



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO  
“DR. EDUARDO LICEAGA”**

COMPARACION DE LA SPO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> CON LA PAO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>  
COMO HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO Y  
MONITORIZACION EN PACIENTES CON SDRA POR  
COVID-19

TESIS

QUE PARA OBTENER EL:

**TÍTULO DE ESPECIALISTA**

EN

MEDICINA CRITICA.

PRESENTA:

**DR. JONATHAN RUIZ RUIZ**

**ASESOR EXPERTO**

**DR. CHAVEZ MORALES ALFONSO**

**ASESOR METODOLOGICO**

**DR. ESPINOSA RAMIREZ JOSE GUILLERMO.**



DR. EDUARDO LICEAGA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

2024



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## DEDICATORIA

A mis padres Juan y Eva quienes desde pequeño me han inculcado valores y me han brindado apoyo incondicional en todos mis proyectos; además de todo el amor del mundo. Por creer siempre en mí. Por enseñarme a que todo es posible con trabajo arduo y esfuerzo constante. Por demostrarme que los sueños se pueden hacer realidad y que nunca hay que bajar los brazos. Por todo lo que no escribiré porque ni el tiempo ni el papel alcanzarían nunca, gracias papás, los amo.

A Joan por ser el mejor hermano del mundo, porque me has enseñado que a una corta edad se puede ser muy grande, por haberme apoyado en la decisión más extrema y que mira, después de 10 años está rindiendo frutos, el “Doctor Pato” ya va a ser subespecialista, te amo wee.

A mi hermana Liz, por siempre contagiarme de su alegría, por ser esa personita que te da un consejo cuando lo necesitas y por ser mi cómplice cuando te pido ayuda y sin dudar dices que sí, te amo fea.

A mi hermana Katy, por ser por mucho tiempo mi compañera inseparable de mis días, y que aunque después cada uno tomo caminos diferentes, sigues ahí siendo un pilar indispensable en mi vida. Gracias por darme el mejor regalo, a mi chiquilla... las amo carnala.

A Liss, el amor de mi vida, quien me ha demostrado lo que significa ser incondicional, por tus noches de desvelo a mi lado, por darme tu apoyo cuando las cosas se ven más difíciles, porque a donde vas tú voy yo y a donde voy yo vas tú; por ser la mejor compañera de vida que dios pudo darme, te amo flaquita.

A mi hija, mi niña hermosa que llegaste a iluminar la vida de tu mami y mía, te amo hija...

A todos ustedes, por ser el motor de mi vida y la razón por la cual jamás me daría por vencido.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis compañeros de residencia Sule, Majo, Pondi, Arturito, Cheo, Mony y Jacky por los triunfos y logros obtenidos, las risas y angustias compartidas; por la lealtad y la amistad brindada. Por hacer de esto algo más llevadero. Por hacerme saber con acciones que tengo 7 hermanos más.

Al Doctor Alfonso Chávez por haber confiado en mí y permitirme formar parte del equipo de residentes del Servicio de Terapia Intensiva del Hospital General de México.

Al Hospital General de México por ser mi segunda casa por 2 años.

A los médicos adscritos del servicio de Terapia Intensiva del Hospital General de México por sus todas sus enseñanzas y consejos.

A mis abuelos, tíos y primos, quienes nunca dudaron en brindarme ayuda cuando más lo necesitaba, no pude formar parte de una mejor familia.

A mis suegros por siempre apoyarme y darme palabras de aliento.

Gracias, de verdad gracias a todos...



**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD



**Comité de Evaluación de Protocolos de Investigación de Médicos Residentes**

Oficio No.: DECS/JPO-1741-2023  
Num. Ident. Protocolo: (1156-067/23)

Ciudad de México a 17 de mayo del 2023

**Dr. Jonathan Ruiz Ruiz**  
Servicio de Terapia Médica Intensiva  
PRESENTE

Hacemos de su conocimiento que con esta fecha el Comité de Evaluación de Protocolos de Investigación de Médicos Residentes dictaminó la última versión de su Protocolo Titulado:  
**Comparación de la SpO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> con la PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> como herramienta de diagnóstico y monitorización en pacientes con SDRA por COVID-19.**  
como:

**APROBADO**

En caso de que su protocolo tenga el dictamen de aprobado cuenta con el siguiente número de registro:

**DECS/JPO-CT-1741-2023**

En el caso de que su protocolo tenga dictamen de **CONDICIONADO A CORRECCIONES**, éste **NO** cuenta con número de registro y debe realizar las correcciones que se enlistan en los puntos que integran la tabla adjunta a este documento para su consideración y en su caso, aprobación definitiva y asignación de número de registro. Si su protocolo tiene dictamen de **RECHAZADO**, este ya no podrá ser evaluado por este comité y no se le asignará ningún número de registro.

Deberá entregar la respuesta a las **CORRECCIONES** en un tiempo de 15 a 30 días vía correo electrónico, a partir de la fecha de este oficio. Cabe mencionar que de no entregarlo como se indica, no será revisado por el Comité de Evaluación de Protocolos de Investigación de Médicos Residentes y su protocolo será cancelado.

Si su protocolo tiene dictamen de **APROBADO**, haga caso omiso de las indicaciones anteriores, ya que el mismo cuenta con número de registro. Así mismo deberá entregar por escrito el avance del protocolo cada 3 meses a partir de la fecha en que fue aprobado y hasta obtener resultado de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, de la Secretaría de Salud. De no presentar los avances o resultados del proyecto, la Dirección de Educación y Capacitación en Salud se reserva el derecho de cancelar el registro del protocolo hasta la entrega de los mismos.

Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

**Dra. Rocío Natalia Gómez López**  
Jefa de Posgrado  
Presidenta del Comité

Ccp.- Acuse  
cagr

DIRECCIÓN DE  
EDUCACIÓN Y  
CAPACITACIÓN EN SALUD  
www.fgpc.salud.gob.mx

Dr. Saldaña  
Cubierta Division  
Cambio@vnc.unq.edu

Tel: +52 (55) 5700 9100  
Cen: +52 (55) 5700 9100



## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>X</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>2</b>
2.1. Síndrome de dificultad Respiratoria Aguda.....	2
2.2. Síndrome de dificultad respiratoria Aguda por COVID-19.....	4
2.3. Relación SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> como medida no invasiva de medición de Oxigenación en pacientes con SDRA.....	5
2.4. Criterios de Kigali.....	8
2.5. Relación SpO <sub>2</sub> / FiO <sub>2</sub> y aplicación en diversas escalas.....	11
2.6. Gasometría Arterial.....	12
2.6.1. Indicaciones:.....	13
2.6.2. Contraindicaciones:.....	13
2.6.3. Complicaciones:.....	14
2.6.4. Consideraciones y errores:.....	15
2.7. Oximetría de pulso.....	15
2.7.1. ¿Cuál es la diferencia entre una medición de oxígeno obtenida con un oxímetro y la obtenida con una gasometría arterial?.....	18
2.7.2. ¿Qué tan exacto es el oxímetro de pulso?.....	18
2.7.3. Limitaciones de la Oximetría de pulso.....	19
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>20</b>
<b>4. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>21</b>
<b>5. HIPÓTESIS</b> .....	<b>22</b>
<b>6. OBJETIVOS</b> .....	<b>23</b>
6.1.    Primario o general.....	23
6.2.    Secundarios o específicos.....	23
<b>7. METODOLOGÍA</b> .....	<b>24</b>
7.1.    Tipo y diseño del estudio.....	24
7.2.    Población.....	24

7.3.	Tamaño de la muestra .....	24
7.4.	Criterios de selección.....	25
7.5.	Operacionalización de las variables a evaluar y forma de medirlas	26
7.6.	Procedimiento (descripción de la obtención de la información y metodología requerida).....	34
7.7.	Análisis estadístico.....	35
7.8.	Cronograma de actividades .....	36
7.9.	Aspectos éticos y de bioseguridad.....	37
7.10.	Relevancia y expectativas.....	37
7.11.	Recursos disponibles.....	37
7.12.	Recursos necesarios.....	38
<b>8.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
<b>9.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONES: .....</b>	<b>59</b>
<b>11.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>60</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>66</b>
12.1.	Hoja Excel de recolección de datos .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

Tabla 1 Modificada de Thompson y Cols., 2017. IC: intervalo de confianza, CPAP: presión positiva continua en las vías respiratorias, Pao <sub>2</sub> : Fio <sub>2</sub> : relación entre la presión parcial de oxígeno arterial y la fracción de oxígeno inspirado y PEEP: presión positiva al final de la espiración. (5) .....	3
Tabla 2. Modificada de Mouret y cols., 2019. (25) .....	10
Tabla 3. Modificada de Mouret y cols., 2019. (25) .....	11
Tabla 4. Modificada de Singh y cols., 2013. CO <sub>2</sub> : Dióxido de Carbono (36) ....	12
Tabla 5. Modificado de Dev y cols., 2011). O <sub>2</sub> : Oxígeno, paO <sub>2</sub> : Presión parcial de oxígeno en arterias sangre, pH: acidez / alcalinidad, PaCO <sub>2</sub> : presión parcial de oxígeno en sangre arterial, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : Bicarbonato en sangre, BE: Exceso de base (37).....	14
Tabla 6. Propuesta de Jonathan Ruiz Ruiz para modificación de Clasificación de SDRA por SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> .....	52
Tabla 7. Correlación de Pearson entre la PaO <sub>2</sub> FiO <sub>2</sub> con la SpO <sub>2</sub> FiO <sub>2</sub> y la SaO <sub>2</sub> FiO <sub>2</sub> . .....	53
Tabla 8. Correlación de Pearson entre la SpO <sub>2</sub> FiO <sub>2</sub> y la SaO <sub>2</sub> FiO <sub>2</sub> . .....	53
Tabla 9. Correlación de Pearson entre la PaO <sub>2</sub> FiO <sub>2</sub> con la Gravedad de SDRA por.....	53
Tabla 10. Correlación de Pearson entre la SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> con la Gravedad de SDRA por COVID-19. ....	54

### FIGURAS

Figura 1. Modificada de Singh y cols., 2013. Prueba de Allen modificada:.....	13
Figura 2. Modificado de Jubran, 2015. Espectros de absorbancia de luz transmitida de cuatro especies de hemoglobina: .....	16
Figura 3. Modificado de Jubran, 2015. Señales pulsátiles comunes en un pulsioxímetro.....	17
Figura 4. Frecuencia de Género de pacientes con SDRA por COVID-19.....	39
Figura 5. Frecuencia de Hipertensión en pacientes con SDRA por COVID-19.	39

Figura 6. Frecuencia de Diabetes Mellitus en pacientes con SDRA por COVID-19.....	40
Figura 7. Frecuencia de Cardiopatía en pacientes con SDRA por COVID-19 ..	40
Figura 8. Frecuencia de Neumopatía en pacientes con SDRA por COVID-19 .	41
Figura 9. Frecuencia de Enfermedad Renal Crónica en pacientes con SDRA por COVID-19.....	41
Figura 10. Frecuencia de VIH en pacientes con SDRA por COVID-19.....	42
Figura 11. Frecuencia de Tabaquismo en pacientes con SDRA por COVID-19	42
Figura 12. Frecuencia de Gravedad en pacientes con SDRA por COVID-19 ...	43
Figura 13. Media de edad de pacientes con SDRA por COVID-19 (n=842). ....	43
Figura 14. Media de días de evolución (n=842). .....	44
Figura 15. Media de Presión Arterial Sistólica (n=842). .....	44
Figura 16. Media de Presión Arterial Diastólica (n=842).....	45
Figura 17. Media de Presión Arterial Media (n=842).....	45
Figura 18. Media de Frecuencia Cardíaca (n=842).....	46
Figura 19. Media de Frecuencia Respiratoria (n=842).....	46
Figura 20. Media de Saturación por Oximetría de pulso (n=842).....	47
Figura 21. Media de Saturación de Oxígeno por Gasometría Arterial (n=842). ..	47
Figura 22. Media de Presión Arterial de Oxígeno por Gasometría Arterial (n=842).....	48
Figura 23. Media de PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (n=842).....	48
Figura 24. Media de SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (n=842).....	49
Figura 25. Media de SaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (n=842).....	49
Figura 26. Comparación de medias de PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> y SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> con prueba t de student (n=842).....	50
Figura 27. Comparación de medias de SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> y SaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> con prueba t de	

student (n=842).....	50
Figura 28. Curva ROC entre PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> -SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> .....	51
Figura 29. Gráfica de Coeficiente de correlación de Pearson, entre PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> y SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> , con la cual se obtiene la ecuación de regresión lineal.....	52

## GLOSARIO

- COVID-19: Enfermedad respiratoria muy contagiosa causada por el virus SARS-CoV-2.
- Disnea: Dificultad en la respiración.
- Neumonía: Inflamación de los pulmones, causada por un agente infeccioso y se caracteriza por la presencia de fiebre, escalofríos, dolor intenso en el costado afectado del tórax, tos y expectoración.
- Síndrome Dificultad Respiratorio Agudo: Afección caracterizada por una acumulación de líquido en los sacos de aire de los pulmones que no permite que el oxígeno llegue a los órganos.
- Hipoxia: Condición donde no se oxigenan los tejidos adecuadamente.
- Pulsioximetría: Es una prueba rápida y sin dolor que mide los niveles de oxígeno en la sangre.
- Gasometría Arterial: es una técnica de monitorización respiratoria invasiva que permite, en una muestra de sangre arterial, determinar el pH, las presiones arteriales de oxígeno y dióxido de carbono y la concentración de bicarbonato.
- Tomografía Computarizada: es una tecnología para diagnóstico con imágenes. Utiliza un equipo de rayos X especial para crear imágenes transversales del cuerpo.

## **ABREVIATURAS**

PaO<sub>2</sub>: Presión Parcial De Oxígeno En Sangre Arterial.

SpO<sub>2</sub>: Saturación Arterial De Oxígeno Por Oximetría De Pulso

SaO<sub>2</sub>: Saturación Arterial De Oxígeno

FiO<sub>2</sub>: Fracción Inspiratoria de Oxígeno

SDRA: Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda

COVID-19: Enfermedad por Coronavirus 2019

SARS CoV2: Síndrome Respiratorio Agudo Severo por Coronavirus tipo 2

AECC: Comité del Consenso Europeo-Americano

PEEP: Presión Positiva al final de la Espiración

MERS CoV: Síndrome Respiratorio de Medio Oriente relacionado con Coronavirus

TC: Tomografía Computarizada

GA: Gasometría Arterial

SOFA: Evaluación de Falla Orgánica Secuencial

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos

VNI: Ventilación no invasiva

## RESUMEN

Comparación de la  $SpO_2/FiO_2$  con la  $PaO_2/FiO_2$  como herramienta de diagnóstico y monitorización en pacientes con SDRA por COVID-19.

**Antecedentes:** El Síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), es un padecimiento clínico atendido en los servicios de Terapia Intensiva con alta morbilidad y mortalidad presentando insuficiencia respiratoria hipóxica aguda, diagnosticándola a partir de la relación  $PaO_2/FiO_2$ . Debe considerarse que no todas las instituciones hospitalarias cuentan con insumos para muestras de gases arteriales o con un Gasómetro fijo; siendo la relación  $SpO_2/FiO_2$  una herramienta útil como sustituto no invasivo y continuamente disponible, planteando la posibilidad de poderse utilizar como un sustituto de la relación  $PaO_2/FiO_2$  en el diagnóstico de SDRA. Lo anterior es de gran relevancia debido a la demanda de atención médica en pacientes críticamente enfermos con SDRA secundario a COVID-19.

**OBJETIVOS:** Determinar la utilidad de la relación  $SpO_2/FiO_2$  como auxiliar diagnóstico y de monitoreo en pacientes con SDRA por COVID-19 en el Servicio de Terapia Intensiva COVID-19

**METODOLOGIA:** Se realizó un estudio observacional, analítico, transversal, retrospectivo revisando la base de datos de los pacientes que ingresaron al área de Terapia Intensiva COVID-19 del Hospital General de México en el periodo de tiempo del 01 de enero del 2021 al 31 de marzo del 2022.

Se realizó mediante estadística descriptiva considerando la relación  $SpO_2/FiO_2$  y la relación  $PaO_2/FiO_2$  como variables numéricas continuas, selección de pruebas con correlación de Pearson y comparación de medias de resultados con t de Student para variables numéricas y prueba de Chi cuadrada para variables cualitativas. Se calculó la sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos

y negativos, y curva ROC para determinar la utilidad de la relación SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> como prueba diagnóstica. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión v. 25.

**RESULTADOS:** De la población estudiada se encontró que el 67% correspondió al género masculino y con una media de edad de 53.47 años. De los 842 pacientes el 30% presentó diabetes mellitus seguida de hipertensión arterial sistémica con un 25%. Al analizar la Tabla de Curva ROC entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> tomada como el Gold Estándar y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> como variable a comparar, se encontró una Sensibilidad de 100% y una Especificidad de 91.5%, con un Área Bajo la Curva de 0.949 (IC 95%, 0.911 - 0.986, p = 0.01); con un Valor Predictivo Positivo= 0.92 y un Valor Predictivo Negativo= 1.0. Al realizar el análisis de Coeficiente de correlación de Pearson, entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, se encuentra una r= 0.904, p < 0.001; obteniéndose la ecuación de regresión lineal: SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = 1.3908 (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) + 20.291; r= 0.7827; con lo cual se puede determinar los valores corte para gravedad de SDRA por COVID-19 con valores de SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de <440=Leve, <300-Moderado, <160-Severo.

**CONCLUSIONES:** Se encontró que la relación SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> es una herramienta útil equivalente a la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> para el diagnóstico de SDRA por COVID-19.

Palabras clave: SDRA, SARS CoV-2, COVID-19, SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>

## **ABSTRACT**

**INTRODUCTION:** Acute respiratory distress syndrome (ARDS) is a clinical condition treated in the emergency services with high morbidity and mortality, typically presenting acute hypoxic respiratory failure, diagnosed from the PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio, this being; one of the criteria to define ARDS. It should be considered that not all hospital institutions have sufficient supplies for arterial gas samples or, failing that, a fixed Gasometer within their facilities; being the SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio a very useful tool as a non-invasive and continuously available substitute, also raising the possibility of being able to be used as a substitute for the PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio in the diagnosis of ARDS. The foregoing is of great relevance in the context of the current pandemic,

**OBJECTIVES:** Determine the usefulness of the SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> relationship as a diagnostic and monitoring aid in patients with ARDS due to COVID-19 in the COVID-19 Intensive Care Service.

