

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**MONOGRAFÍA**

**“Actualidad del uso del Isoflorano como Anestésico  
Inhalado”**

**Por**

**BÁRBARA IRAÍS OLMEDO GUTIÉRREZ**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**JUNIO 2013.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**MONOGRAFÍA**

**“Actualidad del uso del Isoflorano como Anestésico  
Inhalado”**

**APROBADA POR EL COMITÉ**

**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**MC. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELÍAS**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE  
CIENCIA ANIMAL**

---

**MVZ. RODRIGO I. SIMÓN ALONSO**



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

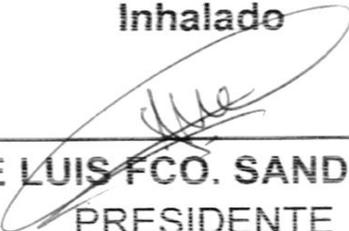
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

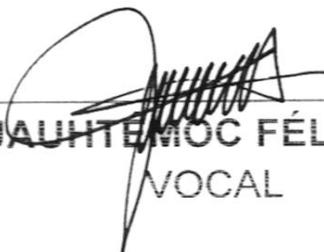
**MONOGRAFÍA**

**Actualidad del uso del Isoflorano como Anestésico  
Inhalado**



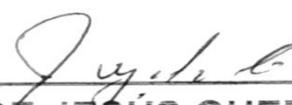
---

**MC. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELÍAS**  
PRESIDENTE



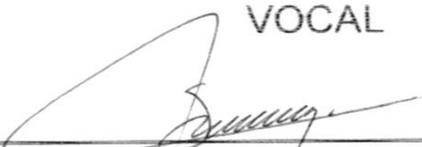
---

**MVZ. CUAUHEMOC FÉLIX ZORRILLA**  
VOCAL



---

**MC. JOSÉ DE JESÚS QUEZADA AGUIRRE**  
VOCAL



---

**MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO**  
VOCAL SUPLENTE

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE	I
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIAS	IV
TÍTULO	V
RESUMEN	V
I. INTRODUCCIÓN	1
II. HISTORIA DE LA ANESTESIA	3
III. EVALUACIÓN DEL PACIENTE	8
3.1 HISTORIA CLÍNICA	8
3.2 EXAMEN FÍSICO	9
IV. FUNDAMENTOS DE LA ANESTESIA	12
V. TIPOS DE AGENTES INHALATORIOS	13
VI. DISTRIBUCIÓN Y ELIMINACIÓN DE UN ANESTÉSICO INHALATORIO	14
VII. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ANESTÉSICO INHALADO	16
7.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	16
7.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	16
7.3 PRESIÓN DE VAPOR	18
7.4 SOLUBILIDAD	18
7.5 COEFICIENTE DE PARTICIÓN	19
7.6 COEFICIENTE DE PARTICIÓN SANGRE/GAS	20
7.7 COEFICIENTE DE PARTICIÓN GRASA/GAS	20
7.8 CONCENTRACIÓN ALVEOLAR MÍNIMA (CAM)	21
7.9 FACTORES QUE INFLUYEN EN VALOR DE CAM	22
VIII. ETAPAS DE LA ANESTESIA	22
IX. FARMACOLOGÍA DE LOS AGENTES INHALATORIOS	26

X. ISOFLURANO	27
10.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	27
10.2 EFECTOS FARMACOLÓGICOS	28
XI. MONITORIZACIÓN	29
XII. MAQUINA DE ANESTESIA INHALATORIA	32
12.1 COMPONENTES DE LA MAQUINA INHALATORIA	33
XIII. TUBOS ENDOTRAQUEALES	37
XIV. CIRCUITOS ANESTÉSICOS	39
14.1 CIRCUITOS ABIERTOS	39
14.2 CIRCUITOS SEMIABIERTOS	40
14.3 CIRCUITO COAXIAL O DE BAIN	41
14.4 CIRCUITO MAGILL	41
14.5 CIRCUITO SEMICERRADO	42
14.6 CIRCUITO CERRADO	42
XV. CONCLUSIÓN	43
XVI. REFERENCIAS	44

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme permitido vivir estos cinco años maravillosos de mi carrera.

A mi Padre, por haberme apoyado todos estos años de estudio y enseñarme que no importa lo difícil que pueda ser la carrera, todo es posible si disfrutas lo que haces.

A mi Madre, por siempre estar a mi lado apoyándome y viéndome crecer en la realización de mis metas en la vida.

A mis Hermanas por tantos consejos enseñados y aprendidos, pues ellas son parte de mi motor.

A mi maestro y segundo padre, el Dr. Sergio Rodríguez Gutiérrez por enseñarme lo hermosa y satisfactoria que puede llegar a ser esta carrera cuando en verdad amas lo que haces.

A mi Alma Terra Mater, por permitirme permanecer en ella y así poder adquirir los conocimientos necesarios para el desempeño de esta carrera.

A todos y cada uno de los maestros y compañeros, que me enseñaron a ser mejor persona tanto profesional como emocionalmente, por dejarme compartir con ellos estos cinco años de carrera y lo que viene por delante.

## **DEDICATORIAS**

A mis Padres, Hermanas y al Dr. Sergio Rodríguez Gutiérrez.

# Actualidad del uso del Isoflorano como Anestésico Inhalado

## RESUMEN

Desde el principio de los tiempos en la historia de la anestesia, se han utilizado diferentes medios para eliminar el dolor durante procedimientos quirúrgicos, tales como el éter, el cloroformo, etc.

Así fueron evolucionando los distintos fármacos, hasta que llegamos a los que se utilizan hoy en día, comenzando por el uso de barbitúricos en 1930, hasta llegar a los anestésicos inhalados tales como los hidrocarburos fluorados, como el Metoxifluorano, el Halotano, el Enflurano y el Isoflorano (Soberanes et al, 1999). La anestesia inhalatoria ha marcado un punto de no retorno, debido a su fácil inducción, relajación y su rápida recuperación.

Siendo el Isoflorano uno de los más utilizados en pequeñas especies y en equinos, el punto principal a tratar en éste trabajo. Siendo éste el más estable de los anestésicos volátiles y no es inflamable, es un líquido incoloro, con olor parecido al éter, no irritante y de efecto rápido. Produciendo una buena relajación muscular y una recuperación rápida.

Aprendiendo a la vez, de la maquinaria utilizada para anestesia inhalada, la cual nos ayudara a tener un mayor control sobre ésta dándonos un buen margen de estabilidad durante y posterior a la cirugía.

(Palabras claves: **ISOFLORANO, HISTORIA DE LA ANESTESIA, ANESTESIA INHALADA**)

## I. INTRODUCCIÓN

El manejo de los animales se ve en ocasiones dificultado por el carácter nervioso e incluso agresivo, de forma que se hace necesaria la contención de éstos por métodos farmacológicos, tanto para intervenciones quirúrgicas mayores como menores. Numerosos trabajos han tratado la acción de distintos anestésicos sobre la función cardiovascular y pulmonar. Aun considerando estas funciones como primordiales a la hora de valorar un procedimiento anestésico, creemos que conviene profundizar, aún más, en el conocimiento de los distintos anestésicos y acercarnos más a ese anestésico ideal que nos permita lograr el mayor bienestar animal, reduciendo al mínimo el estrés de los animales.

La anestesia inhalatoria es tan habitual en anestesia humana y veterinaria que resulta difícil de imaginar el impacto que produjo la introducción del primer anestésico inhalatorio en el campo de la cirugía. Antes de la aparición de la anestesia cada intervención quirúrgica estaba asociada a dolor y era necesario que los cirujanos trabajaran a toda prisa mientras que los ayudantes inmovilizaban manualmente al paciente. La introducción del éter dietílico en 1842 y el óxido nitroso en 1844 permitió llevar a cabo una cirugía menos cruenta y segura, constituyendo uno de los avances más importantes de la medicina. La anestesia inhalatoria continua siendo la anestesia quirúrgica más segura y frecuente. En la actualidad los agentes inhalatorios que se utilizan con más frecuencia en pequeños animales son el isoflurano y el sevoflurano siendo de menos uso el halotano. De los múltiples agentes inhalatorios que existen, estos dos han demostrado ser los que mejor se adaptan a los pacientes veterinarios basándose en su comodidad, costo, seguridad y efectividad. En algunas clínicas e instituciones de referencia se utilizan ocasionalmente el metoxiflurano, enflurano, desflurano y óxido nitroso. Otros agentes inhalatorios utilizados en el pasado como el éter, cloroformo y tricloroetileno, en la actualidad son solamente de interés histórico (Mcklvey y Wayne, 2003).

Los fármacos anestésicos por inhalación se usan para producir anestesia general. Pueden utilizarse en todas las especies, incluyendo reptiles, aves y mamíferos tanto domésticos como de zoológicos. Su empleo inocuo requiere de conocimientos, no solo sobre sus efectos farmacológicos, sino también sobre sus propiedades físicas y químicas. Idealmente, estos fármacos producirán inconsciencia (hipnosis), hiporreflexia, y analgesia. El mantenimiento por medio de anestesia inhalatoria ofrece un despertar más rápido por su depuración a través de los pulmones y además, no tiene un efecto acumulativo en el organismo, estas dos ventajas nos permiten ofrecer al paciente una anestesia más segura (Baéz et al., 2007).

En anestesia veterinaria, la popularidad de las técnicas mediante agentes inyectables se debe a que requieren de un mínimo equipo. Sin embargo, la depresión de los reflejos de las vías aéreas y la hipoventilación que caracterizan la mayoría de las técnicas inyectables justifican la intubación endotraqueal, el enriquecimiento del gas inspirado con oxígeno (O<sub>2</sub>) y la insuflación intermitente de los pulmones.

La ventaja de las técnicas inhalatorias es que tienen un lugar asegurado en animales de compañía a pesar de la dependencia de equipos complicados. Por lo tanto, los veterinarios que solo utilizan la anestesia inyectable necesitan entender cómo se hacen funcionar algunos equipos de anestesia volátil (Seymour y Gleed, 2001).

Resulta esencial conocer la máquina de anestesia y los diversos circuitos de administración de anestésicos inhalatorios para su empleo seguro. De igual manera, es importante la determinación de las velocidades correctas de flujo de oxígeno en diversos circuitos de liberación de gases y la evacuación de gases residuales. La monitorización es una parte integral de la anestesia moderna. La detección temprana de los trastornos fisiológicos inducidos por el anestésico incrementa la seguridad de la anestesia y realza la probabilidad de una recuperación de la conciencia sin incidentes notables. Este manual presenta los principios básicos de la captación y distribución del Isoflurano, así como el uso de la máquina de anestesia (Thurmon et al., 2003).

## II. HISTORIA DE LA ANESTESIA

El rápido desarrollo del mundo moderno ha llevado al hombre a la permanente búsqueda de respuestas científicas en todos los órdenes. Se buscan respuestas que permitan combatir, neutralizar o superar muchas enfermedades. Igualmente, la búsqueda de nuevos fármacos que contribuyen a ese propósito, es incesante. Y en ese marco, las acciones médicas quirúrgicas demandan nuevos fármacos anestésicos que hagan dicha actividad más segura y efectiva. (Priestley, 1770-1780)

La anestesia como Ciencia y como Práctica tiene el objetivo principal de que el paciente sea intervenido quirúrgicamente con éxito. Se debe asegurar el “plano ideal para operar”, que implica que el paciente “esté sedado, con analgesia, con anestesia, con relajación muscular y un control neuroendocrino”. Dicho control significa la existencia de condiciones donde no hay liberación de sustancias vasoactivas producidas por el estrés operatorio. Se busca el anestésico ideal que cumpla con determinados requisitos. Según Chavarría (1999), este ideal de anestesia es el que poco a poco comienza a forjarse y de la que seguramente será testigo el nuevo siglo y sus habitantes.

