

FACULTAD DE ENFERMERÍA

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
URGENCIAS,  
EMERGENCIAS Y CRÍTICOS EN ENFERMERÍA

**RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS  
GASOMÉTRICOS EN UNA MUESTRA DE  
PACIENTE CRÍTICOS**

Autora: Dña. Amalia Chavarri Laserna  
Directora: Lucía Santonja Ayuso

Valencia, 2023

FACULTY OF NURSING

FINAL MASTER'S DEGREE PROJECT  
EMERGENCIES AND CRITICAL CARE IN NURSING

**RELATIONSHIP BETWEEN GASOMETRIC  
PARAMETERS IN A SAMPLE OF CRITICALLY  
ILL PATIENTS**

Author: Amalia Chavarri Laserna  
Directora: Lucía Santonja Ayuso

Valencia, 2023

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ABSTRACT .....</b>                  | <b>6</b>  |
| <b>JUSTIFICACIÓN.....</b>              | <b>7</b>  |
| <b>ANTECEDENTES .....</b>              | <b>8</b>  |
| <b>MARCO TEÓRICO .....</b>             | <b>9</b>  |
| <b>1. GASOMETRÍA.....</b>              | <b>9</b>  |
| DEFINICIÓN.....                        | 9         |
| TERMINOLOGÍA.....                      | 9         |
| TÉCNICA.....                           | 10        |
| TEST DE ALLEN.....                     | 12        |
| <b>2. EQUILIBRIO ÁCIDO – BASE.....</b> | <b>13</b> |
| FISIOLOGÍA .....                       | 13        |
| MECANISMOS COMPENSATORIOS.....         | 14        |
| <b>ALTERACIONES ÁCIDO-BASE.....</b>    | <b>14</b> |
| ACIDOSIS RESPIRATORIA .....            | 14        |
| ACIDOSIS METABOLICA .....              | 15        |
| ALCALOSIS RESPIRATORIA.....            | 15        |
| ALCALOSIS METABOLICA.....              | 16        |
| <b>3. OXIGENACIÓN .....</b>            | <b>17</b> |
| <b>OBJETIVOS.....</b>                  | <b>18</b> |
| Objetivo general.....                  | 18        |
| Objetivos específicos .....            | 18        |
| <b>HIPÓTESIS.....</b>                  | <b>18</b> |
| <b>MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>        | <b>19</b> |
| DISEÑO DEL ESTUDIO .....               | 19        |
| MARCO .....                            | 19        |
| POBLACIÓN.....                         | 19        |
| CRITERIOS DE SELECCIÓN .....           | 19        |
| INCLUSIÓN .....                        | 19        |
| EXCLUSIÓN .....                        | 20        |
| VARIABLES .....                        | 20        |
| MUESTREO .....                         | 20        |
| MUESTRA.....                           | 21        |
| ASPECTOS ÉTICOS.....                   | 21        |
| SESGOS .....                           | 21        |
| FUENTE DE DATOS.....                   | 21        |
| ANÁLISIS ESTADISTICO .....             | 22        |
| <b>RESULTADOS .....</b>                | <b>23</b> |
| DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA .....        | 23        |
| INFERENCIA.....                        | 25        |
| <b>DISCUSIÓN .....</b>                 | <b>30</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| Limitaciones del estudio.....  | 33        |
| Recomendaciones basadas en la evidencia: implicaciones en la práctica..... | 33        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>34</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>35</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>39</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|              |    |
|--------------|----|
| Tabla 1..... | 9  |
| Tabla 2..... | 16 |
| Tabla 3..... | 24 |
| Tabla 4..... | 25 |
| Tabla 5..... | 26 |
| Tabla 6..... | 27 |
| Tabla 7..... | 27 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|               |    |
|---------------|----|
| Figura 1..... | 28 |
| Figura 2..... | 28 |
| Figura 3..... | 29 |

## RESUMEN

**Introducción:** la gasometría es una prueba médica esencial en la unidad de cuidados intensivos, ya que, puede aportar mucha información sobre el estado del paciente en cuestión de minutos. De esta forma, teniendo un conocimiento amplio sobre los valores aportados por la gasometría, se puede modificar el tratamiento del paciente e influir en su mejora.

**Objetivos:** el estudio tiene como objetivo principal analizar de qué forma se relacionan los parámetros biológicos analizados por la gasometría en la muestra de pacientes incluidos en la investigación. Además de calcular el nivel de distrés respiratorio de la muestra a través de los datos gasométricos.

**Hipótesis:** se espera encontrar que aquellos pacientes tratados con oxigenoterapia presenten mejores resultados gasométricos, frente a aquellos que no hayan sido tratados.

**Metodología:** se trata de un estudio no experimental observacional descriptivo de casos, con carácter transversal. La muestra se analizó mediante el método estadístico correlación de Spearman. Por otra parte, se utilizó el Índice de Kirby para calcular el nivel de distrés respiratorio de la muestra.

**Resultados:** los resultados mostraron correlaciones fuertes y moderadas entre la mayoría de las variables estudiadas. Por otra parte, se demostró el estado de gravedad de la muestra respecto a su función respiratoria.

**Conclusiones:** los resultados obtenidos confirman la relación de los parámetros implicados en el mantenimiento del pH. El resto de las variables también se relacionan de forma en la que se puede explicar el proceso patológico del paciente. La hipótesis que planteaba que aquellos pacientes con oxigenoterapia iban a presentar mejores resultados gasométricos que aquellos que no la tienen, no se ha cumplido.

**Palabras clave:** gasometría, paciente crítico, equilibrio ácido básico, distrés respiratorio y arteria.

## ABSTRACT

**Introduction:** gasometry is an essential medical test in the intensive care unit, as they can provide a great deal of information about the patient's condition in a matter of minutes.

Thus, having a broad knowledge of the values provided by gasometry, it is possible to modify the patient's treatment and influence its improvement.

**Objectives:** the main objective of the study is to analyze the relationship between the biological parameters analyzed by gasometry analysis in the sample of patients included in the study. In addition, it aims to calculate the level of respiratory distress of the sample through the gasometry data.

**Hypothesis:** it is expected to find that those patients treated with oxygen therapy present better gasometric results compared to those who have not been treated with oxygen.

**Methodology:** this is a descriptive non-experimental observational study of cases, with cross-sectional character. The sample was analyzed using Spearman's correlation statistical method. On the other hand, the Kirby Index was used to calculate the level of respiratory distress of the sample.

**Results:** The results showed strong and moderate correlations between most of the variables studied. On the other hand, the severity status of the sample with respect to its respiratory function was demonstrated.

**Conclusions:** the results obtained confirm the relationship of the parameters involved in pH maintenance. The rest of the variables are also related in a way that can explain the pathological process of the patient.

The hypothesis that those patients with oxygen therapy would present better gasometric results than those without oxygen therapy was not fulfilled.

**Keywords:** gasometry, critical patient, acid base balance, respiratory distress and artery.

## JUSTIFICACIÓN

La profesión de enfermería está en constante evolución y progreso hacia una ciencia más completa, capaz de abordar, cada vez más, las nuevas necesidades de los pacientes que van surgiendo con el paso de los años. Las investigaciones clínicas son necesarias para promover un perfeccionamiento de la profesión.