**METHODOLOGY:** An observational, analytical, transversal, retrospective study was carried out by reviewing the database of patients who entered the COVID-19 Intensive Care area of the General Hospital of Mexico in the time period from January 1, 2021 to March 31, 2022.

It was carried out using descriptive statistics considering the SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> relationship and the PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> relationship as continuous numerical variables, selection of tests with Pearson correlation and comparison of means of results with Student's t for numerical variables and Chi square test for qualitative variables. Sensitivity, specificity, positive and negative predictive values, and ROC curve were calculated to determine the usefulness of the SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio as a diagnostic test. Statistical analysis was performed with SPSS version v. 25.

**RESULTS:** Of the population studied, it was found that 67% were male and had an average age of 53.47 years. Of the 842 patients, 30% presented diabetes mellitus followed by systemic arterial hypertension with 25%. When analyzing the ROC Curve Table between PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> taken as the Gold Standard and SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> as the variable to be compared, a Sensitivity of 100% and a Specificity of 91.5% were found, with an Area Under the Curve of 0.949 (CI 95 %, 0.911 - 0.986, p = 0.01); with a Positive Predictive Value = 0.92 and a Negative Predictive Value = 1.0. When performing the Pearson correlation coefficient analysis, between PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> and SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, r= 0.904, p < 0.001 was found; obtaining the linear regression equation: SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = 1.3908 (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) + 20.291; r= 0.7827; With which the cut-off values for the severity of ARDS due to COVID-19 can be determined with SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> values of <440-Mild, <300-Moderate, <160-Severe.

**CONCLUSIONS:** The SpO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub> ratio was found to be a useful tool equivalent to the PaO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub> ratio for the diagnosis of ARDS from COVID-19.

**Keywords:** ARDS, SARS CoV-2, COVID-19, SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>

## TÍTULO

Comparación de la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> como herramienta de diagnóstico y monitorización en pacientes con SDRA por COVID-19.

### 1. INTRODUCCIÓN

El Síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), es un padecimiento clínico atendido en los servicios de urgencias y Unidades de Cuidados Intensivos con alta morbilidad y mortalidad presentando típicamente insuficiencia respiratoria hipóxica aguda, diagnosticándola a partir de la relación PaO<sub>2</sub> / fracción de oxígeno inspirado (FiO<sub>2</sub>) (o relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) siendo ésta, uno de los criterios para definir SDRA. (1,2)

El diagnóstico de esta patología es fundamental porque un precoz establecimiento de las estrategias de ventilación protectora pulmonar puede mejorar el resultado de los pacientes; además de ser una herramienta útil para decidir intubar a un paciente durante la terapia de VNI. Del mismo modo, la relación de Saturación de Oxígeno medida por pulsioximetría (SpO<sub>2</sub>) / FiO<sub>2</sub> también se ha descrito como un predictor de falla de VNI. En sujetos sanos, los cambios en la Pao<sub>2</sub> se correlacionan bien con cambios en la Saturación por oximetría de pulso (SpO<sub>2</sub>) en el rango de 80 a 100%. (1, 2, 3, 4)

Se debe mencionar que la PaO<sub>2</sub> arterial se incluye en muchas escalas de gravedad y de riesgo de mortalidad, aunque en el contexto de la actual pandemia por infección por SARS CoV<sub>2</sub>, debe considerarse que no todas las instituciones hospitalarias cuentan con insumos suficientes para muestras de gases arteriales o en su defecto con un Gasómetro fijo dentro de sus instalaciones; siendo la relación SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> una herramienta muy útil como sustituto no invasivo y continuamente disponible durante la VNI, planteando además la posibilidad de poderse utilizar como un sustituto de la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> en el diagnóstico de SDRA. (1, 2)

Considerando lo anterior y tomando como base estudios previamente establecidos, en el presente trabajo se tratará de comprobar la relación entre las proporciones  $PaO_2/FiO_2$  y  $SpO_2/FiO_2$  y la aplicabilidad de la  $SpO_2/FiO_2$  en pacientes críticamente enfermos con SDRA secundario a COVID-19. (2)

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Síndrome de dificultad Respiratoria Aguda

El síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) es un síndrome que engloba la presencia de infiltrados pulmonares bilaterales no atribuido a insuficiencia cardíaca, asociado tanto a etiologías pulmonares y no pulmonares; además de presencia de hipoxia aguda. (5, 6)

Desde la primera descripción de 12 pacientes con un síndrome de hipoxemia refractaria y disfunción pulmonar, la definición de SDRA ha sido un desafío; teniendo modificaciones en diversas ocasiones. (7)

En 1994 el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) fue definido por el Comité del Consenso Europeo-Americano (AECC).(8) Posteriormente un panel de expertos convocado en 2011 (una iniciativa de la Unión Europea Sociedad de Medicina de Cuidados Intensivos respaldada por la American Thoracic Society and the Society of Critical Care Medicine) desarrollaron la Definición de Berlín, centrándose en la viabilidad, confiabilidad, validez y evaluación objetiva de su desempeño. (9)

La definición propuesta establece una clasificación de tres grados de riesgo basado en el grado de hipoxemia evaluado en pacientes bajo ventilación mecánica en los cuales se hace uso de un mínimo de presión positiva al final de la espiración (PEEP) de 5 cmH<sub>2</sub>O. La definición toma en cuenta criterios radiográficos y permite el uso de tomografía computarizada (TC) para la detección de opacidades, que a menudo son heterogéneas; considera que si se desarrolla SDRA, comúnmente es dentro de los 7 días posteriores al reconocimiento clínico de un factor de riesgo, como neumonía o sepsis, excluyéndose a la

sobrecarga de volumen o la insuficiencia cardíaca, pudiendo coexistir. (Tabla 1) Haciendo una comparación con la definición de la AECC, la Definición final de Berlín tiene mejor validez predictiva de la mortalidad. (9,10)

<b>Definición de Berlín del síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA).</b>	
<b>Criterio</b>	<b>Justificación</b>
<b>Inicio dentro de los 7 días posteriores a una agresión clínica conocida o síntomas respiratorios nuevos o que empeoran</b>	Los datos sugieren que el SDRA se desarrollará dentro de 72 h en la mayoría de los pacientes con riesgo de padecer el síndrome y dentro de 1 semana en casi todos los pacientes en riesgo.
<b>Opacidades bilaterales que son "compatibles con edema pulmonar "en radiografías de tórax o TC de tórax</b>	Existe poca confiabilidad entre observadores en la interpretación de la radiografía de tórax para detectar la presencia de edema. La definición de Berlín ofrece criterios más explícitos (p. Ej., Las opacidades no deben explicarse completamente por derrames, atelectasias lobulares o pulmonares, o nódulos o masas), con radiografías ilustrativas proporcionadas.
<b>Categorización de la gravedad del SDRA</b>	Hipoxemia, consistentes en relación a Pao2: Fio2 $\leq$ 300 mm Hg
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Leve</b></li> <li>- <b>Moderado</b></li> <li>- <b>Severo</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pao2: Fio2, 201 a 300 mm Hg; mortalidad, 27% (IC del 95%, 24-30)</li> <li>- Pao2: Fio2, 101 a 200 mm Hg; mortalidad, 32% (IC del 95%, 29-34)</li> <li>- Pao2: Fio2, <math>\leq</math>100 mm Hg; mortalidad, 45% (95% CI, 42-48)</li> </ul>
<b>Configuración mínima de PEEP o CPAP, 5 cmH2O; Pao2: Fio2 evaluada en ventilación mecánica invasiva (criterio de CPAP utilizado para el diagnóstico de SDRA leve)</b>	Las estimaciones de Fio2 no son precisas con sistemas de suministro de oxígeno distintos de la ventilación invasiva o no invasiva, con la excepción de los sistemas de suministro de oxígeno de alto flujo nasal (a velocidades de flujo $\geq$ 45 litros por minuto).
<b>Tabla 1 Modificada de Thompson y Cols., 2017. IC: intervalo de confianza, CPAP: presión positiva continua en las vías respiratorias, Pao2: Fio2: relación entre la presión parcial de oxígeno arterial y la fracción de oxígeno inspirado y PEEP: presión positiva al final de la espiración. (5)</b>	

## **2.2. Síndrome de dificultad respiratoria Aguda por COVID-19**

En diciembre de 2019, la ciudad de Wuhan, capital de Hubei provincia de China, se convirtió en el centro de un brote de neumonía de causa desconocida. Es probable que el brote haya comenzado a partir de un evento de transmisión zoonótica asociado con un mercado de mariscos que también comerciaba con animales salvajes vivos, identificándose pronto que la transmisión de persona a persona estaba ocurriendo. (11,12)

Para enero de 2020, científicos chinos aislaron un nuevo coronavirus, grave y agudo, patógeno responsable de una neumonía viral designada por la OMS en febrero de 2020 como enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19); identificado como miembro de la familiar de betacoronavirus llamado Síndrome Respiratorio Agudo Severo por Coronavirus 2 (SARS-CoV-2), debido a similitudes con virus como el SARS-CoV y síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS). (13)

El espectro clínico de la infección por SARS-CoV-2 parece ser amplia y abarca desde una infección asintomática, enfermedad leve del tracto respiratorio superior y neumonía viral grave con SDRA llevando a un fracaso respiratorio e incluso la muerte; los datos clasifican los casos en leves (81%), graves (14%) o crítico (5%). (13, 14)

Muchos pacientes presentan hipoxemia arterial pronunciada pero sin signos de dificultad respiratoria proporcionales como sensación de disnea. Este fenómeno es referido como hipoxemia silenciosa o "feliz". (15)

La desconexión entre la gravedad de la hipoxemia y el malestar respiratorio relativamente leve informado por los pacientes con COVID-19 contrasta con los cocientes bajos de PaO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub> y tomografías computarizadas anormales. (15)

El análisis de gases en sangre arterial tiene como objetivo determinar el pH, la presión parcial de oxígeno (PO<sub>2</sub>), presión parcial de dióxido de carbono (PCO<sub>2</sub>) y concentración de

electrolitos en la sangre, proporcionando referencias para un juicio rápido sobre la presencia de disfunción y desequilibrio ácido-base en pacientes con COVID-19 durante la práctica. Es un indicador de laboratorio objetivo para evaluar la gravedad de la enfermedad y ayuda a orientar el diagnóstico y tratamiento de los pacientes con COVID-19. (15)

La (SpO<sub>2</sub>) se usa a menudo para detectar hipoxemia. Sin embargo, SpO<sub>2</sub> debe interpretarse con precaución en COVID-19. La curva de disociación de oxihemoglobina parece desplazarse hacia la izquierda, debido a la alcalosis respiratoria (descenso de la PaCO<sub>2</sub>) por taquipnea e hiperpnea inducidas por hipoxemia. Durante períodos hipocápnicos, la afinidad de la hemoglobina por oxígeno aumenta y por lo tanto la saturación de oxígeno también, durante un determinado grado de PaO<sub>2</sub>, explicando por qué la SpO<sub>2</sub> puede ser bien conservado frente a una PaO<sub>2</sub> profundamente baja; señalándose que la SpO<sub>2</sub> debe interpretarse en presencia de hiperventilación (taquipnea, PaCO<sub>2</sub> baja), pudiendo de esta manera hacer una correlación con PaO<sub>2</sub>. (15)

La hipoxemia es la característica más destacada de la función respiratoria deteriorada debido a COVID-19. La corrección oportuna y eficaz de la hipoxemia y alivio del daño y disfunción de órganos causados por dificultad respiratoria e hipoxia son de gran importancia para mejorar el pronóstico del paciente. (16)

Se debe prescribir oxígeno para lograr un objetivo de saturación de oxígeno del 94 al 98% para la mayoría de los pacientes enfermos agudos o con rango de 88-92% para aquellos en riesgo de insuficiencia respiratoria hipercápnica. (17)

### **2.3. Relación SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> como medida no invasiva de medición de Oxigenación en pacientes con SDRA**

La oxigenación es un parámetro importante a medir en pacientes con Síndrome de dificultad Respiratoria Aguda secundario a una neumonía; para un manejo adecuado y que influye en el resultado de su tratamiento. La insuficiencia respiratoria hipoxémica es uno de los

principales determinantes de ingreso hospitalario en los servicios de Urgencias y Unidades de Cuidados Intensivos para pacientes con neumonía leve. (18)

A pesar de que la insuficiencia respiratoria hipoxémica secundaria a la disminución de la oxigenación es el componente más fácil de cuantificar, también es el único criterio que requiere una medición invasiva, esto debido a la colocación de líneas arteriales y obtención de gases en sangre arterial siendo una herramienta difícil de conseguir en varias ocasiones en los enfermos críticos. (19) Por lo anterior, el uso de pulsioxímetros en los servicios de urgencias y Unidades de Cuidados Intensivos permite una evaluación rápida y no invasiva de la oxigenación en pacientes con neumonía. (10, 18)

El cambio en el enfoque hacia la prevención y el tratamiento temprano de SDRA, ha motivado a buscar un marcador sustituto no invasivo de alteración de la oxigenación que se pueda determinar al principio del curso de la presentación del paciente. (20)

La relación  $PaO_2/FiO_2$  evalúa la oxigenación más exactamente y define la gravedad en el síndrome de dificultad respiratoria aguda. Para determinar  $PaO_2$  y calcular la relación  $PaO_2/FiO_2$  se requiere la medición de gases en sangre arterial. Sin embargo, es posible que los pacientes con SDRA no puedan someterse a pruebas de gases en sangre arterial, situaciones en las cuales oxímetros de pulso se han vuelto más precisos y consistentes, y algunos médicos utilizan gasometrías de sangre venosa para controlar la  $PCO_2$  y pH. La falta de resultados de gasometrías arteriales podría conducir al infradiagnóstico o al reconocimiento tardío de pacientes con SDRA, lo que puede retrasar la aplicación de tratamientos como las estrategias de ventilación con protección pulmonar. (10, 18, 21)

Métodos no invasivos para estimar la relación  $PaO_2/FiO_2$  en pacientes con neumonía podría permitir la identificación rápida y precisa de pacientes hipoxémicos, evitando mediciones innecesarias de gases en sangre arterial, mejorando la seguridad del paciente y reducir costes. (22, 23)

Un sustituto no invasivo de la relación  $PaO_2 / FIO_2$ , basado al medir el porcentaje de saturación de oxihemoglobina con un oxímetro de pulso ( $SpO_2$ ), permitiría a los pacientes sin datos de gasometrías arteriales para ser evaluados para SDRA, incluyendo en la evaluación de la gravedad de la enfermedad. (18, 22)

La  $SpO_2$  es una medida no invasiva y continuamente disponible en la monitorización estándar en la mayoría de los servicios de Urgencias y de Unidades de Cuidados Intensivos. (1) Mencionando que el valor de  $SpO_2/FiO_2$  como predictor temprano de gravedad de SDRA aún no se ha estudiado. (24)

La saturación de oxígeno ( $SpO_2$ ) por debajo del 90% aumenta la probabilidad de hospitalización, además de considerar el ingreso de pacientes a unidades de cuidados intensivos, necesidad de soporte ventilatorio o inotrópico y se asocia con un aumento de la mortalidad.(23)

El porcentaje de saturación de oxihemoglobina se puede medir con un oxímetro de pulso ( $SpO_2$ ), o directamente en la sangre arterial ( $SaO_2$ ). (18)

Sin embargo, ya que muchos de los pacientes reciben oxígeno suplementario antes o inmediatamente después de su llegada a los servicios de Urgencias y Unidades de Cuidados Intensivos; medir la  $SpO_2$  sin considerar la fracción de oxígeno inspirada ( $FiO_2$ ) no indica la gravedad del deterioro de la oxigenación. (23)

Entre los intentos de identificar pacientes en riesgo de desarrollar SDRA, el más exitoso hasta ahora ha sido el "Lung Injury Prediction Score (LIPS)". Esta puntuación, determina en las primeras 6 horas pacientes en riesgo después del ingreso hospitalario considerando condiciones predisponentes y modificadores como marcadores de hipoxemia (saturación de oxígeno). (20)

## 2.4. Criterios de Kigali

El SDRA es un padecimiento muy frecuente en los servicios de Urgencias y Terapia Intensiva, en la actualidad; en la era de la protección pulmonar, la incidencia estimada es de 34 casos por cada 100,000 por año en los EUA y alrededor de 5-7 por cada 100,000 en Europa. Secundario a la actual pandemia por COVID-19, quizá la epidemiología es inferior en estudios reportados en sistemas de salud menos desarrollados, ya que la definición de Berlín, no permite la identificación de pacientes con SDRA en entornos con recursos limitados debido a que fue desarrollada en entornos con recursos disponibles. (25, 26)

La limitación al acceso de diversos factores como lo es la toma de radiografías de tórax, el uso de ventiladores mecánicos y sobretodo de gasómetros para interpretación de gases arteriales podría tener la consecuencia no deseada de subestimar y subtratar el diagnóstico de SDRA en muchos países. (26, 27)

Los criterios de diagnóstico para el SDRA de 2012 utilizan la PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> medida por análisis de gases en sangre arterial para evaluar el grado de hipoxemia. (9)

En diversos estudios tanto en pacientes pediátricos como pacientes adultos se ha planteado la hipótesis de que la relación entre saturación por oximetría de pulso SpO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> puede sustituir a la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> al evaluar el criterio de oxigenación de la lesión pulmonar aguda. (1, 3, 4)

En el estudio desarrollado por Rice y colaboradores en 2007, plantean una ecuación de regresión derivada de una población con SDRA para calcular PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> a partir de SpO<sub>2</sub>, encontrando una alta correlación con las relaciones reales PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> en pacientes con SpO<sub>2</sub> <97% (coeficiente de correlación = 0,89) para establecer la relación entre la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, que se describe de la siguiente manera:

$$S/F = 64 + 0.84 \times (P/F)$$

Refiriendo en sus resultados que la ecuación presenta una significancia estadística con una  $p < 0.0001$ ; estableciendo que una relación  $SpO_2/FiO_2$  de 315 correspondió con una relación  $PaO_2/FiO_2$  de 300. (1)

Khemani et al también demostraron una estrecha concordancia entre  $PaO_2/FiO_2$  y  $SpO_2/FiO_2$ , reconociendo que la  $SpO_2 / FiO_2$  era un indicador eficiente y no invasivo de  $PaO_2 / FiO_2$  en niños con lesión pulmonar aguda (ALI) o SDRA. (28, 29)

La inversión de Ellis de la ecuación de Severinghaus es una técnica que se ha utilizado en cohortes de pacientes no intubados con neumonía y en pacientes con SDRA que proporciona un método no lineal útil para imputar  $PaO_2$  de  $SaO_2$ . (30, 31) Cabe mencionarse que estas ecuaciones no se han validado en pacientes con neumonía en el servicio de urgencias y Unidades de Cuidados Intensivos.

