemorragias) o relativa (sepsis), disminución de contractilidad cardíaca, hipoglicemia, hipotermia o hipoproteinemia (Brodbelt et al., 2013; Pardo et al., 2024).

El manejo de la hipotensión requiere en primera instancia la identificación de la causa, prosiguiendo habitualmente al ajuste de la dosis administrada de fármacos vasodilatadores y profundidad anestésica. Luego, es necesario evaluar la frecuencia cardíaca del paciente, pudiendo corregir bradicardias mediante terapia anticolinérgica y asegurar la temperatura en rango de normalidad. Si la hipotensión persiste, se podrá realizar un bolo de fluido cristalino de 5ml/kg en 10 minutos, y si la hipotensión es refractaria a esta maniobra, considerar la terapia con vasopresores (Efedrina, Norepinefrina, Epinefrina, dobutamina) y un bolo de 2-5ml/kg en 10 minutos de un fluido coloidal. Una vez estabilizado el paciente la tasa de mantenimiento de fluidos se

continuará según las guías actuales a una tasa de 5mL/Kg/h de cristaloides isotónicos (Gaynor et al., 1999; Pardo et al., 2024; Grubb et al., 2020).

Es importante notar que durante estos eventos se debe considerar la reducción de la PIM y de la PEEP, con el objetivo de disminuir la PIT, aliviar la compresión de los grandes vasos (como la vena cava) y favorecer un retorno venoso adecuado al corazón, lo cual contribuye a restablecer el gasto cardíaco y la presión arterial (Prewitt & Wood, 1979; Rankin et al., 1982; Mahmood & Pinsky, 2018).

#### 4.6. VENTILADORES MECÁNICOS EN ANESTESIA VETERINARIA

Los ventiladores mecánicos se definen como “sistemas generadores de flujo que tienen como función prestar soporte ventilatorio total o parcial”. Esto significa que los ventiladores utilizan presión positiva para administrar un flujo de aire que puede ser intermitente o continuo al paciente hipoventilado, permitiendo una mejor oxigenación y mantenimiento de la normocapnia (Donati & Roux, 2023).

Existen actualmente tres generaciones de ventiladores mecánicos. Los ventiladores de primera generación son aquellos que cuentan con un generador de flujo ciclado por presión, sin posibilidad de utilizar múltiples modos ventilatorios, monitorizar parámetros ventilatorios ni curvas de ventilación. Los ventiladores de segunda generación incorporan modos ventilatorios y alarmas, pero siguen careciendo de curvas que permitan monitorizar la mecánica ventilatoria. Por su parte, los ventiladores de tercera generación o microprocesados cuentan tanto con sistemas de alarma, múltiples modos ventilatorios y curvas y gráficas para la correcta monitorización de la mecánica ventilatoria (Donati & Roux, 2023; Gutierrez Muñoz, 2011).

Los pacientes sometidos a anestesia general suelen presentar depresión respiratoria, por un lado, debido a la depresión del propio centro respiratorio a causa de los fármacos depresores del Sistema Nervioso (SN) utilizados durante la anestesia, como a la relajación de los músculos implicados en el trabajo ventilatorio. Dichos cambios llevan al paciente canino a disminuir alrededor de 35% su compliance pulmonar, consecuencia de una CRF disminuida y atelectasia pulmonar y por tanto caída del volumen corriente, con la consiguiente hipercapnia e hipoxia (niveles de oxígeno tisulares insuficientes para mantener la homeostasis) secundaria a la hipoventilación. Esto puede verse agravado por el posicionamiento durante la cirugía, la condición fisiológica, es decir, situaciones que puedan aumentar la presión intraabdominal (PIA) como obesidad, preñez, dilatación-torsión, hemoabdomen e incluso el abordaje quirúrgico (cirugía laparoscópica) lo que lleva en múltiples situaciones a la necesidad de instaurar soporte ventilatorio para estos pacientes (American Animal Hospital Association [AAHA], 2020; Bhutta et al., 2024; Corcoran & Abercrombie, 1989; Dyson, 2012; Mead & Collier, 1959; Muir & Gadawski, 1998; Warner et al., 1994).

Por lo anteriormente expuesto es frecuente la indicación de soporte ventilatorio en pacientes anestesiados, recomendándose para aquellos que se encuentren hipercápnicos (End Tidal CO<sub>2</sub> [EtCO<sub>2</sub>] mayor a 45mmHg) o en hipoxia moderada (Saturación de oxígeno [SpO<sub>2</sub>] menor a 95%) o severa (SpO<sub>2</sub> menor a 90%)(Grubb et al., 2020). Es necesario tomar en cuenta, al momento de instaurar la terapia ventilatoria, la condición corporal del paciente, su raza, sexo, conformación torácica, duración del procedimiento a realizar, posicionamiento del paciente durante éste y patologías preexistentes como por ejemplo disfunción neurológica, contusión pulmonar, síndrome de distress respiratorio agudo (SDRA) y/o aumentos de presión intraabdominales (Araos et al., 2021; Asorey et al., 2020; Bruchim et al., 2014).

El soporte ventilatorio utilizado en los pacientes será controlado o "mandatorio" si el ventilador inicia o finaliza el ciclo inspiratorio y determina las características de éste (volumen, duración), contrariamente a los ciclos espontáneos donde el paciente define las características previamente mencionadas. Por otro lado, existe también la ventilación asistida o soporte, donde el paciente es capaz de iniciar la ventilación y definir su frecuencia, pero frente al cese de actividad respiratoria por su parte, el ventilador es capaz de detectarlo y apoyarlo (Donati & Plotnikow, 2023; Hopper & Powell, 2013).

Tanto en modos controlados como asistidos el anestesista podrá modificar variables de control (siendo ésta la presión o volumen controladas por el ventilador), la variable de fase (correspondiendo al inicio o disparo de la inspiración, su límite o mantenimiento y su fin) y la variable de base (la cual determina la PEEP). Estas tres variables darán paso a la nomenclatura de los modos ventilatorios (Chatburn, 2007; Chatburn, 2010).

## 4.7. VENTILACIÓN EN ANESTESIA

### 4.7.1 Conceptos Básicos Del Manejo Anestésico Durante La Ventilación

La anestesia general se define como un estado de inconsciencia total mediante un proceso de intoxicación controlada y reversible del sistema nervioso central (SNC), basada en un enfoque integral del paciente, apoyándose sobre cuatro pilares fundamentales: hipnosis/inconsciencia, analgesia, relajación muscular y ausencia de respuesta autónoma (Thurmon et al., 2003; Dugdale, 2010).

La pérdida de la conciencia durante la inducción anestésica es alcanzada mediante agentes hipnóticos como propofol, tiopental o alfaxalona, cada uno con características particulares. El propofol es conocido por su acción rápida de inicio y recuperación relativamente veloz, lo cual lo hace muy útil en procedimientos cortos; además produce depresión cardiovascular moderada, dosis-dependiente, y una disminución

de la resistencia vascular sistémica. Por otro lado, el tiopental es un barbitúrico de acción rápida, también utilizado en la inducción anestésica, en monodosis. Respecto a este fármaco, cabe mencionar que se desaconseja actualmente la administración repetida debido a sus efectos acumulativos, conduciendo a signos residuales en la recuperación y depresión respiratoria más pronunciada (Plumb, 2017; Kaushal, 2021).

Por su parte, la alfaxalona, anestésico esteroideo de administración intravenosa, ha sido revisado recientemente por sus propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas pudiendo emplearse como agente inductor en perros. Ésta presenta menor impacto cardiovascular que el propofol o el tiopental en dosis clínicas, y recuperación razonablemente buena si se dosifica adecuadamente (Bellido & Vettorato, 2021; Suarez et al., 2012; Quandt et al., 1998).

Estos fármacos pueden provocar apnea durante la inducción, dependiente tanto de la dosis utilizada como de la velocidad de administración, siendo evitable en la mayoría de los casos (Muir & Gadawski, 1998; Quandt et al., 1998; Bigby et al.; 2017). Se dispone de otros agentes inductores de uso menos frecuente como el Etomidato, el cual puede reducir la aparición de apneas post-inducción, sin embargo, su uso queda habitualmente reservado a pacientes con inestabilidad cardiovascular, trauma craneoencefálico u otras patologías severas (Plumb, 2017; Williams et al., 2023).

La analgesia, del griego "An" (negación/ausencia) y "álgos" (dolor), refiere a la supresión de la percepción del dolor, definido según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP) como "Una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con un daño tisular real o potencial, o descrita en términos de dicho daño" (Monteiro et al., 2022).

Es fundamental el correcto manejo analgésico durante la cirugía. Un aumento de más del 20% en la presión arterial (PA) o la frecuencia cardíaca (FC) respecto al valor basal son generalmente indicadores de nocicepción. Un estímulo doloroso también puede asociarse al aumento de la frecuencia respiratoria (FR), causando asincronía con el ventilador y potencial daño. El manejo del dolor es crucial para la estabilidad del paciente y debe ser preventivo, multimodal, continuo y adecuado a la magnitud del daño tisular asociado al procedimiento quirúrgico (Dos-Santos et al., 2025; Meitner et al., 2023, Gruen et al., 2022).

Actualmente, para tratar el dolor durante el acto anestésico es frecuente el uso de combinaciones de opioides, antiinflamatorios no esteroideos (AINES) o corticosteroides en conjunto con anestésicos locales, así como terapia con adyuvantes analgésicos (agonistas alfa-2-adrenérgicos y antagonistas NMDA) (Otero, 2022).

La relajación muscular, entendida como la disminución o inhibición del tono muscular, puede lograrse mediante el uso de bloqueantes neuromusculares o fármacos con

efecto miorelajante. Estos agentes actúan centralmente para facilitar la relajación muscular durante la anestesia.

Los relajantes musculares actúan sobre la placa neuromuscular para bloquear la contracción del músculo esquelético, facilitando algunos procedimientos quirúrgicos y el acople del paciente al ventilador. Sin embargo, su uso requiere soporte ventilatorio y un monitoreo estricto, ya que no inducen inconsciencia ni analgesia. En perros, deben usarse con precaución, siempre combinados con anestesia profunda y analgesia para evitar la conciencia intraoperatoria. Aunque existen bloqueantes neuromusculares puros (despolarizantes como la succinilcolina y no despolarizantes como el rocuronio), otros fármacos, como los agonistas alfa-2 adrenérgicos y las benzodiacepinas, también pueden generar relajación muscular (Grimm, 2002; Sinclair, 2018).

Finalmente, el control neurovegetativo modula las reacciones del sistema nervioso autónomo frente a estímulos quirúrgicos. Este control resulta fundamental para minimizar las alteraciones hemodinámicas (como bradicardia, taquicardia o hipertensión refleja) y reducir el estrés fisiológico perioperatorio del paciente. La estabilización del SNA contribuye significativamente a una recuperación más rápida y estable tras la anestesia, ya que un equilibrio autonómico adecuado ayuda a mantener la homeostasis cardiovascular y metabólica del individuo (Cusack & Buggy, 2020).

En estos cuatro pilares se sostiene el concepto de Anestesia Balanceada, el cual fue introducido en 1926 por John S. Lundy al realizar una mezcla de un barbitúrico y un agente inhalatorio con el fin de alcanzar la inconsciencia y realizar anestesia regional para bloquear el estímulo nociceptivo. El anestesista es por ende responsable de monitorizar continuamente al paciente, asegurándose de que sus funciones fisiológicas como la ventilación, la oxigenación, la circulación y la termorregulación se mantengan dentro de parámetros normales. Además, en situaciones que lo requieran, deberá intervenir activamente para corregir desviaciones y garantizar la homeostasis del paciente (Grubb et al., 2020, Mulier et al., 2021).

Actualmente están disponibles máquinas de anestesia que cuentan, además de con los elementos necesarios para la administración del gas halogenado que mantendrá la hipnosis, con ventiladores integrados (Da Silva et al., 2025; Patil et al., 2013).

En estos equipos el ventilador se encuentra acoplado al circuito respiratorio cerrado y permite el uso de múltiples modos ventilatorios, tanto ciclados por volumen como por presión, permitiendo el soporte ventilatorio durante la anestesia para satisfacer las necesidades particulares de cada paciente. En el caso de las máquinas de anestesia más modernas, se pueden encontrar elementos de monitorización que permiten visualizar curvas de presión, volumen y compliance, así como parámetros ventilatorios (PIM, PEEP, Pplat, VT, VM), permitiendo al anestesista un mejor control sobre la dinámica ventilatoria del paciente. Estos equipos requerirán de un sistema

de suministro de gases para su correcto funcionamiento, pudiendo administrar mediante éste oxígeno, aire medicinal, su mezcla y/u otros gases (Gutierrez Muñoz 2011; Jain & Swaminathan, 2013).

#### 4.7.2. Modos Ventilatorios Durante La Anestesia General

Diversos modos ventilatorios pueden ser utilizados para el soporte durante la anestesia con la finalidad de adecuar la terapia al paciente y evitar lesiones pulmonares. Los modos ventilatorios se definirán según: si son continuos o intermitentes, si son controlados o asistidos y si se guían por presión o volumen. Encontraremos entonces los modos ciclados por volumen: siendo ventilación controlada por volumen (VCV) y ventilación asistida/controlada por volumen (VA-C/VCV). En VCV, el anestesista fija en el ventilador las variables de la inspiración: VT, flujo y frecuencia. En VA-C/VCV, el ventilador responde con variables prefijas (VT y flujo) según el esfuerzo (o ausencia de éste) por parte del paciente (Ramos Gómez & Benito Vales, 2024).

Por otra parte, se encuentran los modos ciclados por presión: Ventilación controlada por presión (VCP), ventilación asistida/controlada por presión (PA-C/VCP) y Ventilación espontánea con presión de soporte (VPS). A diferencia de las dos primeras modalidades, que toman el control de la respiración del paciente mediante presión programada, la modalidad VPS solo asiste la respiración espontánea, reduciendo el esfuerzo del paciente (trabajo ventilatorio) y garantizando una presión mínima que permita el adecuado intercambio de gaseoso (Gutiérrez Muñoz, 2011).

Por último, en la ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV), el ventilador es capaz de sincronizar las ventilaciones controladas con la frecuencia respiratoria del paciente, y además completar el volumen deseado en caso de que la inspiración del paciente no lograra alcanzarlo (Chatburn et al., 2014).

Los modos ventilatorios más utilizados en la actualidad en medicina veterinaria durante los actos quirúrgico-anestésicos son los modos controlados (Sández Cordero, 2024). En este sentido, las estrategias ventilatorias han evolucionado en los últimos 10 años con el objetivo de individualizar la terapia y evitar la injuria asociada a la ventilación, en busca de terapias de ventilación protectora junto a monitorización minuciosa mejorando la seguridad asociada a éstas (Fantoni et al., 2022).

Una vez alcanzada la profundidad anestésica correcta para realizar el acto quirúrgico (plano anestésico-quirúrgico), y en los casos que se cumplan los criterios para instaurar el soporte ventilatorio como fue previamente expuesto, se optará por iniciar la IPPV, a cargo del anestesista y utilizando modos controlados, con el fin de mantener normoxia y normocapnia en el paciente anestesiado con signos de

hipoventilación. Para ello deberá garantizarse una frecuencia respiratoria y un volumen corriente acordes, que puede variar entre 8 a 20 mL/Kg para el paciente canino (De Monte et al., 2018; Donati et al., 2019).

Tradicionalmente, se prefiere el uso de la ventilación controlada por volumen (VCV) en la cual se podrán modificar los parámetros de VT, PEEP, frecuencia respiratoria (FR), TI:TE y flujo. Sin embargo, el uso de la ventilación controlada por presión (PSV), donde el anestesista puede controlar la PIM, PEEP, FR y flujo, es de relevancia en pacientes que requieran garantizar la distensión pulmonar adecuada debido a condiciones como bronquitis crónica o por aumentos de presión sobre la caja torácica debido a los procedimientos quirúrgicos que se estén realizando (laparoscopia, anti-trendelemburg) (Campbell & Davis, 2002; Fantoni et al., 2016; Kim et al., 2023).

#### 4.7.3. Farmacología Aplicada A La Ventilación

La hipoventilación asociada a la anestesia, como fue mencionado anteriormente, es un fenómeno multifactorial influido por distintas variables que deben ser cuidadosamente consideradas. Entre los factores más relevantes se encuentran aquellos propios del paciente (obesidad, edad avanzada, estado fisiológico, comorbilidades), los factores posicionales o quirúrgicos, particularmente los que elevan la presión intraabdominal (como ocurre en la cirugía laparoscópica), y finalmente, los farmacológicos, ya que muchos agentes anestésicos producen depresión de los centros respiratorios y favorecen la relajación de los músculos involucrados en la ventilación, disminuyendo la eficacia del trabajo ventilatorio (Araos et al., 2021; Luz et al., 1994 ; Warner et al., 1994).

En este sentido, los agonistas alfa-2 adrenérgicos (como la xilacina, dexmedetomidina y medetomidina) son ampliamente utilizados por sus propiedades sedantes, analgésicas y relajantes musculares. Se ha descrito un rol protector de esta familia de fármacos sobre el parénquima pulmonar, al disminuir la respuesta inflamatoria y el edema en modelos experimentales de daño (Bai et al., 2021; Lerche & Muir, 2004; Nguyen et al., 1992). Sin embargo, este grupo de fármacos es capaz de inducir tanto una reducción del ritmo respiratorio como bradicardia asociada a sus efectos vasculares (Nguyen et al., 1992; Vainio & Palmu, 1989).

