



SECRETARÍA
DE SALUD



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERETARO
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADOS
SERVICIOS DE SALUD DEL ESTADO QUERETARO
HOSPITAL GENERAL DE SAN JUAN DEL RIO, QUERÉTARO.

Título:

Índice ROX como predictor de respuesta a la terapia de oxígeno de bajo flujo en
pacientes con neumonía por SARS COV2.

INVESTIGADOR PRINCIPAL

Dra. Gabriela Castillo Gutiérrez
Residente de segundo año de Medicina Critica

INVESTIGADORES ASOCIADOS

Dr. Ernesto Deloya Tomas
M.E. Urgencias Médico Quirúrgicas y Medicina Critica

Dr. Orlando Rubén Pérez Nieto
M.E. Urgencias Médico Quirúrgicas y Medicina Critica

Dra. Ivette Mata Maqueda
Maestra en Educación y Ciencias de la Investigación

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina

**“ÍNDICE ROX COMO PREDICTOR DE RESPUESTA A LA TERAPIA DE
OXÍGENO DE BAJO FLUJO EN PACIENTES
CON NEUMONÍA POR SARS COV2”**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la

Subespecialidad en Medicina Crítica

Presenta:

Gabriela Castillo Gutiérrez

Med. Esp. Ernesto Deloya Tomas
Presidente

Firma

Med. Esp. Orlando Rubén Pérez Nieto
Secretario

Firma

Med. Esp. Ivette Mata Maqueda
Vocal

Firma

Med. Esp. Raúl Carranza Chávez
Suplente

Firma

Med. Esp. Sonia Cruz Gómez
Suplente

Firma

Centro Universitario,
Querétaro, Querétaro. Marzo 2026
México

RESUMEN

Título: Índice ROX como predictor de respuesta a la terapia de oxígeno de bajo flujo en pacientes con neumonía por SARS COV2.

Introducción: La neumonía por SARS-CoV2 representa una de las principales complicaciones del COVID-19, con un porcentaje significativo de pacientes que requieren soporte de oxigenoterapia. Tradicionalmente, se ha utilizado la ventilación mecánica invasiva como tratamiento de rescate; sin embargo, su uso prolongado está asociado a complicaciones y mayor mortalidad. El índice ROX, ha sido ampliamente estudiado como un predictor del éxito o fracaso de la oxigenoterapia de alto flujo. No obstante, su aplicación en la oxigenoterapia de bajo flujo no ha sido explorada a profundidad.

Material y métodos: Se realizó un estudio observacional, retrospectivo y transversal en 95 pacientes ingresados al servicio de urgencias del Hospital General de San Juan del Río, Querétaro, con diagnóstico confirmado de neumonía por SARS-CoV-2 que requirieron oxigenoterapia de bajo flujo. Se analizaron los valores de ROX en relación con la evolución clínica de los pacientes y la necesidad de intubación endotraqueal.

Resultados: Se identificó que un índice ROX inferior a 2.85 a las 2 horas de iniciada la oxigenoterapia se asoció con una mayor probabilidad de requerir ventilación mecánica invasiva, mientras que valores superiores a 3.47 a las 6 horas se relacionaron con una mayor tasa de supervivencia. La saturación de oxígeno mostró un incremento progresivo a lo largo de las primeras 24 horas, mientras que la frecuencia respiratoria se mantuvo elevada en la mayoría de los pacientes. Además, se encontró la presencia de comorbilidades como diabetes e hipertensión.

Conclusiones: El índice ROX demostró ser una herramienta útil para predecir la evolución de los pacientes con neumonía por SARS-CoV2 con oxigenoterapia de bajo flujo, permitiendo identificar a aquellos con mayor riesgo de requerir intubación temprana.

Palabras clave: Índice ROX, oxigenoterapia de bajo flujo, COVID-19.

ABSTRACT

Title: ROX index as a predictor of response to low-flow oxygen therapy in patients with SARS COV2 pneumonia.

Introduction: SARS-CoV2 pneumonia represents one of the main complications of COVID-19, with a significant percentage of patients requiring oxygen therapy support. Traditionally, invasive mechanical ventilation has been used as a rescue treatment; however, its prolonged use is associated with complications and increased mortality. The ROX index has been widely studied as a predictor of the success or failure of high-flow oxygen therapy. However, its application in low-flow oxygen therapy has not been explored in depth.

Material and methods: An observational, retrospective, and cross-sectional study was carried out in 95 patients admitted to the emergency department of the General Hospital of San Juan del Río, Querétaro, with a confirmed diagnosis of SARS-CoV-2 pneumonia who required low-flow oxygen therapy. ROX values were analyzed in relation to the clinical evolution of patients and the need for endotracheal intubation.

Results: A ROX index lower than 2.85 at 2 hours after starting oxygen therapy was identified as being associated with a higher probability of requiring invasive mechanical ventilation, while values higher than 3.47 at 6 hours were associated with a higher survival rate. Oxygen saturation showed a progressive increase over the first 24 hours, while respiratory rate remained high in most patients. In addition, the presence of comorbidities such as diabetes and hypertension was found.

Conclusions: The ROX index proved to be a useful tool to predict the evolution of patients with SARS-CoV2 pneumonia under low-flow oxygen therapy, allowing the identification of those at higher risk of requiring early intubation.

Keywords: ROX-index, low-flow oxygen, COVID-19

Dedicatoria

Dedico este trabajo a quienes han sido parte esencial de mi formación académica y personal.

A mis padres, por su apoyo constante y por inculcarme los valores del esfuerzo y la responsabilidad.

A mis docentes y mentores, por su compromiso con la educación y por brindarme las herramientas necesarias para crecer intelectual y profesionalmente.

Agradecimientos

La culminación de este trabajo de tesis no habría sido posible sin el apoyo y la guía de muchas personas, a quienes deseo expresar mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, agradezco profundamente a mi director de tesis, al Dr. Ernesto Deloya Tomas por su invaluable orientación, paciencia y dedicación durante todo este proceso. Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

A mis maestros en especial al Dr. Orlando Pérez Nieto, gracias por compartir sus conocimientos y fomentar en mí el pensamiento crítico y el amor por el aprendizaje.

Agradezco también a mis compañeros y compañeras de carrera, por su apoyo, colaboración y por hacer de esta etapa una experiencia enriquecedora y significativa.

Un reconocimiento especial a mi familia, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante en cada paso del camino. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

Finalmente, gracias a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a que este trabajo se hiciera realidad. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento

INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimientos	4
INDICE.....	5
Índice de figuras y tablas	7
Abreviaturas y siglas	8
I. Introducción.....	10
II. Justificación	12
III. Fundamentación teórica.....	14
III.1. Antecedentes históricos	14
III.2. Antecedentes de la neumonía por covid-19.....	15
III.2.1. Patogenia y características clínicas.....	16
III.2.2. Evolución de la enfermedad y factores determinantes en el pronóstico.....	17
III.3. Oxigenoterapia en neumonía por SARS-CoV-2	19
III.3.1.1. Oxigenoterapia nasal de alto flujo o de rendimiento fijo	21
III.3.1.2. Oxigenoterapia de bajo flujo o de rendimiento variable	22
III.4. Índice de ROX.....	24
III.5. Comorbilidades y su impacto en la neumonía por SARS-CoV-2	26
III.5.1. Diabetes, hipertensión, obesidad y enfermedades cardiovasculares.	26
IV. Pregunta de investigación.....	28
V. Hipótesis del trabajo	28
V.1. Hipótesis alterna	28
V.2. Hipótesis Nula	28
VI. Objetivo	28
VI.1. Objetivo general	28
VI.2. Objetivos específicos.....	29
VII. Metodología.....	30
VII.1. Diseño de la investigación.....	30
VII.2. Universo y lugar de investigación	30
VII.3. Descripción del estudio y criterios de selección.....	30
VII.3.1. Criterios de inclusión.....	31
VII.3.2. Criterios de exclusión	31
VII.3.3. Criterios de eliminación.....	31
VII.4. Variables por estudiar e instrumentos de medición.....	32
VII.5. Análisis estadístico	35
VII.6. Consideraciones éticas.....	35
VIII. Resultados.....	37

IX.	Discusión	43
X.	Conclusiones.....	46
XI.	Referencias bibliográficas	48
ANEXOS.....		53

Índice de figuras y tablas

Figura 1. Diagrama del desarrollo de la selección de expedientes de pacientes ingresados al servicio de urgencias con diagnóstico de neumonía por COVID 19 que requirieron oxigenoterapia	37
Figura 2. Comparación de los puntajes de índice de ROX en las primeras 24 horas desde el ingreso de los pacientes con diagnóstico de neumonía por COVID 19	41
Figura 3. Gráficas de Kaplan-Meier para comparar la probabilidad de supervivencia en los distintos puntos de corte del índice de Rox.	42
Figura 4. Gráficas de Kaplan-Meier para comparar la probabilidad de intubación en los distintos puntos de corte del índice de Rox	42
Tabla 1. Datos descriptivos de los pacientes con diagnóstico de COVID 19 que requirieron oxigenoterapia a su ingreso al servicio de urgencias.....	38
Tabla 2. Comorbilidades presentes en los pacientes con diagnóstico de COVID 19 que requirieron oxigenoterapia a su ingreso al servicio de urgencias	38
Tabla 3. Características de las pruebas y tratamiento de los pacientes con diagnóstico de COVID 19 que requirieron oxigenoterapia a su ingreso al servicio de urgencias	39
Tabla 4. Datos clínicos en las primeras 24 horas desde el ingreso de los pacientes con diagnóstico de neumonía por COVID 19 ingresados al servicio de urgencias	40

Abreviaturas y siglas

AHRF: insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda

AVM: ventilación mecánica adaptativa

BTS: British Thoracic Society

CNAF: Cánula nasal de alto flujo

COVID-19: Enfermedad por Coronavirus 2019

CPAP: presión positiva continua en la vía respiratoria

DE: desviación estándar

DM: Diabetes mellitus

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica

FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno

FC: frecuencia cardiaca

FR: frecuencia respiratoria

HAS: hipertensión arterial

IMC: índice de masa corporal

IOT: intubación orotraqueal

IR: insuficiencia respiratoria

IRHA: insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda

iROX: índice ROX

kPa: kilopascal

mmHg: milímetros de mercurio

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONAF: oxígeno nasal de alto flujo

PaO₂: Presión parcial de oxígeno en sangre arterial

PEEP: presión positiva al final de la espiración

ROC: curva del operador del receptor

ROX: relación de oximetría de pulso/fracción de oxígeno inspirado/frecuencia respiratoria

RT-PCR: transcripción reversa de reacción en cadena de la polimerasa

SARS-COV2: coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo

SCCM: Sociedad de Medicina de Cuidados Críticos

SDRA: Síndrome de dificultad respiratoria aguda

SatO2: Saturación de oxígeno

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos

VM: ventilación mecánica

VNI: ventilación no invasiva

VT: volumen corriente inspiratorio

I. Introducción

La pandemia de COVID-19, causada por el virus SARS-CoV2, representó un desafío sin precedentes para los sistemas de salud a nivel mundial. Dentro de las múltiples manifestaciones clínicas de la enfermedad, la neumonía asociada a insuficiencia respiratoria hipoxémica ha sido una de las principales causas de hospitalización y mortalidad (Wiersinga et al., 2020). Se estima que aproximadamente el 14% de los pacientes con COVID-19 desarrollan neumonía moderada, y alrededor del 5% presentan insuficiencia respiratoria grave que requiere ventilación mecánica invasiva (Wu & McGoogan, 2020).

El tratamiento inicial de la insuficiencia respiratoria en estos pacientes ha consistido en la administración de oxígeno suplementario, siendo la oxigenoterapia de bajo flujo una de las estrategias más utilizadas en el primer nivel de atención hospitalaria. Sin embargo, no todos los pacientes responden favorablemente a este tratamiento, lo que puede retrasar la identificación de aquellos que requieren un mayor soporte respiratorio (García-Pereña et al., 2022; Ronda et al., 2021). En este contexto, surge la necesidad de contar con herramientas pronósticas que permitan predecir el fracaso de la oxigenoterapia de bajo flujo y la necesidad de intubación temprana.