Además de lo anterior; en la definición del SDRA se señala la necesidad de una Presión Positiva al Final de la Espiración (PEEP) mínima de 5 cm H<sub>2</sub>O. La modificación de Kigali para la definición de Berlín, la cual fue elaborada a partir de un estudio de cohorte, observacional y prospectivo en el Hospital Universitario Docente de referencia de Kigali, Ruanda; que contiene modificaciones a cada uno de los criterios de la Definición de Berlín que no se puede evaluar con recursos limitados, los cuales son: falta de un requisito de PEEP, oxigenación corte de  $SpO_2/FiO_2$  menor o igual a 315 y uso de ecografía pulmonar o de tórax radiografía para la determinación de opacidades bilaterales. (25, 26, 27, 32) (Tabla 2)

La relación  $PaO_2/FiO_2$  es una medida de oxigenación que se usa para clasificar el síndrome de dificultad respiratoria aguda como leve, moderado o severo. Aunque es fácil de calcular, es una medida imperfecta debido a su variabilidad con la diferencia de PEEP y los volúmenes Corrientes; por lo cual el uso de PEEP en la definición de SIRA sigue siendo controvertida. (25, 26, 32, 33)

<b>Criterios de Berlín para diagnóstico de SIRA y criterios propuestos según la modificación de Kigali.</b>			
	Criterios de Berlín	Cambios con recursos limitados	Modificación de Kigali
<b>Tiempo</b>	Dentro de una semana de un insulto clínico conocido o síntomas respiratorios nuevos o que empeoran	Ninguno	Dentro de una semana de un insulto clínico conocido o síntomas respiratorios nuevos o que empeoran.
<b>Oxigenación</b>	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> menor de 300 PEEP igual o mayor de 5 cmH <sub>2</sub> O	Limitación de Gases arteriales	SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> : menor de 315
<b>Imagen de Tórax</b>	Las opacidades bilaterales no se explican completamente por derrames, colapso lobular/pulmonar o nódulos por radiografía de tórax o TAC	Limitación de radiografías o tomografía computada	Las opacidades bilaterales no se explican completamente por derrames, colapso lobular/pulmonar o nódulos por radiografía de tórax o ultrasonido
<b>Origen del edema</b>	Insuficiencia respiratoria no explicada completamente por insuficiencia cardiaca o sobrecarga de líquidos. Necesidad de una evaluación objetiva (p. ej. ecocardiografía) para excluir el edema hidrostático si no hay presente ningún factor de riesgo	Ninguno	Insuficiencia respiratoria no explicada completamente por Insuficiencia cardiaca o sobrecarga de líquidos. Necesidad de una evaluación objetiva (p. ej. ecocardiografía) para excluir el edema hidrostático si no hay presente ningún factor de riesgo
<b>Tabla 2. Modificada de Mouret y cols., 2019. (25)</b>			

En un estudio llevado a cabo por Mouret y colaboradores en 2019 en el Hospital General de la Villa de la Ciudad de México; en donde se compara a los Criterios de Kigali con los de Berlín, se buscó la correlación de SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> evidenciando que ambos valores pueden ser excelentes parámetros de referencia que complementan el diagnóstico de SIRA. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y se observó que hubo una relación directa y casi proporcional (r de 0.99 con un IC de 95%: 0.9825-0.9957); planteando

la siguiente ecuación de regresión:

$$SpO_2/FiO_2 = 7.99 + (1.50 \times PaO_2/FiO_2)$$

Con la cual establecen su propuesta de clasificación de SDRA. (25) Tabla 3

<b>Propuesta de modificación de Mouret y colaboradores de criterios de Kigali</b>		
<b>Clasificación</b>	Berlín PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	Kigali SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>
<b>Severo</b>	< 100	< 160
<b>Moderado</b>	100-200	160-310
<b>Leve</b>	200-300	310-460

**Tabla 3. Modificada de Mouret y cols., 2019. (25)**

## **2.5. Relación SpO<sub>2</sub>/ FiO<sub>2</sub> y aplicación en diversas escalas**

La relación S/F ha sido considerada una herramienta ampliamente aplicable en varios estudios donde es usada en escalas diagnósticas y en escalas pronósticas; Chen y colaboradores en 2015 realizaron un estudio donde incluyeron una comparación de características basales y factores de riesgo de SDRA entre pacientes que recibieron un diagnóstico por razones de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, siendo similares. (34)

Dentro del estudio se calculó la escala pronóstica de APACHE II la cual requiere un análisis con gasometría arterial para las variables de pH y PaO<sub>2</sub> y análisis de gases en sangre arterial realizando una comparación en dos grupos uno con la Escala de APACHE II convencional la cual consideraba la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y el otro grupo con una Escala de APACHE modificada donde se contemplaba la medición de la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> sin tomar en cuenta los valores gasométricos de pH y PaO<sub>2</sub>, no encontrando diferencias en los resultados de ambas escalas. (34)

Otra escala a considerar es la de SOFA (Evaluación Sequential Organ Failure Assessment), la cual está validada para medir la gravedad de la disfunción orgánica en pacientes críticamente enfermos. Sin embargo, en diversas ocasiones, el cálculo del parámetro respiratorio con la toma de gasometría arterial no está disponible; considerando a la relación SpO2/FiO2 como una alternativa a utilizar que se correlaciona con la relación PaO2/FiO2 para calcular el parámetro respiratorio de SOFA teniendo resultados similares en cuanto a días de estancia en UCI y días libres de ventilación mecánica. (35)

## 2.6. Gasometría Arterial

El análisis de gases en sangre arterial es una herramienta que tiene varias funciones como valorar el estado respiratorio, el intercambio de gases y el equilibrio ácido-base de los pacientes. (36) (Tabla 4)

<b>Componentes y valores normales de Gasometría Arterial</b>		
<b>H +</b>	Iones de hidrógeno, inversamente proporcionales a pH	35-45 mmol / L
<b>pH</b>	Acidez / alcalinidad	7.35-7.45
<b>paO2</b>	Presión parcial de oxígeno en sangre arterial	80-100 mmHg
<b>SaO2</b>	Saturación de oxígeno arterial	95-100%
<b>paCO2</b>	Presión parcial de CO2 en sangre arterial	35-45 mm Hg
<b>HCO3-</b>	Bicarbonato en sangre	22-26 mEq / L
<b>BE</b>	Exceso de base (cantidad de exceso o cantidad insuficiente de base en sangre) –Ve en acidosis, + ve en alcalosis	-2 a + 2 mmol / L
<b>Tabla 4. Modificada de Singh y cols., 2013. CO2: Dióxido de Carbono (36)</b>		

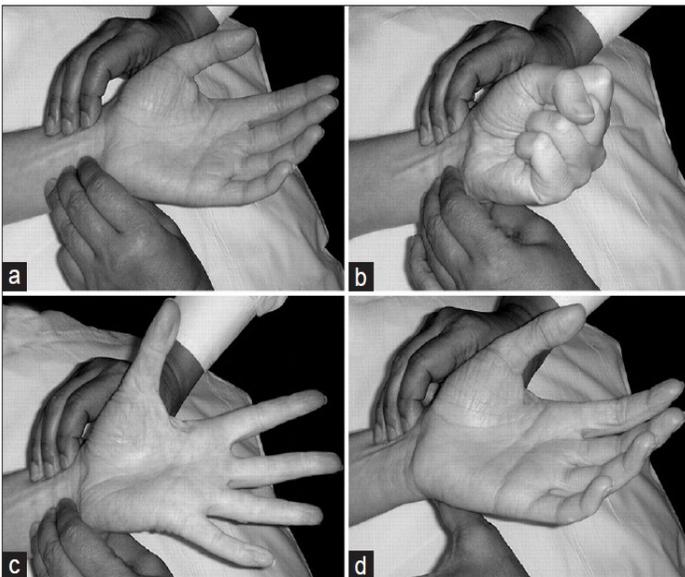
La gasometría arterial es el “estándar de oro” para evaluar la falla respiratoria; juega un papel importante en la monitorización de pacientes posoperados, pacientes que reciben oxígeno terapia, pacientes con pérdida significativa de sangre, sepsis, diabetes, trastornos renales, afecciones cardiovasculares, etc. (17, 36)

### 2.6.1. Indicaciones:

La punción de la arteria radial es el método preferido para la obtención de sangre arterial en el análisis de gases en sangre. Su principal indicación es su uso para valorar las presiones parciales de oxígeno, dióxido de carbono y pH arterial; los cuales son indispensables para evaluar a un paciente con dificultad respiratoria, además de proporcionar información sobre el equilibrio ácido-base e intercambio de gases. Otra indicación es la necesidad de evaluar metahemoglobinemia y carboxihemoglobinemia. (36, 37)

### 2.6.2. Contraindicaciones:

La punción arterial radial está contraindicada en presencia de una deficiencia conocida de circulación colateral a la extremidad superior distal. La cual se puede corroborar con la prueba de Allen modificada la cual se realiza ocluyendo las arterias cubital y radial. (Figura 1)



**Figura 1. Modificada de Singh y cols., 2013.**

#### **Prueba de Allen modificada:**

- (a) Se palpan las arterias radial y cubital
- (b) Se pide al paciente apretar el puño comprimiendo manualmente ambas arterias.
- (c) El paciente abre el puño (Se observa palidez de la palma).
- (d) Se libera la presión de la arteria cubital; prueba positiva: color vuelve al rosa; prueba negativa si el color no vuelve al rosa. (36)

La punción arterial radial no debe realizarse en pacientes con infección en la piel, ni en pacientes anticoagulados o con coagulopatías, esto debido al riesgo de hemorragia y formación de hematomas. (36, 37)

### 2.6.3. Complicaciones:

Las dificultades técnicas más comunes relacionadas a la punción arterial radial para son la imposibilidad de obtener una muestra de sangre debido al vasoespasmo y la recolección de sangre venosa en lugar de sangre arterial. (37) (Tabla 5)

<b>Valores de Gases sanguíneos Arteriales vs Venosos</b>		
<b>Valor</b>	<b>Sangre Arterial</b>	<b>Sangre Venosa Mixta</b>
<b>pH</b>	7,40 (7,35-7,45)	7,36 (7,31-7,41)
<b>paO2</b>	80-100 mmHg	35-40 mmHg
<b>Saturación de O2</b>	95%	70-75%
<b>PaCO2</b>	35-45 mmHg	41-51 mmHg
<b>HCO3-</b>	22-26 mEqL	22-26 mEqL
<b>BE</b>	-2 a + 2	-2 a + 2
<b>Tabla 5. Modificado de Dev y cols., 2011). O2: Oxígeno, paO2: Presión parcial de oxígeno en arterias sangre, pH: acidez / alcalinidad, PaCO2: presión parcial de oxígeno en sangre arterial, HCO3-: Bicarbonato en sangre, BE: Exceso de base (37)</b>		

Algunas complicaciones que pueden ocurrir son un aneurisma de la arteria radial, isquemia de la mano, y hematoma que conlleve a un síndrome compartimental. (17, 37)

La puntuación de dolor medida en una escala analógica visual en las punciones con la aguja de insulina fue menor que la aguja estándar; esto último es algo a considerar debido a que

los controles gasométricos pueden ser necesarios hasta cada 30-60 minutos. Sin embargo, debido a la mayor tasa de hemólisis, el uso de agujas de insulina es limitado a condiciones que no requieren un valor de potasio concurrente en la misma muestra de sangre. (17)

#### *2.6.4. Consideraciones y errores:*

- Permitir un estado estable después del inicio o cambio de Oxigenoterapia de entre 3 y 10 minutos.
- Anotar siempre el porcentaje de aire inspirado ( $FiO_2$ ).
- Enjuagar la jeringa con heparina o utilizarla preheparinizada.
- El exceso de heparina provoca dilución de la muestra
- El exceso de heparina puede afectar el pH.
- Evitar las burbujas de aire en la jeringa.
- La sangre de la muestra es un tejido vivo por lo que consume  $O_2$  y produce  $CO_2$ .
- En caso de retraso de procesamiento debe colocarse la muestra en hielo pudiéndose procesar hasta 2 horas posteriores. (36)

### **2.7. Oximetría de pulso**

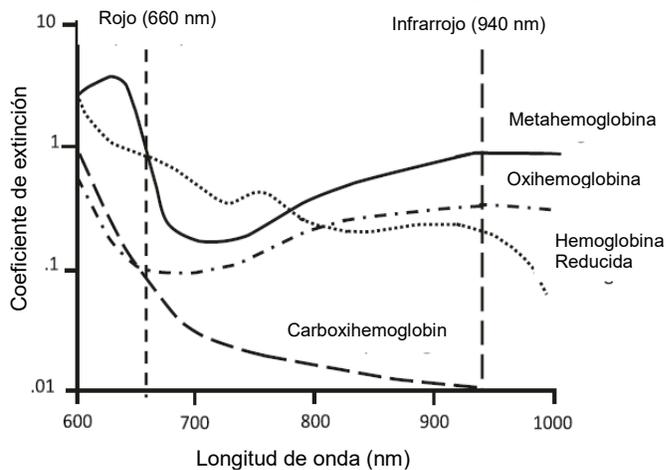
El transporte de oxígeno en la sangre se da de dos formas; una parte disuelta en el plasma y otra unida a la hemoglobina para posteriormente ser entregada a los tejidos. La cantidad fija de oxígeno transportada en la sangre es a menudo expresado en términos de saturación de oxígeno. Si esto se mide directamente a partir de una muestra de sangre arterial, se denomina  $SaO_2$ . Si se mide con un oxímetro de pulso, es denominada  $SpO_2$ . Alternativamente, se puede medir la  $PO_2$  en sangre conocida como la "presión parcial de oxígeno en sangre arterial" ( $PaO_2$ ).

La saturación de oxígeno, "el quinto signo vital", debe ser monitorizada utilizando oximetría de pulso en todos los pacientes con enfermedades agudas. (17, 38) La oximetría de pulso se usa de manera ubicua para medir cuánto oxígeno contiene la sangre gracias a un

dispositivo llamado oxímetro de pulso sin necesidad de realizar punción con una aguja y obtener una muestra de gases en sangre arteria, en el entorno de las áreas de salud como lo son los servicios de urgencias y de cuidados intensivos. (39, 40)

La oximetría de pulso puede proporcionar una advertencia temprana de hipoxemia, siendo confiable en la titulación la concentración de la fracción inspirada de Oxígeno (FIO2) en pacientes que requieran ventilación mecánica utilizando la relación de SpO2/FiO2 como sustituto de la relación de PaO2/FiO2. (38, 41, 42)

El oxímetro de pulso puede presentarse con una pinza incorporada o como un pequeño aparato portátil con un sensor conectado a un cable que puede aplicarse en un dedo, ya sea de la mano o del pie, o en el lóbulo de la oreja. Al advertir sobre la presencia de hipoxemia, los oxímetros de pulso pueden ayudar a un tratamiento más rápido de la hipoxemia grave y evitar complicaciones graves. (40)



**Figura 2. Modificado de Jubran, 2015. Espectros de absorción de luz transmitida de cuatro especies de hemoglobina:**

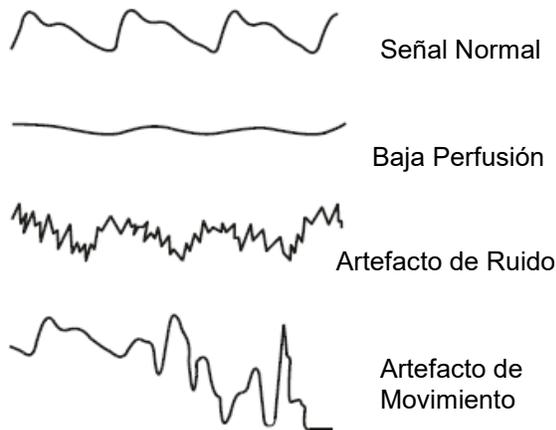
oxihemoglobina, hemoglobina reducida, carboxihemoglobina, y metahemoglobina. (39)

La oximetría de pulso funciona utilizando espectrofotométrica, midiendo la saturación de oxígeno iluminando la piel y midiendo los cambios en la absorción de la luz de sangre

oxigenada (oxihemoglobina) y desoxigenada (hemoglobina reducida) usando dos longitudes de onda de luz: 660 nm (rojo) y 940 nm (infrarrojo) (Figura 2). (38, 39)

El radio de absorción a estas longitudes de onda se calcula y calibra contra mediciones directas de saturación de oxígeno arterial (SaO<sub>2</sub>) para establecer la medida de saturación arterial del oxímetro de pulso (SpO<sub>2</sub>). La forma de onda, ayuda a distinguir un artefacto de la verdadera señal. (38, 39) (Figura 3).

#### Forma de Curva del Oxímetro de Pulso



**Figura 3. Modificado de Jubran, 2015. Señales pulsátiles comunes en un pulsioxímetro.**

(Panel superior) Señal normal que muestra la forma de onda nítida con una muesca dicrotica clara.

(Segundo panel) Señal pulsátil durante baja perfusión que muestra una onda sinusoidal típica.

