



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Facultad de Medicina

División de Estudios de Posgrado

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**

Unidad Médica de Alta Especialidad

Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”

Centro Médico Nacional “La Raza”

Tesis:

---

**“Evaluación pulmonar y hallazgos de la ecografía pulmonar de los pacientes Posoperados bajo anestesia general y ventilación mecánica”**

---

Que para obtener el grado de **Médico Especialista en Anestesiología**

Presentan:

**Dr. Luis Felipe Peñaloza Guerra**

Asesor:

**Dr. Arnulfo Calixto Flores**



**Ciudad de México 2024**



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.

## **Hoja de Autorización de Tesis:**

---

### **Dr. Benjamín Guzmán Chávez**

Profesor Titular de Anestesiología-jefe del Servicio de Anestesiología  
U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga  
Mouret” Centro Médico Nacional “La Raza”  
IMSS

---

### **Dr. Arnulfo Calixto Flores**

Asesor de Tesis, Profesor Adjunto de Anestesiología  
U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”  
Centro Médico Nacional “La Raza” IMSS

---

### **Dr. Luis Felipe Peñaloza Guerra**

Médico Residente del Tercer Año  
de la Especialidad en Anestesiología.  
Sede Universitaria U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr.  
Antonio Fraga Mouret” Centro Médico Nacional “La Raza” IMSS

**Número de Registro CLIS: 2023-3501-059**

## INDICE

<u>Resumen .....</u>	<u>4</u>
<u>Summary .....</u>	<u>5</u>
<u>Antecedentes Específicos .....</u>	<u>6</u>
<u>Materiales y Métodos .....</u>	<u>11</u>
<u>Resultados .....</u>	<u>13</u>
<u>Discusión .....</u>	<u>20</u>
<u>Conclusiones .....</u>	<u>21</u>
<u>Referencias Bibliográficas .....</u>	<u>22</u>
<u>Anexos .....</u>	<u>27</u>

## Resumen

**Introducción:** Las complicaciones pulmonares posoperatorias incrementan la morbilidad perioperatoria y pueden pasar desapercibidas como la atelectasia; actualmente su identificación se puede realizar con herramientas como la ecografía pulmonar mediante protocolos de evaluación a la cabecera del paciente.

**Objetivo:** Identificar mediante ecografía pulmonar las complicaciones o alteraciones pulmonares preoperatorias y posoperatorias de los pacientes que serían sometidos a anestesia general y ventilación mecánica y así determinar su prevalencia.

**Metodología:** Estudio prospectivo observacional de 142 pacientes sometidos a anestesia general y ventilación mecánica y que se les realizó ecografía pulmonar mediante el protocolo BLUE para identificar complicaciones pulmonares perioperatorias; a todos se les realizó la evaluación y cuando había sospecha se corroboraba con una radiografía de tórax; se recolectaron todas las variables que podían cambiar el resultado y se analizaron mediante la comparación con pruebas de T de Student y Chi cuadrada y se determinó como significativo un valor de p mayor a 0.05.

**Resultados:** 142 pacientes, 57% eran mujeres; tabaquismo en 59.9% también la cirugía en tórax y abdomen fue más frecuente (76.8%) además del modo ventilatorio PCV-VG (55.6%); y la fluidoterapia restrictiva 67.6%. La ecografía demostró mayor sensibilidad que la radiografía para detectar anomalías pulmonares tempranas del 16.9% al 29.6% con la ecografía y del 12.7% al 18.3% con la radiografía pre y posoperatorio respectivamente; concordancia moderada.

**Conclusión:** La evaluación pulmonar preoperatoria mediante POCUS es una herramienta valiosa para detectar alteraciones pulmonares en el perioperatorio.

**Palabras Clave:** Evaluación pulmonar, Ventilación mecánica, Atelectasias, Complicaciones pulmonares postoperatorias, Protocolo BLUE.

## Summary

**Introduction:** Postoperative pulmonary complications increase perioperative morbidity and can go unnoticed, such as atelectasis; currently, their identification can be performed using tools like lung ultrasound through bedside assessment protocols.

**Objective:** To identify preoperative and postoperative pulmonary complications or abnormalities in patients undergoing general anesthesia and mechanical ventilation, using lung ultrasound, and to determine their prevalence.

**Methodology:** Prospective observational study of 142 patients undergoing general anesthesia and mechanical ventilation, who underwent lung ultrasound using the BLUE protocol to identify perioperative pulmonary complications. All patients underwent evaluation, and when suspicion arose, it was corroborated with a chest X-ray. All variables that could influence the results were collected and analyzed through comparison with Student's t-tests and Chi-square tests, considering a p-value greater than 0.05 as significant.

**Results:** Of the 142 patients, 57% were women; 59.9% were smokers. Thoracic and abdominal surgeries were more frequent (76.8%), as well as the PCV-VG ventilation mode (55.6%) and restrictive fluid therapy (67.6%). Ultrasound demonstrated higher sensitivity than X-ray for detecting early pulmonary abnormalities, ranging from 16.9% to 29.6% with ultrasound and from 12.7% to 18.3% with X-ray in the preoperative and postoperative periods, respectively, showing moderate concordance.

**Conclusion:** Preoperative pulmonary assessment using POCUS is a valuable tool for detecting pulmonary abnormalities in the perioperative period.

**Keywords:** Pulmonary assessment, Mechanical ventilation, Atelectasis, Postoperative pulmonary complications, BLUE protocol.

## **Antecedentes Específicos**

La anestesia general es el procedimiento convencional que incluye la administración de medicamentos como opioides, inductores, relajantes neuromusculares y halogenados, se puede o no realizar intubación orotraqueal e iniciar ventilación mecánica; al terminar, la mayoría de los pacientes pasan a la sala de cuidados posanestésicos donde se vigila la recuperación de la anestesia y la vigilancia por la probabilidad de presentar efectos adversos de los fármacos, su estabilidad hemodinámica y datos de sangrado de la herida quirúrgica; es en esta área donde se pueden identificar cambios tempranos pulmonares mediante ecografía asociados a la anestesia general, la posición quirúrgica o la ventilación mecánica con el objetivo de identificar alteraciones secundarias que puedan comprometer la vida de los pacientes.

Las complicaciones pulmonares posoperatorias son la segunda causa de morbilidad posquirúrgica y su incidencia es de aproximadamente 2 – 5,6% de las intervenciones, puede llegar al 40% si es cirugía abdominal o torácica<sup>1</sup> además 1 de cada 5 pacientes con eventos pulmonares postoperatorias morirá en 30 días<sup>2</sup> y la intubación después de las primeras 72 horas se asoció a un aumento de la mortalidad de hasta el 70% en los próximos 30 días. Dentro de las complicaciones pulmonares la más frecuente es la atelectasia y su incidencia varía del 60 al 90% en adultos sometidos a anestesia general<sup>3</sup>. Por ende, evaluar tempranamente las complicaciones pulmonares tiene implicaciones tanto en la morbilidad como en la mortalidad del paciente en el próximo mes, así como los tiempos de estancia Hospitalaria y costos de atención.