El índice ROX ($ROX = SpO_2 / FiO_2 / \text{frecuencia respiratoria}$) ha sido propuesto como un marcador clínico que ayuda a evaluar la respuesta de los pacientes a la terapia de oxígeno. Originalmente validado para su uso en la oxigenoterapia de alto flujo (Roca et al., 2019), se ha demostrado que valores bajos del índice ROX están asociados con un mayor riesgo de fracaso de cánulas nasales de alto flujo y la necesidad de ventilación mecánica (Olivares-Melgoza et al., 2023; Prakash et al., 2021; Roca et al., 2016). Sin embargo, su aplicación en pacientes tratados con oxigenoterapia de bajo flujo aún no ha sido ampliamente estudiada, lo que genera incertidumbre sobre su utilidad en este contexto clínico.

El presente estudio busca analizar la utilidad del índice ROX como predictor de respuesta a la terapia de oxígeno de bajo flujo en pacientes con neumonía por SARS-CoV-2. A través de un análisis retrospectivo de pacientes hospitalizados en el Hospital General de San Juan del Río, Querétaro, buscando determinar si los valores de ROX a diferentes tiempos pueden ser

utilizados para identificar a los pacientes con mayor riesgo de intubación y, por lo tanto, optimizar la toma de decisiones clínicas en el manejo de la insuficiencia respiratoria.

II. Justificación

La pandemia actual de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) ha resaltado más la importancia de comprender el mejor enfoque para brindar apoyo respiratorio a los pacientes con insuficiencia respiratoria. La ventilación mecánica invasiva se asocia con eventos adversos graves, y evitar la intubación endotraqueal innecesaria sigue siendo un objetivo importante en el tratamiento de pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda. Se han desarrollado múltiples estrategias de oxigenación no invasivas para apoyar la oxigenación y la ventilación que pueden reducir el riesgo de intubación endotraqueal y mortalidad (Scala & Heunks, 2018). Así también, por otro lado, el retraso en la intubación en un paciente que la requiere, ha demostrado incremento en la mortalidad, y días de estancia hospitalaria (Slutsky & Ranieri, 2013).

La oxigenoterapia estándar ha sido el enfoque convencional para administrar oxígeno suplementario a pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda. Alternativamente, se ha promovido la ventilación no invasiva usando una máscara facial, una interfaz de casco o cánulas nasales de alto flujo, para reducir el riesgo de intubación endotraqueal, es sobre esto que existe controversia en el beneficio certero y sobre el momento de tomar la decisión de intubación (Brambilla et al., 2014).

Una propuesta para evaluar el éxito o fracaso de la oxigenoterapia en dispositivos de alto flujo es el índice ROX (iROX), que combina oxigenación ($\text{SatO}_2/\text{FiO}_2$) y trabajo respiratorio (frecuencia respiratoria: FR). En la última década se ha utilizado cada vez más, primero evaluando pacientes con neumonía bacteriana, y actualmente durante la pandemia, demostrando su validez en neumonía por COVID-19, teniendo una alta sensibilidad para predecir el fracaso de la terapia (Roca et al., 2019; Roca et al., 2016).

El uso de estas herramientas pronósticas podría mejorar la selección de los pacientes en quienes se considere continuar con dispositivos de apoyo ventilatorio no invasivos. Esta herramienta se puede realizar al pie de la cama del paciente y no implica un aumento de los costos de la atención (Xu et al., 2020), facilitando la temprana toma de decisiones, pues se ha demostrado que la intubación retrasada en pacientes con neumonía por COVID-19 se

asocia a un resultado clínico deficiente, por lo que la predicción del fracaso de la ventilación no invasiva o la oxigenoterapia sigue siendo un área importante de investigación (Olivares-Melgoza et al., 2023).

A pesar de que en muchos centros hospitalarios de primer contacto no se cuenta con dispositivos de oxigenación de alto flujo, hay poca evidencia de la eficacia del uso de ecuaciones puedan predecir el fracaso o el éxito de la administración de oxígeno con dispositivos convencionales, como son los dispositivos de bajo flujo; por lo que el uso del índice de ROX aplicado como una prueba sencilla y eficaz en un primer contacto de atención, puede ayudar a predecir cuando un paciente fracase a la terapia convencional y requiera intubación endotraqueal, disminuyendo de esa forma, la mortalidad y el tiempo de estancia hospitalaria. Lo que será un punto de partida para realizar futuras investigaciones relacionadas con el uso de este índice con relación a la administración de oxígeno con dispositivos de bajo flujo.

Por lo que es importante tener herramientas que permitan identificar precozmente el fracaso de estrategias ventilatorias no invasivas e identificar tempranamente la necesidad de intubación

III. Fundamentación teórica

III.1. Antecedentes históricos

El 31 de diciembre de 2019, se informó de un brote de neumonía de origen desconocido en Wuhan, provincia de Hubei, China, los casos de neumonía se vincularon epidemiológicamente al mercado mayorista de mariscos de Huanan. La inoculación de muestras respiratorias en células epiteliales de las vías respiratorias humanas, líneas celulares Vero E6 y Huh7, condujo al aislamiento de un nuevo virus respiratorio en enero del 2020, cuyo análisis del genoma mostró que se trataba de un nuevo coronavirus relacionado con el SARS-CoV (Ciotti et al., 2020; Sánchez-Oro et al., 2020), y por lo tanto se lo denominó coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2), siendo un beta-coronavirus perteneciente al subgénero Sarbecovirus (Ciotti et al., 2020).

El virus SARS-CoV-2, provocó en 2020 la enfermedad por coronavirus (COVID-19) provocando una enorme perturbación de las condiciones socioeconómica y la muerte de más de 3.8 millones de personas en todo el mundo (Prakash et al., 2021), en marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el estado de pandemia mundial producido por esta enfermedad (Ronda et al., 2021) y provocó un aumento significativo y repentino de las hospitalizaciones por neumonía con enfermedad multiorgánica, para julio de 2020, el SARS-CoV-2 había afectado a más de 200 países (Wiersinga et al., 2020).

En México, la pandemia llegó en 2020, exponiendo las limitaciones de un sistema de salud que no ha logrado alcanzar la cobertura universal, y que, se vio rebasado en la atención a los paciente (Monroy et al., 2024), con más de 3.5 millones de casos totales y cerca de 280,000 defunciones totales hasta el mes de octubre de 2021 (Martínez et al., 2022).

La infección de COVID-19 puede presentarse como una enfermedad leve, moderada o grave, incluyendo neumonía severa, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), sepsis y shock séptico (Sánchez-Oro et al., 2020; Wiersinga et al., 2020).

En la presentación grave se produce una activación fulminante de la coagulación y un consumo de factores de coagulación. Un informe de Wuhan, China, indicó que el 71% de 183 personas que murieron de COVID-19 cumplían los criterios de coagulación intravascular difusa (Wiersinga et al., 2020).

Los tejidos pulmonares inflamados y las células endoteliales pulmonares pueden provocar la formación de microtrombos y contribuir a la alta incidencia de complicaciones trombóticas, como trombosis venosa profunda, embolia pulmonar y complicaciones arteriales trombóticas (Wiersinga et al., 2020).

En un estudio con más de 70,000 casos, la enfermedad fue leve en 81% (con neumonía leve o sin ella), moderada en 14% (neumonía con hipoxemia) y grave en 5% (insuficiencia respiratoria que requirió ventilación mecánica, shock o falla multiorgánica). La letalidad general fue de 2.3% y de 49% entre los casos graves (Wu & McGoogan, 2020).

III.2. Antecedentes de la neumonía por covid-19

De manera general la neumonía sigue siendo una causa principal de muerte por infección a nivel mundial a corto y largo plazo (Ronda et al., 2021); la infección por el virus del COVID-19 afecta las vías respiratorias y presenta manifestaciones que abarcan desde formas leves hasta el síndrome de dificultad respiratoria aguda grave (Monroy et al., 2024); produce una alteración de la función pulmonar y alveolar provocando insuficiencia respiratoria aguda que puede requerir cuidados intensivos o incluso la muerte (Algarín-Lara et al., 2022; Emami et al., 2020).

La manifestación más grave del virus es la neumonía caracterizada por fiebre, tos, disnea y opacidades pulmonares bilaterales en la radiología de tórax (Wu & McGoogan, 2020), aproximadamente el 30% de los pacientes desarrollan una neumonía viral grave que requiere hospitalización y oxigenoterapia, y el 5% puede requerir ingreso en una unidad de cuidados

intensivos (UCI) por evolución a síndrome de distrés respiratorio agudo con posibilidad de complicarse con sepsis, shock séptico, fracaso multiorgánico y muerte (Ronda et al., 2021).

Para reducir los síntomas respiratorios y mejorar el pronóstico, el soporte respiratorio se vuelve vital (Monroy et al., 2024), la oxigenoterapia estándar se lleva a cabo típicamente a velocidades de flujo de menos de 15 l/min y ha sido el enfoque convencional para administrar oxígeno suplementario a pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda, alternativamente, se ha promovido la ventilación no invasiva usando una máscara facial o una interfaz de casco para reducir el riesgo de intubación endotraqueal (Roca et al., 2019); sin embargo, durante la pandemia la mayoría de los hospitales adoptaron una estrategia de intubación temprana que dio lugar a una alta tasa de intubación provocando que la demanda de camas en la UCI sobrepasara los recursos hospitalarios (Acosta et al., 2020).

III.2.1. Patogenia y características clínicas.

El período de incubación del COVID-19 oscila alrededor de 5 días (intervalo: 4-7 días) con un máximo de 12-13 días. Los casos con enfermedad leve pueden tener síntomas similares a la gripe: fiebre alta, mialgias, fatiga y síntomas respiratorios, especialmente tos seca, con posible evolución a neumonía. El comienzo suele ser menos brusco que en la gripe y los síntomas de vías respiratorias superiores parecen poco importantes o están ausentes (Sánchez-Oro et al., 2020).

La principal fuente de infección son las secreciones de los pacientes infectados con SARS-CoV-2 a través de las gotas respiratorias (aerosoles $< 5 \mu\text{m}$) en distancias cortas (1.5-2 m) cuando los pacientes tosen, hablan o estornudan, y mediante contacto próximo con boca, nariz o conjuntiva ocular a través de manos contaminadas. El contacto prolongado es el de mayor riesgo, siendo menos probable el contagio a partir de contactos casuales. Pueden existir contagios a partir de pacientes asintomáticos e incluso a partir de personas en período de incubación de la enfermedad. Es probable una transmisión por superficies infectadas,

habiéndose descrito recientemente que el SARS-CoV-2 puede persistir en plásticos y acero inoxidable hasta 72 h (Sánchez-Oro et al., 2020).

El diagnóstico de la enfermedad por COVID-19 se realiza mediante la reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa (reverse transcription polymerase chain reaction, RT-PCR) con la detección de ácidos nucleicos del SARS-CoV-2 o mediante la secuenciación del gen viral. Se pueden emplear muestras de frotis faríngeo o nasofaríngeo, esputo, heces o sangre. También se puede aislar el virus en cultivos de células epiteliales respiratorias, pero esto se realiza exclusivamente en laboratorios especializados (Sánchez-Oro et al., 2020).

III.2.2. Evolución de la enfermedad y factores determinantes en el pronóstico.

La infección por SARS-CoV-2 produce, en algunos pacientes, una neumonía bilateral hipoxemiante, que progresa rápidamente, requiriendo oxigenoterapia en aumento y que hasta en un 15-20% de los pacientes obliga el ingreso a UCI para intubación orotraqueal (IOT) y conexión a ventilación mecánica (VM) (García-Pereña et al., 2022).

La severidad del cuadro se caracteriza por disnea, frecuencia respiratoria ≥ 30 por minuto, una saturación de oxígeno sanguínea de $\leq 93\%$, una relación de presión parcial de oxígeno arterial con fracción de oxígeno inspirado de menos de 300 mmHg ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ o PaFi), o infiltrados en más de 50% de los campos pulmonares dentro de las primeras 24 a 48 horas del inicio de los síntomas (Martínez et al., 2022).