(Tercer panel) Señal pulsátil con artefacto de ruido superpuesto dando una apariencia irregular.

(Panel inferior) Señal pulsátil durante el artefacto de movimiento que muestra una forma de onda errática. (39)

Más allá de esta importante función, también se destaca el uso de oxímetros como pletismógrafo del pulso periférico con lectura de onda que proporciona información hemodinámica relevante para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades cardiovasculares. (38)

Ante todo lo previamente señalado surgen varias interrogantes acerca del uso de la oximetría de pulso sobre una muestra de gases en sangre arterial para monitorizar la oxigenación

sanguínea y con ello un correcto aporte a todo el organismo, además de apoyar diagnósticos y tratamientos tempranos y oportunos.

*2.7.1. ¿Cuál es la diferencia entre una medición de oxígeno obtenida con un oxímetro y la obtenida con una gasometría arterial?*

Los oxímetros miden indirectamente la cantidad de oxígeno transportada en la sangre, mientras que la gasometría arterial mide directamente la cantidad de gases tanto oxígeno como dióxido de carbono que contiene la sangre. La Gasometría se obtiene extrayendo sangre directamente de la arteria lo cual puede ser doloroso. La oximetría de pulso es indolora pero no es tan exacta; además, de que no mide los niveles de dióxido de carbono. (40)

*2.7.2. ¿Qué tan exacto es el oxímetro de pulso?*

La medición de la saturación de oxígeno capilar periférico (SpO<sub>2</sub>) por oxímetro de pulso, es una medición objetiva, simple y confiable de rutina que se aproxima al nivel de oxígeno en la sangre arterial. En pacientes críticamente enfermos con valores de SaO<sub>2</sub> del 90% o mayor, la diferencia media entre SpO<sub>2</sub> y SaO<sub>2</sub> es inferior al 2%; sin embargo, en algunos casos las lecturas de oximetría de pulso pueden disminuir cuando se reduce la SaO<sub>2</sub> inferior al 90%. (40, 41, 42, 43)

La diferencia de registros de SpO<sub>2</sub> entre los diferentes dedos pueden no ser clínicamente relevante, pero tomarlo en consideración puede ser importante en condiciones con deficiencias de perfusión periférica. El dedo medio de la mano dominante, comúnmente la derecha, presenta las mediciones de SpO<sub>2</sub> más altas lo que puede considerarse como el valor más preciso que refleja la saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>); lo anterior atribuido a que presenta mayor perfusión. (43)

El dedo índice predominantemente se alimenta de un arco palmar profundo creado a partir de arterias radiales, mientras que los dedos medios reciben sangre tanto de la arteria cubital

como radial. (43)

### *2.7.3. Limitaciones de la Oximetría de pulso*

Los oxímetros de pulso convencionales solo pueden distinguir dos sustancias: hemoglobina y oxihemoglobina reducidas; sin poder discriminar las dishemoglobinas, como la carboxihemoglobina (COHb) y metahemoglobina (MetHb).

Algunas cuestiones que causan lecturas inexactas con oximetría de pulso pueden ser el uso de medios de contraste intravenosos, estados de baja perfusión (bajo gasto cardíaco, vasoconstricción e hipotermia); si los niveles de saturación de oxígeno son demasiado bajos (menos del 80%) o si la piel de la persona es muy oscura y en pacientes con anemia de células falciformes. También puede perder precisión si la luz ambiental es excesiva y con la presencia de movimiento, causando artefacto. (38, 40, 43)

El esmalte de uñas puede interferir en la correcta lectura de la oximetría de pulso encontrándose que la diferencia media entre SpO<sub>2</sub> y SaO<sub>2</sub> es mayor para el negro (+1.6% ± 3.0%), violeta (+1.2% ± 2,6%) y esmalte de uñas azul oscuro (+1,1% ± 3,5%). (41, 42).

A pesar de la ubicuidad de la SpO<sub>2</sub>, la PaO<sub>2</sub> es el "estándar de oro" aceptado para determinar oxigenación arterial, sin embargo; el uso de la pulsioximetría en los servicios de urgencias y de cuidados intensivos en el actual contexto de la pandemia por COVID-19 puede reducir el número de muestras de gases en sangre arterial innecesarias, reduciendo costos institucionales, además de apoyar con un diagnóstico temprano de casos moderados y graves, ofreciendo un manejo y tratamiento oportuno. (41, 42)

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde diciembre del 2019, que es la fecha de inicio de la actual pandemia por SARS CoV2, la COVID-19; es un padecimiento que ha aquejado a casi la totalidad de la población mundial.

La forma de presentación de la enfermedad puede pasar desapercibida siendo un portador asintomático o puede presentarse con cuadros clínicos complicados, como neumonías severas con presencia de Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda, pudiéndose diagnosticar y clasificar a la enfermedad pulmonar a partir de una muestra de gases en sangre arterial, identificando de esta manera a los pacientes que pueden manejarse de manera ambulatoria y de manera intrahospitalaria a partir del cálculo de la relación  $PaO_2/FiO_2$ .

Haciendo hincapié en el diagnóstico, además de posteriores valoraciones de pacientes hospitalizados, se debe saber que no todos los hospitales cuentan con los recursos suficientes para realizar pruebas de gases en sangre arterial, la cual es una herramienta si bien muy útil, también demasiado cara, invasiva y que puede tener múltiples complicaciones.

Para lo anterior, se plantea la posibilidad de buscar alternativas como es el uso de un oxímetro de pulso para que de manera no invasiva se pueda apoyar el diagnóstico, la clasificación y posiblemente el seguimiento de los pacientes con Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda secundaria a COVID-19 utilizando de manera alternativa a la  $PaO_2/FiO_2$ , la relación  $SpO_2/FiO_2$ .

#### 4. JUSTIFICACIÓN

La oximetría de pulso es una técnica no invasiva y segura, útil para la monitorización de la saturación de O<sub>2</sub> arterial, siendo un método para la detección de hipoxia, la prevención de la hiperoxia, el destete de la ventilación mecánica y la titulación de FiO<sub>2</sub>.

Se ha considerado que el muestreo diario de sangre arterial para calcular la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> es un procedimiento invasivo que en ocasiones puede ser no factible o contraindicado, esto debido a múltiples factores, además de ser costoso. Haciendo referencia a lo anterior, la relación SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> se puede llegar a considerar un sustituto de la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> para diagnosticar y monitorizar el SDRA por COVID-19, siendo una técnica no invasiva, de bajo costo; que con base en la oximetría de pulso puede aplicarse a todo paciente de forma constante.

En estudios previos se ha demostrado una estrecha concordancia entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, reconociendo que la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> era un indicador eficiente y no invasivo de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> en paciente con lesión pulmonar aguda (ALI) o SDRA.

## 5. HIPÓTESIS

La relación  $SpO_2/FiO_2$  es igual de útil que la relación  $PaO_2/FiO_2$  en el diagnóstico y monitorización de pacientes con Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda por COVID-19 en el Servicio de Terapia Intensiva COVID-19.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1. Primario o general.

- Determinar la utilidad de la relación  $SpO_2/FiO_2$  como auxiliar diagnóstico y de monitoreo en pacientes con SDRA por COVID-19 en el Servicio de Terapia Intensiva COVID-19

### 6.2. Secundarios o específicos.

- Determinar la relación  $SpO_2/FiO_2$  a partir de la medición de la saturación periférica de oxígeno
- Determinar la  $PaO_2/FiO_2$  a partir de la medición de gases arteriales
- Establecer la correlación de los valores de la relación  $SpO_2/FiO_2$  con la relación  $PaO_2/FiO_2$
- Determinar la Sensibilidad de la relación  $SpO_2/FiO_2$  en el diagnóstico y monitorización de SDRA por COVID-19
- Determinar la Especificidad de la relación  $SpO_2/FiO_2$  en el diagnóstico y monitorización de SDRA por COVID-19
- Determinar el valor predictivo positivo de la relación  $SpO_2/FiO_2$  en el diagnóstico y monitorización de SDRA por COVID-19
- Determinar el valor predictivo negativo de la relación  $SpO_2/FiO_2$  en el diagnóstico y monitorización de SDRA por COVID-19
- Establecer la correlación de la  $SpO_2/FiO_2$  obtenida por oximetría con la  $SaO_2/FiO_2$  obtenida por gasometría.

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1. Tipo y diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional, analítico, transversal, retrospectivo.

### 7.2. Población

El presente estudio se elaboró tomando en cuenta los valores de la base de datos elaborada a partir de la revisión de expedientes de los pacientes que ingresaron al área de Terapia Intensiva COVID-19 del Hospital General de México en el periodo de tiempo del 01 de enero del 2021 al 31 de marzo del 2022.

### 7.3. Tamaño de la muestra

El tamaño de muestra para el presente trabajo se realizó a conveniencia.

Al ser un estudio retrospectivo el tamaño de muestra se puede calcular basado en coeficientes de correlación, tomando en consideración el coeficiente de correlación de Pearson para variables cuantitativas calculando una  $r=0.89$  tomada del artículo de Rice y colaboradores en el año 2007; donde se compara una población similar; por tal motivo se utilizó la siguiente fórmula: (44)

$$\bullet \quad n = \left[ \frac{(Z\alpha + Z\beta)}{0.5 \ln [(1+r)/(1-r)]} \right]^2 + 3$$

- $Z\alpha$ : 1.96 (si la seguridad es del 95%)
- $Z\beta$ : 0.86
- Ln: Logaritmo natural
- r: Coeficiente de correlación

Obteniendo una  $n= 2212$

## **7.4. Criterios de selección**

### **Criterios de inclusión:**

- Pacientes hospitalizados en el área de Terapia Intensiva COVID-19 del Hospital General de México en el periodo de tiempo del 01 de enero del 2021 al 31 de marzo del 2022.

### **Criterios de exclusión:**

- Pacientes con diagnóstico de Neumonía Bacteriana
- Pacientes con diagnóstico de Insuficiencia cardiaca descompensada y presencia de edema agudo pulmonar
- Pacientes con diagnóstico de enfermedad renal crónica con datos de sobrecarga hídrica a nivel pulmonar

### **Criterios de eliminación:**

- No aplica

## 7.5. Operacionalización de las variables a evaluar y forma de medirlas

Variable	Tipo	Definición Operacional	Escala de medición	Calificación
<b>SDRA</b>	Independiente	Serie de criterios por clasificación de Berlín que diagnostican síndrome de insuficiencia respiratoria del adulto	Cualitativa nominal	Sí/No
<b>Diagnóstico de SDRA por Berlín</b>	Dependiente	Serie de criterios que definen SIRA: Tiempo de evolución del cuadro, estudio de imagen pulmonar, origen del edema pulmonar y oxigenación: Sa <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> , PEEP igual o mayor de 5 cmH <sub>2</sub> O	Cualitativa nominal	Sí/No
<b>Clasificación de SDRA por Berlín (Acorde a PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>)</b>	Dependiente	Índice que resulta al dividir la PaO <sub>2</sub> tomada de la GASA entre FiO <sub>2</sub> tomada del ventilador, el cual se ordena de manera jerárquica acorde a valores	Cualitativa ordinal	- Leve: 200-300 - Moderado: 100-200 - Severo: Menos de 100
<b>Tiempo de evolución</b>	Dependiente	Tiempo de inicio del cuadro clínico o síntomas respiratorios nuevos o que empeoran	Cuantitativa continua	Días
<b>SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub></b>	Dependiente	Índice que resulta al dividir la SpO <sub>2</sub> tomada del monitor entre FiO <sub>2</sub> proporcionada	Cuantitativa continua	mmHg
<b>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub></b>	Independiente	Índice que resulta al dividir la SaO <sub>2</sub> tomada de la GASA entre FiO <sub>2</sub> proporcionada	Cuantitativa continua	mmHg
<b>Signos Vitales</b>	Dependiente	Signos Vitales al ingreso del paciente	Cuantitativa continua	FC FR PAS PAD PAM
<b>SpO<sub>2</sub></b>	Dependiente	Porcentaje de saturación de oxígeno registrado por oxímetro de pulso, tomado de monitor	Cuantitativa continua	%
<b>SaO<sub>2</sub></b>	Control	Porcentaje de saturación de oxígeno registrado por gasometría arterial	Cuantitativa continua	%
<b>Sexo</b>	Control	Características sexuales observadas en el sujeto de estudio	Cualitativa nominal	Hombre Mujer
<b>Edad</b>	Control	Años cumplidos al ingreso	Cuantitativa	Años cumplidos

## 7.6. Procedimiento (descripción de la obtención de la información y metodología requerida).

- Previa autorización y apoyo de autoridades locales, se realizó la recolección de información a partir de realización de una base de datos en formato de hoja de cálculo de Programa Windows Excel 2013, al hacer revisión de notas médicas de expedientes de pacientes que ingresaron al área de Terapia Intensiva COVID-19 del Hospital General de México en el periodo de tiempo del 01 de enero del 2021 al 31 de marzo del 2022.
- Análisis estadístico y descriptivo tanto para variables cualitativas y cuantitativas.
- Toma de gasometría arterial con jeringa preheparinizada, con predominio de punción radial de cualquier mano la cual se procesó en gasómetro ubicado en área de Terapia Intensiva COVID-19 del Hospital General de México
- Toma de oximetría de pulso de manera indistinta en cualquier dedo de las manos al momento del ingreso al área de Terapia Intensiva COVID-19 del Hospital General de México



## 7.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico descriptivo se realizó para las variables cualitativas por frecuencias y porcentajes y para las cuantitativas medidas de tendencia central.

Se realizó mediante estadística descriptiva considerando la relación  $SpO_2/FiO_2$  y la relación  $PaO_2/FiO_2$  como variables numéricas continuas, realizando selección de pruebas con correlación de Pearson. Posterior a lo cual se realizó un análisis de regresión lineal simple y se determinó la ecuación pronóstica de regresión.

Se realizó comparación de medias de resultados con t de Student para variables numéricas y prueba de Chi cuadrada para variables cualitativas. Y para determinar normalidad se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se calculó la sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativos, así como, la curva de ROC, para determinar la utilidad de la relación  $SpO_2/FiO_2$  como prueba diagnóstica, tomando como estándar de oro la relación  $PaO_2/FiO_2$ . Se consideró valores de p menores a 0.05 como estadísticamente significativos. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión v. 25.

## 7.8. Cronograma de actividades

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROYECTO DE TESIS</b>						
<b>Año</b>	<b>2023</b>					
<b>Actividades/ Mes</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio-Agosto</b>	<b>Septiembre/ Octubre</b>	<b>Noviembre</b>
<b>Elección de tema de tesis</b>	x					
<b>Elaboración de Protocolo de tesis</b> - Título de tesis - Justificación - Hipótesis - Objetivos - Metodología - Diseño	x	x				
<b>Presentación de protocolo</b>		x				
<b>Elaboración de marco teórico</b>		x				
<b>Revisión de base de datos</b>			x			
<b>Revisión de avances con asesores</b>			x			
<b>Análisis Estadístico</b>				x		
<b>Revisión de resultados</b>				x	x	
<b>Revisión final asesores</b>						x
<b>Entrega de tesis</b>						x

## **7.9. Aspectos éticos y de bioseguridad**

Los investigadores declaran no tener conflicto de intereses. Al manejar información retrospectiva, cumplimos con los aspectos éticos de privacidad y confidencialidad, además que la información se utilizará exclusivamente para fines académicos y de investigación.

## **7.10. Relevancia y expectativas**

De encontrarse una alta correlación de la  $PaO_2/FiO_2$  con la  $SpO_2/FiO_2$ , esta última se puede llegar a considerar un sustituto de la relación  $PaO_2/FiO_2$  para diagnosticar y monitorizar el SDRA por COVID-19, siendo una técnica no invasiva, de bajo costo; que con base en la oximetría de pulso puede aplicarse a todo paciente de forma constante; siendo una herramienta importante a usar en instancias hospitalarias de bajos recursos que no cuenten con gasómetros en sus instalaciones.

Esperando de primera instancia poder realizar el proyecto de tesis para titulación y posteriormente poder presentar los resultados en el Congreso Nacional de Medicina Crítica y poder realizar la publicación de un artículo.

## **7.11. Recursos disponibles**

Recursos humanos:

- Investigador principal: Elaborará el protocolo de tesis y marco teórico, revisará las notas de expedientes médicos, realizará la base de datos, el análisis de datos y la interpretación de datos en el periodo de tiempo de abril a octubre del año 2023.
- Primer asesor: realizará revisión de protocolo en el mes de junio del año 2023 y revisión final en el mes de octubre del año 2023.