De esta forma, se consigue que las enfermeras sean dotadas de una actuación asistencial basada en la evidencia científica, enriqueciendo las bases de la profesión.

A propósito de este caso, las enfermeras, las cuales, desarrollan su labor asistencial en las unidades de críticos (UCI) deben de tener seguridad en la técnica de la punción arterial, pero también el poder realizar una interpretación previa de los resultados, ya que una actuación precoz ante una situación de riesgo vital en estos pacientes es necesaria.

De esta forma, los resultados del presente proyecto ayudarán a detectar precozmente posibles alteraciones en los pacientes y, así, poder influir en el pronóstico y conseguir una mejoría de estos.

En términos generales, aportará más conocimientos para enfermería ayudando y colaborando al progreso de la profesión.

## ANTECEDENTES

La historia de la gasometría se remonta al 1909 cuando el científico Sorensen definió el concepto de pH por primera vez, como un logaritmo capaz de medir las concentraciones de iones hidrógeno  $H^+$  (1).

En 1986 el doctor Romanski elaboró una guía de cuatro pasos simples a seguir para analizar con rapidez los resultados de una gasometría arterial. El protocolo dictaminado por este doctor se utiliza en la mayoría de los escenarios, es el siguiente (2):

Paso 1: Evaluar el valor del pH.

Si el pH está fuera de rango debemos detectar si es acidosis o alcalosis. En el caso de que se encuentre dentro de rango, se cogerá 7,4 como el valor normal.

Paso 2: Analizar los componentes respiratorios o metabólicos que nos aporta los resultados.

Observar los resultados de la presión parcial de dióxido de carbono ( $PCO_2$ ) o del bicarbonato ( $HCO_3$ ) para ver si el proceso clínico es respiratorio o metabólico.

Paso 3: Si el valor pH está fuera del rango de normalidad, comparar si cuadran los valores de  $PCO_2$  y  $HCO_3$  con el pH.

Paso 4: Evaluar los mecanismos compensatorios.

La finalidad de este trabajo es comprobar si pueden existir otros parámetros, analizados por la prueba de gasometría sanguínea, que muestren más información sobre el proceso patológico del paciente. Así, conseguir una evaluación más integral y específica de la gasometría por parte del profesional sanitario.

## MARCO TEÓRICO

El marco teórico de la presente investigación se ha organizado en tres partes diferentes. La primera trata de definir el concepto de gasometría y describir la técnica enfermera según las últimas recomendaciones, así como el material necesario para recoger la muestra. El segundo, hace referencia al balance ácido base y las reacciones fisiológicas necesarias para mantener este equilibrio. La tercera parte trata sobre la oxigenación del paciente crítico.

### 1. GASOMETRÍA

#### DEFINICIÓN

La gasometría es un procedimiento que consiste en la medición de la presión parcial de los gases de la sangre, bien arterial o venosa, así como otros valores de interés clínico. Es comúnmente usada por su rápido análisis y obtención de resultados esenciales, los cuales, nos indican el estado de un paciente. Normalmente, se usa para conocer el estado de gravedad o evolución de los pacientes con alteraciones del equilibrio ácido base y/o problemas en el intercambio gaseoso (3).

Una vez conocida la alteración presentada por el paciente, se analiza la muestra de nuevo para comprobar que el tratamiento está haciendo el efecto esperado (4).

La muestra es analizada por una máquina llamada gasómetro, la cual, podemos encontrar tanto en laboratorio como en los propios servicios. Es pequeña y fácil de manejar, las propias enfermeras pueden analizar la muestra, siguiendo las instrucciones de la pantalla.

#### TERMINOLOGÍA

Se expone una breve explicación de los conceptos que engloba el tema a tratar y su rango de normalidad (5):

Tabla 1. Terminología

| PARÁMETRO   | DEFINICIÓN   | VALORES      |
|-------------|--|--------------|
| <b>pH</b>   | Mide la concentración de iones de hidrógeno presentes en sangre. | 7.35 a 7.45  |
| <b>PCO2</b> | Es la presión parcial de dióxido de carbono en sangre.           | 35 a 45 mmHg |

|                        |  |   |
|------------------------|--|---|
| <b>PO<sub>2</sub></b>  | Es la presión parcial de oxígeno en sangre.  | 75 a 100 mmHg   |
| <b>HCO<sub>3</sub></b> | Concentración de bicarbonato en sangre.  | 22 a 26 mEq/L   |
| <b>SaO<sub>2</sub></b> | Es la saturación de oxígeno que presenta la hemoglobina, este parámetro se representa en porcentaje. | 95 – 100 %  |
| <b>BE</b>              | El exceso de bases es el nivel de déficit o exceso de bicarbonato disponible en sangre.              | -2 a +2 mEq/L   |
| <b>Lactato</b>         | Es un producto del metabolismo de la glucosa en condiciones de oxígeno deficientes.                  | < 2 mmol/L  |
| <b>Sodio (Na)</b>      | Es un elemento químico con número atómico 11.  | 135 – 145 mEq/L                                       |
| <b>Potasio (K)</b>     | Es un elemento químico con número atómico 19.  | 3.7-5.2 mEq/L   |
| <b>Hemoglobina</b>     | Es la proteína de los glóbulos rojos encargada de transportar el oxígeno por el organismo.           | Hombres: 13.8 – 17.2 g/dL<br>Mujeres: 12.1 -15.1 g/dL |
| <b>Hematocrito</b>     | Es la cantidad total de glóbulos rojos en sangre, se representa en porcentaje.                       | Hombres: 40.7 – 50.3 %<br>Mujeres: 36.1 – 44.3 %      |

*Fuente: elaboración propia.*

## TÉCNICA

La técnica descrita a continuación es recogida por el manual de procedimientos de enfermería de la Comunidad Valenciana, elaborado por Consellería de Sanidad (6). Es competencia de enfermería conocer la técnica de extracción de una muestra para ser analizada en un gasómetro, saber ejecutarla e identificar las posibles complicaciones que puedan surgir.

A diferencia de las venas, las arterias no se pueden ver ni palpar al encontrarse en planos más profundos, la localización de ellas es a través del pulso. Esto provoca una dificultad añadida a esta técnica, por lo que es importante conocer el protocolo a seguir para realizar una correcta punción de las arterias.

Además, para el paciente es una técnica mucho más dolorosa, en comparación con la punción de una vena. Para aliviar este dolor se puede utilizar anestésico local, según las circunstancias de cada caso (6).

#### Material (6):

- Gasas estériles.
- Guantes estériles.
- Solución antiséptica.
- Anestesia local sin vasodilatador (opcional) y su jeringa correspondiente.
- 1 jeringa de gasometría.
- Impreso u orden de petición de gasometría.
- Registros de enfermería.

#### Procedimiento (6):

- Preparar el material y realizar el lavado de manos.
- Verificar la identidad del paciente, informarle sobre el procedimiento y pedir su colaboración.
- Escoger la arteria de punción: radial, humeral o femoral.

Según la arteria escogida la posición anatómica que debe tener el paciente varía (3). En el caso de haber escogido la arterial radial pondremos la muñeca en hiperextensión porque la muestra se extrae a nivel del túnel carpiano. En cuanto a la arteria humeral, se palpa el pulso en la fosa antecubital, por lo que el brazo debe estar lo máximo extendido posible. La arteria femoral es la menos utilizada para extraer muestras de ella, se deja como última opción, el paciente deberá estar en decúbito supino (3,6).