La extensión así como el patrón radiológico predominante son determinantes para definir la severidad del compromiso pulmonar y como predictor de mortalidad, el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México, tomando en cuenta dichos hallazgos, propuso clasificar el *score* de severidad tomográfico en leve (1 a 5 puntos), moderado (>5 a 15 puntos) y severo (>15 puntos), el cual ha presentado una asociación estadísticamente significativa con un mayor riesgo de muerte (Rodríguez-Zúñiga et al., 2020).

Está descrito que cerca de 5-10% de los pacientes infectados por el virus SARS-CoV-2 presentarán COVID-19 severo y aproximadamente 14% desarrollarán insuficiencia respiratoria hipóxica aguda los cuales requerirán uso de oxígeno suplementario debido a la falla respiratoria (Martínez et al., 2022) y 10-20% serán tratados en UCI y la mayoría requieren VM por neumonía complicada por hipoxemia grave (Dulcey-Sarmiento et al., 2022).

La insuficiencia respiratoria aguda (IRA) se define como una hipoxemia aguda y progresiva que se desarrolla en horas, días o hasta un mes causada por diversas enfermedades respiratorias, cardiovasculares o sistémicas en pacientes previamente sanos. Suele diagnosticarse según una $PaO_2 \leq 60$ Torr en aire ambiente o una relación $PaO_2/FiO_2 \leq 300$. (Fujishima et al 2023)

En los pacientes gravemente hipoxémicos con neumonía por COVID-19, a pesar de compartir una sola etiología, pueden tener diferentes presentaciones: marcada disnea o respiración normal (hipoxemia feliz) y puede responder a la posición prona o no, por lo que la misma enfermedad se presenta con una heterogeneidad impresionante (Olivares-Melgoza et al., 2023).

Existen dos fenotipos primarios: tipo 1, caracterizado por baja elastancia, bajo reclutamiento y bajo peso pulmonar; y tipo 2, caracterizado por alta elastancia, alto reclutamiento y alto peso pulmonar (Olivares-Melgoza et al., 2023; Suliman et al., 2021). El porcentaje de extensión del compromiso pulmonar se asoció a un mayor riesgo de muerte (Rodríguez-Zúñiga et al., 2020).

Durante la pandemia se identificó que los niveles registrados al ingreso de $SatO_2$ en la oximetría de pulso y la relación de presión arterial de oxígeno y fracción inspirada de oxígeno (PaO_2/FiO_2) < 200 se asociaron a un mayor riesgo de muerte en pacientes con neumonía por el SARS-CoV-2 (Rodríguez-Zúñiga et al., 2020)

III.3. Oxigenoterapia en neumonía por SARS-CoV-2

La oxigenoterapia es la modalidad terapéutica más usada y eficaz para el tratamiento de la hipoxemia y consiste en la administración de aire enriquecido con oxígeno a mayor concentración que la del aire ambiente. Su eficacia está determinada por el dispositivo de suministro seleccionado, buscando conseguir un equilibrio perfecto entre la comodidad y tolerancia del paciente y la eficacia de la interfase (Suárez 2018); a nivel mundial en los últimos años se ha extendido el uso de VNI y oxigenoterapia con cánulas nasales de alto flujo en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria con reducción de la frecuencia de ventilación mecánica y sus complicaciones (Notejane et al., 2018).

Para reducir los síntomas respiratorios y mejorar el pronóstico de la infección de COVID 19, el soporte respiratorio es la medida de soporte vital más importante (WHO, 2020) y el impacto que se busca lograr es tener una saturación de oxígeno que aporte el mayor beneficio con el menor efecto secundario, buscando tener saturaciones de oxígeno de 90-96% y en el síndrome de distrés respiratorio agudo saturaciones de 88-95% (Martínez et al., 2022).

El oxígeno es un tratamiento para la hipoxemia, no para dificultad respiratoria; la hipoxemia y la hipoxia tisular son las indicaciones fundamentales de la oxigenoterapia en los procesos agudos y siguiendo los conceptos de la guía de la British Thoracic Society (BTS) para uso de oxígeno en adultos, la hipoxemia se refiere a una $PaO_2 < 60\text{mmHg}$ u 8 kPa en pacientes sin antecedentes previos y $<50\text{ mmHg}$ en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas o a una $SaO_2 < 90\%$ pues arriba de estos niveles no hay lesión hipóxica tisular conocida (LIBRO).

La hipoxemia grave resultante de la neumonía por COVID-19, frecuentemente se asocia con una distensibilidad casi normal del sistema respiratorio, la que nunca es vista en el SDRA, aunque la neumonía por COVID-19, en la mayoría de los casos, encaja en la definición de este síndrome (Suliman et al., 2021). En general, la presencia de insuficiencia respiratoria hipóxica entre los pacientes diagnosticados con COVID-19 se reportó aproximadamente en el 14% ,el 5% requirieron ingreso a terapia intensiva y hasta 41% de todos los pacientes con

COVID-19 requirieron oxigenoterapia, 4 a 13% requirió VNI y de 2.3 a 12% requirió intubación y ventilación mecánica (kumar et al., 2021).

Durante la pandemia algunos autores reportaron que la técnica de soporte ventilatorio más usada fue la ventilación mecánica invasiva (88%), frente a un 11% de la ventilación mecánica no invasiva (Alberto Belenguer-Muncharaz & Héctor Hernández-Garcés, 2020); el oxígeno nasal de alto flujo (ONAF) y la ventilación no invasiva se han utilizado para tratar la insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda (AHRF) temprana causada por COVID-19 (Guan et al., 2020; Li et al., 2020).

En el paciente crítico frecuentemente se pueden observar alteraciones graves del intercambio gaseoso que se asocia a una alta mortalidad. Esta alteración de la función respiratoria debe corregirse de forma inmediata con diversas medidas terapéuticas de rescate de forma escalonada; y si persiste dicha alteración se requerirá de asistencia ventilatoria artificial (Ameghino et al., 2018).

Los dispositivos de administración de oxígeno son las interfases o sistemas para suministrar el oxígeno al paciente. (Hardvella et al., 2019, Viejo et al., 2013)

Los sistemas sin recirculación de gas están diseñados de tal modo que los gases espirados tienen mínimo contacto con los gases inspiratorios.; estos sistemas pueden ser de alto flujo, cuando el índice de flujo y la capacidad de reserva son adecuadas para ofrecer las necesidades inspiratorias totales. El paciente solo respira el gas que el sistema aporta. No solo el flujo tiene que ser mayor que las necesidades de ventilación minuto, además debe suministrarse con suficiente rapidez como para ofrecer un flujo máximo de acuerdo a las necesidades ventilatorias del paciente; el otro tipo de sistema es el de bajo flujo cuando a parte de la cantidad de oxígeno que se suministra, se necesita de aire ambiente para completar la demanda inspiratoria. El oxígeno administrado se mezcla con el aire inspirado y el resultado del FIO₂ varían en función del dispositivo utilizado y del volumen de aire inspirado por el paciente. Con estos sistemas se puede aportar concentraciones de oxígeno de 21 a mas de 80%, a un flujo menor que el flujo inspirado del paciente. (Hardvella et al., 2019, Viejo et al., 2013)

III.3.1.1. Oxigenoterapia nasal de alto flujo o de rendimiento fijo

La oxigenoterapia nasal de alto flujo (ONAF) se lleva a cabo utilizando un mezclador de aire/oxígeno, un humidificador activo, un tubo calentado único y una cánula nasal (Nishimura, 2016; Notejane et al., 2018), capaz de suministrar gas médico adecuadamente calentado y humidificado a flujos de hasta 70 L/min (Nishimura, 2016).

Es una modalidad que ha demostrado beneficios en un gran número de situaciones en las que el intercambio gaseoso está comprometido. Son muchos los beneficios que aporta la ONAF, siendo los más importantes la consecución de una presión positiva al final de la espiración (PEEP) y FiO_2 más estable y constante a un mayor flujo, disminución de la resistencia aérea al conseguir un aire templado y adecuadamente humidificado, disminución del espacio muerto anatómico y mejoría de la ventilación alveolar (García-Pereña et al., 2022; Nishimura, 2016).

La oxigenoterapia de alto flujo se ha difundido como terapia de soporte respiratorio debido a su fácil manejo, su tolerancia y su rápida mejoría clínico-gasométrica (A Belenguer-Muncharaz & H Hernández-Garcés, 2020). La mayoría de los sistemas que se emplean cuentan con un mecanismo llamado Venturi, para succionar aire del medio ambiente y mezclarlo con el flujo del oxígeno ofreciendo altos flujos de gas en una FiO_2 fija, independientemente del patrón respiratorio (Martínez et al., 2017; Suárez 2018).

Los efectos clínicos beneficiosos de la ONAF, como el aumento de saturación de O_2 , disminución de la frecuencia respiratoria y la frecuencia cardíaca (FC), y mejoría de los signos de insuficiencia respiratoria, se suelen observar en los primeros 60 a 90 minutos, de lo contrario se debe considerar otro método de soporte ventilatorio (Notejane et al., 2018).

La aplicación oportuna de cánulas nasales de alto flujo (CNAF) se ha asociado a la reducción del número de ingresos a UCI y de aplicación de ventilación mecánica (Notejane et al., 2018) y debe tomarse como primera elección de soporte respiratorio no invasivo, por delante de la VNI (A Belenguer-Muncharaz & H Hernández-Garcés, 2020). Se utiliza cada vez más en el

tratamiento de la insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda (IRHA), así como durante el brote de la enfermedad por coronavirus (Vega et al., 2022).

A pesar de los beneficios conocidos de la ONAF en pacientes con insuficiencia respiratoria, la recomendación inicial de los expertos fue la intubación precoz de los pacientes con neumonía hipoxémica por COVID-19 por el riesgo de aerolización y contagio (García-Pereña et al., 2022; Li et al., 2020). Sin embargo, en los pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda, se ha demostrado que la ONAF evita la intubación en comparación con los dispositivos de oxígeno convencionales (Li et al., 2020).

Los costos de sistemas como la CNAF, así como la presión positiva continua en la vía respiratoria (CPAP) y la baja disponibilidad de este en las instituciones de salud de los países en vías de desarrollo obligan a considerar el uso de otros dispositivos como la mascarilla con reservorio (Dulcey-Sarmiento et al., 2022; Monroy et al., 2024), o tipo Hudson en los pacientes que presentan hipoxemia refractaria a los sistemas de bajo flujo (Dulcey-Sarmiento et al., 2022).

El hecho de que la concentración de oxígeno pueda ser medida en un sistema de alto flujo es una ventaja significativa para los pacientes que se encuentran en estado crítico. De no ser por las desventajas del costo e incomodidad del paciente, los sistemas de alto flujo sin duda constituirían el método de elección para toda oxigenoterapia (Martínez et al., 2022).

III.3.1.2. Oxigenoterapia de bajo flujo o de rendimiento variable

En este sistema la cantidad de aire ambiente que se mezcla con el O_2 es variable, dependiendo del flujo de O_2 administrado y el flujo inspiratorio del paciente, y hace impredecible la FiO_2 que llega a la tráquea (Martínez et al., 2017).

La oxigenación de bajo flujo es administrado por medio de cánulas nasales, mascarilla facial simple y mascarilla reservorio (Olivares-Melgoza et al., 2023).

Las cánula nasales son el dispositivo mas usado a nivel mundial y es cómodo para el paciente (Martínez et al., 2022; Martínez et al., 2017), ya que le permite comer, hablar, toser y beber sin necesidad de retirarlo. Se utilizan para flujos entre 1.5 y 5 L/min y no debe sobrepasar de este límite porque pueden reseca la mucosa nasal, causar irritaciones o generar epistaxis y no se ha visto que concentraciones mayores a 6 L/min aumenten la FiO_2 (Suárez 2018); dependiendo de los litros indicados aportará un porcentaje de fracción inspirada de oxígeno equivalente (Martínez et al., 2022). Se deben utilizar humidificadores de O_2 cuando el flujo es mayor de 4 L/min y puede alcanzar una FiO_2 de 45% con un volumen de 6 L/min (Martínez et al., 2017).