- Segundo asesor: realizará revisión de protocolo en el mes de junio del año 2023 y revisión final en el mes de octubre del año 2023.
- Personal de residentes de Terapia Intensiva

Recursos materiales:

- Jeringas de Gasometría, Gasómetro, Torundas, Oxímetro de pulso, Laptop, paquete Office

Recursos financieros:

- Ninguno

#### **7.12. Recursos necesarios**

Recursos humanos:

- 1 Investigador principal
- 1 primer asesor
- 1 segundo asesor
- 20 residentes de Terapia Intensiva

Recursos materiales:

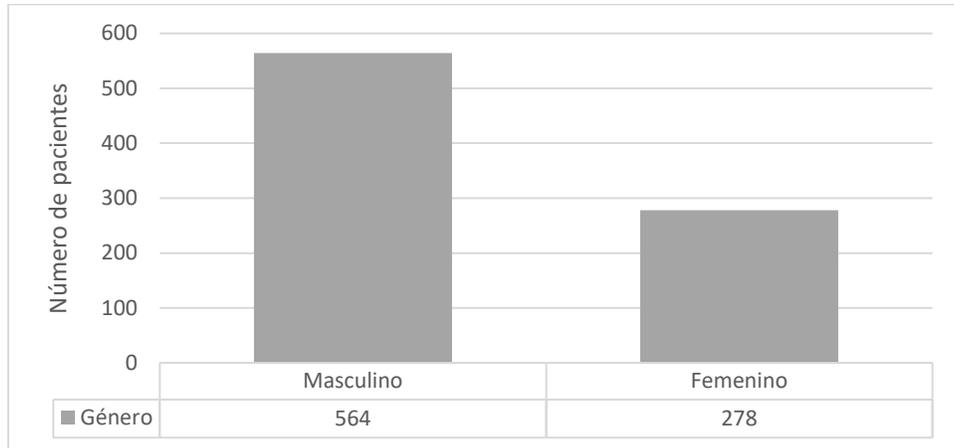
- 300 Jeringas de Gasometría
- 1 Gasómetro
- 300 Torundas
- 1 Oxímetro de pulso
- 1 Laptop
- 1 paquete Office

Recursos financieros:

- Ninguno

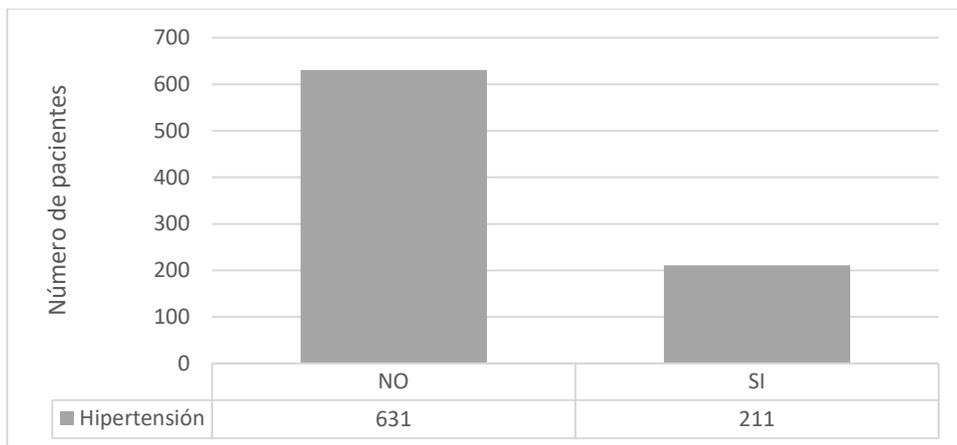
## 8. RESULTADOS

En el presente estudio se incluyó la muestra de 842 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, en un periodo comprendido del 01 de enero del 2021 al 31 de marzo del 2022, de los cuales 67% corresponden al género masculino y el resto 33% al femenino como se observa en la Figura 4.



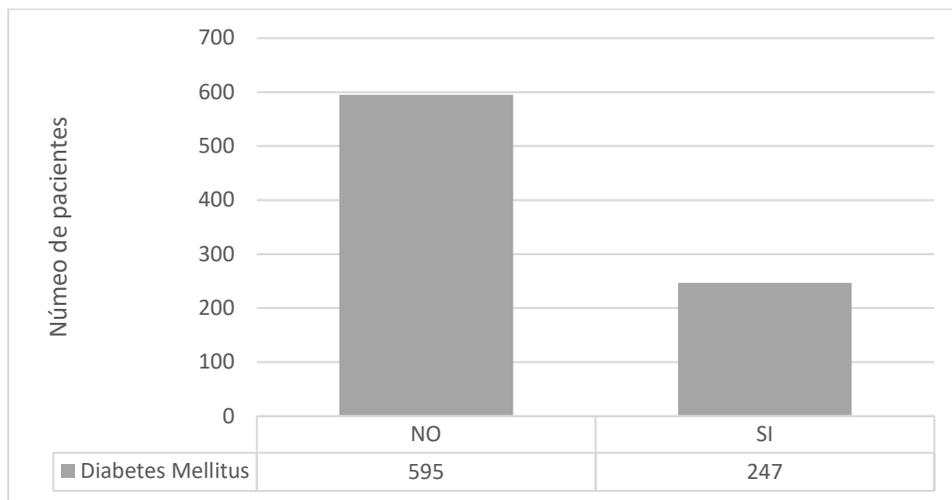
**Figura 4. Frecuencia de Género de pacientes con SDRA por COVID-19**

De todos los pacientes estudiados 25% presentaba el antecedente de Hipertensión Arterial Sistémica mientras que el 75% no. Figura 5



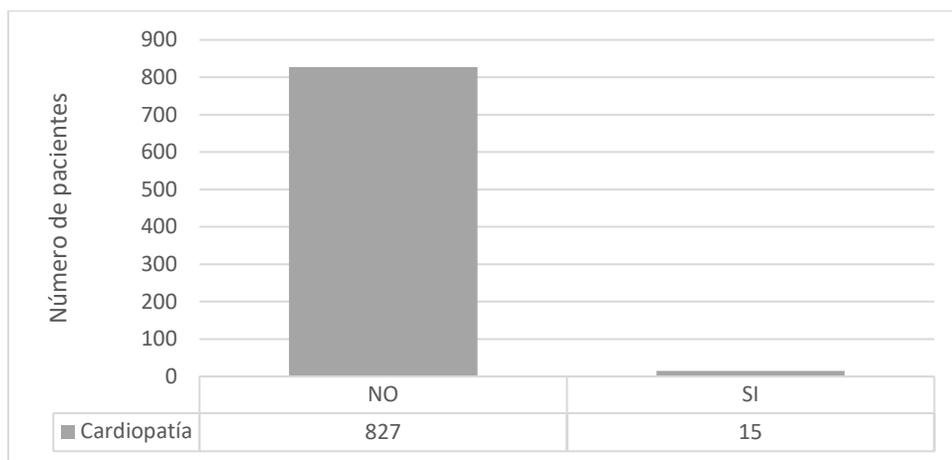
**Figura 5. Frecuencia de Hipertensión en pacientes con SDRA por COVID-19**

De todos los pacientes estudiados 30% presentaba el antecedente de Diabetes Mellitus considerando tipo 1 y tipo 2 indistintamente mientras que el 70% no. Figura 6



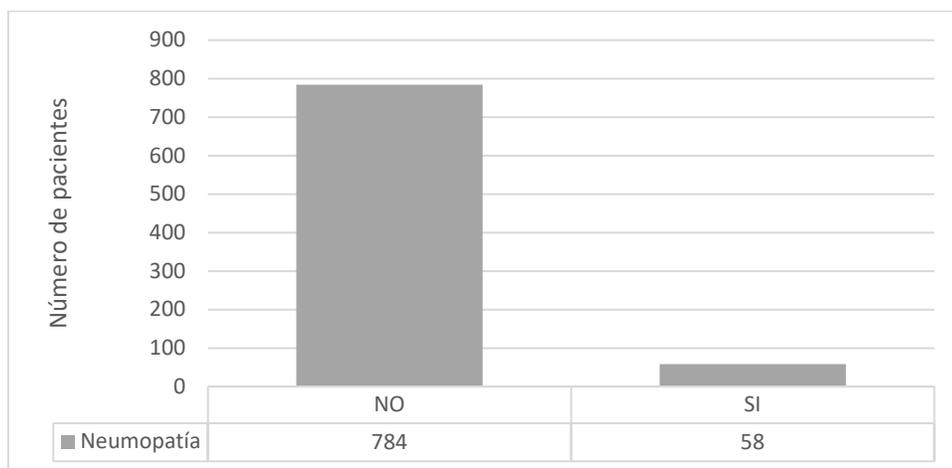
**Figura 6. Frecuencia de Diabetes Mellitus en pacientes con SDRA por COVID-19**

De todos los pacientes estudiados 2% presentaba el antecedente de Cardiopatía (no especificada en el interrogatorio de ingreso) mientras que el 98% no. Figura 7



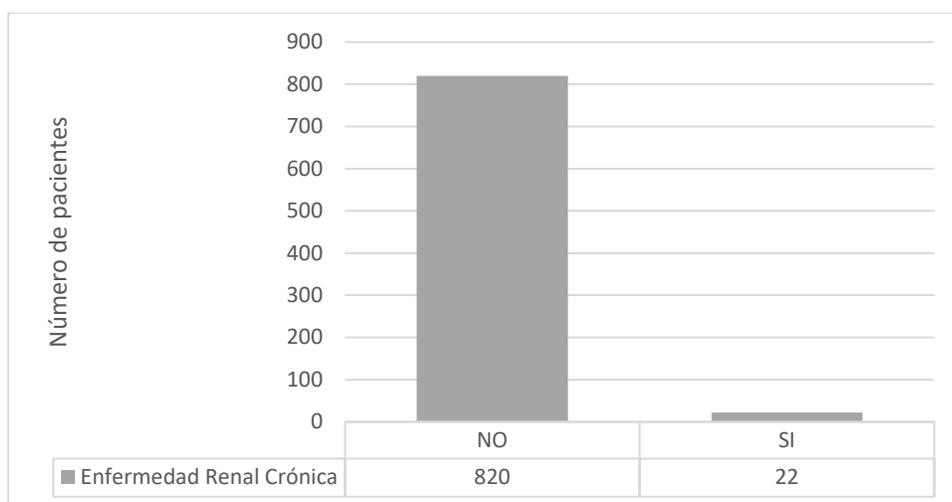
**Figura 7. Frecuencia de Cardiopatía en pacientes con SDRA por COVID-19**

De todos los pacientes estudiados 7% presentaba el antecedente de Neumopatía dentro de los que se consideró diagnóstico de EPOC, Bronquitis Crónica y Asma, mientras que el 93% no. Figura 8



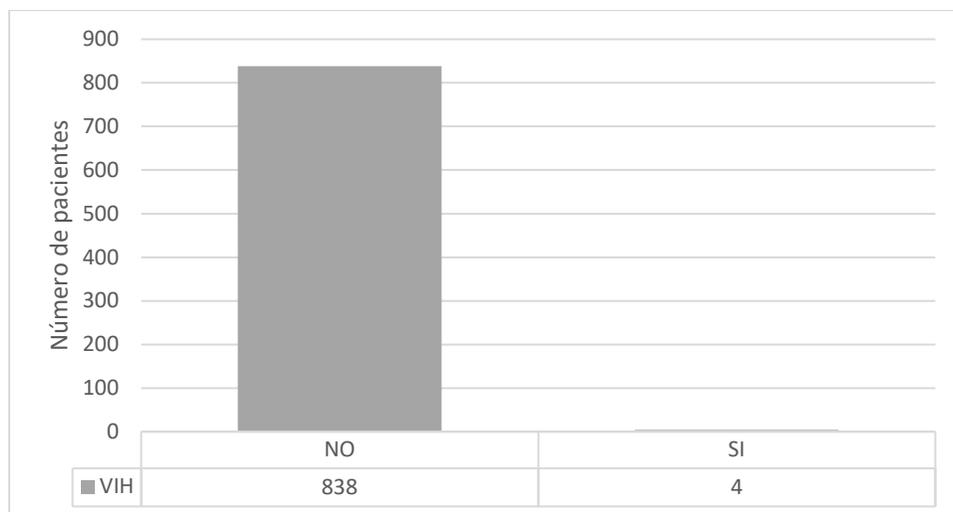
**Figura 8. Frecuencia de Neumopatía en pacientes con SDRA por COVID-19**

De todos los pacientes estudiados 3% presentaba el antecedente de Enfermedad Renal Crónica sin datos de sobrecarga a nivel pulmonar, mientras que el 97% no. Figura 9



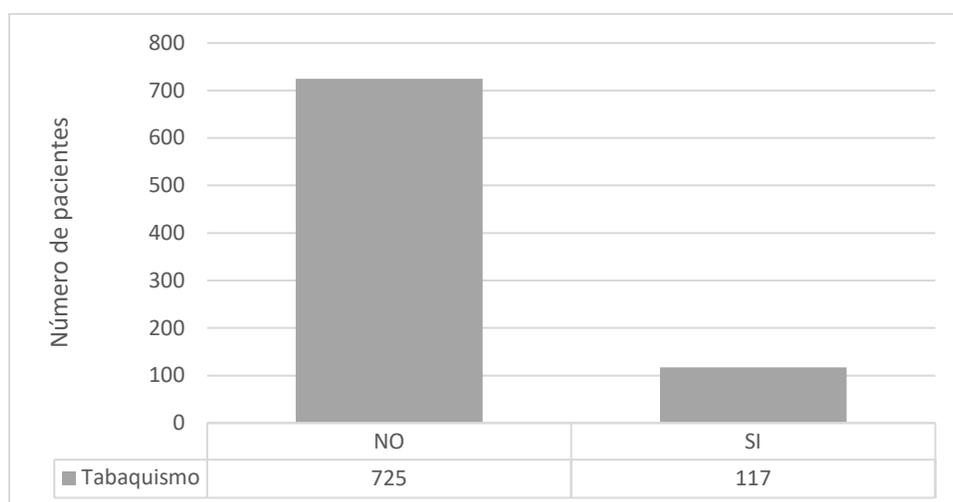
**Figura 9. Frecuencia de Enfermedad Renal Crónica en pacientes con SDRA por COVID-19**

De todos los pacientes estudiados 1% presentaba el antecedente de infección por Virus de Inmunodeficiencia Humana, mientras que el 99% no. Figura 10



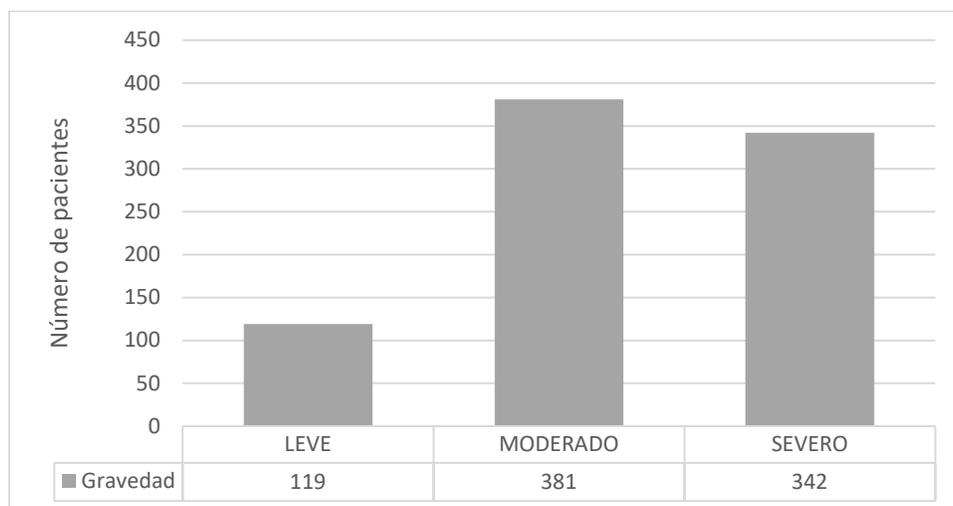
**Figura 10. Frecuencia de VIH en pacientes con SDRA por COVID-19**

De todos los pacientes estudiados 14% presentaba el antecedente de Tabaquismo, mientras que el 86% no. Figura 11



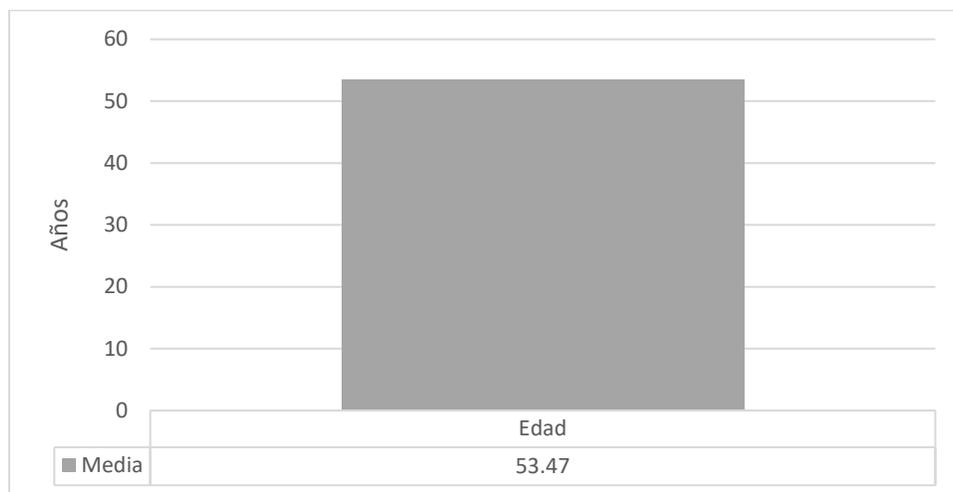
**Figura 11. Frecuencia de Tabaquismo en pacientes con SDRA por COVID-19**

De todos los pacientes estudiados con COVID-19 el 14% contaba con diagnóstico de ingreso por Criterios de Berlín de SDRA leve, el 45% diagnóstico de SDRA moderado y el 41% de SDRA severo. Figura 12



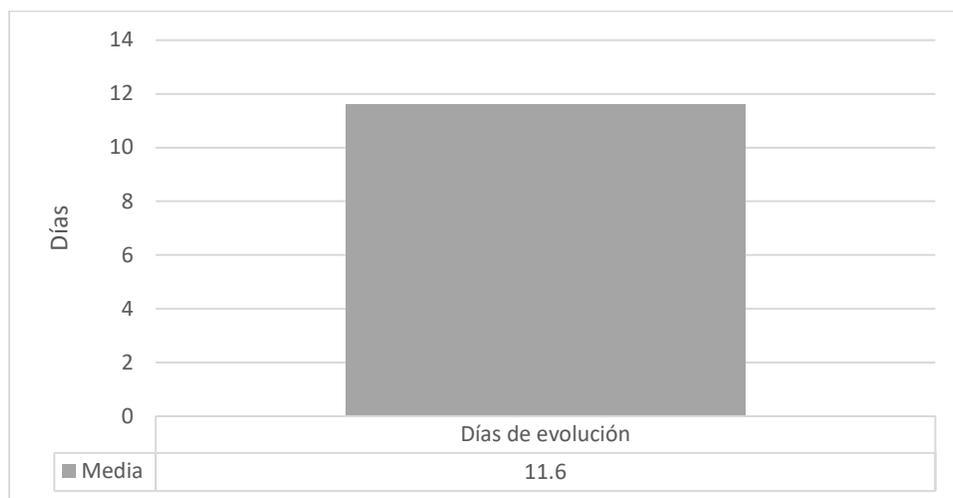
**Figura 12. Frecuencia de Gravedad en pacientes con SDRA por COVID-19**