En las últimas décadas se han logrado niveles de conocimientos suficientes para contemplar el apasionante capítulo de los fármacos activos sobre el Sistema Nervioso Central (SNC) con perspectivas bien distintas a las de hace unos años, pues son tantos los datos disponibles y tan importantes los hallazgos, que bien podemos decir que la cosecha de problemas resueltos es muy grande, pero todavía promete ser mayor. En la búsqueda incesante de principios activos no ha habido una línea de continuidad, sino más bien altibajos muy pronunciados (Esplugues, 1981). Recordaremos los hechos más significativos basándonos en los datos históricos indicados por Lumb y Jones (1981).

Los primeros intentos efectuados para producir anestesia parece que se llevaron a cabo en la especie humana. Aparentemente, las ventajas para su utilización en animales no fueron reconocidas.

Hacia el 3000 a.C., los asirios conocían un método eficaz para causar "anestesia", aunque no exento de peligro, comprimiendo la carótida a nivel del cuello con la consiguiente isquemia cerebral y la aparición de un estado comatoso, lo cual era aprovechado para la cirugía. En las civilizaciones ribereñas del Tigris y del Éufrates comenzaron a usarse algunos vegetales de efecto narcótico, como la adormidera, la mandrágora y el *cannabis indica*, que se cultivaban en Persia o en la India. Del 3000 al 1000 a.C., a los niños del antiguo Egipto se les administraba adormidera por las noches para que dejaran descansar a sus padres. Existe constancia documental de que los sacerdotes médicos del antiguo Egipto realizaron intervenciones difíciles, como trepanaciones craneales en cirugía humana y cirugía intra-abdominal en animales domésticos como en los équidos, y que en ellas utilizaban bebidas alcohólicas y opio para paliar el dolor (Orden *et al.*, 1996).

En otras civilizaciones antiguas como la china, además de la acupuntura, se describe la utilización de la marihuana para producir inconsciencia y evitar el dolor. Pero en estas culturas antiguas y en las tribus primitivas actuales de Oceanía, Sudamérica e incluso de África, no sólo se sirven de diversas drogas para paliar o evitar el dolor, sino que emplean métodos físicos para conseguir insensibilizaciones temporales, tales como: la asfixia controlada; la conmoción cerebral, golpeando un cuenco de madera colocado sobre la cabeza, con lo que se produce más de un accidente mortal; la compresión de los nervios superficiales de las extremidades para producir pérdida de sensibilidad en las porciones distales; frío; derivación del dolor, etc. (Orden *et al.*, 1996). En el 460-377 a.C., Hipócrates usa la "esponja soporífera", impregnada con una preparación de opio, beleño y mandrágora. El origen primario de la palabra anestesia en su significado moderno corresponde a Dioscórides, médico griego, en el año 50. Al describir los efectos de la mandrágora empleó la palabra exactamente como se usa en la

actualidad. En 1540, Paracelso produjo éter y encontró que tenía un efecto soporífero en las aves. A pesar de esto, no se progresó más hasta que se desarrolló la química y el dióxido de carbono (Black, 1754) y fueron descubiertos otros gases, incluyendo el oxígeno (Priestley, 1770-1780). En 1800, Sir Humphrey Davy sugirió que el óxido nitroso pudiera tener propiedades anestésicas. Poco tiempo después, Hickman (1824) demostró, por medio de la experimentación en los animales, que el dolor de la operación quirúrgica podría ser aliviado por la inhalación del dióxido de carbono. A pesar de esto, no fue hasta 1842 cuando se empleó el éter para producir anestesia en el hombre, tanto por Clarg como por Long, separados por dos meses de diferencia. Sin embargo, este descubrimiento no fue ampliamente publicado, y el empleo de éter no se generalizó hasta que Morton indujo la anestesia con éter en una persona, en 1846.

Entre tanto, el Dr. Horace Wells (1844) descubrió las propiedades anestésicas del óxido nitroso. Hasta 1850, los médicos veterinarios tenían que confiar mucho en la capacidad de soporte del dolor de los animales. Los procedimientos quirúrgicos se efectuaban muy pocas veces y eran raramente exitosos y, sobre todo, muy angustiosos y dolorosos para los pacientes. Las herramientas básicas utilizadas en esa época como preanestesia por los cirujanos veterinarios, nos muestran las dificultades que éstos tuvieron que afrontar.

A pesar de que el cloroformo fue descubierto por Liebig en 1831, no fue hasta 1847 cuando se empleó para la anestesia general en animales por Fluorens y, en el hombre, por el Dr. Simpson. Estas primeras intervenciones se caracterizaron por el uso de anestesia por inhalación y los equipos que se usaron constaban de: una máscara de cuero conectada a un tubo de acero que a su vez era enroscado a un recipiente que tenía una válvula (Fig.1). Este estaba marcado con medidas en mililitros que se ajustaban a las necesidades del animal.



Fig. 1.- Frasco y mascarilla de piel, para inhalación.

En unas pocas semanas, el cloroformo casi había desplazado al éter como anestésico general en muchas instituciones.

Después del aislamiento inicial de la cocaína por Albert Niemann en 1860, Anrep, en 1878, sugirió la posibilidad de utilizar la cocaína para anestesia local después de inyectarse él mismo en el brazo una solución débil. En 1898 August Bier produjo verdadera anestesia espinal en animales. Mientras que el empleo de anestesia por infiltración (infiltración de un anestésico en la zona quirúrgica) fue fomentado por Reclus en 1890, y Schleich en 1892, la anestesia por conducción (inyección de un anestésico local en el trayecto de uno o varios nervios) fue introducida por Halstead y Hall en 1884. Estas técnicas se hicieron más populares con la introducción de sustitutos de la cocaína tóxica al terminar el siglo. Con estos avances fue posible la inducción de la anestesia subaracnoidea en caballos, ganado y perros por Cuille y Sendrail (1901). Mientras que Cathelin (1901) describió el uso de la anestesia epidural en el perro, Retzgen, Benesch y Brook aplicaron las técnicas de la anestesia epidural en grandes animales en 1920. A pesar de que la anestesia paralumbar fue introducida en el hombre por Sellheim en 1909, no fue hasta la década de los cuarenta cuando Farquharson y Formston desarrollaron estas técnicas en el ganado.

La anestesia general en pequeños animales domésticos se tornó más común después de la introducción de los barbitúricos, a finales de los años veinte y, en particular, con el desarrollo y la introducción del pentobarbital sódico en 1930. La anestesia barbitúrica recibió un impulso adicional con la introducción de los tiobarbitúricos y, en forma especial, con el tiopental sódico en 1934. El desarrollo de la anestesia de los grandes animales tuvo que esperar a la introducción de agentes preanestésicos, tales como los derivados de la fenotiacina, por Charpentier, en 1950. En años recientes, los hidrocarburos fluorados han revolucionado la anestesia por inhalación en la práctica veterinaria, tanto en pequeñas como en grandes especies. En 1956, Johnson utilizó en clínica el halotano y 3 años más tarde Artusio y Van Poznak emplearon el metoxifluorano. Eger, en 1961 introduce el concepto de "concentración alveolar mínima" (CAM). Terrel sintetiza el enflurano, en 1963, y el isoflurano, en 1965. En 1966 se hace el primer uso clínico del enflurano. En 1980, la FDA (Food and Drugs Administration) aprueba el uso en los Estados Unidos del isoflurano. Los estudios clínicos de este halogenado se habían iniciado en 1970, pero tardó en salir al mercado por los problemas de carcinogénesis que se habían obtenido de él. En 1981 ya se comenzó a utilizar isoflurano en clínica. Finalmente, desde 1992, se utiliza el desflurano. De igual manera, la anestesia parenteral se ha visto desarrollada en los últimos años con la aparición de anestésicos disociativos, como la ketamina con distintas combinaciones de fármacos que permiten reducir las dosis de anestésicos, o con nuevos anestésicos, como el propofol, etc. Por último, el objetivo de lograr un mayor bienestar animal, está potenciando aún más la búsqueda de un anestésico que cumpla con la mayor parte de los requisitos del anestésico ideal y que cause el menor trastorno posible en los pacientes.

### **III. EVALUACIÓN DEL PACIENTE**

La evaluación preanestésica detallada es esencial para elegir la medicación, el monitoreo y otras medidas de sostén (líquidos, ventilación) (Paddleford, 2000).

El objetivo de una evaluación previa a la anestesia es determinar el estado físico del animal. Éste se determina por:

- a) La historia clínica
- b) La inspección visual (actitud, condición, complexión, temperamento)
- c) La palpación, percusión y auscultación
- d) Los resultados de laboratorio y procedimientos diagnósticos específicos.

El examen físico deberá acompañarse de una evaluación de los sistemas nervioso, cardiopulmonar, hepático y renal en presencia del dueño para consultar datos y comunicarle los riesgos de la anestesia (Thurmon et al., 2003)

Algunas de las características que pueden apreciarse en la inspección, son la coloración de mucosas, la existencia de caquexia u obesidad, el grado de consciencia o algún tipo de dificultad respiratoria (Ezquerria et al., 1992).

Mediante la palpación se pueden determinar, entre otros parámetros, el grado de sequedad de las mucosas, el tamaño de los ganglios linfáticos y el pulso. Por último se realiza la percusión de la cavidad torácica y la auscultación del aparato respiratorio y del corazón, lo que permite detectar fundamentalmente arritmias y soplos (Ezquerria et al., 1992).

#### **3.1 HISTORIA CLÍNICA**

El examen de un animal no se considera completo sin una adecuada anamnesis. Es recomendable obtener una base de datos mínima de cada paciente. Si la información obtenida de un determinado animal revela la presencia

de algún riesgo potencial, el veterinario podrá optar entre modificar el protocolo anestésico o posponer (incluso cancelar) la anestesia.

La base de datos mínima para cada paciente debe incluir la siguiente información:

- a) Anamnesis del paciente
- b) Naturaleza de la intervención a llevar a cabo bajo anestesia.
- c) Examen físico completo
- d) Pruebas diagnósticas requeridas por el veterinario que pueden incluir radiografías, electrocardiograma, urianálisis, biometría hemática y bioquímica sanguínea (Mckelvey y Wayne, 2003).

Debe contener una descripción completa del animal, pues factores como la edad, sexo y peso pueden afectar el metabolismo de los fármacos anestésicos. También es de interés conocer su historial médico, sobre todo en lo referente a intervenciones quirúrgicas, anestesia recibida y reacción del paciente, alergia a medicamentos, etc (Ezquerro et al., 1992).

### **3.2 EXAMEN FÍSICO**

Para empezar el examen físico, se debe observar al paciente cuando entra al cuarto, continuar la evaluación visual del paciente mientras se efectúa la historia clínica, observar el estado general del cuerpo y las anomalías en conducta, actitud, postura, ambulación y patrón respiratorio (Bircard y Sherding, 1996).