El 90 % de las patologías pulmonares tienen en algún momento cambios a nivel pleural y es esta la meta en la ecografía pulmonar, así mismo la densidad pulmonar está dada por los componentes periféricos a no ser que haya cambios en la densidad intersticial lo que sería visible por el ecógrafo<sup>4</sup>.

La falla respiratoria en el posoperatorio típicamente comienza con atelectasias, debido a disfunción diafragmática, incapacidad para eliminar las secreciones e inmovilidad bronco alveolar y ciliar la cual ocurre en las primeras 24 horas. La radiografía de tórax y la auscultación son métodos que se usan de rutina con sus propias limitaciones. La tomografía axial computarizada es el Gold estándar para evaluar patología pulmonar, pero confiere una gran cantidad de radiación, así como movilizar al paciente lo que

conlleva riesgos, mayor cantidad de personal y costos<sup>5</sup>.

La fisiopatología de las complicaciones pulmonares está relacionada al estrés del alveolo y la vía aérea de conducción, así como el aumento de factores inflamatorios, secreciones y la poca o nula movilidad de estas, también está visto el efecto de la posición sobre la ventilación/perfusión alveolar favoreciendo atelectasias por colapso alveolar<sup>6</sup>. Hay múltiples factores de riesgo para presentar complicaciones pulmonares, las cuales están en estudio, entre los cuales podemos encontrar factores propios del paciente como el IMC >25 kg/m<sup>2</sup>, inflamación aguda de la vía aérea, edema pulmonar, hipertensión abdominal (ascitis, embarazo, íleo) congestión bronquial por consumo crónico de tabaco, la edad y los asociados al procedimiento anestésico como la disfunción diafragmática (uso de bloqueador neuromuscular, Fio<sub>2</sub> alta, bajos volúmenes tidales sin PEEP, depresión respiratoria asociada a opioides o sedantes, lesión pulmonar aguda asociada a transfusión. Posición quirúrgica (que limite la exclusión diafragmática) ventilación unipulmonar, duración de la cirugía y cirugía abdominal o torácica. Así mismo, respecto a la reversión de la relajación neuromuscular tenemos los inhibidores de acetilcolinesterasa y el antagonista específico, los cuales los usamos para mejorar la capacidad contráctil del diafragma una vez terminó el evento anestésico quirúrgico, estos al tener mecanismos de acción diferentes podrían estar asociados a mayor riesgo de recurarización y por ende complicaciones pulmonares, hay estudios que sugieren que el Sugammadex es más seguro en este aspecto, sin embargo no son concluyentes<sup>7</sup>.

Además de los efectos residuales anestésicos como la parálisis residual neuromuscular o la depresión respiratoria, otro de los parámetros para vigilar es la función respiratoria sobre todo en los pacientes que se mantuvieron con ventilación mecánica, ya que este es el procedimiento mediante el cual se mantuvo la administración de flujo de gas fresco (oxígeno y aire medicinal) por medio de presión positiva para simular la respiración fisiológica que implica presión negativa para distender los alveolos. Esta tiene diferentes modos. los cuales son: Ventilación mecánica controlada por volumen (VCV), ventilación mecánica intermitente mandatoria Volumen controlado (SIMV - VC), Ventilación mecánica controlada por presión (PCV), ventilación mecánica intermitente mandatoria con presión controlada (SIMV - PC), Ventilación mecánica con presión soporte (PSV), ventilación mecánica controlada por presión con volumen garantizado (PCV - VG), entre

otros<sup>8</sup>. Durante aproximadamente medio siglo se ha estudiado esta técnica la cual podría tener implicaciones nocivas para este órgano, se han planteado múltiples métodos y medidas de protección alveolar, sin embargo, no hay un consenso aún, así como tampoco hay un método rápido y económico de evaluar y guiar nuestra terapéutica<sup>9</sup>.

En este contexto, la ecografía pulmonar realizada a la cabecera del paciente (POCUS), es una técnica segura y no invasiva útil en situaciones donde la radiografía de tórax no se usa habitualmente, siendo además rápida y libre de radiación<sup>10</sup> Esta reportado que en el preoperatorio pueden existir hasta un 20% de hallazgos pulmonares con este método<sup>11</sup>. Uno de los protocolos de evaluación pulmonar más comunes y prácticos es el protocolo BLUE (Basic Lung Ultrasound in Emergency) que consiste en visualización de 3 puntos:

1. Para esternal entre 2do y 3er espacio intercostal
2. Línea axilar anterior entre 5to y 6to espacio intercostal
3. Línea axilar posterior entre 7mo y 8vo espacio intercostal.<sup>12,13</sup>

El protocolo plantea un algoritmo diagnóstico para pacientes con disnea (Imagen 1).

