



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES
CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

**“Determinación del valor del ratio
 PaO_2/FiO_2 como factor de riesgo
independiente para predecir hospitalización
prolongada, en pacientes hospitalizados por
COVID-19 en el Centenario Hospital Miguel
Hidalgo”**

Tesis presentada por Linda Michelle Quiroz Franco, para obtener el
grado de especialista en Anestesiología

TUTOR

Dr. Javier Olvera Romo

Aguascalientes, Aguascalientes, Marzo de 2023.



CARTA DE VOTO APROBATORIO
INDIVIDUAL

DRA. PAULINA ANDRADE LOZANO
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UAA
PRESENTE

Por medio del presente como TUTOR designado del estudiante LINDA MICHELLE QUIROZ FRANCO con ID 163040 quien realizó la tesis titulada: DETERMINACIÓN DEL VALOR DEL RADIO PAO2/FIO2 COMO FACTOR DE RIESGO INDEPENDIENTE PARA PREDECIR HOSPITALIZACIÓN PROLONGADA, EN PACIENTES HOSPITALIZADOS POR COVID -19 EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO. Un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el VOTO APROBATORIO, para que ello pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"
Aguascalientes, Ags., a 29 de noviembre del 2022.

Dr. Javier Olivera Ramo

ASESOR DE TESIS
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

c.c.p.- Dr. Felipe de Jesús Flores Parham Sevilla, jefe de departamento de enseñanza e investigación, CHMH.
c.c.p.- Dr. Juan Eduardo Salazar Torres, profesor titular del posgrado de anestesiología



Revisado por: Depto. Apoyo al Posgrado.
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

www.uaa.gob.mx

Av. Manuel Gómez Morán S. 1001
Procc. Alameda, C.P. 20220

CHMH-00-166-PG-01
actualización 01
Escala: 11/05/18



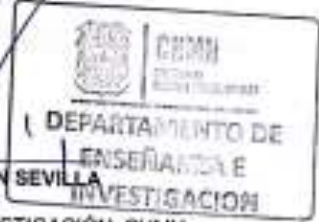


Aguascalientes
Centro de Investigación y Referencia
El Estado de Aguascalientes

Secretaría Hospital
Miguel Hidalgo

CARTA DE IMPRESIÓN

[Handwritten signature]
DR. FELIPE DE JESÚS FLORES PARKMAN SEVILLA
JEFE DE DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN, CHMH.



[Handwritten signature]
DR. PAUL LÓPEZ CHÁVEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ANESTESIOLOGÍA

[Handwritten signature]
DR. JUAN EDUARDO SALAZAR TORRES
PROFESOR TITULAR DEL POSGRADO DE ANESTESIOLOGÍA

[Handwritten signature]
DR. JAVIER OLVERA ROMO
ASESOR DE TESIS



449 9 94 67 30

www.iaaagob.mx

Av. Manuel Gómez Morán S/N
Fracc. Alameda, C.P. 20259



**COMITÉ DE INVESTIGACIÓN
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**

CI/081/21
Agascalientes, Ags., a 27 de Septiembre de 2021

**DRA. LINDA MICHELLE QUIROZ FRANCO
INVESTIGADORA PRINCIPAL**

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, en su Sesión del día 23 de Septiembre de 2021, con número de registro 2021-R-31 revisó y decidió Aprobar el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

DETERMINACIÓN DEL VALOR DEL RADIO PaO2/FiO2 COMO FACTOR DE RIESGO INDEPENDIENTE PARA PREDECIR HOSPITALIZACIÓN PROLONGADA, EN PACIENTES HOSPITALIZADOS COVID-19 EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

Se solicita a los investigadores reportar avances y en su caso los resultados obtenidos al finalizar la investigación. En caso de existir modificaciones al proyecto es necesario que sean reportadas al Comité.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE


**DR. JOSÉ MANUEL ARREOLA GUERRA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN**



C.c.p.- DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO.- JEFA DEL DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
IMAG/cnva*



**COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACION
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO**

CE/085/21
Aguascalientes, Ags., a 27 de Septiembre de 2021

**DRA. LINDA MICHELLE QUIROZ FRANCO
INVESTIGADORA PRINCIPAL**

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, en su Sesión del día 23 de Septiembre de 2021, con número de registro 2021-R-31 revisó y decidió Aprobar el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

"DETERMINACIÓN DEL VALOR DEL RADIO PaO2/FiO2 COMO FACTOR DE RIESGO INDEPENDIENTE PARA PREDECIR HOSPITALIZACIÓN PROLONGADA, EN PACIENTES HOSPITALIZADOS COVID-19 EN EL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO"

Se solicita a los investigadores reportar avances y en su caso los resultados obtenidos al finalizar la investigación. En caso de existir modificaciones al proyecto es necesario que sean reportadas al Comité.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**DR. JAIME ASAEL LÓPEZ VALDEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN**



C.c.p.- DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO.- JEFA DEL DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN.
IMAG/cvva*



DICTAMEN DE LIBERACIÓN ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO - ESPECIALIDADES MÉDICAS



Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 13/12/22

NOMBRE: Linda Michelle Quiroz Franco ID 163040

ESPECIALIDAD: ANESTESIOLOGÍA LGAC (del posgrado): Técnicas y complicaciones de la anestesia.

TIPO DE TRABAJO: (X) Tesis () Trabajo práctico

TÍTULO: Determinación del valor del ratio PaO2/FiO2 como factor de riesgo independiente para predecir hospitalización prolongada, en pacientes hospitalizados por COVID-19 en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA INTERPRETAR FACTORES DE RIESGO POR COVID-19

INDICAR SI/NO SEGÚN CORRESPONDA:

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

- SI El trabajo es congruente con las LGAC de la especialidad médica
SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
NO Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI Cumpe con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
El egresado cumple con lo siguiente:
SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, etc)
SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
SI Cuenta con la aprobación del (la) jefe de Enseñanza y/o Hospital
SI Coincide con el título y objetivo registrado
SI Tiene el CVU del Conacyt actualizado
NO Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

SI
No

FIRMAS

Revisó:
NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

Dr. Ricardo Ernesto Ramírez Orozco

Autorizó:
NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

Dra. Paulina Andrade Lozano

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico ... Cuando la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Agradecimientos

A Dios, por guiar mis pasos cada día, que mis manos sigan siendo su instrumento.

A mis padres, les debo todo. Un logro más de los tres. Les amo y no hay palabras suficientes para agradecerles.

A mis, hermanos, que desde el primer día de Universidad y hasta la fecha, han estado siguiendo mis pasos, abrazando mis sueños e impulsándome por más.

Agradezco al Centenario Hospital Miguel Hidalgo, por permitirme crecer en lo humano y profesional con cada uno de nuestros pacientes y acogerme con la calidez humana del personal que ahí labora.

A mis maestros, por día con día inspirarme a tener pasión y compromiso por la anestesiología, a velar por el bienestar del paciente; por ese compañerismo y ese entusiasmo por la enseñanza, por mostrarme que, con disciplina y amor, se alcanzan los sueños.

A cada uno de mis pacientes, por confiar en mi proceso de formación, por permitirme ser parte de su enfermedad y de su recuperación, porque fueron un libro abierto para mi enseñanza y porque su agradecimiento es la satisfacción más grande que como médico se puede tener.

A mis compañeros, gracias por permitirme aprender y crecer junto a ustedes. Porque la residencia y la vida se siente más ligera cuando encuentras grandes amigos.

Índice general

| | |
|--|----|
| Introducción | 7 |
| Marco teórico | 8 |
| <i>Infección por SARS-CoV2 y cuadro clínico de la Covid-19</i> | 8 |
| <i>Fisiología de la respiración</i> | 10 |
| <i>Fisiopatología de la hipoxemia</i> | 11 |
| <i>El cociente PaO₂/FiO₂ y su utilidad clínica</i> | 12 |
| <i>Relación entre PaO₂/FiO₂, SDRA y Covid-19</i> | 13 |
| Antecedentes | 14 |
| Planteamiento del problema | 17 |
| Justificación | 18 |
| Objetivos | 19 |
| <i>General</i> | 19 |
| <i>Específicos</i> | 19 |
| Hipótesis | 19 |
| Metodología | 20 |
| <i>Tipo de estudio</i> | 20 |
| <i>Lugar y periodo de estudio</i> | 20 |
| <i>Población</i> | 20 |
| <i>Criterios de Selección</i> | 20 |
| <i>Operacionalización de variables</i> | 21 |
| <i>Descripción general del estudio</i> | 24 |
| <i>Análisis estadístico</i> | 24 |
| Resultados | 25 |
| <i>Características sociodemográficas de la muestra</i> | 25 |
| <i>Resultados de las variables consideradas durante la atención médica</i> | 28 |
| <i>Correlación estadística entre variables</i> | 29 |
| <i>Análisis del cociente PaO₂/FiO₂ como factor para predecir EHP</i> | 34 |
| Discusión de resultados | 37 |
| Conclusiones | 39 |
| Glosario | 42 |
| Referencias | 43 |
| Anexos | 46 |

Índice de tablas

Tabla 1. Gravedad de SDRA clasificada de acuerdo con el PaO₂/FiO₂ 12

Tabla 2. Operacionalización de variables 21

Tabla 3. Distribución de la muestra por edad 25

Tabla 4. Descriptivo estadístico de la edad..... 26

Tabla 5. Distribución de la muestra por sexo 26

Tabla 6. Diagnóstico probable 27

Tabla 7. Comorbilidades asociadas..... 27

Tabla 8. Vacunación contra SARS-CoV-2 28

Tabla 9. Pacientes ingresados a UCI 28

Tabla 10. Estrategia de ventilación..... 28

Tabla 11. Descriptivo estadístico de la estancia hospitalaria..... 29

Tabla 12. Descriptivo estadístico del cociente PaO₂/FiO₂..... 29

Tabla 13. Correlación entre días de estancia hospitalaria y cociente PaO₂/FiO₂..... 30

Tabla 14. Estancia hospitalaria..... 31

Tabla 15. Grado de severidad para SDRA, según el cociente PaO₂/FiO₂..... 32

Tabla 16. Estancia hospitalaria y valor del cociente PaO₂/FiO₂..... 32

Tabla 17. Tabla cruzada para estancia hospitalaria y cociente PaO₂/FiO₂ 33

Tabla 18. Prueba de Chi cuadrado para cociente PaO₂/FiO₂ y estancia hospitalaria 33

Índice de figuras

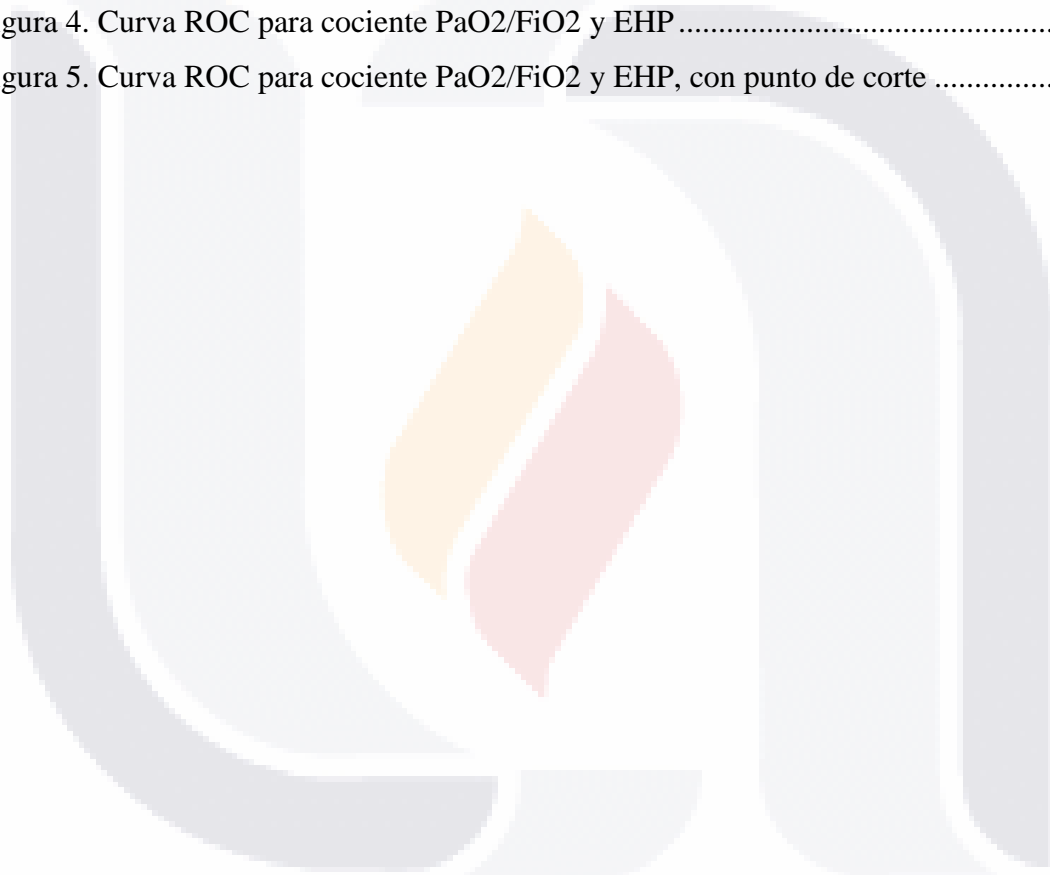
Figura 1. Dispersión simple de PaO₂/FiO₂ por días de estancia hospitalaria, de 0 a 80 días30