La mascarilla facial simple es un dispositivo que dispone de unos agujeros laterales que permiten la salida del aire expirado al ambiente y permite liberar concentraciones de oxígeno hasta del 40% con flujos bajos de 5-6 L/min (Suárez 2018).

La mascarilla con reservorio permite el aporte de FiO_2 mayores del 60% (Martínez et al., 2017; Suárez 2018), la bolsa de reservorio se debe mantener inflada para impedir su colapso, lo que permite flujos de 8 a 15 L/min y este dispositivo contiene tres válvulas que impiden la recirculación del gas espirado (Suárez 2018).

Los sistemas de bajo flujo no proporcionan el requerimiento total inspiratorio del paciente, pudiendo suministrar una concentración de oxígeno de 21 a 80% o más (Martínez et al., 2022). La FiO_2 que se alcanza es variable y depende del patrón respiratorio del paciente, del flujo de oxígeno (L/min) (Martínez et al., 2022; Suárez 2018) y el tamaño del reservorio de oxígeno disponible (Martínez et al., 2022).

En el caso de los pacientes con infección por COVID-19, la administración de oxígeno suplementario a través de cánula nasal de bajo flujo puede ser suficiente; sin embargo, en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda, puede ser necesario un mayor flujo como las CNAF o VNI en lugar de proceder directamente a la intubación (Suliman et al., 2021).

La recomendación de varias sociedades incluidas la Sociedad de Medicina de Cuidados Críticos (SCCM) es iniciar la administración de oxígeno en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica leve debida a COVID-19 que presentan una saturación mediante oximetría de pulso $<90\%$ con un objetivo de no superar 96% ; con vigilancia estrecha del estado respiratorio y neurológico del paciente, y patrón respiratorio, principalmente la frecuencia y el esfuerzo respiratorio en lugar de la saturación por sí sola. Una estrategia recomendada es que puede iniciarse a 5 L/min, en caso de que el paciente no mejore puede considerarse el uso de mascarilla sin recirculación (Martínez et al., 2022).

III.4. Índice de ROX

El índice ROX (iROX) fue descrito por Roca et al (2019) en pacientes con falla respiratoria hipoxémica por neumonía bacteriana y se define como la relación de oximetría de pulso/fracción de oxígeno inspirado ($\text{SatO}_2/\text{FiO}_2$) y la frecuencia respiratoria (FR) (Olivares-Melgoza et al., 2023; Suliman et al., 2021; Vega et al., 2022), en el numerador se colocan variables con asociación positiva con el éxito de la CNAF, como la oxigenación, evaluada por el cociente $\text{SatO}_2/\text{FIO}_2$. En contraste, la frecuencia respiratoria se coloca en el denominador ya que tiene una asociación inversa con el éxito de CNAF (Olivares-Melgoza et al., 2023).

Este índice es un instrumento utilizado como predictor clínico en los pacientes con CNAF; donde las variables utilizadas son las más nombrados como predictores de eficacia en el soporte respiratorio (Montenegro et al., 2022; Olivares-Melgoza et al., 2023). Cuando este es < 4.88 a las 12 horas permite identificar pacientes con alto riesgo de fracaso de las cánulas nasales de alto flujo y mayor necesidad de intubación (Olivares-Melgoza et al., 2023; Prakash et al., 2021; Roca et al., 2016), este umbral se confirmó también en pacientes con COVID-19 que muestran, sin embargo, una tasa inusualmente alta de intubación (Vega et al., 2022).

De acuerdo a los hallazgos de Roca et al, la índice muestra mayor precisión en evaluaciones sucesivas, arrojando valores de área bajo la curva ROC de 0.679 a las 2h ($p = 0.001$); 0.703 a las 6h ($p < 0.001$) y de 0.759 a las 12h ($p < 0.001$).

El índice ROX es fácil de medir, sin embargo presenta algunas limitaciones importantes: 1) al día de hoy no existe consenso respecto al tiempo en que deba ser medido para predecir con precisión el fallo de la terapia y la necesidad de asistencia ventilatoria mecánica invasiva (AVM) (Prakash et al., 2021), ya que distintos estudios, mayormente retrospectivos, han propuesto diferentes tiempos de evaluación; 2) la fórmula del índice ROX no incluye la tasa de flujo aplicado al paciente, esta puede generar un efecto de presión continua sobre la vía aérea mientras el paciente se encuentra con la boca cerrada, contribuyendo a reducir la hipoxemia y la frecuencia respiratoria y, por lo tanto, pudiendo modificar los valores del índice (Goh et al., 2020; Ricard et al., 2020).

Las ventajas del iROX es que utiliza datos fisiológicos accesibles y longitudinales a la cabecera del paciente (Olivares-Melgoza et al., 2023), se desarrolló como una prueba simple para predecir el fracaso de la CNAF y la necesidad de VM, aunque es probable que los pacientes con neumonía viral estuvieran subrepresentados en los estudios de derivación y validación (Dulcey-Sarmiento et al., 2022).

Hay pocos datos publicados que describan el uso del índice ROX para guiar el uso de CNAF para tratar la insuficiencia respiratoria asociada a COVID-19 y más escasos los estudios donde se utilice el sistema denominado como mascarilla con reservorio, o tipo Hudson (Dulcey-Sarmiento et al., 2022).

Existe un estudio que analiza a través del índice de ROX y la relación de SpO_2/FiO_2 , como herramientas para predecir la intervención de VMI en pacientes con COVID-19 que ingresaban a un servicio de urgencias, encontrando que ambos son herramientas útiles y no invasivas para iniciar manejo con VMI de forma oportuna en los pacientes con COVID-19. (Alberdi et al 2021)

III.5. Comorbilidades y su impacto en la neumonía por SARS-CoV-2

La influencia de las comorbilidades en los resultados de la enfermedad por COVID-19 se reconoce desde los primeros días de la pandemia; varios mecanismos patológicos distintos, que no están activos en todos los pacientes, determinan los resultados de salud en las diferentes fases de la enfermedad, desde la fase inicial de replicación viral hasta la lesión pulmonar inflamatoria y las secuelas post-agudas. (Russell et al., 2023).

Las comorbilidades pueden exacerbar estos mecanismos patológicos o reducir la tolerancia del paciente a la lesión orgánica (Russell et al., 2023), factores como la edad (>50 años), hipertensión arterial (HAS) y mayor índice de masa corporal (IMC, obesidad) se asociaron a un mayor riesgo de enfermedad grave y muerte en los pacientes hospitalizados por neumonía por el SARS-CoV-2 (Emami et al., 2020; Rodríguez-Zúñiga et al., 2020; Salazar et al., 2020).

En México la presencia de comorbilidades se ha reportado en 30.5% de los pacientes que fallecen por infección de COVID-19 durante los primeros días de hospitalización, en un estudio en el hospital General de México, el 72% de los pacientes con SARS-CoV-2 hospitalizados en UCI presentaban comorbilidades (Hernández-Solís et al., 2021).

La diabetes mellitus y la hipertensión arterial son las comorbilidades más frecuentes encontradas en pacientes hospitalizados por COVID-19 (Hernández-Solís et al., 2021); además, tener más de 60 años es un factor que favorece el aumento de complicaciones y muerte por Covid-19 (Hernández-Solís et al., 2021; Salazar et al., 2020).

III.5.1. Diabetes, hipertensión, obesidad y enfermedades cardiovasculares.

En México, 8.6 millones de personas padecen diabetes mellitus y más de 15 millones hipertensión arterial, por lo que las enfermedades crónicas se presentan en 50% de los adultos. En China, la prevalencia de diabetes en pacientes con COVID-19 hospitalizados fue de 5%, en Italia de 36% y en EUA de 58% (Hernández-Solís et al., 2021). La población de los países en desarrollo es la que más se ve afectada por comorbilidades agregadas como sobrepeso, diabetes e hipertensión arterial que causaron un gran daño al disrumpir los

sistemas sanitarios por el aumento de la morbilidad agregada a la infección por el virus, siendo México uno de los países más afectados a nivel mundial por la pandemia COVID-19 (Martínez et al., 2022).

Se estima que la prevalencia de diabetes entre las personas infectadas con SARS-CoV-2 era del 7.87% (Emami et al., 2020); el control glucémico deficiente implica un mayor riesgo de complicaciones y muerte (Hernández-Solís et al., 2021).

La hipertensión es la enfermedad subyacente más prevalente en los casos de COVID-19 hospitalizados. El 16% de los casos infectados por SARS-CoV-2 eran hipertensos (Emami et al., 2020); La hipertensión arterial y las enfermedades cardiovasculares fueron las comorbilidades más frecuentes reportadas en pacientes en terapia intensiva, más que el cáncer y que la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Salazar et al., 2020)

La obesidad se asocia con formas más severas de la enfermedad en pacientes jóvenes con un IMC mayor a 35, lo que implica dos veces más riesgo de requerir UCI y presentar más complicaciones en la intubación frente a pacientes con peso normal (Hernández-Solís et al., 2021).

Los factores de riesgo de desarrollar insuficiencia respiratoria aguda parecen incluir el sexo masculino; edad mayor de 60 años y comorbilidades que incluyen diabetes, cáncer activo y estados de inmunodepresión (Martínez et al., 2022).

IV. Pregunta de investigación

¿Cuál es el índice de ROX que indica adecuada respuesta a oxigenoterapia de bajo flujo en pacientes con Neumonía por SARS COV-2?

V. Hipótesis del trabajo

V.1. Hipótesis alterna

El Índice de ROX, incrementa con una adecuada respuesta al suministro de oxígeno con dispositivo de bajo flujo en pacientes con Neumonía por SARS COV-2

V.2. Hipótesis Nula

El Índice de ROX, no incrementa con una adecuada respuesta al suministro de oxígeno con dispositivo de bajo flujo en pacientes con Neumonía por SARS COV-2

VI. Objetivo

VI.1. Objetivo general

Analizar el índice de ROX como predictor de respuesta a la terapia de oxígeno de bajo flujo en pacientes con neumonía por SARS COV-2

VI.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación entre el valor del índice ROX en las primeras horas de oxigenoterapia y la necesidad de ventilación mecánica en pacientes con neumonía por SARS COV-2
- Evaluar la asociación entre el índice ROX y la supervivencia de los pacientes con neumonía por SARS COV-2 tratados con oxigenoterapia de bajo flujo.
- Identificar factores clínicos y comorbilidades que influyen en la evolución de los pacientes con neumonía por SARS COV-2 sometidos a oxigenoterapia de bajo flujo.
- Comparar la evolución de los parámetros clínicos (frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno y fracción inspirada de oxígeno) en las primeras 24 horas de oxigenoterapia en relación con el índice ROX.

VII. Metodología

VII.1. Diseño de la investigación

Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo y observacional, en un momento establecido de tiempo.

VII.2. Universo y lugar de investigación

Se revisaron 226 expedientes del periodo de noviembre 2020 a octubre 2021 de pacientes de 18 a 90 años que ingresaron al servicio de urgencias del Hospital General de San Juan del Rio, Querétaro con diagnóstico de neumonía por SARS COV-2 y requirieron de oxígeno suplementario; del total de expedientes revisados se tuvo una muestra final de 95 expedientes con la que se realizó la presente investigación; la recolección de información se realizó de Febrero a Marzo de 2022.

VII.3. Descripción del estudio y criterios de selección

En el presente estudio, se buscaron los reportes de ingreso de pacientes con COVID-19 al área de urgencias del Hospital general de San Juan del Rio y se seleccionó a los que ingresaron con cuadro clínico de Neumonía y requirieron oxígeno suplementario durante sus primeras horas de estancia hospitalaria evaluando de forma continua la evolución con respecto al oxígeno administrado y la mejoría o empeoramiento de sus signos vitales.

Se consideró respuesta a la terapia con oxígeno de bajo flujo a las 6 horas de ingreso.