El promedio de edad en años de los pacientes revisados fue de 53.4 años con desviación estándar de 13.8; con un mínimo de 22 años y un máximo de 90 años. Figura 13



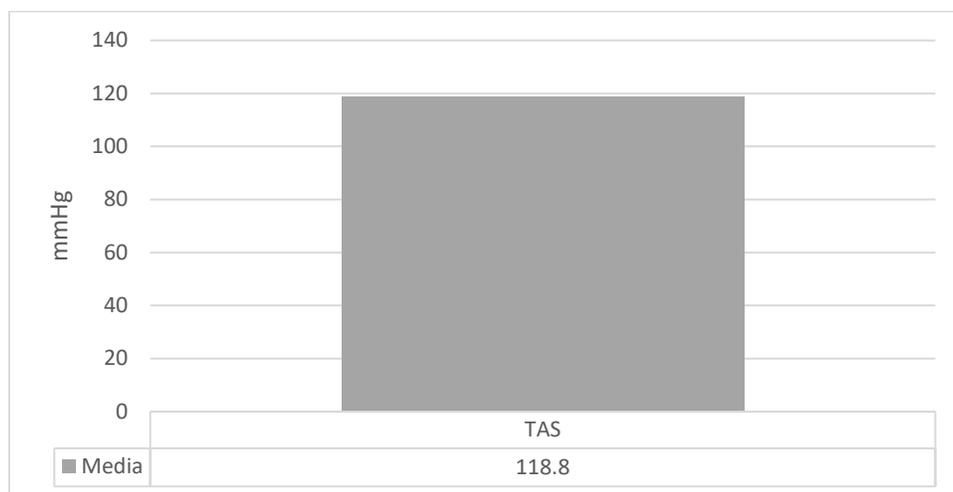
**Figura 13. Media de edad de pacientes con SDRA por COVID-19 (n=842).**

El promedio de días de evolución de los pacientes revisados fue de 11.6 días con desviación estándar de 7.5; con un mínimo de 1 y un máximo de 42 días. Figura 14



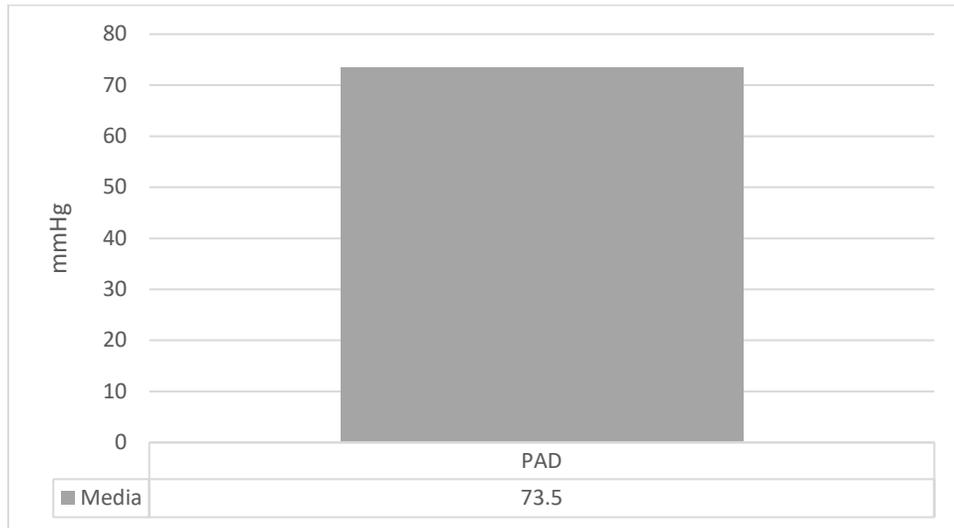
**Figura 14. Media de días de evolución (n=842).**

El promedio de Presión Arterial Sistólica de los pacientes revisados fue de 118.8 mmHg con desviación estándar de 18.0; con un mínimo de 60 y un máximo de 180 mmHG. Figura 15



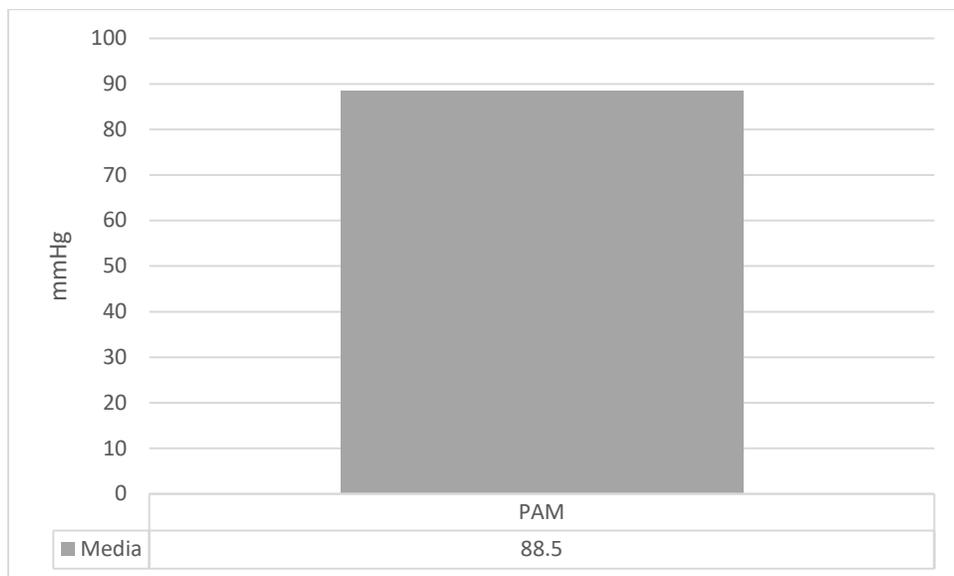
**Figura 15. Media de Presión Arterial Sistólica (n=842).**

El promedio de Presión Arterial Diastólica de los pacientes revisados fue de 73.5 mmHg con desviación estándar de 11.1 con un mínimo de 32 y un máximo de 130 mmHg. Figura 16



**Figura 16. Media de Presión Arterial Diastólica (n=842).**

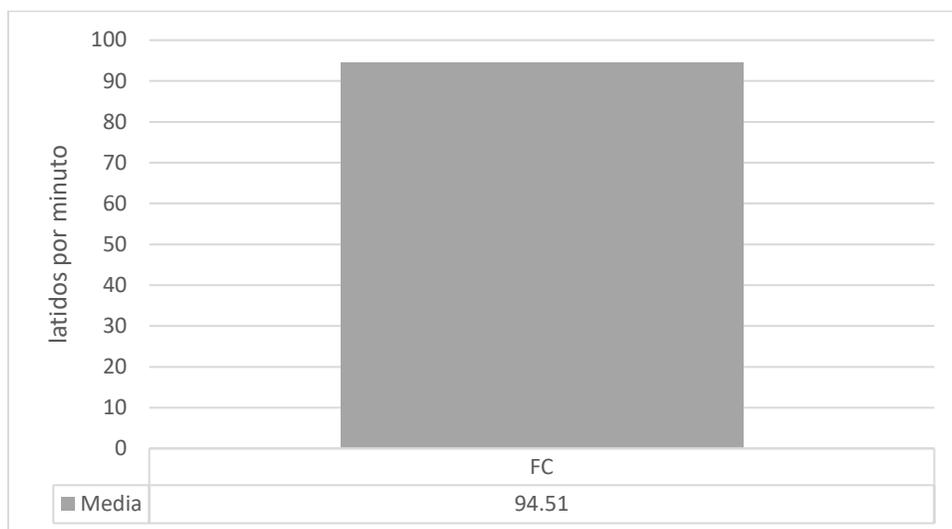
El promedio de Presión Arterial Media de los pacientes revisados fue de 88.5 mmHg, con un mínimo de 42 mmHg y un máximo de 146 mmHg. Figura 17



**Figura 17. Media de Presión Arterial Media (n=842).**

El promedio de Frecuencia Cardiaca de los pacientes revisados fue de 94 lpm con desviación estándar de 21.4 con un mínimo de 6 y un máximo de 145 lpm.

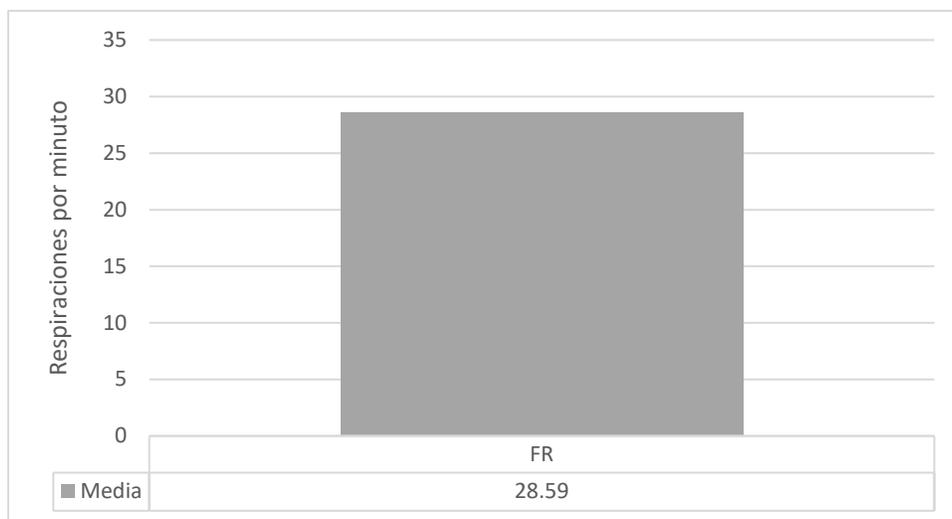
Figura 18



**Figura 18. Media de Frecuencia Cardiaca (n=842).**

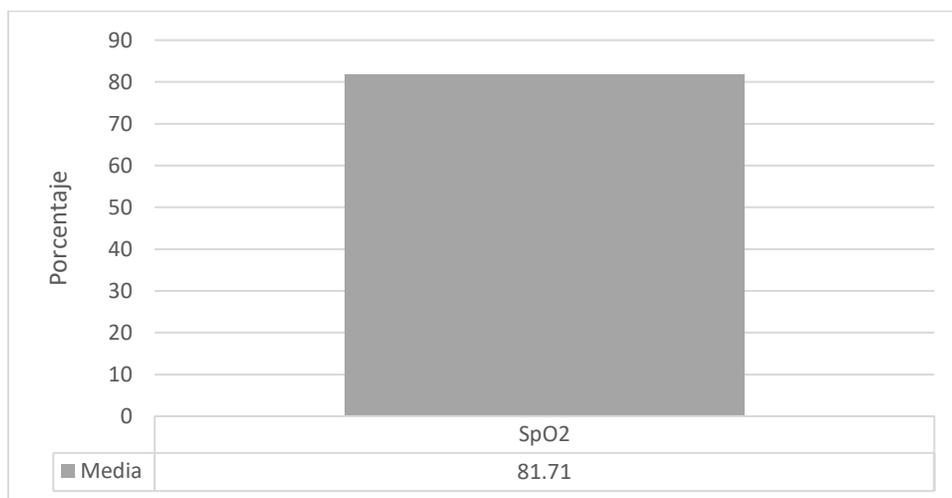
El promedio de Frecuencia Respiratoria de los pacientes revisados fue de 28.59 rpm con desviación estándar con un mínimo de 13 y un máximo de 60 rpm.

Figura 19



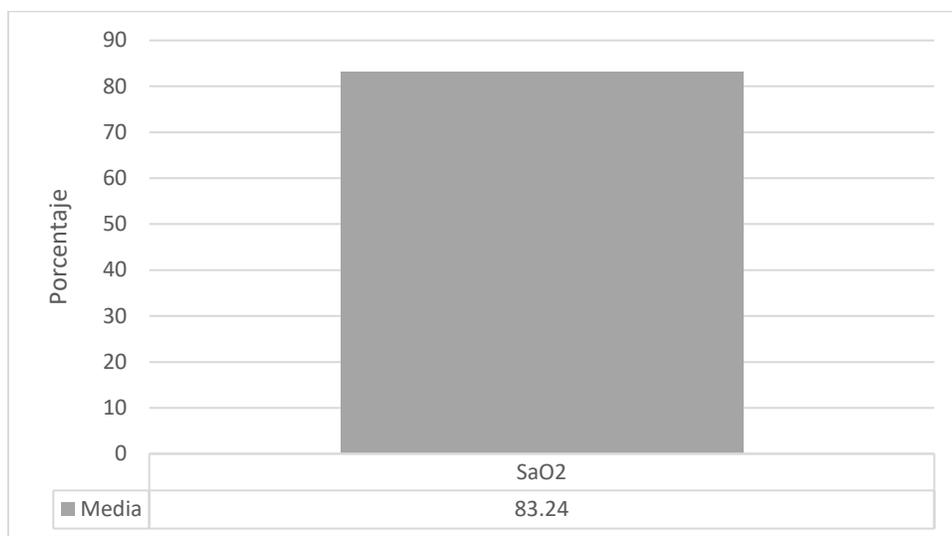
**Figura 19. Media de Frecuencia Respiratoria (n=842).**

El promedio de Saturación por oximetría de pulso de los pacientes revisados fue de 81.71 % con desviación estándar de 14, con un mínimo de 23 y un máximo de 100%. Figura 20



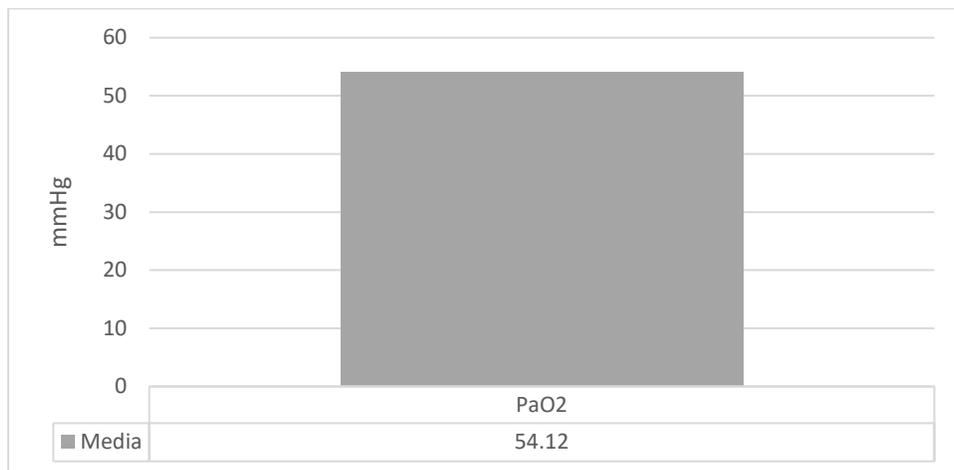
**Figura 20. Media de Saturación por Oximetría de pulso (n=842).**

El promedio de Saturación de Oxígeno por Gasometría Arterial de los pacientes revisados fue de 83.2% con desviación estándar de 12.4 con un mínimo de 30 y un máximo de 100%. Figura 21



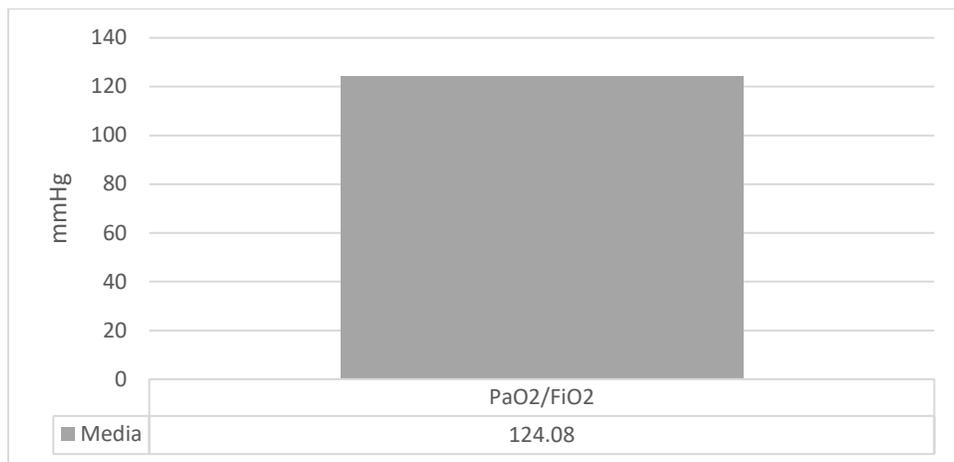
**Figura 21. Media de Saturación de Oxígeno por Gasometría Arterial (n=842).**

El promedio de Presión arterial Oxígeno por Gasometría Arterial de los pacientes revisados fue de 54.1 mmHg con desviación estándar de 17.7 con un mínimo de 11 y un máximo de 155 mmHg. Figura 22



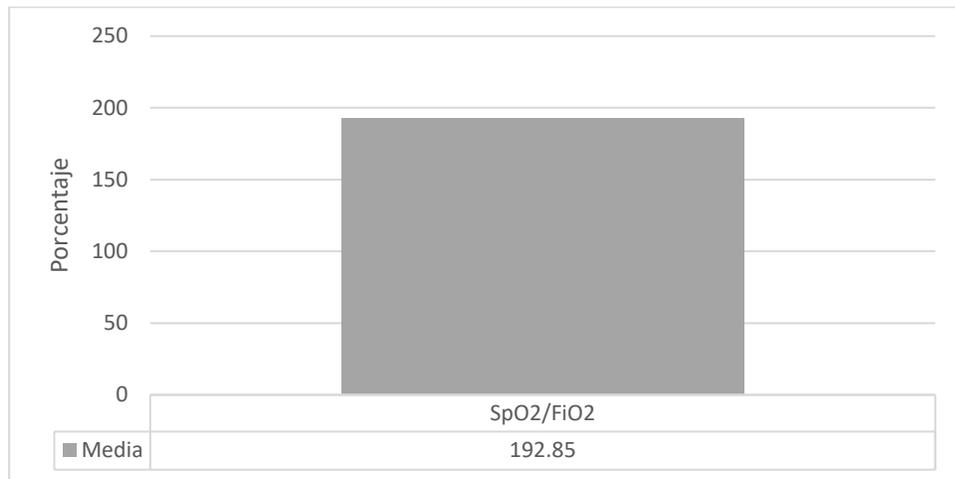
**Figura 22. Media de Presión Arterial de Oxígeno por Gasometría Arterial (n=842)**