Las benzodiazepinas, como el diazepam y el midazolam, actúan como depresores del sistema nervioso, con efecto ansiolítico, anticonvulsivante y relajante muscular. Son ampliamente utilizados en la clínica diaria y están especialmente indicados en animales geriátricos o debilitados debido a su escaso impacto cardiovascular. En lo que respecta al sistema respiratorio, las benzodiazepinas presentan un perfil seguro en dosis bajas, aunque pueden potenciar la depresión respiratoria, afectando el ritmo

y volumen de la ventilación espontánea (Jones & King, 1973; Kropf & Hughes, 2018; Simon et al., 2017).

Por su parte, los opioides son pilares fundamentales en la analgesia anestésica, gracias a su potente acción sobre los receptores opioides  $\mu$ ,  $\kappa$  y  $\delta$  en el sistema nervioso central. Además de su efecto analgésico, pueden generar sedación, bradicardia y, en algunos casos, depresión respiratoria, especialmente cuando se combinan con otros anestésicos generales. En perros sometidos a ventilación mecánica, la administración de opioides puede ser ventajosa al facilitar el acople a la ventilación. Sin embargo, su uso excesivo o en pacientes con función respiratoria comprometida puede agravar la hipoventilación y requerir ajustes precisos en los parámetros ventilatorios (Plumb, 2017).

Tanto el fentanilo como la dexmedetomidina administrados en infusión continua en perros pueden inducir depresión respiratoria impactando particularmente en la frecuencia de este parámetro. Estos fármacos presentan diferencias en su perfil cardiorrespiratorio, tendiendo el fentanilo a mantener una frecuencia cardíaca más alta y una presión arterial media más baja, mientras que la dexmedetomidina se asocia con bradicardia y presión arterial media más elevada. Estudios comparativos muestran que ambos fármacos, a las dosis evaluadas, son seguros y eficaces para el control del dolor intraoperatorio. La combinación de dexmedetomidina con otros agentes anestésicos puede potenciar la depresión respiratoria, aunque la adición de fentanilo no parece aumentar significativamente este efecto respecto a la dexmedetomidina sola. En resumen, ambos agentes pueden causar depresión respiratoria en perros bajo infusión continua, pero la elección entre ellos debe considerar el perfil hemodinámico y las necesidades clínicas específicas del paciente (Ahmad et al., 2013; Conterno et al., 2023; Santosh et al., 2013).

Por otra parte, algunos fármacos como la ketamina y la lidocaína, que también pueden administrarse bajo forma de infusión continua, presentan menos efectos deletéreos en cuanto a la ventilación del paciente, pudiendo utilizarse como analgésicos intraoperatorios sin comprometer de forma significativa las funciones ventilatorias ni cardiovasculares. Su incorporación en protocolos multimodales resulta especialmente valiosa para reducir la dosis de agentes depresores del sistema nervioso central y mejorar la estabilidad anestésica (Boscan et al., 2005; Ortega & Cruz, 2011).

#### 4.7.4. Estrategias De Ventilación Durante La Anestesia:

En la actualidad, se debate ampliamente la estrategia óptima para la ventilación. Debido a la variabilidad anatómica entre caninos, la ventilación guiada por la elección del VT según el peso del paciente puede no ser siempre la indicada, y llevar a la hipoventilación o injuria asociada a la ventilación (VILI). Por otro lado, la estrategia

ventilatoria guiada mediante presión puede resultar lesiva (Fantoni et al., 2022, Rodrigues 2022).

En este sentido, son numerosos los reportes que establecen recomendaciones respecto al VT ideal para la ventilación de caninos adultos con pulmones sanos (Fig. 13). Sin embargo, el VT y el volumen minuto (VM) son parámetros fundamentales que deben ser cuidadosamente controlados durante la anestesia. El VM es el producto del VT por la frecuencia respiratoria. En caninos, el VT suele establecerse entre 8 y 20 mL/Kg, pero este valor debe ser adaptado según el estado pulmonar del paciente, su compliance, su peso real y el tipo de cirugía. Valores excesivos pueden inducir volutrauma, mientras que valores insuficientes pueden causar hipoventilación y retención de CO<sub>2</sub> (Araos et al., 2021; Balakrishnan, 2025; De Monte et al., 2018; Donati et al., 2018; Fantoni et al., 2022; Rodrigues et al., 2022).

Según Bumbacher et al., (2015) 15 mL/kg es el volumen adecuado para reducir el espacio muerto alveolar y mantener la eficiencia ventilatoria en perros sanos. Por otra parte, se ha expuesto que la ventilación con VT bajos (6 mL/Kg) pueden no ser suficientes para mantener la normocapnia y generan acidosis, pero son de todas formas volúmenes bien tolerados por pacientes sanos (Oura et al., 2012).

Parámetro	Indicación
Modo Ventilatorio	Presión Control / Volumen Control
Volumen Tidal	8-12 mL/Kg
Presión de Trabajo	10-15 cmH <sub>2</sub> O
PEEP	3-7 cm H <sub>2</sub> O
Relación Inspiración: Espiración	1:2

(Fig. 13) Guía de Parámetros al Inicio de la Ventilación. (Balakrishnan, 2025)

Las estrategias para definir el VT son numerosas. Como se mencionó previamente, la definición del VT por peso ideal es una estrategia útil para alcanzar una ventilación adecuada. Sin embargo, es posible definir el VT por porcentaje de la capacidad inspiratoria (Medida con PIM 35 cmH<sub>2</sub>O y PEEP 0 [ZEEP] durante 5 segundos) que resulta efectivo para mantener una mecánica ventilatoria y capnografía normales. Se estima que un 17% de la capacidad inspiratoria permitirá esto, tanto en pacientes sanos como enfermos, logrando no superar presiones de vía aérea potencialmente lesivas (Araos et al., 2021; Donati et al., 2018).

Se ha cuestionado también la extrapolación de estrategias ventilatorias desde la medicina humana hacia la veterinaria. Es aplicable el uso de VT menores (siendo éstos protectivos) en pacientes enfermos debido a la reducción de la compliance de la misma manera que en los humanos, pero los volúmenes necesarios para mantener al paciente canino en rangos de PaCO<sub>2</sub> y presión parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) normales, en conjunto con una mecánica ventilatoria correcta son mayores (Donati et al., 2019).

No obstante, en aquellos pacientes en los que la estrategia ventilatoria por volumen no sea la adecuada, es posible ventilarlos guiándose por la presión alcanzada en la vía aérea. En el paciente con pulmón sano, una PIM de 8-15 cmH<sub>2</sub>O será suficiente para alcanzar un intercambio gaseoso que permita la correcta oxigenación de los tejidos y evite la hipercapnia. Sin embargo, en aquellos pacientes con pulmones enfermos, donde veremos una disminución de la compliance, puede llegar a ser necesario aumentar de forma gradual esta presión incluso hasta los 30 cmH<sub>2</sub>O para alcanzar los mismos objetivos (Hopper & Powell, 2013).

Independientemente del modo por el cual se decida guiar la ventilación, el anestesista deberá definir también la PEEP. Con el fin de evitar trauma, en el paciente de pulmón sano, un valor de PEEP entre 1 y 5 cmH<sub>2</sub>O serán suficientes para evitar el colapso, permitir un intercambio gaseoso adecuado y no comprometerá de manera significativa el retorno venoso. Por otra parte, en el pulmón enfermo puede ser necesario utilizar valores de PEEP más altos, con el objetivo de reclutar alvéolos colapsados, mejorar la oxigenación y reducir el shunt intrapulmonar (paso de sangre desde la circulación venosa a la arterial debido a la perfusión de alvéolos que no están ventilados). Sin embargo, estas presiones deben individualizarse cuidadosamente, ya que un exceso puede generar sobredistensión alveolar, aumento de la resistencia vascular pulmonar y comprometer tanto la función hemodinámica como la ventilación efectiva, por lo cual titular la PEEP a las necesidades del paciente es recomendado (De Monte et al., 2018; Fantoni et al., 2022; Rodrigues et al., 2022; Soares et al., 2021).

Una estrategia para individualizar la ventilación del paciente, teniendo en cuenta la compliance de su sistema respiratorio, su condición patológica y su medio interno, es considerar la  $\Delta P$  como un parámetro clave para ajustar la terapia. Este valor refleja la relación entre el volumen tidal (VT) administrado y la compliance estática del sistema respiratorio, representando la presión efectiva que distiende los pulmones durante cada ciclo ventilatorio. A diferencia de otros parámetros aislados, la  $\Delta P$  permite estimar de forma indirecta el estrés aplicado al parénquima pulmonar, por lo que valores elevados se asocian con mayor riesgo de VILI, incluso cuando el VT o la PEEP se mantienen dentro de rangos considerados seguros (Donati et al., 2024; Grieco et al., 2017).

En medicina humana, se ha demostrado que mantener una  $\Delta P$  por debajo de 15 cmH<sub>2</sub>O se relaciona con menor mortalidad y mejor pronóstico en pacientes con SDRA; aunque en medicina veterinaria estos valores deben interpretarse con cautela, el principio fisiológico es extrapolable (Amato et al., 2015; Donati et al., 2019). De esta forma, la ventilación guiada por  $\Delta P$  busca adaptar la estrategia ventilatoria a las condiciones pulmonares individuales del paciente, ajustando VT, PEEP y presión inspiratoria de modo que la distensibilidad se mantenga óptima y el estrés alveolar sea mínimo. Esta aproximación dinámica resulta especialmente útil en pacientes con enfermedad pulmonar o en cirugías que afectan la mecánica torácica, donde la

compliance puede variar significativamente durante el procedimiento (Donati et al., 2019; Donati et al., 2024; Guieu et al., 2024).

#### 4.7.5. Ventilación Para El Destete Y Ventilación Espontánea Con Soporte Manual

Una vez iniciada la superficialización del plano anestésico, para preparar al paciente para su recuperación anestésica, se instauran maniobras de “destete” del ventilador, es decir, conseguir que el paciente comience su retorno gradual hacia la ventilación espontánea, normalmente comenzando por ventilaciones superficiales y poco eficaces, y eventualmente logrando mantener la normoxia y normocapnia (Balakrishnan, 2025; Beal et al., 2001).

Para conseguir este objetivo se utiliza en general un modo ventilatorio sincronizado con el paciente. En la práctica clínica, esto se traduce comúnmente en la utilización del modo Ventilación Mandatoria Intermitente Sincronizada (SIMV). Este modo permite al anestesista mantener el control sobre parámetros clave de las ventilaciones asistidas como el volumen corriente, la frecuencia respiratoria mínima, PIM y la PEEP al mismo tiempo que se sincroniza con los esfuerzos ventilatorios espontáneos del paciente. La sincronización se da en dos niveles: por un lado, la frecuencia, donde el anestesista establece una frecuencia respiratoria mínima, la cual, si el paciente no logra alcanzar espontáneamente, será complementada por el ventilador. Por otro lado, el volumen: en los ciclos donde el esfuerzo espontáneo del paciente no alcanza el volumen corriente programado, el ventilador administra el volumen faltante para completarlo. Estos mecanismos permiten asegurar una ventilación eficaz durante la transición hacia la recuperación de la respiración espontánea, reduciendo el riesgo de hipoventilación, hipercapnia y atelectasias (Ghadge, 2022; Hopper & Powell, 2013).

Para acompañar el despertar, debe reducirse la dosis del agente hipnótico inhalatorio o intravenoso. Paralelamente, debe realizarse un ajuste escalonado de las infusiones analgésicas, especialmente de los opioides, ya que estos pueden deprimir la respuesta ventilatoria al acúmulo de CO<sub>2</sub> y retrasar la recuperación ventilatoria espontánea. Se recomienda suspender o disminuir dichas infusiones, y si bien no hay un consenso exacto con respecto al tiempo, éste dependerá de la duración del efecto farmacológico, la permanencia del fármaco en el sistema y del estado del paciente (Holbon, 2023).

El objetivo de esta estrategia es permitir una transición controlada hacia la ventilación espontánea eficaz, evitando tanto la hipoventilación como la recuperación abrupta que podría generar disnea o estrés al paciente. La monitorización continua de la capnografía, la frecuencia respiratoria y la presión inspiratoria durante esta etapa es

esencial para garantizar un destete seguro (Becker et al., 2013; Bufalari et al., 2007; Jarosinski et al., 2021; Lucas et al., 2001).

Una vez alcanzada la ventilación espontánea por parte del paciente, es crucial la monitorización de la efectividad de dichas ventilaciones mediante capnografía y SpO<sub>2</sub>. Si bien es posible la administración de oxígeno 100% durante las ventilaciones espontáneas, la amplitud o frecuencia de éstas pueden no ser suficientes para mantener la SpO<sub>2</sub> por encima de 95% ni para evitar la hipercapnia. Es posible que en este período de transición entre la finalización del soporte ventilatorio mediante equipamiento y la extubación se requiera soporte manual a las ventilaciones mediante la bolsa reservorio del circuito anestésico (Duke-Novakovski, 2017; Shippy, 2024; Torres Cantó et al., 2022).

#### 4.7.6. Adaptación Del Soporte Ventilatorio En Situaciones Clínicas Específicas

En el contexto de sedación o sedoanalgesia, el paciente mantiene la ventilación espontánea, aunque puede presentarse una hipoventilación leve a moderada como consecuencia de la depresión central causada por fármacos como los opioides, benzodiazepinas o agonistas  $\alpha_2$ -adrenérgicos. En estos casos, el anestesista debe evitar la ventilación controlada, priorizando la oxigenación suplementaria mediante mascarilla o cánula y monitorizando estrechamente la capnografía y la saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>). La ventilación mecánica sólo se considerará si la hipercapnia o la hipoxemia se vuelven clínicamente significativas, pudiéndose apoyar en modos asistidos (Murrell, 2011; Sinclair, 2003; Sinclair, 2018).

Por otro lado, durante bloqueos loco-regionales o neuroaxiales, como epidurales o bloqueos periféricos, el paciente puede requerir mínimo o nulo soporte ventilatorio, dependiendo del nivel de bloqueo. En procedimientos torácicos o abdominales altos, un bloqueo profundo podría comprometer la función diafragmática o de los músculos intercostales, requiriendo soporte parcial IPPV. En estos escenarios, el objetivo es mantener una ventilación espontánea eficaz, complementada con oxigenación y monitoreo de gases, evitando presiones que interfieran con la hemodinamia o la función ventilatoria residual (Campoy, 2022; Otero, 2013).

#### 4.7.7. Monitorización Del Paciente Ventilado Durante La Anestesia General

La monitorización, es decir, la evaluación continua y sistemática de las funciones fisiológicas del paciente, es fundamental durante todo el período perioperatorio. Actualmente, se recomienda que quien realice la totalidad de la monitorización del paciente durante el procedimiento sea un anestesista designado y que pueda evaluar el sistema nervioso y circulatorio, la oxigenación, la ventilación y la temperatura

mediante múltiples herramientas, algunas de las cuales serán descritas a continuación (Bailey et al., 2025).

La monitorización de la mecánica ventilatoria permite evaluar de forma dinámica cómo responde el aparato respiratorio del paciente a la ventilación mecánica, lo cual es esencial para optimizar la oxigenación y la eliminación de dióxido de carbono, prevenir la injuria pulmonar inducida por el ventilador (VILI), y ayudar al mantenimiento de la estabilidad hemodinámica durante la anestesia (Gertler, 2021).

Normalmente, el ventilador de la máquina de anestesia proporciona al anestesista valores como el VT, VM, FR, PEEP, Pplat y PIM. Esta información permite verificar que los parámetros se mantengan dentro de los rangos fisiológicos esperados para el paciente, y realizar ajustes en éstos según sea necesario (Fig. 14) (Silva & Rocco, 2018).



(Fig. 14) **Pantalla de Ventilador de Máquina de Anestesia Dräger Fabius.** Ventilación mediante presión control, con los siguientes parámetros: FR 10 rpm, VT 361 mL, VM 3,6 L/min, PEEP 4 cmH<sub>2</sub>O, Pplat 12 cmH<sub>2</sub>O, PIM 12 cmH<sub>2</sub>O. Debajo, curva de presión-tiempo. Archivo Personal.