Se realizó un vaciado de datos en hoja de cálculo para su posterior análisis estadístico

El índice de ROX se calculó utilizando la siguiente formula:

$$iROX = \frac{\text{Saturacion deOxigeno/FIO}_2}{\text{Frecuencia Respiratoria}}$$

VII.3.1. Criterios de inclusión

- Expedientes de pacientes de 18 a 90 años.
- Expedientes de pacientes que ingresaron a urgencias, área de COVID-19, con diagnóstico clínico de neumonía por SARS COV-2.
- Expedientes de paciente con estudios de laboratorio o gabinete con características sugestivas a infección por SARS COV-2.
- Expedientes de pacientes que requirieron suministro de oxígeno de bajo flujo al ingreso al hospital.
- Expedientes de pacientes con registro de pulsioximetría al ingreso
- Expedientes de pacientes con registro de pulsioximetría posterior a su ingreso, a las 2 y 6 horas de iniciada la oxigenoterapia de bajo flujo.

VII.3.2. Criterios de exclusión

- Expedientes de pacientes con neumonía por otra causa diferente a SARS COV-2.
- Expedientes de pacientes que no requirieron oxígeno suplementario
- Expedientes de pacientes con oxigenoterapia suplementado con dispositivo de bajo flujo con duración menor a 6 horas de administración.
- Expedientes de pacientes con antecedentes de enfermedad pulmonar obstructiva crónica en etapas avanzadas con tratamiento previo a su ingreso con oxígeno suplementario domiciliario.
- Expedientes de pacientes con crisis asmática

VII.3.3. Criterios de eliminación

- Expedientes donde no se encontró las variables de estudio
- Expedientes de pacientes que fallecieron o fueron dados de alta antes de determinar el Índice de ROX.
- Expedientes de pacientes que fueron intubados por déficit neurológico o que requirieron ventilación mecánica invasiva sin hipoxemia previa a la intubación.

VII.4. Variables por estudiar e instrumentos de medición

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	FUENTE
Sexo	Conjunto de características anatómicas que nos diferencian entre hombres y mujeres	Género al nacer, registrado a su ingreso hospitalario	Cualitativa nominal	1.- Femenino 2.- Masculino	Ficha de identificación en el expediente clínico
Edad	Son los años que han transcurrido desde el nacimiento de la persona hasta el momento actual.	Los años registrados en el expediente clínico.	Cuantitativa discreta	1.- 18 a 29 años 2.- 30 a 49 años 3.- 50 a 69 años 4.- 70 a 79 años 5.-80 a 90 año	Expediente clínico
Presión arterial	Fuerza que ejerce contra la pared arterial la sangre que circula por las arterias	Tensión arterial al ingreso del paciente medida en mmHg	Cuantitativa continua	Numérica en mmHg	Expediente clínico
Temperatura al ingreso	Parámetro vital que indica el equilibrio entre la producción de calor del cuerpo, derivada principalmente del metabolismo celular	Temperatura corporal registrada al ingreso del paciente medida en °C	Cuantitativa continua	Numérica en °C	Expediente clínico
Tabaquismo/ Biomosas	Antecedente de exposición de humo de leña, o humo de tabaco de forma activa o pasiva	Registro de si el paciente fuma o esta expuesto a humo	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico Enfermedades registradas en los antecedentes personales patológicos
Sobrepeso/Obesidad	Enfermedad crónica que cursa con un incremento del peso corporal con índice de masa corporal mayor 25.	IMC mayor a 25	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Diabetes Mellitus (DM)	Enfermedad crónica, se presenta cuando el páncreas no secreta suficiente insulina, o cuando el organismo no utiliza la insulina que se produce.	Diagnóstico previo de DM con o sin tratamiento	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Hipertensión Arterial Sistémica (HAS)	Enfermedad Crónica donde los vasos sanguíneos tienen persistentemente una tensión elevada para lograr distribuir la sangre proveniente del corazón.	Diagnostico conocido por el paciente de HAS con o sin tratamiento	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Cardiopatía	Conjunto de enfermedades en las que se encuentra afectado el corazón, ya sea de tipo eléctrico, vascular, muscular o valvular.	Diagnostico conocido por el paciente de cardiopatía con o sin tratamiento	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Neuropatías	Conjunto de enfermedades en las que se encuentra afección del sistema nervioso	Diagnostico conocido por el paciente de Neuropatías con o sin tratamiento	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Hepatopatía	Conjunto de enfermedades en las que encuentra afección hepática	Diagnostico conocido por el paciente de Hepatopatía con o sin tratamiento	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico

Nefropatía	Conjunto de enfermedades en las que se encuentra afección renal.	Diagnostico conocido por el paciente de nefropatía con o sin tratamiento	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Cáncer	Conjunto de enfermedades que se pueden originar en casi cualquier órgano o tejido del cuerpo cuando células anormales crecen de forma descontrolada.	Diagnostico conocido por el paciente de Cancer con o sin tratamiento	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Inmunosupresión	Disminución o supresión de sistema inmunológico secundaria a fármacos o a procesos patológicos como inmunodeficiencias, tumores o malnutrición.	Enfermedades registradas en los antecedentes personales patológicos del paciente.	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Resultado a prueba rápida COVID 19/PCR	Test de antígeno que detecta la presencia del virus SARS-CoV-2 que causa la enfermedad de COVID-19	Producto de la realización de la prueba COVID19	Cualitativa nominal	0:Negativa 1:Positiva	Expediente clínico
Tratamiento con esteroides	Administración terapéutica de compuestos orgánicos derivados del núcleo del ciclopentanoperhidrofenantreno o esterano	Antecedente de tratamiento con algún esteroide para el manejo de inflamación	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Tratamiento de trombo profilaxis	Cualquier intervención usada para prevenir el desarrollo de tromboembolismo venoso	Antecedente de tratamiento con algún medicamento para profilaxis trombótica	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Vacunación de COVID	Aplicación de biológico cuyo objetivo sea la creación de anticuerpos contra la enfermedad específica de COVID19	Antecedente de aplicación de esquema completo de vacunación contra COVID19	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente clínico
Saturación periférica de O ₂	Porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina en sangre de un paciente	Porcentaje de saturación registrada en la nota de ingreso y hoja de enfermería durante sus primeras 24 horas de estancia	Cuantitativa discreta	1. <50% 2. 50-60% 3. 61-70% 4. 71-80% 5. 81-90% 0. 91-100%	Expediente clínico
Flujo de O ₂	Cantidad de oxígeno en litros por minuto suplementada mediante dispositivo de bajo flujo.	La cantidad administrada de Oxígeno en litros por minuto, reportada en la hoja de enfermería del expediente clínico.	Cuantitativa discreta	1. 1-3 2. 4-6 3. 7-10 4. 11 5. 12 6. 13 7. 14 6. 15	Expediente Clínico
Dispositivo de administración de oxígeno	Tipo de dispositivo con el cual se suplementa oxígeno.	Dispositivo con el cual se suplementa oxígeno, reportado en la hoja de enfermería del expediente clínico	Cualitativa nominal	1.Puntas nasales 2.Mascarilla Simple 3.Mascarilla reservorio	Expediente Clínico

Fracción Inspirada de Oxígeno (FIO ₂)	Concentración o proporción de oxígeno en la mezcla del aire inspirado.	La concentración o proporción administrada de oxígeno, suministrada por medio de un dispositivo de bajo flujo, y dependiendo del flujo de oxígeno	Cuantitativa discreta	Cánulas nasales 1= 23% 2=27% 3=30% 4=33% 5 =36% Mascarilla Simple 6 = 42% 7=45% 8=48% 9=54% 10=60% Mascarilla Reservorio 10 =60% 11 = 66% 12 = 72% 13=78% 14=84% 15 =90%	Expediente clínico
Frecuencia Respiratoria	Numero de respiraciones que realiza un paciente durante 1 minuto	Numero de respiraciones registrada en la nota de ingreso y hoja de enfermería durante sus primeras 24 horas de estancia.	Cuantitativa discreta	1. 12-15 2. 16-20 3. 21-25 4. 26-30 5. 31-35 6. 36-40 7. >40	Expediente Clínico
Índice de ROX	Relación entre la saturación de oxígeno medida por la pulsioximetría / FiO ₂ a la frecuencia respiratoria posterior a la administración de oxígeno, 2 horas y 6 horas. (SatO ₂ /Fio ₂) /Fr	Resultado de la relación entre la saturación de oxígeno medida por pulsioximetría / FiO ₂ a la frecuencia respiratoria posterior a la administración de Oxígeno, reportado en la hoja de enfermería en la 2da y 6ta hora de estancia.	Cuantitativa continua	1. < 4 2. 4 3. 5 4. 6 5. 7 6. 8 7. 9 8. 10 9. >10	Expediente Clínico
Inicio de ventilación mecánica	Estrategia terapéutica donde se asiste de forma mecánica la ventilación pulmonar	Momento reportado en la nota médica, cuando el paciente requiere, intubación endotraqueal y conexión al ventilador mecánico	Cualitativa nominal	0:No 1:Si	Expediente Clínico
Días de ventilación mecánica invasiva	Es el tiempo que transcurre desde el momento de intubación endotraqueal y conexión al ventilador mecánico hasta el momento de retiro del tubo endotraqueal.	Días registrados de ventilación mecánica invasiva registrados en el expediente clínico	Cuantitativa Discreta	1.- 1 a 7 días 2.- 8 a 15 días 3.- 16 a 21 días 4. Más de 21 días	Expediente clínico

VII.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadísticos SPSS versión 16, los resultados se presentan como medidas de tendencia central. Se utilizaron frecuencias y porcentajes para presentar las variables nominales, mientras que se utilizaron medias y desviación estándar (DE) para presentar datos continuos de acuerdo con los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

Las variables cuantitativas se analizaron con prueba de X^2 , para la comparación de variables cuantitativas se utilizó una prueba de t-Student para distribución normal. Se realizó un análisis multivariado. Se consideró un valor significativo de $P < 0.05$.

Se calculó la variable de índice ROX utilizando la fórmula antes mencionada, al ingreso, a las 2, 6 y 12. La prueba de significación se realizó con la ayuda de la prueba de chi-cuadrado para muestras independientes

Se utilizó el análisis de la curva del operador del receptor (ROC) para determinar el punto de corte más preciso para la predicción de la intubación. El nivel de significación se estableció en $p < 0.05$.

VII.6. Consideraciones éticas

Según la declaración de Helsinki, el presente estudio consideró las recomendaciones para la investigación biomédica en seres humanos, la cual se adaptó en la 18a Asamblea Médica Mundial en la declaración de Helsinki en 1964. Conforme a la norma oficial de investigación, se sujetó a su reglamentación ética y se respetó la confidencialidad de los datos asentados en el protocolo. El estudio representa RIESGO MÍNIMO para los pacientes, ya que la información se obtendrá de los expedientes médicos.

Este trabajo se apega a lo establecido en la Ley General de Salud, en su TITULO QUINTO, CAPITULO ÚNICO, Art 100, y se desarrolló conforme a lo siguiente:

- I. Adaptado a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica, especialmente en lo que se refiere a su posible contribución a la solución de problemas de salud y al desarrollo de nuevos campos de la ciencia médica;
- II. Podrá realizarse sólo cuando el conocimiento que se pretenda producir no pueda obtenerse por otro método idóneo;
- III. Podrá efectuarse sólo cuando exista una razonable seguridad de que no expone a riesgos ni daños innecesarios al sujeto en experimentación;
- IV. Sólo podrá realizarse por profesionales de la salud en instituciones médicas que actúen bajo la vigilancia de las autoridades sanitarias competentes.
- V. El protocolo de investigación fue revisado por el comité de investigación y ética médica local para su autorización y validación previa.
- VI. Se garantiza la confidencialidad de los datos obtenidos en el presente estudio, los cuales serán utilizados exclusivamente para este protocolo y revisados exclusivamente por el investigador y los asesores

VIII. Resultados

Del total de pacientes registrados como ingresados al servicio de urgencias del Hospital General de San Juan del Río (227 registros), tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvo una muestra final de 95 pacientes que se incluyeron en el presente trabajo (Figura 1).