El promedio de PaO2/FiO2 en los pacientes revisados fue de 124.0 mmHg con desviación estándar de 64.6 con un mínimo de 13 y un máximo de 286 mmHg. Figura 23



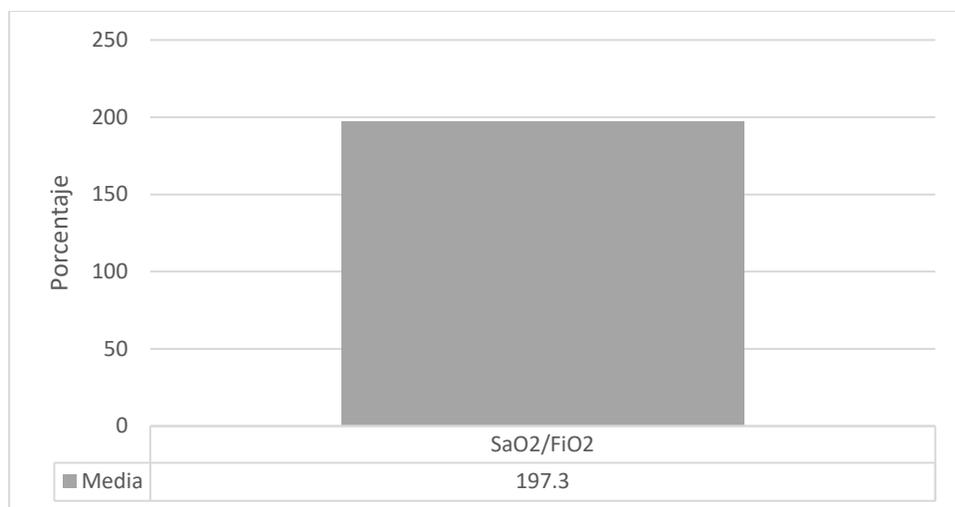
**Figura 23. Media de PaO2/FiO2 (n=842).**

El promedio de SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> en los pacientes revisados fue de 192.85 con desviación estándar de 101.5 con un mínimo de 23 y un máximo de 448. Figura 24



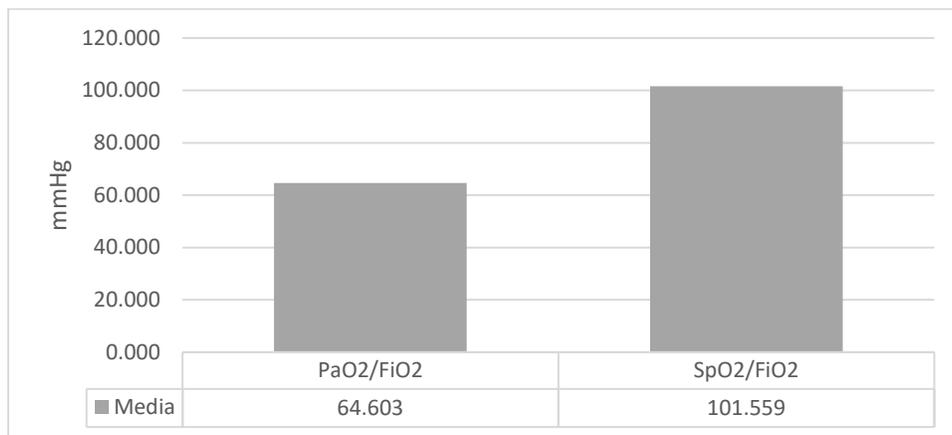
**Figura 24. Media de SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (n=842).**

El promedio de SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> en los pacientes revisados fue de 197.3 con desviación estándar de 104.6 con un mínimo de 30 y un máximo de 452 %. Figura 25



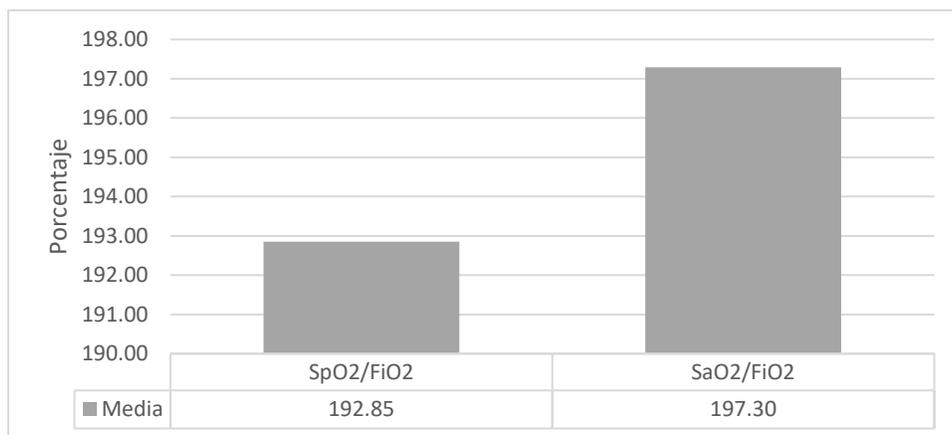
**Figura 25. Media de SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (n=842).**

Al realizar la comparación de medias de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con prueba t de student, se encuentran varianzas distintas observándose diferencia significativa de medias con una desviación estándar para PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 64.6 y para SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 101.5. Figura 26.



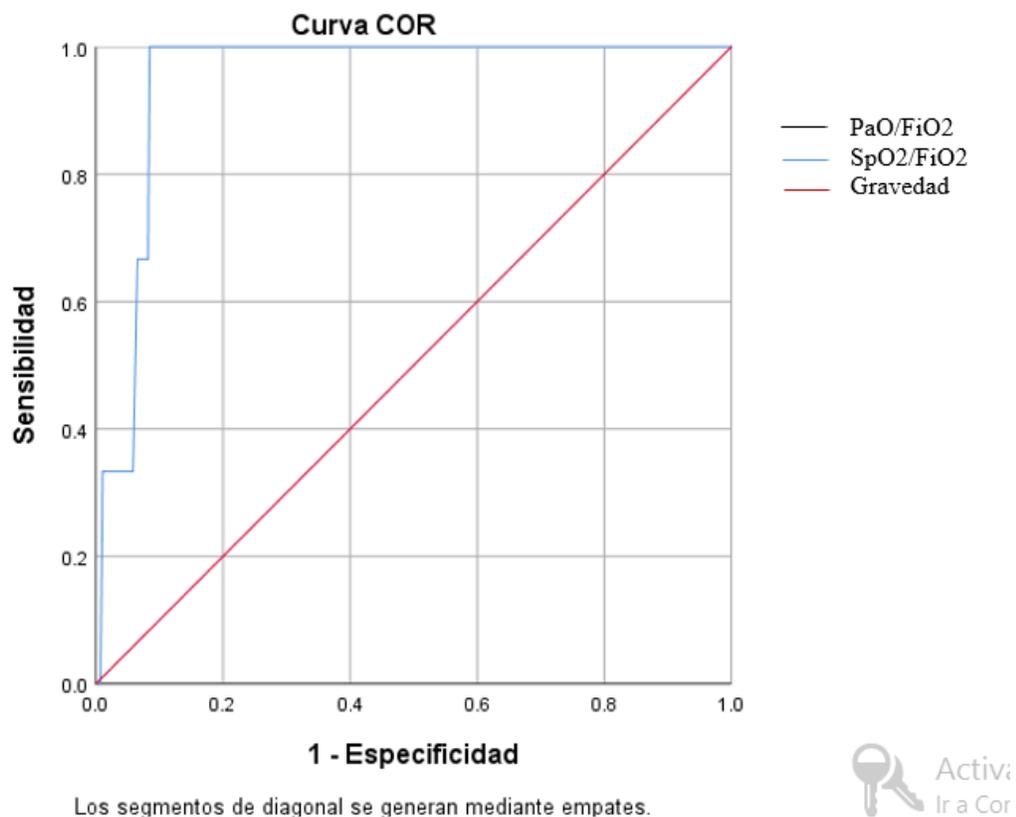
**Figura 26. Comparación de medias de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con prueba t de student (n=842).**

Al comparar las medias de SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la prueba t de student se encuentran varianzas iguales sin mostrar diferencia significativa con una p= 0.001, con desviación estándar para SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 101.5 y para SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 104.6. Figura 27.



**Figura 27. Comparación de medias de SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con prueba t de student (n=842).**

Al analizar la Tabla de Curva ROC entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> tomada como el Gold Estándar y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> como variable a comparar, con un Área Bajo la Curva de 0.949 (IC 95%, 0.911 - 0.986, p = 0.01); con una Sensibilidad de 100% y una Especificidad de 91.5%; Valor Predictivo Positivo= 0.92 y un Valor Predictivo Negativo= 1.0. Figura 28.



**Figura 28. Curva ROC entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>-SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>**

Coeficiente de correlación de Pearson, entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, con la cual se obtiene la ecuación de regresión lineal:

$$\text{SpO}_2/\text{FiO}_2 = 1.3908 (\text{PaO}_2/\text{FiO}_2) + 20.291; r = 0.7827$$

Figura 29.

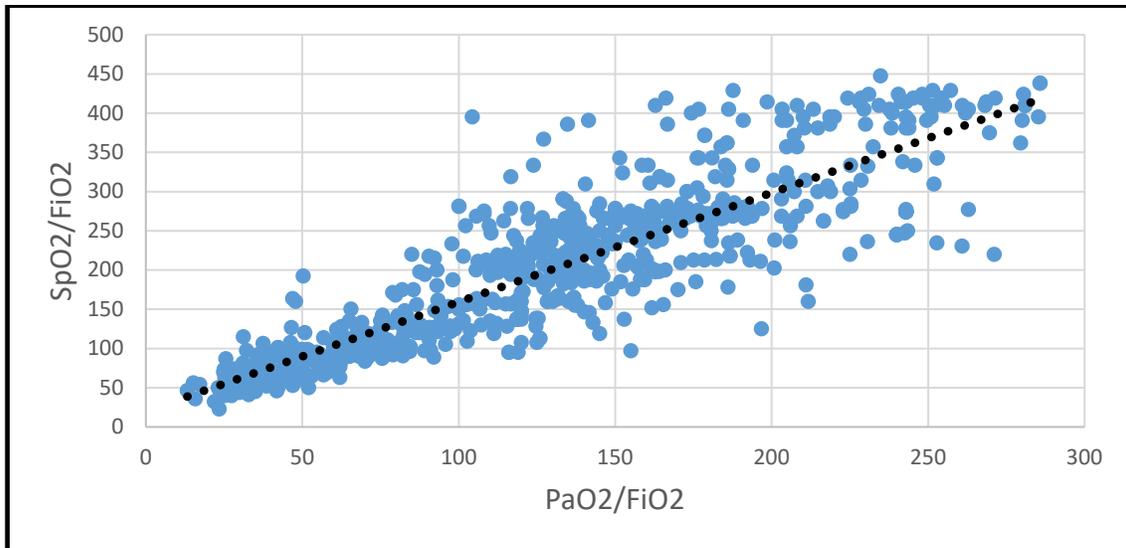


Figura 29. Gráfica de Coeficiente de correlación de Pearson, entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, con la cual se obtiene la ecuación de regresión lineal.

Tabla 6. Propuesta de Jonathan Ruiz Ruiz para modificación de Clasificación de SDRA por SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>

Clasificación	Berlín PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	Modificación
Severo	< 100	< 160
Moderado	100-200	160-300
Leve	200-300	300-440

Propuesta de Jonathan Ruiz Ruiz para modificación de Clasificación de SDRA por SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>. Tabla 6.

**Tabla 7. Correlación de Pearson entre la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y la SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>.**

PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	SaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>
	r= 0.885	r= 0.878
	<i>p</i> < 0.001	<i>p</i> < 0.001

En la población estudiada se demostró una correlación muy buena entre la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> obtenida con un oxímetro de pulso y la SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> obtenida en una gasometría arterial, ambas estadísticamente significativas. Tabla 7

**Tabla 8. Correlación de Pearson entre la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y la SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>.**

SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	SaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>
	r= 0.997
	<i>p</i> < 0.001

En la población estudiada se demostró una correlación muy buena entre la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> obtenida con un oxímetro de pulso y la SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> obtenida en una gasometría arterial, estadísticamente significativa. Tabla 8

**Tabla 9. Correlación de Pearson entre la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la Gravedad de SDRA por COVID-19.**

PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	Gravedad
	r= -0.939
	<i>p</i> < 0.001

En la población estudiada se demostró una correlación inversa muy buena entre la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la Gravedad de SDRA por COVID-19, con una *p* < 0.001. Tabla 9

**Tabla 10. Correlación de Pearson entre la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la Gravedad de SDRA por COVID-19.**

SpO <sub>2</sub> FiO <sub>2</sub>	Gravedad
	r= - 0.865
	p < 0.001

En la población estudiada se demostró una correlación inversa muy buena entre la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la Gravedad de SDRA por COVID-19, siendo estadísticamente significativa con una  $p < 0.001$ . Tabla 10.

## 9. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se encontró que el diagnóstico de SDRA por sexo secundario a COVID-19 de cualquier grado es más común en los hombres siendo el 67% de los 842 pacientes estudiados, como se observa en la Figura 4, encontrándose un promedio de edad en la población de 53.47 años, lo que se puede corroborar en la Figura 13. Lo anterior concuerda con uno de los primeros reportes dados en el país de origen de la pandemia en China por parte de Wang D. y colaboradores con mínimas variaciones en los resultados a comparar, quienes en su estudio de 138 pacientes hospitalizados, la mediana de edad fue de 56 años y 75 (54,3%) eran hombres. (14)

Dentro del análisis de comorbilidades de los pacientes estudiados, se encontró que la Diabetes Mellitus es la comorbilidad que más se presentó en la población estudiada con el 30% de los casos, seguida de la Hipertensión Arterial Sistémica con el 25%, después con el 14% por Tabaquismo; posteriormente se encuentran Neumopatía con el 7%, Enfermedad Renal Crónica con 3%; algún tipo de Cardiopatía con 2% y finalmente VIH con 1%; todo lo cual puede corroborarse en las Figuras 5-11. Los anteriores resultados varían respecto a la literatura donde la mayoría de los estudios reportan a la Hipertensión Arterial Sistémica como la principal comorbilidad presente en los pacientes hospitalizados por SDRA por COVID-19 seguida de la Diabetes Mellitus y posteriormente Cardiopatías y Enfermedad Renal Crónica, como lo reportan Parra G. y colaboradores en su estudio. (45)

En cuanto a los días de evolución promedio previo a la hospitalización en la población estudiada fue de 11.6 días (Figura 14), lo que contrasta con lo reportado por Zhou F. y colaboradores quienes en su estudio de principios del año 2020 refieren un promedio de 22 días de evolución previo a la hospitalización; esto debido quizá a la falta de información por la reciente pandemia en ese momento; (13) concordando un poco más con lo reportado por Wang D. y

colaboradores quienes reportan una media de 8 días del inicio de síntomas al ingreso a hospitalización por SDRA; no siendo de esta manera la media de signos vitales reportando una Presión Arterial Media de 68 mmHg y una PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 136 mmHg, lo que contrasta con los resultados encontrados en la población estudiada en la cual se encuentra un promedio de Presión Arterial Media de 88.5 mmHg y una PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 124 mmHg (14); reportándose también las medias de Presión Sistólica de 118 mmHg, Presión Arterial Diastólica de 73 mmHG, FC de 94 lpm, Frecuencia Respiratoria de 28 rpm, Saturación por oximetría de pulso de 81%, Presión Arterial de Oxígeno de 54%, y unas relaciones de SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 192 y SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 197. (Figuras 14-25)

Analizando la gravedad al ingreso hospitalario de la población estudiada se encontró que el 14% presentaron un SDRA por COVID-19 leve, 45% moderado y 41% severo, lo que puede observarse en la Figura 12; refiriendo como mayor población hospitalizada a los pacientes con gravedad moderada; lo que concuerda con lo encontrado por Santus P. y colaboradores quienes reportan de un total de pacientes hospitalizados al 61.8% con datos SDRA refiriendo al 24.4% como leve, al 21.9% moderado y al 15.5% severo. (46)

Al realizar el análisis de correlación entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> obtenida con un oxímetro de pulso, se encontró una excelente correlación entre ambas con una  $r = 0.885$  y una  $p < 0.001$  (Tabla 7); lo cual ya había sido demostrado anteriormente desde el 2007 por Rice T. y colaboradores quienes también encontraron una excelente correlación entre ambas  $r = 0,89$  y una  $p < 0,0001$ , con lo que dieron pie a la propuesta de utilizar la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> como una herramienta diagnóstica alternativa a la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>. (1)

En la población estudiada se demostró una correlación inversa muy buena entre la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la Gravedad de SDRA por COVID-19, con una  $p < 0.001$  (Tabla 9). Lo que concuerda con lo establecido por el consenso de Berlín publicado en 2012 por Ranieri V. y colaboradores donde se establece que a menor PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>

mayor gravedad de SDRA. (9)

De igual manera en la población estudiada se demostró una correlación inversa muy buena entre la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la Gravedad de SDRA por COVID-19 con una  $p < 0.001$  (Tabla 10). Lo que concuerda con los criterios de Kigali propuestos en 2016 por Riviello E. y colaboradores donde se establece que a menor SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> mayor gravedad de SDRA. (27)

Al comparar SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> con la prueba t de student, se encuentran medias iguales sin diferencia significativa ( $p < 0.001$ ) refiriendo una similitud casi exacta (Figura 27), además de encontrarse un alto índice de correlación  $r=0.997$   $p < 0.001$  (Tabla 8); lo cual ya ha sido sustentando anteriormente un ejemplo siendo la Sociedad Americana de Tórax donde se refiere el rango de 2% de variabilidad de la SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> respecto a la SaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>. (40)