Figura 2. Dispersión simple de PaO₂/FiO₂ por días de estancia hospitalaria, de 0 a 21 días.31

Figura 3. Diagrama de cajas de PaO₂/FiO₂ por estancia hospitalaria.....34

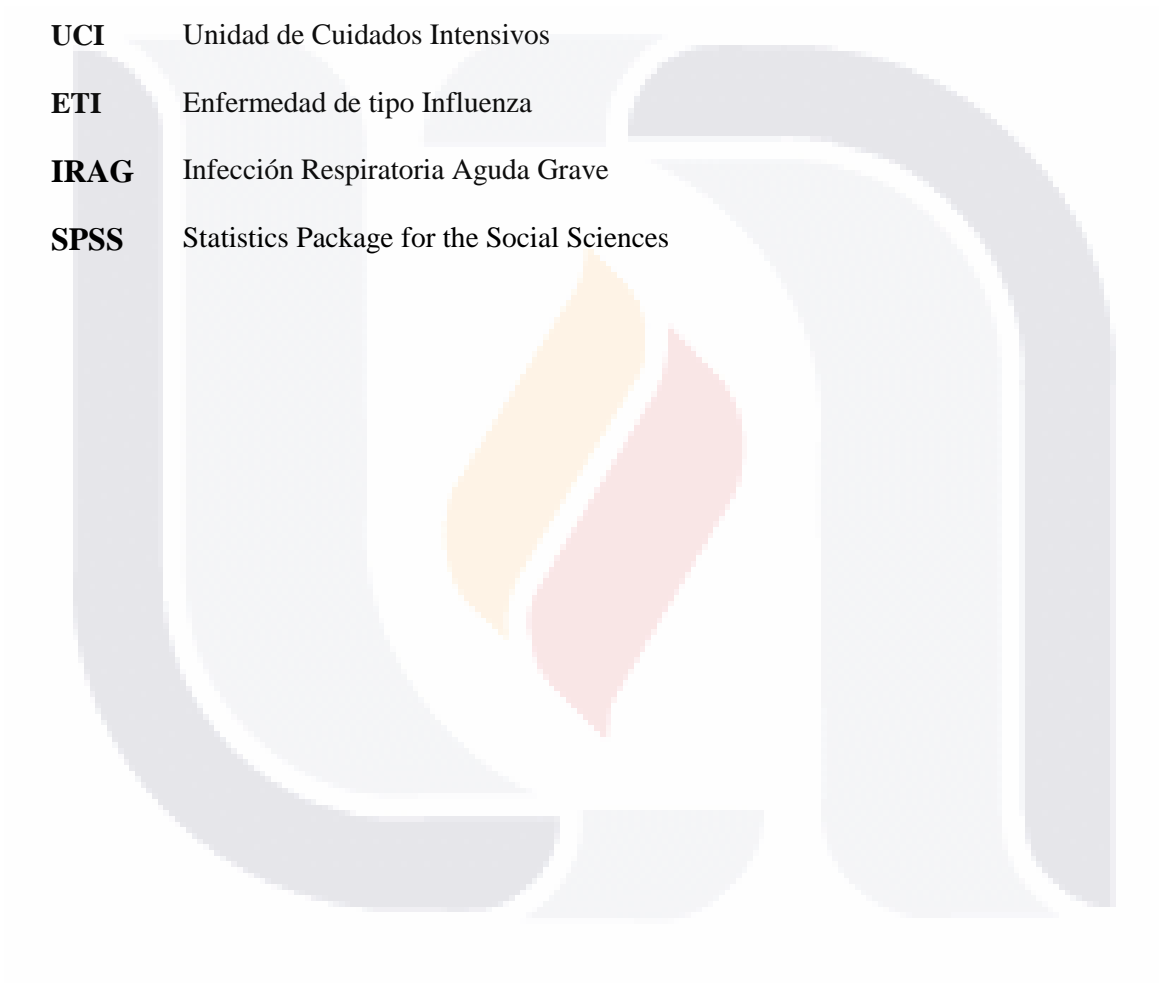
Figura 4. Curva ROC para cociente PaO₂/FiO₂ y EHP35

Figura 5. Curva ROC para cociente PaO₂/FiO₂ y EHP, con punto de corte36



Acrónimos

| | |
|-------------|--|
| SDRA | Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo |
| EHP | Estancia Hospitalaria Prolongada |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| EPOC | Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica |
| UCI | Unidad de Cuidados Intensivos |
| ETI | Enfermedad de tipo Influenza |
| IRAG | Infección Respiratoria Aguda Grave |
| SPSS | Statistics Package for the Social Sciences |



Resumen

La infección viral por SARS-CoV-2 puede provocar un cuadro severo de hipoxemia o Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo, caracterizado por una gasometría arterial con un cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menor a 200 mmHg. Cuando se presenta esta condición, los pacientes son canalizados a la unidad de cuidados intensivos para su recuperación, que implica una estancia hospitalaria prolongada, regularmente mayor a nueve días; misma que se presume puede relacionarse con valores de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menores a 200 mmHg. En este contexto, el objetivo del presente estudio es determinar la capacidad predictiva del valor del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ para determinar el riesgo de estancia de hospitalización prolongada en pacientes positivos a COVID-19. Para ello, se aplicó un estudio cualitativo de corte observacional, descriptivo, transversal y retrospectivo en una muestra de 550 pacientes positivos esta enfermedad que acudieron al área de urgencias por la presencia de un cuadro clínico severo de hipoxemia. Los resultados indicaron que valores menores a 200 mmHg en el cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ están correlacionados significativamente con una estancia hospitalaria prolongada, en promedio de 10,13 días ($p=0.001$). Se encontró un punto de corte para este cociente de 178 mmHg que permite predecir estancia hospitalaria prolongada en el 67.5% de los casos analizados, con una sensibilidad de 0.98 y una especificidad de 0.85. El presente estudio también reveló que el tiempo de hospitalización es mayor en los pacientes que sobreviven a esta enfermedad con respecto a los que fallecen, independientemente de cuántos días necesiten de atención médica en las unidades de cuidados intensivos.

Palabras clave: Infección por SARS-CoV2, hipoxemia, SDRA, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, estancia hospitalaria prolongada.

Abstract

Viral infection by SARS-CoV-2 can cause a severe condition of hypoxemia or Acute Respiratory Distress Syndrome, characterized by an arterial blood gas with a PaO₂/FiO₂ ratio of less than 200 mmHg. When this condition occurs, patients are referred to the intensive care unit for recovery, which implies a prolonged hospital stay, regularly longer than nine days; same can be related to PaO₂/FiO₂ values less than 200 mmHg. In this context, the objective of this study is to determine the predictive capacity of the value of the PaO₂/FiO₂ ratio to determine the risk of prolonged hospitalization in patients positive for COVID-19. For this, a qualitative observational, descriptive, cross-sectional and retrospective study was applied to a sample of 550 patients positive for this disease who attended the emergency department due to the presence of a severe clinical picture of hypoxemia. The results indicated that values less than 200 mmHg in the PaO₂/FiO₂ ratio are significantly correlated with a prolonged hospital stay, on average 10.13 days ($p=0.001$). A cut-off point of 178 mmHg was found for this ratio, which allows predicting prolonged hospital stay in 67.5% of the cases analyzed, with a sensitivity of 0.98 and a specificity of 0.85. The present study also revealed that hospitalization time is longer in patients who survived this disease compared to those who die, regardless of how many days they require medical care in intensive care units.

Keywords: SARS-CoV2 infection, hypoxemia, ARDS, PaO₂/FiO₂, prolonged hospital stay.

Introducción

El diagnóstico del Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo (SDRA) provocado por una infección viral por SARS-CoV-2 se realiza a través del cálculo del cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, donde PaO_2 es la presión parcial de oxígeno y FiO_2 la fracción inspirada de este gas. El valor normal de este cociente es de 300 mmHg (milímetros de mercurio) en personas sanas, pero cuando hay presencia de SDRA grave puede ser menor a 100; si es moderado, es menor a 200 y en caso de presentarse un cuadro leve, es igual o menor a 300, pero mayor a 200. Como puede observarse, estos valores permiten obtener un diagnóstico fiable de la gravedad del paciente (1,2).

Estudios clínicos, tanto a nivel internacional como nacional, sugieren que podría existir una correlación importante entre valores menores a 200 mmHg del ratio y diversos factores fisiológicos o terapéuticos. Por ejemplo, una Estancia Hospitalaria Prolongada (EHP), que se define como mayor a nueve días, se ha relacionado con la recuperación de un paciente positivo a COVID-19 después de haber presentado un cuadro grave de SDRA (3,4,5).

En este contexto, el presente estudio tiene como tema esta relación y su objetivo es determinar la capacidad predictiva del valor del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ para determinar el riesgo de estancia de hospitalización prolongada en pacientes positivos a COVID-19. Su desarrollo comienza con el marco teórico, donde se exponen los conceptos y teorías que permiten comprender el tema de estudio; en esta sección también se incluyen los antecedentes.

Posteriormente, se elaboró el problema y la justificación, delimitando aquellos factores que enmarcan la problemática y fundamentan el estudio. Después se propone la tesis, los objetivos y la metodología que se siguió para su comprobación y desarrollo. En los resultados se consignan los hallazgos encontrados con la aplicación del análisis estadístico definido en la metodología. Finalmente se discuten los resultados con base en los antecedentes descritos en el marco teórico y se presentan las conclusiones.

Marco teórico

Infección por SARS-CoV2 y cuadro clínico de la Covid-19

En el mes de noviembre del año 2019 surgieron reportes de pacientes con Síndrome de Distress Respiratorio Agudo (SDRA) de nivel severo en la provincia de Wuham, China. En un primer momento se atribuyeron a una infección vírica desconocida hasta el momento, identificándose posteriormente al virus SARS-CoV2 como responsable de estos casos. La enfermedad causada por este virus recibió el nombre de COVID-19 y con el tiempo se extendió rápidamente a nivel global, produciendo cerca de 207 millones de casos y 4.36 millones de muertes (corte al mes de agosto 2021), debido a su alto nivel de contagio (6).

Esta enfermedad se instala en las vías respiratorias superiores y manifiesta un espectro sintomatológico amplio. El 80% de los casos se presentan síntomas leves a moderados y en el 20% restante se manifiestan síntomas muy severos como neumonía viral que se asocia a deficiencias respiratoria y que finalmente producen la muerte de los pacientes infectados (6).

La experiencia clínica a nivel global indica que el virus SARS-CoV2 se propaga a través de micro gotas de líquido provenientes de la saliva al hablar o estornudar que se diseminan en el medio ambiente, es decir, mediante aerosoles. Por eso, se necesitan distancias muy cortas, menores a 1 metro, para entrar en contacto directo con el virus. También se puede producir el contagio tocando superficies contaminadas por el virus (6).

Por estas razones, las instancias sanitarias superiores de todo el mundo tomaron medidas para reducir el contagio, como mantener una distancia interpersonal de 1.5 a 2 metros; aseo adecuado y frecuente de manos con agua y jabón; desinfección de superficies de contacto; además del uso de mascarillas faciales de material absorbentes. Mediante estas medidas se buscó controlar el avance de la pandemia y reducir el consecuente riesgo de colapso de los hospitales y entrar en una situación de falta de recursos de atención hospitalaria (6).