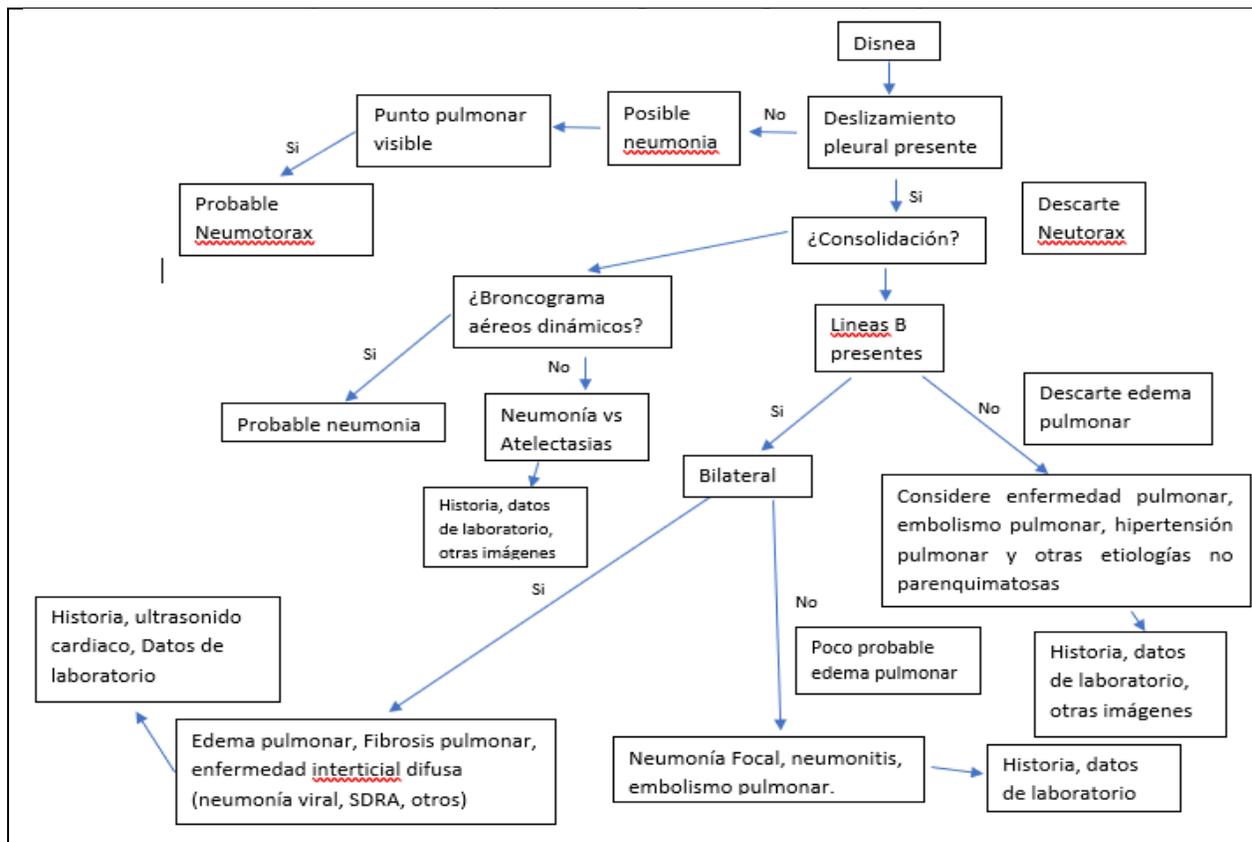


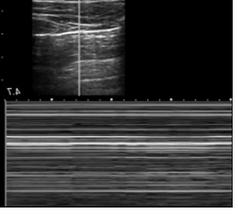
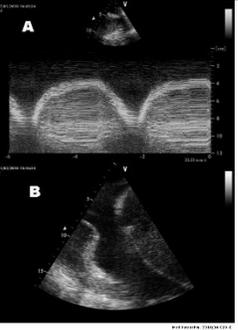
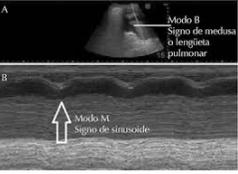
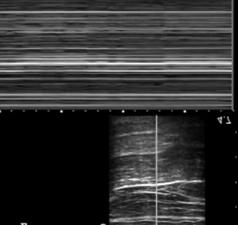
Imagen 1. Algoritmo diagnóstico para paciente con disnea. Reproducido por el investigador.

Este protocolo permite la evaluación con hasta un 90% de especificidad<sup>14</sup>.

Los hallazgos que se pueden observar corresponden a diferentes características dinámicas del interior de la caja torácica, pulmones, pleura, parénquima y vasos, se describen a continuación:

- Signo del deslizamiento pleural (gliding o sliding sign): imagen en modo real del movimiento de la pleura visceral (que acompaña al pulmón) sobre la parietal.
- Signo de la orilla de playa (seashore sign): en modo M se distinguen 2 zonas bien diferenciadas. La parte superior, que corresponde a la pared torácica, formada por líneas horizontales paralelas. La parte inferior, desde la pleura, de aspecto granulado, como arena de playa (sandy beach).
- Signo de la medusa (jellyfish sign) o de la lengua (tongue-like sign): se corresponde con una atelectasia completa del lóbulo pulmonar (generalmente inferior) que «flota» sobre un derrame pleural masivo
- Signo de la sinusoide (sinusoid sign): movimiento centrífugo (hacia el transductor) de la línea que representa la interfase, generalmente la pleura visceral, con la inspiración, en personas con derrame pleura.
- Signo de la estratosfera (stratosphere sign) o del código de barras (bar code sign): en modo M solo se visualizan líneas horizontales paralelas, que representa al aire libre en la cavidad pleural.
- Signo del punto pulmonar (lung point sign): en modo M se produce una sucesión de imágenes normales (arenosas) durante la inspiración y anormales (líneas horizontales) durante la espiración. Es el punto del tórax en el que en inspiración el pulmón «toca» o alcanza a la pared torácica en el seno de un neumotórax no masivo.

**Tabla 1.** Signos ecográficos.

Signo ecográfico	Imagen
Signo de deslizamiento pleural	 <p>A B-mode ultrasound image of the lung. A white arrow points to a horizontal line labeled "Lung point". Below it, two white arrows point to horizontal lines labeled "A-lines".</p>
Signo de la orilla de playa	 <p>A B-mode ultrasound image showing a horizontal line at the top, representing the pleural line, with a dark area below it, representing the lung. This is characteristic of the beach line sign.</p>
Signo de la medusa	 <p>Two B-mode ultrasound images labeled A and B. Image A shows a horizontal line with a dark area below it, representing the jellyfish sign. Image B shows a similar sign with a different orientation.</p>
Signo del senoide	 <p>Two B-mode ultrasound images labeled A and B. Image A shows a horizontal line with a dark area below it, representing the sinusoid sign. Image B shows a similar sign with a different orientation. Labels include "Modo B Signo de medusa o lengüeta pulmonar" and "Modo M Signo de senoide".</p>
Signo del código de barras	 <p>A B-mode ultrasound image showing a horizontal line with a dark area below it, representing the barcode sign.</p>
Signo del punto pulmonar	 <p>A B-mode ultrasound image showing a horizontal line with a dark area below it, representing the lung point. A blue arrow points to the line, labeled "Punto pleural".</p>

## **Materiales y Métodos**

Se realizó un estudio descriptivo observacional de pacientes que fueron sometidos a anestesia general y ventilación mecánica en el quirófano del Hospital de Especialidades del CMN La Raza con el objetivo de identificar mediante ecografía pulmonar (protocolo Blue) las complicaciones o alteraciones pulmonares (atelectasias, consolidaciones, edema pulmonar, neumotórax, derrame pleural) preoperatorias y posoperatorias y determinar su prevalencia.

