



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS  
TRABAJADORES DEL ESTADO  
HOSPITAL REGIONAL 1º DE OCTUBRE

**“Diferencias del Espacio muerto alveolar en pacientes  
bajo anestesia general balanceada. Estudio comparativo en  
pacientes con y sin antecedente de COVID-19”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN:  
**ANESTESIOLOGIA**

PRESENTA:  
**DRA. INGRID MAGDALENA GARCIA CHAGOLLA**

DIRECTOR DE TESIS:  
**DRA. NIDIYARE DEL ROSARIO LAVIN REYNA**

ASESORES:  
**DR. BERNARDO SOTO RIVERA**  
**MTRA. CELINA TRUJILLO ESTEVES**

REGISTRO INSTITUCIONAL  
595 2023

CIUDAD UNIVERSITARIA CD. MX. ABRIL 2023



**ISSSTE**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# APROBACION DE TESIS



SUBDELEGACIÓN MÉDICA ZONA ORIENTE  
HOSPITAL GENERAL "GRAL. JOSÉ MARÍA MORELOS  
Y PAVÓN"  
Dirección Médica  
Subdirección Médica  
Coordinación de Enseñanza e Investigación

OFICIO No. D/SM/ENS/379/2023  
Ciudad de México a 23 de mayo de 2023  
ASUNTO: Minuta Sesión extraordinaria: Aprobación de  
protocolos por el Comité de Ética en Investigación

**SESION EXTRAORDINARIA  
DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACION**

TENIENDO LAS 10:30 HORAS DEL DIA 23 DE MAYO DE 2023 EN LA SALA DE JUNTAS DEL HOSPITAL GENERAL "GRAL. JOSÉ MARÍA MORELOS Y PAVÓN" DEL ISSSTE, CON DOMICILIO EN AVENIDA CONGRESO DE CHILPANCINGO NORTE UR SIN UNIDAD HABITACIONAL ERMITA ZARAGOZA EN LA ALCALDÍA IZTAPALAPA, C.P. 09180, CIUDAD DE MEXICO, SE LLEVO A CABO LA SESION EXTRAORDINARIA DEL COMITÉ DE ENSEÑANZA EN INVESTIGACION, PARA A EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN "ESPACIO MUERTO ALVEOLAR EN PACIENTES POST COVID 19 BAJO ANESTESIA GENERAL BALANCEADA" CON LA ASISTENCIA DEL PRESIDENTE DEL COMITE DE ETICA EN INVESTIGACION: DR. ENRIQUE GARCÍA GALLARDO, SECRETARIO: DR. JORGE TONATIUH LÓPEZ HERNANDEZ, LOS VOCALES: DRA. SOCORRO MÉNDEZ BALCAZAR, DRA. NIDIYARE DEL ROSARIO LAVIN REYNA, DRA. MARÍA PATRICIA OSNAYA VÁZQUEZ, DR. LUIS EDUARDO HERRERA GÓMEZ, REPRESENTANTE DEL NÚCLEO AFECTADO: LIC. BÁRBARA ANGÉLICA CANO RUIZ, EN VIRTUD DE EXISTIR QUORUM, SE LLEVAN A EFECTO LO SIGUIENTE:

PRIMERO. SE REALIZA LA REVISIÓN DEL TRABAJO: "ESPACIO MUERTO ALVEOLAR EN PACIENTES POST COVID 19 BAJO ANESTESIA GENERAL BALANCEADA"

SEGUNDO. LOS MIEMBROS DEL COMITÉ PRESIDENTE DEL COMITE DE ÉTICA EN INVESTIGACION: DR. ENRIQUE GARCÍA GALLARDO, SECRETARIO: DR. JORGE TONATIUH LÓPEZ HERNANDEZ, LOS VOCALES: DRA. SOCORRO MÉNDEZ BALCAZAR, DRA. NIDIYARE DEL ROSARIO LAVIN REYNA, DRA. MARÍA PATRICIA OSNAYA VÁZQUEZ, DR. LUIS EDUARDO HERRERA GÓMEZ, REPRESENTANTE DEL NÚCLEO AFECTADO: LIC. BÁRBARA ANGÉLICA CANO RUIZ, OTAN A FAVOR DE ACEPTAR EL PROTOCOLO YA QUE CUMPLE CON LOS CRITERIOS PARA ELLO.

TERCEROS. EL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN "ESPACIO MUERTO ALVEOLAR EN PACIENTES POST COVID 19 BAJO ANESTESIA GENERAL BALANCEADA", SE ACEPTA POR UNANIMIDAD.

CUARTOS. HABIENDO MAS ASUNTOS QUE TRATAR SE DA POR TERMINADO EL ACTO A LAS 11:30 HRS, DEL MISMO DIA, FIRMANDO AL CALCE, QUIENES INTERVINIERON EN EL MISMO.



NOMBRE	CARGO	FIRMA
DR. ENRIQUE GARCÍA GALLARDO	PRESIDENTE	
DR. JORGE TONATIUH LÓPEZ HERNÁNDEZ	SECRETARIO	
DRA. SOCORRO MENDEZ BALCAZAR	VOCAL	
DRA. MARÍA PATRICIA OSNAYA VÁZQUEZ	VOCAL	
DRA. NIDIYARE DEL ROSARIO LAVIN REYNA	VOCAL	
DR. LUIS EDUARDO HERRERA GÓMEZ	VOCAL	
LIC. BÁRBARA ANGÉLICA CANO RUIZ	REPRESENTANTE DEL NÚCLEO AFECTADO	

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero quiero agradecer a Dios que me ha bendecido y permitido todos estos cambios en mi favor y ha sido tan bondadoso y misericordioso conmigo.

Quiero agradecer a mi madre quien me apoyo desde el primer día que le dije que quería ser médico y hasta el final sigue apoyándome, por acordarse de mi diario, por procurarme y bendecirme antes de ir al hospital día con día, gracias por siempre mama.

A mi papa que ya no se encuentra en este plano y no pudo en vida ver la realización de este proyecto que teníamos de años. Gracias por tu apoyo papa. Descansa en Paz.

A mi hermana por ser mi compañera por su apoyo en cuestiones técnicas que a veces no entiendo, por su cerebro brillante privilegiado para las matemáticas y siempre su generosidad conmigo. Muchas gracias, Andrea.

A mis tíos Jorge Y Paulina por siempre creer en mí y apoyarme desde los inicios de mi carrera profesional. Por la gran relevancia en el desarrollo de mi carrera

A la Dra. Lavin, quien ha representado una figura de importancia e inspiración en mi desarrollo como anestesióloga y en mi vida personal.

A mis maestros y adscritos, en Mérida, en el Hospital General José Ma. Morelos y Pavón y adscritos del Hospital Regional 1ro de octubre, espero haber causado una excelente impresión en ustedes, como ustedes en mí; gracias por siempre responder mis dudas y tenerme paciencia en mis momentos de cansancio.

A mis compañeros y amigos gracias por hacer de la residencia un lugar más agradable y tolerable.

Al personal de enfermería que me ha acompañado durante mi residencia, porque todos ustedes con su profesionalismo me han ayudado en muchas ocasiones a ser una mejor anestesióloga y me enseñan a tener humanismo con los pacientes, por su alegría y su manera de mejorar los días malos.

## INDICE

PORTADA	<a href="#">1</a>
APROBACION DE TESIS	<a href="#">2</a>
AGRADECIMIENTOS	<a href="#">3</a>
INDICE	<a href="#">4</a>
ABREVIATURAS	<a href="#">5</a>
RESUMEN	<a href="#">6</a>
ABSTRACT	<a href="#">7</a>
INTRODUCCION	<a href="#">8</a>
ANTECEDENTES	<a href="#">9</a>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	<a href="#">15</a>
JUSTIFICACION	<a href="#">15</a>
HIPOTESIS	<a href="#">16</a>
OBJETIVOS	<a href="#">17</a>
MATERIAL Y METODOS	<a href="#">17</a>
POBLACION DE ESTUDIO	<a href="#">19</a>
PLAN DE ANALISIS ESTADISTICO	<a href="#">21</a>
ASPECTOS ETICOS	<a href="#">21</a>
RESULTADOS	<a href="#">24</a>
ANALISIS Y DISCUSION	<a href="#">27</a>
CONCLUSIONES	<a href="#">29</a>
PERSPECTIVAS	<a href="#">29</a>
BIBLIOGRAFIA	<a href="#">29</a>
ANEXOS	<a href="#">33</a>

## ABREVIATURAS

AGB	Anestesia General Balanceada
ASA	American Society of Anesthesiologist
CAM	concentración alveolar media.
COVID 19	Coronavirus 19
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CRF	Capacidad residual funcional
CPT	Capacidad pulmonar total
CV	Capacidad vital
DLCO	Prueba de difusión de monóxido de carbono
ETCO <sub>2</sub>	concentración máxima de dióxido de carbono espirado durante un ciclo respiratorio
FECO <sub>2</sub>	aire mixto exhalado
FACO <sub>2</sub>	concentración media de CO <sub>2</sub> alveolar
IL	Interleucina
I: E	Relación inspiración espiración
OMS	Organización mundial de la salud
PACO <sub>2</sub>	Presión Alveolar de dióxido de carbono
PaCO <sub>2</sub>	Presión arterial de Dióxido de carbono
PEEP	Presión al final de la espiración
RAS	Sistema renina angiotensina
SARS COV 2	síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2
TNF $\alpha$	Factor de necrosis tumoral alfa
VD/VT	Espacio muerto alveolar
VT	Volumen Tidal
VA	Volumen Alveolar
VR	Volumen residual

## RESUMEN

Desde su establecimiento, la pandemia por la COVID 19 representó un desafío para el personal de salud. En la actualidad, debido a la introducción de la vacuna contra SARS COV 2; ha disminuido los casos de ingresos hospitalarios y defunciones debido a síndrome de distrés respiratorio grave; sin embargo, las posibles complicaciones tras haber padecido la COVID 19 siguen siendo causa de investigación. Cuando los planes de anestesia incluyen ventilación mecánica, es útil el conocimiento del espacio muerto fisiológico (EMA). El presente estudio se centra en la medición del EMA en pacientes con antecedente de COVID 19 bajo anestesia general, en comparación con pacientes sin infección previa.

### Objetivo:

Evidenciar mediante la toma de una muestra de gasometría arterial; el espacio muerto alveolar con apoyo del método de Bohr en pacientes post COVID 19 bajo anestesia general balanceada.