El animal debe ser evaluado en forma sistémica durante el examen físico incluyendo todos los sistemas corporales. Considerar la condición general del enfermo, en los pacientes traumatizados se debe efectuar los exámenes neurológicos, además de las evaluaciones respiratorias, gastrointestinales, cardiovasculares y del sistema urinario. Las emergencias pueden permitir solo una exploración breve hasta que el paciente este estabilizado. La evaluación del estado físico preanestésico es uno de los mejores determinantes de la probabilidad de emergencias cardiopulmonares durante y después de la cirugía; a

mayor deterioro del estado físico, más elevado es el riesgo de las complicaciones anestésicas y operatorias (Fossum, 1999).

### **Exploración Física**

- a). Obesidad
- b). Caquexia
- c). Gestación
- d). Hidratación
- e). Temperatura
- e). Tranquilo o excitado
- g). Nervioso o inquieto

### **Cardiovascular**

- a). Frecuencia y ritmo cardiaco
- b). Presión arterial, calidad y regularidad del pulso
- c). Tiempo de llenado capilar (<1.5 seg.)
- d). Auscultación (ruidos cardiacos)

### **Pulmonar**

- a). Frecuencia, profundidad y esfuerzo respiratorios:
  - 15 a 25 respiraciones por minuto en animales pequeños y de 8 a 20 en animales grandes.
- b). Mucosas:
  - Palidez (anemias o vasoconstricción)
  - Cianosis
- c). Auscultación (sonidos respiratorios)
- d). Obstrucción de las vías aéreas respiratorias superiores
- e). Percusión

### **Hepática**

- a). Ictericia
- b). Coagulopatía
- c). Coma y convulsiones

## **Renal**

- a). Vómitos
- b). Oliguria, anuria
- c). Poliuria, polidipsia

## **Gastrointestinal**

- a). Diarrea
- b). Vómitos
- c). Distensión
- d). Auscultación de ruidos intestinales

## **Sistema nervioso y órganos sensoriales**

- a). Agresividad/depresión
- b). Convulsiones
- c). Desmayos
- d). Coma

## **Metabólica endocrina**

- a). Temperatura (hipotermia, hipertermia)
- b). Pérdida de pelo
- c). Hipo e hipertiroidismo
- d). Hipoadrenocorticalismo e hiperadrenocortisismo
- e). Diabetes

## **Tegumentos**

- a). Hidratación
- b). Neoplasias
- c). Enfisema subcutáneo (costillas fracturadas)
- d). Parásitos (pulgas, ácaros, garrapatas), anemia
- e). Perdida de pelo
- f). Quemaduras

g). Traumatismos

### **Musculo esquelético**

- a). Masa muscular (% de grasa)
- b). Debilidad
- c). Desequilibrio electrolítico (hipopotasemia, hipocalcemia)
- e). Fracturas

## **IV. FUNDAMENTOS DE LA ANESTESIA**

### **AGENTES ANESTÉSICOS**

Los anestésicos son agentes empleados para someter al paciente a insensibilidad absoluta. El término anestesia significa sin sensación, o con pérdida de ella, como acompañamiento reversible de la depresión del tejido nervioso, sea una depresión local o general (Sumano y Ocampo, 1997). El término fue propuesto por Wendell Holmes (1846) para describir el proceso reversible de depresión del SNC por un fármaco que produce inconsciencia y reducción o ausencia de la respuesta a los estímulos externos, de manera que el paciente no responde a ellos (Jones, 2001).

Los agentes inhalatorios tienen varias ventajas, incluyendo la administración conjunta de oxígeno, la facilidad con la que se cambia la profundidad de la anestesia, y el hecho de que la recuperación no depende del metabolismo. Se administran por circuitos de respiración, siendo los más comunes los sistemas de círculos anestésicos o circuitos cerrados (Birchard y Sherdong, 1996).

La estructura química de los anestésicos inhalados y sus propiedades físicas son determinantes en su mecanismo de acción y en la seguridad de la administración. Las características fisicoquímicas determinan e influyen en las

consideraciones practicas, como la forma de administración (por ejemplo gas o liquido), resistencia de la molécula a la degradación por factores físicos (exposición a la luz o calor) y estabilidad al entrar en contacto con otros materiales (metal, plástico, cal sodada) (Ibancovich, 2009).

#### **Consideraciones generales:**

- a) Los agentes para la inhalación son vapores o gases que se administran directamente en el aparato respiratorio.
- b) Deben ser absorbidos desde los alveolos hacia el torrente sanguíneo y pasar al encéfalo para producir una tensión cortical (presión parcial en el encéfalo).
- c) La duración de los efectos clínicos de los anestésicos o inhalación no depende principalmente de la detoxicación por el organismo, si no que son eliminados con relativa rapidez por los pulmones.
- d) Debido a la relativa rapidez en la captación y en la eliminación, se puede ejercer un buen control sobre la profundidad de la anestesia, aunque es necesaria una vigilancia constante del paciente (Muir et al., 2001).

## **V. TIPOS DE AGENTES INHALATORIOS**

### **ÉTER DIETÍLICO**

Fue durante muchos años, el anestésico más utilizado. Los animales anestesiados con este agente normalmente mantenían un gasto cardiaco y una presión arterial relativamente estable, aunque la frecuencia cardiaca podría ser ligeramente aumentada. El éter no sensibiliza el corazón a la epinefrina son lo que existía poco riesgo de arritmias cardiacas. Produce una buena relajación muscular y analgesia. (Mckelvey y Wayne 2003).

La inducción es desagradable para el animal y sus propiedades irritantes pueden causar tos, secreciones bronquiales y salivares profusas y, ocasionalmente, laringoespasma (Flecknell, 1996).

El éter es inflamable y explosivo y para un almacenamiento seguro es necesaria una nevera a prueba de explosiones (Mckelvey y Wayne 2003).

## **ÓXIDO NITROSO**

A pesar de que el óxido nitroso se introdujo como anestésico hace más de 150 años todavía se utiliza extensamente en anestesia humana y en menor proporción en anestesia veterinaria (Mckelvey y Wayne 2003).

En contraste con otros agentes inhalatorios (que son líquidos) el óxido nitroso es un gas y, como tal, se administra directamente de las bombas de aire comprimido y su administración no requiere el uso de vaporizador.

## **COMPUESTOS HALOGENADOS**

Los agentes más utilizados son el isoflurano, el sevoflurano que son químicamente similares. Otros clorofluorcarbonados son el metoxiflurano, enflurano. Estos agentes son líquidos a temperatura ambiente pero se vaporizan con rapidez en el interior de una máquina de anestesia. Para mantener la anestesia general se administra el anestésico vaporizado mezclado con oxígeno (Sakai et al., 2005).

## **VI. DISTRIBUCIÓN Y ELIMINACIÓN DE UN ANESTÉSICO INHALATORIO**

El líquido anestésico se vaporiza dentro de la máquina anestésica, se mezcla con oxígeno y se administra al paciente mediante una máscara o un tubo endotraqueal. El anestésico viaja por las vías respiratorias hasta los alveolos pulmonares, donde difunde a través de las células alveolares y entra en el torrente sanguíneo (Mckelvey y Wayne 2003).

Considerando un gasto cardiaco fisiológico y que el coeficiente de partición sangre/gas del anestésico es una característica intrínseca a éste, durante la inducción anestésica, la captación de un anestésico desde el alveolo hacia la sangre dependerá exclusivamente del gradiente de presión que se genere entre estos dos compartimentos, y seguirá habiendo captación hasta que se produzca un equilibrio entre las presiones parciales del anestésico en el alveolo y la sangre venosa (Tendillo y Santos, 2006).

Al igual que con los inyectables, los anestésicos inhalatorios llegan a los tejidos procedentes del torrente sanguíneo y los tejidos arraigados (cerebro, corazón, riñón) se saturan de anestésico con más rapidez que otros tejidos menos irrigados como el musculo esquelético o el tejido adiposo (Mckelvey y Wayne 2003).

Debido a la relativamente alta liposolubilidad, el anestésico abandona la circulación y entra en el encéfalo, induciendo la anestesia. La profundidad anestésica viene determinada por la presión parcial del agente en la sangre y en los alveolos. La anestesia se mantendrá mientras se suministre una cantidad suficiente de anestésico inhalatorio a los alveolos, e manera que se mantenga la concentración sanguínea, alveolar y cerebral (Mckelvey y Wayne 2003).

Cuando se reduce el porcentaje de anestésico administrado, o se interrumpe el suministro, se produce una disminución de la cantidad de fármaco en los alveolos. Igualmente, durante la recuperación anestésica, la eliminación del anestésico inhalatorio dependerá del gradiente que se genere, en este caso, entre la sangre y el alveolo, siempre y cuando el animal continúe respirando y eliminando el anestésico de los alveolos (Tendillo y Santos, 2006).

## **VII. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ANESTÉSICO INHALADO**

### **7.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

En la actualidad todos los anestésicos inhalatorios son componentes orgánicos, excepto el óxido nitroso ( $N_2O$ ). Los agentes de interés actual se clasifican además como hidrocarburos alifáticos o éteres. En la búsqueda continua de un anestésico inhalatorio menos reactivo, más potente y no inflamable, predomina la tendencia a halogenizar dichos componentes (Thurmon et al., 2003).

Solo el enflurano, el isoflurano y el sevoflurano son estables en presencia de luz y no necesitan conservantes para almacenamiento. Tanto como el halotano como el metoxiflurano pueden degradarse y convertirse en productos tóxicos si quedan expuestos a la luz solar, por esta razón se comercializan en botellas oscuras. Además al halotano se le añade un conservante (0.01% de timol) se acumula como residuo en el recipiente y puede afectar la mecánica y las características del vaporizador (Seymour y Gleed, 2001).

Como el halotano y el metoxiflurano reaccionan con metales como el aluminio y el latón, el equipo anestésico debe estar fabricado con otros materiales, por otro lado, todos los anestésicos inhalatorios reaccionan con la cal para producir monóxido de carbono ( $CO$ ), pero la magnitud de la producción es mayor con el desflurano y enflurano, intermedia con el isoflurano y menor con el halotano y sevoflurano.

El monóxido de carbono es tóxico, así que hay que evitar su acumulación en los circuitos de respiración. Esta interacción no es cuantitativamente suficiente para impedir el uso de agentes inhalatorios, sin embargo, debe evitarse utilizar anestésicos inhalatorios de monóxido de carbono y reemplazar periódicamente el absorbente por otro fresco y húmedo.

### **7.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

El conocimiento de las propiedades físicas de los anestésicos inhalatorios tales como la presión de vapor, la solubilidad y los coeficientes de partición es

importante para el uso clínico de estos agentes durante la inducción, recuperación y cambios de planos anestésicos (Tendillo y Santos, 2006).

Las moléculas de estos líquidos están en constante movimiento entre la fase líquida y gaseosa. Este proceso es dinámico y solo se alcanza un equilibrio cuando el número de moléculas que se transforman en gas es equivalente al número de moléculas que se vuelven a hacer líquido. Cuando se alcanza el equilibrio entre estas dos fases, las moléculas en fase gaseosa a temperatura ambiente y una presión a nivel del mar (presión parcial mmHg o kPa) es la denominada presión de vapor (Tendillo y Santos, 2006).

Cada anestésico tiene un único rango de presiones de vapor que depende de su temperatura; cuando la temperatura aumenta, lo hace la presión de vapor. A una temperatura ambiental de 20°C, el rango de presiones de vapor varía bastante, desde 23 mmHg del metoxiflurano a 681 mmHg del desflurano.