Esta investigación fue autorizada por los Comités Locales de Ética e Investigación e incluyó a 142 pacientes con estado físico de ASA I-III, que autorizaron participar mediante la firma de consentimiento informado y que tenían una radiografía de tórax previa al procedimiento quirúrgico, todos ellos estaban programados para recibir anestesia general y ventilación mecánica para su procedimiento, se recolectaron los datos demográficos y variables como la presencia de tabaquismo y la saturación de oxígeno basal y se excluyó a pacientes con patología pulmonar previa diagnosticada o en tratamiento como Asma, EPOC, SAOS, Neumonía reciente o en las últimas 4 semanas, SARS-CoV2 en los últimos tres meses; insuficiencia cardíaca no controlada, infarto de miocardio en los últimos seis meses, intubación prolongada o ingreso bajo ventilación mecánica; una vez que los pacientes ingresaban al área del preoperatorio los investigadores (expertos en ecografía crítica) realizaron la evaluación ecográfica pulmonar por medio del Protocolo de Ecografía Pulmonar BLUE (Bedside Lung Ultrasound Examination – Examen de Ecografía Pulmonar en la Cama) como se muestra en el **anexo 1**, con un ecógrafo modelo Mirror2 Touch Doppler Color y sonda lineal 7.5 MHz y de ahí ingresaban a quirófano para continuar con su evento programado, después, cuando ingresaron a la unidad de cuidados posanestésicos.

En la unidad de cuidados posanestésicos, se realizó la recolección de las variables posquirúrgicas y se repitió el protocolo BLUE y se tomaron evidencias fotográficas del rastreo. En todos los casos donde se encontraron alteraciones o hallazgos de complicaciones pulmonares por ecografía, se realizó una radiografía de tórax en las siguientes 24 horas para analizar los cambios respecto al estudio radiográfico del protocolo preoperatorio (todas las imágenes se enviaron a un verificador externo radiólogo para verificar la concordancia inter e intraobservador).

Con todos los datos se construyó una base en SPSS para su análisis (determinación de simetría; aplicación de pruebas Chi<sup>2</sup>, T de Student para variables independientes, índice de Kappa para medir la concordancia entre instrumentos de evaluación) y se determinó que p mayor o igual a 0.5 sería significativa.

## Resultados

Se analizaron los datos de 142 pacientes sometidos a anestesia general y ventilación mecánica que fueron intervenidos en el quirófano del Hospital de Especialidades del CMN La Raza y que cumplían los criterios de selección y se determinó su simetría mediante Kolmogorov Smirnov para su descripción.

81 participantes fueron del sexo femenino (57%) y 61 del sexo masculino (43%); la mediana de edad fue de 56 años (21-83). La mayoría tenía sobrepeso (48.6%, n=69) y el resto peso normal. Tabla 2.

	<b>n=142</b>	<b>Valor de P</b>
<b>Edad</b>	56(21-83)	0.231
<b>Sexo</b>		0.424
Masculino	61 (43%)	
Femenino	81 (57%)	
<b>IMC</b>		0.345
Normal	38 (26.8%)	
Sobrepeso	69 (48.6%)	
Obesidad Grado 1	32 (22.5%)	
Obesidad Grado 2	2 (1.4%)	
Obesidad Grado 3	1 (0.7%)	

Los valores se muestran como mediana y percentiles 25-75; promedio  $\pm$  DE; frecuencias y porcentaje. Significancia estadística con  $p < 0.05$  y se utilizó T de student y Chi2.

*Reproducido por el investigador.*

El manejo anestésico se resume en la **tabla 3**. El modo ventilatorio más común fue presión control-volumen garantizado (PCV-VG) con 79 casos (55.6%); la presión positiva al final de la espiración (PEEP) entre 5, 6, 7 se usó en 78.2% (111 casos). Todos tenían un volumen Tidal de 6, 7, 8 ml/Kg. El esquema de fluido terapia más usado fue el restrictivo con 67.6% (96 casos); de los 142 casos solo se presentó un caso de complicación tanto a la hora de inducción como a la emersión, la cual fue broncoaspiración. Todos estos datos presentaron una  $p < 0.004$ .

<b>Tabla 3. Manejo anestésico y parámetros de la ventilación intraoperatoria</b>		
	n=142	Valor de P
<b>Modo Ventilatorio</b>		<0.001
VCV	56 (39.4%)	
SIMV-VC	3 (2.1%)	
VCP	2 (1.4%)	
PCV-VG	79 (55.6%)	
<b>PEEP</b>		<0.001
4 o menos	16 (11.3%)	
5,6,7	111 (78.2%)	
8 o más	15 (10.6%)	
<b>Relajante Neuromuscular</b>		<0.004
1 dosis	102 (71.8%)	
> 1 Dosis	40 (28.2%)	
<b>Esquema De Fluidoterapia</b>		<0.000
Restrictivo	96 (67.6%)	
Liberal	44 (31 %)	
Guiado Por Metas	2 (1.4%)	
Los valores se muestran como mediana y percentiles 25-75; promedio ± DE; frecuencias y porcentaje. Significancia estadística con p<0.05 y se utilizó T de student y Chi2.		

*Reproducido por el investigador*

Respecto al tipo de cirugía, la más frecuente fue torácica/abdominal y laparoscópica (76.8%, n=109 y 15.5% n=22 casos, respectivamente). Tabaquismo fue el antecedente patológico principal en 59.8%.

Una vez que se habían realizado las dos evaluaciones ecográficas, se formaron 2 grupos de pacientes para el análisis de acuerdo con los hallazgos (**tabla 4**):

- Grupo 1: ecografía pulmonar postoperatoria normal con 100 casos (70.4%) de los cuales el 58% (58 casos) eran de sexo femenino, tenían 55.8 (56) años y el 50% (50 casos) sobrepeso.
- Grupo 2 ecografía anormal 42 casos (29.5%) de los cuales el 28.4% (23 casos) eran de sexo femenino, tenían 52.8(53) años y el 80.1% (34 casos) tenían IMC mayor de 25, de lo anterior todos con una p menor o igual a 0.05.

<b>Tabla 4. Grupos de estudio y variables demográficas</b>			
<b>Evaluación pulmonar ecográfica postquirúrgica</b>			
	<b>Normal</b>	<b>Anormal</b>	
n=142	n=100 (70.4%)	n=42 (29.5%)	Valor P
<b>Edad años</b>	55.8 (56)	52.8(53)	0.040
<b>Sexo</b>			0.007
Masculino	42 (42%)	19 (31.1%)	
Femenino	58 (58%)	23 (28.4%)	
<b>IMC</b>			
Normal	30 (30%)	8 (19.9%)	0.018
Sobrepeso	50 (50%)	19 (45.2%)	0.046
Obesidad Grado 1	20 (20%)	12 (28.4%)	0.055
Obesidad Grado 2	0 (0.0%)	2 (4.6%)	0.028
Obesidad Grado 3	0 (0.0%)	1 (2.4%)	0.022

Los valores se muestran como mediana y percentiles 25-75; promedio ± DE; frecuencias y porcentaje. Significancia estadística con p<0.05 y se utilizó T de student y Chi2.