### Material y Métodos:

Estudio de tipo observacional, transversal, aleatorizado. Se conformaron los grupos de pacientes por asignación directa según el antecedente de haber padecido COVID y se realizó toma e interpretación de gasometría arterial. Una vez recabada la información, se creó una base de datos en Excel de Microsoft® Office y el análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva mediante SPSS.

### Resultados

Se obtuvo la participación de 31 pacientes programados para cirugía electiva cuyo plan anestésico fue AGB. El total de población femenina fue 45.2% y población masculina 54.8%. El rango de edad con mayor población fue de 55 años en adelante (35%). La obtención del EMA fue el siguiente: Normal + Sin antecedente de COVID n=45%, normal + sin antecedente de COVID n=19 7%, Aumentado + antecedente positivo para COVID 19, n=48%. De acuerdo con la hipótesis principal, el espacio muerto alveolar es mayor en los pacientes post COVID 19 n=15 [32.21%] en comparación con pacientes sin infección previa por COVID 19 n=14 [10.85%]  $p < 0.016$  de U de Mann-Whitney, con un  $\alpha$  0.05 y un IC 95% (2.15, 31)

### Conclusión

En pacientes con antecedente de COVID19, el espacio muerto alveolar es mayor (32.1) en comparación con aquellos pacientes que no presentaron infección previa (10.85) bajo anestesia general y con parámetros ventilatorios controlados (volumen corriente= 6ml por kilogramo de peso ideal, PEEP inicial 0, FiO2 50%, frecuencia respiratoria 12 a 14 por minuto)

### Palabras clave

SARS COV-2, COVID 19, Espacio muerto alveolar, Bohr, fisiología pulmonar, ventilación mecánica, anestesia general.

## **ABSTRACT**

The COVID 19 pandemic has represented a challenge for health staff since its establishment. Currently, due to the introduction of the SARS COV 2 vaccine; the number of cases in hospital admissions and deaths due to severe respiratory distress syndrome have decreased, however, the possible complications after having suffered from COVID 19 continue to be a cause of investigation. When anesthesia plans include mechanical ventilation, knowledge of the physiologic dead space might be useful. This study focuses on the measurement of EMA in patients with a history of COVID 19 under general anesthesia, compared to patients without previous infection.

### Objective:

Evidence by taking an arterial blood gas sample; the alveolar dead space with the support of the Bohr method in post-COVID 19 patients under balanced general anesthesia.

### Material and methods:

Observational, cross-sectional, randomized study. The groups of patients were formed to specify directly according to the history of having suffered from COVID and arterial blood gases were taken and interpreted. Once the information was collected, a Microsoft® Office Excel database was created and the statistical analysis was carried out using descriptive statistics using SPSS.

### Results

The participation of 31 patients scheduled for elective surgery whose anesthetic plan was AGB was obtained. The total female population was 45.2% and the male population 54.8%. The age range with the largest population was 55 years and older (35%). The EMA was obtained as follows: Normal + No history of COVID n=45%, normal + no history of COVID n=19 7%, Increased + positive history for COVID 19, n=48%. According to the main hypothesis, the alveolar dead space is greater in post-COVID 19 patients n=15 [32.21%] compared to patients without prior COVID 19 infection n=14 [10.85%]  $p < 0.016$  Mann-U test. Whitney, with an  $\alpha$  0.05 and a 95% CI (2.15, 31)

### Conclusions

The alveolar dead space is greater in patients with a history of COVID 19 (32.1) compared to those patients who had no previous infection (10.85) under general anesthesia and with controlled ventilatory changes (tidal volume= 6ml per kilogram of ideal weight, initial PEEP 0, FiO2 50%, respiratory rate 12 to 14 per minute)

### Keywords

SARS COV-2, COVID 19, Alveolar dead space, Bohr, pulmonary physiology, mechanical ventilation, general anesthesia,

## INTRODUCCION

La afección por coronavirus es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2. Este virus forma parte de la familia de "Coronavirus" y el más reciente de los estos, identificado en el 2019; el cual, causa la enfermedad COVID-19, responsable de la actual pandemia. A partir de la aparición de los primeros casos severos de COVID-19 se observó que la afectación pulmonar determinaba la mayor parte de las muertes. Esta nueva neumonía viral creó mucha confusión ante su presentación atípica, la cual se caracteriza inicialmente por una hipoxemia severa con gran disociación clínico-gasométrica y clínico radiológico. Se han descrito estudios en los que se han obtenido tomografías y practicado autopsias en pacientes que han presentado infección previa por COVID 19 demostrando remodelación y fibrosis pulmonar como posible secuela de esta enfermedad. (1,2)

El espacio muerto alveolar corresponde al volumen de gas inspirado que llega al compartimento alveolar, no participado en el intercambio gaseoso, constituyendo así, espacio muerto funcional, (2) este puede verse incrementado en patologías que aumenten el atrapamiento de aire, cuando se aumenta el Volumen Residual o VR/CPT (>límite superior de lo normal); y ocurre hiperinsuflación. Por lo tanto, en el contexto de una capacidad vital baja, la medición de los volúmenes pulmonares puede ayudar a determinar si hay un trastorno restrictivo o si la CV está disminuida debido al atrapamiento de aire o hiperinsuflación; la cual está presente en los espacios aéreos aumentados, como se observa en el enfisema o bulas, además en aquellas patologías que determinen una disminución funcional o anatómica del lecho capilar como en embolias pulmonares, fibrosis del intersticio pulmonar, destrucción de tabiques en enfisema, vasoconstricción pulmonar hipóxica, etcétera. (3)

El porcentaje de espacio muerto del volumen espirado fue medido la primera vez por Bohr. Este cálculo surge de la diferencia entre la presión alveolar media de CO<sub>2</sub> (PACO<sub>2</sub>) y la presión espirada mixta de CO<sub>2</sub> (PeCO<sub>2</sub>). La resultante de esta diferencia se divide nuevamente por la PACO<sub>2</sub>. De esta forma es posible obtener el resultado de la fracción de espacio muerto del volumen del gas exhalado. Mediante el método de Bohr, se puede estimar el espacio muerto alveolar de manera clínica, demostrando con ello incremento de la porción no hematógica de la vía aérea (4,5)

## ANTECEDENTES

En diciembre de 2019 se informó por primera vez en Wuhan China sobre el nuevo coronavirus SARS-CoV-2, responsable de la enfermedad COVID-19; el virus se propagó rápidamente y la Organización Mundial de la Salud declaró una pandemia en marzo de 2020. Con millones de casos confirmados en todo el mundo, existe una preocupación creciente y un debate considerable sobre la posibilidad de que la infección por coronavirus contribuya a una carga apreciable de síntomas respiratorios crónicos o enfermedad fibrótica entre las personas recuperadas. Debido a la asombrosa cantidad de casos y la gravedad de la enfermedad en muchas personas, existe una necesidad crítica de considerar las posibles implicaciones a largo plazo de COVID-19. (6)

La infección aguda por SARS-CoV2 puede variar desde una enfermedad asintomática o leve similar a un cuadro gripal hasta un SDRA grave y la muerte, sin embargo, una proporción sustancial de pacientes aún sufrirá síntomas a largo plazo que pueden durar semanas o incluso meses. Entre las principales patologías asociadas podemos destacar: insuficiencia respiratoria, tromboembolismo pulmonar, embolismo pulmonar, neumonía, daño vascular pulmonar, y fibrosis pulmonar postviral. (6)

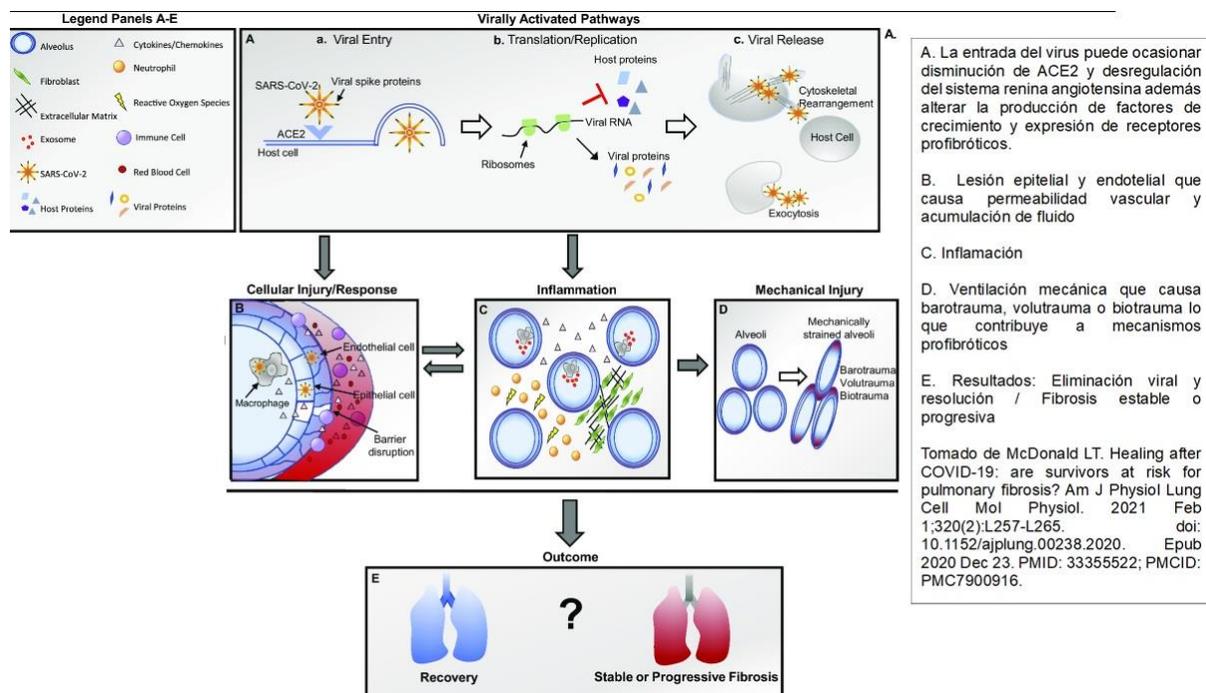
La fibrosis pulmonar puede ser un resultado patológico de una enfermedad pulmonar aguda asociada con una cicatrización anormal después de infecciones pulmonares viral o bacteriana. La lesión epitelial mediada por virus conduce a la replicación de las células alveolares de tipo II y a la secreción del factor de crecimiento transformante (TGF- $\beta$ ), se refiere que media la lesión pulmonar y la fibrosis al inducir la diferenciación de fibroblastos a miofibroblastos y el depósito de proteínas y fibrillas extracelulares.(6) El proceso fibrótico también es impulsado por la activación de megacariocitos en la microvasculatura pulmonar que conduce a la secreción de factor de crecimiento de fibroblastos y TGFb.(7) La ventilación mecánica puede aumentar la expresión de TGF-beta perpetuando el ciclo de fibrosis lo que explica la fibrosis en pacientes críticamente enfermos y ventilados mecánicamente (8)

Las vías profibróticas mediadas por virus, a través de la participación directa o mediante la activación de la señalización del huésped, pueden regular al alza la expresión de los receptores críticos de la superficie de la célula huésped, las vías de señalización y la producción de factores de crecimiento (Fig. 1). El receptor ACE2, que es activado por la subunidad S1 de la proteína de punta del SARS-CoV-2 para la entrada, es uno de esos ejemplos. ACE2 actúa como un regulador del sistema renina-angiotensina (RAS). El RAS es responsable del equilibrio hemostático y la homeostasis de líquidos a través de un equilibrio de la actividad de ACE y ACE2. ACE escinde la angiotensina I para producir angiotensina II, que activa una amplia gama de vías de señalización, así como la liberación de aldosterona, induce vasoconstricción y retención de sodio y líquidos, este brazo del RAS puede tener efectos proinflamatorios y profibróticos.