- Antes de pinchar en la arteria radial se debe realizar el test de Allen para comprobar la correcta irrigación sanguínea de la mano, y así, evitar complicaciones.
- Palpar la arteria elegida con los dedos índice y medio de la mano no dominante.
- Limpiar la zona con antiséptico y dejar secar.
- Colocarse los guantes estériles.
- Localizar y fijar el pulso con los dedos índice y medio, con la mano dominante insertar la aguja en la arteria con un ángulo de 45° respecto a la muñeca y de 90° en el caso de la arteria humeral o femoral.
- Dejar que entre 1-2 ml de sangre.
- Retirar la aguja y presionar el lugar de punción durante 5 minutos. Si es la arteria humeral se presiona 7-8 minutos, mientras que en la femoral se necesitan de presión sobre la zona de punción 10 minutos.
- Dejar un apósito sobre lugar de punción y fijarlo comprimiendo ligeramente.

- Si la muestra no es enviada o analizada inmediatamente se deberá guardar en frío para evitar alteraciones de esta.

## TEST DE ALLEN

Según el instituto nacional de enfermedades respiratorias de ciudad de México, las contraindicaciones para realizar una gasometría arterial a un paciente son las siguientes (4):

- Test Allen modificado con resultado positivo.
- Lesión o proceso infeccioso tisular en punto de punción.
- Ausencia de pulso.
- Presencia de fístula arteriovenosa.
- Anticoagulación del paciente con dosis media-altas.

La isquemia de la mano es una complicación derivada de la obtención de una muestra de sangre mediante punción de la arteria radial o la canalización de esta con fines diagnósticos o terapéuticos. Se ha demostrado una incidencia del 0,2% en la que la mano se queda sin irrigación suficiente (7).

Para evitar esta complicación, los diversos protocolos de actuación recogen realizar el test Allen de forma rutinaria antes de puncionar la arteria radial.

La prueba consiste en comprobar el correcto funcionamiento de la circulación colateral que irriga la palma de la mano (4,6,7).

Para realizar la prueba se necesita la colaboración del paciente, este cerrará la mano en un puño mientras la enfermera comprime la arteria radial y cubital a la vez. La mano deberá adquirir un color pálido debido a la ausencia de irrigación sanguínea por la compresión en las arterias (6,7).

Al liberar la arteria cubital, si tarda más de 10-15 segundos en restablecer la coloración normal de la palma de la mano, la prueba se considera anormal dando positivo en el test. Estaría contraindicado la punción de la arterial radial por alto riesgo de isquemia de la mano debido a un fallo en la circulación colateral (7).

Actualmente, según Óscar Romeu y Sendoa Ballesteros (7), existen otras formas con resultados más fiables a la hora de comprobar la correcta circulación colateral de la mano, como lo es, el uso de la ecografía Doppler. Gracias a esta técnica se puede observar con detalle la anatomía vascular del túnel carpiano y el flujo de sus venas y arterias.

Han sido demostradas varias limitaciones de la prueba Allen, como por ejemplo, imposibilidad del paciente para colaborar en la prueba, compresión poco efectiva generando falsos negativos o hiperextensión de la muñeca generando falsos positivos de la prueba (7).

Estas limitaciones ponen en duda su verdadera utilidad para evitar posibles complicaciones, sin embargo, sigue siendo la prueba recogida por los protocolos de actuación (6).

## 2. EQUILIBRIO ÁCIDO – BASE

El pH es un parámetro gasométrico con un rango muy estrecho de normalidad, 7,35-7,45, los valores inferiores a 6,8 y superiores a 7,8 son incompatibles con la vida (3). Por ello, el correcto manejo de pacientes con alteraciones metabólicas adquiere una alta relevancia.

A continuación, se expone una breve explicación sobre la fisiología de este mecanismo.

### FISIOLOGÍA

La respiración celular aeróbica es la razón que explica porque el ser humano necesita oxígeno para vivir. El proceso de respiración celular con oxígeno es una serie de reacciones moleculares que dan resultado a 38 Adenosina Trifosfato (ATP), la cual es la fuente primaria de energía celular para todo el sistema. Mientras que el proceso de respiración celular anaerobio solo produce dos ATP, insuficientes para sostener la vida (8).

El dióxido de carbono es un producto de deshecho generado por esta reacción, llamada respiración celular. Con este producto, se genera otra reacción que explicaría el mecanismo fisiológico del equilibrio ácido-base y las formas compensatorias del sistema.

El dióxido de carbono se combina con agua generando ácido carbónico, este nuevo producto se disocia creando bicarbonato e iones hidrógenos.



Esta simple reacción es la responsable de mantener el pH en rango de normalidad ya que puede invertirse según el trastorno presente en el paciente (8).

## MECANISMOS COMPENSATORIOS

El sistema renal y respiratorio son los protagonistas en la compensación de las alteraciones del pH.

Si el trastorno primario del pH viene dado por un fallo respiratorio del paciente, el componente metabólico debería mostrar una compensación en el resultado de la gasometría. En este caso, el sistema renal se prepara para actuar absorbiendo o excretando  $H^+$  y  $HCO_3^-$  según la naturalidad del trastorno (8,9).

Si  $HCO_3^-$  es reabsorbido y  $H^+$  es excretado a la orina, el pH aumenta, corrigiendo una posible acidosis. En el caso de que la acidosis persista, el riñón incluso es capaz de generar bicarbonato (9).

El sistema compensatorio respiratorio actúa modificando la frecuencia respiratoria del paciente para expirar más o menos  $CO_2$  al aire ambiente. Gracias a la reacción del  $CO_2$  con  $H_2O$  es capaz de afectar al valor del pH.

Esta compensación se consigue en cuestión de minutos, mientras que el sistema renal tarda más en actuar.

## ALTERACIONES ÁCIDO-BASE

El cuerpo humano cuenta con una fisiología, anteriormente explicada, capaz de reaccionar ante cambios en el pH compensando cualquier alteración. En ocasiones, se dan situaciones clínicas en las cuales los mecanismos compensatorios pueden fallar. A continuación, se expone una breve definición de las cuatro alteraciones de este equilibrio, acidosis respiratoria, acidosis metabólica, alcalosis respiratoria y alcalosis metabólica.

### ACIDOSIS RESPIRATORIA

La acidosis respiratoria se debe a un fallo en la ventilación e intercambio gaseoso del paciente. Debido a una hipoventilación alveolar el organismo retiene carbónico en su interior al no ser expulsado en la expiración, aumentando la presión parcial del dióxido de carbono. Al haber más  $PCO_2$  el sistema tampón creado por el dióxido de carbono genera un aumento de iones  $H^+$ , como se ha explicado en el anterior apartado (10).

El mecanismo compensatorio se pone en marcha, los riñones intentan eliminar más iones  $H^+$  y las bases son reabsorbidas para crear  $NaHCO_3$ , así, se consigue atenuar la bajada del pH (9). Pero, de forma inevitable, se genera una acidosis por la bajada del pH.

Los parámetros alterados de una gasometría de un paciente con acidosis respiratoria son la PCO<sub>2</sub> elevado (+ 45 mmHg), bicarbonato elevado (30mmHg) y pH por debajo de 7,35.