Como se mencionó previamente, el virus SARS-CoV2 tuvo una dispersión rápida en todo el mundo desde su aparición, provocando múltiples casos de COVID-19 e infección aguda, con una tasa de mortalidad del 2% (7). Esta enfermedad cursa con mucha mayor frecuencia con síntomas de resfriado común, tales como disnea, fiebre y tos no productiva; aunque también

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

pueden presentarse diarrea, astenia y mental, mialgias, cefalea y anosmia y SDRA moderado y severo. Se ha registrado que durante su fase prodrómica produce malestar general y síntomas respiratorios. Aunque en el 81% de los pacientes cursa con gravedad moderada, el 90% llegan a desarrollar cambios importantes en el tejido pulmonar y vidrio despulido, detectados con radiografía de tórax (8,9).

De acuerdo con las guías para el manejo de la COVID-19 publicadas en mayo del año 2020 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define a esta enfermedad como de “características clínicas severas” pues en los adultos se manifiesta con signos y síntomas como la neumonía, taquipnea, disnea, entre otros, que pueden ir acompañados por una frecuencia respiratoria mayor a 30, así como distrés respiratorio que provoca una saturación parcial de oxígeno $SpO_2 < 90\%$ en condiciones ambientales (6,8).

Lograr identificar factores de riesgo potenciales para predecir la evolución de la enfermedad es útil para los médicos, sobre todo cuando se aplica el triage o se necesitan manejar mayores flujos de pacientes en atención al incremento de la demanda de servicios médicos y la disponibilidad de los recursos hospitalarios. Identificar dichos factores también permite individualizar los tratamientos, monitorizar la progresión de la patología y no menos importante, destinar recursos suficientes en cada nivel de atención para mitigar la morbilidad y mortalidad (8).

La infección por SARS-CoV2 suele manifestarse con su sintomatología más grave si el paciente presenta factores de riesgo, como la edad y el género masculino, además de comorbilidades como obesidad, diabetes mellitus, hipertensión arterial, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), inmunosupresión, cáncer o embarazo (10).

Los estudios por tomografía son de gran importancia para lograr detectar signos que sugieren una posible severidad en la infección, especialmente cuando se atienden pacientes que manifiesten sintomatología de gravedad y mayor riesgo de deterioro. En esta situación, es frecuente la presencia de SDRA grave ($PaO_2/FiO_2 \leq 100$ mmHg), necesario ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y mayor probabilidad de muerte (10). Con la escala CORADS publicada en 2020 se puede determinar la correlación entre la probabilidad de desarrollar una infección severa por SARS-CoV2 y los hallazgos encontrados en este tipo de estudios.

Existe un incremento de la mortalidad al identificar los siguientes factores en la tomografía: desarrollo de fibrosis pulmonar, consolidaciones bilaterales periféricas y ausencia de broncograma aéreo (10).

Fisiología de la respiración

La respiración humana necesita de la adecuada función tanto del sistema respiratorio como del circulatorio, ambos realizan un proceso convectivo eficientemente para poder llevar a cabo el transporte de oxígeno (O_2) y dióxido de carbono (CO_2) no solamente a largas distancias a lo largo del cuerpo, sino también a cortas distancias, lo cual se logra mediante procesos de difusión celular (11).

El sistema respiratorio se estructura por una bomba de aire que posee un sistema convectivo externo formado tanto por “vías respiratorias superiores como por grandes vías respiratorias pulmonares, la cavidad torácica, elementos esqueléticos asociados, así como los músculos de la respiración”. Dichas estructuras se coordinan eficazmente y realizan la ventilación alveolar, que consiste en la entrada y salida de aire por los espacios alveolares de los pulmones. Esta ventilación ocurre cuando las contracciones musculares aumentan el volumen de la cavidad torácica, se reduce al mismo tiempo la presión intratorácica y los alveolos se expanden para amenorar la presión alveolar. Mediante un gradiente de presión es que el aire fluye de la atmósfera hacia los alveolos, provocando la relajación muscular torácica y, finalmente, la espiración (11).

Los pulmones realizan intercambio de gases para que el O_2 satisfaga las demandas metabólicas del organismo y que el bióxido de carbono (CO_2) resultante sea eliminado de forma eficiente. Para todo esto es necesario que la ventilación alveolar (V_A), la difusión alveolar capilar y la perfusión pulmonar (Q) funcionen de forma coordinada. De esta forma, tanto la relación V_A/Q como la difusión mantienen en equilibrio la presión de ambos gases. Si se ve alterada dicha función, se produce hipoxemia arterial en la que puede presentarse hipercapnia e insuficiencia respiratoria, y en casos muy graves la muerte (12).

La presión ejercida por el O_2 (PaO_2) que se encuentra disuelto en el plasma y que pasa por la arteria pulmonar, tiene valores normales que oscilan entre 37 y 43 mmHg en reposo y a

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

nivel del mar. Este valor resulta de restar la cantidad de gas O_2 que pasa a los tejidos al O_2 consumido por dichos tejidos, y es un marcador para verificar los factores que influyen en la aportación del gas O_2 en situaciones como el gasto cardíaco y presencia de hemoglobina. En un pulmón patológico, la PaO_2 es inferior a estos valores (12).

Es importante señalar que los valores de PaO_2 dependen de la edad, altitud y FiO_2 (inspiración de O_2) en personas adultas. Sus valores normales están entre 96-100 mmHg (a la edad de 20 y 70 años) respirando aire del ambiente a nivel del mar con un cociente de $FiO_2 = 0.21$. Algunos de los factores que disminuyen la PaO_2 son hiperventilación, embarazo y acidosis metabólica (12).

Fisiopatología de la hipoxemia

La hipoxemia se origina cuando existe un desequilibrio en la ventilación (V) y perfusión (Q) pulmonares o al presentarse *shunts* (derivaciones). Un *shunt* en fisiología respiratoria se genera cuando la sangre venosa con menor cantidad de O_2 evade tejido pulmonar ventilado, mezclándose con sangre oxigenada; como resultado, la sangre pierde O_2 . Es un proceso mejor referenciado en la práctica clínica como falla respiratoria hipoxémica tipo I (1).

En condiciones normales existe un cociente alto de V_A/Q en alveolos ventilados y sin gran perfusión, pero los alveolos con escasa ventilación y mayor perfusión tienden a un cociente bajo de V_A/Q . Ambos fenómenos son normales en los pulmones, según el área. Cuando hay un desequilibrio en este cociente se produce hipoxemia. Bajo estas condiciones las unidades V_A/Q con cociente alto logran ventilarse, pero no contribuyen a la oxigenación debido a su baja perfusión, como consecuencia las unidades con cociente bajo aumentan por disminución de la ventilación; todo esto puede presentarse por enfermedad intersticial de vías respiratorias (12).

Los *shunts* e hipoxemia también pueden presentarse en padecimientos específicos como malformación arteriovenosa, neumonía, insuficiencia cardíaca y en atelectasia y en pacientes infectados con SARS-CoV-2 (1,12).

El cociente PaO₂/FiO₂ y su utilidad clínica

Monitorizar la hipoxemia en los pacientes permite realizar una mejor valoración de sus condiciones. Para ello se sugiere aplicar el cociente:

$$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$$

Donde:

- PaO₂ significa la presión parcial de oxígeno, que es una medida de las partículas de O₂ disueltas en el plasma y se expresa en mmHg o kPA (kilopascales). Este parámetro es estable en el árbol arterial porque no implica consumo de O₂, por lo tanto, puede representar el nivel de oxemia en sangre (1).
- FiO₂ significa parte inspirada de oxígeno e indica la concentración de O₂ en el aire que se respira. El O₂ representa un 20.93% del aire ambiental, por lo que se ha observado que la proporción adecuada de O₂ inspirada debe ser de 0.21, esto sin importar los valores de la altitud y a nivel del mar (1).

En conjunto, PaO₂/FiO₂ “determina la cantidad de oxígeno disuelto en la sangre a partir del oxígeno suministrado” (1,2). Sus valores normales suelen ser mayores a 300. De aquí que su utilidad clínica radica en determinar la falla en este mecanismo cuando estos valores son menores.

Es un factor relativamente fácil de calcular puesto que no implica maniobras invasivas y se realiza en la cama del paciente, además se considera hoy en día una herramienta de diagnóstico y pronóstico. Se le utiliza para diagnosticar los niveles de gravedad del SDRA (Tabla 1), junto con otros parámetros (1,2).

Tabla 1. Gravedad de SDRA clasificada de acuerdo con el PaO₂/FiO₂

| | |
|----------|---|
| Leve | PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 300 pero > 200 |
| Moderada | PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 200 pero > 100 |
| Severa | PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 100 |

Fuente: extraída de Morales-Aguirre et al. (1).

Se ha confirmado que la mortalidad para SDRA severo es de hasta 46%; un porcentaje considerado alto. También puede causar grave daño pulmonar y regularmente se presenta con un $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$ (13). Actualmente, el valor de este cociente es altamente eficiente como herramienta de pronóstico en otros padecimientos que involucran recuperar la respiración en la UCI.

Relación entre $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, SDRA y Covid-19

Como se explicó con anterioridad, el cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ es útil para diagnosticar la hipoxemia en un paciente con SDRA. Se calcula fácilmente averiguando el cociente entre la PaO_2 y la FiO_2 y es un factor descriptor de insuficiencia respiratoria que se asocia al daño en el parénquima pulmonar con efecto *shunt*, algo que igualmente se ha observado en edema pulmonar causado por SDRA y pulmonía.

Con base en la experiencia de médicos de la Universidad Tecnológica de Pereira en Colombia (13), el comportamiento de la SDRA en pacientes infectados con SARS-CoV2 es bastante irregular. Para el octavo día después de iniciada la infección se ha observado que hasta un 50% de los pacientes presentan distensibilidad pulmonar normal, por lo que existen dudas de si trata de un SDRA con comportamiento atípico. Esta situación suele presentarse en pacientes cada vez más jóvenes.

También se ha observado que el SDRA es una condición heterogénea durante la infección por SARS-CoV2. De acuerdo con evidencia histopatológica, puede provocar “daño alveolar difuso y fenómenos de micro y macro trombosis asociados al proceso respiratorio producido por el virus, que lleva a una fisiopatología hipoxémica” (7). Estas condiciones pueden estar relacionadas con registros de fenotipos multisistémicos y procesos de tipo proinflamatorios que, a su vez, se asocian a probable disfunción multiorgánica y muerte en los pacientes.

En este contexto, los principios del tratamiento de ventilación mecánica permiten mejorar el intercambio gaseoso, reducir el trabajo respiratorio del paciente y ganar con ello tiempo mientras se logra restablecer la fisiología normal respiratoria. De esta forma, la decisión de ventilar al paciente depende de múltiples factores, así como de la valoración que haga el

profesional clínico (1,13).

A un paciente con COVID-19 se le indicará la ventilación mecánica con intubación endotraqueal si presenta los siguientes factores (1,13):

1. Incremento del trabajo respiratorio.
2. Taquipnea persistente (>30 rpm).
3. Hipoxemia refractaria. Se define como la saturación de O₂ <90%, a pesar de la administración de este gas (FiO₂ ≥50%)
4. Falla respiratoria aguda.
5. Indicadores de shock.
6. Un estado de conciencia alterado.

Para fines de interés del presente estudio, es importante destacar dos factores. Primero, los pacientes con COVID-19 que no superan la enfermedad y fallecen, tienen en común el desarrollo de SDRA severo e ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), con fiebre y disnea; asimismo, se ha observado que su gasometría arterial indica un cociente PaO₂/FiO₂ < 100 mmHg, junto con presencia de shock séptico (13).

Segundo, a pesar de que el cociente PaO₂/FiO₂ es ampliamente utilizado en la práctica clínica como herramienta de diagnóstico para la SDRA, su uso como herramienta de pronóstico clínico es menor. De igual forma, son escasos y casi nulos los estudios donde se le relaciona de forma directa con el pronóstico en la duración de la estadía hospitalaria de pacientes con COVID-19 en la UCI.(7).