Por otra parte, ACE2 escinde la angiotensina II en angiotensina protectora 1–7 y activa el eje del receptor adecuadamente. Este eje del brazo del RAS tiene efectos protectores antiinflamatorios y anti fibróticos. Los receptores ACE2 del huésped sufren endocitosis cuando

las proteínas de punta del SARS-CoV-2 se escinden en la entrada viral, lo que reduce la expresión de ACE2 y reduce la capacidad del huésped para equilibrar el RAS. Los efectos del aumento de la angiotensina II incluyen la activación de la interleucina (IL)-6, el factor de necrosis tumoral- $\alpha$  (TNF $\alpha$ ) y el aumento del reclutamiento de neutrófilos y macrófagos, así como la lesión directa de las células endoteliales. También se ha demostrado que la angiotensina II promueve la activación del gen del colágeno I a través de MAPK/ERK y el factor de crecimiento transformante- $\beta$  (TGF $\beta$ ), que son factores críticos en una respuesta fibrótica. Así, a través del mecanismo de entrada viral, el SARS-CoV-2 contribuye a la activación de las vías proinflamatorias y profibróticas del huésped. (6)

Figura 1



En la enfermedad pulmonar por COVID 19 ocurre lesión pulmonar aguda, el intento de reparación por fibroproliferación y la remodelación pulmonar, muy parecida lo hace en otras infecciones por coronavirus. Esto conduce a un potencial aumento en el riesgo de fibrosis pulmonar que ocurre como secuela de COVID-19 (9). Se refieren hallazgos con cambios fibróticos en tomografías computarizadas de tórax en pacientes con COVID-19.

Un estudio de 62 pacientes por Zhou et al., se observaron cambios fibróticos en 21 (33,9%) pacientes, siendo este hallazgo más probable que ocurra en enfermedad en fase avanzada (8-14 días después del inicio de los síntomas) que en fase temprana de la enfermedad ( $\leq 7$  días después del inicio de los síntomas) (10). De manera similar, los trasplantes de pulmón de 3 pacientes que tenían antecedente de SDRA en etapa terminal muestran fibrosis extensa

de los pulmones (11). El hallazgo de cambios fibróticos tempranos en la enfermedad pulmonar sugiere un intento de reparación después de la lesión pulmonar por COVID 19. (12)

Pacientes con neumonía por COVID-19 generalmente se presentan datos ventilatorios asociados a hipercapnia y a un aumento de la fracción de espacio muerto alveolar (VD/VT). Un estudio de cohorte observacional multicéntrico de pacientes con SDRA relacionado con COVID-19 mostró que las estimaciones del espacio muerto en la ventilación mecánica aumentan durante los primeros días de ventilación invasiva en terapia intensiva. (13)

La medición del espacio muerto alveolar puede ser un método confiable para evaluar la eficiencia ventilatoria. Se han descrito varios índices que pueden predecir el espacio muerto, así como la eficiencia ventilatoria a pie de cama (14)

La ventilación alveolar es la cantidad de aire por unidad de tiempo que interviene en el intercambio de gases. La proporción de volumen tidal que no está involucrado en el intercambio de gases se conoce conceptualmente como espacio muerto fisiológico. Su importancia clínica inherente radica en los estados fisiopatológicos del pulmón en los cuales se produce aumento y por lo tanto una reducción de la eficiencia ventilatoria. La medición del espacio muerto fisiológico debería ser una herramienta valiosa e intuitiva para gestionar la eficacia de la ventilación que rara vez se utiliza.

Estudios de pruebas de función pulmonar documentaron patrones con alteración restrictiva en la espirometría con capacidad vital forzada menor al 80% del predicho y disminución en las presiones inspiratoria máxima y espiratoria máxima. El factor principal para la alteración de la función pulmonar en estos pacientes puede deberse a varios factores entre los que se destacan uso de dosis altas de esteroides, reposo prolongado, des acondicionamiento físico o efecto sistémico residual de la enfermedad aguda. (15) Además se identificó que hasta en el 30% de los pacientes había alteraciones la capacidad de difusión de monóxido de carbono menores al 80% del predicho Estudios de tomografía axial computada de alta resolución mostraron que en el 62% de los pacientes hubo cambios consistentes con fibrosis pulmonar a las 5 semanas posteriores al alta. (16)

## **Espacio muerto fisiológico**

El espacio muerto fisiológico es la suma de todas las partes del volumen corriente que no participan en el intercambio gaseoso. Hoy en día se define universalmente por la ecuación de mezcla de Bohr con sustitución de PCO<sub>2</sub> arterial por PCO<sub>2</sub> alveolar, como se describe más adelante.

El espacio muerto fisiológico, normalmente se estima en 2 ml/kg de peso corporal y comprende 1/3 del VT en un paciente adulto sano; es aún mayor en pacientes pediátricos. Efectivamente, 1/3 de VT de aire inhalado se vuelve a respirar debido al espacio muerto. Al final de la espiración, el volumen muerto consiste en una mezcla de gases alta en CO<sub>2</sub> y baja en O<sub>2</sub> en comparación con el aire ambiente: Volumen muerto al final de la espiración: O<sub>2</sub> 5-6% CO<sub>2</sub> 15-16%. Generalmente es más útil utilizar la relación Vd/Vt: la ventilación alveolar será entonces  $(1 - Vd/Vt) \times$  el volumen minuto respiratorio. Por tanto, si el espacio muerto fisiológico es el 30 % del volumen corriente (es decir,  $Vd/Vt = 0,3$ ), la ventilación alveolar será el 70 % del volumen minuto. Para fines de este estudio se tomará en cuenta un valor de 30% como referencia (17,18)

## ECUACION DE BOHR

En 1891, el fisiólogo respiratorio danés Christian Bohr introdujo un cálculo para representar el volumen de gas dentro de las vías respiratorias conductoras que constituían el espacio muerto respiratorio. El modelo de Bohr dividió conceptualmente el volumen de la respiración exhalada (VT) en dos compartimentos, el primero (VA) representa la fracción de aire exhalado que participa en el intercambio de gases, y el segundo (VD) que representa la fracción del aire exhalado que no penetra más que las vías respiratorias de conducción, el espacio muerto respiratorio (19):

$$VT = VA + VD$$

El cálculo de Bohr utilizó dos medidas de CO<sub>2</sub> exhalado: la concentración fraccional de CO<sub>2</sub> en el aire exhalado mixto total (FECO<sub>2</sub>), y una estimación de la concentración media de CO<sub>2</sub> alveolar (FACO<sub>2</sub>) basada en una muestra de gas recolectada al final de la exhalación. El cálculo del balance de masa usando CO<sub>2</sub> asume que el espacio muerto no aporta CO<sub>2</sub> a la respiración exhalada (FDCO<sub>2</sub>= 0):

- $VT \times FECO_2 = VA \times FACO_2 + VD \times FDCO_2$
- Sustituyendo  $(VT-VD)$  por VA se obtiene:
- $VT \times FECO_2 = (VT- VD) \times FACO_2$

La reorganización de los términos describe VD/VT, la fracción de ventilación que no contribuye al intercambio de CO<sub>2</sub>:

$$VD/VT = (FACO_2 - FECO_2) / FACO_2$$

Las estimaciones de Bohr del volumen del espacio muerto respiratorio se correlacionaron razonablemente bien con las características anatómicas mediciones de la vía respiratoria, y representó un medio no invasivo de medir la extensión de ineficiencia de la ventilación atribuible a las limitaciones de la ventilación corriente.

Empleando la ley de conservación de masas, Bohr propuso una fórmula usando la presión alveolar de CO<sub>2</sub> (PACO<sub>2</sub>) para estimar el espacio muerto fisiológico, expresado como una proporción del volumen del espacio muerto tidal (VD) a volumen corriente (VT). Más tarde, en 1938 Enghoff propuso una simplificación de las fórmulas de Bohr para calcular la relación de espacio muerto fisiológico a pie de cama utilizando la presión arterial de CO<sub>2</sub> (PaCO<sub>2</sub>) en lugar de PACO<sub>2</sub> (20, 21)

$$\frac{VD}{VT} = \frac{(PaCO_2 - PCO_2)}{PaCO_2}$$

Donde PACO<sub>2</sub> representa la presión parcial alveolar media de CO<sub>2</sub> durante la espiración y PCO<sub>2</sub> se define como presiones parciales espiradas mixtas de CO<sub>2</sub>. (20)

La capnografía volumétrica es una herramienta de cabecera para evaluar la función y para ajustar la configuración de ventilación en pacientes sometidos a ventilación mecánica. Usando el CO<sub>2</sub> espirado como marcador, la capnografía volumétrica estima el espacio muerto (VD) basado en la ecuación de balance de masa descrita originalmente por Bohr, y además aplicando la modificación de Enghoff para así reemplazar el valor de PCO<sub>2</sub> alveolar con el valor arterial (PaCO<sub>2</sub>). El espacio muerto según La fórmula de Bohr se puede estimar porque la capnografía volumétrica moderna puede medir la PCO<sub>2</sub> alveolar media de manera no invasiva. (21)

### Capnografía Volumétrica

La capnografía volumétrica proporciona el monitoreo continuo no invasivo de la concentración del dióxido de carbono en el volumen exhalado. En la capnografía volumétrica se puede analizar (entre otros):

EtCO<sub>2</sub>: concierne al valor final de la Fase III del capnograma y representa el último valor de CO<sub>2</sub> espiratorio inmediatamente antes del inicio de la próxima inspiración (22)

La ventilación con presión positiva aumenta VDaw/VT por 2 mecanismos potenciales: uno está relacionado con la dilatación de las vías respiratorias por el aumento de las presiones de las vías respiratorias y los volúmenes pulmonares pre inspiratorios basados en su naturaleza elástica intrínseca; el otro mecanismo está relacionado con el desplazamiento al final de la inspiración de la interfaz entre el transporte de CO<sub>2</sub> convectivo y difusivo más profundo en los pulmones. (22,23)

## Ventilación de protección pulmonar (VPP)

Se define como “la estrategia de ventilación cuyo objetivo es evitar el daño pulmonar consecuencia de la ventilación mecánica utilizando parámetros ventilatorios individualizados”. Está basada en el uso de determinados parámetros de FiO<sub>2</sub>, volumen corriente, PEEP y la aplicación de maniobras de reclutamiento (24)

La adecuada titulación del PEEP permite la apertura de unidades alveolares generadoras de shunt y evita el colapso y apertura cíclico de esas unidades, se define la PEEP como la diferencia entre la presión alveolar y la intrapleural al final de la espiración, cuyo objetivo es mantener los alvéolos abiertos sin causar en ellos sobre distensión.