Al analizar la Tabla de Curva ROC (Figura 28) entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (con valores de 0-300) tomada como el Gold Estándar y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> (con valores 0-440) como variable a comparar, se obtuvieron excelentes resultados con una Sensibilidad de 100% y una Especificidad de 91.5%, con un Área Bajo la Curva de 0.949 (IC 95%, 0.911 - 0.986,  $p = 0.01$ ); con un Valor Predictivo Positivo= 0.92 y un Valor Predictivo Negativo= 1.0 (Figura 28). Lo anterior coincidiendo con lo reportado por Rice T. y colaboradores con valores umbral de la relación SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de 235 y 315 los cuales dieron como resultado una sensibilidad del 85% con una especificidad del 85% y una sensibilidad del 91% con una especificidad del 56%, respectivamente, para las relaciones PaO<sub>2</sub>/FiO de 200 y 300 respectivamente. (1)

Al analizar el coeficiente de correlación de Pearson, entre PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, se obtuvo una ecuación de regresión lineal (Figura 29) siendo  $SpO_2/FiO_2 = 1.3908 (PaO_2/FiO_2) + 20.291$ ; con un coeficiente de correlación muy bueno ( $r= 0.7827$ ); siendo esta ecuación diferente a la reportada por parte de Rice T. y colaboradores en 2007 ( $SpO_2/FiO_2 = 68 + 0.84 (PaO_2/FiO_2)$ )

( $r = 0.82$ ); además de encontrarse valores distintos a los cortes de gravedad de SDRA reportados por ellos y considerando a la  $PaO_2/FiO_2$  como Gold Estándar (Severo:  $PaO_2/FiO_2 < 100$ , Moderado:  $PaO_2/FiO_2 < 200$  y Leve:  $PaO_2/FiO_2 < 300$ ); siendo los valores encontrados por Rice T. y colaboradores los siguientes; SDRA Severo:  $SpO_2/FiO_2 < 155$ , Moderado:  $SpO_2/FiO_2 < 235$ , Leve:  $SpO_2/FiO_2 < 315$ ; los cuales difieren con los encontrados en el presente estudio que son SDRA Severo:  $SpO_2/FiO_2 < 160$ , Moderado:  $SpO_2/FiO_2 < 300$  Leve:  $SpO_2/FiO_2 < 440$ . Sin embargo los resultados de este estudio son muy similares a un estudio previo realizado también en México por Mouret y colaboradores en 2019 en el Hospital General de la Villa encontrándose los valores para SDRA Severo:  $SpO_2/FiO_2 < 160$ , Moderado:  $SpO_2/FiO_2 < 310$  Leve:  $SpO_2/FiO_2 < 460$ ; estos últimos muy similares a los del presente estudio con única diferencia de la cantidad de población estudiada que en nuestro trabajo fue de 842 pacientes y la de Mouret y colaboradores fue de 34 pacientes; lo anterior da pauta a indagar que los valores establecidos en el presente trabajo son más fidedignos que los encontrados en 2019 considerando el tamaño de su muestra; y dada la similitud entre ambos, pudiera proponerse tomarlos en cuenta para el diagnóstico de SDRA en población mexicana, ya que ambos estudios fueron realizados en instancias hospitalarias de México, pudiendo ser esto último la discrepancia con los valores encontrados por Rice T. y colaboradores quienes realizaron su estudio en otro tipo de población. (1, 9, 25, 27)

## 10. CONCLUSIONES:

En el contexto de la pandemia por COVID-19 es indispensable encontrar herramientas viables para el diagnóstico de gravedad de SDRA, además de la valoración de evolución continua de los pacientes hospitalizados, tomando en consideración que es una patología que aqueja con mayor predominio a la población masculina en edad adulta altamente productiva.

En el presente trabajo se comparó la utilidad de la relación  $SpO_2/FiO_2$ , una herramienta viable, de fácil acceso y uso, como alternativa a la relación  $PaO_2/FiO_2$ , la cual puede tener inconvenientes como costo, y eventos adversos para obtenerla; encontrándose que la relación  $SpO_2/FiO_2$  tiene un coeficiente de correlación significativa a la relación  $PaO_2/FiO_2$ , por lo que la se puede recomendar su uso para el diagnóstico y monitorización de SDRA por COVID-19, además de demostrarse una alta Sensibilidad, Especificidad y valores Predictivos Positivo y Negativo que avalan su uso y aplicación.

Se elaboró una propuesta de valores con cortes para estadificar la gravedad de SDRA por COVID-19, que concuerdan con la bibliografía previa, por lo que se confirma la aplicabilidad del uso de la  $SpO_2/FiO_2$  como herramienta diagnóstica y de monitoreo.

Se encontró también excelente concordancia de la  $SpO_2/FiO_2$  con la  $SaO_2/FiO_2$  para el diagnóstico y monitoreo de SDRA por COVID-19 siendo indistinta su aplicación.

## 11.REFERENCIAS

- 1.- Rice T, Wheeler A, Bernard G, Hayden D, Schoenfeld D, Ware L. Comparison of the SpO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> Ratio and the PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> Ratio in Patients With Acute Lung Injury or ARDS. CHEST. 2007; 132:410–417.
- 2.- Lobete C, Medina A, Rey C, Mayordomo-Colunga J, Concha A, Menéndez S. Correlation of oxygen saturation as measured by pulse oximetry/fraction of inspired oxygen ratio with PaO<sub>2</sub>/fraction of inspired oxygen ratio in a heterogeneous sample of critically ill children. Journal of Critical Care. 2013; 28: 538
- 3.- Bilan N, Dastranji A, Behbahani A. Comparison of the Spo<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> Ratio and the Pao<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> Ratio in Patients With Acute Lung Injury or Acute Respiratory Distress Syndrome. J Cardiovasc Thorac Res. 2015; 7(1):28-31.
- 4.- Dewi L, Chairul Y, Hakimi, Munar L. Comparison of SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> and PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratios as markers of acute lung injury. Paediatr Indones. 2017; 57:30-4.
- 5.- Thompson B, Chambers R, Liu K. Acute Respiratory Distress Syndrome. Engl J Med. 2017; 377:562-72.
- 6.- Huppert L, Matthay M, Ware L. Pathogenesis of Acute Respiratory Distress Syndrome. Semin Respir Crit Care Med. 2019; 40(1): 31–39.
- 7.- Ashbaugh D, Bigelow D, Petty T, Levine B. Acute respiratory distress in adults. Lancet 1967; 2:319–323.
- 8.- Bernard G, Artigas A, Brigham K, Carlet J, Falke K, Hudson L, et al. Thoracic SoG-The American European Consensus Conference on ARDS definitions, mechanisms. Am J Respir Crit Care Med. 1994; 149: 818-24.

- 9.- Ranieri V, Rubenfeld G, Thompson B, Ferguson N, Caldwell E, Fan E, et al. Acute Respiratory Distress Syndrome The Berlin Definition. *JAMA*. 2012; 307(23): 2526-2533.
- 10.- Schmidt M, Gernand J, Kakarala R. The Use of SF Ratio in an Automated ARDS Screening Tool. *Journal of Critical Care*. 2015; 30 (3): 486-490.
- 11.- Giwa A, Desai A, Duca A. Novel 2019 Coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19): An Overview for Emergency Clinicians. *Emergency Medicine*. 2020; 22(5): 1-24.
- 12.- Wang L, Wang Y, Ye D, Liu Q. Review of the 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2) based on current evidence. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 2020; 55: 1-7.
- 13.- Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2020: 1-10.
- 14.- Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J, Wang B et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus–Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020; 323(11):1061-1069.
- 15.- Dhont S, Derom E, Van Braeckel E, Depuydt P, Lambrecht B. The pathophysiology of 'happy' hypoxemia in COVID-19. *Respiratory Research*. 2020; 21:198.
- 16.- Cheng F, Zhang Y. *The Clinical Diagnosis and Treatment for New Coronavirus Pneumonia*. Springer. 2020. China. 1-170.
- 17.- O'Driscoll B, Howard L, Earis J, Mak V, Bajwah S, Beasley R et al. BTS Guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *Thorax*. 2017; 72:1–90.

- 18.- Brown S, Grissom C, Moss M, Rice T, Schoenfeld D, Hou P et al. Nonlinear Imputation of PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> From SpO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> Among Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. CHEST 2016; 150(2):307-313.
- 19.- Srinivasan R, Flori H. Noninvasive measurements of oxygenation defect in children: Beyond research toward clinical prevention and therapeutics. Crit Care Med 2012 Vol. 40, No. 4: 1836-1837.
- 20.- Festic E, Bansal V, Kor D, Gajic O. SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> Ratio on Hospital Admission Is an Indicator of Early Acute Respiratory Distress Syndrome Development Among Patients at Risk. Journal of Intensive Care Medicine. 2013; XX(X): 1-8.
- 21.- Levitt J, Bedi H, Calfee C, Gould M, Matthay M. Identification of Early Acute Lung Injury at Initial Evaluation in an Acute Care Setting Prior to the Onset of Respiratory Failure. Chest. 2009; 135(4): 936–943.
- 22.- Spada C, Gandhi R, Patel S, Nuccio P, Weinhouse G, Lee P. Oxygen saturation/FiO<sub>2</sub> ratio is a simple predictor of noninvasive positive pressure ventilation failure in critically ill patients. J Crit Care. 2011; 26(5): 510–516.
- 23.- Sanz F, Dean N, Dickerson J, Jones B, Knox D, Fernández-Fabrellas E et al. Accuracy of PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> calculated from SpO<sub>2</sub> for severity assessment in ED patients with pneumonia. Respirology. 2015; 20:813–818.
- 24.- Van de Louw A, Cracco C, Cerf C, Harf A, Duvaldestin P, Lemaire F, rochard L. Accuracy of pulse oximetry in the intensive care unite. Intensive Care Medicine. 2001; 27: 1606-1613.
- 25.- Mouret U, Mendoza M, López A, Cortés A. Comparación de criterios de Berlín vs Kigali para diagnóstico del síndrome de insuficiencia respiratoria aguda. Med Crit. 2019; 33(5):221-232.

- 26.- Bein T. From Berlin to Kigali: the sobering journey of acute respiratory distress syndrome. *J Thorac Dis.* 2016; 8(5):282-284.
- 27.- Riviello E, Kiviri, Twagirumugabe W, Mueller A, Banner-Goodspeed V, Officer L et al. Hospital Incidence and Outcomes of the Acute Respiratory Distress Syndrome Using the Kigali Modification of the Berlin Definition. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016; 193(1): 52–59.
- 28.- Khemani R, Patel N, MD, Bart R, Newth C. Comparison of the Pulse Oximetric Saturation/Fraction of Inspired Oxygen Ratio and the Pao<sub>2</sub>/Fraction of Inspired Oxygen Ratio in Children. *CHEST.* 2009; 135:662-668.
- 29.- Khemani R, Thomas N, MD, Venkatachalam V, Scimeme J, Berutti T, Schneider J, Ross P, Willson D, Hall M, Newth C. Comparison of SpO<sub>2</sub> to PaO<sub>2</sub> based markers of lung disease severity for children with acute lung injury. *Crit Care Med.* 2012; 40:1309-1316.
- 30.- Severinghaus J. Simple, accurate equations for human blood O<sub>2</sub> dissociation computations. *J. Appl. Physiol.* 1979; 46: 599-602.
- 31.- Ellis R. Determination of PO<sub>2</sub> from saturation. *J. Appl. Physiol.* 1989; 67: 902.
- 32.- Lazzeri C, Peris A. The Kigali modification of the Berlin definition: a new epidemiological tool for ARDS? *J Thorac Dis* 2016; 8(6):443-445.
- 33.- Riviello E, Buregeyac E, Twagirumugabe T. Diagnosing acute respiratory distress syndrome in resource limited settings: the Kigali modification of the Berlin definition. *Curr Opin Crit Care.* 2017; 23:18–23.
- 34.- Chen W, Janz D, Shaver C, Bernard G, Bastarache J, Ware L. Clinical Characteristics and Outcomes Are Similar in ARDS Diagnosed by Oxygen Saturation/Fio<sub>2</sub> Ratio Compared With Pao<sub>2</sub>/Fio<sub>2</sub> Ratio. *CHEST.* 2015; 148(6): 1477–1483.

- 35.- Pandharipande P, Shintani A, Hagerman H, St Jacques P, Rice T, Sanders N, et al. Derivation and validation of SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio to impute for PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio in the respiratory component of the Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score. Crit Care Med. 2009; 37(4): 1317–1321.
- 36.- Singh V, Khatana S, Gupta P. Blood gas analysis for bedside diagnosis. National Journal of Maxillofacial Surgery. 2013; 4(2): 136-141.
- 37.- Dev S, Hillmer M, Ferri M. Arterial Puncture for Blood Gas Analysis. N Engl J Med. 2011; 364:7.
- 38.- Tusman G, Bohm S, MD, Suarez F. Advanced Uses of Pulse Oximetry for Monitoring Mechanically Ventilated Patients. Anesth Analg. 2016; XXX: 1-10.
- 39.- Jubran A. Pulse oximetry. Critical Care. 2015; 19:272.
- 40.- Fahy B, Lareau S, Sockrider M. Oximetría de pulso. Am J Respir Crit Care Med. 2011; 184: 1.
- 41.- De Meulenaere S. Pulse Oximetry: Uses and Limitations. JNP. 2007; 3(5): 312-317.
- 42.- Jubran A. Pulse oximetry. Critical Care. 2015;19: 272
- 43.- Basaranoglu G, Bakan M, Umutoglu T, Zengin S, Idin K, Salihoglu Z. Comparison of SpO<sub>2</sub> value from different fingers of the hands. SpringerPlus. 2015; 4: 561.
- 44.- Aguilar S. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud Salud en Tabasco. Redalyc. 2005; 11 (1-2).
- 45.- Parra G, Lopez N, Parra F. Clinical characteristics and risk factors for mortality of patients with COVID-19 in a large data set from Mexico. Ann Epidemiol. 2020; 52: 93-98.

46.- Santos P, et al. Severity of respiratory failure at admission and in-hospital mortality in patients with COVID-19: a prospective observational multicentre study. *BMJ Open*. 2020; 10

## 12. ANEXOS

### 12.1. Hoja Excel de recolección de datos

BASE DE DATOS SAFI-PAFI - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer? Iniciar sesión Compartir

Calibri 11 Fuente Ajustar texto General Formato Dar formato Estilos de celdas Insertar Eliminar Formato Autosuma Rellenar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

Portapapeles Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

Z6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1	Género	EDAD	FALLE CIO	Días de Evolución	HAS	DM2	CARDIO PATIA	NEUMO PATIA	ERC	VIH	TABAQ USMSO	TAS	TAD	TAM	FC	FR	SpO2	SaO2	PaO2	FIO2	PaO2/FIO2	SpO2/FIO2	SaO2/FIO2	SIRA	Gravedad		
2	1	50	NO	7	1	1	1	1	1	1	1	2	110	80	90	103	22	81	84	59	72	82	113	117	1	3	
3	2	32	NO	10	1	1	1	1	1	1	1	1	115	80	92	82	18	87	88	48	32	151	272	275	1	2	
4	1	54	NO	7	1	1	1	1	1	1	1	1	100	60	73	90	21	90	90	32	32	100	281	281	1	2	
5	1	27	NO	7	1	1	1	1	1	1	1	1	120	70	87	111	32	86	88	49	80	61	108	110	1	3	
6	1	44	NO	12	1	1	1	1	1	1	1	1	130	80	97	112	35	87	88	57	32	179	272	275	1	2	
7	1	32	NO	7	1	1	1	1	1	1	1	1	122	88	99	96	19	89	90	48	32	150	278	281	1	2	
8	1	34	NO	10	1	1	1	1	1	1	1	2	131	85	100	82	28	83	85	51	32	160	259	266	1	2	
9	2	35	NO	6	1	1	1	1	1	1	1	1	100	60	73	62	20	93	93	65	32	203	291	291	1	1	
10	1	43	NO	3	1	1	1	1	1	2	2	2	117	68	84	88	24	86	89	62	32	194	269	278	1	2	
11	1	28	NO	7	1	1	2	1	1	1	1	1	125	71	89	92	35	85	88	54	36	150	236	244	1	2	
12	1	33	NO	13	1	1	1	1	1	1	1	1	122	83	96	102	45	87	89	53	80	66	109	111	1	3	
13	1	60	NO	10	1	1	1	1	1	1	1	1	140	90	107	102	20	85	86	47	32	146	266	269	1	2	
14	1	22	NO	3	1	1	1	1	1	1	1	1	130	70	90	93	28	73	75	53	40	134	183	188	1	2	
15	1	77	NO	10	2	1	2	2	1	1	2	2	133	83	100	80	23	63	67	37	80	47	79	84	1	3	
16	1	67	NO	10	1	1	1	1	1	1	1	1	120	70	87	92	18	87	89	55	32	172	272	278	1	2	
17	1	23	NO	7	1	1	1	1	1	1	1	2	128	80	96	101	22	92	93	43	32	134	288	291	1	2	
18	1	52	NO	8	1	2	1	1	1	1	1	1	120	80	93	106	20	81	85	80	40	201	203	213	1	1	
19	1	55	NO	7	1	1	1	1	1	1	1	1	122	69	87	127	44	73	74	25	100	25	73	74	1	3	
20	1	48	NO	5	2	1	1	1	1	1	1	1	122	81	95	89	35	70	72	41	80	51	88	90	1	3	
21	1	48	NO	8	1	1	1	1	1	1	1	1	125	76	92	94	28	86	88	49	32	153	269	275	1	2	
22	1	49	NO	5	2	2	1	1	1	1	1	1	130	80	97	103	28	86	89	52	32	163	269	278	1	2	
23	2	38	NO	8	1	1	1	1	1	1	1	1	120	70	87	104	18	86	88	57	32	178	269	275	1	2	
24	1	41	NO	11	1	1	1	1	1	1	1	1	140	90	107	98	31	86	88	58	37	181	260	275	1	2	

Hoja1

17°C Despejado

Búsqueda

ESP LAA

02:31 a. m. 08/05/2023