Reproducido por el investigador.

Se analizó la asociación de las evaluaciones radiológicas y ecográficas posoperatorias anormales con las variables. Se encontró significancia estadística asociado a el tipo de cirugía en ambas pruebas con un valor de  $p=0.015$  y 6 casos en cirugía urológica para ecografía y  $p=0.001$  y 4 casos para radiografía. Así mismo el tabaquismo presentó una  $p=0.018$  con 29 casos para ecografía y  $p=0.016$  con 21 casos para radiografía; la ecografía pulmonar también tuvo asociación estadística con el esquema de fluido terapia restrictivo con 22 casos y una  $p=0.022$ , el PEEP de 4 o menos con 2 casos y una  $p=0.012$  (Tabla 5).

**Tabla 5. Resultados de la comparación de la ecografía pulmonar y la radiografía de tórax**

	Evaluación pulmonar ecográfica post			Radiografía post		
	Normal n=100 (%)	Anormal n=42 (%)	valor p	Normal n=116 (%)	Anormal n=26 (%)	valor p
<b>Modo ventilatorio</b>						
VCV	36 (64.3)	20 (35.7)	0.172	42 (75.0)	14 (25.0)	0.072
SIMV-VC	2 (66.7)	1 (33.3)	0.876	2 (66.7)	1 (33.3)	0.479
VCP	0 (0.0)	2 (100)	0.027	1 (50)	1 (50)	0.232
PCV-VG	61 (77.2)	18 (22.8)	0.054	70 (88.6)	9 (11.4)	0.023
<b>PEEP</b>						
4 o menos	14 (87.5)	2 (12.5)	0.012	16 (100)	0 (0.0)	0.044
5,6,7	78 (70.3)	33 (29.7)	0.940	87 (78.4)	24 (21.6)	0.053
8 o mas	8 (53.3)	7 (46.7)	0.125	13 (86.7)	2 (13.3)	0.598
<b>Relajante neuromuscular</b>			0.633	0.523		
1 dosis	73 (71.6)	29 (28.4)		82 (80.4)	20 (19.6)	
>1 dosis	27 (67.5)	13 (32.5)		34 (85.0)	6 (15.0)	
<b>Tipo de cirugía</b>						
Cabeza y Cuello	5 (55.6)	4 (44.4)	0.313	6 (66.7)	3 (33.3)	0.229
Torax y Abdomen	80 (73.4)	29 (26.6)	0.038	95 (87.2)	14 (12.8)	0.002
Urológico	6 (50)	6 (50)	0.015	7 (58.3)	4 (41.6)	0.001
Extremidades	9 (75.0)	3 (25.0)	0.717	9 (75.0)	3 (25.0)	0.531

<b>Esquema de fluidoterapia</b>						
Restrictivo	74 (77.1)	22 (22.9)	0.022	78 (81.3)	18 (18.8)	0.845
Liberal	26 (59.1)	18 (40.9)	0.047	36 (81.8)	8 (18.2)	0.979
Guiado por metas	0 (0.0)	2 (100)	0.028	2 (100)	0 (0.0)	0.500
<b>Complicaciones</b>			0.122			0.635
Ninguna	100 (70.9)	41 (29.1)		115 (81.6)	26 (18.4)	
Broncoaspiración	0 (0.0)	1 (100)		1 (100)	0 (0.0)	
<b>Laparoscopia</b>	17 (77.3)	5 (22.7)	0.444	21 (95.5)	1 (4.5)	0.069
<b>Tabaquismo</b>	56 (65.9)	29 (34.1)	0.018	64 (75.3)	21 (24.7)	0.016

Los valores se muestran como mediana y percentiles 25-75; promedio  $\pm$  DE; frecuencias y porcentaje. Significancia estadística con  $p < 0.05$  y se utilizó T de student y Chi2.

*Reproducido por el investigador.*

La comparación de alteraciones en la evaluación por medio de ecografía pulmonar y radiografía de tórax pre y post se resume en la **tabla 6**. La ecografía identificó el porcentaje más alto de complicaciones pulmonares en comparación con la radiografía; inicial de 16.9% (24 casos) y final de 29.6% (42 casos), es decir un incremento de casos del 75% (18 casos), a diferencia de la radiografía que identificó 12.7% (18 casos) y final 18.3% (26 casos) es decir un incremento de casos en 44.4% (8 casos).

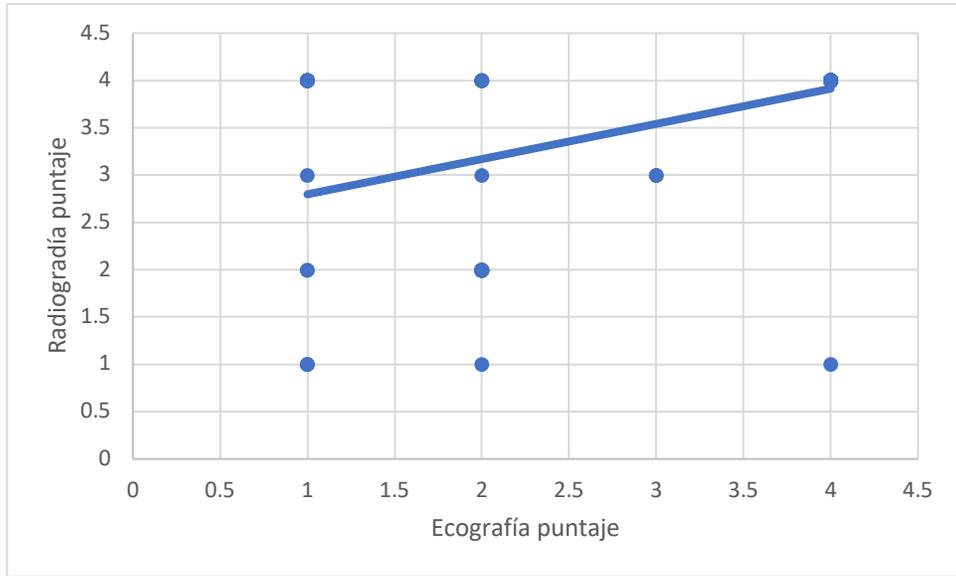
La anormalidad más común para ecografía fue el signo del sinusoide el cual se encontró en 16 casos (11.26%) de los pacientes en el preoperatorio y en 21 casos (14.8%) en el posoperatorio; sin embargo el hallazgo de líneas  $b > 3$  y signo de Código de barras fue el signo ecográfico que presento más casos nuevos puesto que paso de 5 casos (3.5%) inicial a 20 (14.1) casos al final; y para radiografía fue derrame pleural el hallazgo más frecuente que de 11 casos inicial pasa a 16 casos final, todas con diferencia estadísticamente significativa  $p=0.000$ .