Antecedentes

El estudio de Zinellu et al. (3) es uno de los pocos que han abordado la relación entre el cociente PaO₂/FiO₂ y la estancia hospitalaria prolongada (EHP) en pacientes diagnosticados con COVID-19. Dicho cociente se utilizó como un probable marcador de la gravedad de la enfermedad en una muestra de 50 pacientes, encontrando una relación estadísticamente significativa entre el cociente PaO₂/FiO₂ y la EHP con una p = 0.03, en comparación con otros factores como la severidad en el patrón tomográfico de tórax, la intensidad de los cuidados

proporcionados por el personal médico en cuanto a las necesidades de ventilación, así como el valor de la proteína C reactiva (> 10). Al aplicar un análisis ROC (Receiver-Operating-Characteristics), estos mismos investigadores detectaron una sensibilidad del 60% y una especificidad del 91% en el pronóstico de estancia hospitalaria, en este caso prolongada.

Asimismo, concluyeron que los pacientes con un pronóstico de EHP mostraron una relación menor de PaO_2FiO_2 , recuento de linfocitos más bajo ($<0.70 \times 10^9$), una puntuación alta de gravedad tomográfica de tórax, PCR positiva, así como un conteo alto de LDH (prueba lactato deshidrogenasa), en comparación con aquellos pacientes que resultaron con estancia hospitalaria corta (3).

En un estudio multicéntrico realizado por Gupta et al. (10) se reportaron factores asociados a una mayor mortalidad por COVID-19 en una muestra de 2,215 pacientes hospitalizados en la UCI. Entre dichos factores, identificaron un cociente $\text{PaO}_2\text{FiO}_2 = 124$ mmHg (IQR, 86-188 mmHg). Con base en estos valores, concluyeron que la presencia independiente de hipoxemia representada por un cociente $\text{PaO}_2\text{FiO}_2 < 100$, así como otros factores como disfunción hepática y renal, estuvieron significativamente relacionados con un riesgo mayor de mortalidad y con una estancia hospitalaria de 28 días, considerada prolongada.

Por su parte Chen et al. (4) aplicaron un estudio de tipo retrospectivo a una muestra de 98 pacientes diagnosticados y hospitalizados por COVID-19, con el fin de determinar los factores predictivos que hacen requerir a estos pacientes de ventilación mecánica, pues para el año 2020 aún se requería información más precisa sobre esto. Después de su análisis, reportaron que una puntuación inicial del cociente $\text{PaO}_2\text{FiO}_2 = 122,17$ mmHg, con una sensibilidad de 0.778 y una especificidad de 0.774, es suficiente para que estos pacientes requieran la ventilación mecánica. Otras alteraciones fisiológicas halladas fueron disnea, criterios de SDRA, incremento en la cuenta de glóbulos blancos, reducción de la cuenta de plaquetas, bajos niveles de albúmina, aumento en la concentración de nitrógeno en orina, incremento de los niveles de enzimas miocárdicas creatina quinasa (CK), entre otros más.

Respecto a la evidencia por tomografía de tórax, se reporta que este tipo de pacientes presenta opacidades bilaterales no justificadas por derrame, atelectasias o nódulos pulmonares, junto un cociente $\text{PaO}_2\text{FiO}_2 < 100$, más presión positiva al final de la espiración

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

y una tasa de mortalidad de hasta 73.3% (4).

En un estudio elaborado por Chew et al. (14) en Singapur, se describieron las características clínicas en el manejo y resultados de 22 pacientes con COVID-19 que ingresaron a la UCI debido a insuficiencia respiratoria. De estos pacientes, 13 requirieron aplicación de ventilación mecánica cuando obtuvieron un cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 = 194$ mmHg (IQR 173-213). Al final de la terapia que se les aplicó, solamente dos pacientes fallecieron; para los sobrevivientes la estancia hospitalaria en la UCI fue de entre 11 y 16 días, en este caso considerada como prolongada ya que fue mayor a 9 días.

Un reporte de estudio de tipo observacional realizado por investigadores mexicanos del Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga (14), reportó una mortalidad del 65.2% para pacientes con esta enfermedad que requirieron intubación y ventilación mecánica. Se destacó que el 100% de los pacientes fallecidos presentaron un cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 95$ mmHg. Por lo tanto, es uno de los pocos estudios realizados en población mexicana que muestran el aspecto predictor de este cociente, al menos conforme a la tasa de mortalidad.

Como puede observarse, la asociación entre el desarrollo de hipoxemia y un peor desenlace clínico en pacientes Covid-19 hospitalizados en la UCI se ha demostrado por varios investigadores clínicos. En un estudio retrospectivo de 140 pacientes con neumonía por COVID-19; se reportó que una $\text{SpO}_2 > 90.5\%$ predice mayor supervivencia, con una sensibilidad de 84.6% y una especificidad de 97.2%. Por su parte, en una UCI de un hospital en Italia, se encontró un valor de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ promedio de 160mmHg, siendo mayor en pacientes jóvenes (163.5mmHg) y menor en menores de 64 años (156mmHg); Se presentó mayor mortalidad en pacientes con menor ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (7,10,14).

Para el año 2020, México se ubicaba entre los tres países con mayor número de muertes por millón de habitantes debido a la COVID-19 (5). Esta contingencia sanitaria fue un evento extraordinario tanto para las autoridades sanitarias como para la población, por eso, el destino y la ejecución eficiente de los recursos públicos se trató de realizar con las exigencias del momento para satisfacer la sobredemanda de servicios médicos que se observó en el sistema de salud. En este mismo año se destinaron 625 mil millones al sector salud, cifra que representó una reducción anual del 16.6% en los recursos que se destinaron al personal de

salud, y a pesar de que se necesitaba un incremento en el porcentaje destinado para mejorar la infraestructura y adquirir mayores insumos para la atención médica de esta enfermedad.

Actualmente, se estima que nuestro país cuenta con 3,55, 6675 casos positivos a COVID-19 y se ha presentado 238,264 defunciones. Del total de casos positivos, 15.83% han requerido manejo intrahospitalario y el resto ha sido ambulatoria (15).

Planteamiento del problema

La pandemia causada por la COVID-19 ha tenido un impacto sin precedentes en los sistemas de salud a nivel global, debido a que es una enfermedad muy contagiosa y su alto índice de mortalidad. Un diagnóstico temprano es el paso más importante para su manejo y tratamiento; sin embargo, al tratarse de una enfermedad nueva existen pocos marcadores que permitan hacer un diagnóstico oportuno. Esta situación ha derivado en la saturación de los servicios de salud y el incremento de costos materiales y escasez de recursos humanos (13).

A nivel clínico, la infección por SARS-CoV2 puede causar neumonía severa que, a su vez, puede dar pie al desarrollo de SDRA e hipoxemia refractaria al tratamiento. Cuando se presentan estas complicaciones, los pacientes son inmediatamente dirigidos a la UCI para ser tratados con terapia de ventilación mecánica asistida, con el objetivo de restablecer su respiración normal y, con ello, aumentar su posibilidad de recuperación y sobrevivencia (3,8,10).

La hipoxemia refractaria se define como la disminución de PaO_2 por debajo de 80 mmHg y se acompaña de problemas en la ventilación y el desarrollo progresivo de falla orgánica múltiple, que regularmente conduce a la muerte del paciente. Al respecto, la literatura médica indica que el cociente $PaO_2/FiO_2 < 100$ se encuentra significativamente relacionado con pacientes fallecidos en la UCI que desarrollaron una SDRA severo, hipoxemia refractaria y EHP (3,10).

En este contexto, emerge la cuestión de si este cociente podría ser un predictor de la EHP en pacientes con COVID-19 y del curso y gravedad de esta enfermedad. Si es así, se podrán implementar estrategias terapéuticas más oportunas para su tratamiento.

En consideración a la problemática descrita, el presente estudio pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿el cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ es un factor predictivo independiente para la hospitalización prolongada de pacientes con COVID-19?

Justificación

El valor del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ha sido ampliamente estudiado por la ciencia médica como principal criterio de severidad en el diagnóstico de SDRA (1). Actualmente se estudia su utilidad para predecir la morbimortalidad en pacientes hospitalizados en la UCI. Es un índice que se maneja fácilmente y se piensa que puede ser un factor de riesgo predictor e independiente de la EHP (3,8,10,13).

La alta demanda de servicios hospitalarios que se observó a nivel global durante los últimos años debido a la pandemia por Covid-19, derivó en la imperiosa necesidad de ampliar la investigación de los patrones clínicos, radiológicos y de laboratorio que se asocian a una mayor morbimortalidad de esta enfermedad en pacientes hospitalizados en la UCI (13).

De la misma forma, la implementación de estrategias efectivas en el manejo del flujo de pacientes se beneficiaría si se logra una mejor comprensión del progreso clínico de esta enfermedad. Por estas razones, el presente estudio se centró en identificar la utilidad predictiva del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ para EHP, como factor independiente, en pacientes diagnosticados con COVID-19.

Determinar su valor predictivo en la población mexicana resulta relevante para ampliar la investigación clínica sobre esta enfermedad. Aunque las autoridades de salud previenen que la pandemia será controlada para octubre del presente año, sigue siendo un tópico de amplio interés médico debido a todos los efectos globales que produjo, sobre todo en países considerados en vías de desarrollo como México.

Ante el rol desempeñado por el médico especialista en anestesiología, como uno de los principales proveedores de cuidados en áreas críticas durante dicha contingencia, resulta de especial interés identificar índices predictivos y factores asociados a complicaciones ventilatorias, útiles en la toma de decisiones sobre el abordaje de la vía aérea, la necesidad

de progresar el soporte ventilatorio y la gestión óptima de los recursos personales y materiales; este estudio da continuidad a la investigación en este campo, considerando su importancia. También pretende sentar bases para mejorar la atención médica que reciben estos pacientes, toda vez que la atención hospitalaria en México requiere mejorar su capacidad y eficiencia.

Objetivos

General

Determinar la capacidad predictiva del valor del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ para determinar el riesgo de estancia de hospitalización prolongada en pacientes positivos a COVID-19.

Específicos

- Describir las características sociodemográficas de la muestra en estudio.
- Identificar el valor promedio en el cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ en pacientes hospitalizados en la UCI por COVID-19.
- Describir la relación existente entre los días de estancia hospitalaria y el cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$.
- Describir la relación existente entre la estancia de hospitalización prolongada y el SDRA.
- Determinar el punto de corte en el que el cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ cuenta con mayor capacidad para predecir la estancia de hospitalización prolongada.

Hipótesis

Hipótesis

El valor del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ al momento del ingreso hospitalario cuenta con capacidad predictiva mayor al 60% para determinar la estancia de hospitalización prolongada en pacientes afectados por COVID-19, diagnosticados con una prueba PCR positiva.

Hipótesis nula

El valor del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ al momento del ingreso hospitalario cuenta con capacidad predictiva menor al 60% para determinar la estancia de hospitalización prolongada en

pacientes afectados por COVID-19, diagnosticados con una prueba PCR positiva.

Metodología

Tipo de estudio

Se realizó un estudio de tipo cualitativo, de corte observacional, descriptivo, transversal y retrospectivo. Es observacional debido a que el fenómeno se presenta en la realidad ajena al observador y no es manipulable por este. Es descriptivo debido a que busca obtener datos que permitan detallar y caracterizar al fenómeno sin compararlo con otros.

Es transversal porque la medición de los datos para cada unidad de la población analizada se realizó en una sola ocasión. Por último, es retrospectivo porque los datos utilizados para el estudio fueron recolectados de manera posterior al diseño de la investigación.

Lugar y periodo de estudio

La recolección de datos se llevó a cabo en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo (CHMH) ubicado en la ciudad de Aguascalientes, Aguascalientes. Los datos recabados corresponden a expedientes del periodo comprendido entre junio 2020 y junio 2021.

Población

La población considerada correspondió a todos los pacientes ingresados al servicio de urgencias del Centenario Hospital Miguel Hidalgo (CHMH) que cumplieron estrictamente con los criterios de inclusión durante el periodo determinado. Debido a que se trató de un estudio de tipo descriptivo, el muestreo a desarrollar no fue de tipo probabilístico.

Se contempló a todos los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y que formaban parte del periodo de estudio determinado. En este sentido, la presente investigación no cuenta con una muestra extraída de una población, sino que buscó realizar un censo de grupo.

Criterios de Selección

Criterios de inclusión

- Personas mayores de 18 años.
- Ambos sexos.
- Prueba PCR positiva para COVID-19 (Servicio de epidemiología del CHMH)

- Pacientes hospitalizados en el CHMH por neumonía secundaria a SARS-CoV2.