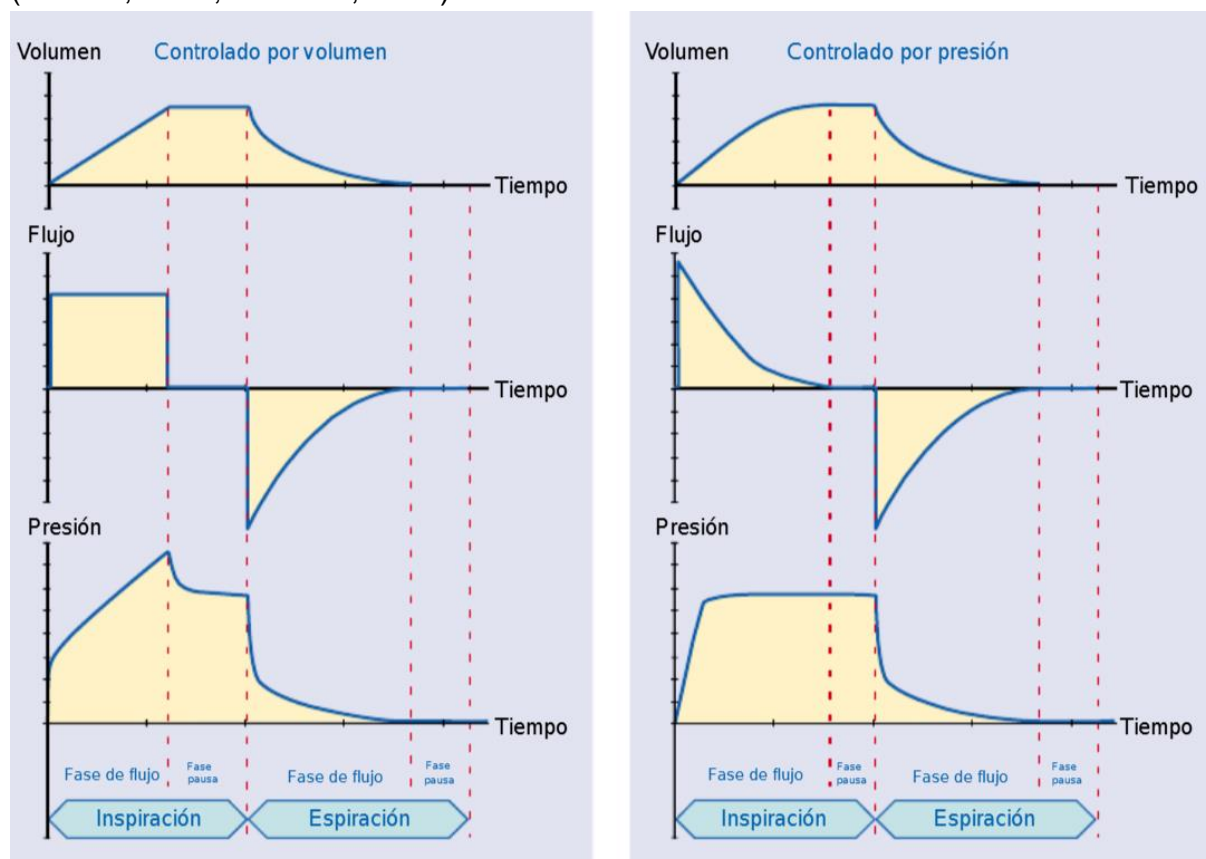
#### 4.7.7.a. Análisis de curvas ventilatorias

La interpretación integral del estado ventilatorio del paciente requiere además de la cuantificación de parámetros básicos como VT, VM, PIM y PEEP, la monitorización mediante curvas ventilatorias. Éstas aportan información valiosa sobre la mecánica

respiratoria, y junto a los mencionados parámetros permiten evaluar de forma objetiva la distensibilidad pulmonar y la adecuación de la estrategia ventilatoria empleada (Corona & Aumann, 2011).

Uno de los métodos más útiles para la monitorización de la mecánica ventilatoria es el análisis de las curvas presión-volumen, flujo-volumen, presión-tiempo, flujo-tiempo y volumen-tiempo. Éstas son representaciones gráficas que describen la interacción entre las presiones generadas por el ventilador, el volumen de aire entregado y las características mecánicas del pulmón y la caja torácica (Fig. 15).

La curva presión-tiempo muestra cómo varía la presión de la vía aérea a lo largo de cada ciclo ventilatorio. En ventilación controlada, se observa una rápida subida (fase inspiratoria), una meseta (con mantenimiento de la presión inspiratoria) en caso de que exista pausa inspiratoria configurada y luego una caída durante la espiración. Esta gráfica es esencial para detectar fallas como la configuración incorrecta de los tiempos ventilatorios, esfuerzos inspiratorios del animal, o presencia de auto-PEEP (Emrath, 2021; Mellema, 2023).



(Fig. 15) **Curvas de Volumen, Flujo y Presión - Tiempo.** Tomado de *Curvas y bucles en la ventilación mecánica.* (Rittner & Doring, s.f.)

La curva volumen-tiempo representa el volumen corriente acumulado durante la inspiración y su exhalación correspondiente. Permite verificar si se está entregando el VT y detectar fugas (caídas súbitas de volumen) o acumulación de volumen (en el

caso de auto-PEEP). Un retraso al inicio de la curva puede indicar obstrucción o sincronización deficiente entre el paciente y el ventilador.

La curva flujo-tiempo muestra el flujo de gas hacia y desde el pulmón. En inspiración, el flujo sube hasta alcanzar un pico, y luego cae en la espiración debiendo volver a cero antes de iniciar el siguiente ciclo. Si el flujo no llega a cero, indica auto-PEEP. Asimismo, un pico de flujo asincrónico o irregular puede evidenciar obstrucción, secreciones, o esfuerzo activo del animal (Corona & Aumann, 2011).

La curva presión-volumen (P-V) es una representación gráfica de la relación entre la presión de vía aérea y el volumen pulmonar durante un ciclo respiratorio completo en relación al tiempo. Esta curva permite evaluar la compliance del sistema respiratorio y es clave para ajustar de forma segura y eficaz los parámetros de ventilación mecánica, especialmente la PEEP y la PIM, con el objetivo de evitar atelectasias y prevenir sobredistensión alveolar (Botto et al., 2023; Xu et al., 2025).

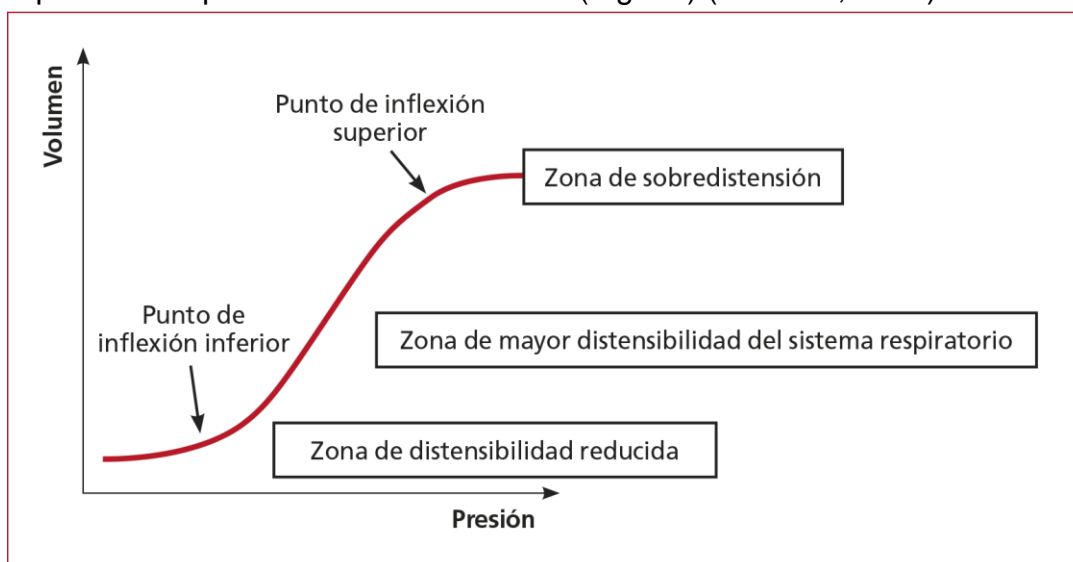
Durante un ciclo respiratorio, la curva P-V presenta típicamente una forma de S sigmoidea (Fig. 16), con tres regiones bien definidas: en primer lugar, la región inicial o basal, la cual se corresponde con las presiones más bajas, donde la apertura alveolar es incompleta. Aquí, un aumento importante en presión produce poco cambio en volumen, indicando la presencia de colapso alveolar o atelectasia. El punto donde la curva comienza a ascender con mayor pendiente se denomina punto de inflexión inferior (PIL) y sugiere la presión mínima necesaria para abrir los alvéolos colapsados. Este punto orienta la selección del nivel adecuado de PEEP para mantener abiertos los alvéolos durante la espiración (Botto et al., 2023; Harris, 2005).

En segundo lugar, encontraremos la región central, correspondida con una alta compliance. Aquí se observa un aumento casi lineal del volumen con el incremento de la presión, reflejando una óptima distensibilidad pulmonar. Es la zona de ventilación más segura y eficiente, por lo que las maniobras de ventilación deben mantenerse dentro de este rango para maximizar la oxigenación y minimizar el VILI (Botto et al., 2023; Harris, 2005).

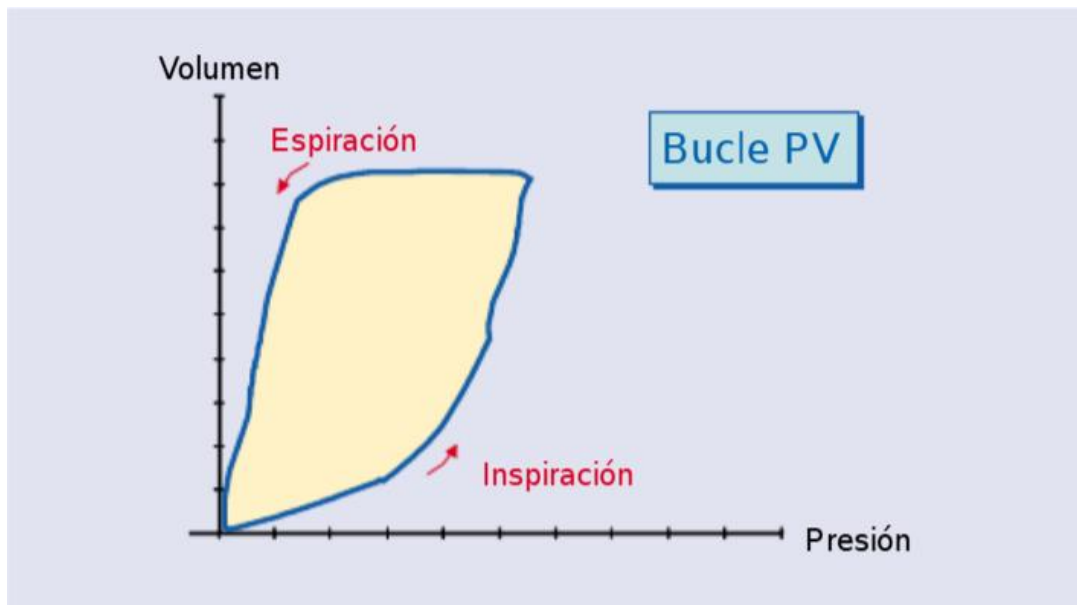
Finalmente, la región superior de la curva, o de disminución de la compliance, se evidencia que a medida que se incrementa la presión, se alcanza un punto en que el volumen ya no aumenta significativamente. Este es el punto de inflexión superior (PIS) e indica el comienzo de la sobredistensión alveolar, que puede llevar al trauma pulmonar. Por lo tanto la PIM configurada o alcanzada por el paciente nunca debe superar este umbral. La histéresis, es decir, la diferencia en el comportamiento pulmonar durante la fase inspiratoria y espiratoria a misma presión, refleja el trabajo adicional requerido para abrir los alvéolos en la inspiración frente al cierre pasivo durante la espiración. Esta diferencia puede incrementarse en condiciones patológicas como edema pulmonar o síndrome de distrés respiratorio (Al-Naggar, 2015).

En pacientes caninos sometidos a ventilación mecánica, la interpretación de la curva P-V permite una ventilación protectora, especialmente útil en animales con patología pulmonar preexistente o en cirugías torácicas. La visualización en tiempo real de esta curva (Fig.15) en ventiladores modernos permite al anestesista: establecer una PEEP personalizada basada en el PIL, evitar presiones inspiratorias que excedan el PIS, detectar cambios dinámicos en la compliance a lo largo del procedimiento quirúrgico e identificar condiciones como auto-PEEP, obstrucción de vía aérea o neumotórax (Xu et al., 2025; Zersen, 2023).

Paralelamente a la curva P-V a lo largo del tiempo, existirá también el bucle o *loop* presión-volumen, siendo ésta una representación gráfica cerrada donde se representa la presión contra el volumen (Fig. 17) (Mellema, 2023).



(Fig. 16) **Bucle Estático Presión-Volumen.** Tomada de Implementación de la ventilación mecánica protectora en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda. Revisión narrativa. (Botto et al.,2023)



(Fig. 17) **Bucle o Loop Presión-Volumen.** Tomado de *Curvas y Bucles en Ventilación Mecánica* (Rittner & Doring, s.f.)

En ventilación espontánea, a mayor presión se observará un mayor volumen, formando un gráfico de forma elíptica sin alteraciones. La observación de la porción del inicio de la inspiración podrá decir cuánto esfuerzo está realizando el paciente para comenzar ésta, formando la llamada "trigger tail", un pequeño bucle cercano al 0 en los ejes (Corona & Aumann, 2011).

La forma y pendiente del bucle presión-volumen reflejan directamente la compliance pulmonar. Una pendiente más pronunciada indica una mayor distensibilidad, mientras que una curva más plana o desplazada hacia la derecha sugiere una disminución de la compliance, como ocurre en presencia de edema pulmonar, atelectasias o fibrosis. De manera inversa, una pendiente excesivamente empinada hacia el final de la inspiración puede indicar sobredistensión alveolar. Por ello, el análisis continuo del bucle P-V permite al anestesista ajustar parámetros como la PEEP y el volumen tidal para optimizar la mecánica ventilatoria y evitar el daño pulmonar inducido por el ventilador (Emrath, 2021).

#### 4.7.7.b. La eficiencia ventilatoria

La eficiencia ventilatoria se define como la capacidad del sistema respiratorio para mantener un intercambio gaseoso adecuado (oxigenación y eliminación de  $\text{CO}_2$ ) con el menor trabajo respiratorio posible, es decir, qué tan eficazmente la ventilación satisface las demandas metabólicas del organismo. Ésta es multifactorial, pudiendo verse modificada por: frecuencia y patrón ventilatorios, volumen tidal, espacio muerto, índice V/Q, compliance y resistencia de la vía aérea. De modificarse alguno de los determinantes y disminuir la eficiencia ventilatoria, se manifestará mediante hipercapnia, hipoxia o aumento del trabajo respiratorio (Sinha et al., 2011).

La monitorización de la eficiencia ventilatoria durante la anestesia en caninos es esencial para garantizar una adecuada eliminación de CO<sub>2</sub> y una correcta oxigenación, minimizando riesgos respiratorios y cardiovasculares. Para ello son herramientas fundamentales la capnometría capnografía y la oximetría de pulso (Grubb et al., 2020).

La capnometría es la medida en mmHg del dióxido de carbono espirado en tiempo real, proporciona información crítica sobre la ventilación alveolar, la integridad del circuito y del tubo endotraqueal y el flujo circulatorio ya que el ETCO<sub>2</sub> se relaciona directamente con el gasto cardíaco y la perfusión pulmonar. Su uso es recomendado como estándar en anestesia según guías veterinarias recientes, y se ha demostrado que reduce significativamente las complicaciones respiratorias en pacientes anestesiados. Ésta se acompaña de una curva de capnografía, la cual representa el CO<sub>2</sub> espirado (Grubb et al., 2020; Guillén et al., 2025).

Existen dos métodos principales de medición de capnometría: "mainstream" y "sidestream". En los sistemas mainstream, el sensor se coloca directamente entre el tubo endotraqueal y el circuito respiratorio del paciente. Esto permite una medición casi en tiempo real del CO<sub>2</sub> espirado. Sin embargo, estos dispositivos suelen ser más pesados, añaden mayor espacio muerto instrumental y pueden incrementar la resistencia al flujo aéreo, especialmente en animales pequeños (Balogh et al., 2016; Teixeira Neto et al., 2002).

Por otro lado, los sistemas sidestream aspiran una muestra del gas espirado a través de un tubo delgado hacia un analizador ubicado a distancia del paciente. Aunque presentan un leve retraso (de 2 a 3 segundos) en la lectura y pueden verse afectados por secreciones o condensación en la línea de muestreo, son más ligeros y sencillos de adaptar a diferentes tamaños de pacientes. También se destaca que en circuitos con alto flujo de oxígeno, la dilución de la muestra puede provocar una lectura falsamente baja del ETCO<sub>2</sub> (Teixeira Neto et al., 2002).

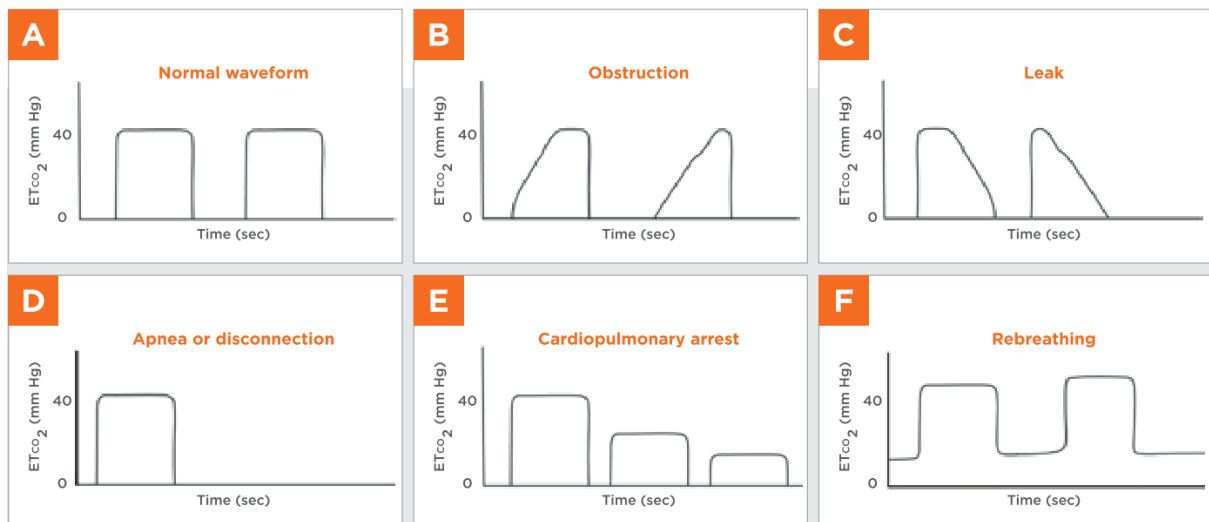
La curva capnográfica o capnografía (Fig. 18) representa gráficamente los niveles de CO<sub>2</sub> espirado a lo largo del tiempo, y suele dividirse en cuatro fases. Una curva normal tiene forma de "sombrero de copa", comenzando con una línea basal cercana a cero (fase I, aire de vías aéreas superiores), seguida de un ascenso rápido (fase II, reflejando la espiración), una meseta (fase III, reflejo del CO<sub>2</sub> alveolar) y finalmente una caída abrupta al iniciar la inspiración (fase 0 o IV). Cuenta además con un ángulo llamado alpha ( $\alpha$ ) entre las fases II y III y otro llamado beta ( $\beta$ ) entre las fases III y IV (Schauvliege, 2016).