Los síntomas asociados a la presente situación clínica dependerán de la duración y gravedad del proceso. Los procesos agudos están acompañados de disnea, ansiedad, sibilancias, si se prolonga en el tiempo puede alterar el estado mental de los pacientes provocando convulsiones (10).

Se ha demostrado que la hipercapnia provoca vasodilatación cerebral, aumentando la hipertensión intracraneal (PIC). Es un aspecto importante a tener en cuenta en pacientes en estado crítico que cursan con una PIC elevada, el manejo de la correcta ventilación evitando la retención de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es esencial para evitar el empeoramiento clínico (8).

En pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), con fatiga respiratoria, es posible que se de una acidosis respiratoria de forma crónica, pudiendo provocar a la larga hipertensión pulmonar o fallo cardíaco (10).

## ACIDOSIS METABOLICA

La acidosis metabólica consiste en el aumento de la concentración de iones de hidrógeno en la circulación provocando una acidemia. También, se puede observar una bajada del HCO<sub>3</sub> menor a 22 mEq/L debido a este proceso (11).

La etiología de esta alteración del equilibrio del pH se puede clasificar en cuatro grupos: ingestión de ácido, pérdidas de bicarbonato vía renal, un aumento de la producción de ácido o una disminución de la excreción de ácido (11).

La acidosis metabólica no es un proceso clínico por si solo, sino que está relacionado con una disfunción del organismo que desencadena una disminución del pH. Se debe realizar un diagnostico diferencial para reconocer el proceso patológico asociado a esta alteración y poder encaminar el tratamiento del paciente de forma correcta (9,11).

## ALCALOSIS RESPIRATORIA

La alcalosis respiratoria es una disminución de la PCO<sub>2</sub> por debajo de 35mmHg debido a un fallo respiratorio. Cuando un paciente aumenta su frecuencia

respiratoria y profundidad, está hiperventilando. Toda situación clínica en la cual un paciente hiperventila desencadena un aumento de la exhalación del CO<sub>2</sub> provocando una alcalinización de la sangre debido a los cambios fisiológicos que esto supone, por lo tanto, una subida del pH por encima de los valores normales (12). El sistema renal actuaría como mecanismo compensatorio disminuyendo la concentración del bicarbonato (9).

Está alteración es la anomalía del equilibrio ácido-básico más común debido a la gran cantidad de escenarios distintos en los que un paciente puede hiperventilar. No hay diferencias entre hombres y mujeres, en ambos sexos se dan más casos de alcalosis respiratoria en comparación con el resto de los desequilibrios del pH (12).

### ALCALOSIS METABOLICA

La alcalosis metabólica es un trastorno ácido-básico en el cual el bicarbonato en sangre está elevado, causando un aumento por encima del rango normal del valor del pH. El sistema respiratorio intenta compensar la situación mediante la hipoventilación incrementando la PCO<sub>2</sub> (9,12).

La principal causa de esta alteración viene dada por la pérdida de volumen, como puede ser por vómitos de repetición o uso excesivo de diuréticos (12).

El tratamiento mediante la administración de fluidoterapia de suero fisiológico al 0,9%, en la mayoría de los casos, es una forma simple y suficiente para resolver el problema (12).

Tabla 2: Parámetros afectados por las alteraciones del equilibrio ácido-base.

| ALTERACIÓN             | pH     | PCO <sub>2</sub>          | HCO <sub>3</sub>          |
|------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
| ACIDOSIS RESPIRATORIA  | -7,35  | +45 mmHg                  | Aumento compensatorio     |
| ALCALOSIS RESPIRATORIA | + 7,45 | -45 mmHg                  | Disminución compensatoria |
| ALCALOSIS METABOLICA   | + 7,45 | Aumento compensatorio     | + 26 mEq/L                |
| ACIDOSIS METABOLICA    | -7,35  | Disminución compensatoria | -22 mEq/L                 |

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3. OXIGENACIÓN

El síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) consiste en una insuficiencia respiratoria aguda secundaria a un edema inflamatorio agudo de pulmón, lo que conlleva un aumento de la permeabilidad capilar (13).

Como consecuencia se produce un shunt intrapulmonar, el cual implica que los alvéolos se encuentran perfundidos, pero no ventilados y, por tanto, existe una hipoxemia a pesar de administrar altos volúmenes de oxígeno (13).

Para valorar el estado cardiopulmonar y la hipoxemia se utiliza el índice de Kirby, coeficiente que expresa la relación entre la fracción de oxígeno disuelta en sangre ( $PaO_2$ ) y la fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ) que representa la concentración de oxígeno en la mezcla de aire inspirado (14).

Este índice se utiliza de forma común en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) para valorar el intercambio gaseoso, siendo un buen predictor de la disfunción pulmonar aguda (15).

## OBJETIVOS

### Objetivo general

O1. Analizar la relación entre los diferentes parámetros obtenidos en una gasometría arterial.

### Objetivos específicos

O2. Describir la relación de los parámetros que conforman el equilibrio ácido-base: pH, PCO<sub>2</sub> y CO<sub>3</sub>HNa.

O3. Valorar la relación de otros parámetros de interés clínico para comprender la enfermedad de los sujetos de la muestra.

O4. Calcular el nivel de distrés respiratorio agudo de los pacientes de la muestra a través del índice de Kirby.

## HIPÓTESIS

H1. Se espera encontrar que aquellos pacientes tratados con oxigenoterapia presenten mejores resultados gasométricos, frente a aquellos que no hayan sido tratados con ella.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio piloto, es un preámbulo de la futura investigación sobre la correlación entre parámetros gasométricos en una muestra de pacientes críticos. Pretende planear los aspectos metodológicos, en menor escala, sobre la investigación tratada.

El principal objetivo de este estudio es profundizar sobre los conocimientos relacionados con la estabilidad e inestabilidad del paciente crítico y su gasometría arterial con el fin de evitar errores en su manejo terapéutico y un mayor control sobre su estado basal.

Además, permite comprobar la logística de la ejecución del estudio (como el acceso a la información, recopilación de datos, colaboración del equipo de investigación...) y, así, asegurar al investigador de que el estudio se puede ser llevado a cabo en escenarios futuros.

La metodología del presente estudio se ha basado en los criterios de la guía STROBE (16).

### DISEÑO DEL ESTUDIO

El diseño del estudio es el siguiente: estudio no experimental observacional descriptivo de casos, con carácter transversal (*cross-sectional study*).

### MARCO

La presente investigación tiene lugar en la Universidad Europea de Valencia. El periodo de recogida de datos para la realización del estudio fue en febrero de 2023.

### POBLACIÓN

La población diana (N) es escogida en base a sus problemas de salud, son pacientes en estado crítico ingresados en la UCI.

### CRITERIOS DE SELECCIÓN

### INCLUSIÓN

Los sujetos incluidos en el estudio son mayores de edad, ingresado en la UCI, a los que se les haga una gasometría arterial, que exista un consentimiento expreso del centro sanitario para recoger los datos (se consideran datos anonimizados ya que no se registrarán datos personales de los sujetos), que tengan la información

relevante para el estudio. Los pacientes tanto sin oxigenoterapia como con cualquier tipo de oxigenoterapia también serán incluidos.

### EXCLUSIÓN

Los sujetos no accesibles, menores de edad o que no tengan la información necesaria para el estudio, serán excluidos.