Criterios de exclusión

- Personas menores de 18 años.
- Estado de embarazo.
- Presencia de cuadro clínico compatible con neumonía viral con PCR negativa a Covid-19.
- Pacientes trasladados desde otros centros hospitalarios

Criterios de eliminación

- Expedientes que no tengan información sobre las variables consideradas.
- Fallecimiento del paciente.

Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Unidad de medida | Tipo de variable |
|-----------------------------|--|---|---------------------------|-------------------------|
| Edad | Tiempo transcurrido desde el nacimiento. | Tiempo en años que ha transcurrido desde el nacimiento hasta el llenado de la ficha clínica del paciente. | Años | Cuantitativa discreta. |
| Género | Expresión fenotípica del sexo biológico. | Sexo consignado en la ficha clínica del paciente. | Masculino Femenino | Cualitativa nominal. |
| Diagnóstico probable | Diagnóstico posible determinado al ingreso de la | Análisis realizado al paciente en su ingreso al hospital por el cual se determina | Enfermedad tipo influenza | Cualitativa nominal |

| | | | | |
|------------------------------------|---|--|---|-------------------------|
| | persona al centro de salud. | la posible enfermedad que le afecta. | Infección Respiratoria Aguda Grave | |
| Factores de riesgo | Presencia de uno o más trastornos que acompañan a la enfermedad tratada. | Presencia de uno o más enfermedades que padece el paciente además de la enfermedad provocada por COVID-19. | Diabetes EPOC Asma Inmunosupresión Obesidad Tabaquismo Hipertensión VIH/SIDA Otra | Cualitativa nominal |
| Antecedente vacunal | Condición indicativa de haber recibido dosis de un inmunógeno específico | Presencia en el expediente clínico de contar con antecedentes de vacunación contra COVID-19. | Sí No | Cualitativa nominal |
| Ingreso a UCI | Requerimiento de atención sanitaria en terapia intensiva. | Ingreso del paciente a la Unidad de Cuidados Intensivos registrado en la ficha clínica. | Sí No | Cualitativa dicotómica. |
| Uso de ventilación mecánica | Uso de un apoyo externo al paciente con condición respiratoria insuficiente para la mejora de la oxigenación. | Instalación de ventilación mecánica al paciente registrada en el expediente clínico. | Sí No | Cualitativa nominal. |
| Tipo de flujo utilizado | Tipo de flujo empleado durante | Tipo de flujo que se empleó en el | Alto flujo | Cualitativa nominal. |

| | | | | |
|---|--|---|-----------------------------------|------------------------|
| | la ventilación mecánica invasiva. | paciente mientras estuvo sujeto a ventilación mecánica invasiva | Bajo flujo | |
| Evolución | Causa que produce el alta del paciente. | Causa mediante la cual el paciente es dado de alta de su internamiento en una unidad de salud determinada. | Mejoría Traslado Voluntaria | Cualitativa nominal. |
| Días de estancia intrahospitalaria | Tiempo transcurrido desde el internamiento del paciente hasta su egreso. | Cantidad de días transcurridos desde el inicio de la estancia intrahospitalaria hasta el egreso del paciente. | Días | Cuantitativa discreta. |
| Estancia hospitalaria prolongada | Número de días de estancia hospitalaria a partir de los cuales se considera que se ha prolongado la estancia del paciente más allá de lo normal. | Estancia de internamiento del paciente de más de nueve días. | Sí No | Cualitativa nominal. |
| Cociente PaO2/FiO2 | Relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno. | Valor bioquímico del paciente para efectos de valoración del estado respiratorio. | Escala | Cuantitativa discreta |

Descripción general del estudio

Previa aceptación por el comité institucional y junto con el servicio de epidemiología del CHMH, se integraron todos expedientes clínicos de los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión. Posteriormente, se creó una base de datos, se revisó y analizó cada expediente y se procedió a la captura de datos arrojados en cada variable, con el objetivo de generar la fórmula necesaria para el cálculo del cociente PaO_2/FiO_2 .

Una vez que se recopilaron la totalidad de los datos, se procedió al análisis estadístico de cada variable mediante las pruebas pertinentes. Finalmente, se hizo al análisis de los resultados y se realizó la discusión correspondiente, tomando como referencia la bibliografía previamente revisada en los antecedentes.

Análisis estadístico

Ya que se trata de una investigación de tipo descriptiva, en un primero momento, el análisis de los datos se llevó a cabo por medio de estadística descriptiva. El plan de análisis busca conocer la ocurrencia de los indicadores a través de medidas de frecuencia (porcentajes y frecuencias simples), así como de las características de la población y su comportamiento por medio de medidas de tendencia central (media, mediana y moda) para variables escalares, y proporciones, tasas y razones para variables ordinales y nominales.

Los datos obtenidos fueron tabulados a través de la hoja de cálculo Microsoft Excel y posteriormente importados al software especializado Statistics Package for the Social Sciences (SPSS) versión 26.0 para su análisis estadístico. Los resultados se expresan en sintaxis estadística acompañada de gráficas y tablas. A fin de determinar la relación existente entre los días de estancia hospitalaria y el cociente PaO_2/FiO_2 , se empleó una prueba de correlación de Pearson; mientras que para conocer la relación entre la estancia hospitalaria prolongada y el cociente PaO_2/FiO_2 en sus formas ordinales se empleó una prueba de Chi-cuadrado. Ambas pruebas estadísticas están acompañadas de diagramas de dispersión y de cajas. Con el propósito de conocer la capacidad predictiva del cociente PaO_2/FiO_2 y de determinar el punto de corte más óptimo para su uso, se empleó la prueba de Curva ROC de manera que pueda comprobarse la capacidad discriminatoria del propio cociente.

Resultados

En esta sección se describen los resultados obtenidos tras la aplicación del análisis estadístico a los datos registrados. A continuación, se muestran las características sociodemográficas de la muestra de pacientes (n=550), tales como la edad, sexo, diagnóstico, factores de riesgo y vacunación contra el SARS-CoV2. También se consignan los resultados encontrados para las variables consideradas durante la atención médica, que son intubación de alto o bajo flujo, grados de evolución (mejoría), número total de días de la estancia hospitalaria, que en este caso se consideró que una EHP es mayor a 9 días y, finalmente, los valores del cociente PaO_2/FiO_2 que registraron los pacientes de la muestra. Posteriormente, se presentan los resultados arrojados por la correlación estadística entre las variables estancia hospitalaria y los valores del cociente PaO_2/FiO_2 observados. Finalmente, se muestran los resultados obtenidos con la aplicación del análisis ROC en estas dos variables (escalares y agrupadas), que muestran el grado de sensibilidad y valor predictivo de este cociente para EHP.

Características sociodemográficas de la muestra

En la tabla 3, se reporta que del total de la muestra de 550 pacientes; 26,9% tenían entre 51 y 60 años de edad; 17,8%, entre 41 y 50 años; 16,4%, entre 61 y 70 años; 14,5%, entre 71 y 80 años; 10,5%, entre 31 y 40 años; 6,4%, entre 21 y 30 años y el 1,6% restante tenían 20 años o menos.

Tabla 3. Distribución de la muestra por edad

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|-------------------|---------|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Categorías | <= 20 | 9 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| | 21 - 30 | 35 | 6,4 | 6,4 | 8,0 |
| | 31 - 40 | 58 | 10,5 | 10,5 | 18,5 |
| | 41 - 50 | 98 | 17,8 | 17,8 | 36,4 |
| | 51 - 60 | 148 | 26,9 | 26,9 | 63,3 |
| | 61 - 70 | 90 | 16,4 | 16,4 | 79,6 |
| | 71 - 80 | 80 | 14,5 | 14,5 | 94,2 |
| | 81+ | 32 | 5,8 | 5,8 | 100,0 |
| | Total | 550 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

En cuanto a la edad de los pacientes, se obtuvo una media de 55,53 años, con un mínimo de edad de 18 años y un máximo de 97 años. La desviación estándar fue de 16.241 años y la varianza, 263.768 años (Tabla 4).

Tabla 4. Descriptivo estadístico de la edad

| | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación | Varianza |
|-------------|----------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|-----------------|
| Edad | 550 | 11 | 97 | 55,53 | 16,241 | 263,768 |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

La Tabla 5 muestra el sexo de los pacientes de la muestra; 56,5% eran hombres, frente al 43,5% de mujeres.

Tabla 5. Distribución de la muestra por sexo

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---------------|-----------|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Válido | Femenino | 239 | 43,5 | 43,5 | 43,5 |
| | Masculino | 311 | 56,5 | 56,5 | 100,0 |
| | Total | 550 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Para este estudio también se consideró el diagnóstico más probable en cada uno de los pacientes, que incluyó la Enfermedad Tipo influenza (ETI) e infección respiratoria aguda grave (IRAG). En la Tabla 6 se registró que, del total de pacientes estudiados, 95,1% tuvo un diagnóstico de IRAG, mientras que el 4,9% fue diagnosticado con ETI.

Tabla 6. Diagnóstico probable

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---------------|-------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válido | ETI | 27 | 4,9 | 4,9 | 4,9 |
| | IRAG | 523 | 95,1 | 95,1 | 100,0 |
| | Total | 550 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

También se describe un total de 10 condiciones de salud que se presentan como factores de riesgo para desarrollar SDRA. En la Tabla 7 se observa, con mayor prevalencia, la hipertensión (39.6%), diabetes Mellitus (32.9%) y la obesidad (22.2%), siendo las tres condiciones mayormente observadas en los pacientes.

Tabla 7. Comorbilidades asociadas

| | No | | Sí | |
|----------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
| | Recuento | % del N | Recuento | % del N |
| Diabetes | 369 | 67,1% | 181 | 32,9% |
| EPOC | 526 | 95,6% | 24 | 4,4% |
| Asma | 530 | 96,4% | 20 | 3,6% |
| Inmunosupresor | 538 | 97,8% | 12 | 2,2% |
| Enfermedad cardiaca | 520 | 94,5% | 30 | 5,5% |
| Obesidad | 428 | 77,8% | 122 | 22,2% |
| Tabaquismo | 504 | 91,6% | 46 | 8,4% |
| Hipertensión | 332 | 60,4% | 218 | 39,6% |
| VIH/SIDA | 546 | 99,3% | 4 | 0,7% |
| Otra condición | 543 | 98,7% | 7 | 1,3% |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Finalmente, 95,1% de los pacientes aún no estaban vacunados contra el SARS-CoV2, frente al 4,9% que sí recibieron la vacuna antes de enfermar (Tabla 8).

Tabla 8. Vacunación contra SARS-CoV-2

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|--|-------|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | No | 523 | 95,1 | 95,1 | 95,1 |
| | Sí | 27 | 4,9 | 4,9 | 100,0 |
| | Total | 550 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Resultados de las variables consideradas durante la atención médica

El porcentaje de pacientes del total de la muestra que fueron remitidos a la UCI fue de 5,1% (28 pacientes), mientras que 94,9% restante ameritó ingreso a esta área (Tabla 9).

Tabla 9. Pacientes ingresados a UCI

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---------------|-------|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Válido | No | 522 | 94,9 | 94,9 | 94,9 |
| | Sí | 28 | 5,1 | 5,1 | 100,0 |
| | Total | 550 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

La Tabla 10 muestra las estrategias de ventilación en los pacientes, donde el 12,5% requirieron ventilación mecánica asistida; 44% recibieron terapia de alto flujo y recibieron bajo flujo.

Tabla 10. Estrategia de ventilación

| | Sí | |
|-------------------|-----------|-----------------|
| | Recuento | % del N de fila |
| Intubación | 69 | 12,5% |
| Alto flujo | 242 | 44,0% |
| Bajo flujo | 239 | 43,5% |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

De igual forma, se determinó la media de días de estancia hospitalaria de los pacientes de la muestra. Los resultados se presentan en la Tabla 11, donde se observa que esta media fue de 10,13 días, considerada prolongada, con un mínimo de 0 días y un máximo de 77 días. La desviación estándar fue de 11.863 días y la varianza, 140.740.

Tabla 11. Descriptivo estadístico de la estancia hospitalaria

| | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación | Varianza |
|--------------------------------------|----------|---------------|---------------|--------------|-----------------------------|-----------------|
| Días de estancia hospitalaria | 550 | 0 | 77 | 10,13 | 11,863 | 140,740 |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Finalmente, el descriptivo estadístico del cociente PaO_2 / FiO_2 se presenta en la Tabla 12. Como puede observarse, se registró una media para este valor de 183.07 mmHg, con un mínimo de 75 y un máximo de 287. La desviación estándar se determinó en 48.202, con una varianza igual a 2323.469.