(Fig. 18) **Trazado Normal de Curva de Capnografía.** Archivo personal.

Los cambios morfológicos de la capnografía permiten el diagnóstico de situaciones clínicas (Fig. 19). Una pendiente ascendente en forma de “aleta de tiburón” puede indicar obstrucción parcial de las vías aéreas, como en el caso de la broncoconstricción o secreciones. Una pérdida de la meseta o una forma truncada puede sugerir fugas en el sistema, comúnmente en el balón del tubo endotraqueal. Una línea plana o abruptamente ausente puede señalar desconexión, extubación accidental o apnea (Shippy, 2024; Wolf et al., 2024).

Un descenso progresivo del  $\text{ETCO}_2$  con curva cada vez más baja puede ser un signo temprano de paro cardiorrespiratorio (PCR). Un ascenso persistente de la línea de base indica reinhalación de  $\text{CO}_2$ , pudiendo ser debido a fallas en el sistema de válvulas, por absorbente de  $\text{CO}_2$  agotado, aumento del espacio muerto o bajo flujo. Por otra parte, el ensanchamiento del ángulo  $\alpha$  puede verse ocasionado por disminución del índice  $V/Q$  y el del ángulo  $\beta$  con el incremento del espacio muerto (Shippy, 2024).

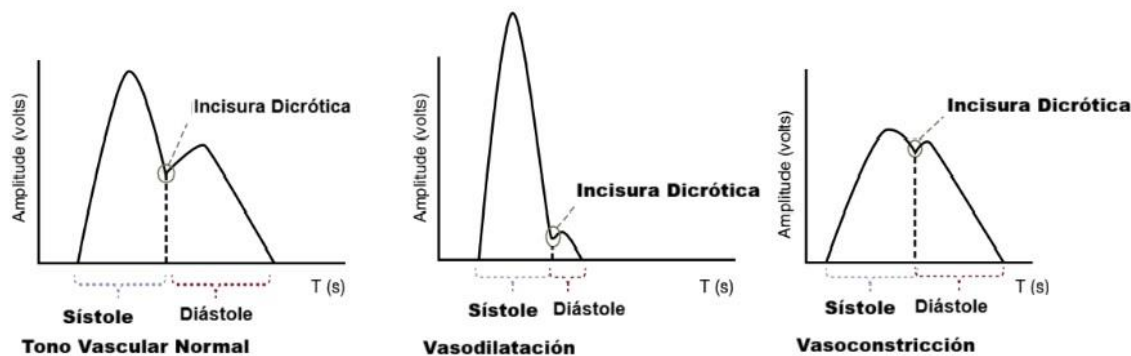


(Fig. 19) **Curvas de Capnografía.** A) Curva Normal. B) Obstrucción. C) Fuga. D) Apnea/ Desconexión. E) Paro Cardiorrespiratorio. F) Reinhalação de CO<sub>2</sub>. Tomada de Capnography: Assessing Ventilation During Anesthesia (Shippy, 2024)

Alternativamente, la capnometría también puede emplearse como indicador indirecto de perfusión, ya que una disminución del ET<sub>CO<sub>2</sub></sub> puede interpretarse como una alteración en el intercambio gaseoso a nivel tisular. Esta alteración puede originarse tanto por una reducción en el suministro de sangre oxigenada a los tejidos (hipoperfusión), como por una disminución en la capacidad de los tejidos para extraer oxígeno de la sangre (alteración del metabolismo celular) (Bailey et. al, 2025; Guillén et al., 2025; Shippy, 2024).

Por su parte, la SpO<sub>2</sub> ofrece una medición continua del porcentaje de la saturación de oxígeno de la hemoglobina, lo que permite evaluar de forma directa el estado de oxigenación del paciente. Aunque es un excelente indicador de la oxemia, la SpO<sub>2</sub> es menos sensible que la capnografía para detectar fallas ventilatorias tempranas, puesto que puede mantener valores normales aún frente a hipoventilación leve si se administra oxígeno suplementario. Esto es particularmente importante en pacientes veterinarios donde muy frecuentemente se utiliza oxígeno al 100% como gas vector para el mantenimiento de la anestesia, disminuyendo su confiabilidad para detectar hipoventilación (Farrell et al., 2019; Schauvliege, 2016).

El transductor del pulsioxímetro consta de un emisor y un receptor, el primero envía ondas de luz roja e infrarroja (660-950nm), mientras que el segundo capta dicha señal. La medición de SpO<sub>2</sub> vendrá acompañada de una curva pletismográfica (representación gráfica de las variaciones del volumen sanguíneo pulsátil en un tejido) y en ocasiones del Índice de Perfusión (IP) e Índice de Variación Pletismográfica (IVP). La curva pletismográfica aporta información acerca del estado hemodinámico del paciente, permitiendo correlacionar la incisura dicrótica de ésta (depresión en la onda de pulso que se correlaciona con el cierre de la válvula aórtica) con la PA sistémica (Fig. 20) (Duke-Novakovski, 2017; Otero, 2022).



(Fig. 20) **Onda de Pulso (Pletismografía) y sus variaciones según el estado hemodinámico del paciente.** Adaptado de: *The Veterinary Nurse's Practical Guide to Small Animal Anesthesia* (Costa, 2023)

La combinación de ambas tecnologías permite una valoración integral y complementaria: la capnografía detecta de forma inmediata alteraciones ventilatorias, como hipoventilación, obstrucciones o desconexiones del circuito, mientras que la oximetría garantiza que la oxigenación periférica se mantenga dentro de parámetros seguros. Esta estrategia dual es actualmente considerada como la base de una ventilación mecánica eficaz y segura en anestesia veterinaria, especialmente en cirugías críticas y pacientes con enfermedad pulmonar o cardiovascular (Schauvliege, 2016).

Por último y como técnica de referencia para la monitorización de la eficiencia ventilatoria se realiza la gasometría arterial seriada. Se trata de una técnica diagnóstica que permite medir las presiones parciales de oxígeno ( $\text{PaO}_2$ ) y dióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ), el pH sanguíneo, la concentración de electrolitos como  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Cl}^-$ , glicemia, lactatemia y otros parámetros relacionados con el equilibrio ácido-base y la oxigenación. Puede realizarse sobre sangre arterial, venosa o capilar, aunque la gasometría arterial es la de mayor valor clínico para evaluar la función respiratoria (Irizarry & Reiss, 2009; Proulx, 1999).

Esta herramienta permite detectar precozmente hipoventilación, hipoxemia o alteraciones ácido-base que pueden pasar desapercibidas con la monitorización no invasiva. Su interpretación integrada con la capnografía y la oximetría de pulso facilita ajustar los parámetros de ventilación mecánica, el aporte de oxígeno y la profundidad anestésica, contribuyendo a mantener una homeostasis adecuada durante todo el procedimiento (Slensky & Barr, 2023).

La hipoventilación, caracterizada por eliminación inadecuada de  $\text{CO}_2$ , conduce al aumento de la  $\text{PaCO}_2$  (hipercapnia) y por ende a una acidosis respiratoria. Esta puede originarse por un VT insuficiente, una frecuencia respiratoria inadecuada o un aumento del espacio muerto. En pacientes con enfermedad pulmonar, obesidad o sometidos a procedimientos que incrementan la presión intraabdominal, la

hipoventilación puede instaurarse rápidamente si no se ajustan los parámetros ventilatorios (Daly, 2023).

En el extremo opuesto, la hiperventilación se produce cuando la ventilación excede las necesidades metabólicas, reduciendo la  $\text{PaCO}_2$  y provocando alcalosis respiratoria. Esto puede observarse en ventilación mecánica excesiva o en respuesta a estímulos nociceptivos durante planos anestésicos superficiales (Grubb, 2024).

Además, las alteraciones en la relación ventilación/perfusión (V/Q), el colapso alveolar (atelectasia) y la sobredistensión pulmonar son causas adicionales de hipoxemia y deterioro del intercambio gaseoso (Bhutta et al., 2024).

Una monitorización cuidadosa de la capnografía, oximetría de pulso y, cuando sea posible, gasometría arterial, permite identificar tempranamente estas alteraciones y ajustar los parámetros ventilatorios para optimizar la eficiencia respiratoria y mantener la homeostasis del paciente anestesiado. En aquellos pacientes con comorbilidades o riesgo elevado, la integración de la gasometría seriada, es decir, múltiples gasometrías a lo largo del acto anestésico permitirán modificar los parámetros ventilatorios e incluso tratar los disturbios ácido-base e hidroelectrolíticos durante el procedimiento, mejorando el pronóstico y seguridad anestésica (Proulx, 1999).

#### 4.8. DAÑO ASOCIADO A LA VENTILACIÓN (VILI) Y COMPLICACIONES

La IPPV, aunque necesaria en pacientes con capacidad ventilatoria disminuida, es por definición, antifisiológica. Es posible que durante la administración de PPV los volúmenes o las presiones utilizados excedan las cantidades fisiológicas y/o toleradas por el paciente, lo que se asocia a VILI a raíz de los mecanismos conocidos como volutrauma (exceso de volumen) y barotrauma (exceso de presión). Ambos mecanismos tienen similitudes fisiopatológicas, ya que la sobredistensión del pulmón resulta en liberación local de agentes proinflamatorios y daño tisular pulmonar (biotrauma) (Gertler, 2021; Hopper & Powell, 2013).

Los caninos ventilados durante el acto anestésico están en riesgo de asincronía ventilatoria. Fenómenos como el “trigger reverso”, siendo éste cuando la insuflación mecánica del ventilador provoca una contracción diafragmática refleja en el paciente. pueden presentarse en perros profundamente sedados o en transición de anestesia, generando asincronía entre el esfuerzo respiratorio y el ciclo del ventilador. Esta asincronía puede contribuir a la fatiga diafragmática y empeorar la función pulmonar, aunque su diagnóstico en veterinaria es complejo y requiere monitorización avanzada (Grotberg et al., 2023; Plotnikow, 2023).

Por otra parte, aparecen repercusiones hemodinámicas asociadas a la ventilación a presión positiva, debido a la compresión aplicada sobre la bomba cardíaca y los grandes vasos (Fantoni et al., 2016; Faridy et al., 1966).

En los últimos años, el concepto de ventilación protectora ha cobrado relevancia también en medicina veterinaria, con el objetivo de reducir las lesiones inducidas por la ventilación mediante la utilización de volúmenes corrientes más bajos, la limitación de la presión *plateau* y el ajuste individualizado de la PEEP. Estas estrategias buscan optimizar la oxigenación y minimizar el estrés mecánico sobre el parénquima pulmonar, incluso en pacientes sin enfermedad respiratoria evidente (Fantoni et al., 2022).

Recientemente se ha demostrado que maniobras de reclutamiento alveolar escalonadas (stepwise ARM), seguidas por titulación de PEEP, mejoran de forma significativa la aireación pulmonar global y dependiente, manteniendo la compliance y evitando hiperventilación o hiperinsuflación en perros anestesiados. Es así que en pacientes caninos con pulmón sano se sugiere la aplicación de PEEP descendente luego de aplicar maniobras de reclutamiento alveolar (ARM) para mantener los alvéolos abiertos con mínimo compromiso hemodinámico, evidenciando la importancia de la individualización de la estrategia ventilatoria. (Sánchez et al., 2024).

Como parte de las estrategias ventilatorias protectoras, el uso adecuado de PEEP contribuye a la neumoprotección al prevenir el biotrauma asociado al colapso y reapertura cíclica de los alvéolos, además de reducir la presión de trabajo necesaria para mantener la ventilación. Asimismo, la utilización de una fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ) inferior a 1, combinada con una PEEP titulada de forma individualizada (es decir, aquella que no genere repercusiones hemodinámicas y permita conservar la normoxia y la normocapnia) pueden favorecer la estabilidad alveolar y prevenir la atelectasia durante la anestesia (Zersen, 2023).

La recomendación de utilizar una  $FiO_2$  inferior a 1 se fundamenta en que el nitrógeno, al difundirse más lentamente que el oxígeno, contribuye a mantener cierto grado de presión dentro del alvéolo, evitando su colapso prematuro. Por este motivo, aunque la ventilación con  $FiO_2$  de 1 es factible durante el procedimiento anestésico, se ha demostrado que el uso de  $FiO_2$  cercana a 0,4 favorece una mejor aireación pulmonar y un intercambio gaseoso más eficiente, además de mantener la apertura alveolar alcanzada tras una maniobra de reclutamiento (ARM) por hasta 30 minutos. Finalmente, el uso prolongado de altas fracciones inspiradas de oxígeno ( $FiO_2$ ) podrían provocar estrés oxidativo, contribuyendo al deterioro del intercambio gaseoso (De Monte et al., 2013; Oldman et al., 2021; Staffieri et al., 2007).

La hipoxia intraoperatoria, como la que puede producirse ante una obstrucción del tubo endotraqueal debido a secreciones, mal ajuste ventilatorio o alteración V/Q no sólo compromete el intercambio gaseoso, sino que puede desencadenar una cascada de alteraciones hemodinámicas con impacto en el territorio neurológico. En perros, se ha observado que la hipoxia sostenida eleva biomarcadores de daño neuronal, aún en ausencia de signos neurológicos inmediatos, lo que sugiere que la disminución de la oxigenación puede producir lesiones neurológicas subclínicas. A su vez, la combinación de hipoxia e hipotensión resulta especialmente peligrosa: en perros anestesiados, mantener la presión arterial media alrededor de 40 torr ( $\approx 40$  mmHg) durante una hora provocó alteraciones metabólicas cerebrales compatibles con hipoxia cerebral, y algunos animales desarrollaron disfunción neurológica persistente. Este vínculo entre ventilación inadecuada, perfusión comprometida y daño neuronal subraya la importancia de una ventilación mecánica vigilada, corrección rápida de hipoxia y el mantenimiento de una hemodinamia óptima para prevenir complicaciones neurológicas durante o luego de la anestesia (Blasina et al., 2015; Michenfelder & Theye, 1977; Yun et al., 2023).

#### 4.8.1. Complicaciones Post-Anestésicas Ligadas A La Ventilación

Una vez finalizada la ventilación mecánica, incluso en un paciente destetado correctamente, pueden surgir complicaciones asociadas al período durante el cual el paciente se encontró ventilado.

Un paciente con VILI, ya sea por volutrauma, barotrauma o biotrauma está en riesgo de desarrollar SDRA y fibrosis debido al trauma tisular. Esto repercutirá en el medio interno del paciente, pudiendo eventualmente llevar a fatiga ventilatoria, acidosis severa, hipoxemia y/o muerte (López-Segura et al., 2015).

De la mano del volutrauma o barotrauma pueden surgir también neumotórax y/o neumomediastino. Estas complicaciones pueden ocurrir por ruptura alveolar secundaria a presiones excesivas o por trauma durante la intubación o procedimientos torácicos. El neumotórax puede manifestarse con dificultad respiratoria aguda y requiere intervención inmediata, como la descompresión con aguja o la colocación de un drenaje torácico. El neumomediastino, aunque menos frecuente, puede acompañar al neumotórax y complicar el manejo postoperatorio (Ioannidis et al., 2015; Zersen et al., 2020).

Es posible también que aquellos pacientes con vómitos durante el período intraoperatorio desarrollen neumonía por aspiración. Los perros anestesiados tienen un mayor riesgo de aspirar contenido gástrico o secreciones orofaríngeas, lo que puede desencadenar neumonía. La intubación endotraqueal reduce este riesgo, pero no lo elimina completamente. La neumonía asociada a la ventilación mecánica

incrementa la morbilidad, prolonga la recuperación y puede requerir tratamientos antibióticos prolongados. La higiene oral y la monitorización cuidadosa durante la anestesia son medidas preventivas recomendadas (Fox et al., 2020; Ovbey et al., 2014).

En conclusión, la prevención de complicaciones post-anestésicas en perros anestesiados y ventilados requiere una selección individualizada de parámetros ventilatorios, vigilancia estricta durante y después de la anestesia, y la implementación de medidas preventivas como la higiene oral y la monitorización de signos clínicos de complicaciones pulmonares. La formación continua del equipo veterinario y la aplicación de protocolos basados en evidencia son esenciales para reducir la incidencia y gravedad de estas complicaciones (Fox et al., 2020; Grubb et al., 2020).

#### 4.9. RECUPERACIÓN Y CUIDADOS POST-OPERATORIOS

La fase de recuperación tras la anestesia y ventilación mecánica en perros es crítica para garantizar una transición segura a la respiración espontánea y prevenir complicaciones. El momento de la extubación debe ser cuidadosamente planificado y ejecutado, considerando la estabilidad del paciente, la función ventilatoria y la presencia de reflejos protectores (Forsyth, 2007).

##### 4.9.1. Extubación

Antes de la extubación, es importante evaluar la mecánica ventilatoria del perro. El animal debe ser capaz de mantener una frecuencia respiratoria y un VT adecuados sin asistencia mecánica. Las pruebas de respiración espontánea, como la desconexión temporal del ventilador o la reducción progresiva del soporte, ayudan a valorar la capacidad del paciente para sostener la ventilación por sí mismo. La recuperación de la función muscular respiratoria y la ausencia de fatiga son claves para una extubación exitosa. Asimismo, el uso de monitores como el capnógrafo y oxímetro de pulso durante dichas pruebas auxilian a corroborar la eficiencia de la ventilación espontánea, permitiendo la toma de decisión de extubación de forma más objetiva (Ghadge, 2022; Steagall & Taylor, 2020).