Basándose en esta información puede deducirse cual es la concentración máxima de determinado anestésico (Seymour y Gleed, 2001).

Los agentes inhalatorios se suministran como un gas o como un líquido volátil bajo condiciones ambientales, se les aplica los mismos principios físicos que cuando están en su estado gaseoso. Se puede predecir el comportamiento de los gases gracias al conocimiento de varias leyes sobre los mismos. Relaciones como las descritas Ley de Boyle (volumen/presión), la Ley de Charles (volumen/temperatura), la Ley de Gay-Lussac (temperatura/presión), la Ley de Dalton de la presión parcial (la presión total de una mezcla de gases importantes es igual a la suma de las presiones parciales de cada uno de ellos), y otras son importantes para comprender los gases de los vapores anestésicos (Thurmon, 2003).

Estos agentes también difieren en sus propiedades farmacológicas que incluyen efectos sobre los sistemas cardiovascular, respiratorio y otros sistemas vitales (Mckelvey y Wayne 2003).

### **7.3 PRESIÓN DE VAPOR**

La presión de vapor de un agente inhalatorio es la tendencia de una molécula para pasar de fase líquida a gaseosa, y ésta depende de la temperatura. La presión de vapor de los anestésicos inhalatorios suele calcularse a 20°C o 22°C. Este dato determina la velocidad en la que se dará la evaporación del líquido en el vaporizador de la máquina anestésica.

Los agentes con una presión de vapor alta, como el halotano o el isoflurano, se denominan volátiles debido a que se evaporan con facilidad. Ambos se evaporan tan rápido que pueden alcanzar una concentración superior al 30 % en el oxígeno administrado al paciente, un nivel que puede causar una sobredosis anestésica mortal, los vaporizadores están diseñados para regular y controlar los factores que influyen en la vaporización de los anestésicos líquidos; el vaporizador de precisión limita la evaporación de estos agentes y permite un uso anestésico seguro, los vaporizadores de precisión permiten una concentración máxima del 5%, nivel que es suficiente para todos los usos prácticos; sin embargo, hay otros que pueden volatilizar cualquier anestésico pero requieren de un anestesista experimentado que calcule los flujos de gas para determinar la concentración de distribución del fármaco (Mckelvey y Wayne, 2003; Seymour y Gleed, 2001).

### **7.4 SOLUBILIDAD**

Es la capacidad de un agente anestésico inhalatorio en su forma gaseosa de disolverse en un líquido o en un sólido. La cantidad de gas que se disuelve depende del propio gas, de su presión parcial, la naturaleza del solvente y de la temperatura (Tendillo y Santos, 2006).

La solubilidad de un anestésico es la principal característica del agente y tiene importantes consecuencias clínicas. Por ejemplo, la solubilidad anestésica sanguínea y tisular es un factor básico de su ritmo de absorción y distribución a través del organismo. Es un factor determinante de la velocidad de inducción y recuperación de la anestesia. La solubilidad en los lípidos comporta una importante relación con la potencia anestésica, y su tendencia a disolverse en los

componentes del suministro del material y en otros aspectos de control de la anestesia (Thutmon, 2003).

## **7.5 COEFICIENTE DE PARTICIÓN**

- El coeficiente de solubilidad sangre/gas o coeficiente de reparto) es la medición de la distribución del agente inhalatorio entre las fases sanguínea y gaseosa del organismo, es un cálculo de la tendencia de determinado anestésico a encontrarse en estado gaseoso y disolverse en la sangre (Mckelvey y Wayne, 2003).
- Un anestésico inhalatorio con un coeficiente de solubilidad bajo tiende a mantenerse en fase gaseosa en los alveolos pulmonares en lugar de disolverse en los tejidos y en la sangre, con lo que se alcanza una alta concentración en los alveolos y un fuerte gradiente de difusión hacia la sangre.
- Un agente con coeficiente de solubilidad bajo, aunque no sea intrínsecamente soluble en sangre, entrara rápidamente en la circulación y, por lo tanto, en el cerebro, provocando una rápida inducción y recuperación. Asumiendo un equilibrio rápido entre las dos fases sangre/gas, un anestésico será tanto más rápido cuando mas insoluble sea en sangre, y por tanto más bajo sea su coeficiente de partición sangre/gas (Tendillo y Santos, 2006).
- Los anestésicos con coeficiente de separación alto serán extremadamente solubles en sangre y en los tejidos. Éstos absorben el anestésico son lo que no se alcanzan niveles altos de anestésico en los alveolos y no se establece un gradiente de concentración, saturan la sangre con lentitud, de manera que la inducción y la recuperación son prolongados; los agentes muy solubles quedan atrapados en sangre y tejidos derivando en una menor salida hacia el encéfalo y una mayor distribución por el organismo (Mckelvey y Wayne, 2003).

## **7.6 COEFICIENTE DE PARTICIÓN SANGRE/GAS**

Es el más utilizado en la anestesia; un coeficiente de sangre/gas de 3 para un determinado fármaco quiere decir que cuando exista el equilibrio, habrá tres volúmenes del mismo en la sangre y uno en el gas. Por lo tanto, los fármacos con un coeficiente alto tendrán tiempos de inducción y recuperación largos, ya que son necesarias grandes cantidades de anestésico antes de que la presión parcial del mismo en la sangre sea lo suficientemente alta como para que esta comience a liberarlo y pueda producir anestesia (Pérez et al., 1999).

## **7.7 COEFICIENTE DE PARTICIÓN GRASA/GAS**

Se utiliza este coeficiente para determinar la potencia anestésica de anestésicos inhalatorios. Asumiendo un equilibrio entre las dos fases, un anestésico será tanto más potente cuanto mayor sea su coeficiente de partición grasa/gas, y por tanto más soluble en grasa (el cerebro esta mayor parte formado por lípidos) (Tendillo y Santos, 2006).

### **Efecto del segundo gas**

Es el aumento de la solubilidad de un gas cuando se mezcla con otro más soluble,

### **Volumen Tidal o de aire corriente (VT)**

Es la cantidad de aire que inspira o espira un animal en cada movimiento respiratorio. En la práctica se obtiene multiplicando el peso corporal por 10 o por 15 y expresando el resultado en mililitros (Kurt, 2008).

### **Volumen minuto**

Resultado de multiplicar el volumen tidal por la frecuencia respiratoria.

### **Espacio anatómico muerto**

Es el espacio delimitado por las vías respiratorias. El aire contenido en boca, laringe, tráquea, bronquios y bronquiolos no está sometido a ningún

intercambio gaseoso. Supone aproximadamente un 30% de la capacidad pulmonar.

### **Espacio mecánico muerto**

Es el espacio delimitado por los componentes del circuito anestésico, cuyo aire no participa en ningún intercambio gaseoso con el paciente. Esto quiere decir que hay alveolos que no reciben riego sanguíneo pero que contienen aire.

El aire del espacio muerto se convierte en un problema importante cuando se trata de conseguir una ventilación adecuada. El espacio anatómico muerto puede reducirse usando un tubo endotraqueal de tamaño adecuado para el paciente (Lasaosa y Laredo, 1996).

## **7.8 CONCENTRACIÓN ALVEOLAR MÍNIMA (CAM)**

Se refiere a la cantidad de anestésico inhalatorio que debe administrarse para causar el efecto deseado, y el índice estándar de la potencia anestésica de los anestésicos inhalatorios es la CAM. Ésta se refiere a la concentración alveolar mínima de un anestésico a una atmosfera de presión que produce inmovilidad en el 50% de los sujetos expuestos a un estímulo nocivo máximo; es una medida de la potencia del anestésico. Cuanto más baja sea el valor de ésta, más baja será la concentración requerida y por tanto más potente el anestésico. (Seymour y Gleed, 2001).

Entre las diferentes especies la variabilidad de la CAM es mínima, sin embargo, en humanos la CAM del Oxido Nitroso es de 104% haciéndolo el anestésico menos potente, éste es usualmente administrado con otros agentes anestésicos de mayor potencia (Ibancovich, 2009).

## 7.9 FACTORES QUE INFLUYEN EN VALOR DE CAM

La CAM varía en función de la especie, edad y temperatura corporal del paciente. Determinados factores como la presencia de patologías, gestación, obesidad o tratamiento con otros fármacos también puede alterar la potencia del anestésico (Mckelvey y Wayne, 2003). La CAM del sevoflurano es afectada por la edad en perros viejos que en perros jóvenes (Yamashita, 2009).

La CAM de un inhalatorio dado se reduce con el uso concomitante de analgésicos (opiáceos), hipnóticos sedantes (alfa 2 agonistas) o tranquilizantes. La morfina administrada en perros reduce la CAM en un (17-33%) dependiendo de la dosis utilizada; la acepromacina (0.02-0.2 mg/kg IM) disminuye el CAM del halotano en un 40% aproximadamente; la medetomidina (30µg/kg IM) reduce la CAM del isoflurano en un 53% (Seymour y Gleed, 2001).

## VIII. ETAPAS DE LA ANESTESIA

Los anestésicos generales son depresores del SNC, capaces de aumentar progresivamente la profundidad de la depresión central hasta producir la parálisis del centro vasomotor y respiratorio del bulbo y con ello la muerte del paciente.

Para describir mejor cómo se produce la anestesia general se han dividido en cuatro etapas, dependiendo de los signos neuromusculares reconocidos en el paciente. No hay una división clara entre las etapas al pasar de una a otra. La respuesta puede ser diferente, según el paciente y el tipo de anestésico empleado (Lumb y Jones, 1981).

Las cuatro etapas o estadios de la anestesia son las siguientes:

### a). Etapa I

Etapa de la analgesia (periodo que comprende desde el comienzo de la inducción hasta la pérdida de conciencia):

1. Desorientación, con reflejos normales o hiporreflexia, es la característica que se presenta con mayor frecuencia.

2. Se puede producir una sensación de miedo con liberación de adrenalina y mayor frecuencia cardiaca y respiratoria.

### **b). Etapa II**

Etapa de delirio y excitación, que representa el periodo de perdida inicial de la conciencia:

1. Los peligros de la etapa II son movimientos de lucha, lesiones físicas y las consecuencias del aumento de tono simpático.
2. Los centros voluntarios del cerebro están deprimidos; el paciente deja de ser consciente de su entorno y sus acciones.
3. Durante la anestesia ligera, el paciente reacciona ante cualquier clase de estímulo externo con una lucha refleja exagerada.
4. Por lo general, las respiraciones son irregulares, tanto en profundidad como en frecuencia, y pueden producirse paradas respiratorias.
5. Los parpados están muy abiertos, y el iris está dilatado a causa de la estimulación simpática.
6. Puede haber vómitos reflejos, a menos que se haya prohibido la ingesta de alimentos al menos 6 horas antes de la anestesia; puede ocurrir expulsión de heces y orina.

### **c). Etapa III**

1. Nivel I: Marcado por la aparición de una respiración completamente rítmica:
  - a) La retención de CO<sub>2</sub> durante las etapas previas puede doblar el volumen corriente en los primeros minutos.
  - b) La pre medicación anestésica afecta directamente a la frecuencia y el volumen de la respiración durante la anestesia.
  - c) Todavía se producen respuestas al dolor, aunque reducidas.
2. Nivel II: El volumen corriente suele estar disminuido; la frecuencia respiratoria puede estar aumentada o disminuida; la función cardiovascular está algo disminuida.
3. Nivel III: Perdida de actividad muscular intercostal:
  - a) La depresión respiratoria es importante.

b) La función cardiovascular está bastante deprimida, dependiendo de las características específicas del fármaco anestésico utilizado.

c) El nivel de anestesia es potencialmente peligroso.