Tabla 12. Descriptivo estadístico del cociente PaO_2 / FiO_2

| | N | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Desviación | Varianza |
|------------------|----------|---------------|---------------|--------------|-----------------------------|-----------------|
| PAO2/FIO2 | 550 | 75 | 287 | 183,07 | 48,202 | 2323,469 |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Correlación estadística entre variables

Se determinó la correlación entre las variables días de estancia hospitalaria y el cociente PaO_2 / FiO_2 . Para ello, se aplicó una prueba de correlación de Pearson de tipo bilateral para variables escalares. Los resultados se presentan en la Tabla 13, en la cual se observa que dicha correlación es significativa pues su obtuvo un valor de $p = 0.01$.

Tabla 13. Correlación entre días de estancia hospitalaria y cociente PaO₂/FiO₂

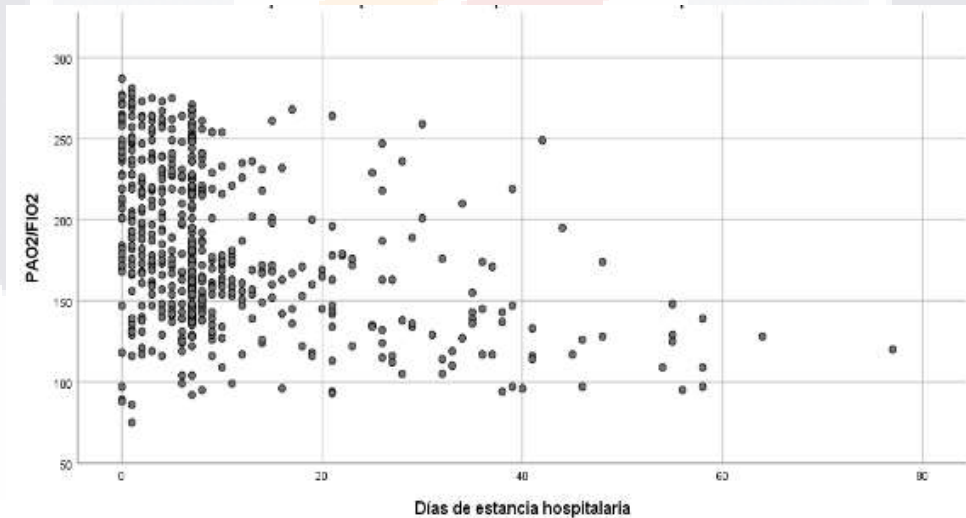
| | | Días de estancia hospitalaria | PAO ₂ /FIO ₂ |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Días de estancia hospitalaria | Correlación de Pearson | 1 | -,390** |
| | Sig. (bilateral) | | ,000 |
| | N | 550 | 550 |
| PAO ₂ /FIO ₂ | Correlación de Pearson | -,390** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | |
| | N | 550 | 550 |

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Para poder observar con mayor claridad la correlación entre estas variables, se construyó un diagrama de dispersión (Figura 1), donde se muestra de forma más visual la correlación significativa encontrada, ya que conforme disminuye el valor del cociente PaO₂/FiO₂, aumentan los días de hospitalización.

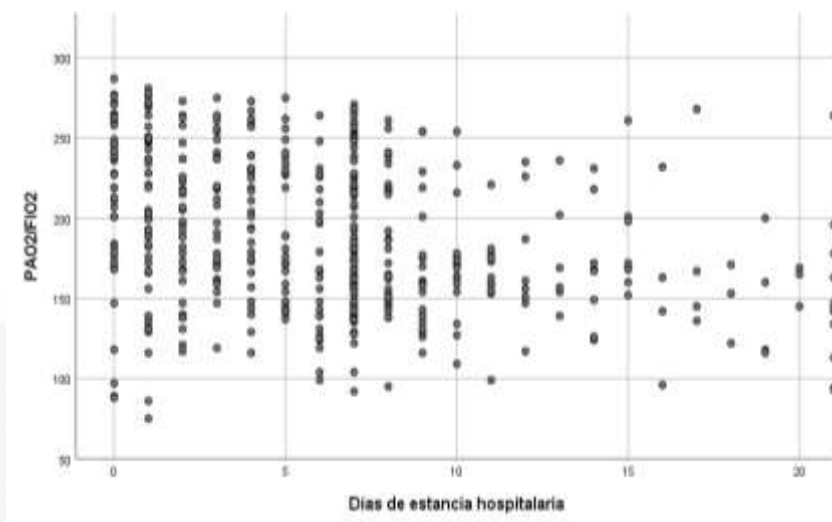
Figura 1. Dispersión simple de PaO₂/FiO₂ por días de estancia hospitalaria, de 0 a 80 días



Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

En el siguiente diagrama (Figura 2) se acortó el rango de días para evidenciar con mayor detalle la dispersión de los datos, lo que permite corroborar aún más la correlación encontrada.

Figura 2. Dispersión simple de PaO₂/FiO₂ por días de estancia hospitalaria, de 0 a 21 días



Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Estas mismas variables fueron agrupadas para establecer su correlación con una prueba de Chi Cuadrado. En la Tabla 14 se agrupa la variable estancia hospitalaria, donde se encontró que el 71,6% de los pacientes presentaron una EHP considerada prolongada (mayor a nueve días) y el 28,4% restante tuvieron una estancia no prolongada.

Tabla 14. Estancia hospitalaria

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---------------|--|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Válido | Estancia prolongada (9 o más días) | 394 | 71,6 | 71,6 | 71,6 |
| | Estancia no prolongada (menos de 9 días) | 156 | 28,4 | 28,4 | 100,0 |
| | Total | 550 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

En la Tabla 15 se presenta la variable agrupada del cociente PaO₂/FiO₂, de acuerdo con sus grados de severidad para SDRA. Se observa que el 60,4% de los pacientes presentaron un SDRA moderado; 36,4%, SDRA leve y solamente el 3,3% SDRA grave.

Tabla 15. Grado de severidad para SDRA, según el cociente PaO₂/FiO₂

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---------------|--|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válido | Severa (PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 100) | 18 | 3,3 | 3,3 | 3,3 |
| | Moderada (PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 200 pero > 100) | 332 | 60,4 | 60,4 | 63,6 |
| | Leve (PaO ₂ /FiO ₂ ≤ 300 pero > 200) | 200 | 36,4 | 36,4 | 100,0 |
| | Total | 550 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

En la Tabla 16 se relacionó la estancia hospitalaria no prolongada con el cociente PaO₂/FiO₂, obteniendo un mínimo de 75 y máximo de 287, con una media de 193 para la muestra total y una desviación estándar igual a 47. En el caso de la EHP, se obtuvo un valor mínimo de 93 y máximo de 268, con una media de 158 y desviación estándar de 41.

Tabla 16. Estancia hospitalaria y valor del cociente PaO₂/FiO₂

| | | PAO2/FIO2 | | | |
|----------------------------|------------------------|-----------|--------|--------|---------------------|
| | | Media | Máximo | Mínimo | Desviación estándar |
| Estancia prolongada | Estancia no prolongada | 193 | 287 | 75 | 47 |
| | Estancia prolongada | 158 | 268 | 93 | 41 |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Los resultados obtenidos de la correlación estadística entre estas variables agrupadas se presentan en la Tabla 17. Se encontró que el 71,6% de los pacientes del total muestra presentaron una estancia hospitalaria no prolongada, mientras que 28,4% tuvieron una EHP, ya que el valor de PaO₂/FiO₂ fue <200. Destaca que 55,6% de los pacientes con cociente severo para SDRA requirieron EHP, contra 44.5% que no la necesitaron.

Tabla 17. Tabla cruzada para estancia hospitalaria y cociente PaO₂/FiO₂

| | | | PAO ₂ /FIO ₂ | | | Total |
|----------------------------|------------------------|---|------------------------------------|----------|--------|--------|
| | | | Severa | Moderada | Leve | |
| Estancia prolongada | Estancia no prolongada | Recuento | 8 | 210 | 176 | 394 |
| | | % dentro de PAO ₂ /FIO ₂ | 44,4% | 63,3% | 88,0% | 71,6% |
| | Estancia prolongada | Recuento | 10 | 122 | 24 | 156 |
| | | % dentro de PAO ₂ /FIO ₂ | 55,6% | 36,7% | 12,0% | 28,4% |
| Total | | Recuento | 18 | 332 | 200 | 550 |
| | | % dentro de PAO ₂ /FIO ₂ (Agrupada) | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

Fuente: Datos recabados de los expedientes clínicos.

Para determinar si esta correlación entre variables es significativa, se aplicaron pruebas de Chi cuadrado y exacta de Fisher, cuyos resultados se presentan en la Tabla 18. Se puede observar que existe una relación significativa entre ambas variables, con una p>0.0001, para n=550.

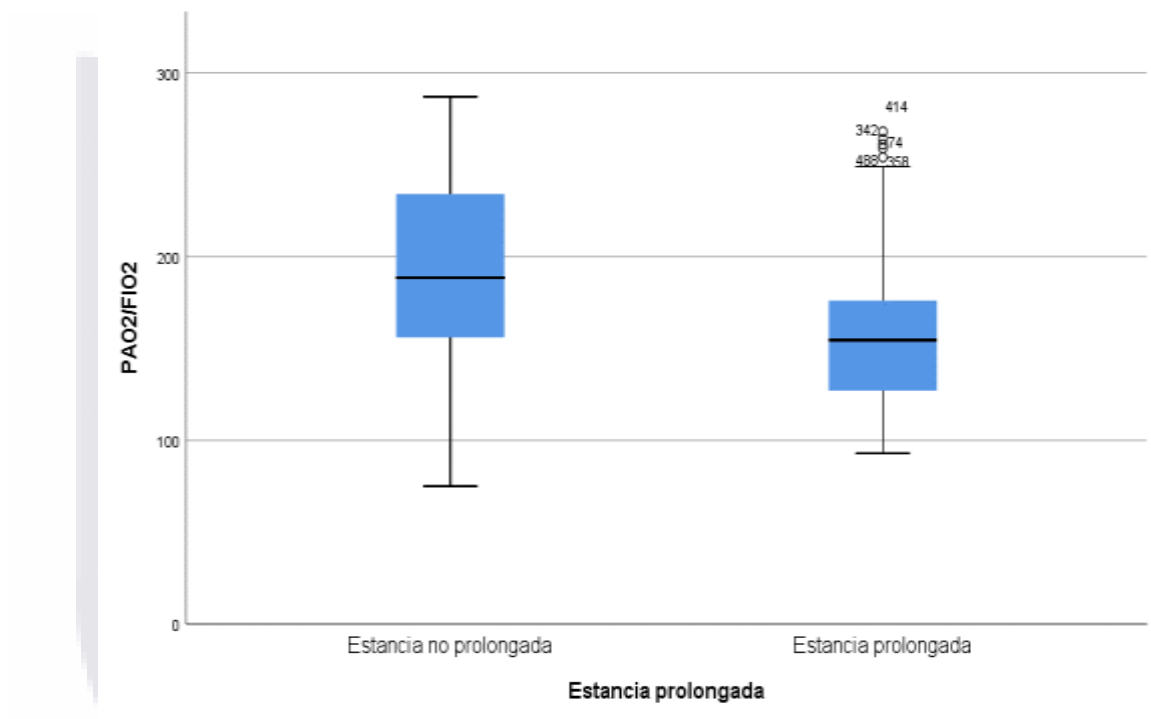
Tabla 18. Prueba de Chi cuadrado para cociente PaO₂/FiO₂ y estancia hospitalaria

| | Valor | df | Significación asintótica (bilateral) | Significación exacta (bilateral) | Significación exacta (unilateral) | Probabilidad en el punto |
|--|---------------------|----|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | 44,391 ^a | 2 | ,000 | ,000 | | |
| Razón de verosimilitud | 47,847 | 2 | ,000 | ,000 | | |
| Prueba exacta de Fisher | 47,557 | | | ,000 | | |
| Asociación lineal por lineal | 44,071 ^b | 1 | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| N de casos válidos | 550 | | | | | |
| a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 5,11. | | | | | | |
| b. El estadístico estandarizado es -6,639. | | | | | | |

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

Al organizar las variables cociente PaO_2/FiO_2 y estancia hospitalaria en un diagrama de cajas (Figura 3), se pudo interpretar con mayor detalle esta relación estadística; conforme la mediana del cociente PaO_2/FiO_2 se acerca a un valor <200 , mayor es la EHP.