Es fundamental que el paciente muestre signos de recuperación de los reflejos laríngeos y deglutorios, lo que reduce el riesgo de aspiración. La extubación precoz, antes de la recuperación completa de los reflejos, puede aumentar el riesgo de obstrucción de la vía aérea o aspiración, mientras que la extubación tardía puede incrementar el riesgo de complicaciones asociadas al tubo endotraqueal (Di Franco et al., 2024; Nutt et al., 2014).

Tras la extubación, el perro debe ser colocado en una posición que facilite la expansión pulmonar, como el decúbito esternal (Fig. 21), y debe ser observado de cerca para detectar signos de obstrucción de la vía aérea, estridor, cianosis o esfuerzo respiratorio excesivo (Piemontese et al., 2024).



(Fig. 21) **Paciente canino en recuperación post-anestésica.**  
*Archivo personal.*

Durante la recuperación, la monitorización de la oxigenación es esencial. Se recomienda el uso de pulsioximetría para evaluar la SpO<sub>2</sub>, asegurando que se mantenga por encima del 94-95% en aire ambiente. En casos de hipoxemia, puede ser necesario administrar oxígeno suplementario mediante mascarilla o cánula nasal. La valoración de la oxigenación permite detectar precozmente complicaciones como atelectasia, hipoventilación o edema pulmonar, facilitando una intervención oportuna. En caso de complicaciones, debe estar disponible el equipo necesario para la reintubación o la administración de oxígeno suplementario (Piemontese et al., 2024).

#### 4.9.2. Consideraciones adicionales

La recuperación postoperatoria debe incluir la valoración del dolor, el control de la temperatura corporal y la vigilancia de otros parámetros vitales. La movilización temprana, cuando sea posible, contribuye a mejorar la función pulmonar y reducir el riesgo de complicaciones (Aarnes et al., 2017; Brady & King, 2000; Cárceles et al., 2025; Svensson-Raskh et al., 2021).

Un enfoque multidisciplinario, con la participación de veterinarios, anestesistas y personal de enfermería, permite utilizar los recursos disponibles para optimizar la recuperación de los pacientes (Cárceles et al., 2025; Solla et al., 2016).

### **5.DISCUSIÓN**

La marcada diversidad anatómica presente en la especie canina condiciona una amplia variabilidad en la mecánica respiratoria y en la compliance pulmonar. Esta heterogeneidad se traduce en diferencias sustanciales en los volúmenes pulmonares, pudiendo ir desde los 8 los 20 mL/Kg según la situación específica del paciente y su respuesta a la aplicación de presiones positivas. En este contexto, la titulación de los volúmenes corrientes cobra especial relevancia y debe ajustarse de manera individual, utilizando parámetros como la  $\Delta P$  o la capacidad inspiratoria máxima para guiar una ventilación más fisiológica y protectora. Al comparar con otros modelos animales, como el porcino o el humano, los caninos presentan una mayor variabilidad interindividual, lo que dificulta la estandarización de estrategias ventilatorias. Sin embargo, esta misma diversidad convierte al modelo canino en un referente valioso para comprender los efectos de las diferentes modalidades de ventilación en condiciones anatómicas y fisiológicas variables, aportando información relevante tanto para la medicina veterinaria como para la medicina comparada (Balakrishnan, 2025; Donati et al., 2018; Donati et al., 2019, Donati et al., 2024; Fantoni et al., 2022; Mietto et al., 2015; Rodrigues et al., 2022).

En la otra cara de la moneda, encontramos como la ventilación mecánica en medicina veterinaria continúa evolucionando hacia modelos más protectivos e individualizados, inspirados en los avances de la medicina humana crítica. El concepto de ventilación protectora se centra en minimizar el daño inducido por el propio ventilador (VILI) mediante la limitación del volumen tidal, la optimización de la PEEP y la reducción de la presión *plateau*, estrategias que han demostrado reducir la morbilidad respiratoria en pacientes críticos. El desafío actual reside en adaptar estos principios a la diversidad anatómica y morfología de los pacientes caninos que exige ajustes individualizados (Araos et al., 2021; De Monte et al., 2018; Rodrigues et al., 2022; Zersen, 2023).

Paralelamente, se investiga el posible rol de fármacos con propiedades neumoprotectoras, como la dexmedetomidina debido a su efecto antiinflamatorio y modulador de la respuesta pulmonar al estrés mecánico. Estas líneas emergentes de investigación abren nuevas perspectivas en la protección del parénquima pulmonar durante la anestesia y ventilación asistida (Bai et al., 2021).

No es comparable la ventilación de un paciente sano, con una alta compliance pulmonar que tolera mayores volúmenes sin daño estructural, con la de un paciente con patología respiratoria o pulmones enfermos, en quienes la aplicación de presiones o volúmenes excesivos puede desencadenar volutrauma, barotrauma o atelectrauma. Por ello, la individualización de la estrategia ventilatoria según la condición pulmonar y hemodinámica del animal es esencial, y debe guiarse por una monitorización cuidadosa y continua (Bugedo et al., 2017; Donati et al., 2018; Donati et al., 2024).

El avance hacia una monitorización más completa de la mecánica ventilatoria, con loops presión-volumen, curvas flujo-tiempo, medición de compliance dinámica y presión transpulmonar constituyen herramientas invaluable para optimizar la ventilación y detectar de forma temprana complicaciones como auto-PEEP o sobredistensión. Sin embargo, su aplicación práctica requiere equipos de mayor costo y formación técnica especializada, lo que limita su disponibilidad en muchos centros veterinarios. Esto subraya la importancia del reconocimiento de aquellos pacientes que puedan requerir derivación a centros especializados, considerando la tendencia global de avanzar hacia estándares de monitorización más sofisticados, en pos de mejorar la seguridad anestésica y el pronóstico del paciente (Daoud et al., 2018; Donati, 2023; Hopper & Powell, 2013; Laghi & Goyal, 2012).

Finalmente, el debate entre ventilación controlada por volumen o por presión, en modo asistido o controlado, continúa vigente. Cada modalidad presenta ventajas y limitaciones: mientras la ventilación controlada por volumen garantiza un VT fijo pero puede generar picos de presión elevados, la ventilación controlada por presión ofrece una limitación de presión más segura, aunque con mayor variabilidad del volumen entregado según los cambios de compliance. La selección del modo óptimo dependerá del estado pulmonar, del objetivo clínico y de la capacidad de monitorización disponible (Bumbacher et al., 2017; Davis, 2002; Fantoni et al., 2016; Fantoni et al., 2022).

## **6.CONCLUSIONES**

En la última década, los avances en las estrategias de ventilación mecánica y en el desarrollo de herramientas para su monitorización y seguridad han sido significativos. No obstante, se ha evidenciado que establecer un protocolo ventilatorio universal para todos los perros anestesiados resulta inviable. Cada paciente presenta

particularidades anatómicas, fisiológicas y patológicas que influyen en su respuesta a la ventilación; por ello, aquellos que requieren soporte ventilatorio deben ser manejados mediante estrategias individualizadas, ajustadas a su condición pulmonar, hemodinámica y al tipo de procedimiento quirúrgico, con el fin de optimizar la oxigenación y minimizar el riesgo de lesión pulmonar inducida por el ventilador.

Asimismo, es fundamental que el anestesista disponga siempre de la capacidad de instaurar soporte ventilatorio, así como del conocimiento técnico necesario para ejecutarlo de manera segura. En este sentido, la monitorización continua de variables respiratorias, incluyendo volumen tidal, presiones pico y meseta, PEEP y compliance, resulta fundamental para garantizar la seguridad del paciente y permitir ajustes oportunos.

La elección del modo ventilatorio y el ajuste de parámetros, como el volumen corriente y la PEEP, deben basarse en la condición respiratoria del animal y en los objetivos clínicos, considerando siempre la prevención de VILI.

A pesar de los avances tecnológicos y la disponibilidad de estaciones de anestesia con ventiladores integrados y monitoreo avanzado, la evidencia específica sobre los rangos óptimos de ventilación protectora en perros sigue siendo limitada. Esto resalta la necesidad de futuras investigaciones que permitan establecer recomendaciones basadas en evidencia, optimizando la seguridad y eficacia del soporte ventilatorio en medicina veterinaria.

En conclusión, la ventilación mecánica en perros requiere un enfoque integral que combine tecnología, conocimiento clínico y estrategias individualizadas, con el fin de maximizar la protección pulmonar y mejorar los resultados anestésicos.

## **7. Referencias bibliográficas**

- Aarnes, T. K., Bednarski, R. M., Lerche, P., & Hubbell, J. A. (2017). Effect of pre-warming on perioperative hypothermia and anesthetic recovery in small breed dogs undergoing ovariohysterectomy. *The Canadian Veterinary Journal*, 58(2), 175–179.
- Ahmad, R. A., Kinjavdekar, P., Aithal, H. P., Pawde, A. M., & Kumar, D. (2013). Potential use of dexmedetomidine for different levels of sedation, analgesia and anaesthesia in dogs. *Veterinarni Medicina*, 58(2), 87–95. <https://doi.org/DOI:10.17221/6699-VETMED>
- Al-Naggar, N. Q. (2015). Modelling and simulation of pressure controlled mechanical ventilation system. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 8(10), 707–716. <https://doi.org/10.4236/jbise.2015.810068>

- Amato, M. B. P., Meade, M. O., Slutsky, A. S., Brochard, L., Costa, E. L. V., Schoenfeld, D. A., Stewart, T. E., Briel, M., Talmor, D., Mercat, A., Richard, J.-C. M., Carvalho, C. R. R., & Brower, R. G. (2015). Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *New England Journal of Medicine*, 372(8), 747–755. <https://doi.org/10.1056/nejmsa1410639>
- American Animal Hospital Association. (2020). *Hypoxemia*. <https://www.aaha.org/resources/2020-aaha-anesthesia-and-monitoring-guidelines-for-dogs-and-cats/troubleshooting-anesthetic-complications/hypoxemia/>
- Araos, J., Lacitignola, L., Acquafredda, C., DiBella, C., Stabile, M., Guacci, E., Glead, R., Grasso, S., Crovace, A., & Staffieri, F. (2021). Definition and clinical evaluation of recruiting airway pressure based on the specific lung elastance in anesthetized dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 48(4), 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2021.03.005>
- Araos, J., Lacitignola, L., de Monte, V., Stabile, M., Porter, I., Hurtado, D.E., Perez, A., Crovace, A., Grasso, S., Martin-Flores, M., & Staffieri, F. (2021). Evaluation of lung aeration and respiratory system mechanics in obese dogs ventilated with tidal volumes based on ideal vs. current body weight. *Frontiers Veterinary Science*. 1(8), 704863. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.704863>
- Asorey, I., Pellegrini, L., Canfrán, S., Ortiz-Díez, G., & Aguado, D. (2020). Factors affecting respiratory system compliance in anaesthetised mechanically ventilated healthy dogs: a retrospective study. *Journal of Small Animal Practice*, 61(10), 617-623. <https://doi.10.1111/jsap.13194>
- Avva, U., Lata, J. M., Hendrix, J. M., & Kiel, J. (2025). *Airway Management*. StatPearls.
- Azam Danish, M. (2021). Preoxygenation and Anesthesia: A Detailed Review. *Cureus* 13(2), e13240. <https://doi.org/10.7759/cureus.13240>
- Bach, J. F., Rozanski, E. A., Bedenice, D., Vet, M., Chan, D. L., Freeman, L. M., Lofgren, J. L. S., Oura, T. J., & Hoffman, A. M. (2007). Association of expiratory airway dysfunction with marked obesity in healthy adult dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 68(6), 670-675.
- Bacha, W.J. & Bacha, L.M. (2012). *Color Atlas of Veterinary Histology* (3<sup>a</sup> ed.). Wiley Blackwell.
- Bai, Y. X., Zhang, J. H., Zhao, B. C., Liu, K. X., & Bai, Y. W. (2021). Dexmedetomidine attenuates one-lung ventilation associated lung injury by suppressing inflammatory responses: A systematic review and meta-analysis. *Clinical and*

*Experimental Pharmacology and Physiology*, 48(9), 1203–1214.  
<https://doi.org/10.1111/1440-1681.13525>

- Bailey, K., Briley, J., Duffee, L., Duke-Novakovski, T., Grubb, T., Kruse-Elliott, K., Love, L., Martin-Flores, M., McKune, C., Oda, A., Pang, D. S. J., Posner, L. P., Reed, R., Sager, J., Sakai, D. M., Schultz, A. W., & Tenenbaum-Shih, S. (2025). The American College of Veterinary Anesthesia and Analgesia Small Animal Anesthesia and Sedation Monitoring Guidelines 2025. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 52(4), 377-385. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2025.03.015>
- Balakrishnan A. (2025). Current standards and practices in small animal mechanical ventilation. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 55(3), 483–502. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2025.02.003>
- Balogh, A. L., Petak, F., Fodor, G. H., Tolnai, J., Csorba, Z., Babik, B., & Asai, T. (2016). Capnogram slope and ventilation dead space parameters: Comparison of mainstream and sidestream techniques. *British Journal of Anaesthesia*, 117(1), 109–117. <https://doi.org/10.1093/bja/aew127>
- Barrett, K. E., Barman, S. M., Brools, H. L., & Yuan, J. (2019). Acidification of the urine and bicarbonate excretion. En K. E. Barrett, S. M. Barman, H. L. Brooks, & J. Yuan (Ed.), *Ganong's Review of Medical Physiology* (26<sup>a</sup> ed., pág. 699-707). McGraw Hill Education.
- Beal, M. W., Paglia, D. T., Griffin, G. M., Hughes, D., & King, L. G. (2001). Ventilatory failure, ventilator management, and outcome in dogs with cervical spinal disorders: 14 cases (1991-1999). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 218(10), 1598–1602. <https://doi.org/10.2460/javma.2001.218.1598>
- Becker, W. M., Mama, K. R., Rao, S., Palmer, R. H., & Egger, E. L. (2013). Prevalence of Dysphoria after Fentanyl in Dogs Undergoing Stifle Surgery. *Veterinary Surgery*, 42(3), 302–307. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2012.01080.x>
- Bednarski, R., Grimm, K., Harvey, R., Lukasik, V. M., Penn, W. S., Sargent, B., & Spelts, K. (2011). AAHA anesthesia guidelines for dogs and cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 47(6), 377–385. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-5846>
- Bellani, G., Grasselli, G., Teggia-Droghi, M., Mauri, T., Coppadoro, A., Brochard, L., & Pesenti, A. (2016). Do spontaneous and mechanical breathing have similar effects on average transpulmonary and alveolar pressure? A clinical crossover study. *Critical Care*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1290-9>
- Bellido, M. V., & Vettorato, E. (2022). Clinical review of the pharmacological and anaesthetic effects of alfaxalone in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 63(5), 341–361. <https://doi.org/10.1111/jsap.13454>
- Bendas, A. & Alberigi, B. (2024). *Doenças respiratórias em cães e gatos*. Manole.

- Bhutta, B.S., Alghoula, F., & Berim, I. (2024). *Hypoxia*. StatPearls Publishing.
- Bigby, S. E., Beths, T., & Carter, J. E. (2017). Effect of rate of administration of propofol or alfaxalone on induction dose requirements and occurrence of apnea in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 44(6), 1267–1275. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2017.03.005>
- Billman, G. E. (2020). Homeostasis: The underappreciated and far too often ignored central organizing principle of physiology. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00200>
- Blasina, F., Vaamonde, L., Silvera, F., Tedesco, A. C., & Dajas, F. (2015). Intravenous nanosomes of quercetin improve brain function and hemodynamic instability after severe hypoxia in newborn piglets. *Neurochemistry International*, 89, 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2015.08.007>
- Boron, W.F. (2016). Acid-base physiology. En W.F. Boron, & E.L. Boulpaep (Ed.), *Medical Physiology* (3<sup>a</sup> ed., pp. 2220-2297). Elsevier.
- Botto, M., Carballo, J.M., Dotta, M.A., Giménez, M.L. & Tiribelli, N. (2023) Implementación de la ventilación mecánica protectora en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda. Revisión narrativa. *Revista Argentina de Terapia Intensiva*. Vol. 40. <https://revista.sati.org.ar/index.php/MI/article/view/885/1063>
- Boscan, P., Pypendop, B. H., Solano, A. M., & Ilkiw, J. E. (2005). Cardiovascular and respiratory effects of ketamine infusions in isoflurane-anesthetized dogs before and during noxious stimulation. *American Journal of Veterinary Research*, 66(12), 2122-2129. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2005.66.2122>
- Boysen, S. R., & Gommeren, K. (2021). Assessment of volume status and fluid responsiveness in small animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.630643>
- Brady, C. A., & King, L. G. (2000). Postoperative management of the emergency surgery small animal patient. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 30(3), 681–viii. [https://doi.org/10.1016/s0195-5616\(00\)50046-1](https://doi.org/10.1016/s0195-5616(00)50046-1)
- Brekka, A. K., Vollsæter, M., Fretheim-Kelly, Z., Lujan, M., Nilsen, R. M., Clemm, H. H., Heimdal, J. H., Halvorsen, T., Fondenes, O., Røksund, O. D., & Andersen, T. M. (2025). Exploring upper airway and laryngeal resistance to noninvasive ventilation in healthy awake adults. *Physiological Reports*, 13(20), e70621. <https://doi.org/10.14814/phy2.70621>
- Briganti, A., Portela, D. A., Barsotti, G., Romano, M., & Breggi, G. (2012). Evaluation of the endotracheal tube cuff pressure resulting from four different methods of

inflation in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 39(5), 488–494.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2012.00719.x>

Broc, A., Morin, F., Schmit, H., Taillantou-Candau, M., Vuillermoz, A., Drouet, A., Hutin, A., Polard, L., Lamhaut, L., Brisset, U., Charbonney, E., Delisle, S., Beloncle, F., Richard, J. C., & Savary, D. (2024). Performances and limits of Bag-Valve-Device for pre-oxygenation and manual ventilation: A comparative bench and cadaver study. *Resuscitation*, 194. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109999>

Brodbelt, D.C., Flaherty, D., & Pettifer G.R. (2013) Anesthetic risk and informed consent. En K.A. Grimm, L.A. Lamont, W.J. Tranquilli, S.A. Greene & S.A. Robertson (Ed.), *Veterinary anesthesia and analgesia. The fifth edition of Lumb and Jones* (5<sup>a</sup> ed., pp. 11-22). Wiley Blackwell.