4. Nivel IV: Parálisis completa de los músculos intercostales:

a) El paso del nivel IV está marcado por el cese de todo esfuerzo respiratorio y la dilatación de la pupila.

b) Por lo general, la función cardiovascular está alterada, con disminución de la contractibilidad cardíaca y vasodilatación que produce hipotensión.

#### **d). Etapa IV**

Paro respiratorio, seguido de colapso circulatorio; se produce la muerte en cuestión de 1 a 5 minutos (Muir et al., 2001).

### **MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS AGENTES INHALATORIOS**

Algunas teorías apuntan que los anestésicos ejercen su efecto inhibiendo la degradación del ácido gamma-aminobutírico (GABA), un neurotransmisor inhibitorio, con lo que se produce un aumento de los niveles encefálicos de GABA en el paciente anestesiado, inhibiendo la función nerviosa. Los anestésicos se disuelven en la membrana neuronal provocando una pérdida de capacidad de transmisión del impulso nervioso, con lo que los anestésicos con una liposolubilidad más alta tendrán un efecto más potente que aquellos con una menor (Mckelvey y Wayne, 2003).

## FACTORES QUE REGULAN LA LIBERACIÓN DE UNA CONCENTRACIÓN ADECUADA DE ANESTÉSICO INHALATORIO

- a) Propiedades físicas y químicas del fármaco.
  - La presión del vapor del fármaco regula la volatilidad de la anestesia por inhalación.
  - Los puntos de ebullición (excepto el óxido nítrico y el desflurano) son mayores que la temperatura ambiente (27°C)
- b) Sistema anestésico:
  - Las concentraciones proporcionadas al paciente varía según el tipo de sistema anestésico, la velocidad de flujo, el tipo de vaporizador y la temperatura del mismo.

## FACTORES RESPONSABLES DEL TRANSPORTE DEL ANESTÉSICO INHALATORIO A PULMONES Y ALVEOLOS.

- a) La presión parcial del anestésico inhalatorio en el cerebro depende de su presión parcial alveolar; esta presión alveolar del anestésico depende de la concentración inspirada y la ventilación alveolar.

## FACTORES QUE RIGEN LA CAPTACIÓN DE ANESTÉSICO POR EL CEREBRO Y LOS TEJIDOS.

- a) Los mismos que determinan la captación en los pulmones:
  - Solubilidad (frente al tejido)
  - Flujo sanguíneo de los tejidos
  - Diferencia de tensión del anestésico en tejido y sangre arterial.

## ELIMINACIÓN DE LOS ANESTÉSICOS INHALATORIOS

i. Por el pulmón:

- a) Los anestésicos inhalatorios son excretados en gran parte por los pulmones.

b) Los mismos factores que afectan a la velocidad de captación del anestésico son importantes para su eliminación:

- Ventilación pulmonar
- Flujo sanguíneo
- Solubilidad en sangre y tejidos

c) A medida que el gas anestésico es eliminado de los pulmones, la tensión arterial desciende, seguida de la tensión en los tejidos; debido al elevado flujo sanguíneo del cerebro, la tensión del anestésico desciende rápidamente y justifica el rápido despertar de la anestesia cuando se utilizan fármacos insolubles como sevoflurano y desflurano.

ii. Otras vías a través de las cuales se pueden excretar pequeñas cantidades de fármacos anestésicos inhalatorios son piel, leche, mucosas y orina.

iii: Biotransformación:

a) Los gases anestésicos son metabolizados en el cuerpo en diferentes grados.

b) El metabolismo se realiza por sistemas de enzimas microsomales hepáticas; se forman varios metabolitos que pueden ser de efectos tóxicos o secuelas.

- Aproximadamente el 20% de halotano inspirado es metabolizado, en comparación con el 50% del metoxiflurano, el 2.5% del isoflurano y menos del 1% del desflurano. (Muir et al., 2001).

## **IX. FARMACOLOGÍA DE LOS AGENTES INHALATORIOS**

Los agentes inhalatorios son productos químicos farmacológicamente activos que provocan inconsciencia, varios grados de relajación muscular y analgesia, además de cambios en la función de los sistemas orgánicos. Su administración exige conocimiento de diverso instrumental (vaporizadores, medidores de flujo, válvulas de presión) necesario para vaporizar el líquido anestésico y administrar la cantidad exacta al mismo paciente (Muir et al., 2001).

- **Agentes inhalatorios**

- **Mayor uso**

- Isoflurano

- Sevoflurano

- Menor uso**

- Halotano

- Oxido nitroso

- Agentes nuevos**

- Enflurano

- Desflurano

- Interés histórico**

- Metoxiflurano

- Éter

## **X. ISOFLURANO**

### **10.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS**

- a) Presentación: frasco con 250 ml o envase hospitalario de 10 frascos de 250 ml, composición de 100% de isoflurano. No necesita estabilizantes.
- b) Agente de elección para la inducción con máscara o cámara por sus mínimos efectos secundarios (Pérez et al., 1999)
- c) El bajo coeficiente de solubilidad permite rápidas modificaciones de la profundidad anestésica del paciente durante el curso de la anestesia. Un animal demasiado profundo o demasiado ligero responde con rapidez (en 1 o 2 minutos) al reajuste del nivel anestésico (Mckelvey y Wayne, 2003).
- d) Se utiliza en todas las especies.
- e) Es uno de los agentes menos soluble en sangre, tejidos y componentes de goma del circuito anestésico.
- f) Como la presión de vapor del isoflurano y el halotano son casi idénticas, la calibración del vaporizador es la misma (Parás et al, 2002).

## **10.2 EFECTOS FARMACOLÓGICOS**

### **Sistema nervioso**

- a) Depresor del sistema nervioso central
- b) No aumenta la irrigación craneal tanto como el halotano, con lo que está indicado su uso en pacientes con traumatismo craneal o un tumor cerebral (Mckelvey y Wayne, 2003).

### **Efectos cardiovasculares**

- a) La depresión cardíaca es menor que con el halotano o metoxiflurano.
- b) La anestesia profunda no causa espasmos musculares.
- c) El isoflurano no sensibiliza al corazón a los efectos de la epinefrina, con lo que no es arritmicogenico. Debido al mínimo efecto cardíaco, está considerado como el agente inhalatorio de elección para pacientes cardíopatas (Mckelvey y Wayne, 2003)

### **Efectos respiratorios**

- a) El isoflurano causa depresión respiratoria dependiente de la dosis.
- b) Prácticamente todo el isoflurano que se administra al paciente es exhalado rápidamente al desconectar el vaporizador.

### **Metabolismo y excreción**

- a) El isoflurano tiene una liposolubilidad baja, con lo que existe una mínima retención del fármaco en los depósitos adiposos del organismo, poco metabolismo hepático y mínima excreción renal de los metabolitos.
- b) Se ajusta perfectamente a pacientes con fallas renales y hepáticas.
- c) Es el anestésico de elección para pacientes neonatos o geriátricos (Behne et al., 1999).

## **PRECAUCIONES Y CONTRAINDICACIONES**

- a) Como ocurre con todos los anestésicos inhalantes, las concentraciones excesivas de isoflurano pueden llevar a colapso cardiopulmonar.

- b) Se postula que el contacto de isoflurano, desflurano y enflurano con absorbentes de dióxido de carbono (cal sodada y barita caustica) puede conducir a la producción de monóxido de carbono.
- c) La generación de monóxido de carbono se debe al flujo de oxígeno a través de un circuito de reinspiración no utilizado en mucho tiempo.
- d) Para evitar la generación de monóxido de carbono es crucial utilizar absorbentes de dióxido de carbono frescos y dejarlos secar (Paddleford, 2000).

## **POSOLOGÍA**

- a) Dosis de 2.5-4.5 % de inducción y 1.5-2% de mantenimiento.
- b) Tiempo de acción similar al halotano.
- c) Logro del efecto: recuperación más rápida que con el halotano (Pérez et al., 1999).

## **XI. MONITORIZACIÓN DEL PACIENTE**

La monitorización es el control intermitente o continuo de las variables fisiológicas que permite predecir y evitar posibles complicaciones durante la anestesia.

En el transcurso de la anestesia, las funciones vitales se ven influenciadas por la acción conjunta de los anestésicos administrados y la manipulación quirúrgica.

- a) Sistema cardiovascular
  - b) Sistema respiratorio
  - c) Temperatura corporal
  - d) SNC, control de la profundidad de la anestesia
- (Pérez et al., 1999)

Otros reflejos a los que debemos prestar atención para conocer el plano anestésico son:

- Reflejos mandibular y orbital

- Reflejo palpebral
- Rotación ventromedial del globo ocular
- Reflejo corneal
- Reflejo pupilar

## MONITORIZACIÓN DEL SISTEMA RESPIRATORIO

- Frecuencia y patrón respiratorio
  - Frecuencia : 10-30 rpm
  - Ritmo respiratorio fase inspiratoria 1-1.5 s; fase espiratoria 2-3 s
- Volúmenes respiratorios
  - Volumen de aire corriente (tidal): 10-15 ml/kg
  - Volumen minuto 150-250 ml/kg

## OXIMETRÍA

Determina la fracción inspirada de oxígeno. El sensor se coloca en la boca del paciente o en el circuito anestésico.

## PULSIOXIMETRÍA

Determina el grado de saturación de la hemoglobina con oxígeno e indirectamente la oxigenación en la sangre. El sensor se coloca en la lengua o mucosas (Kurt, 2008).

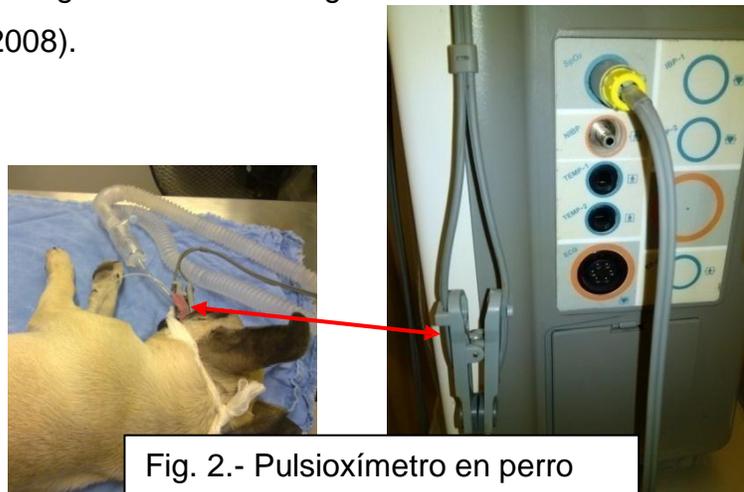


Fig. 2.- Pulsioxímetro en perro entubado (Foto del autor)

## MONITORIZACIÓN DEL SISTEMA CARDIOVASCULAR

La finalidad de la monitorización de este sistema es asegurar un gasto cardiaco suficiente para mantener las necesidades tisulares de oxígeno y nutrientes.