### VARIABLES

Las variables recogidas por el estudio son las siguientes:

- Independientes:
  - Género.
  
- Dependientes: se trata de los valores obtenidos en la gasometría.
  - pH
  - PO<sub>2</sub>
  - PCO<sub>2</sub>
  - NaHCO<sub>3</sub>
  - BE
  - SaO<sub>2</sub>
  - Na
  - K
  - Hemoglobina
  - Hematocrito
  - Lactato
  - FiO<sub>2</sub>

No se utilizará ninguna escala validada, y la obtención de toda la información se realizará de forma transversal en cada uno de los sujetos.

La naturaleza de las variables dependientes es cuantitativa, discreta y continua, también de tipo ordinal.

### MUESTREO

Se realizará un muestreo no aleatorizado por conveniencia/intencional (tipo bola de nieve).

## MUESTRA

El tamaño de la muestra es  $(n) = 25$ .

## ASPECTOS ÉTICOS

El presente trabajo respeta todas las normas nacionales (códigos deontológicos) e internacionales (C. Nuremberg) relacionadas con la investigación en personas. La utilización de los datos de los sujetos anonimizados servirá para mejorar los cuidados de los pacientes.

Balance de riesgo/beneficio: dado que el estudio es no experimental, no se va a proceder a intervención alguna con la muestra. Sin embargo, en cuanto a la obtención de inferencias de interés estadístico, estas pueden ofrecer datos de cara a mejorar los cuidados de los pacientes.

No se realizan gasometrías fuera de las necesarias para la valoración de los pacientes en la UCI, por lo que se utilizarán/aprovecharán los datos de aquellas gasometrías indicadas por el médico de cara a valorar la evolución de los pacientes.

Sin duda, si en la discusión/conclusiones del estudio se obtuviesen datos relevantes para la comunidad científica, la autora comunicaría los mismos a la entidad sanitaria en donde se ha realizado el estudio, e igualmente se procedería a realizar la difusión y visibilidad en revistas científicas de ámbito nacional y/o internacional.

## SESGOS

Los sesgos están presentes en todo trabajo de investigación, especialmente los relacionados con TFG y TFM, dado que los alumnos están en proceso de formación y presentan déficits metodológicos que sin duda influyen especialmente en los resultados y la discusión, también en el enfoque metodológico.

## FUENTE DE DATOS

Las gasometrías utilizadas en el presente trabajo fin de máster se han obtenido de duplicados de gasometrías indicadas por el médico intensivista en una unidad de cuidados intensivos, por lo que no son el resultado de valoraciones realizadas de forma dirigida por la investigadora. Solamente se han utilizado biomarcadores de la función respiratoria, la oxigenación y otros de interés clínico, anonimizándose los datos de los pacientes.

Las gasometrías utilizadas en el estudio fueron proporcionadas por un profesional sanitario, tras solicitar el permiso al médico responsable del paciente.

Los resultados obtenidos en el presente TFM, realizado sin ánimo de lucro, se utilizarán para mejorar los cuidados del paciente.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primer lugar, se realizará un descriptivo de las variables independientes y dependientes (valores gasométricos y otras de interés, explicadas en apartados anteriores).

A continuación, se analizará la normalidad de la muestra utilizando el Test Shapiro Wilk, de esta forma conoceremos si la muestra es paramétrica o no (17).

En el caso de que la muestra sea paramétrica, se realizará la inferencia a través del estadístico paramétrico correlación de Pearson (17).

Los criterios son IC 95% para p valor menor de 0.05. Se categorizará la fuerza de la r (coeficiente de correlación) como fuerte si  $r > 0.5$ , moderada si r entre 0.25-0.50 y débil si  $r < 0.25$ .

Se representará de forma gráfica a través de diagramas de dispersión (puntos con curva Gaussiana para las variables cuantitativas).

En el caso de que el resultado Test de Shapiro Wilk fuese que la muestra no es paramétrica se utilizaría el coeficiente de correlación de Spearman, siguiendo los mismos criterios explicados (17).

Por último, para obtener la gravedad del SDRA de la muestra, se calculará el valor del índice de Kirby dividiendo la PaO<sub>2</sub> entre la FiO<sub>2</sub> de la muestra. Los resultados se codificarán según la gravedad teniendo la siguiente referencia:

- Normal > 300
- Leve < 300
- Moderada < 200
- Severa < 100

## RESULTADOS

### DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

La muestra está compuesta por 25 participantes (  $n = 25$ ) siendo el 58% hombres y el 42% mujeres, ingresados en la unidad de cuidados intensivos de un hospital de Valencia. La tabla 3 describe los parámetros biológicos obtenidos tras realizar las gasometrías en cada uno de los pacientes durante su estancia en la unidad.

De alguno de los datos no consta información, al no poder registrarse en el momento de la extracción sanguínea y que, en ocasiones, fluctuaba dependiendo de la situación clínica del paciente: así ha sido con la fracción inspiratoria de oxígeno ( $FiO_2$ ). De los 25 sujetos, en 18, consta este dato.

Tabla 3. Parámetros biológicos gasométricos de la muestra.