**Tabla 6. Comparación entre la Evaluación Pulmonar Ecográfica y Radiográfica Pre y Posoperatoria**

	Evaluación Pulmonar Ecográfica		Valor de P
	Preoperatoria	Posoperatoria	
<b>n = 142</b>	<b>Anormal</b>	<b>Anormal</b>	% I/D
			<0.000
Líneas B > 3 y Signo de			
Código de Barras	5 (3.5%)	20 (14.1%)	
Signo de Sinusoide	16 (11.26%)	21 (14.8%)	
Signo de Medusa	3 (2.1%)	2 (1.4%)	
Total Anormal	24 (16.9%)	42 (29.6%)	75.0
Total Normal	118 (82.4%)	99 (69.7%)	-15.3
	<b>Radiografía Preoperatoria Patológica</b>	<b>Radiografía Posoperatoria Patológica</b>	<b>Valor de P</b>
<b>n = 142</b>			% I/D
			<0.000
Atelectasia	5 (3.5%)	5 (3.5%)	
Derrame Pleural	11 (7.7%)	16 (11.3%)	
Consolidación	2 (1.4%)	4 (1.6%)	
Total Anormal	18 (12.7%)	26 (18.3%)	38.9
Total Normal	124 (87.3%)	116 (81.7%)	-5.6
Los valores se muestran como mediana y percentiles 25-75; promedio ± DE; frecuencias y porcentaje. Significancia estadística con p<0.05 y se utilizó T de student y Chi2. *% I/D: porcentaje de Incremento/Decremento.			

*Reproducido por el investigador.*

Se realizó como método de validación de los instrumentos de medición, la evaluación pulmonar ecográfica y evaluación radiográfica en un análisis de concordancia por medio del Índice de Kappa con un valor de 0.564 (moderada concordancia) y valor de p=0.000; ver (**Imagen 3**).



**Imagen 3. Concordancia entre instrumentos de medición  $p < 0.05$ . Reproducido por el investigador.**

## Discusión

Las complicaciones pulmonares posoperatorias representan una preocupación significativa, aunque actualmente estén subdiagnosticadas, la detección temprana mediante métodos como la ecografía pulmonar se ha vuelto esencial en la atención perioperatoria.<sup>15</sup> En este estudio se aplicó la ecografía pulmonar (POCUS, protocolo Blue) para identificar complicaciones pulmonares en pacientes bajo anestesia general y ventilación mecánica.

La prevalencia de complicaciones pulmonares, tanto pre como posoperatorias, hallada en este estudio con valores de 16,9 por cada 142 casos y 29,5 por cada 142 casos respectivamente, lo cual concuerda con la literatura que destaca además las complicaciones pulmonares como una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el período postoperatorio<sup>16</sup>. La asociación identificada durante el estudio entre variables como el tipo de cirugía especialmente de torax y abdomen, la urológica, el IMC mayor o igual a 30, esquema de fluidoterapia restrictivo, tabaquismo y PEEP menor o igual a 4 con complicaciones pulmonares concuerda con estudios previos sobre factores de riesgo asociados a complicaciones respiratorias en pacientes sometidos a anestesia general<sup>17,18</sup>. Se crea entonces la incógnita sobre ¿Como seria el manejo ideal de estos pacientes con factores de riesgo?, ¿Hay forma de individualizar y brindar objetivamente anestesia general y proteger el pulmón? Recientemente ha tomado más fuerza la terapéutica individualizada ya que cada paciente presenta características propias que hacen que no se deba manejar de igual manera o generalizar el manejo. Investigaciones como la de N. Pinos Vélez et al.<sup>19</sup> quienes utilizaron el protocolo BLUE en su estudio para analizar el neumotórax postquirúrgico en cirugía de tórax han subrayado la utilidad, eficacia y comodidad para el paciente de la ecografía pulmonar en la evaluación de alteraciones dinámicas del pulmón durante el posoperatorio inmediato. En este protocolo se encontró una alta capacidad para identificar signos como el deslizamiento pleural, el signo del senoide (el más frecuente) y el punto pulmonar, brindando una evaluación detallada y en tiempo real de las condiciones pulmonares sin exponer al paciente a radiación ni traslados. En el estudio tuvimos un alto porcentaje de pacientes con enfermedad renal crónica a los cuales se les realizo cirugía de torax y abdomen (receptor de trasplante renal en algunos casos) lo cual pudo aumentar la

cantidad de hallazgos ecográficos y radiológicos de derrame pleural. Así mismo quiero resaltar que este es un centro médico de referencia nacional donde la gran mayoría de pacientes presentan múltiples comorbilidades y podrían presentar mayor fragilidad, morbilidad.

La superioridad de la ecografía pulmonar sobre la radiografía de tórax en la detección de complicaciones pulmonares ha sido subrayada en diversas investigaciones<sup>20</sup>. La capacidad de la ecografía para proporcionar imágenes en tiempo real y su sensibilidad para identificar cambios dinámicos en el pulmón la posicionan como una herramienta valiosa no solo en la evaluación pre y postoperatoria sino también de la monitorización intraoperatoria<sup>21, 22</sup>.

La moderada concordancia (índice de kappa = 0, 564) entre las evaluaciones ecográficas y radiológicas encontrada en este estudio coincide con la literatura que respalda la utilidad de la ecografía pulmonar como método complementario en la evaluación pulmonar perioperatoria. Es importante destacar que con este nivel de concordancia y a pesar de la utilidad de la radiografía de tórax y la tomografía axial computarizada, la ecografía pulmonar ofrece además una alternativa rápida, no invasiva y sin radiación para evaluar las condiciones pulmonares en tiempo real.

En resumen, la aplicación del protocolo BLUE de ecografía pulmonar en pacientes bajo anestesia general y ventilación mecánica se valida a través de su consistencia con la literatura existente. La evidencia respalda la utilidad de la ecografía pulmonar en la detección temprana de complicaciones pulmonares, sugiriendo su integración como una herramienta estándar en la monitorización perioperatoria. Se insta a futuras investigaciones para fortalecer la comprensión de los factores de riesgo específicos y optimizar estrategias de manejo basadas en la ecografía pulmonar en el contexto de la anestesia general y la ventilación mecánica.

Será indispensable la formación de los anestesiólogos para la utilización e interpretación de las herramientas de ultrasonido para la identificación temprana de condiciones que puedan complicar la evolución de los pacientes en toda la intervención perioperatoria.

## **Conclusiones**

En conclusión, este estudio respalda la eficacia de la ecografía pulmonar preoperatoria, en particular mediante la implementación del protocolo BLUE (POCUS), para la detección temprana de complicaciones pulmonares, tales como atelectasias, consolidaciones, edema pulmonar, neumotórax y derrame pleural.