- Frecuencia cardiaca: 80-120
- Llenado capilar: menor a 2 seg.
- Presión arterial:
  - Sistólica: 100-160 mmHg
  - Diastólica: 60-100 mmHg
  - Media: 80-120 mmHg (Pérez et al., 1999)
- Función cardiaca:
  - Electrocardiograma: determina la actividad eléctrica del corazón. Aporta información de la frecuencia y ritmo cardiacos. Los electrodos pueden insertarse mediante pinzas.



Fig. 3.- Equipo para toma de presión y electrocardiograma. (Foto del autor)

## MONITORIZACIÓN DE LA TEMPERATURA

La anestesia disminuye la capacidad termorreguladora del animal, por ausencia de actividad muscular y por aumento de las pérdidas calóricas por conducción e irradiación. Es importante en:

- Intervenciones de larga duración
- En animales viejos o jóvenes por su mala termorregulación
- Valor normal: 38-39.5°C

## **XII. MAQUINA DE ANESTESIA INHALATORIA**

Es el equipo necesario para preparar la mezcla anestésica gaseosa que estará constituida básicamente por oxígeno y anestésico.

El equipamiento necesario para la administración de anestésicos inhalatorios es complejo y altamente especializado. Por un lado tenemos que disponer de una máquina de anestesia para preparar la mezcla anestésica gaseosa que está constituida por oxígeno y anestésico. Por otro lado tenemos a nuestro paciente el cual, y para facilitar la entrada de la mezcla anestésica vía inhalatoria, deberá estar intubado endotraquealmente. La forma de conectar la máquina con el tubo endotraqueal será mediante los circuitos anestésicos (Tendillo y Santos, 2006).

Todos los circuitos anestésicos permiten regular, a voluntad del anestesista, el flujo de oxígeno y la concentración de vapor anestésico (Pérez et al., 1999).  
Funciones básicas que permiten:

- Eliminar el dióxido de carbono exhalado por el paciente del circuito anestésico.
- Diluir el CO<sub>2</sub> mediante válvulas que impiden la reinflación.
- Absorber el CO<sub>2</sub> mediante cal sodada
- Reutilizar los gases eliminados por el paciente.
- Controlar el volumen y la frecuencia respiratoria (Pérez et al., 1999)

### **Elementos que la contemplan:**

- Tanque de oxígeno
- Grifería de los cilindros
- Manorreductor o regulador
- Rotámetros
- Válvula de oxígeno
- Bolsa reservorio
- Canister y absorbentes del carbónico

- Válvulas unidireccionales
- Válvula de exhalación
- Tubos corrugados, pieza en "T", pieza en "Y", traqueotubos y mascararas

## TANQUE DE OXIGENO

Son envases metálicos, donde almacenan bajo presión los gases usados como vehículo de los anestésicos volátiles. Como medida de seguridad cada tanque se encuentra codificado por un color; verde para el oxígeno, azul para el óxido nitroso y amarillo para aire medicinal.



Fig. 4.- Maquina de anestesia y tanque de oxigeno (foto del autor)

## 12.1 COMPONENTES DE LA MAQUINA INHALATORIA

### GRIFERÍA DE LOS CILINDROS

Conectan al cilindro con los manorreductores. Los grifos y las válvulas se abren en sentido contrario a las agujas del reloj dando media a una vuelta completa.



Fig. 5.- Grifería de los cilindros  
(Foto del autor)

## MANORREDUCTOR O REGULADOR

Dispositivos encargados de equilibrar y reducir las altas presiones del gas contenido en las botellas a la presión de trabajo de la maquina anestésica. Cuentan con un indicador del nivel de llenado (Tendillo y Santos, 2006).

## ROTÁMETRO

Es un tubo graduado, transparente, por cuya base penetra el gas (oxígeno). Dentro hay un flotador, en forma de bola o carrete, que se desplaza hacia la parte superior del tubo mediante la presión ejercida por el gas al dirigirse al circuito anestésico. El rotámetro controla la cantidad de gas que entra en el circuito anestésico, expresada en litros o centímetros cúbicos por minuto.



Fig. 6.- Rotámetro con flotador de bola.  
(Foto del autor)

## **VÁLVULA DE OXIGENO**

Esta válvula también llamada de emergencia permite el paso del oxígeno al circuito anestésico de forma directa. El flujo de gas penetra en el circuito al abrir la válvula es, aproximadamente de 50 litros por minuto (Pérez et al., 1999).

Se utiliza en el caso de complicaciones como la parada respiratoria (Tendillo y Santos, 2006).

## **VAPORIZADOR**

Elemento del circuito que libera, al paso de gas, el anestésico volátil a concentraciones previamente fijadas al dial.

Los vaporizadores tienen una curva de dirección de concentraciones que varía sensiblemente al trabajar con flujos muy bajo. Pueden estar localizados fuera o dentro del circuito anestésico, si bien estos últimos están prácticamente en desuso.



Fig.7.- Vaporizador de Isoflurano (Foto del autor)

## **BOLSA DE RESERVORIO**

Bolsa de goma que permite que el circuito anestésico se adapte a los cambios del volumen respiratorio del paciente. Es un elemento de referencia para el control de los movimientos respiratorios. Durante la espiración, el llenado de la bolsa debe quedar entre la mitad y las dos terceras partes de su capacidad; si está excesivamente llena, aumenta el esfuerzo que tiene que hacer el animal para exhalar el aire (Pérez et al., 1999).



Fig. 8.- Bolsa reservoria, permite ver la respiración del animal (Foto del autor).

### **CANISTER O FILTRO DE CARBÓNICO**

Es un recipiente cilíndrico y transparente, que contiene un producto absorbente que se emplea para la eliminación del dióxido de carbono producido por el paciente durante la respiración.

La cal sodada y la cal baritada son los absorbentes de CO<sub>2</sub> que actualmente se ocupan en los circuitos circulares. Para conocer el grado de consumo del absorbedor, se incorpora a los gránulos un indicador (etil violeta) que cambia de color progresivamente a medida que se agota la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> (Ibancovich, 2009).



Fig. 9.- Deposito de cal sodada (canister).  
(Foto del autor)

## **TUBOS CORRUGADOS, TRAQUEOTUBOS, MASCARILLA, PIEZA EN “Y”**

### **Tubos corrugados**

También conocidos como “tráqueas”, son conexiones flexibles entre el aparato anestésico y el paciente. Son elementos tubulares de goma o plástico ondulado para evitar que se puedan doblar y que disminuya su luz.

### **Pieza en “y”**

Conecta los tubos respiratorios al traqueotubos o la mascarilla.

## **XIII. TUBOS ENDOTRAQUEALES**

Se introducen en la tráquea manteniendo la vía aérea abierta y permeable al paso de los gases. Pueden ser de dos tipos:

- Tubos Tovel o espirales. Presentan en el interior de la goma una espiral de nailon o metálica que evita la obstrucción por aplastamiento o plegado de la luz del tubo.
- Blandos. Están hechos de goma o de plástico blando y pueden doblarse.

La mayoría de éstos dispone de un mango próximo a su parte distal que, al insuflarse, se adapta a la luz de la tráquea, evitando la salida de los gases anestésicos como la entrada elementos extraños al árbol respiratorio (secreciones, líquidos, contenido gástrico, etc.), y mantiene la punta del tubo endotraqueal centrada, sin contacto con la mucosa central.

### **Intubación endotraqueal**

Cuando el paciente esta inducido, el anestesista puede introducir un tubo de respiración en el tracto respiratorio. Este tubo dirige el aire directamente desde la cavidad oral a la tráquea sin pasar por las fosas nasales ni por la faringe (Mckelvey y Wayne, 2003).

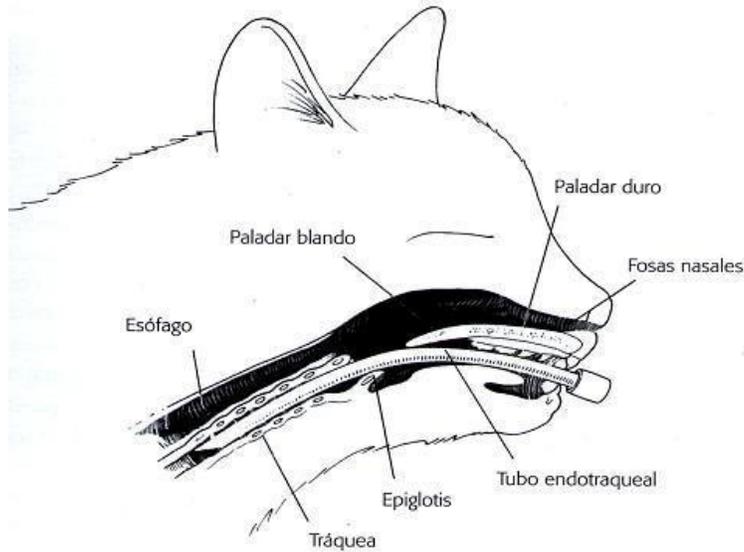


Fig. 10.- Intubación de un gato mostrando la anatomía (Mckelvey y Wayne, 2003)

### Mascarillas

Se ocupan para realizar la inducción en pacientes débiles tranquilizados, o sedados. También se ocupan con frecuencia durante la recuperación con el objetivo de proporcionar soporte de oxígeno a pacientes que no toleran el tubo endotraqueal. Se recomienda tener al menos tres tamaños (Ibancovich, 2008).



Fig. 11.- Utilización de mascarilla en perro (Foto del autor)

## XIV. CIRCUITOS ANESTÉSICOS

Son los encargados de conectar la maquina anestésica con el paciente, optimizando el consumo de los agentes anestésicos inhalatorios. Se clasifican en:

- Circuitos abiertos
- Circuitos semiabiertos
- Circuitos semicerrado
- Circuito cerrado

### 14.1 CÍRCULOS ABIERTOS

Consisten en la administración directa por goteo o empapando un algodón o gasa en el anestésico y acercándolo a la nariz del paciente. Esta técnica se utiliza para la administración de éter etílico en los roedores de laboratorio. Otra variante es la cámara de inducción en la cual se debe utilizar un flujo de oxígeno u oxígeno/protóxido de 5 l/min (Tendillo y Santos, 2006).

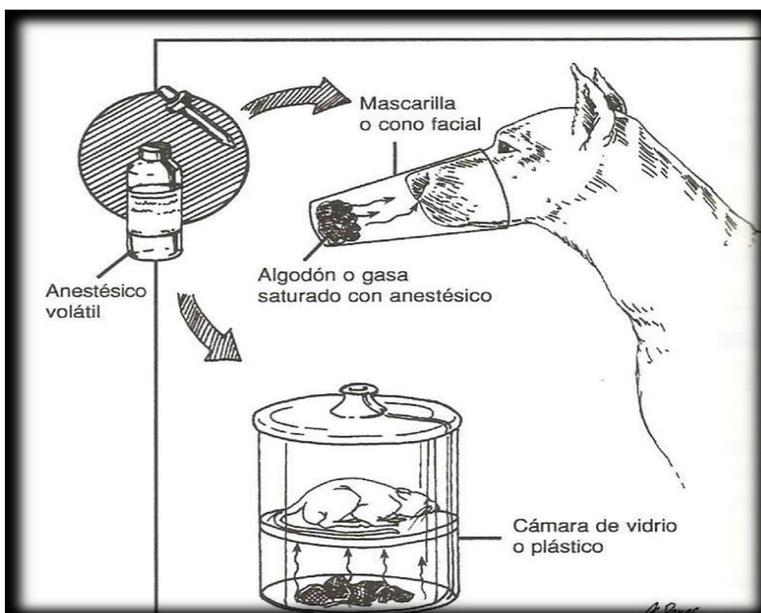


Fig. 12.- Circuito abierto (Muir et al., 2001)

## 14.2 CIRCUITOS SEMIABIERTOS

Se caracterizan por existir una nula o ligera reinhalación del aire espirado y por tener bolsa reservorio y dispositivo de sobrepresión (válvula de sobrepresión u orificio en la bolsa de reservorio).