| Sujetos | pH   | PCO2 | HCO3 | SaO2 | BE   | Lactato | Hemoglobina | Hematocrito | Potasio | Sodio | FiO2 | PO2  |
|---------|------|------|------|------|------|---------|-------------|-------------|---------|-------|------|------|
| A       | 7.36 | 29   | 16.4 | 97.8 | -7.8 | 2       | 11.6        | 35          | 3.4     | 138   |      | 32   |
| B       | 7.28 | 36   | 16.9 | 69.3 | -9   | 2.1     | 12.8        | 38          | 3.7     | 136   |      | 84   |
| C       | 7.49 | 57   | 43.4 | 96   | 18.1 | 9.3     | 7.9         | 24          | 3.1     | 157   |      | 52   |
| D       | 7.55 | 33   | 28.9 | 95   | 6.3  | 8.7     | 8.7         | 26          | 4.2     | 146   |      | 54   |
| E       | 7.3  | 46   | 22.6 | 98.1 | -4.1 | 1.1     | 15.5        | 47          | 3.6     | 133   |      | 95   |
| F       | 7.26 | 54   | 24.2 | 96.4 | -3.3 | 1.2     | 11.2        | 34          | 4.2     | 140   |      | 77   |
| G       | 7.31 | 63   | 31.7 | 77.9 | 4.4  | 0.7     | 9.2         | 28          | 4.7     | 144   |      | 41   |
| H       | 7.37 | 72.7 | 41.8 | 64   | 13.5 | 0.7     | 12          | 36          | 3.8     | 142   | 32   | 35.1 |
| I       | 7.73 | 19.9 | 26.6 | 98   | 7.4  |         | 8.2         | 25          | 6.5     |       | 21   | 121  |
| J       | 7.4  | 57.8 | 36.3 | 40   | 9.8  | 1.5     | 11.2        | 34          | 3.8     | 138   | 60   | 25   |
| K       | 7.35 | 49.6 | 27.3 | 46   | 1    | 1.3     | 14.3        | 43.7        | 4       | 144   | 28   | 25.2 |
| L       | 7.36 | 72.7 | 41.8 | 64   | 13   | 0.7     | 12          | 36.7        | 3.8     | 142   | 32   | 35.1 |
| M       | 7.43 | 49.3 | 32.7 | 95   | 7.5  | 1.9     | 8.9         | 27.2        | 3.2     | 142   | 85   | 71.6 |
| N       | 7.41 | 55.1 | 35   | 96   | 9.1  | 1.8     | 9           | 27.7        | 2.8     | 143   | 85   | 78.7 |
| O       | 7.26 | 56.8 | 25.6 | 87   | -2   | 5.9     | 10.6        | 32.5        | 3.7     | 139   | 100  | 65   |
| P       | 7.39 | 53   | 32.5 | 92   | 6.6  | 2.8     | 9.7         | 29.7        | 3.1     | 142   | 85   | 70.2 |
| Q       | 7.21 | 76   | 30.7 | 70.5 | 1.2  | 3.7     | 11.5        | 35          | 3.5     | 141   | 100  | 50.7 |
| R       | 7.51 | 36.4 | 29.2 | 84.6 | 5.9  | 3.9     | 10.4        | 31.9        | 2.9     | 138   | 60   | 49.6 |
| S       | 7.32 | 67.8 | 35.3 | 97   | 8.2  | 6.5     | 7.6         | 23          | 4.5     | 139   | 80   | 115  |
| T       | 7.47 | 46.8 | 34.7 | 96   | 9.8  | 0.8     | 12.7        | 38.8        | 3.5     | 143   | 50   | 78.9 |
| U       | 7.29 | 72.7 | 35.4 | 89.5 | 6.4  | 1.1     | 12.9        | 39.5        | 3.8     | 135   | 50   | 65.8 |
| V       | 7.44 | 48.1 | 33.2 | 100  | 8.2  | 1.4     | 8.7         | 26.5        | 3.3     | 149   | 55   | 133  |
| W       | 7.52 | 43.5 | 36.3 | 98   | 12.2 | 2.2     | 11.9        | 36.4        | 3.5     | 141   | 50   | 101  |
| X       | 7.49 | 48   | 36.8 | 97   | 12   | 2.1     | 11.7        | 36          | 3.3     | 139   | 50   | 85.6 |
| Y       | 7.22 | 60.9 | 24.9 | 85   | -3.7 | 4.6     | 12.1        | 37.1        | 6.1     | 141   | 50   | 66.9 |

Fuente: elaboración propia.

## INFERENCIA

En primer lugar, se procedió a valorar la distribución normal de la muestra utilizando el método Shapiro-Wilk, con un nivel de significancia p-valor  $> 0.005$ , como se observa en la tabla 2. La hipótesis nula plantea que la muestra proviene de una distribución normal, mientras que la alternativa predice que la distribución no es normal.

Los siguientes parámetros obtuvieron un p-valor  $< 0.005$  : Potasio, Lactato y SaO<sub>2</sub>. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. Los parámetros nombrados no son paramétricos, por lo que la correlación estudiada entre las variables cuantitativas será la correlación de Spearman.

Tabla 4. Resultados Shapiro-Wilk (p-valor  $> 0.005$ ).

|                                | HEMOGLOBINA | HEMATOCRITO      | POTASIO          | SODIO            | FiO <sub>2</sub> | PO <sub>2</sub> |
|--------------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| <b>Media</b>                   | 10.9        | 33.1             | 3.84             | 141              | 59.6             | 68.3            |
| <b>W de Shapiro-Wilk</b>       | 0.961       | 0.964            | 0.807            | 0.898            | 0.928            | 0.963           |
| <b>Valor p de Shapiro-Wilk</b> | 0.442       | 0.506            | <b>&lt;.001</b>  | 0.019            | 0.178            | 0.467           |
|                                | pH          | PCO <sub>2</sub> | HCO <sub>3</sub> | SaO <sub>2</sub> | BE               | LACTATO         |
| <b>Media</b>                   | 7.39        | 52.5             | 31.2             | 85.2             | 5.23             | 2.83            |
| <b>W de Shapiro-Wilk</b>       | 0.951       | 0.972            | 0.967            | 0.783            | 0.951            | 0.789           |
| <b>Valor p de Shapiro-Wilk</b> | 0.264       | 0.706            | 0.580            | <b>&lt;.001</b>  | 0.268            | <b>&lt;.001</b> |

*Fuente: elaboración propia.*

Tabla 5. Resultados de las correlaciones de Spearman de las variables obtenidas en las gasometrías de la muestra (r, p-valor) (n = 25).

*Fuente: elaboración propia.*

Matriz de Correlaciones

|             |                 | pH     | PCO2   | HCO3-  | SaO2   | BE     | LACTATO | HEMOGLOBINA | HEMATOCRITO | POTASIO | PO2    | SODIO  | FI02 |
|-------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------------|-------------|---------|--------|--------|------|
| pH          | Rho de Spearman | —      |        |        |        |        |         |             |             |         |        |        |      |
|             | valor p         | —      |        |        |        |        |         |             |             |         |        |        |      |
| PCO2        | Rho de Spearman | -0.543 | —      |        |        |        |         |             |             |         |        |        |      |
|             | valor p         | 0.005  | —      |        |        |        |         |             |             |         |        |        |      |
| HCO3-       | Rho de Spearman | 0.401  | 0.474  | —      |        |        |         |             |             |         |        |        |      |
|             | valor p         | 0.047  | 0.017  | —      |        |        |         |             |             |         |        |        |      |
| SaO2        | Rho de Spearman | 0.358  | -0.500 | -0.105 | —      |        |         |             |             |         |        |        |      |
|             | valor p         | 0.078  | 0.011  | 0.616  | —      |        |         |             |             |         |        |        |      |
| BE          | Rho de Spearman | 0.605  | 0.256  | 0.943  | 0.048  | —      |         |             |             |         |        |        |      |
|             | valor p         | 0.001  | 0.217  | <.001  | 0.821  | —      |         |             |             |         |        |        |      |
| LACTATO     | Rho de Spearman | 0.153  | -0.199 | -0.132 | 0.168  | -0.102 | —       |             |             |         |        |        |      |
|             | valor p         | 0.475  | 0.351  | 0.537  | 0.432  | 0.634  | —       |             |             |         |        |        |      |
| HEMOGLOBINA | Rho de Spearman | -0.429 | 0.054  | -0.167 | -0.307 | -0.280 | -0.483  | —           |             |         |        |        |      |
|             | valor p         | 0.033  | 0.797  | 0.425  | 0.136  | 0.175  | 0.017   | —           |             |         |        |        |      |
| HEMATOCRITO | Rho de Spearman | -0.414 | 0.050  | -0.153 | -0.279 | -0.264 | -0.479  | 0.997       | —           |         |        |        |      |
|             | valor p         | 0.040  | 0.811  | 0.466  | 0.177  | 0.202  | 0.018   | <.001       | —           |         |        |        |      |
| POTASIO     | Rho de Spearman | -0.331 | 0.200  | -0.235 | -0.208 | -0.248 | -0.189  | 0.117       | 0.100       | —       |        |        |      |
|             | valor p         | 0.106  | 0.339  | 0.257  | 0.319  | 0.231  | 0.375   | 0.579       | 0.633       | —       |        |        |      |
| PO2         | Rho de Spearman | 0.202  | -0.363 | -0.068 | 0.751  | 0.053  | 0.147   | -0.189      | -0.163      | -0.073  | —      |        |      |
|             | valor p         | 0.334  | 0.075  | 0.748  | <.001  | 0.801  | 0.493   | 0.366       | 0.437       | 0.728   | —      |        |      |
| SODIO       | Rho de Spearman | 0.392  | 0.104  | 0.306  | -0.009 | 0.425  | -0.017  | -0.439      | -0.428      | -0.062  | -0.084 | —      |      |
|             | valor p         | 0.058  | 0.630  | 0.146  | 0.965  | 0.039  | 0.939   | 0.032       | 0.037       | 0.773   | 0.695  | —      |      |
| FI02        | Rho de Spearman | -0.281 | 0.193  | -0.229 | 0.034  | -0.311 | 0.640   | -0.478      | -0.467      | -0.564  | 0.028  | -0.201 | —    |
|             | valor p         | 0.260  | 0.443  | 0.361  | 0.895  | 0.210  | 0.006   | 0.045       | 0.051       | 0.015   | 0.911  | 0.440  | —    |