La edad promedio de los pacientes fue de 54.1 ± 16.8 años y del total de pacientes, el 61.1% (n=58,) correspondieron al sexo masculino; la estancia hospitalaria fue en promedio de 7.9 ± 7.5 días en promedio; los pacientes ingresaron normotensos y con temperatura en rangos normales (Tabla 1).

Figura 1. Diagrama del desarrollo de la selección de expedientes de pacientes ingresados al servicio de urgencias con diagnóstico de neumonía por COVID 19 que requirieron oxigenoterapia

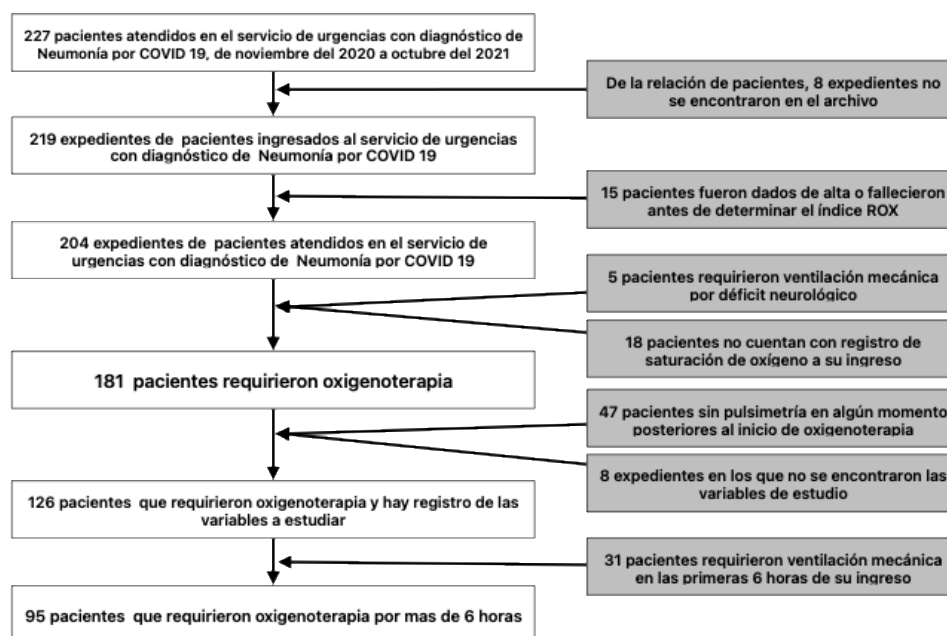


Tabla 1. Datos descriptivos de los pacientes con diagnóstico de COVID 19 que requirieron oxigenoterapia a su ingreso al servicio de urgencias

	Muestra total n=95	
	Media	DE
Edad	54.1	16.8
Presión anterior al ingreso (mmHg)		
Tensión arterial sistólica	126.1	22.4
Tensión arterial diastólica	75.1	14.2
Tensión arterial media	91.3	16.3
Temperatura al ingreso (°C)	36.3	0.6
Días con ventilación	7.4	6.5
Días de estancia hospitalaria	7.9	7.5
Sexo	Frecuencia	Porcentaje
Mujeres	37	38.9
Hombres	58	61.1

La comorbilidad más encontrada en los pacientes que ingresaron con diagnóstico de neumonía por COVID 19 al servicio de urgencias fue diabetes mellitus (DM) en 52.6% (n=50) de los pacientes, seguida de hipertensión arterial (HAS), obesidad y tabaquismo en 43.2, 32.6 y 12.6% (n=41, 31 y 12) respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Comorbilidades presentes en los pacientes con diagnóstico de COVID 19 que requirieron oxigenoterapia a su ingreso al servicio de urgencias

Comorbilidades	Muestra total n=95	
	Media	%
DM	50	52.6
HAS	41	43.2
Obesidad	31	32.6
Tabaquismo	12	12.6
Nefropatía	6	6.3
Cardiopatías	6	6.3
Biomasa	4	4.2
Neumopatías	2	2.1
Hepatopatía	1	1.1
EVC	1	1.1
Inmunocompromiso	1	1.1

DM: Diabetes Mellitus, HAS: hipertensión arterial sistémica, EVC: enfermedad vascular cerebral

El 84.2% (n=80) de los pacientes ingresados contaban con una prueba rápida de COVID19 con resultado positivo a la enfermedad, el 12.6% (n=12) resultaron negativos a la prueba y el 3.2% (n=3) desconocía si contaba con una prueba o el resultado de ésta (Tabla 3).

El 64.2% (n=61) de los pacientes incluidos en el presente trabajo, no contaban con vacunación contra COVID 19. En cuanto al tratamiento médico recibido, el 83.2% (n=79) tuvo tratamiento con esteroides y el 85.3% (n=81) recibió trombopprofilaxis (Tabla 3).

En la

Tabla 4 se puede observar los datos clínicos de los pacientes dentro de las 24 horas de su ingreso al servicio de urgencias, se observa la frecuencia respiratoria, el flujo de oxígeno, valor de fracción inspirada de oxígeno y de saturación al ingreso, a las 2, 6, 12 y 24 horas de iniciada la oxigenoterapia.

Tabla 3. Características de las pruebas y tratamiento de los pacientes con diagnóstico de COVID 19 que requirieron oxigenoterapia a su ingreso al servicio de urgencias

	Muestra total n=95	
	Media	%
Prueba rápida COVID 19/PCR		
Negativa	12	12.6
Positiva	80	84.2
Desconoce	3	3.2
Tratamiento con esteroides		
No	15	15.8
Si	79	83.2
Desconoce	1	1.1
Tratamiento de trombopprofilaxis		
No	13	13.7
Si	81	85.3

Desconoce	1	1.1
Vacunación de Covid		
No	61	64.2
Si	26	27.4
Desconoce	8	8.5
Solicita alta voluntaria	4	4.2
No acepta intubación	19	20.0

Tabla 4. Datos clínicos en las primeras 24 horas desde el ingreso de los pacientes con diagnóstico de neumonía por COVID 19 ingresados al servicio de urgencias

	Ingreso		2 horas		6 horas		12 horas		24 horas	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
FR	34.02	8.83	28.74	6.96	26.94	5.39	26.17	5.34	27.06	6.88
Flujo	13.78	12.97	17.22	15.06	18.14	15.33	20.34	18.40	22.73	20.43
FiO ₂	43.34	30.33	75.87	23.50	77.83	21.09	74.55	23.03	73.71	22.84
SatO ₂	67.32	18.57	85.46	9.81	87.57	10.49	88.80	11.78	90.30	6.48

FR=frecuencia respiratoria, respiraciones por minuto; Flujo= flujo de oxígeno, L/min; FiO₂=fracción inspirada de oxígeno; SatO₂= saturación periférica de oxígeno, %

Al examinar la frecuencia respiratoria de los pacientes se puede observar que en todo momento esta se encuentra fuera de los valores normales (>20 rpm), siendo el mayor valor encontrado al ingreso de los pacientes al servicio de urgencias.

El flujo de oxígeno suplementado mediante el dispositivo de bajo flujo se observa con incremento conforme transcurre el tiempo y la FiO₂ es menor al ingreso de los pacientes pero en periodos posteriores se encuentra por arriba de 74.

La saturación de oxígeno al ingreso de los pacientes al servicio de urgencias es en promedio de 67.32%, viéndose incrementada conforme pasa el tiempo bajo oxigenoterapia, alcanzando valores de 90.30% en promedio a las 24 h de su ingreso (

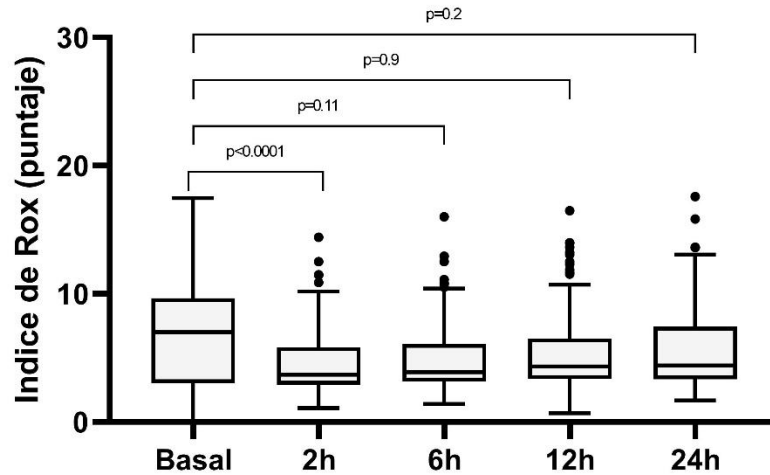
Tabla 4).

En lo que refiere al iROX, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre el nivel basal del índice de ROX basal y el registrado a las 2 horas del ingreso de los pacientes y de iniciada la oxigenoterapia, no así en las horas posteriores de estancia hospitalaria (Figura 2).

El análisis bivariado para la supervivencia de los pacientes de acuerdo con el iROX se realizó comparando los grupos con un iROX de 2.85 a las 2 horas, a las 6 horas de 3.47 y a las 12 horas de 3.85 obteniendo riesgos con intervalos de confianza (Figura 3). En donde se puede observar que con un iROX < 2.85 disminuyen las probabilidades de supervivencia desde fases tempranas de manejo siendo de cero esta probabilidad en el día 6, al hacer la comparación entre los valores de iROX de 2.85 y 3.47 se puede observar que las probabilidades de supervivencia con mediciones superiores a esos valores ($p < 0.05$), son mayores al 50% en el día diez, y si bien esta probabilidad es menor en valores > 3.85 , no se encontró diferencia significativa si es menor o mayor; valores menores a 3.47 del índice representan probabilidades de supervivencia menor al 33.3%.

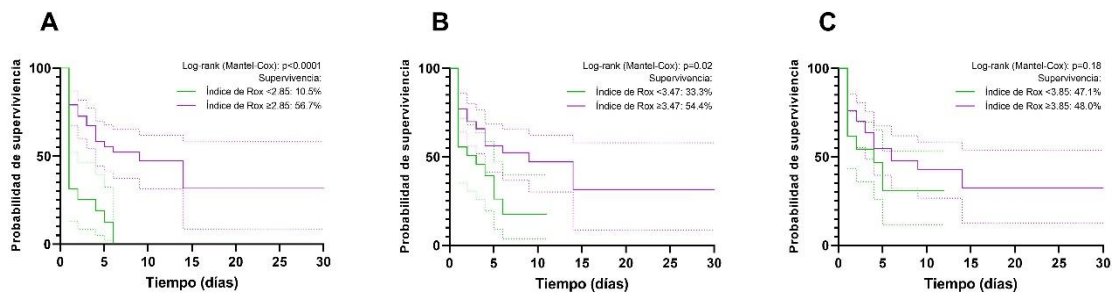
Por otro lado, al evaluar con los mismos puntos de corte la necesidad de un proceso de intubación en los pacientes con oxigenoterapia de bajo flujo (Figura 4), se encontró que un índice ROX < 2.85 a las 2 horas de inicio de oxigenoterapia se asocia con una probabilidad mayor al 65% de requerir intubación, siendo hasta del 89.5% a los 6 días de iniciada la oxigenoterapia ($p < 0.01$). Un iROX a las 6 horas < 3.47 se asocia con un 66.7% de probabilidad de requerir intubación, siendo menor el riesgo con valores mayores a ese índice ($p < 0.05$), la evaluación del índice a las 12 horas no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) si este era mayor o igual a 3.85

Figura 2. Comparación de los puntajes de índice de ROX en las primeras 24 horas desde el ingreso de los pacientes con diagnóstico de neumonía por COVID 19



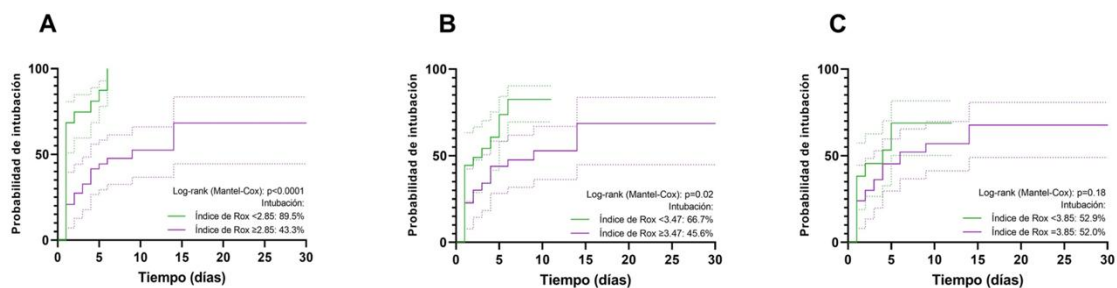
Datos presentados en diagramas de cajas y bisagras de Tukey.
Comparación de datos por medio de la prueba de Friedman y la prueba Poshoc de Dunn.