Sus valores habrán de individualizarse en cada paciente, siendo habitualmente correctos en torno a 5-6 cm H<sub>2</sub>O en situaciones de normo peso y 10 cm H<sub>2</sub>O en obesos. por lo cual su titulación deberá estar guiada a estos objetivos. (24,25)

Otra estrategia de protección pulmonar en adultos con distrés respiratorio es el valor de la inversión del tiempo inspiración-espiración (IE), cuya meta es mejorar el intercambio gaseoso sin contribuir a daño pulmonar ulterior. La prolongación del tiempo inspiratorio redonda en una velocidad más baja del flujo inspiratorio, evitando vaivenes turbulentos que aumentan la resistencia en la vía aérea. La reversión del índice inspiración espiración puede generar beneficios en la oxigenación a través de cambios en las presiones de tal vía, que ocasionan reducción del espacio muerto y en el cortocircuito, a la vez que mejora la reciprocidad ventilación/perfusión. El indicador invertido en la correlación inspiración espiración podría ser aplicado con aireación volumétrica controlada, ventilación manométrica controlada y SIMW. Inversión de la relación inspiración espiración con volumen control. (26)

## Anestesia General

Es un recurso disponible para pacientes sometidos a cirugía de cualquier especialidad, en ella se hace uso de técnicas que provocan hipnosis, amnesia, analgesia, protección neurovegetativa e inmovilidad, con el objetivo de que el paciente tolere los procedimientos médicos o quirúrgicos con fines diagnósticos, terapéuticos, rehabilitatorios, paliativos o de investigación (27)

Aunque en algunos pacientes este idealmente indicada una técnica regional, hay que considerar que todo procedimiento es susceptible a cambiar a una técnica general.

## PAFI

Este indicador si bien mide el intercambio gaseoso, es de gran utilidad en UCI para la toma de decisiones terapéuticas tiene una buena especificidad para predecir mortalidad en casos de distrés respiratorio agudo sea por COVID-19 o no, pero tiene una buena sensibilidad para mortalidad en casos con EPOC (28)

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se buscarán cambios en el espacio muerto fisiológico en aquellos pacientes que han presentado infección por la COVID 19 en comparación con pacientes sin infección previa bajo anestesia general y ventilación mecánica. Por medio de la estimación del espacio muerto alveolar, el cual puede ser obtenido por el método de Bohr, mediante la obtención de gases arteriales; se determinarán las necesidades de cada paciente que será ventilado en los procedimientos quirúrgicos que requieran anestesia general.

Se postula que las alteraciones en el espacio muerto fisiológico conllevan a una pérdida en la capacidad residual funcional debido a un patrón heterogéneo de inestabilidad pulmonar; en consecuencia, desarrollar lesiones pulmonares atribuibles a la ventilación mecánica.

**¿Existen cambios en el espacio muerto fisiológico en pacientes bajo anestesia general balanceada que han presentado infección previa por COVID 19 en comparación con aquellos que no han padecido la enfermedad?**

## JUSTIFICACION

La pandemia de COVID 19 declarada por la OMS en marzo 2020, continua en la actualidad presentando casos positivos, los cuales representan un desafío para el médico anesthesiologo, tanto en el abordaje de la vía aérea en el periodo pre, trans y post operatorio, ya sea en etapas iniciales de la enfermedad, como en el periodo de convalecencia y las posibles secuelas que se puedan presentar, incluso en aquellos pacientes con sintomatología leve. Se han realizado estudios en los que se ha encontrado una capacidad de difusión persistentemente anormal, incluso seis meses posteriores de haber presentado infección por COVID (29)

Para los pacientes que requieren manejo anestésico, la infección previa por COVID 19 representa un antecedente de importancia en la valoración preanestésica, sobre todo en aquellos que necesitan una intervención quirúrgica en donde se lleve a cabo una técnica de Anestesia General; ya que se han encontrado estudios en pacientes previamente hospitalizados con COVID-19 los cuales han presentado una capacidad de difusión persistentemente anormal incluso en seis meses después posteriores a la infección por COVID 19 (30)

En conjunto, estas alteraciones conllevan a una pérdida significativa de capacidad residual funcional (CRF) debido a un patrón heterogéneo de inestabilidad pulmonar. Se propone que el eje central del desarrollo de lesiones atribuibles a la ventilación sea el pulmón inestable con bajo volumen pulmonar. El barotrauma y el volutrauma son conceptos estrechamente relacionados que describen la lesión pulmonar mediada por alta presión durante la insuflación

y aquella mediada por sobredistensión. Estos fenómenos pueden prevenirse con un adecuado manejo de las presiones tanto en las vías aéreas y la presión pleural; (31). La demostración del aumento del espacio muerto alveolar puede contribuir en el manejo de la ventilación mecánica en aquellos pacientes que necesitan una intervención quirúrgica en donde se aplique Anestesia General; modificando los parámetros ventilatorios a aquellos que favorezcan reclutamiento alveolar, sin alterar las presiones pleurales y de las vías aéreas, disminuyendo el riesgo de atelectasias y bio-baro trauma.

La valoración preanestésica integral incluye herramientas de apoyo diagnóstico, las cuales ayudan a mejorar la calidad de la atención al paciente e incrementan el rango de seguridad de aquellos pacientes que serán intervenidos quirúrgicamente, cualquiera que sea la técnica anestésica de elección.

Las pruebas de función pulmonar constituyen una parte de la evaluación integral del paciente, sobre todo en aquellos que han tenido antecedente de exposición a biomasa (definido como la fracción biodegradable de los productos, residuos y desechos de origen biológico, industriales y municipales), fumadores pasivos, incluso pacientes añosos en los cuales, estas constituyen un proceso útil en el diagnóstico de enfermedades de carácter restrictivo/obstructivo. (32,33) Actualmente el Gold standard de dichos patrones corresponde al DLCO (que mide la capacidad de difusión de los gases a través de las paredes alveolares hacia la sangre), sin embargo, en nuestro país, no se disponen de los equipos suficientes para realizar esta prueba de manera rutinaria, las cuales son exclusivas de unidades hospitalarias de tercer nivel, que cuenten con servicio de Neumología/ Fisiología pulmonar. (34) A pesar de que se ha descrito el beneficio de las pruebas de función pulmonar como parte importante en la valoración preanestésica de rutina, estas no se llevan a cabo debido al alto costo y a que no se cuenta con estos recursos en unidades de segundo nivel. Mediante el método de Bohr, se puede estimar el espacio muerto alveolar demostrando con ello incremento de la porción no hematógena de la vía aérea. Por lo que, la medición del espacio muerto alveolar contribuye de manera práctica, de bajo costo y accesible para la estimación de la función pulmonar a pie de cama.

## **HIPOTESIS**

El espacio muerto alveolar obtenido por el método de Bohr será mayor en pacientes post COVID 19 en comparación con pacientes sin infección previa por COVID 19, bajo anestesia general.

### **Nula.**

El espacio muerto alveolar obtenido por el método de Bohr será igual en pacientes post COVID 19 en comparación con pacientes sin infección previa por COVID 19, en anestesia general.

## **OBJETIVO GENERAL**

Identificar si existen diferencias en el espacio muerto alveolar en pacientes con y sin antecedente de COVID-19 bajo anestesia general balanceada

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Determinar mediante la toma de una muestra de gasometría arterial; el espacio muerto alveolar con apoyo del método de Bohr en pacientes bajo anestesia general balanceada.

Comparar los resultados de gasometría arterial; el espacio muerto alveolar con apoyo del método de Bohr en pacientes bajo anestesia general balanceada

## **MATERIAL Y METODOS**

### **DISEÑO Y TIPO DE ESTUDIO**

Se trata de un estudio de tipo observacional, transversal, prospectivo, analítico, comparativo, retrospectivo.

Se conformarán los grupos de pacientes por asignación directa según el antecedente de haber padecido COVID previa revisión de expediente clínico y se realizara toma e interpretación de gasometría arterial.

Técnica de Anestesia General Balanceada:

1. Inducción anestésica: Preoxigenación con mascarilla facial con  $\text{FiO}_2$  al 100%. Medicamentos: Opioide, inductor, relajante muscular y misceláneos.
2. Parámetros ventilatorios iniciales: volumen corriente= 6ml por kilogramo de peso ideal, PEEP inicial 0,  $\text{FiO}_2$  50%, frecuencia respiratoria 12 a 14 por minuto

Para la obtención de gasometría arterial se realizará punción con técnica estéril de la arteria radial, para lo cual se realizará prueba de Allen para minimización de riesgos.

Prueba de Allen: Se coloca la mano del paciente en extensión abducción y supinación, se cierra el puño del paciente y se eleva la extremidad, se realiza presión en las arterias radial y cubital, se retira la presión y con la palma extendida se observa el retorno de coloración a la mano. Si la recoloración se produce dentro de los 7 segundos indicados esto indica que la arteria cubital es permeable y la integridad del arco palmar está intacta, a esto se considera test de Allen positivo. Si la recoloración aparece al cabo de 8 a 14 segundos el resultado de la prueba se considera confuso. Si la recoloración requiere 15 segundos o más la prueba es

negativa. Si la prueba es negativo o confuso la arteria radial no debe utilizarse y la prueba de Allen debe realizarse en la mano contralateral.