El presente trabajo evidencia como se relacionan cada uno de los parámetros del equilibrio ácido básico, la oxigenación y otras variables de interés clínico. Además de, como afecta el aumento o la disminución de uno con otro.

A continuación, se exponen aquellas variables que han obtenido una correlación moderada o fuerte, así como, la naturaleza de la relación.

Tabla 6. Correlaciones fuertes.

| <b>PRIMERA VARIABLE</b> | <b>SEGUNDA VARIABLE</b> | <b>RESULTADO ( r )</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------|
| pH                      | PCO2                    | - 0.54                 | 0.005          |
| pH                      | HCO3                    | 0.40                   | 0.047          |
| HCO3                    | PCO2                    | 0.47                   | 0.017          |
| SaO2                    | PCO2                    | -0.50                  | 0.011          |
| BE                      | pH                      | 0.60                   | 0.001          |
| BE                      | HCO3                    | 0.94                   | <0.001         |
| pH                      | Hemoglobina             | -0.42                  | 0.033          |
| Lactato                 | Hemoglobina             | -0.48                  | 0.017          |
| Lactato                 | Hematocrito             | -0.47                  | 0.018          |
| pH                      | Hematocrito             | -0.41                  | 0.04           |
| Hematocrito             | Hemoglobina             | 0.99                   | <0.001         |
| Sodio                   | BE                      | 0.42                   | 0.039          |
| Sodio                   | Hemoglobina             | -0.43                  | 0.032          |
| Sodio                   | Hematocrito             | -0.42                  | 0.037          |
| FiO2                    | Lactato                 | 0.6                    | 0.006          |
| FiO2                    | Potasio                 | -0.56                  | 0.015          |
| FiO2                    | Hemoglobina             | -0.47                  | 0.045          |
| FiO2                    | Hematocrito             | -0.46                  | 0.051          |

Fuente: elaboración propia.

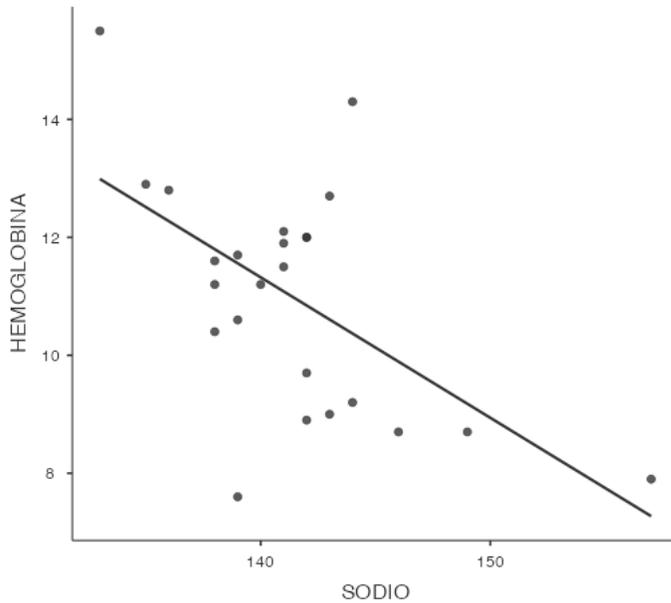
Tabla 7. Correlaciones moderadas.

| <b>PRIMERA VARIABLE</b> | <b>SEGUNDA VARIABLE</b> | <b>RESULTADO ( r )</b> | <b>p-valor</b> |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------|
| SaO2                    | Hemoglobina             | -0.3                   | 0.136          |
| PO2                     | PCO2                    | -0.36                  | 0.075          |
| pH                      | Sodio                   | 0.39                   | 0.058          |
| HCO3                    | Sodio                   | 0.3                    | 0.146          |

Fuente: elaboración propia.

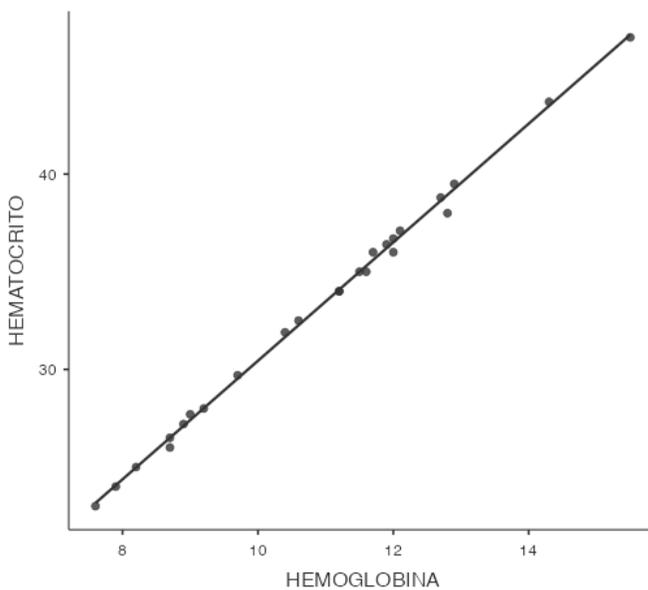
Se expone la representación gráfica de tres ejemplos de estas correlaciones mediante diagramas de dispersión con línea de regresión.

Figura 1. Diagrama de dispersión entre hemoglobina y sodio. Fuente: elaboración propia.



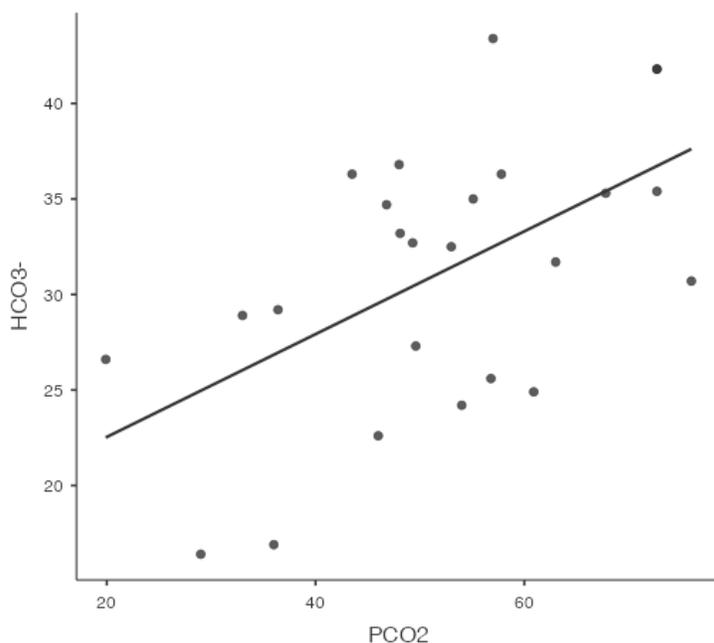
En la figura 1 podemos observar la correlación inversa que guarda la hemoglobina con el sodio, a menor valor de la hemoglobina mayor será el valor del sodio.