Brodbelt, D.C., Pfeiffer, D.U., Young, L.E., & Wood, J.L. (2008). Results of the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities regarding risk factors for anesthetic-related death in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 233(7), 1096-104. <https://doi.org/10.1016/10.2460/javma.233.7.1096>

Brown, C. (2007). Endotracheal intubation in the dog. *Lab Animal*, 36(2).  
<https://doi.org/10.1038/labani0207-23>

Bruchim, Y., Aroch, I., Sisso, A., Kushnir, Y., Epstein, A., Kelmer, E., & Segev, G. (2014). A retrospective study of positive pressure ventilation in 58 dogs: indications, prognostic factors and outcome. *Journal of Small Animal Practice*, 55, 314-319.  
<https://doi.org/10.1111/jsap.12211>

Bufalari, A., di Meo, A., Nannarone, S., Padua, S., & Adami, C. (2007). Fentanyl or sufentanil continuous infusion during isoflurane anaesthesia in dogs: Clinical experiences. *Veterinary Research Communications*, 31(SUPPL. 1), 277–280.  
<https://doi.org/10.1007/s11259-007-0046-z>

Bugedo, G., Retamal, J., & Bruhn, A. (2017). Driving pressure: A marker of severity, a safety limit, or a goal for mechanical ventilation? *Critical Care*, 21(1).  
<https://doi.org/10.1186/s13054-017-1779-x>

Bumbacher, S., Schramel, J. P., & Mosing, M. (2017). Evaluation of three tidal volumes (10, 12 and 15 mL kg<sup>-1</sup>) in dogs for controlled mechanical ventilation assessed by volumetric capnography: a randomized clinical trial. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 44(4), 775–784. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2016.10.007>

Busico, M., Vega, L., Plotnikow, G. & Tiribelli, N. (2013) Tubos endotraqueales: Revisión. *Revista Argentina de Terapia Intensiva*, 30(1).  
<https://revista.sati.org.ar/index.php/MI/article/view/341>

- Cagle, L. A., Hopper, K., & Epstein, S. E. (2022). Indications and outcome associated with positive-pressure ventilation in dogs and cats: 127 cases. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 32(3), 365–375. <https://doi.org/10.1111/vec.13176>
- Cairo, J.M. (2024) *Pilbeam's mechanical ventilation physiological and clinical application* (8<sup>th</sup> edition). Elsevier.
- Campbell, R.S. & Davis, B.R. Pressure-controlled versus volume-controlled ventilation: does it matter? *Respiratory Care*, 47(4), 416-424.
- Campoy, L. (2022). Development of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protocols in veterinary medicine through a one-health approach: the role of anesthesia and locoregional techniques. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260(14), 1751–1759. <https://doi.org/10.2460/javma.22.08.0354>
- Carcéles, A. F., Degani, M., Soler, C., Serra, C. I., Fernández-Salesa, N., García de Carellán Mateo, A., Herrería-Bustillo, V. J., Di Franco, C., & Briganti, A. (2025). Veterinary Enhanced Recovery After Surgery (Vet-ERAS) Program in Dogs Undergoing Emergency Laparotomy. *Veterinary Sciences*, 12(4), 377. <https://doi.org/10.3390/vetsci12040377>
- Castillo Moya, A., & del Pozo Bascuñán, P. (2018). Interacciones cardiopulmonares: De la fisiología a la clínica. *Revista Chilena de Pediatría*, 89(5). <https://doi.org/10.4067/s0370-41062018005000905>
- Chandan, G., & Cascella, M. (2025). *Gas Laws and Clinical Application*. StatPearls.
- Chatburn, R.L. (2007) Classification of ventilator modes: Update and proposal for implementation. *Respiratory Care*, 52(3), 301-323.
- Chatburn, R. L. (2010). Understanding mechanical ventilators. *Expert Review of Respiratory Medicine*, 4(6), 809–819. <https://doi.org/10.1586/ers.10.66>
- Chatburn, R.L., El-Khatib, M., & Mireles-Cabodevila, E. (2014). A taxonomy for mechanical ventilation: 10 fundamental maxims. *Respiratory Care*, 59(11), 1747-63. <https://doi:10.4187/respcare.03057>
- Chemonges, S. (2018). *Resistance to breathing in anaesthetic breathing systems: A clinical perspective of understanding veterinary anaesthetic breathing circuits using dogs*. Lambert.
- Conterno, G., Comassetto, F., Consolim, M. G., Tocheto, R., & Oleskovicz, N. (2023). Comparison of cardiorespiratory effects and perioperative analgesia efficacy of dexmedetomidine or fentanyl continuous infusion during ovariohysterectomy in

propofol-anesthetized dogs. *Research, Society and Development*, 12(13), e17121343594. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i13.43594>

Coppo, J. A. (2017). *Fisiología comparada del medio interno*. Universidad Católica de Salta- EUCASA.

Corcoran, B.M., & Abercromby, R.H. (1989). Effects of general anaesthesia on static respiratory compliance in dogs. *Veterinary Record*, 125(18), 450-453. <https://doi:10.1136/vr.125.18.450>

Corona, T. M., & Aumann, M. (2011). Ventilator waveform interpretation in mechanically ventilated small animals. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 21(5), 496–514. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2011.00673.x>

Corp, A., Thomas, C., & Adlam, M. (2021). The cardiovascular effects of positive pressure ventilation. *BJA Education*, 21(6), 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2021.01.002>

Cusack, B., & Buggy, D. J. (2020). Anaesthesia, analgesia, and the surgical stress response. *BJA Education*, 20(9), 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2020.04.006>

D'este, J. P. (2001). *Circuitos Anestésicos*. Societat Catalana d'Anestesiologia, Reanimació i Terapèutica del Dolor. [circ2001.PDF](#)

Da Silva, L. S., de Queiroz Junior, A. G., dos Santos, V. S. F., Silva, M. M. F., Marinho, J. G., Salles, A. B. de O. S., Mota, D. C. M., Fabio Junior, L. C., Silva, V. A. do C., Valdez, R. P. B., Ferrão, M. C. P., Scatambuli, M. A. L., Palacios, G. C., & Souza, K. dos S. (2025). Anestesia Total Intravenosa (Tiva) Vs. Anestesia Inalatória Em Pequenos Animais. *International Seven Journal of Multidisciplinary*, 4(2), 335–342. <https://doi.org/10.56238/isevmjv4n2-017>

Dafilou, B., Schwester, D., Ruhl, N., & Marques-Baptista, A. (2020). It's in the bag: Tidal volumes in adult and pediatric bag valve masks. *Western Journal of Emergency Medicine*, 21(3), 722–726. <https://doi.org/10.5811/westjem.2020.3.45788>

Daly, M.L. (2023) Hypoventilation. En D.C. Silverstein & K. Hopper (Ed.), *Small Animal Critical Care and medicine* (3<sup>a</sup> ed., pp.95 -100) Elsevier.

Daoud, E. G., Yamasaki, K. H., Nakamoto, K., & Wheatley, D. (2018). Esophageal pressure balloon and transpulmonary pressure monitoring in airway pressure release ventilation: A different approach. *Canadian Journal of Respiratory Therapy*, 54(3), 62–65. <https://doi.org/10.29390/cjrt-2018-010>

De Monte, V., Bufalari, A., Grasso, S., Ferrulli, F., Crovace, A. M., Lacitignola, L., & Staffieri, F. (2018). Respiratory effects of low versus high tidal volume with or without positive end-expiratory pressure in anesthetized dogs with healthy lungs.

*American Journal of Veterinary Research*, 79(5), 496–504.  
<https://doi.org/10.2460/AJVR.79.5.496>

- De Monte, V., Grasso, S., de Marzo, C., Crovace, A., & Staffieri, F. (2013). Effects of reduction of inspired oxygen fraction or application of positive end-expiratory pressure after an alveolar recruitment maneuver on respiratory mechanics, gas exchange, and lung aeration in dogs during anesthesia and neuromuscular blockade. *American Journal of Veterinary Research*, 74(1), 25-33.  
<https://doi.org/DOI:10.2460/ajvr.74.1.25>
- Di Franco, C., Nocera, I., Melanie, P., & Briganti, A. (2024). Evaluation of the quality of recovery from general anesthesia in dogs with two different low doses of dexmedetomidine. *Animals*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/ani14091383>
- DiBartola, S. P. (2012). Introduction to Acid-Base Disorders. En S.P. DiBartola (Ed.). *Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice* (5<sup>th</sup> ed., pp. 231-252). Elsevier Saunders.
- Domino, K.B., Eisenstein, B.L., Cheney, F.W. & Hlastala, M.P. (1991) Pulmonary blood flow and ventilation-perfusion heterogeneity. *Journal of Applied Physiology*, 71(1), 252-258. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.71.1.252>
- Domino, K.B., Swenson, E.R., Polissar, N.L., Lu, Y., Eisenstein, B.L. & Hlastala, M.P. (1993) Effect of inspired CO<sub>2</sub> on ventilation and perfusion heterogeneity in hyperventilated dogs. *Journal of Applied Physiology*, 75(3), 1306-1314.  
<https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.3.1306>
- Donati, P. (2023) Injuria pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI) y controversias en la selección del volumen tidal. En P. Donati & M.C. Lavallo (Ed.). *Ventilación Mecánica en medicina*. Editorial Intermedica.
- Donati, P. A., Gogniat, E., Madorno, M., Guevara, J. M., Guillemi, E. C., del Carmen Lavallo, M., Scorza, F. P., Mayer, G. F., & Rodriguez, P. O. (2018). Sizing the lung in dogs: The inspiratory capacity defines the tidal volume. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 30(2), 144–152. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20180028>
- Donati, P., & Plotnikow, G. (2023) Modos Ventilatorios. P. Donati, & M.C. Lavallo (Ed.). *Ventilación Mecánica en medicina*. Editorial Intermedica.
- Donati, P. A., Plotnikow, G., Benavides, G., Belerenian, G., Jensen, M., & Londoño, L. (2019). Tidal volume in mechanically ventilated dogs: Can human strategies be extrapolated to veterinary patients? *Journal of Veterinary Science*, 20(3).  
<https://doi.org/10.4142/jvs.2019.20.e21>

- Donati, P. & Roux, N. (2023) Fisiología Respiratoria Aplicada. P. Donati, & M.C. Lavallo (Ed.), *Ventilación Mecánica en medicina*. Editorial Intermedica.
- Donati, P. A., Tarragona, L., Araos, J., Zaccagnini, A. C., Díaz, A., Nigro, N., Sáñez, I., Plotnikow, G., Staffieri, F., & Otero, P. E. (2024). Tidal volume selection in volume-controlled ventilation guided by driving pressure versus actual body weight in healthy anesthetized and mechanically ventilated dogs: A randomized crossover trial. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 51. <https://doi.org/10.1016/J.VAA.2024.05.006>
- Dos-Santos, J. D., Ginja, M., Martins, J., Alves-Pimenta, S., Ribeiro, L., Otero, P. E., & Colaço, B. (2025). Intraoperative Effect of a Bilateral Ultrasound-Guided Quadratus Lumborum Block in Cats Undergoing Ovariectomy. *Animals*, 15(5), 408-416. <https://doi.org/10.3390/ani15050618>
- Dugdale, A. (2010). *Veterinary Anaesthesia Principles to practice*. Wiley-Blackwell.
- Duke-Novakovski T. (2017). Basics of monitoring equipment. *The Canadian Veterinary Journal*, 58(11), 1200–1208.
- Dyson, D.H. (2012). Positive pressure ventilation during anesthesia in dogs: Assessment of surface area derived tidal volume. *The Canadian Veterinary Journal*, 53(1), 63-66.
- Elgohary, B. K., Kandeel, A., El-Shair, M., Gouda, H. F., & Eisa, E. F. (2024). Induction and intubation effects on hemodynamic response using slow propofol or ketamine-slow propofol infusion in dogs: An experimental study. *Zagazig Veterinary Journal*, 52(4), 465–477. <https://doi.org/10.21608/zvjz.2024.325288.1261>
- Emrath E. (2021). The Basics of Ventilator Waveforms. *Current Pediatrics Reports*, 9(1), 11–19. <https://doi.org/10.1007/s40124-020-00235-4>
- Fantoni, D. T., Ida, K. K., Lopes, T. F. T., Otsuki, D. A., Auler, J. O. C., & Ambrósio, A. M. (2016). A comparison of the cardiopulmonary effects of pressure controlled ventilation and volume controlled ventilation in healthy anesthetized dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio)*, 26(4), 524–530. <https://doi.org/10.1111/vec.12485>
- Fantoni, D.T., Ida, K.K., Soares, J.H.N., & Ambrosio, A.M. (2022). Editorial: Mechanical ventilation in anesthesia and critical care small animal patients. *Frontiers Veterinary Science*, 9, 942731. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.942731>
- Faridy, E.E., Permutt, S. & Riley, R.L. (1966). Effect of ventilation on surface forces in excised dogs' lungs. *Journal of Applied Physiology*, 21(5), 1453-1462. <https://doi.org/10.1152/jappl.1966.21.5.1453>

- Farré, R. & Navajas, D. (2023) Ventilation Mechanics. *Respiratory and Critical Care Medicine*, 44(5), 511-525. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1770340>
- Farrell, K. S., Hopper, K., Cagle, L. A., & Epstein, S. E. (2019). Evaluation of pulse oximetry as a surrogate for PaO<sub>2</sub> in awake dogs breathing room air and anesthetized dogs on mechanical ventilation. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio)*, 29(6), 622–629. <https://doi.org/10.1111/vec.12898>
- Forsyth, S. (2007) *Post-op monitoring: What to look for in the recovering animal* [Ponencia]. World Small Animal Veterinary Association World Congress Proceedings, Nueva Zelanda. [Post-op Monitoring: What to Look For in the Recovering Animal - WSAVA2007 - VIN](https://doi.org/10.1111/vec.12898)
- Fox, C., Daly, M., & Bellis, T. (2021). Identification of ventilator-associated pneumonia in dogs and evaluation of empiric antimicrobial therapy: 13 cases (2012–2016). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 31(1), 66–73. <https://doi.org/10.1111/vec.13032>
- Gantsova, E., Serova, O., Vishnyakova, P., Deyev, I., Elchaninov, A., & Fatkhudinov, T. (2024). Mechanisms and physiological relevance of acid-base exchange in functional units of the kidney. *PeerJ*, 12, e17316. <https://doi.org/10.7717/peerj.17316>
- García-Prieto, E., Amado-Rodríguez, L., & Albaiceta, G. M. (2014). Monitorización de la mecánica respiratoria en el paciente ventilado. *Medicina Intensiva*, 38(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2013.09.003>
- García-Sanz, V., Aguado, D., Gómez de Segura, I. A., & Canfrán, S. (2019). Comparative effects of open-lung positive end-expiratory pressure (PEEP) and fixed PEEP on respiratory system compliance in the isoflurane anaesthetised healthy dog. *Research in Veterinary Science*, 127, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.10.016>
- Gaynor, J. S., Dunlop, C. I., Wagner, A. E., Wertz, E. M., Golden, A. E., & Demme, W. C. (1999). Complications and Mortality Associated With Anesthesia in Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 35. <https://doi.org/10.5326/15473317-35-1-13>
- Gertler, R. (2021). Respiratory Mechanics. *Anesthesiology Clinics*, 39(3), 415-440. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2021.04.003>
- Ghadge, R. S. (2022). A practical approach toward mechanical ventilation in dogs. *Quest Journals Journal of Research in Agriculture and Animal Science*, 9(5). <https://d1wgtxts1xzle7.cloudfront.net/85538509/A09050112-libre.pdf?1651759061=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA+Practical+Approach+Toward+Mechanical+V.pdf&Expires=1762197091&Signature=B9L5Q288GwPvO-->

[Y497eTMM3Y34r18tpzhN2IIR7UyGY-ITc3jC9M9geM0nCoJBF7vx4pb6qgnpasbiy5DLMomUV-rDSE1K4lowbRxj1Ox4Kpe33xPL5TdnEsAwGXj0AkldaBaTnnRaLdFB4lgGin04E1~m9Vr5buVGQ3IEuxfghvnZHtrQS4qVM0TuRCJK3U7~CCdCuEHeAC2sy94zdn9wqKLyMAS1PunSrtAuPDHBwA4-wSKql8Nyo80BhNXOHxIXSqyUjzbenHAyblrbPH7wWE0GX2fl7rTXIBqKJIC0VO261rdjP4SCnvAaYFIIZvK5iiJh-AAPCKuOEObaJQ\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://doi.org/10.1016/S0272-5231(03)00052-2)

Gray, A. W. (2003). Endotracheal tubes. *Clinics in Chest Medicine*, 24(3), 379–387. [https://doi.org/10.1016/S0272-5231\(03\)00052-2](https://doi.org/10.1016/S0272-5231(03)00052-2)

Grieco, D. L., Chen, L., Dres, M., & Brochard, L. (2017). Should we use driving pressure to set tidal volume? *Current Opinion in Critical Care*, 23(1), 38–44. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000377>

Grimm, K.A. (2002). Fármacos que bloquean la unión neuromuscular. En L.M. Botana López, M. F. Landoni & T. Martín-Jiménez (Eds.), *Farmacología y Terapéutica Veterinaria* (pp. 128-136). McGraw Hill.