Transporte a laboratorio: En transportadora específica para muestras arteriales del servicio del quirófano, con hielo para mantener una temperatura 5 grados. Sin burbujas de aire para no alterar resultados de pH y niveles de CO<sub>2</sub>

**MANTENIMIENTO ANESTÉSICO** halogenado y medicamentos de mantenimiento.

- a) Con el paciente intubado y con parámetros iniciales de FiO<sub>2</sub> 50%, PEEP 0 se realizará la toma inicial de gasometría arterial, registrando los resultados en la tabla de recolección de datos y posteriormente se aplicarán los parámetros de protección pulmonar.
- b) El investigador principal será el encargado de la emersión y extubación del paciente, anotando todas las eventualidades que lleguen a suceder en el registro trans anestésico.

Una vez obtenidos los resultados de gasometría se realizará la recolección de datos mediante una hoja de cálculo en Microsoft Excel®, y se procederá a la captura y análisis estadístico de los mismos, el cual se realizara mediante estadística descriptiva con el programa SPSS.

## **POBLACION DE ESTUDIO**

La población de estudio es aquella que pertenece a la zona oriente de la Ciudad de México y municipios del Estado de México, que acuden para atención médica al hospital general “General José María Morelos y Pavón” del ISSSTE, que serán sometidos a cirugía de cualquier especialidad y candidatos a aplicación de anestesia general balanceada, que además, tengan el antecedente de infección comprobada por medio de prueba positiva para COVID 19 desde marzo 2020 hasta fechas anteriores al evento quirúrgico.

- Pacientes mayores de 18 años.
- ASA I, ASA II y ASA III.
- Pacientes que acepten participar en el estudio.
- Cirugía electiva

## **UNIVERSO DE TRABAJO**

Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado; ISSSTE, Hospital José María Morelos y Pavón, quirófano, servicio de Anestesiología.

Pacientes sometidos a Anestesia General durante el periodo Agosto de 2022 -febrero 2023

## **CRITERIOS DE INCLUSION**

- Sexo: Masculino o femenino
- Pacientes mayores de 18 años
- Pacientes en los cuales se realizará anestesia general balanceada.
- ASA I, II y III.

- Pacientes sin antecedente de cardiopatía.
- Pacientes sin antecedente de neumopatías previas a la infección por COVID 19
- Pacientes que desean ser incluidos en el protocolo de estudio.
- Cirugía electiva

## CRITERIOS DE EXCLUSION

- Pacientes con cardiopatía previamente diagnosticada
- Pacientes que no desean ser incluidos en el protocolo de estudio
- Pacientes con neumopatías.

## CRITERIOS DE ELIMINACION

- Rechazo del procedimiento quirúrgico-anestésico
- Choque hipovolémico grado III y IV

## Descripción operacional de las variables.

- Prueba COVID19: Serología para anticuerpos anti-COVID 19
- Sexo: Condición orgánica que distingue entre masculino y femenino
- Edad: Años cumplidos por el paciente
- IMC: Índice de masa corporal
- EtCO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono cuantificado al final de una espiración en un minuto
- PaCO<sub>2</sub>: Presión arterial de dióxido de carbono
- PEEP Presión positiva al final de la espiración
- Espacio muerto alveolar porción del tracto respiratorio donde no ocurre intercambio efectivo de gases

## TAMAÑO DE LA MUESTRA

Tamaño de la muestra:

Cálculo de muestra  $\alpha=.05$  probabilidad de 8,

- N= 80
- $Zc^2=1.96$
- $p=.80$
- $q= 20$
- $d^2= 0.08$

$$n = \frac{N (Zc^2) (pq)}{d^2 (N-1) + (Zc^2 \cdot pa)}$$

$$n = \frac{80 (1.96) \cdot (.20) (.80)}{0.08^2(80-1) + (3.8416 \cdot 0.16)}$$

n= 25

- 20% de 25 = 5
- n= 30

## TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Técnica de Anestesia General Balanceada:

- **Inducción:** Preoxigenación con mascarilla facial con FiO<sub>2</sub> al 100%. Medicamentos: Opiode, inductor, relajante muscular y misceláneos.
- **Parámetros ventilatorios iniciales:** volumen corriente= 6ml por kilogramo de peso ideal, PEEP inicial 0, FiO<sub>2</sub> 50%, frecuencia respiratoria 12 a 14 por minuto

## MANTENIMIENTO ANESTÉSICO

- a) Con el paciente intubado y con parámetros iniciales de FiO<sub>2</sub> 50%, PEEP 0 se realizará la toma inicial de gasometría arterial, registrando los resultados en la tabla de recolección de datos y posteriormente se aplicarán los parámetros de protección pulmonar.
- b) El investigador principal será el encargado de la emersión y extubación del paciente, anotando todas las eventualidades que lleguen a suceder en el registro trans anestésico.
- c) Se registrarán los datos en la hoja de recolección para la realización de la ecuación de Bohr y su posterior análisis.
- d) Una vez completada la hoja de recolección de datos, se procederá a la captura y análisis estadístico de los mismos, una vez analizados, procederá a entregar los resultados para el análisis final y dar así las conclusiones del estudio.
- e) Halogenado y medicamentos de mantenimiento y/o adyuvantes según sea el caso.

Obtención de gases arteriales:

Para la obtención de gasometría arterial se realizará punción con técnica estéril de la arteria radial, para lo cual se realizará prueba de Allen para minimización de riesgos.

Prueba de Allen: Se coloca la mano del paciente en extensión abducción y supinación, se cierra el puño del paciente y se eleva la extremidad, se realiza presión en las arterias radial y cubital, se retira la presión y con la palma extendida se observa el retorno de coloración a la

mano. Si la recoloración se produce dentro de los 7 segundos indicados esto indica que la arteria cubital es permeable y la integridad del arco palmar está intacta, a esto se considera test de Allen positivo. Si la recoloración aparece al cabo de 8 a 14 segundos el resultado de la prueba se considera confuso. Si la recoloración requiere 15 segundos o más la prueba es negativa. Si la prueba es negativo o confuso la arteria radial no debe utilizarse y la prueba de Allen debe realizarse en la mano contralateral. (35)

Transporte a laboratorio: En transportadora específica para muestras arteriales del servicio del quirófano, con hielo para mantener una temperatura 5 grados. Sin burbujas de aire para no alterar resultados de pH y niveles de CO<sub>2</sub>

## **PLAN DE ANALISIS ESTADISTICO**

Se creó una base de recolección de datos mediante el programa Excel de Microsoft® Office, posteriormente se llevó a cabo el análisis estadístico descriptiva, frecuencias y porcentajes para variables cualitativas; así como media y desviación estándar para variables cuantitativas. La metodología comparativa entre los diferentes grupos para muestras probabilísticas de T de student, estableciendo un intervalo de confianza de 95%, tomando como valor estadísticamente significativo un 5% (.05) Mediante el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 25 de IBM®.

## **ASPECTOS ETICOS**

Los principios éticos particulares que se cumplen en este protocolo y del cual se benefician los pacientes son los siguientes:

### **Justicia:**

Se aplicarán parámetros de ventilación pulmonar a todos los pacientes candidatos a ser electos para este protocolo. Durante la realización del estudio se tendrá apego a la NORMA Oficial Mexicana NOM-006-SSA3-2011, Para la práctica de la anestesiología en sus puntos 10.1.2 a 10.1.2.4 para el adecuado suministro de oxígeno al paciente y monitoreo de la ventilación mecánica; tomando en cuenta los parámetros necesarios para protección pulmonar, según se han establecidos en la metodología.

Artículo 4º. constitucional el cual garantiza para todas las personas el derecho a la protección de la salud. El derecho a la salud tiene un carácter prestacional en la medida en que principalmente implica y conlleva una serie de obligaciones positivas (de hacer) por parte de los poderes públicos.

**Autonomía:**

Se presentará el consentimiento informado a los candidatos que concreten los criterios de inclusión, explicando los riesgos y beneficios de participar en este protocolo de manera verbal y escrito, se resolverán dudas que surjan respecto a la metodología, riesgos y beneficios y se respetará la decisión participar o no en el estudio. se explicará la protección de sus datos personales, así como la privacidad de los datos recabados, los cuales serán únicamente de divulgación científica, sin mencionar datos personales.

ARTICULO 13.-En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberán prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar.

**Beneficencia:**

El paciente se beneficia de este estudio mediante el cálculo del espacio muerto alveolar y el manejo de parámetros ventilatorios con técnicas de protección pulmonar, lo cual garantiza un menor riesgo de complicaciones pulmonares asociadas a la ventilación mecánica.

ARTICULO 14.-La Investigación que se realice en seres humanos deberá desarrollarse conforme a las siguientes bases: I. Se ajustará a los principios científicos y éticos que la justifiquen; II.-Se fundamentará en la experimentación previa realizada en animales, en laboratorios o en otros hechos científicos. III.-Se deberá realizar sólo cuando el conocimiento que se pretenda producir no pueda obtenerse por otro medio idóneo; IV.-Deberán prevalecer siempre las probabilidades de los beneficiados esperados sobre los riesgos predecibles; V.- Contará con el consentimiento informado y por escrito del sujeto de investigación o su representante legal, con las excepciones que este Reglamento señala; VI.-Deberá ser realizada por profesionales de la salud con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano, bajo la responsabilidad de una institución de atención a la salud que actúe bajo la supervisión de las autoridades sanitarias competentes y que cuente con los recursos humanos y materiales necesarios, que garanticen el bienestar del sujeto de investigación; VII. Contará con el dictamen favorable de las Comisiones de Investigación, Ética y la de Bioseguridad, en su caso, y VIII. Se llevará a cabo cuando se tenga la autorización del titular de la institución de atención a la salud

ARTICULO 16.-En las investigaciones en seres humanos se protegerá la privacidad del individuo sujeto de investigación, identificándolo sólo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice.

ARTICULO 17.-Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio.

## **No-maleficencia:**

Para la realización del método de Bohr es necesaria la toma de una muestra de sangre arterial, para la minimización de riesgos vasculares potenciales, se realizará prueba de Allen a todos los pacientes, para descartar circulación colateral. El conocimiento del espacio muerto alveolar en pacientes post COVID permite realizar cambios en los parámetros ventilatorios para favorecer la protección pulmonar y disminuir consecuencias relacionadas a la ventilación controlada.