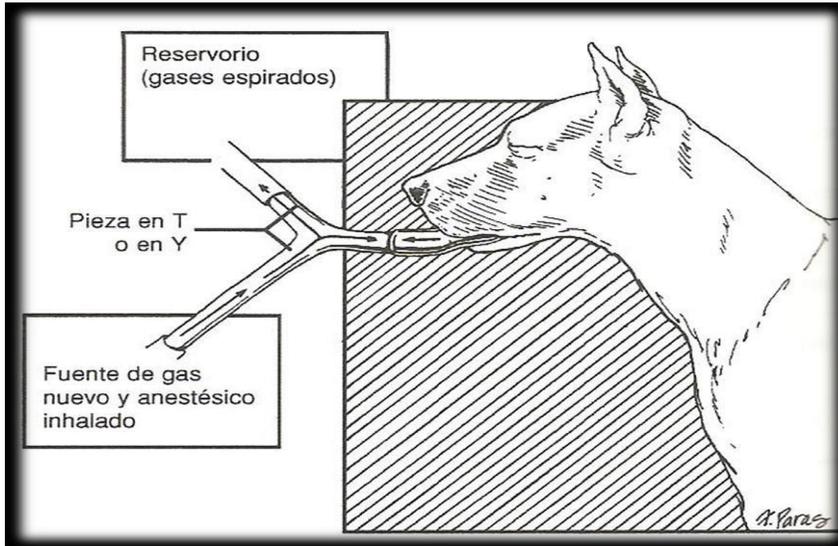


Fig. 13.- Circuito semiabierto (Muir et al., 2001)

La bolsa de reservorio permite que en el momento de máxima inspiración, el paciente cuente con aire suficiente sin necesidad de mantener un flujo excesivamente alto de gases. También permite controlar de forma manual la respiración. Ventajas:

- Control de la amplitud y la frecuencia de la respiración a través de la visualización de la bolsa de reservorio.
- Espacio muerto reducido, mínimo esfuerzo reducido.
- La eficaz eliminación de dióxido de carbono y el rápido cambio de la concentración de anestésico en el circuito.

### 14.3 CIRCUITO COAXIAL O DE BAIN

Consta de tubos, uno dentro de otro, estando situada la entrada de gases frescos cerca de la boca del paciente, por lo que se puede utilizar también en animales de pequeño tamaño. Además los gases espirados calientan a los inspirados lo que colabora en la regulación de la temperatura del animal anestesiado. Necesitan un flujo de 2-2.5 veces el volumen minuto.

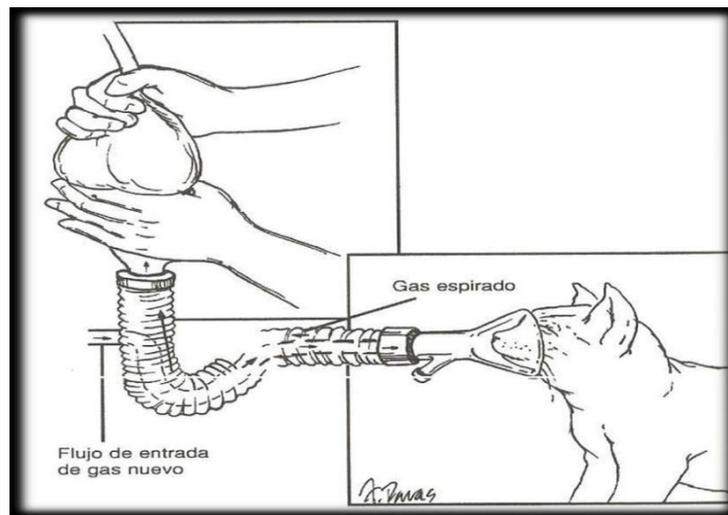


Fig. 14.- Circuito Coaxial o de Bain (Muir et al., 2001)

### 14.4 CIRCUITO MAGILL

Consta de una bolsa reservorio, un tubo inspirado corrugado y una válvula de sobrepresión (APL) colocada cerca de la boca del paciente. Al final de la espiración esta válvula se abre y deja salir el gas resultante de la espiración con lo que el CO<sub>2</sub> sale al exterior.

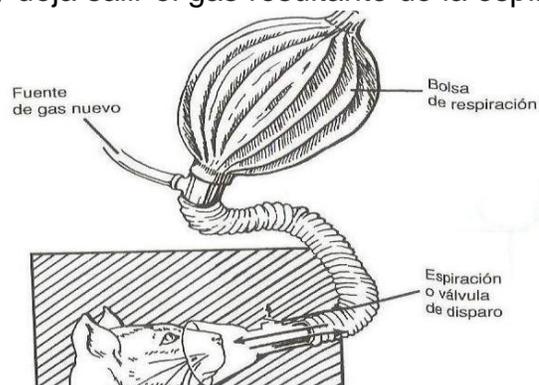


Fig. 15.- Circuito de Magill (Muir et al., 2001)

## 14.5 CIRCUITO SEMICERRADO

Consta de una bolsa reservorio, un contenedor de cal sodada, un tubo inspiratorio y otro espiratorio, una válvula de sobrepresión y dos válvulas unidireccionales. En este sistema, las válvulas obligan al gas a realizar un circuito y atravesar la cal sodada que retiene el  $\text{CO}_2$  necesita un flujo de gas fresco de 10 ml/kg/min y no se debe utilizar en animales menores de 1.5 kg ya que produce un aumento importante del espacio muerto y de la resistencia a la aspiración. Se denomina semicerrado porque la válvula de sobrepresión permanece abierta pudiendo salir los gases que han ingresado en el circuito.

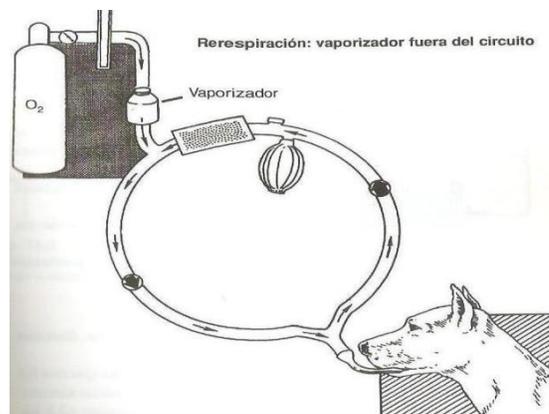


Fig. 16.- Sistema de circuito semicerrado (Muir et al., 2001)

## 14.6 CIRCUITO CERRADO

Constituidos por el sistema circular pero al que no se le aportan gases y la válvula de sobrepresión permanece cerrada. No se debe utilizar y si se hace requiere la monitorización del  $\text{CO}_2$ .

## **XV. CONCLUSIÓN**

Aunque en estos momentos resulte una obviedad, sin la anestesia el desarrollo actual de la cirugía tal y como la conocemos hubiera sido imposible. Antes de la utilización del éter, la cirugía solo se realizaba en casos desesperados, usándose el alcohol, el opio y el frío, para mitigar el dolor, sin embargo en la mayoría de las ocasiones resultaba insuficiente.

Por efectos prácticos, la inmensa mayoría de los fármacos y los procedimientos empleados en anestesiología veterinaria solo se pueden remontar al siglo XIX, o a lo sumo a las postrimerías del XVIII. Desde esa época, los avances y descubrimientos se han multiplicado en el área, gracias a la revolución industrial, al rápido avance científico y tecnológico que se han registrado en los últimos dos siglos, a la progresiva racionalización de la explotación de varias especies, y a la convicción cada vez más vigorosa de que todos los seres vivos merecen recibir un tratamiento lo más indoloro e incruento posible.

Gracias a esto se hicieron nuevos descubrimientos dando a lugar a los anestésicos inhalados como el Isoflurano, siendo éste uno de los mejores en su rama, puesto que es de fácil inducción, produce una buena relajación muscular y la recuperación del paciente es rápida, sin temblores y con excelente coordinación muscular al ponerse de pie. No es nefrotóxico ni hepatotóxico ya que se biotransforma menos que otros anestésicos.

El único efecto adverso importante que se podría presentar es que es un depresor del sistema respiratorio, más que el Halotano, mas esto puede ser regulado mediante la interacción del gas y el oxígeno. Sin embargo, produce menor depresión del sistema cardiovascular.

En conclusión el Isoflurano es uno de los mejores anestésicos inhalados, que nos ayudan a prevenir muchas complicaciones previas, durante y después de las cirugías.

## XVI. REFERENCIAS

1. ABDULLA, Y.W., A.H. GIESECKE, H.A. HEIN y U. CORDES (1983). A comparison of the activity of the sympathoadrenal and adrenocortical system under inhalation anesthesia techniques. *Acta anaesthesiologica Belgica*, **34**: 257-264.
2. ADACHI, Y., M. TAODA, Y. UCHIHASHI, K. WATANABE, y T. SATOH (1999). The effect of sevoflurane and isoflurane on striatal dopamine of awake freely moving rats observed in an in vivo microdialysis study. *Masui. The japanese journal of anesthesiology*, **48**: 960-965.
3. ADAMS, H.A., W. RUSS, M. LEISIN, U. BORNER, H. GIPS y G. HEMPELMANN (1987). Untersuchungen zur endokrinen Stress-Antwort bei Halothan-, Enfluran- und Isofluran- Narkosen für unfallchirurgische Eingriffe. [Endocrine stress response in halothane, enflurane and isoflurane anesthesia in surgical interventions]. *Der Anaesthetist*, **36**: 159-165.
4. ADAMS, H.A. y G. HEMPELMANN (1991). Die endokrine Stressreaktion in Anästhesie und Chirurgie--Ursprung und Bedeutung. [The endocrine stress reaction in anesthesia and surgery-- origin and significance]. *Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie*, **26**: 294-305.
5. ADAMS, H.A., R. TENGLER y G. HEMPELMANN (1991). Die Stressreaktion in der Ausleitungsphase von Halothan- und Isofluran-Narkosen. [The stress reaction in the recovery phase from halothane and isoflurane anesthesia]. *Der Anaesthetist*, **40**: 446-451.
6. AGARWAL, R.K., M. COURT, V.K. CHANDNA, A. MOHAN, L.R. EUGELKING y A. M. KUMAR (1994). Influence of halothane and

methoxyflurane on regional brain and spinal cord concentrations of methionine-enkephalin in the rat. *Brain research bulletin*, **35**: 273-277.