Figura 3. Diagrama de cajas de PaO_2/FiO_2 por estancia hospitalaria

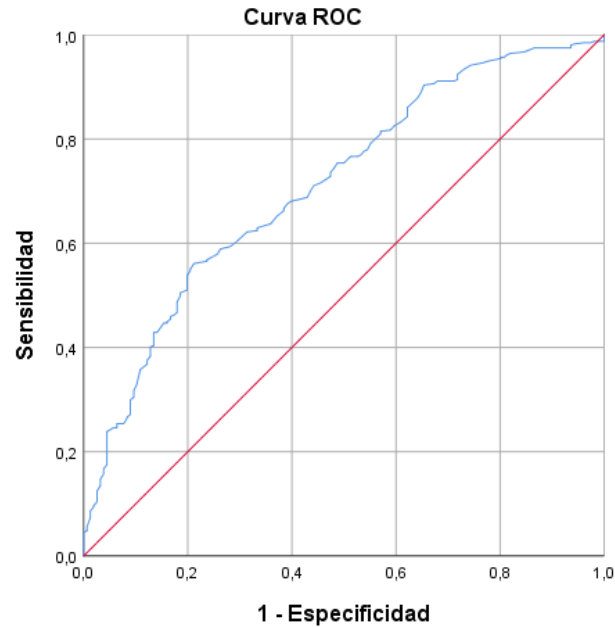


Fuente: Datos recabados de los expedientes clínicos.

Análisis del cociente PaO_2/FiO_2 como factor para predecir EHP

Se aplicó un análisis Receiver Operating Characteristic (ROC) para determinar el valor predictivo de este cociente. La Figura 4 muestra el análisis para variables escalares, donde se encontró que el cociente PAO_2/FIO_2 permite predecir EHP hasta en el 71.2 de los casos.

Figura 4. Curva ROC para cociente PaO₂/FiO₂ y EHP

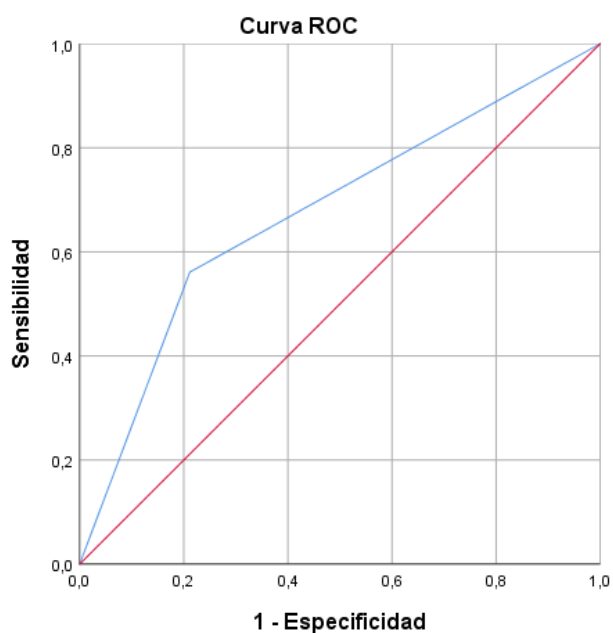


Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

| Área bajo la curva | |
|---------------------------|--------------|
| | 0,712 |

En la figura 5 de la siguiente página se muestran los resultados para las variables agrupadas. Se obtuvo una sensibilidad de 0.98 y una especificidad de 0.85, aproximadamente. La curva permitió encontrar un punto de corte para PAO₂/FIO₂ = 178 mmHg. Por tanto, se puede interpretar que cuando el valor es mayor a 178, los pacientes tienen menor riesgo de EHP; en caso contrario, si dicho cociente resulta menor a 178, entonces aumenta la probabilidad de EHP. Esta situación se presenta en el 67.5% de los casos. Este punto de corte puede servir para tomar las mejores decisiones en cuanto a la derivación y selección de tratamientos de los pacientes que llegan al hospital.

Figura 5. Curva ROC para cociente PaO_2/FiO_2 y EHP, con punto de corte



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Fuente: Datos recabados de expediente electrónico.

| | |
|---------------------------|--------------|
| Área bajo la curva | |
| | 0,675 |

Discusión de resultados

El objetivo central de esta investigación fue determinar el valor predictivo del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ para EHP en pacientes positivos a COVID-19, como factor de riesgo independiente. Se aplicó un diseño de investigación cualitativo de corte observacional, retrospectivo, transversal, en una muestra de 550 pacientes diagnosticados con esta enfermedad y desarrollo de SDRA que fueron atendidos en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo de la ciudad de Aguascalientes, México.

El presente estudio mostró la utilidad clínica y predictora del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$. Específicamente, se encontró que valores menores a 200 mmHg se relacionaban con mayor probabilidad de EHP en los pacientes, con una sensibilidad y especificidad mayor a 95% y 85%, respectivamente. El promedio de EHP fue de 10,13 días y esta predicción fue válida para un 66% de los casos observados.

Los resultados del presente estudio convergen con los hallados en el año 2021 por Zinellu et al. (3) en Italia, quienes reportaron de igual forma que, valores menores de 200 mmHg para el ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ se correlacionan significativamente con un estado de hipoxemia y una EHP en los pacientes ($p=0.03$). Sin embargo, existen diferencias significativas con estos investigadores ya que midieron otras variables como la severidad en signos del patrón tomográfico de tórax, bajo recuento de linfocitos y de LDH, intensidad de los cuidados proporcionados por el personal médico, la aplicación de ventilación mecánica asistida y, finalmente, el valor de la proteína C reactiva. Es importante mencionar que los valores del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ suelen disminuir conforme aumenta la edad del paciente enfermo, situación que fue observado por estos investigadores y que de igual forma resultó consistente con los datos del presente estudio, ya que la media de edad de los pacientes fue de 55,53 años que presentaron un cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ de 100 mmHg.

También se obtuvieron resultados similares a los reportados por Gupta et al. (10) en 2020. En su muestra de 2,215 pacientes refirieron que un ratio de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menor a 100 relacionado con el desarrollo de un estado hipoxémico, se correlacionan a un mayor riesgo de morbimortalidad y una EHP, en este caso de 28 días. Las diferencias con estos investigadores fueron que determinaron otros factores relacionados con el mismo pronóstico,

como el desarrollo de falla multiorgánica.

Como puede observarse, los valores del cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menores a 200 mmHg no solamente permiten predecir EHP, sino una mayor morbimortalidad e incluso pueden indicar la necesidad de terapia de ventilación mecánica asistida en estos casos, así lo determinaron Chew et al. (14) en 2020. Encontrando diferencias relevantes con los objetivos de este estudio. Describiendo no solo la correlación con una EHP, sino también asociado a factores fisiológicos alterados, como el incremento en la cuenta de glóbulos blancos y reducidos niveles de plaquetas, bajos niveles de albúmina sérica, entre otros.

Es relevante que un cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$ mmHg, o inclusive < 100 mmHg en pacientes con COVID-19, también se correlaciona con un patrón tomográfico específico (opacidades bilaterales no justificadas por derrame), atelectasias o nódulos pulmonares, es decir un CORADS 4 o 5 que aumentan la tasa de morbimortalidad hasta un 73,3% (10). Un hallazgo que también ha sido registrado por otros investigadores, pero que tampoco se incluyó en el presente estudio.

Como se dijo, la EHP promedio encontrada en este estudio fue de 10.13 días, resultado que coincide con lo reportado por Chew et al. (14). Estos investigadores determinaron una EHP promedio de entre 11 y 16 días para pacientes con COVID-19 que lograron sobrevivir después de recibir ventilación mecánica asistida en la UCI. Sus valores medios reportados del cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, fue de 194 mmHg.

Se sabe que los pacientes enfermos que registran valores menores de 200 mmHg en el ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ durante la etapa aguda de la enfermedad, requieren de atención médica especializada. Así lo reportó en 2021 un estudio de seguimiento clínico elaborado por Yolanda Meije et al. (16) en Barcelona, España. En su estudio dieron seguimiento médico durante siete meses a pacientes que sobrevivieron a esta enfermedad y registraron que 50% de ellos aún presentaban síntomas persistentes al final del seguimiento, tales como disnea, astenia y trastornos psicológicos relacionados. En este contexto, se observa que un valor bajo del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ podría también predecir secuelas de esta enfermedad en el mediano o largo plazo. Un aspecto que tampoco se estudió en esta investigación y que podría ser de gran utilidad para mejorar la atención de los sobrevivientes a COVID-19.

A pesar de que los estudios sobre este tema son escasos en México, investigadores del Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga (5) reportaron en 2020 un promedio total de EHP de 15.5 días en pacientes con COVID-19 que lograron sobrevivir a la terapia de ventilación mecánica asistida. Además, estos mismos pacientes presentaron un promedio del cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menor a 100 y tenían menor edad en comparación con los pacientes fallecidos. Cabe resaltar que este estudio encontró que la estancia hospitalaria es más prolongada en los pacientes que sobrevivieron a esta enfermedad respecto de los que murieron, independientemente de cuántos días pasaron en la UCI. En este sentido, es necesario reflexionar que una EHP sin duda representa mayores costos hospitalarios, recursos materiales y humanos, etc.

Conclusiones

Después de la aplicación y desarrollo del presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

- El cociente $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ es un factor que permite predecir una EHP en pacientes con COVID-19 que fueron atendidos en la UCI del CHMH por el desarrollo de un SDRA de grado severo.
- El radio promedio encontrado para $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ fue de 183,07 mmHg. predicción es válida en el 60% de los casos evaluados.
- El promedio de hospitalización observado fue de 10,13 días.
- Se encontró un punto de corte para $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ igual a 178 mmHg que permite predecir estancia hospitalaria prolongada en el 67.5% de los casos analizados, con una sensibilidad de 0.98 y una especificidad de 0.85.
- Entre los aspectos epidemiológicos más característicos de la muestra poblacional estudiada destacaron una edad promedio de 55,53 años; mayor presencia de hombres que de mujeres; en su mayoría con diagnóstico probable de IRAG; se encontraron un total de diez enfermedades que probablemente fueron factores de riesgo para el desarrollo de la IRAG, como la diabetes, EPOC, el asma, enfermedades inmunosupresoras, enfermedad cardíaca, obesidad, tabaquismo, hipertensión arterial e infección VIH/SIDA. Se precisa importante mencionar que el 95,1% de los

pacientes no estaban vacunados contra el SARS-CoV-2; solamente 5,1% se remitieron a la UCI; de aquellos que requirieron ser intubados, 44,0% recibieron intubación de alto flujo y 44,7%, de bajo flujo. Asimismo, el 86,5% presentaron mejoría en su estado de salud y el resto requirieron ser trasladados.