Para efectos del trabajo expuesto a continuación se señalará el tipo de investigación correspondiente.-Investigación sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta;

Con la información obtenida en este protocolo se pretende enriquecer a la comunidad médica, específicamente a anesthesiólogos, los cuáles, durante esta pandemia, se han enfrentado al manejo anestésico de pacientes con antecedentes COVID 19 y en muchos casos es necesario aplicar ventilación mecánica controlada

Durante la recolección de datos este protocolo se ajusta al marco jurídico y normativo en salud para respaldar y regular el uso de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones en el área de la salud, en su informe sobre el acceso a expedientes clínicos, en el apartado 2.2 de derechos y obligaciones de los usuarios propone que en base al artículo 77 bis 37 de la Ley General de Salud, dentro del Capítulo IX de "Derechos y obligaciones de los beneficiarios" del Título Tercero Bis rubricado "De la Protección Social en Salud", establece como derechos de los beneficiarios del Sistema de Protección Social en Salud, en lo que al presente Informe se refiere, los siguientes puntos: VII. Contar con su expediente clínico VIII Decidir libremente sobre su atención IX. Otorgar o no su consentimiento válidamente informado y a rechazar tratamientos o procedimientos X. Ser tratado con confidencialidad XIII. Recibir información sobre los procedimientos que rigen el funcionamiento de los establecimientos para el acceso y obtención de servicios de atención médica. De tal manera que este protocolo de investigación cumple adecuadamente con estos puntos, al recabar los datos correspondientes dentro de la hoja de recolección de datos, donde no se incluirá el nombre de los pacientes, solo se utilizará número de caso, edad y sexo.

Uno de los principios que regula el derecho a la protección de datos personales es el de "calidad". El cual señala, que cuando los datos personales hayan dejado de ser necesarios para el cumplimiento de las finalidades previstas en esta investigación y las disposiciones legales aplicables, deberán ser cancelados, es decir, borrados, suprimidos, eliminados o destruidos. Así mismo en este protocolo se toma en cuenta lo que el Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI) decreta, el INAI es el organismo constitucional autónomo garante del cumplimiento de dos derechos fundamentales: el de acceso a la información pública y el de protección de datos personales.

Por lo cual se desvincularán datos personales del expediente como el nombre y en las hojas de recolección de datos, sólo se registrará número de caso.

## RESULTADOS

Estudio de tipo observacional, de tipo transversal, analítico de asignación directa, en el cual se obtuvo la participación de 31 pacientes programados para cirugía electiva cuyo plan anestésico fue anestesia general balanceada. Se realizó consentimiento informado en pacientes mayores de edad de los cuales las características demográficas se demuestran en la siguiente tabla:

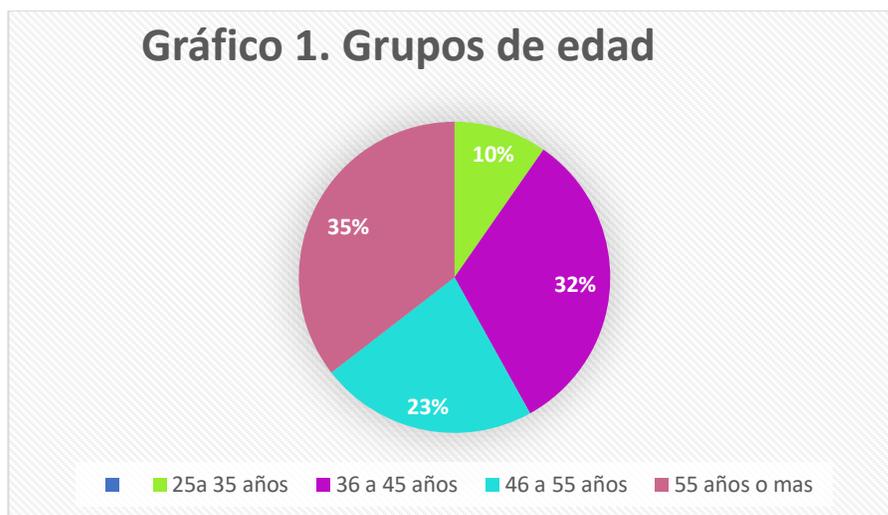
Tabla 1. Frecuencias por grupos de edad

	Frecuencia	Porcentaje	Cumulative Percent
25a 35 años	3	9.7	9.7
36 a 45 años	10	32.3	41.9
46 a 55 años	7	22.6	64.5
55 años o mas	11	35.5	100.0
Total	31	100.0	

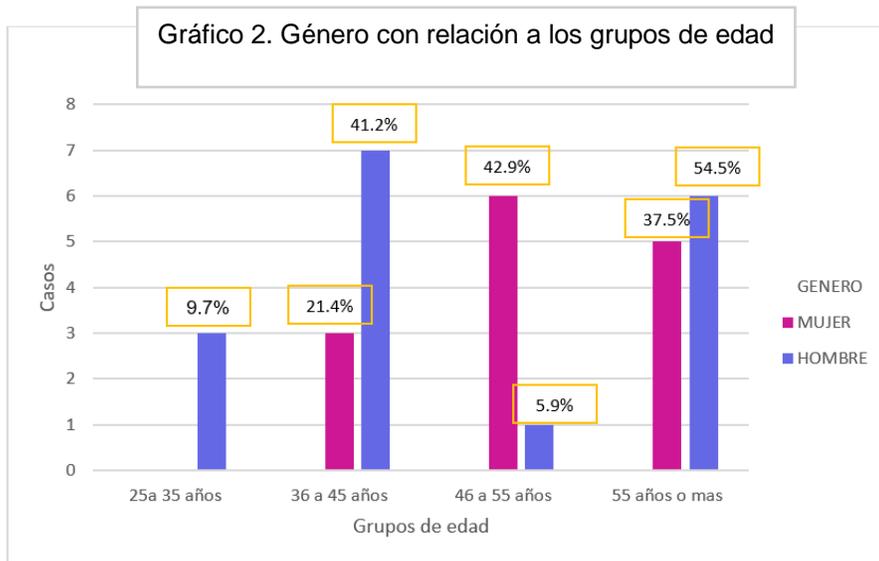
Datos de variables nominales expresados en frecuencias y porcentajes

En el análisis de las características demográficas, se observa una distribución de 9.7% para el grupo de pacientes entre 25 a 35 años, un total de 32.3% para rango de 36 a 45 años, un 22.6% en el rango de 46 a 55 años y un total de 35.5% en el rango de 55 años o más.

Gráfico 1. Grupos de edad



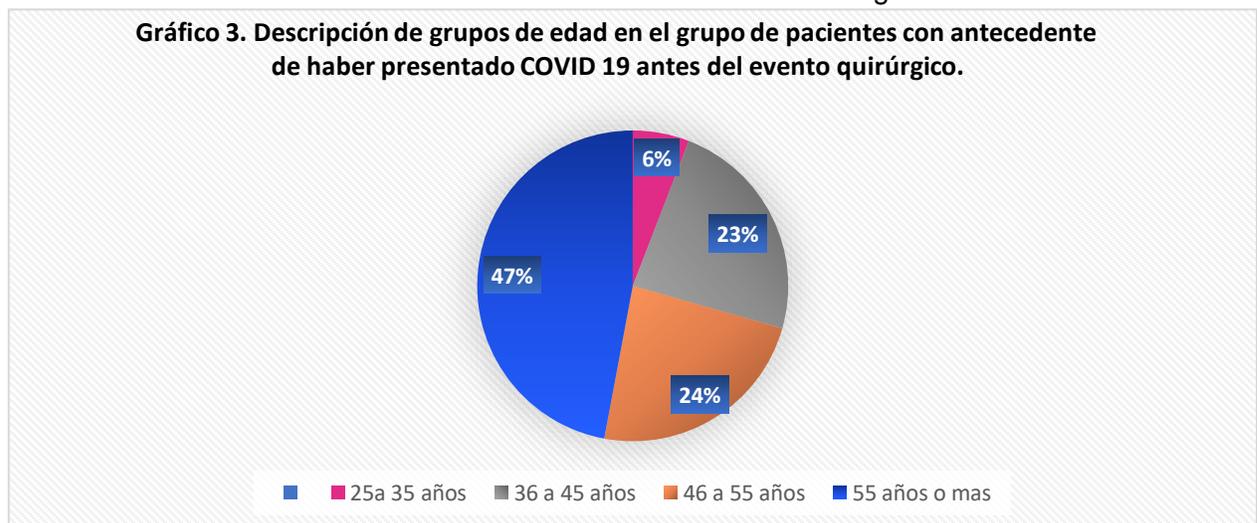
Las características demográficas por genero están contenidas en el siguiente gráfico.



Distribución demográfica género por número de casos dentro del rango de edad correspondiente

En cuanto a la relación género y edad, se observa un total de población femenina de 45.2% del total de pacientes incluidos en el protocolo y para la población masculina un total de 54.8%. El rango de edad con mayor población femenina fue de 45 a 55 años con un porcentaje de 42.9% en comparación con 5.9 % para población masculina.

Se registro un total de 17 casos de pacientes que refirieron antecedente de COVID 19 en algún grado variable de la enfermedad la relación en cuanto a grupos de edad. Se observo una frecuencia mayor en el rango de edad de 55 años o más, registrando un porcentaje de 47.1%, mientras que la distribución más baja se obtuvo en pacientes más jóvenes incluidos en el rango de edad de 25 a 35 años el cual represento un 5.9% del total de casos, como se muestra en el grafico 3



En cuanto al tiempo post infección por SARS COV 2 desde el diagnostico por prueba de antígenos, hasta la fecha de programación de cirugía se muestra para los 17 pacientes se muestra a continuación en la tabla 3.

Tabla 2. Tiempo posterior a infección por COVID 19

	N	Rango	mínimo	máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Tiempo post COVID	17	20	4	24	11.18	5.235	27.404
Valido	17						

Tiempo en meses.

Donde se observa el periodo mínimo en meses desde el diagnostico por prueba de antígenos es de 4 meses y el periodo máximo es de 24 meses, con una media de 11.18 y una desviación estándar de  $\pm 5.23$

La distribución para el tiempo post COVID 19 según el rango de pacientes incluidos en el grupo de pacientes que habían presentado previamente COVID 19 se muestra en el siguiente grafico



Total, de pacientes incluidos en el grupo Post COVID 19 = 17

Una vez realizada la inducción según el plan anestésico adaptado a las necesidades especificadas de cada paciente, se realizó intubación orotraqueal con sonda orogástrica tipo Murphy seleccionado según características del paciente. Una vez realizada la intubación mecánica se inició ventilación mecánica controlada por volumen con parámetros iniciales: volumen corriente= 6ml por kilogramo de peso ideal, PEEP inicial 0, FiO<sub>2</sub> 50%, frecuencia respiratoria 12 a 14 por minuto, 15 minutos posterior al inicio de ventilación mecánica, se tomó la muestra de gasometría arterial en arteria radial izquierda, previa prueba de Allen positivo, sin eventos adversos que reportar.