Grotberg, J. C., Reynolds, D., & Kraft, B. D. (2023). Management of severe acute respiratory distress syndrome: a primer. *Critical Care (London, England)*, 27(1), 289. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04572-w>

Grubb, T. (2024) How to Identify, prevent, and treat or correct anesthetic complications. *Today's Veterinary Practice*. <https://todaysveterinarypractice.com/anesthesiology/small-animal-anesthetic-complications/>

Grubb, T., Sager, J., Gaynor, J.S., Montgomery, E., Parker, J.A., Shafford, H. & Tearney, C. (2020). 2020 AAHA Anesthesia and Monitoring Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 56(2), 59–82. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-7055>

Gruen, M. E., Lascelles, B. D. X., Colleran, E., Gottlieb, A., Johnson, J., Lotsikas, P., Marcellin-Littl, D., & Wright, B. (2022). 2022 AAHA pain management guidelines for dogs and cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 58(2), 55–76. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-7292>

Guieu, L., Pouzot-Nevoret, C., & Bersenas, A. M. (2024). Editorial: Reviews in invasive & non-invasive ventilation in veterinary medicine. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1341630. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1341630>

Guillén, J.H., Garza de la Maza, A., Monares Zepeda, E., & Hurtado Martínez, A.S. (2025) Capnografía: a Través de las Curvas. *Revista Chilena de Anestesia* 54(2)101-110. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv54n2-01>

- Gutiérrez Muñoz, F. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104.
- Haider, G., Lorinson, K., Lorinson, D., & Auer, U. (2019). Development of a clinical tool to aid endotracheal tube size selection in dogs. *Veterinary Record*, 186(5), 157-157  
<https://doi.org/10.1136/vetrec-2018-105065>
- Hall, J.E. (2016) Regulation of Respiration. En J.E. Hall (Ed.), *Guyton and hall textbook of medical physiology* (13<sup>a</sup> ed., pp. 539-548). Elsevier.
- Hammond, R. & Murison, P.J. (2016) Automatic Ventilators. En T. Duke-Novakovski, M. De Vries & C. Seymour (Eds.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia* (3<sup>a</sup> ed., pp. 65-76). BSAVA.
- Harris R. S. (2005). Pressure-volume curves of the respiratory system. *Respiratory Care*, 50(1), 78–99.
- Haskins, S.C. (2015). Monitoring anesthetized patients. En K.A. Grimm, L.A. Lamont, W.J. Tranquilli, S.A. Greene & S.A. Robertson (Ed.), *Veterinary anesthesia and analgesia the fifth edition of Lumb and Jones* (5<sup>a</sup> ed., pp. 86-109). Wiley Blackwell.
- Havaladar, A. A., Krishna, B., Sampath, S., & Paramasivam, S. K. (2020). Simulation training in hemodynamic monitoring and mechanical ventilation: An assessment of physician's performance. *Indian Journal of Critical Care Medicine*, 24(6), 423–428.  
<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23458>
- Holbon, I. (2023) Respiratory Physiology and Ventilation. En M. Clancy (Ed.), *The veterinary nurse's practical guide to small animal anaesthesia* (pp. 42-62). Wiley Blackwell.
- Hopper, K. (2023). Traditional acid-base analysis. En D.C. Silverstein, & K. Hopper (Ed.), *Small Animal Critical Care and medicine* (3<sup>a</sup> ed., pp. 350-357). Elsevier.
- Hopper, K. & Powell, L.L. (2013). Basics of mechanical ventilation for dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 43(4), 955-69.  
<https://doi:10.1016/j.cvsm.2013.03.009>
- Hoy, C. (2023). Intubation. En M. Clancy (Ed.), *The veterinary nurse's practical guide to small animal anaesthesia* (pp. 194-210). Wiley Blackwell.
- Hughes, L. (2016). Breathing systems and ancillary equipment. En T. Duke-Novakovski, M. De Vries, & C. Seymour (Ed.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia* (3<sup>a</sup> ed., pp. 45-64). BSAVA.

- Hung, W. C., Ko, J. C., Weil, A. B., & Weng, H. Y. (2020). Evaluation of endotracheal tube cuff pressure and the use of three cuff inflation syringe devices in dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 39. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00039>
- Intagliata, S., Rizzo, A., & Gossman, W. (2023). *Physiology, Lung Dead Space*. StatPearls Publishing.
- Ioannidis, G., Lazaridis, G., Baka, S., Mpoukovinas, I., Karavasilis, V., Lampaki, S., Kioumis, I., Pitsiou, G., Papaiwannou, A., Karavergou, A., Katsikogiannis, N., Sarika, E., Tsakiridis, K., Korantzis, I., Zarogoulidis, K., & Zarogoulidis, P. (2015). Barotrauma and pneumothorax. *Journal of Thoracic Disease*, 7(Suppl 1), S38-43. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.01.31>
- Irizarry, R., & Reiss, A. (2009). Arterial and venous blood gases: indications, interpretations, and clinical applications. *Compendium (Yardley, PA)*, 31(10), E1–E7.
- Jain, R. K., & Swaminathan, S. (2013). Anaesthesia ventilators. *Indian Journal of Anaesthesia*, 57(5), 525–532. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.120150>
- Jarosinski, S. K., Simon, B. T., Baetge, C. L., Parry, S., & Araos, J. (2021). The effects of prophylactic dexmedetomidine administration on general anesthesia recovery quality in healthy dogs anesthetized with sevoflurane and a fentanyl constant rate infusion undergoing elective orthopedic procedures. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.722038>
- Jones, R.L., & King, E.G. (1973). Evaluation of positive end-expiratory pressure in hypoxemic dogs. *Journal of Applied Physiology*, 35(2), 213-214. <https://doi:10.1152/jappl.1973.35.2.213>
- Jozwiak, M., & Teboul, J. L. (2024). Heart-Lungs interactions: the basics and clinical implications. *Annals of intensive care*, 14(1), 122. <https://doi.org/10.1186/s13613-024-01356-5>
- Junqueira, F.M., Ferraz, I.S., Campos, F.J., Matsumoto, T., Brandão, M.B., Nogueira, R.J., & de Souza, T.H. (2024). The Impact of Increased PEEP on Hemodynamics, Respiratory Mechanics, and Oxygenation in Pediatric ARDS. *Respiratory Care*, 69(11), 1409-1416. <https://doi:10.4187/respcare.12005>
- Kaushal, B. (2021). *Comparative evaluation of thiopental and propofol as induction agent in dogs* [Tesis de Maestría, College of Veterinary Science and Animal Husbandry]. Krishikosh. <https://krishikosh.egranth.ac.in/items/1862879b-71de-45b4-848e-221bf40686e5>
- Kim, D., Seo, M., Choi, G., Lee, S. K., Lee, S., Lee, W. J., Yun, S. H., Kwon, Y. S., & Jang, M. (2023). Cardiovascular and Respiratory Effects of Increased Intra-Abdominal Pressure with and without Dexmedetomidine in Anesthetized Dogs. *Veterinary Sciences*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/vetsci10110634>

- Kling, J.C., & Hernández, M. (2004). La máquina de anestesia. En F. Ariza, M. Becerra, L. Cabas, M. Carvajal, H A. Charris, Y. Estrada, M. Guerrero, J. C. Giraldo, M. P. Guzmán, M. Hernández, J. C. Kling, F. López, A. M. Manrique, F. R. Montes, I. E. Rincón, J. D. Rincón, & M. V Vanegas (Ed.), *Principios básicos de anestesiología* (pp. 49-60). Editorial Universidad del Rosario.
- Kropf, J., & Hughes, J. M. L. (2018). Effects of midazolam on cardiovascular responses and isoflurane requirement during elective ovariohysterectomy in dogs. *Irish Veterinary Journal*, 71(1). <https://doi.org/10.1186/s13620-018-0136-y>
- Kuehn, N.P. (2018). *Introduction to lung and airway disorders of dogs*. En Merck Manual. <https://www.merckvetmanual.com/dog-owners/lung-and-airway-disorders-of-dogs/introduction-to-lung-and-airway-disorders-of-dogs>
- Laghi, F., & Goyal, A. (2012). Auto-peep in respiratory failure. *Minerva Anestesiologica*, 78(2), 201-221.
- Lanteri, C. J., Petak, F., Gurrin, L., & Sly, P. D. (1999). Influence of inertance on respiratory mechanics measurements in mechanically ventilated puppies. *Pediatric Pulmonology*, 28(2), 130–138. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-0496\(199908\)28:2<130::aid-ppul9>3.0.co;2-x](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-0496(199908)28:2<130::aid-ppul9>3.0.co;2-x)
- Latshaw, H., & Coleman, D. (2010). Anesthesia equipment. En S. Bryant (Ed.), *Anesthesia for veterinary technicians* (pp. 145-172). Wiley Blackwell.
- Lerche, P., & Muir III, W. W. (2004). Effect of medetomidine on breathing and inspiratory neuromuscular drive in conscious dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 65(6), 720-724. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.720>
- Lloyd, F., Robertson, J., & Murison, P. J. (2023). Retrospective computed tomography analysis of endotracheal tube constriction and mispositioning in cats and dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 50(6), 467–476. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2023.07.003>
- López-Herranz, G. P. (2013). Intubación endotraqueal: importancia de la presión del manguito sobre el epitelio traqueal. *Revista Médica del Hospital General de México*, 76(3), 153–161. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55806803/Presion\\_Manguito-libre.pdf?1518668350=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIntubacion\\_endotraqueal\\_importancia\\_de\\_l.pdf&Expires=1762198978&Signature=RixHEgMjTeBcXFkQ9~M0VK0JIZQ9mgHwCWVnJiqb-hVv2OqVW1DGZMBJt2eEcpX3iGxkS8gLBRwmes8HKF4MtVaVjgsV~Xgf54JIAYW6PkCSrnW2N-9nMTi0CKMAtZJ-m0ppbV9AQ5YVhckijKK0OIQbUFZoYmxJeM4gipK8cpPSSX397BAEFoFXB38YyV~P5meJahGhxydISV9Shb9ebzytHpDnk8OvpHmTB5eLq8wklQQXdKMpiQPuS49GWv4jsXa](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55806803/Presion_Manguito-libre.pdf?1518668350=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIntubacion_endotraqueal_importancia_de_l.pdf&Expires=1762198978&Signature=RixHEgMjTeBcXFkQ9~M0VK0JIZQ9mgHwCWVnJiqb-hVv2OqVW1DGZMBJt2eEcpX3iGxkS8gLBRwmes8HKF4MtVaVjgsV~Xgf54JIAYW6PkCSrnW2N-9nMTi0CKMAtZJ-m0ppbV9AQ5YVhckijKK0OIQbUFZoYmxJeM4gipK8cpPSSX397BAEFoFXB38YyV~P5meJahGhxydISV9Shb9ebzytHpDnk8OvpHmTB5eLq8wklQQXdKMpiQPuS49GWv4jsXa)

[Ki8n8IJO6UeFVHCM~bsSsKXZCsTcbbJnbZgezhiXZQnBX0FHH-Fa~dQq3qrXixQxkAamJ5qDk~fgK4~3w &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](#)

- López-Segura, A. A., Lucas-Hernández, C. E., Martínez-Artal, P., Domínguez García, D., & Valladares Parrilla, F. (2015). Estudio experimental de las modificaciones alveolares, tras ventilación mecánica aplicada con diferentes concentraciones de oxígeno. *Majorensis*, 11, 5–20.
- Lucas, A. N., Firth, A. M., Anderson, G. A., Vine, J. H., & Edwards, G. A. (2001). Comparison of the effects of morphine administered by constant-rate intravenous infusion or intermittent intramuscular injection in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 218(6), 884–891. <https://doi.org/10.2460/javma.2001.218.884>
- Luecke, T., & Pelosi, P. (2005). Clinical review: Positive end-expiratory pressure and cardiac output. *Critical Care*, 9(6), 607–621. <https://doi.org/10.1186/cc3877>
- Luz, C. M., Polarz, H., Bohrer, H., Hundt, G., Dorsam, J., & Martin, E. (1994). Hemodynamic and respiratory effects of pneumoperitoneum and PEEP during laparoscopic pelvic lymphadenectomy in dogs. *Surgical Endoscopy*, 8(1), 25-27.
- Mahmood, S. S., & Pinsky, M. R. (2018). Heart-lung interactions during mechanical ventilation: the basics. *Annals of Translational Medicine*, 6(18), 349–349. <https://doi.org/10.21037/atm.2018.04.29>
- Mcnally, E. M., Robertson, S. A. & Pablo, L. S. (2009). Comparison of time to desaturation between preoxygenated and nonpreoxygenated dogs following sedation with acepromazine maleate and morphine and induction of anesthesia with propofol. *American Journal of Veterinary Research*, 70(11), 1333. <https://doi.org/10.2460/ajvr.70.11.1333>
- Mead, J., & Collier, C.R. (1959). Relation of volume history of lungs to respiratory mechanics in anesthetized dogs. *Survey of Anesthesiology*, 14(5), 669-678 <https://doi.org/10.1152/jappl.1959.14.5.669>
- Meitner, C., Feuerstein, R. A., & Steele, A. M. (2023). Nursing strategies for the mechanically ventilated patient. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1145758>
- Mellema, M.S. (2023) Ventilator Waveforms. En D.C. Silverstein & K. Hopper (Ed.), *Small Animal Critical Care and medicine* (3ª ed., pp. 201-211). Elsevier.
- Michenfelder, J. D., & Theye, R. A. (1977). Canine systemic and cerebral effects of hypotension induced by hemorrhage, trimethaphan, halothane, or nitroprusside. *Anesthesiology*, 46(3), 188–195. <https://doi.org/10.1097/00000542-197703000-00006>

- Mietto, C., Malbrain, M. L. N. G., & Chiumello, D. (2015). Transpulmonary pressure monitoring during mechanical ventilation: A bench-to-bedside review. *Anaesthesiology Intensive Therapy*, 47(Suppl.), 27-37. <https://doi.org/10.5603/AIT.a2015.0065>
- Mizuno, K., & Sumiyoshi, R. (1998). Air contamination of a closed anesthesia circuit. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 42(1), 128–130. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1998.tb05093.x>
- Monteiro, B. P., Lascelles, B. D. X., Murrell, J., Robertson, S., Steagall, P. V. M., & Wright, B. (2023). 2022 WSAVA guidelines for the recognition, assessment and treatment of pain. *Journal of Small Animal Practice*, 64(4), 177–254. <https://doi.org/10.1111/jsap.13566>
- Mosley, C. (2013) Equipo de Anestesia. En J.L. Morales Saavedra & V.B. Torres Rodriguez (Ed.), *Manual de Analgesia y Anestesia en Pequeñas Especies* (2ª ed., pp. 158-196). El Manual Moderno S.A.
- Mosley, C. (2015). Anaesthesia equipment. En K.A. Grimm, L. A. Lamont, W.J. Tranquilli, S.A. Greene & S. A. Robertson (Ed.), *Veterinary anaesthesia and analgesia. The fifth edition of Lumb and Jones* (5ª ed., pp. 23-84). Wiley Blackwell.
- Muir, W. (2017). Effect of intravenously administered crystalloid solutions on acid-base balance in domestic animals. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31(5), 1371–1381). <https://doi.org/10.1111/jvim.14803>
- Muir, W. W., De Morais, H.S.A., & Seeler, D.C. (2013). Equilibrio ácido–base y fluidoterapia. En J.L. Morales Saavedra & V.B. Torres Rodriguez (Ed.), *Manual de analgesia y anestesia en pequeñas especies* (2ª ed., pp. 240-273.). El Manual Moderno S.A.
- Muir, W.W., & Gadawski, J.E. (1998). Respiratory depression and apnea induced by propofol in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 59(2), 157-161.
- Mulier, J. P., Hunter, J. M., & de Boer, H. D. (2021). Seventy-five years since the birth of the Liverpool anaesthetic technique. *British Journal of Anaesthesia*, 126(2), 343–347. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.10.020>
- Murrell, J. (2011). Clinical use of opioids in dogs and cats: Part 2. *Companion Animal*, 16(4), 44–49. <https://doi.org/10.1111/j.2044-3862.2011.00062.x>
- Nguyen, D., Abdul-Rasool, I., Ward, D., Hsieh, J., Kobayashi, D., Hadlock, S., Singer, F., & Bloor, B. (1992). Ventilatory Effects of Dexmedetomidine, Atipamezole and Isoflurane in Dogs. *Anesthesiology*, 76(4), 573-579. <https://doi.org/10.1097/00000542-199204000-00014>