## Referencias Bibliográficas

1. Ladha K, Vidal Melo MF, McLean DJ, et al. Intraoperative protective mechanical ventilation and risk of postoperative respiratory complications: hospital based registry study. *BMJ*. [Internet]. 2015 [Consultado el 20 de septiembre de 2022]; 351:1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmj.h3646>.
2. Canet J, Gallart L, Gomar C, et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology*. [Internet]. 2010 [Consultado el 20 de septiembre de 2022]; 113(6):1338-50. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a
3. Tusman G, Böhm SH, Warner DO, Sprung J. Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk patients. *Curr Opin Anaesthesiol*. [Internet]. 2012 [Consultado el 20 de septiembre de 2022]; 25(1):1-10. doi: 10.1097/ACO.0b013e32834dd1eb.
4. Bianco F, Bucciarelli V, Ricci F, De Caterina R, Gallina S. Ultrasonografía pulmonar: una guía práctica para cardiólogos. *J Cardiovasc Med*. [Internet] 2017 [Consultado el 20 de septiembre de 2022]; 18(7):501–9. doi:10.2459/jcm.0000000000000515.
5. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, et al. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. [Internet] 2004 [Consultado el 20 de septiembre de 2022]; 100(1):9-15. doi: 10.1097/00000542-200401000-00006.
6. Ștefan M, Predoi C, Goicea R, Filipescu D. Anestesia volátil versus anestesia intravenosa total para cirugía cardíaca: una revisión narrativa. *J Clin Med*. [Internet] 2022 [Consultado el 20 de septiembre de 2022]; 11(20):6031. DOI: 10.3390/jcm11206031.

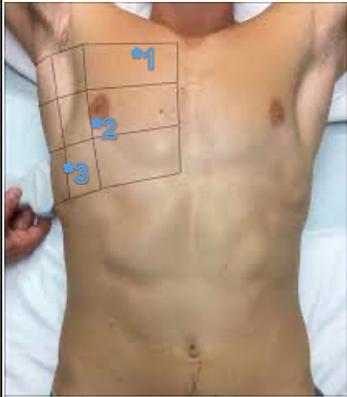
7. Zhang YG, Chen Y, Zhang YL, Yi J. Comparison of the effects of neostigmine and sugammadex on postoperative residual curarization and postoperative pulmonary complications by means of diaphragm and lung ultrasonography: a study protocol for prospective double-blind randomized controlled trial. *Trials*. [Internet] 2022 [Consultado el 20 de septiembre de 2022];23(1):1-10. doi: 10.1186/s13063-022-06328-3.
8. Chiappero G. *Manual de ventilación mecánica*. México: Médica Panamericana; 2005. 472 p.
9. Pérez-Nieto OR, Mancilla Galindo J, Mendiola Villalobos C, et al. Aplicaciones clínicas de la fórmula del movimiento del sistema respiratorio para la toma de decisiones en el paciente bajo ventilación mecánica invasiva: artículo de reflexión. *IATREIA* [Internet]. 2023 [Consultado el 10 enero de 2023]; 36(1):112-127. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/iatreia/article/view/350776/20808941>
10. Kalagara H, Coker B, Gerstein NS, Kukreja P, Deriy L, Pierce A, et al. Ultrasonido en el punto de atención (POCUS) para el anestesiólogo cardiotorácico. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. [Internet]. 2022 [Consultado el 10 octubre de 2022];36(4):1132–47. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1053/j.jvca.2021.01.018>.
11. Vetrugno L, Boero E, Bignami E, Cortegiani A, Raineri SM, Spadaro S, et al. Asociación entre la evaluación preoperatoria con ecografía pulmonar y el resultado en pacientes ancianos frágiles sometidos a cirugía ortopédica por fracturas de cadera: protocolo de estudio para un estudio prospectivo observacional multicéntrico italiano (LUSHIP). *Ultrasonido J*. [Internet]. 2021[Consultado el 10 octubre de 2022];13(1):30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s13089-021-00230-w>.
12. Lichtenstein D. Ultrasonido pulmonar en insuficiencia respiratoria aguda: una introducción al protocolo BLUE. *Minerva Anesthesiol*. 2009;75(5):313–7.

13. Amaya Gómez Alma, Rojas Velasco Gustavo, Velasco Salas Noor de María, Carrillo Rodríguez Adrián Eduardo, Álvarez Álvarez Rolando Joel, Ramos Enríquez Ángel. Ultrasonido pulmonar en medicina, su utilidad en la práctica clínica. Rev. Fac. Med. (Méx.) [Internet]. 2020 [Consultado el 5 febrero de 2023]; 63(2): 36-45. doi: 10.22201/fm.24484865e.2020.63.2.06.
14. Soni NJ, Arntfield R, Kory P. Ultrasonido en el punto de atención. 2a ed. Filadelfia: Elsevier. 2021. 1035 p.
15. Acosta CM, Longo S, Costantini M, Alvarez J, Mazzotta E, Rinaldi LI, et al. Monitorización de las líneas B con ultrasonido pulmonar en pacientes mayores de 65 años durante cirugía de fractura de cadera. Rev Argent Anesthesiol [Internet]. 2018 [Consultado el 5 febrero de 2023];74(3):85–93. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.raa.2018.11.001>.
16. Vásquez-Revilla HR, Revilla-Rodríguez E, Terrazas-Luna V. Complicaciones pulmonares tempranas en pacientes operados de cirugía cardiaca. Medicina Crítica. [Internet]. 2020 [Consultado el 5 febrero de 2023];34(5):279–82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.35366/96458>.
17. Morris K, Weston K, Davy A, Silva S, Goode V, Pereira K, et al. Identification of risk factors for postoperative pulmonary complications in general surgery patients in a low-middle income country. PLoS One. [Internet]. 2022 [Consultado el 5 febrero de 2023];17(10):e0274749. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0274749>.
18. Bevilacqua Filho CT, Schmidt AP, Felix EA, Bianchi F, Guerra FM, Andrade CF. Risk factors for postoperative pulmonary complications and prolonged hospital stay in pulmonary resection patients: a retrospective study. Braz J Anesthesiol. [Internet]. 2021 [Consultado el 5 febrero de 2023];71(4):333–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjane.2021.02.003>.