Las características del Espacio muerto alveolar obtenido en la totalidad de pacientes incluidos en el estudio se muestran a continuación en la tabla 3.

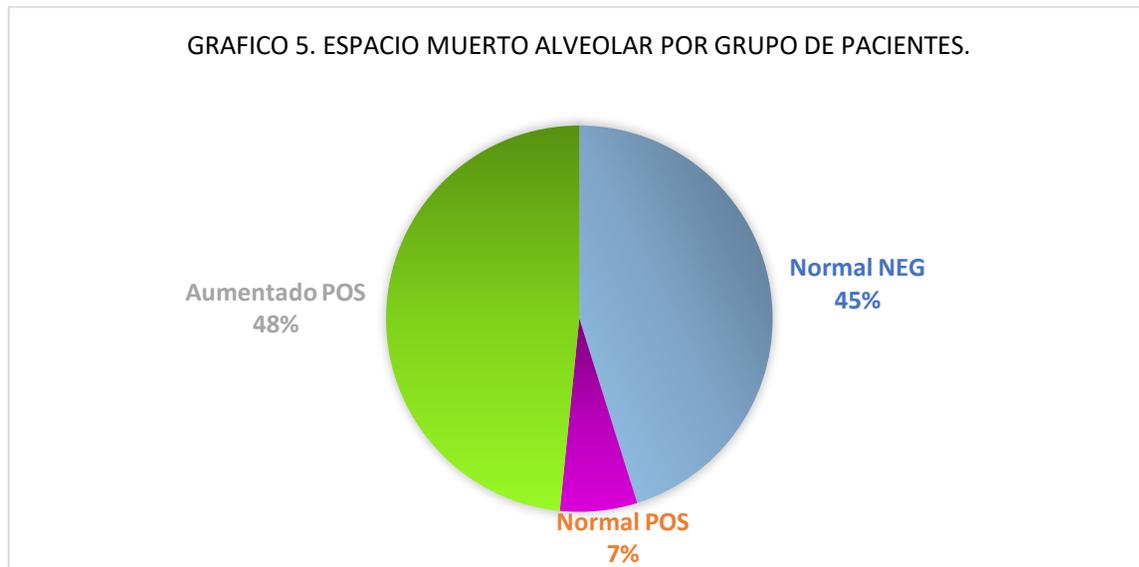
Tabla 3. Espacio muerto alveolar obtenido con método Bohr.

	N	Rango	mínimo	máximo	Media	Desviación STD	Varianza
EMA BOHR	31	42.62%	3.03%	45.65%	23.4061%	12.65182%	160.069
Validos	31						

Promedio en referencia de 30% como límite de normalidad.

Se puede apreciar una media de 23.4% de espacio muerto alveolar para el total de pacientes incluidos en el estudio con una desviación estándar de  $\pm 12.6$ . Para pacientes con antecedente de COVID 19 se obtuvo una media de 32.21% y para pacientes negativos para infección previa por COVID 19 una media de 10.85%.

Para el espacio muerto alveolar, se tomó como referencia 30% como punto de corte para referir el espacio muerto aumentado; se obtuvo un total de 14 casos negativos para antecedente COVID que presentaron espacio muerto alveolar normal y 2 casos con espacio muerto en valores normales. En cuanto a los casos con espacio muerto alveolar aumentado, se obtuvo un total de 15 casos con antecedente de haber padecido COVID 19, como se muestra en el gráfico 5



Porcentaje según número de casos obtenidos: Normal + Sin antecedente de COVID n=45%, normal + sin antecedente de COVID n=19 7%, Aumentado + antecedente positivo para COVID 19, n= 48%. Se omiten casos Negativos para antecedente COVID 19 y espacio muerto alveolar aumentado ya que no se presentó ningún caso en la población de estudio.

De acuerdo con la hipótesis principal, el espacio muerto alveolar es mayor el pacientes post COVID 19 n=15 [32.21%] en comparación con pacientes sin infección previa por COVID 19 n=14 [ 10.85%] p < 0.016 de U de Mann-Whitney, con un  $\alpha$  0.05 y un IC 95% (2.15, 31)

## ANALISIS Y DISCUSION

Desde los inicios de la pandemia por la COVID 19 ha sido necesaria la modificación del paradigma del conducir médico, sobre todo en el personal quirúrgico, siendo el anestesiólogo quien se enfrenta más frecuentemente a la vía aérea. Esto conduce a la necesidad de conocer el fenotipo fisiopatológico y los mecanismos profibróticos que se presentan en la infección por SARS COV- 2.

En la actualidad el descenso de casos positivos para SARS-COV 2, así como el número de ingresos hospitalarios por casos graves se han obtenido debido al esfuerzo en las campañas de vacunación, sin embargo, no ha sido posible identificar una estadística de secuelas posteriores a la infección por COVID 19, siendo una de las principales, las modificaciones en el parénquima pulmonar.

En este estudio se incluyó un total de 31 pacientes, la asignación de grupos fue adecuada según el antecedente de COVID 19, el rango de edad promedio fue de 55 años o más (35.5%) para el total de la población. Para este estudio se incluyó una participación de población masculina de 54.8%, siendo la población femenina menos perjudicada por infección de COVID.

Los hallazgos de incremento en el espacio muerto alveolar, según el rango establecido de normalidad (30%), es mayor en población con antecedentes de infección por SARS COV 2 (48%) en comparación con la población que no lo presento (45%). El promedio de medición de espacio muerto alveolar en pacientes con antecedente de COVID fue de 32.21%, mientras que la media en la población que no había sido diagnosticada previamente con COVID fue de 10.85%. Sin embargo, llama la atención que esto se modifica conforme va siendo mayor el rango de tiempo desde el diagnóstico de la infección por SARS COV 2. Presentando un acercamiento hacia la normalidad en los pacientes que fueron diagnosticados al inicio de la pandemia.

De igual manera, los pacientes más jóvenes tienden a presentar niveles de espacio muerto alveolar dentro de parámetros normales, a pesar de haber tenido infección previa por SARS COV 2, (7%) como lo demuestran los casos correspondientes a los casos con espacio muerto alveolar menor al 30%, sin embargo, debido a que la población estudiada en este rango de edad es menor, se necesitaría estudiar un número mayor de casos en este rango de edad para considerar correlacionar estas dos variables.

## CONCLUSIONES

- El espacio muerto alveolar es mayor en pacientes con antecedente de COVID 19 (32.1) en comparación con aquellos pacientes que no presentaron infección previa (10.85) bajo anestesia general y con parámetros ventilatorios controlados (volumen corriente= 6ml por kilogramo de peso ideal, PEEP inicial 0, FiO2 50%, frecuencia respiratoria 12 a 14 por minuto)
- El método de Bohr es una herramienta para estimar el espacio muerto alveolar accesible, de bajo costo, reproducible, que es fácilmente replicable a pie de cama, sin embargo, no constituye el método más confiable para obtención del total de volúmenes y capacidades del parénquima pulmonar
- La implementación de parámetros de protección pulmonar se debe proponer en pacientes con antecedente de infección por COVID 19, siempre priorizando la individualización, según las características físicas, demográficas y patológicas de cada paciente, sin estandarizar por la presencia o no de una patología determinada.

## PERSPECTIVAS

En la valoración preanestésica, resulta de gran importancia conocer el historial de infección por SARS COV-2; que debe incluirse como parte del interrogatorio de los antecedentes personales patológicos, ya que respalda la toma de decisiones como en el manejo de la ventilación mecánica, al cual, son susceptibles todos los pacientes sin importar el plan inicial de manejo anestésico.

La ventilación mecánica debe dirigirse a metas de ventilación protectora, tomando en cuenta que las alteraciones fisiopatológicas de esta enfermedad proporcionan un patrón restrictivo de ventilación, por lo tanto, evitar posibles daños al parénquima pulmonar y prolongación de la estancia intrahospitalaria.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Ortiz Atiaja Johana Isabel. Fibrosis pulmonar como secuela pulmonar parenquimatosa provocada por COVID 19: Una revisión bibliográfica. Revista Anatomía digital. Vol. 5 No. 3, pp. 6 – 18 , julio septiembre 2022
- (2) Xie LX, Liu YN, Fan BX, Xiao YY, Tian Q, Chen LG, et al. Dynamic changes of serum SARS Coronavirus IgG, pulmonary function and radiography in patients recovering from SARS after hospital discharge. Respir Res. 2020