- Nutt, L. K., Webb, J. A., Prosser, K. J., & Defarges, A. (2014). Case Report Rapport de cas Management of dogs and cats with endotracheal tube tracheal foreign bodies. *Canadian Veterinary Journal*, 55(6), 565.
- O'sullivan, M.L. (2024) Tachypnea, dyspnea and respiratory distress. En S.J. Ettinger, E.C. Feldman & E. Côté (Ed.), *Ettinger's textbook of veterinary internal medicine* (9ª ed., pp. 175-179). Elsevier.
- Oldman, A. H., Martin, D. S., Feelisch, M., Grocott, M. P. W., & Cumpstey, A. F. (2021). Effects of perioperative oxygen concentration on oxidative stress in adult surgical patients: a systematic review. In *British Journal of Anaesthesia*, 126(3), 622-632. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.09.050>
- Ortega García, J. P. (2020). Monitoreo de la ventilación mecánica intraoperatoria. En M. A. Chávez Ramírez & H. Olivares Mendoza, *El ABC del monitoreo en anestesia 2020* (pp. 105–117). Alfil.
- Ortega, M., & Cruz, I. (2011). Article Evaluation of a constant rate infusion of lidocaine for balanced anesthesia in dogs undergoing surgery. *Canadian Veterinary Journal*, 52(8), 856-860.
- Otero, P. E. (2013). Anestesia locorregional do neuroeixo. En P.R. Klaumann & P.E. Otero (Eds.), *Anestesia Locorregional em Pequenos Animais* (pp. 135-176). Roca Ltda.
- Otero, P. E. (2022) *Protocolos anestésicos y manejo del dolor en pequeños animales*. Intermedica.
- Oura, T., Rozanski, E.A., Buckley, G. & Bedenice, D. (2012). Low tidal volume ventilation in healthy dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 22(3), 368-371. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2012.00749.x>.
- Ovbey, D. H., Wilson, D. V., Bednarski, R. M., Hauptman, J. G., Stanley, B. J., Radlinsky, M. G., Larenza, M. P., Pypendop, B. H., & Rezende, M. L. (2014). Prevalence and risk factors for canine post-anesthetic aspiration pneumonia (1999-2009): a multicenter study. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 41(2), 127–136. <https://doi.org/10.1111/vaa.12110>
- Palmer, D. (2024). *Understanding Dead Space Volume*. Veterinary Anesthesia Nerds. [Understanding Dead Space Volume — VETERINARY ANESTHESIA NERDS](#)
- Pardo, M., Spencer, E., Odunayo, A., Ramirez, M. L., Rudloff, E., Shafford, H., Weil, A., & Wolff, E. (2024). 2024 AAHA Fluid Therapy Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 60(4), 131–163. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-7444>

- Patil, V. P., Shetmahajan, M. G., & Divatia, J. V. (2013). The modern integrated anaesthesia workstation. *Indian Journal of Anaesthesia*, 57(5), 446–454. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.120139>
- Pepe, P., & Marini, J. (1982). Clinical Commentary Occult Positive End-Expiratory Pressure in Mechanically Ventilated Patients with Airflow Obstruction 1-2 The Auto-PEEP Effect. *American Review of Respiratory Disease*, 126(1), 166-170.
- Pérez, M., & Mancebo, J. (2006). Monitorización de la mecánica ventilatoria. *Medicina Intensiva*, 30(9), 440–448. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0210-5691\(06\)74567-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0210-5691(06)74567-3)
- Pierce, K. V. (2025). *Cardiovascular system introduction*. En *MSD Veterinary Manual*. Merck & Co., Inc. <https://www.msdevetmanual.com/circulatory-system/cardiovascular-system-introduction/the-cardiovascular-system-in-animals>
- Piemontese, C., Stabile, M., Di Bella, C., Scardia, A., Vicenti, C., Acquafredda, C., Crovace, A., Lacitignola, L., & Staffieri, F. (2024). The incidence of hypoxemia in dogs recovering from general anesthesia detected with pulse-oximetry and related risk factors. *Veterinary Journal (London, England)*, 305, 106135. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2024.106135>
- Pippalapalli, J., & Lumb, A. B. (2023). The respiratory system and acid–base disorders. *British Journal of Anaesthesia*, 23(6), 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2023.03.002>
- Pitts-Kiefer, A., & De Marchi, L. (2014). Types of endotracheal tubes. En B.S. Freeman & J.S. (Ed.), *Anesthesiology core review: Part one basic exam* (pp. 257-254). McGraw-Hill Education.
- Plotnikow, G. (2023) Asincronías durante la ventilación mecánica. En P. Donati & M.C. Lavallo (Eds.), *Ventilación mecánica en medicina veterinaria* (pp. 162-176). Intermédica.
- Plumb, D.C. (2018) *Plumb's veterinary drug handbook* (9<sup>a</sup> Ed.). Wiley-Blackwell.
- Prewitt, R. M., & Wood, L. D. H. (1979). Effect of positive end-expiratory pressure on ventricular function in dogs. *American Journal of Physiology- Heart and Circulatory Physiology*, 236(4). <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1979.236.4.H534>
- Proulx J. (1999). Respiratory monitoring: arterial blood gas analysis, pulse oximetry, and end-tidal carbon dioxide analysis. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 14(4), 227–230. [https://doi.org/10.1016/S1096-2867\(99\)80015-2](https://doi.org/10.1016/S1096-2867(99)80015-2)

- Quandt, J. E., Robinson, E. P., Rivers, W. J., & Raffe, M. R. (1998). Cardiorespiratory and anesthetic effects of propofol and thiopental in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 59(9), 1137-1143.
- Ramos Gómez, L.A., & Benito Vales, S. (2024). *Fundamentos de la ventilación mecánica* (2ª ed.). Marge Books.
- Rankin, S. J., Olsen, C. O., Arentzen, C. E., Tyson, G. S., Maier, G., Smith, P. K., Hammon, J. W., Davis, J. W., McHale, P. A., Anderson, R. W., & Sabiston, D. C. (1982). Cardiopulmonary Interactions. *American Heart Association*, 66.  
<https://doi.org/DOI:10.1161/01.cir.66.1.108>
- Reece, W.O., Erickson, H.H., Goff, J.P., & Uemura, E.E. (2015). *Duke's Physiology of Domestic Animals* (13ª ed.). Wiley Blackwell.
- Reminga, C. & King, L.G. (2017) Oxygenation and ventilation. En R. Kirby & A. Linklater (Eds.), *Monitoring and intervention for the critically ill small animal. The Rule of 20* (pp. 109-136). Wiley Blackwell.
- Robertson, H. T. (2015). Dead space: the physiology of wasted ventilation. *European Respiratory Journal*, 45(6), 1704-1716.  
<https://doi.org/10.1183/09031936.50137614>
- Rodrigues, R.R., Ambrósio, A.M., Engbruch, A.M., Gonçalves, L.A., Villela, P.A., Sanchez, A.F., & Fantoni, D.T. (2022). Intraoperative Protective Mechanical Ventilation in Dogs: A Randomized Clinical Trial. *Frontiers Veterinary Science*. 15(9), 842613. <https://doi:10.3389/fvets.2022.842613>
- Sánchez, A. F., Ambrósio, A. M., Pinto, A. C. B. C. F., Pereira, M. A. A., Andrade, F. S. R. M., Rodrigues, R. R., de Carvalho Martins, A. R., Baroni, C. O., Ferrante, B., & Fantoni, D. T. (2024). Effects of a stepwise alveolar recruitment maneuver on lung volume distribution in dogs assessed by computed tomography. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1232635>
- Sández Cordero, I. (2024). *Manejo anestésico del perro y el gato en estado crítico*. Edra.
- Santosh, K. M., Amarpal, Ahmad, R. A., Kinjavedkar, P., Aithal, H. P., Pawde, A. M., & Kumar, D. (2013). Evaluation of midazolam-ketamine with dexmedetomidine and Evaluation of midazolam-ketamine with dexmedetomidine and fentanyl for injectable anaesthesia in dogs fentanyl for injectable anaesthesia in dogs. *Veterinarski Arhiv*, 83(5), 509–523.
- Scales, C. (2023) The Anaesthetic Machine and Breathing Systems. En E. M. Clancy (Ed.), *The veterinary nurse's practical guide to small animal anaesthesia* (pp. 212-250). Wiley Blackwell.

- Schauvliege, S. (2016). Patient monitoring and monitoring equipment. En T. Duke-Novakovski, M. De Vries & C. Seymour (Ed.), *BSAVA Manual of Canine and Feline Anaesthesia and Analgesia* (3<sup>a</sup> ed., pp. 77-96). BSAVA.
- Shin, C.W., Son, W., Jang, M., Kim, H., Han, H., Cha, J., & Lee, I. (2018). Selection of appropriate endotracheal tube size using thoracic radiography in Beagle dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 45(1), 13–21.
- Shippy, S. (2024). *Capnography: Assessing Ventilation During Anesthesia*. Today's Veterinary Practice. [https://todaysveterinarypractice.com/wp-content/uploads/sites/4/2024/06/TVP-2024-0708\\_Capnography-Anesthesia.pdf](https://todaysveterinarypractice.com/wp-content/uploads/sites/4/2024/06/TVP-2024-0708_Capnography-Anesthesia.pdf)
- Silva, P. L., & Rocco, P. R. M. (2018). The basics of respiratory mechanics: ventilator-derived parameters. *Annals of Translational Medicine*, 6(19), 376–376. <https://doi.org/10.21037/atm.2018.06.06>
- Simon, B. T., Scallan, E. M., Odette O, Samns Ebner, L., Cerullo, M. N., Follette, C., Cox, S. K., Doherty, T. J., & Lizarraga, I. (2017). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of midazolam following intravenous and intramuscular administration to sheep. *American Journal of Veterinary Research*, 78(5), 539-549. <https://doi.org/10.2460/ajvr.78.5.539>
- Sinclair, M. (2003). A review of the physiological effects of alpha2-agonists related to the clinical use of medetomidine in small animal practice. *The Canadian Veterinary Journal*, 44(11), 885–897.
- Sinclair, M. (2018). Pharmacologic and clinical application of sedatives. En K.A. Mathews, M. Sinclair, M.A. Steele & T. Grubb (Eds.), *Analgesia and anesthesia for the ill or injured dog and cat*. Wiley- Blackwell.
- Singh, B. (2018). *Dyce, Sack and Wensing's textbook of veterinary anatomy* (5<sup>a</sup> ed.) Elsevier.
- Sinha, P., Flower, O., & Soni, N. (2011). Deadspace ventilation: a waste of breath! *Intensive Care Medicine*, 37(5), 735–746. <https://doi.org/10.1007/s00134-011-2194-4>
- Slensky, K., & Barr, C. A. (2023) Anesthesia and monitoring of the ventilator patient. En D.C. Silverstein & K. Hopper (Ed.), *Small Animal Critical Care and medicine* (3<sup>a</sup> ed., pp. 212 -218). Elsevier.
- Soares, J. H. N., Braun, C., Machado, M. L., Oliveira, R. L., Henao-Guerrero, N., Countermash-Ott, S., Allen, I. C., Grant, D. C., & Giannella-Neto, A. (2021). Cardiovascular function, pulmonary gas exchange and tissue oxygenation in isoflurane-anesthetized, mechanically ventilated Beagle dogs with four levels of

positive end-expiratory pressure. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 48(3), 324–333. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2021.01.007>

- Solla, G., Turconi, L., Viola, M., & Laurini, M. (2016). Mejora en el cuidado perioperatorio (ERAS) [Webinar]. En *Ciclo de Conferencias 2016*. Academia Nacional de Medicina. <http://repositorio.anm.org.uy:8080/jspui/handle/123456789/181>
- Staffieri, F., Franchini, D., Carella, G. L., Montanaro, M. G., Valentini, V., Driessen, B., Grasso, S., & Crovace, A. (2007). Computed tomographic analysis of the effects of two inspired oxygen concentrations on pulmonary aeration in anesthetized and mechanically ventilated dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 68. <https://doi:10.2460/ajvr.74.1.25>
- Steagall, P. & Taylor, P. (2020). *The importance of good monitoring - Guidance notes*. FECAVA Basic Practices in Anaesthesia and Analgesia. [FECAVA Basic Practices in Anaesthesia and Analgesia - FECAVA](#)
- Suarez, M. A., Dzikiti, B. T., Stegmann, F. G., & Hartman, M. (2012). Comparison of alfaxalone and propofol administered as total intravenous anaesthesia for ovariohysterectomy in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 39(3), 236–244. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2011.00700.x>
- Svensson-Raskh, A., Schandl, A. R., Stähle, A., Nygren-Bonnier, M., & Fagevik Olsén, M. (2021). Mobilization Started Within 2 Hours After Abdominal Surgery Improves Peripheral and Arterial Oxygenation: A Single-Center Randomized Controlled Trial. *Physical therapy*, 101(5). <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab094>
- Taylor, S. (2022). Endotracheal intubation of the dog and cat. *The Veterinary Nurse*, 13(4). <https://www.theveterinarynurse.com/content/practical/endotracheal-intubation-of-the-dog-and-cat/>
- Teixeira Neto, F. J., Carregaro, A. B., Mannarino, R., Cruz, M. L., & Luna, S. P. (2002). Comparison of a sidestream capnograph and a mainstream capnograph in mechanically ventilated dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 221(11), 1582–1585. <https://doi.org/10.2460/javma.2002.221.1582>
- Thurmon, J. C., Traquilli, W. J., & Benson, J. G. (2003). *Fundamentos de Anestesia y Analgesia en pequeños animales*. Masson.
- Tong, J., & Pang, D. S. J. (2019). Investigating novel anatomical predictors for endotracheal tube selection in dogs. *Canadian Veterinary Journal*, 60. <https://doi.org/10.7910/DVN/F4AQI0>
- Torres Cantó, L., Auckburally, A., & Pernet, N. (2022). Guide to manual positive pressure ventilation (Bagging) in companion animal practice. *In Practice*, 44(10), 564-576. <https://doi:10.1002/inpr.269>

- Tranquilli, W.J., & Grimm, K.A. (2015). Introduction: Use, definitions, history, concepts, classification, and considerations for anesthesia and analgesia. En K.A. Grimm, L.A. Lamont, W.J. Tranquilli, S.A. Greene & Robertson, S.A. (Ed.), *Veterinary anesthesia and analgesia. The fifth edition of Lumb and Jones* (5<sup>a</sup> ed., pp. 3-9). Wiley Blackwell.
- Tsukimoto, K., Arcos, J.P., Schaffartzik, W., Wagner, P.D., & West, J.B. (1990). Effect of common dead space on VA/Q distribution in the dog. *Journal of Applied Physiology*, 68(6), 2488-2493. <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.68.6.2488>
- University of Bristol. (2017). *Canine endotracheal intubation*. <https://www.bristol.ac.uk/media-library/sites/vetscience/documents/clinical-skills/Endotracheal%20Intubation.pdf>
- Vainio, O., & Palmu, L. (1989). Cardiovascular and respiratory effects of medetomidine in dogs and influence of anticholinergics. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 30(4), 401-408.
- Vanova-Uhrikova, I., Rauserova-Lexmaulova, L., Rehakova, K., Scheer, P., & Doubek, J. (2017). Determination of reference intervals of acid-base parameters in clinically healthy dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 27(3), 325–332. <https://doi.org/10.1111/vec.12589>
- Veterinary Hospital Managers Association. (2020). *Insiders insight benchmark report. December, 2020 vs. December, 2019* [https://cdn.ymaws.com/members.vhma.org/resource/resmgr/insiders\\_insight\\_-\\_2021/VHMA\\_Insiders\\_Insight\\_Januar.pdf](https://cdn.ymaws.com/members.vhma.org/resource/resmgr/insiders_insight_-_2021/VHMA_Insiders_Insight_Januar.pdf)
- Warne, L. N., Bauquier, S. H., Pengelly, J., Neck, D., & Swinney, G. (2018). STANDARDS OF CARE Anaesthesia guidelines for dogs and cats. *Australian Veterinary Journal*, 96(11), 413–427. <https://doi.org/10.1111/avj.12762>
- Warner, D.O., Joyner, M.J., & Ritman, E.L. (1994). Anesthesia and chest wall function in dogs. *Journal of Applied Physiology*, 76(6), 2802-2813. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.6.2802>
- Widrich, J., & Shetty, M. (2024). *Physiology, pulmonary vascular resistance*. StatPearls.
- Wiederstein, I., & Moens, Y. P. (2008). Guidelines and criteria for the placement of laryngeal mask airways in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 35(5), 374–382.

- Williams, E., Dassios, T., Dixon, P., & Greenough, A. (2022). Physiological dead space and alveolar ventilation in ventilated infants. *Pediatric Research*, 91(1), 218–222. <https://doi.org/10.1038/s41390-021-01388-8>
- Williams, L.M., Boyd, K.L., & Fitzgerald, B.M. (2023). *Etomidate*. StatPearls Publishing.
- Wolf, J., Buckley, G. J., Rozanski, E. A., Fletcher, D. J., Boller, M., Burkitt-Creedon, J. M., Weigand, K. A., Crews, M., & Fausak, E. D. (2024). 2024 RECOVER Guidelines: Advanced Life Support. Evidence and knowledge gap analysis with treatment recommendations for small animal CPR. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 34(S1), 44–75. <https://doi.org/10.1111/vec.13389>
- Xu, T., Mandour, A. S., Shimada, K., Hamabe, L., & Tanaka, R. (2025). A Comprehensive overview of respiratory compliance in dogs under general anesthesia: Clinical factors and future perspectives. *Animals*, 15(5), 746. <https://doi.org/10.3390/ani15050746>
- Yun, T., Chae, Y., Koo, Y., Lee, D., Kim, H., Yang, M. P., & Kang, B. T. (2023). Preliminary study of neurofilament light chain as a biomarker for hypoxia-induced neuronal injury in dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1284306>
- Zersen, K. M. (2023). Setting the optimal positive end-expiratory pressure: a narrative review. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1083290>
- Zersen, K. M., Haraschak, J. L., & Sullivan, L. A. (2020). Development of a tension pneumomediastinum during mechanical ventilation of a young Irish Wolfhound. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 30(3), 342–346. <https://doi.org/10.1111/vec.12927>