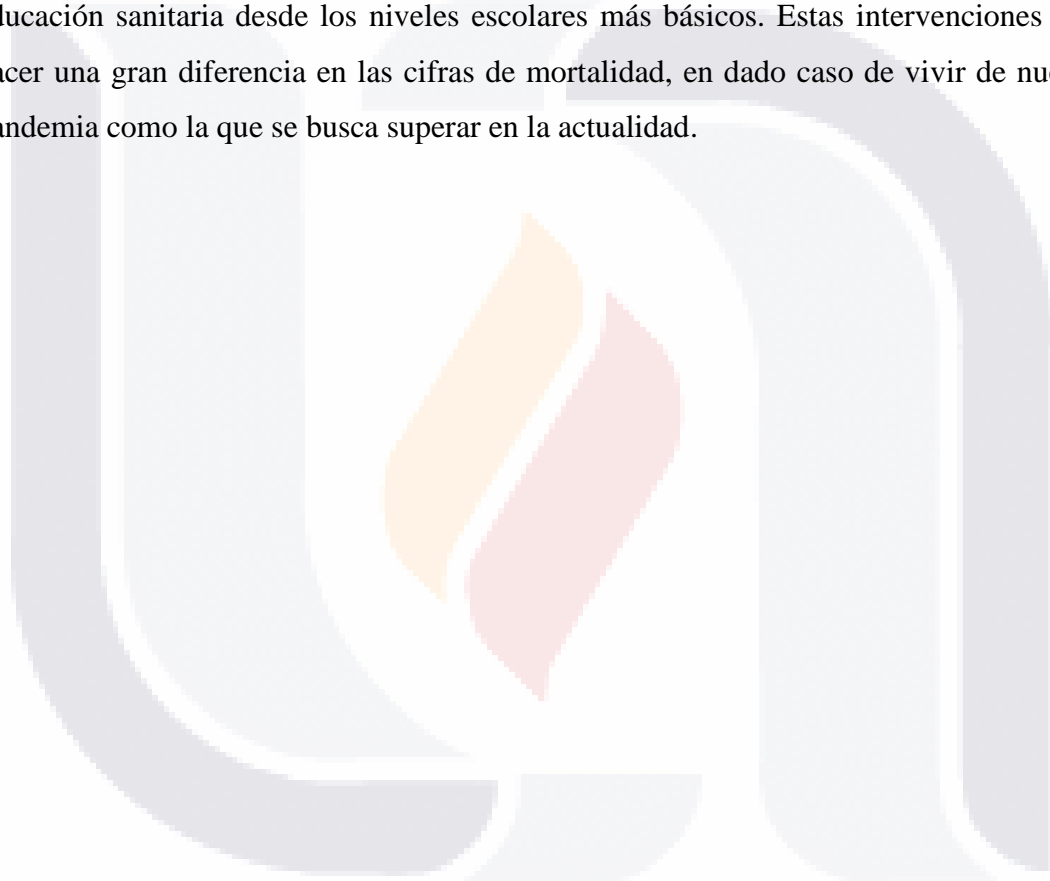
A la luz de estas conclusiones, se acepta la hipótesis de trabajo planteada al inicio de esta investigación: El valor del ratio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ al momento del ingreso hospitalario cuenta con capacidad predictiva mayor al 60% para determinar la estancia de hospitalización prolongada en pacientes afectados por COVID-19, diagnosticados con una prueba PCR positiva.

Con base en la literatura médica disponible, hasta el momento una EHP podría estar relacionada a muchos otros factores fisiológicos o terapéuticos que se han observado en pacientes con COVID-19, por ejemplo, el desarrollo de hipoxemia dada por valores de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$, o incluso, < 100 mmHg; desarrollo de una SDRA atípica; necesidad de aplicar terapia de ventilación mecánica asistida; signos severos característicos en el patrón del análisis tomográfico de tórax; falla renal y cardíaca, sobreinfección bacteriana; recuento bajo de linfocitos, así como efectos secundarios a mediano y largo plazo después de haber sobrevivido a la enfermedad, tales como disnea, astenia y alteraciones psicológicas. Por eso se recomienda realizar más estudios que consideren estos factores para evaluar la capacidad predictiva de este cociente.

La importancia que tienen este tipo de estudios radica en que permiten determinar valores clínicos más precisos que, bajo evidencia médica y científica, puedan ofrecer mejores pautas de actuación terapéutica para la toma de decisiones durante el proceso de atención en las UCI. En este sentido, el punto de corte encontrado para $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ podría contribuir a determinar qué tipo de pacientes es necesario direccionar a la UCI para ser intubados, un aspecto que en la práctica debería estar bien identificado. Se espera que este estudio sea un paso hacia esa dirección. Sin embargo, la ciencia médica requiere de mayor robustez en sus evidencias, algo que se logra con la investigación de campo clínico, ya que solamente de esta forma se puede lograr la mayor precisión en los conocimientos nuevos.

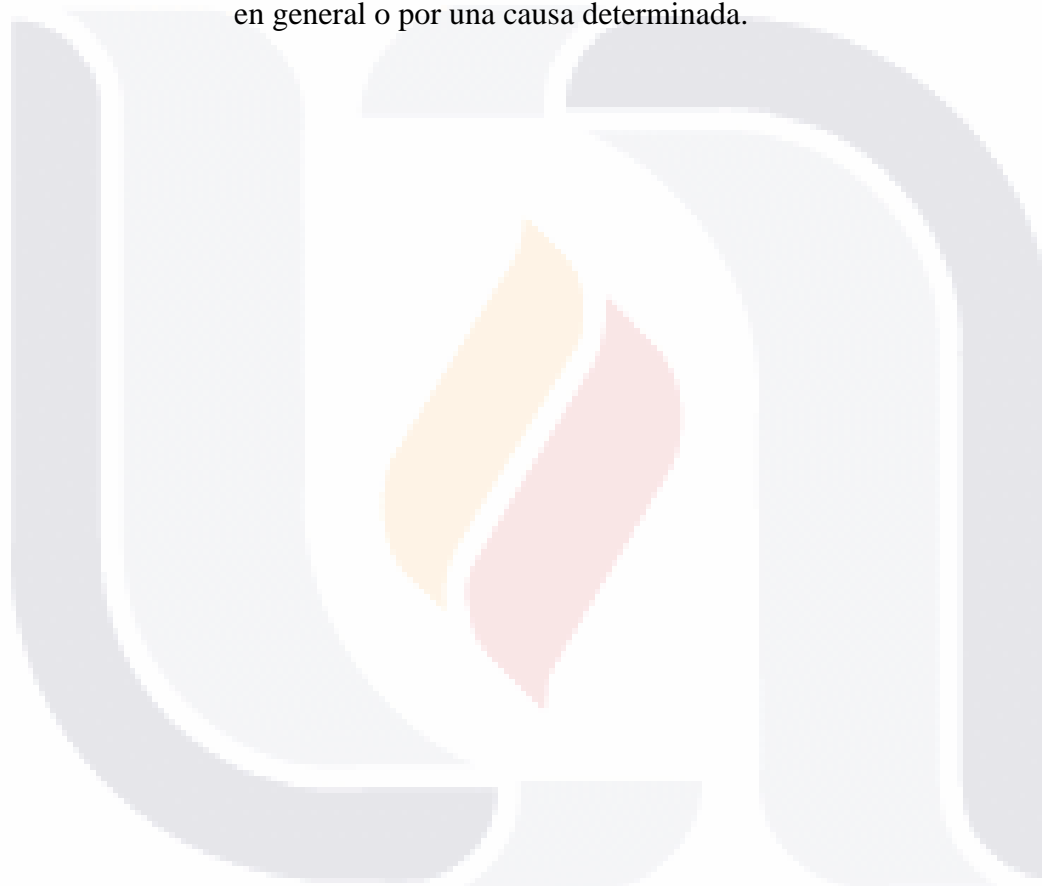
Como ocurrió en otras naciones de América Latina, en el caso de México la contingencia

sanitaria provocada por la COVID-19 fue un evento extraordinario para el sistema de salud y puso en evidencia los ajustes y revisiones que se deben realizar. Además, mostró la necesidad de impulsar la investigación clínica y científica sobre enfermedades emergentes y en poblaciones específicas. El presente estudio contribuye a resolver esta problemática, al menos en parte. Se debe destacar que cualquier esfuerzo de este tipo de ir acompañado de un reforzamiento del sistema de salud, no solamente en la calidad de la atención médica, sino en actividades de prevención de enfermedades e implementar estrategias para una mejor educación sanitaria desde los niveles escolares más básicos. Estas intervenciones podrían hacer una gran diferencia en las cifras de mortalidad, en dado caso de vivir de nuevo una pandemia como la que se busca superar en la actualidad.



Glosario

| | |
|-------------------|---|
| Astenia | Med. Falta o decaimiento de fuerzas caracterizado por apatía, fatiga física o ausencia de iniciativa. |
| Disnea | Sensación de dificultad respiratoria. |
| Hipoxemia | Disminución anormal de la presión parcial de oxígeno en la sangre arterial por debajo de 60 mmHg. |
| Morbilidad | Proporción de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado. |
| Mortalidad | Tasa de muertes producidas en una población durante un tiempo dado, en general o por una causa determinada. |



Referencias

1. Morales-Aguirre, A. M.; Márquez-González, H.; Salazar-Rosales, H. et al. Cociente PaO₂/FiO₂ o índice de Kirby: determinación y uso en población pediátrica. El Residente [Internet]. 2015;10(2):88-92. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2015/rr152h.pdf>
2. Sandoval-Gutiérrez, J. L. A 40 años de la descripción del índice de Kirby (PaO₂/FiO₂). Medicina intensiva [Internet]. 2015;39(8):521-5. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-pdf-S0210569115001436>
3. Zinellu A, De Vito A, Scano V, Paliogiannis P, Fiore V, Madeddu G, et al. The PaO₂/FiO₂ ratio on admission is independently associated with prolonged hospitalization in COVID-19 patients. J Infect Dev Ctries. 2021;15(3):353-9.
4. J Chen 1, YF Zhu , ZQ Du , WF Li , MJ Zhang , SD Zhao , JW Ying , Z Li , HJ Miao. Predictors of mechanical ventilation for COVID-19: combined data from three designated hospitals. European Review for Medical and Pharmacological Sciences [Internet]. 2020;24:13065-71. Disponible en: <https://www.europeanreview.org/article/24214>
5. Álvarez-Maldonado P, Hernández-Ríos G, Ambríz-Mondragón JC, Gordillo- Mena JA, Morales-Serrano DF, Reding-Bernal A, et al. Características y mortalidad en pacientes mexicanos con COVID-19 y ventilación mecánica. Gaceta Médica de México [Internet]. 2021;157(1):103-7. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/gmm/v157n1/0016-3813-gmm-157-1-103.pdf>
6. World Health Organization. Nuevo coronavirus [Internet]. Who. 2019 [citado 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus->
7. Ferrando, C.; Mellado-Artigas, R.; Gea, A. Et. al. Características, evolución clínica y factores asociados a la mortalidad en UCI de los pacientes críticos infectados por SARS-CoV-2 en España: estudio prospectivo, de cohorte y multicéntrico. Revista Española de

- Anestesiología y Reanimación [Internet]. 67(8):425-37. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7357496/>
8. Grasselli G, Greco M, Zanella A, Albano G, Antonelli M, Bellani G, et al. Risk factors associated with mortality among patients with COVID-19 in intensive care units in Lombardy, Italy. *JAMA Intern Med.* 2020;180(10):1345-55.
 9. Abkhoo A, Shaker E, Mehrabinejad M-M, Azadbakht J, Sadighi N, Salahshour F. Factors predicting outcome in intensive care unit-admitted COVID-19 patients: Using clinical, laboratory, and radiologic characteristics. *Crit Care Res Pract.* 202d. C.;
 10. Gupta S, Hayek SS, Wang W, Chan L, Mathews KS, Melamed ML, et al. Factors associated with death in critically ill patients with Coronavirus disease 2019 in the US. *JAMA Intern Med.* 2020;180(11):1436-47.
 11. Elsevier Connect. Aparato respiratorio: disección de la máquina perfecta [Internet]. 2022. Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/aparato-respiratorio-diseccion-de-la-maquina-perfecta>
 12. Arismendi, E.; Barberá, J. A. Valoración del intercambio gaseoso [Internet]. Neumomadrid; [citado 30 de septiembre de 2022]. Disponible en: https://www.neumomadrid.org/wp-content/uploads/monogxviii_5._valoracion_del_intercambio.pdf
 13. Ávila, D.; García, B. D.; Salazar, G. et al. Ventilación mecánica en pacientes con SARS-CoV-2: estado del arte. *Colombian Journal of Anesthesiology* [Internet]. 2022;50:e971. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/rca/v50n2/es_2256-2087-rca-50-02-e300.pdf
 14. Chew SY, Lee YS, Ghimiray D, Tan CK, Chua GS. Characteristics and outcomes of COVID- 19 patients with respiratory failure admitted to a “pandemic ready” intensive care unit - lessons from Singapore. 2020;49(7):434-48.
 15. Cuervo RH, López MV. El gasto público en salud frente a la pandemia por CoVid 19 en

México. Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública [Internet]. 2020;Digital. Disponible en: <https://ipn.elsevierpure.com/en/publications/el-gasto-p%C3%BAblico-en-salud-frente-a-la-pandemia-por-covid-19-en-m%C3%A9xico>

16. Meije, Y.; Duarte-Borges, A.; Sanz, J. et al. Long-term outcomes of patients following hospitalization for coronavirus disease 2019: a prospective observational study. *Clinical Microbiology and Infection* [Internet]. 2021;27(8):1151-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33901667/>