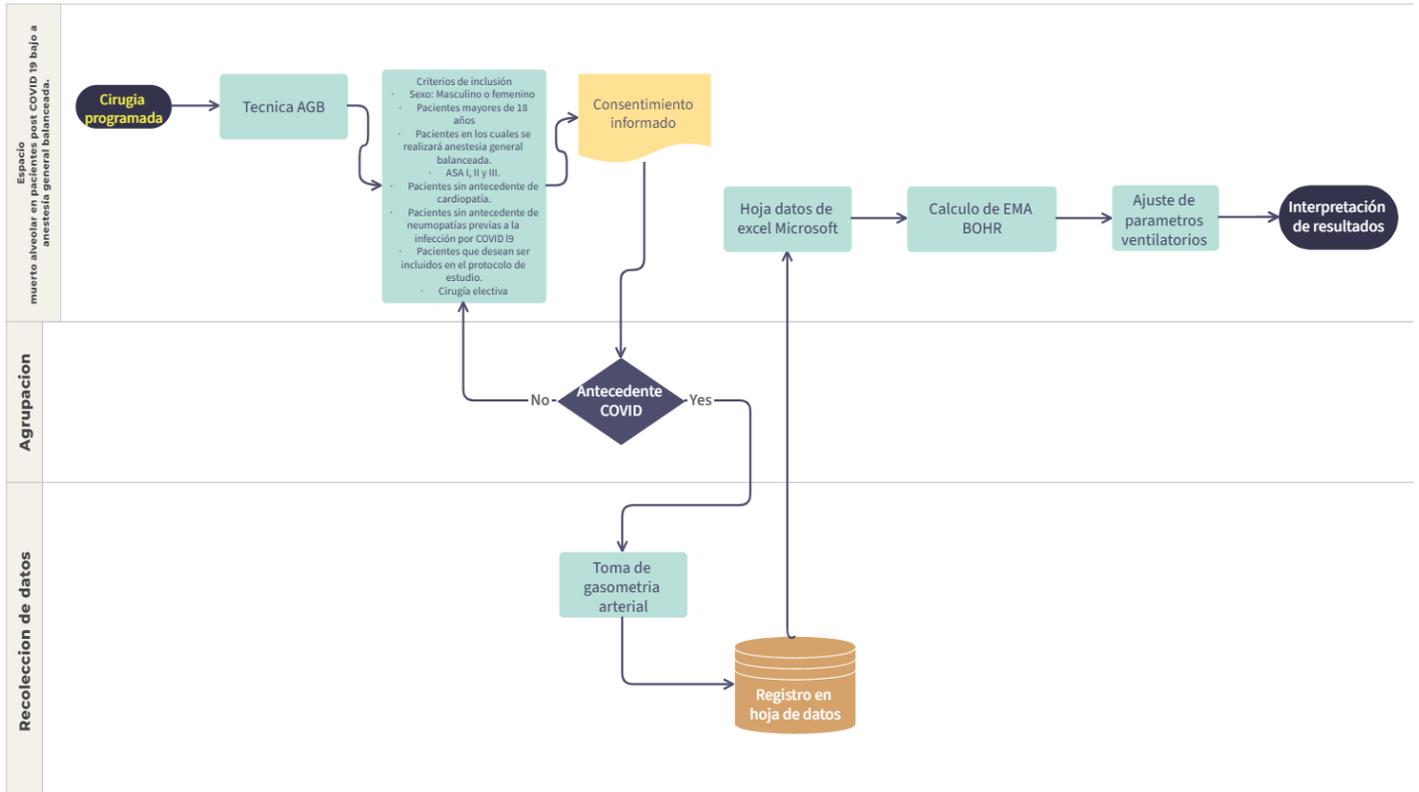
- (3) Bozzo Henriquez, Rodrigo. Fisiología respiratoriaventilación: cómo llega el aire a los alveolos. *Rev. Neumología pediátrica*, vol. 17 (1): 9-1. Chile, 2022
- (4) David A Kaminsky, Overview of pulmonary function testing in adults. Up to date. Diciembre 2022. Wolters Kluwer.
- (5) Benites M., Poblete F., Céspedes C., Gil D., Riquelme C., Olive F., Ferre A., Sepúlveda M., Regueira T., (2022). Capnografía volumétrica y su aplicación en la monitorización de la ventilación mecánica. *Revista Chilena de Medicina Intensiva*, 37(1).
- (6) McDonald Lindsay. Healing after COVID 19: are survivor at risk for pulmonary fibrosis? *Amerian Journal of Physiology Lung cellular and molecular physiology* Feb 2021 <https://doi.org/10.1152/ajplung.00238.2020>
- (7) Silva Andrade Bruno, Siqueira Sergio et al. Lung COVID and post COVID health complications: An Up to Date Review on clinical conditions and their possible molecular mechanism. *MDPI journals*. Volumen 13 Issue 4 2021 pp 2-24
- (8) Achkar M, Jamal O, Chaaban T. Post-COVID lung disease(s). *Annals Thoracic Medicine*. 2022 Jul-Sep;17(3):137-144. doi: 10.4103/atm.atm\_103\_22.
- (9) John AE, Joseph C, Jenkins G, Tatler AL. COVID-19 and pulmonary fibrosis: A potential role for lung epithelial cells and fibroblasts. *Immunol Rev*. 2021;302:228–40.
- (10) Ademola S. Balogun, S. Pulmonary Fibrosis in COVID-19 Survivors: Predictive Factors and Risk Reduction Strategies. *Pulmonary Medicine*. Hindawi. Volume 2020
- (11) S. Zhou, Y. Wang, T. Zhu, and L. Xia, “CT features of coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia in 62 patients in Wuhan, China,” *American Journal of Roentgenology*, vol. 214, no. 6, pp. 1287–1294, 2020.
- (12) J. Y. Chen, K. Qiao, F. Liu et al., “Lung transplantation as therapeutic option in acute respiratory distress syndrome for COVID-19-related pulmonary fibrosis,” *Chinese Medical Journal*, vol. Publish Ahead of Print, 2020.
- (13) Z. Ye, Y. Zhang, Y. Wang, Z. Huang, and B. Song, “Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pictorial review,” *European Radiology*, vol. 30, no. 8, pp. 4381–4389, 2020
- (14) Thachil J, Lisman T. Pulmonary megakaryocytes in coronavirus disease 2019 (COVID-19): Roles in thrombi and fibrosis. *Semin ThrombHemost*. 2020; 46:831–4.
- (15) Morales Quinteros Luis. Et al. Dead space estimates may not be independently associated with 28-day mortality in COVID 19 ARDS. *Critical Care Journal*. España 2021 vol. 25:171 pp 2-13

- (16) Torres GonzalezJuly, et al. Fibrosis pulmonar en infección por SARSCoV-2: ¿qué sabemos hasta ahora? ¿Qué podemos esperar? Univ. Med. Volumen 61 No. 4 Diciembre| 2020
- (17) Sinah Pratik, Flower O., Soni, Nel, Deadspace ventilation: a waste of breath. Intensive care medicine. 36, 735-746 (2017) Springer link
- (18) Lumb Andrew. Nunn's Applied Respiratory Physiology. Eight edition. Chapter 7 Distribution of Pulmonary Ventilation and Perfusion. 2017 Elsevier. Leeds UK. pages 109-135
- (19) Quinn M, St Lucia K, Rizzo A. Anatomy, Anatomic Dead Space. In: StatPearl. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442016/>
- (20) Robertson Thomas. Dead space: The physiology of wasted ventilation. Physiology in respiratory medicine. Number 9. University of Washington, Seattle. Eur. Respiratoy Journal 2017 45: 1704-1716
- (21) Bourgoin Pierre, Baudin Florent et al. Assessment of Bohr and Enghoff Dead Space Equations inMechanically Ventilated Children. Respiratory Care Montreal Canada. 2017 Vol. 62 No. 4 pp 468 - 474
- (22) Yu- Jiao Zhang, et al. Comparasion of the pulmonary dead-space fraction derived from ventilator volumetric capnography and a validated equation in the survival prediction of patients with acute respiratory distress syndrome. Chine Journal of Traumatology vol 19 (2017) pp 141-145
- (23) Montañez Ramirez Erika, Camelo Perilla Maribel. Estrategias de protecciónpulmonar en pacientes conCOVID-19 y monitoria dela ventilación mecánica. Manejo del paciente con Coronavirus COVID 19 en la población adulta. Distribuna editorial. Mexico 2020 Pp 1-23
- (24) Bes Miras Sofia, Gómez García Veronica, et al. Ventilación De Protección Pulmonar. Revista anestesiología y reanimación. Ocronos. Vol. IV. N° 9–Septiembre 2021. Pág. Inicial: Vol. IV; nº9: 151
- (25) Tusman Gerardo, Gogniat Emiliano, Madorno Matias et. Al. Effect of PEEP on dead space in an experimental model of ARDS. Respiratory Care Journal. Argentina 2020. Vol 65 no. 1 pp 11-20
- (26) González-Bermejo LL, Pozo-Romero JA, Correa-Borrell M, de la Paz-Estrada C. Comportamiento de presiones intrapulmonares con inversión de la relación inspiración espiración en colecistectomía laparoscópica. Rev Mex Anestesiol. 2022; 45 (1): 16-22.
- (27) NORMA Oficial Mexicana NOM-006-SSA3-2011, Para la práctica de la anestesiología. Diario oficial de la federación. Consultado en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5240668&fecha=23/03/2012](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5240668&fecha=23/03/2012)

- (28) MARMANILLO-MENDOZA, Gabriela et al. Índice SatO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> versus PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> para predecir mortalidad en pacientes con COVID-19 en un hospital de altura. Acta méd. Peru, Lima , v. 38, n. 4, p. 273-278, oct. 2021
- (29) Huang C, Huang L, Wang Y, et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study. Lancet 2021; 397:220.
- (30) Pérez-Nieto, Deloya-Tomás, Lomelí-Terán, Pozos-Cortés, Monares-Zepeda, Poblano-Morales Presión de distensión (driving pressure): Principal objetivo para la protección alveolar. Neumol Cir Torax, Vol. 77, No. 3, Julio-septiembre 2018 pag 223-227
- (31) Explorando la fisiopatología de la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica. Rodríguez Cruz, Torres Palacios Et. A. Revista Archivos Venezolanos de farmacología y Terapéutica. Volumen 39 numero 1. 2020
- (32) Practice Advisory for Preanesthesia Evaluation: An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Preanesthesia Evaluation. Anesthesiology 2021
- (33) Boletín Español Oficial de Estado. Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico. Boletín oficial del estado. España Mayo 2022 Sec. 1 Pag 68400
- (34) Hernando JEC. Criterios de seguimiento de los pacientes con afectación respiratoria grave por SARS-CoV-2. FMC. 2021 May;28(5):266-272.
- (35) Elsevier clinical Skills. Punción arterial. 2020 Elsevier Health solutions obtenido de <https://elsevierclinicalskills.es>

# ANEXOS

## FLUJOGRAMA DE RECOLECCION DE DATOS



Elaboración original

## Hoja de recolección de datos

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO.

Jefatura de Anestesiología.

Título del protocolo: ESPACIO MUERTO ALVEOLAR EN PACIENTES POST COVID 19 BAJO A ANESTESIA GENERAL BALANCEADA.

Espacio muerto alveolar en pacientes post COVID bajo Anestesia General

Observacional, tipo Cohorte, prospectivo

Ficha de Identificación			
Expediente:			
Sexo:	Hombre	Mujer	Edad:
Peso:		Talla:	
Tipo de cirugía:			
Antecedentes del paciente			
IMC:		ASA:	
Antecedente de haber padecido COVID	SI	NO	Tiempo post COVID:
Grado de COVID:	Leve	Moderado	Severo
¿Requirió uso oxígeno suplementario?	No	En casa	Hospitalización
Transoperatorio			
Inducción:	Intravenosa	Inhalatoria	Otra
Preoxigenación	1-5 minutos	5-10 minutos	>10 minutos
Parámetros ventilatorios	Volumen Tidal	FR:	PEEP:
ETCO <sub>2</sub> :		Relación I:E	
Tiempo quirúrgico total:		Tiempo anestésico total:	
Datos gasométricos			
pH:	PO <sub>2</sub>	PCO <sub>2</sub>	PaO <sub>2</sub> /PAO <sub>2</sub>
PAFI:	EMA BOHR		
CHECK	NORMAL	AUMENTADO	
Emersión:			
Complicaciones:			