19. Pinos VM, Congregado MC, Moreno SM, et al. Determinación de la utilidad de la ecografía pulmonar en el diagnóstico de Neumotórax postquirúrgico. Rev Esp Patol Torac. [Internet]. 2021 [Consultado el 10 septiembre de 2022]; 33 (1) 6 – 15. Disponible en: <https://www.rev-esp-patol-torac.com/files/publicaciones/Revistas/2021/33.1/original1.pdf>.
20. Wang J, Zhou HY, Du Y, Cao FF, Zhang YH, Zhang HT. Diagnosis and treatment value of bedside pulmonary ultrasound for atelectasis in patients after cardiac surgery. Zhonghua Yi Xue Za Zhi. [Internet]. 2020 [Consultado el 18 septiembre de 2022];100(3):220–4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2020.03.012>.
21. Mini G, Ray BR, Anand RK, Muthiah T, Baidya DK, Rewari V, et al. Effect of driving pressure-guided positive end-expiratory pressure (PEEP) titration on postoperative lung atelectasis in adult patients undergoing elective major abdominal surgery: A randomized controlled trial. Surgery. [Internet]. 2021 [Consultado el 18 septiembre de 2022];170(1):277–83. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.surg.2021.01.047>.
22. Goel N, Sen IM, Bakshi J. Lung ultrasonography as a tool to guide perioperative atelectasis treatment bundle in head and neck cancer patients undergoing free flap reconstructive surgeries: a preliminary observational study. Braz J Otorhinolaryngol. [Internet]. 2022 [Consultado el 5 febrero de 2023];88(2):204–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.05.030>.

## Anexos.

### 1. Sitios donde se realiza el rastreo ecográfico del Protocolo Blue

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para esternal entre 2do y 3er espacio intercostal</li> <li>2. Línea axilar anterior entre 5to y 6to espacio intercostal</li> <li>3. Línea axilar posterior entre 7mo y 8vo espacio intercostal.</li> </ol>
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 2. Instrumento de recolección de datos

#### Hoja de recolección



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
 Unidad Médica de Alta Especialidad  
 "Hospital de Especialidades "Dr. Antonio Fraga Mouret"  
 Centro Médico Nacional "La Raza"  
 Departamento Clínico de Anestesiología

<b>Ficha de identificación prequirúrgica</b>			
Nombre			
Cirugía programada:			
Edad	Peso	Género:	
IMC:	Tabaquismo	Radiografía de tórax:	
<b>Signos vitales basales</b>			
Tensión arterial:	Frecuencia cardíaca:	Saturación de oxígeno:	Frecuencia respiratoria:
<b>Evaluación ecográfica pulmonar</b>			
Ápice derecho		Lóbulo medio	Base derecha
Ápice izquierdo		Lóbulo medio	Base izquierda

<b>Ficha de identificación posquirúrgica</b>	
Nombre	
Cirugía realizada:	

Laparoscopia:	Complicaciones a la extubación:	Tipo de cirugía:	Reversión neuromuscular:
Relajante neuromuscular:	Modo ventilatorio:	PEEP:	Volumen tidal:
Esquema de líquidos:	Balance de líquidos:	Tiempo de anestesia:	
<b>Signos vitales basales</b>			
Tensión arterial:	Frecuencia cardíaca:	Saturación de oxígeno:	Frecuencia respiratoria:
<b>Evaluación ecográfica pulmonar</b>			
Ápice derecho		Lóbulo medio	Base derecha
Ápice izquierdo		Lóbulo medio	Base izquierda
Hallazgos:			
Radiografía de tórax de control:			



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN  
Y POLITICAS DE SALUD  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN  
SALUD  
CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO  
(ADULTOS)

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN  
EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN

Nombre del estudio:	"Evaluación Pulmonar Y Hallazgos De La Ecografía Pulmonar De Los Pacientes Posoperados Bajo Anestesia General y Ventilación Mecánica"
Patrocinador externo	No aplica.
Lugar y fecha:	Hospital de Especialidades "Dr. Antonio Fraga Mouret", Centro Médico Nacional "La Raza", Instituto Mexicano del Seguro Social.
Número de registro:	
Justificación y objetivo del estudio:	Se le hará un ultrasonido con un aparato que se le coloca directamente en su pecho, costados y espalda y que nos permite ver por dentro a sus pulmones pero que no duele ni hace daño y que se puede hacer muchas veces sin problemas para usted. Esta vez que será operado le haremos el estudio antes de entrar a la cirugía y cuando llega a la sala de recuperación, cuando acaban de operarlo, le volvemos a hacer el estudio para saber si sus pulmones están igual que cuando entró o si necesitan que hagamos algo para evitar que se complique por la cirugía o la anestesia general. Al hacer este estudio y saber si hay riesgo de alguna complicación nos va a ayudar a prevenirla y ayudarlo a usted que se componga más rápido.
Procedimientos:	Se le hará un ultrasonido con un aparato que se le coloca directamente en su pecho, costados y espalda que nos permite ver por dentro a sus pulmones pero que no duele ni hace daño y que se puede hacer muchas veces sin problemas para usted. Esta vez que será operado le haremos el estudio antes de entrar a la cirugía y cuando llega a la sala de recuperación. También se le realizará una radiografía de su pecho la cual es un estudio que similar a una fotografía el cual no duele y se realizará después de la cirugía.
Posibles riesgos y molestias:	Cuando le pongamos el aparato en piel puede estar frio y ser un poco incomodo, pero no le dolerá.

Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio: Va a ayudar a que usted se recupere más rápido y evitará que haya alguna complicación que sin el aparato no veríamos, además con otras personas que también vengan a la misma cirugía que usted nos ayudará a que todo salga mejor basado en lo que podamos ver con su estudio.

Información sobre resultados y alternativas de tratamiento: Agua, pus, infecciones en el pulmón. Inicio temprano de terapia antibiótica, vigilancia y manejo de líquidos en hospitalización.

Participación o retiro: Usted es libre de negarse a participar en este estudio. En caso de que acepte participar, es libre para retirarse del mismo en cualquier momento sin que eso significara una sanción o que llegara a afectar la atención que el IMSS le proporciona.

Privacidad y confidencialidad: Los datos que usted nos proporcione serán manejados con confidencialidad y permanecerán en un lugar cerrado sólo con acceso a los investigadores. Los investigadores se comprometen a que no será identificado en las presentaciones o publicaciones derivadas de esta investigación.

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:

Investigador responsable: Dr. Arnulfo Calixto Flores, Teléfono: 5534590203, Correo Electrónico: [drrufo@hotmail.com](mailto:drrufo@hotmail.com)

Colaboradores: Dr. Luis Felipe Peñaloza Guerra, Teléfono: 5541768885, Correo electrónico: [lufelipe-1409@gmail.com](mailto:lufelipe-1409@gmail.com)

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética de Investigación de la CLES del IMSS: Seris y Zaachila S/N Colonia La Raza. México, D.F., CP 02990. Teléfono (55) 57 245900 extensión 23008.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del sujeto

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

Testigo 1

Testigo 2

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

**Clave: 2810-009-013**