7. AMAR, D., H. SHAMOON, W.H. FRISHMAN, E.J. LAZAR y M.D. SALAMA (1991). Effects of labetalol on perioperative stress markers and isoflurane requirements. *British journal of anaesthesia*, **67**: 296-301.
8. ANAND, K.J., W.G. SIPELL, N.M. SCHOFIELD y A. AYNSLEY-GREEN (1988). Does halothane anaesthesia decrease the metabolic and endocrine stress responses of newborn infants undergoing operation? *British medical journal (Clinical research ed.)*, **296**: 668-672.
9. ANEMAN, A., J. PONTEN, L. FANDRIKS, G. EISENHOFER, P. FRIBERG y B. BILBER (1997). Hemodynamic, sympathetic and angiotensin II responses to PEEP ventilation before and during administration of isoflurane. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*, **41**: 41-48.
10. ANTKOWIAK, B. (1999). Different actions of general anesthetics on the firing patterns of neocortical neurons mediated by the GABA (A) receptor. *Anesthesiology*, **91**: 500-511.
11. ANTOGNINI, J.F. (1993). Hypothermia eliminates isoflurane requirements at 20 degrees C. *Anesthesiology*, **78**: 1152-1156.
12. ANTOGNINI, J.F. y P.H. EISELE (1993). Anesthetic potency and cardiopulmonary effects of enflurane, halothane, and isoflurane in goats. *Laboratory animal science*, **43**: 607-610.
13. BACHMANN, M.B., H.A. ADAMS, J. BISCOPING, A. SOKOLOVSKI y A. HEMPELMANN (1989). Die sympathoadrenerge Stressreaktion bei Ohroperationen unter verschiedenen Anesthesietechniken. [The somato-

adrenergic stress reaction in ear surgery using various anesthesia techniques]. *Laryngorhinootologie*, **68**: 493-498.

14. BÁEZ P.C., RUÍZ I.C., RESTREPO L.F. (2007). Comparación de dos protocolos anestésicos para ovariectomía en zonas sanas. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*. 425-430
15. BALASARAWATHI, K., S.N. GLISSON, A.A. EL-ETR y N. MUMMANENI (1982). Haemodynamic and catecholamine response to isoflurane anaesthesia in patients undergoing coronary artery surgery. *Canadian Anaesthetists' Society journal*, **29**: 533-538.
16. BALOGH, D., A.F. HAMMERLE, H. HORTNAGL, T. BRUCKE y R.S. WOLFFERSGRUN (1979). Plasma-Catecholamine bei Halothan-N<sub>2</sub>O-Anaesthesia und Neuroleptanalgesie. Intraund postoperative Vergleichsstudie. [A comparative study on the effect of halothan-N<sub>2</sub>O anaesthesia and neuroleptanalgesia on plasma catecholamines during the intra- and postoperative period (author's transl)]. *Der Anaesthetist*, **28**: 517-522.
17. BAZIL, C.W. y K.P. MINNEMAN (1989). Effects of clinically effective concentrations of halothane on adrenergic and cholinergic synapses in rat brain in vitro. *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics*, **248**: 143-148.
18. BEHNE M., WILKE H.J., LISCHKE V. (1999). Recovery and pharmacokinetic parameters of desflurane, sevoflurane and isoflurane in patients undergoing urologic procedures. *J Clin Anesth*. 460-465. PubMed indexed for MEDLINE
19. BENSON, G.J., T.L. GRUBB, C. NEFF-DAVIS, W.A. OLSON, J.C. THURMON, D.L. LINDNER, W.J. TRANQUILLI y O. VANIO (2000).

Perioperative stress response in the dog: effect of preemptive administration of medetomidine. *Veterinary surgery : VS : the official journal of the American College of Veterinary Surgeons*, **29**: 85-91.

20. BERNARD, J.M., M. PINAUD, I.M. MAVIER, J.P. REMI y N. PASSUTI (1989). Hypotensive anesthesia with isoflurane and enflurane during total hip replacement: a comparative study of catecholamine and renin angiotensin responses. *Anesthesia and analgesia*, **69**: 467-472.
21. BIENERT, A., C.P. BARTMANN, T. VON OPPEN, C. POPPE, V. SCHIEMANN y E. DEEGEN (2003). Standing behavior in horses after inhalation anesthesia with isoflurane (Isoflo) and postanesthetic sedation with romifidine (Sedivet) or xylazine (Rompun) [Aufstehverhalten bei Pferden nach Inhalationsnarkose mit Isofluran (Isoflo) und postanesthetischer Sedierung mit Romifidin (Sedivet) bzw. Xylazin (Rompun)]. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, **110**: 244- 248.
22. BIRCHARD J., SHERDING R.G. (1996). Manual clinic de pequeñas especies. Tomo I. Ed. McGraw-Hill interamericana. Mexico D.F. 21.
23. CAMPBELL, B.C., R.K. PARIKH, A. NAISMITH, D. SEWNAUTH y J.L. REID (1984). Comparison of fentanyl and halothane supplementation to general anaesthesia on the stress response to upper abdominal surgery. *British journal of anaesthesia*, **56**: 257-261.
24. CARLI, F., G. RONZONI, J. WEBSTER, K. KHAN y M. ELIA (1993). The independent metabolic effects of halothane and isoflurane anaesthesia. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*, **37**: 672- 678.
25. CARRUBA, M.O., G. BONDILOTTI, G.B. PICOTTI, N. CATTERUCCIA y M. DA-PRADA (1987). Effects of diethyl ether, halothane, ketamine and

- urethane on sympathetic activity in the rat. *European journal of pharmacology*, **134**: 15-24.
26. CHANG, C.L., S.S. LIN, C.C. TZENG, F.C. YEH, Y.Y. LAI, S.J. HWANG, P.O. LEUNG, H.P. SU y J.T. CHENG (1990). Study of plasma neuropeptide Y (NPY) and catecholamines levels during isoflurane anesthesia. *Ma zui xue za zhi; Anaesthesiologica Sinica*, **28**: 265-271.
27. CHAVARRIA, J.A. (1999). La anestesia del nuevo siglo. En busca del anestésico ideal. (on line). Disponible en GRUPOESE, Managua, Nicaragua. Edición nº 31 (del 12 al 18 de agosto de 1999).
28. CHAVE, S., T. KUSHIKATA, H. OHKAWA, H. ISHIARA, D. GRIMAUD y A. MATSUKI (1996). Effects of two volatile anesthetics (sevoflurane and halothane) on the hypothalamic noradrenaline release in rat brain. *Brain research*, **706**: 293-296.
29. CLEMENT, C.I., K.A. KEAY y R. BANDLER (1998). Medullary catecholaminergic projections to the ventrolateral periaqueductal gray region activated by halothane anaesthesia. *Neuroscience*, **86**: 1273-1284.
30. COOK, D.R. y B.W. BRANDOM (1982). Enflurane, halothane, and isoflurane inhibit removal of 5-hydroxytryptamine from the pulmonary circulation. *Anesthesia and analgesia*, **61**: 671-675.
31. EZQUERRA L.C. (1992). Anestesia practica de pequeños animales. Ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA Madrid, España. 15-16, 132.
32. FLECKNELL P.A. (1996). Anestesia de animals de laboratorio. Segunda Edición, Ed. Acribia, España. 44-48

33. FOSSUM T.W., HEDLLUND C.S., HULSE D.A., JOHNSON A.L., SEIM H.B., WILLARD M.D., CARROLL G.L. (1999). Cirugía en pequeños animals. Ed. Intermedica, Buenos Aires, Argentina. 21
34. GRIMM KURT. DVM. (2008). End-tidal CO2 and pulse oximetry  
Proceedings Veterinary Helthcare.mht.  
<http://veterinarymedicinedvm360.com/> (consultado el 3 abril).
35. IBANCOVICH A. (2008). Anestesia inhalatoria, en: Memorias de Congreso veterinario de León, Guanajuato, Mexico, 2008.
36. MCKELVEY D., WAYNE K.H. (2003). Manual de anestesia y analgesia veterinaria. Tercera edición. Editorial Multimédica S.A: Barcelona, España: 2-3,137, 144-148,153-161.
37. MUIR W.W., HUBBELL J.A.E., SKARDA R.T., BEBNARSKI R.M. (2001). Manual de anestesia veterinaria. Tercera edición, ed. Harcourt Madrid. España. 132, 154, 175-181.
38. PADDLEFORD R.R (2000). Manual de anestesia en pequeños animales. Segunda edición. Es. Inter-medica Buenos Aires, Argentina. 51, 59-64.
39. PARÁS A., M.A. BENITEZ, D. AURIOLES, S. LUQUE, GODINEZ C. (2002).Inmovilización en campo de lobo marino de California centro interdisciplinario de ciencias marinas La Paz B.C.C. 82.
40. PÉREZ A.R., PARRA J.M., MERINO J.D. (1999). Manual de analgesia y anestesia en el perro. Primera edición, McGraw-Hill interamericana Madrid, España, S.A.U. 49,53,55,56.
41. SAKAI E.M., CONNOLLY L.A., KLAUCK J.A. (2005). Inhalation anesthesiology and volatile liquid anesthetics: focus on isoflurane,

desflurane and sevoflurane. *Pharmacotherapy*: 1773-1788. Review. PubMed indexed for MEDLINE.

42. SARTICK, M., M.L. ELDRIDGE, J.A. JOHNSON, K.D. KURZ, W.L. FOWLER y C.G. PAYNE (1979). Recovery rate of the cardiovascular system in rabbits following short-term halothane anesthesia. *Laboratory animal science*, **29**: 186-190.
43. SCHIEBER, R.A., A. NAMNOUM, A. SUGDEN, G.K. SHIU, R.A. ORR y D.R. COOK (1986). Hemodynamic effects of isoflurane in the newborn piglet: comparison with halothane. *Anesthesia and analgesia*, **65**: 633-638.
44. SEAGARD, J.L., F.A. HOPP, J.H. DONEGAN, J.H. KALBFLEISCH y J.P. KAMPINE (1982). Halothane and the carotid sinus reflex: evidence for multiple sites of action. *Anesthesiology*, **57**: 191-202.
45. SEYMOUR C., GLEED R. (2001). Manual de Anestesia y analgesia en pequeños animales. Edición Española: Ediciones S. Barcelona, España. 11,25,137.
46. SUGAI, M. (1996). Comparison of the effect of isoflurane and that of sevoflurane on hepatic circulation and oxygen metabolism during acute hypoxia in dogs. *Masui, The Japanese journal of anesthesiology*, **45**: 608-616.
47. SUMANO, H.S. y L. OCAMPO (1997). Farmacología veterinaria. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. 2ª ed. SUMIKAWA, K., T. MATSUMOTO, N. ISHIZAKA, H. NAGAI, Y. AMENOMORI y. AMAKATA (1982). Mechanism of the differential effects of halothane on nicotinic- and muscarinic-receptormediated responses of the dog adrenal medulla. *Anesthesiology*, **57**: 444-450.

48. TANAKA, S., H. TSUCHIDA, K. NAKABAYASHI, S. SEKI y A. NAMIKI (1996). The effects of sevoflurane, isoflurane, halothane, and enflurane on hemodynamic responses during an inhaled induction of anesthesia via a mask in humans. *Anesthesia and analgesia*, **82**: 821-826.
49. TENDILLO F.C., SANTOS M.G. (2006). Manual práctico de anestesia. Ed. Boehringer Ingelheim Madrid España S.A. 2,46-47, 50-52.
50. THURMON J.C., TRANQUILLI W.J., BENSON G.J. (2003). Fundamentos de anestesia y analgesia en pequeños animales. Ed. Manson S.A. Barcelona, España. 12, 124-127, 177.
51. YAMASHITA K., IWASAKI Y. UMAR M.M., ITAML T. (2009). Effect of age on minimum alveolar concentration (MAC) of sevoflurane in dogs. Department of Small Animal Clinical Sciences, School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, Japan. PubMed.