Figura 3. Gráficas de Kaplan-Meier para comparar la probabilidad de supervivencia en los distintos puntos de corte del índice de Rox.



A: Comparación de supervivencia con los puntos de corte del IROX a las 2 horas. B: Comparación de supervivencia con los puntos de corte del IROX a las 6 horas. C: Comparación de supervivencia con los puntos de corte del IROX a las 12 horas. *Línea sólida muestra la probabilidad de supervivencia y líneas punteadas los intervalos de confianza (95%).

Figura 4. Gráficas de Kaplan-Meier para comparar la probabilidad de intubación en los distintos puntos de corte del índice de Rox



A: Comparación de necesidad de intubación con los puntos de corte del IROX a las 2 horas. B: Comparación de necesidad de intubación con los puntos de corte del IROX a las 6 horas. C: Comparación de necesidad de intubación con los puntos de corte del IROX a las 12 horas. *Línea sólida muestra la probabilidad de necesidad de intubación y líneas punteadas los intervalos de confianza (95%)

IX. Discusión

En el presente estudio se encontró una mayor frecuencia de COVID-19 en el género masculino (61.1%) con relación al femenino (38.9%), resultados similares a lo reportado por otros autores (Dulcey-Sarmiento et al., 2022; Suliman et al., 2021)

El índice ROX es la relación de oximetría de pulso/fracción de oxígeno inspirado y la frecuencia respiratoria (Olivares-Melgoza et al., 2023; Vega et al., 2022), siendo un instrumento utilizado para predecir el estado clínico en pacientes con neumonía por SARS COV2 en tratamiento con oxigenoterapia (Montenegro et al., 2022) y la necesidad subsecuente de intubación cuando este es menor a 4.88 a las 12 horas (Olivares-Melgoza et al., 2023; Prakash et al., 2021).

Se ha reportado que el empleo de ONAF precoz, es decir, cuando existe un incremento progresivo del requerimiento de oxígeno, pero antes de que el paciente presente un distrés respiratorio grave se asocia a una disminución de la necesidad de ingreso en UCI ($p < 0.05$) y una reducción de la mortalidad ($p = 0.061$) y de los días de hospitalización ($p < 0.05$) (García-Pereña et al., 2022) y aunque inicialmente el iROX ha sido validado para pacientes bajo oxigenoterapia de alto flujo, su aplicabilidad en terapias de bajo flujo ha sido objeto de estudio reciente.

Sin embargo, no existe un consenso respecto al tiempo en el que debe ser medido para predecir la necesidad de intubación, los criterios para iniciar ventilación mecánica (VMI) se han establecido como: el empeoramiento de la condición respiratoria, la cual se define con la presencia de al menos dos de los siguientes criterios: falla para lograr una correcta oxigenación ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ o $\text{SatO}_2 < 90\%$ a pesar de la administración de oxígeno a 15 L/min), acidosis respiratoria ($\text{PaO}_2 > 50 \text{ mmHg}$ o $\text{PvCO}_2 > 55 \text{ mmHg}$ con $\text{pH} < 7.25$), frecuencia respiratoria > 30 respiraciones por minuto, o inhabilidad para manejar secreciones (Olivares-Melgoza et al., 2023); el lograr llegar a establecer el momento en el que el índice ROX debe ser evaluado y los valores que permitirían predecir la necesidad de intubación podría lograr un mejor y anticipado manejo de los pacientes con estrategias de apoyo ventilatorio oportunos y la subsecuente disminución de la mortalidad.

El Índice ROX menor a 4.88 a las 2 horas después del inicio de la mascarilla con reservorio, o tipo Hudson, ha mostrado tener un valor predictivo alto (Dulcey-Sarmiento et al., 2022), en el presente estudio se encontró que un iROX de 2.85 a las 2 horas tiene mayor valor de predicción.

Un estudio realizado en Puebla, evaluó la utilidad del índice ROX como predictor de intubación temprana en pacientes con COVID-19 tratados con oxigenoterapia de bajo flujo. Los resultados indicaron que un valor de corte <5.71 del índice ROX a las 6 horas de iniciada la oxigenoterapia fue efectivo para predecir la necesidad de intubación (Monroy et al., 2024), lo que apoya a otras investigaciones (Ortega et al., 2024), mas es un valor que contrasta con lo encontrado en el presente estudio donde un iROX <2.85 a las dos horas y uno <3.47 a las 6 horas reflejan un fallo en la terapia DOBF y también una mayor probabilidad de muerte.

En estudios retrospectivos se ha visto que el iROX calculado a partir de las 6 horas de iniciada la terapia de CNAF tiene buena capacidad predictiva de éxito (<4.88 a las 6 horas), permitiendo identificar a estos pacientes que requieren ventilación mecánica de forma temprana (Hu et al., 2020; Monroy et al., 2024; Olivares-Melgoza et al., 2023). Y a pesar de que se han encontrados buenos valores predictivos en mediciones posteriores a las 6 horas como en el estudio de Olivares-Melgoza et al. (2023), donde encontraron que un iROX a las 12 horas ≤ 5.35 después del inicio de DOBF, es un factor determinante del fracaso de la administración de oxígeno con dichos dispositivos en pacientes con neumonía por COVID-19, o reportes como los de Dulcey-Sarmiento et al. (2022) con valores de iROX más altos que los reportados (7.8 IC 5.2-8.7), en nuestro estudio el corte a las 12 horas fue de 3.85, lo que pone en evidencia que la monitorización constantes de los parámetros respiratorios cobran importancia para establecer la estrategia de tratamiento a seguir y el retraso en la intubación al utilizar dispositivos de oxigenoterapia de bajo flujo podría incrementar la mortalidad, lo que subraya la importancia de identificar con precisión a aquellos pacientes que pueden beneficiarse de este tratamiento sin exponerlos a riesgos innecesarios, así como a quienes requieren intubación temprana (Olivares-Melgoza et al., 2023), y a pesar de haber reportes de iROX >10 como predictor (Suliman et al., 2021), manejar como un estándar valores bajos de iROX durante todo el periodo de monitorización podría hacer la diferencia entre una intubación oportuna y con buenos resultados a una que represente todo lo contrario.

La ventilación mecánica salva vidas en los pacientes que presentan insuficiencia respiratoria grave y pocas terapias médicas igualan su poder, facilitando el control de una vía aérea inestable y permitiendo una regulación precisa de oxígeno, presión y volumen (Olivares-Melgoza et al., 2023), sin embargo se trata de evitar llegar a ésta por los cuidados y costos que conlleva y los múltiples factores involucrados que pueden desencadenar en complicaciones (Espinell et al., 2020).

Respecto a las comorbilidades presentes en los pacientes con diagnóstico de neumonía por COVID-19 en el presente estudio se encontró una mayor prevalencia de diabetes mellitus, hipertensión y obesidad, lo que coincide con lo reportado en otros estudios (Dulcey-Sarmiento et al., 2022; Monroy et al., 2024; Suliman et al., 2021) y puede sustentar que a un mayor número de comorbilidades la mortalidad se puede ver incrementada (Dulcey-Sarmiento et al., 2022).

El índice ROX se ha planteado como un parámetro clave para determinar el éxito o el fracaso en casos de insuficiencia respiratoria. Este indicador permite evaluar de manera más precisa la evolución del paciente. En el contexto de la neumonía por COVID-19, su utilidad ha sido reconocida debido a su elevada sensibilidad para identificar el fracaso del tratamiento, además de estar estrechamente vinculado con una mayor tasa de mortalidad.

X. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten concluir que el índice ROX es una herramienta valiosa para la evaluación y el seguimiento de pacientes con neumonía por SARS-CoV2 que reciben oxigenoterapia de bajo flujo. Su aplicación temprana puede ayudar a predecir la necesidad de soporte respiratorio, permitiendo la toma de decisiones más oportunas en la gestión de estos pacientes.

Se identificó que un valor del índice ROX menor a 2.85 dentro de las primeras dos horas de oxigenoterapia se asocia con una mayor probabilidad de requerir ventilación mecánica invasiva. La identificación de estos valores críticos permite actuar de manera anticipada, evitando retrasos en la intubación que podrían aumentar el riesgo de mortalidad.

Asimismo, se observó que los pacientes con valores de iROX superiores a 3.47 a las seis horas de tratamiento presentan una mayor probabilidad de supervivencia. Esto sugiere que aquellos pacientes cuyo índice ROX mejora con el tratamiento inicial tienen un pronóstico más favorable, lo que refuerza la utilidad de este indicador como herramienta de monitoreo clínico. Sin embargo, es importante destacar que la evolución de cada paciente puede estar influenciada por múltiples factores, incluyendo comorbilidades y respuesta individual al tratamiento, por lo que el índice ROX no debe utilizarse como único criterio de decisión, pues se identificaron comorbilidades como diabetes mellitus, hipertensión arterial y obesidad como factores frecuentes en la muestra de estudio.

Se registraron valores de frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno y FiO_2 a lo largo de las primeras 24 horas, observando que la saturación de oxígeno aumentaba conforme avanzaba la oxigenoterapia, mientras que la frecuencia respiratoria se mantenía fuera de los rangos normales en la mayoría de los casos. Si bien este estudio ha aportado evidencia sobre la utilidad del índice ROX en el contexto de la oxigenoterapia de bajo flujo, es fundamental que su aplicación se complemente con una evaluación clínica integral. Factores como la frecuencia respiratoria, el estado hemodinámico, la progresión de la hipoxemia y la respuesta a la terapia administrada deben ser considerados en conjunto para optimizar la toma de decisiones. La combinación de herramientas objetivas como el índice ROX con la valoración

clínica permite una mejor identificación de los pacientes en riesgo y contribuye a la personalización del tratamiento.

En conclusión, la incorporación del índice ROX como parte de la evaluación inicial y el monitoreo continuo de pacientes con neumonía por SARS-CoV2 tratados con oxigenoterapia de bajo flujo representa una estrategia útil para mejorar la toma de decisiones en la atención médica. Su implementación adecuada podría contribuir a una mejor estratificación del riesgo, una optimización del uso de los recursos hospitalarios y, potencialmente, a una reducción de la mortalidad asociada a la enfermedad. Se recomienda la realización de estudios adicionales que permitan validar estos hallazgos en poblaciones más amplias y en distintos entornos clínicos.

XI. Referencias bibliográficas

- Acosta, G., Escobar, G., Bernaola, G., Alfaro, J., Taype, W., & Marcos, C. (2020). Descripción de pacientes con COVID-19 grave tratados en un hospital nacional de referencia en Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 37(2).
- Albendi-Iglesias, A., Martin-Rodriguez, F., Ortega, G., Rubio-Babiano, A. Nuñez-Toste, M., (2021) Role of SpO2/FiO2 ratio and Rox index in predicting early invasive mechanical ventilation in COVID-19. A pragmatic, retrospective, multi-center study. *Biomedicines*, 9, 1036, 1-12
- Algarín-Lara, H., Osorio-Rodríguez, E., Patiño-Patiño, J., Mendoza-Morales, I., & Rodado-Villa, R. (2022). Neumonía por SARS-CoV-2 asociado a coinfección por *Pneumocystis jirovecii* en paciente inmunocomprometido: A propósito de un caso y revisión de la literatura. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*, 22, S106-S113.
- Ameghino, J. B., Morales, J. C., & Apolaya-Segura, M. (2018). Correlación entre SO2/FiO2 y PaO2/FiO2 en pacientes con insuficiencia respiratoria en ventilación mecánica. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(3), 1-9.
- Belenguer-Muncharaz, A., & Hernández-Garcés, H. (2020). Fracaso de la ventilación no invasiva tras empleo de oxigenoterapia de alto flujo en pacientes con neumonía por SARS-CoV-2. *Medicina Intensiva*, 45(8), e37.
- Belenguer-Muncharaz, A., & Hernández-Garcés, H. (2020). Indicación de la oxigenoterapia de alto flujo en pacientes afectados de neumonía por SARS-CoV-2. *Medicina Intensiva*, 46(2), 111.
- Brambilla, A. M., Aliberti, S., Prina, E., Nicoli, F., Forno, M. D., Nava, S.,...Bignamini, A. (2014). Helmet CPAP vs. oxygen therapy in severe hypoxemic respiratory failure due to pneumonia. *Intensive care medicine*, 40, 942-949.
- Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W.-C., Wang, C.-B., & Bernardini, S. (2020). The COVID-19 pandemic. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 57(6), 365-388.
- Dulcey-Sarmiento, L. A., Castillo-Blanco, J. F., Theran-Leon, J. S., Caltagirone-Miceli, R., & Aguas-Cantillo, M. J. (2022). Utilidad del Índice ROX Como Predictor de Fallo Respiratorio, Mortalidad y Complicaciones en Pacientes con COVID-19 Sin Soporte

Ventilatorio Invasivo, Estudio Unicentrico. *Revista de Medicina Clínica*, 6(2), e01082206015-e01082206015.

- Emami, A., Javanmardi, F., Pirbonyeh, N., & Akbari, A. (2020). Prevalence of underlying diseases in hospitalized patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Archives of academic emergency medicine*, 8(1).
- Espinel, D. E. S., Nuñez, M. M. Q., & Ordoñez, V. E. A. (2020). Complicaciones de la ventilación mecánica invasiva en cuidados intensivos: una scoping review.
- Fujishima, S. (2023). Guideline-based management of acute respiratory failure and acute respiratory distress syndrome. *Journal of Intensive Care* 11(10) 1-9
- García-Pereña, L., Sesma, V. R., Divieso, M. L. T., Carrascosa, A. L., Fuentes, S. V., & Parra-Ruiz, J. (2022). Beneficio del empleo precoz de la oxigenoterapia nasal de alto flujo (ONAF) en pacientes con neumonía por SARS-CoV-2. *Medicina Clínica*, 158(11), 540-542.
- Goh, K. J., Chai, H. Z., Ong, T. H., Sewa, D. W., Phua, G. C., & Tan, Q. L. (2020). Early prediction of high flow nasal cannula therapy outcomes using a modified ROX index incorporating heart rate. *Journal of intensive care*, 8, 1-14.
- Guan, L., Zhou, L., Le Grange, J. M., Zheng, Z., & Chen, R. (2020). Non-invasive ventilation in the treatment of early hypoxemic respiratory failure caused by COVID-19: considering nasal CPAP as the first choice. *Critical Care*, 24, 1-2.
- Hardvella, G., Karampinis, L., Frille, A., Sreter, K., Rousalova I. (2019). Oxygen devices and delivery systems. *Breathe. European respiratory society* 15(3), e108- e116
- Hernández-Solís, A., Torres-Rojas, B., & Reding-Bernal, A. (2021). Comorbilidad asociada con infección por SARS-CoV-2 (Covid-19), en el Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga. *Salud pública de México*, 63(2), 159-160.
- Hu, M., Zhou, Q., Zheng, R., Li, X., Ling, J., Chen, Y.,...Xie, C. (2020). Application of high-flow nasal cannula in hypoxemic patients with COVID-19: a retrospective cohort study. *BMC pulmonary medicine*, 20, 1-7.
- Kumar, A. Sinha, C., Kumar, A., Kumari, P., Kumar, P., Kumar, N. (2021). Low flow nasal oxygen supplementation in addition to non-rebreathing mask: An alternative to high flow nasal cannula oxygenation for acute hypoxemic COVID-19 patients in resource limited settings. *Trends Anaesthesia and Critical Care* 22(38), 24-25

- Li, J., Fink, J., & Ehrmann, S. (2020). High-flow nasal cannula for COVID-19 patients: low risk of bio-aerosol dispersion. *The European Respiratory Journal*, 55(5), 2000892-2000892.
- Martínez, E. X. G., Morales, G. S., Segura, L. E. M., & Cruz, A. D. I. V. (2022). Métodos no invasivos de oxigenación en pacientes con COVID-19. Revisión descriptiva. *Medicina crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)*, 36(6), 378-386.
- Martínez, F. M., Esperanza, A. B., Pérez, R. L., & Rodríguez, J. G.-M. (2017). Tratamiento de la insuficiencia respiratoria crónica. Oxigenoterapia. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(46), 2755-2765.
- Monroy, J. E. H., Sosa, F. J., & Ortega, C. R. (2024). El índice de ROX como predictor de intubación temprana en pacientes con COVID-19 tratados con oxigenoterapia de bajo flujo. *Revista Española de Urgencias y Emergencias*, 3(4), 221-224.
- Montenegro, J. D. Z., Ramos, D. G., Catillo, J. J., Giraldo, H. L., & Arboleda, H. (2022). Predictores de fracaso con cánula nasal de alto flujo de oxígeno en pacientes COVID-19. *Revista Colombiana de Neumología*, 34(1), 11-19.
- Nishimura, M. (2016). High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects. *Respiratory care*, 61(4), 529-541.
- Notejane, M., Casuriaga, A., Vomero, A., Pandolfo, S., Giachetto, G., Pérez, W.,...Bentancor, M. (2018). Aplicación de oxigenoterapia por cánula nasal de alto flujo versus oxigenación por bajo flujo en neonatos con bronquiolitis hospitalizados en salas de un centro de referencia en Uruguay. *Archivos de Pediatría del Uruguay*, 89(4), 257-263.
- Olivares-Melgoza, F. M., Garrido-Herrera, S., & Sánchez-Hurtado, L. A. (2023). Índice ROX para predecir falla con dispositivos de bajo flujo en COVID-19. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 61(Suppl 3), S477.
- Ortega, C. R., Monroy, J. E. H., & Sosa, F. J. (2024). El índice de ROX como predictor de intubación temprana en oxigenoterapia de bajo flujo en COVID-19. *Revista Española de Urgencias y Emergencias (Spanish Journal of acute and emergency care)*, 3(4).
- Prakash, J., Bhattacharya, P. K., Yadav, A. K., Kumar, A., Tudu, L. C., & Prasad, K. (2021). ROX index as a good predictor of high flow nasal cannula failure in COVID-19 patients with acute hypoxemic respiratory failure: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Critical Care*, 66, 102-108.

- Ricard, J.-D., Roca, O., Lemiale, V., Corley, A., Braunlich, J., Jones, P.,...Rittayamai, N. (2020). Use of nasal high flow oxygen during acute respiratory failure. *Intensive care medicine*, 46, 2238-2247.
- Roca, O., Caralt, B., Messika, J., Samper, M., Sztrymf, B., Hernández, G.,...Ricard, J.-D. (2019). An index combining respiratory rate and oxygenation to predict outcome of nasal high-flow therapy. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 199(11), 1368-1376.
- Roca, O., Messika, J., Caralt, B., García-de-Acilu, M., Sztrymf, B., Ricard, J.-D., & Masclans, J. R. (2016). Predicting success of high-flow nasal cannula in pneumonia patients with hypoxemic respiratory failure: The utility of the ROX index. *Journal of critical care*, 35, 200-205.
- Rodríguez-Zúñiga, M. J., Quintana-Aquehua, A., Díaz-Lajo, V. H., Charaja-Coata, K. S., Becerra-Bonilla, W. S., Cueva-Tovar, K.,...Cerpa-Chacaliaza, B. (2020). Factores de riesgo asociados a mortalidad en pacientes adultos con neumonía por SARS-CoV-2 en un hospital público de Lima, Perú. *Acta Médica Peruana*, 37(4), 437-446.
- Ronda, V. E., Alcaraz, S. R., Torregrosa, P. R., Suau, M. G., Pérez, E. N., Ramírez, J. M. L.,...Carbonell, J. G. (2021). Aplicación de escalas pronósticas de gravedad en la neumonía por SARS-CoV-2. *Medicina Clínica*, 157(3), 99-105.
- Russell, C. D., Lone, N. I., & Baillie, J. K. (2023). Comorbidities, multimorbidity and COVID-19. *Nature medicine*, 29(2), 334-343.
- Salazar, M., Barochiner, J., Espeche, W., & Ennis, I. (2020). COVID-19, hipertensión y enfermedad cardiovascular. *Hipertensión y riesgo vascular*, 37(4), 176-180.
- Scala, R., & Heunks, L. (2018). Highlights in acute respiratory failure. *European Respiratory Review*, 27(147).
- Slutsky, A. S., & Ranieri, V. M. (2013). Ventilator-induced lung injury. *New England Journal of Medicine*, 369(22), 2126-2136.
- Suliman, L. A., Abdelgawad, T. T., Farrag, N. S., & Abdelwahab, H. W. (2021). Validity of ROX index in prediction of risk of intubation in patients with COVID-19 pneumonia. *Advances in respiratory medicine*, 89(1), 1-7.
- Suárez, L. M. G. (2018). *Guía de oxigenoterapia. Documentos de Trabajo Areandina* (F. U. d. Á. Andina, Ed.).

- Sánchez-Oro, R., Nuez, J. T., & Martínez-Sanz, G. (2020). La radiología en el diagnóstico de la neumonía por SARS-CoV-2 (COVID-19). *Medicina clínica*, 155(1), 36.
- Vega, M. L., Dongilli, R., Olaizola, G., Colaianni, N., Sayat, M. C., Pisani, L.,...Montiel, G. (2022). COVID-19 Pneumonia and ROX index: Time to set a new threshold for patients admitted outside the ICU. *Pulmonology*, 28(1), 13-17.
- Viejo, J.L., Rodríguez, L., (2013). Indicaciones y manejo de la oxigenoterapia. Monografías en Neumonía 14(10) 13-44
- WHO, W. H. O. (2020). *Clinical management of severe acute respiratory infection when novel coronavirus (2019-nCoV) infection is suspected: interim guidance, 28 January 2020*.
- Wiersinga, W. J., Rhodes, A., Cheng, A. C., Peacock, S. J., & Prescott, H. C. (2020). Pathophysiology, transmission, diagnosis, and treatment of coronavirus disease 2019 (COVID-19): a review. *Jama*, 324(8), 782-793.
- Wu, Z., & McGoogan, J. M. (2020). Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72 314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *jama*, 323(13), 1239-1242.
- Xu, J., Yang, X., Huang, C., Zou, X., Zhou, T., Pan, S.,...Wang, Y. (2020). A novel risk-stratification models of the high-flow nasal cannula therapy in COVID-19 patients with hypoxemic respiratory failure. *Frontiers in medicine*, 7, 607821.

ANEXOS

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Características Sociodemográficas										
1. Edad (años)	Factores De Riesgo	% SAT Ingreso			Dispositivo		Flujo de Oxígeno		Frecuencia Respiratoria	
	0 =No	Ingreso	2 horas	6 horas	2 h	6 h	2 h	6 h	2 h	6 h
	1=Tabaquismo									
2. Sexo	2= Biomazas									
1 Hombre 2 Mujer	3=DM2									
	4= HAS									
	5=Obesidad									
	6= Neuropatía									
	7= Cardiopatía									
	8=Hepatopatía									
	9=Nefropatía									
	10=EVC									
	11=Cáncer									
	12= Inmunosupresión									

IROX a 2 Horas	IROX a 6 H
1 = <4	1 = <4
2 = 4	2 = 4
3 = 5	3 = 5
4=6	4=6
5=7	5=7
6=8	6=8
7 = 9	7 = 9
8= 10	8= 10
9 >11	9 >11