Figura 2. Diagrama de dispersión entre hematocrito y hemoglobina Fuente: elaboración propia.



Mientras en la figura 2 se observa como cuadra la línea de regresión con todos los valores, conforme aumenta el hematocrito, aumenta la hemoglobina y viceversa.

Figura 3. Diagrama de dispersión entre bicarbonato y PCO2. Fuente: elaboración propia.



En la figura 3 se observa la correlación entre el bicarbonato y la PCO2, al aumentar el bicarbonato aumenta la PCO2. Al disminuir la PCO2 también lo hace el bicarbonato.

Por último, se calculó el índice de Kirby. De los 25 sujetos analizados, en 18 de ellos estaba registrada la FiO2, por lo tanto, solo se pudo calcular en estos 18 sujetos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Resultados del índice de Kirby (n = 18).

| <b>SDRA IK</b>           | <b>Fa</b> | <b>%</b> |
|--------------------------|-----------|----------|
| <b>Normal &gt; 300</b>   | 1         | 6        |
| <b>Leve &lt; 300</b>     | 2         | 11       |
| <b>Moderado &lt; 200</b> | 7         | 39       |
| <b>Severa &lt; 100</b>   | 8         | 44       |
|                          | 18        | 100      |

*Fuente: elaboración propia.*

El 6% no presentaba SDRA, en el 11% era leve, en el 39% era moderado y en el 44% era severo/grave.

## DISCUSIÓN

### Hemoglobina y hematocrito

La relación entre la hemoglobina y el hematocrito fue descrita hace tiempo, se conoce que el valor del hematocrito es el producto de la multiplicación del valor de la hemoglobina por tres (18). Es decir, si un paciente presenta una hemoglobina de 11 g/dL se estima que el hematocrito tendrá un valor aproximado a 33%.

Es más, probando la relación ( $Hct = Hg \times 3$ ) con los valores gasométricos de la muestra, se puede confirmar el resultado. Por ejemplo, el sujeto A presenta una hemoglobina de 11.6, si lo multiplicamos por tres da 34,8%, y el resultado gasométrico del hematocrito del sujeto A es de 35%.

Sin embargo, según el estudio realizado por FORRELLAT-BARRIOS, Mariela, et al., esta norma no siempre se cumple debido a una infinidad de factores que pueden influir en la patología del paciente. Por ejemplo, defienden que en pacientes con anemia es posible que no se cumpla la relación (19).

Lo que, si está claro, es que comparten una relación muy estrecha, el resultado de la correlación de Spearman ha sido impresionante. Con un  $r = 0.997$ , son las variables que han obtenido la relación más fuerte de todo el estudio.

Al fin y al cabo, como se define en la introducción del presente estudio, el hematocrito representa el porcentaje de la cantidad de glóbulos rojos en sangre. Mientras que la hemoglobina es una proteína contenida dentro de estos glóbulos rojos, por lo tanto, la naturaleza de estas variables está estrechamente relacionada.

### Sodio y hemoglobina / Sodio y hematocrito

La correlación entre el sodio y la hemoglobina/hematocrito genera un interesante resultado, ya que, mantienen una correlación fuerte y significativa. En ambos casos, la correlación es inversa, esto quiero decir que cuando el sodio disminuye, aumenta la hemoglobina. Otro ejemplo sería, cuando el sodio aumenta, disminuye el hematocrito. Como se ha comentado anteriormente, la hemoglobina y el hematocrito se comportan de manera muy similar respecto al resto de variables.

Esta relación entre el sodio y la hemoglobina podría estar relacionada con la ósmosis, como se describe en diferentes artículos, el sodio se encuentra en espacio extracelular obteniendo un papel fundamental en la concentración de líquidos (20,21). Por lo tanto, cuando se da la condición clínica llamada hiponatremia

(concentración de sodio por debajo del rango normal) debido a la pérdida excesiva de sodio conlleva una pérdida excesiva de agua en el organismo. Al perder tanta agua produce hipovolemia, es decir, una cantidad de volumen sanguíneo por debajo de lo normal.

Por esto, podría aumentar la cantidad de hemoglobina al encontrarse concentrada en un volumen de líquido menor al normal.

Esta razón podría justificar el resultado de la correlación de Spearman entre el sodio y la hemoglobina. Cuando el sodio disminuye, aumenta la hemoglobina porque aumenta su concentración en el plasma sanguíneo al haber menos cantidad de agua en la que estar diluida. Las posibles causas de hipovolemia asociada a pérdida excesiva de agua son múltiples, así lo muestran diferentes autores (21,22,23).

### **Sodio y BE**

Según el estudio realizado por Brenda G. el exceso de bases guarda una relación con el volumen sanguíneo del organismo (24). Cuanto más decae el valor de BE mayor es la cantidad de volumen sanguíneo perdido. Además, otros estudios aseguran que BE obtenido en una gasometría es un indicador fiable y útil para detectar el estado de shock hipovolémico en un paciente traumatizado (25,26). Así pues, como se ha nombrado anteriormente, cuanto mayor sea la pérdida de sodio mayor será la hipovolemia.

Por lo tanto, podría justificar el resultado de Spearman entre las variables sodio y BE, al tener una correlación fuerte y positiva entre ellas.

Se podría afirmar que el Na y el BE son buenos indicadores de hipovolemia (26).

### **Lactato y hemoglobina**

Los niveles de lactato se disparan cuando existe un sangrado abundante y activo en un paciente. Desde hace años se conoce que el lactato es un buen indicador de shock hemorrágico en pacientes críticos. En situaciones críticas, al tratar con pacientes en el ámbito prehospitalario que han sufrido un accidente de tráfico se utiliza la medición del lactato para poder evidenciar la presencia de sangrado activo interno (27).

Un sangrado activo masivo implica una hemoglobina y hematocrito muy bajos, poniendo en peligro la vida del paciente. Sin embargo, en el ámbito prehospitalario no se puede medir estos valores por la falta de recursos, por ello, utilizan los valores del lactato para obtener una aproximación de la situación clínica en la que se encuentra el paciente (27,28).

Según los resultados obtenidos de la correlación de Spearman, el lactato y la hemoglobina mantienen una relación fuerte e inversa, igual que la correlación entre el lactato y el hematocrito. Confirmando así lo descrito anteriormente, cuando el lactato sube en sangre, se puede observar en los resultados de las gasometrías la caída por debajo de los rangos normales de la hemoglobina y el hematocrito.

### **PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub> / SaO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub>**

Se conoce la relación entre la relación entre PO<sub>2</sub> y SaO<sub>2</sub>, cuanto menor sea la PO<sub>2</sub> menor será la saturación de oxígeno, es decir, menor cantidad de hemoglobina estará saturada por el oxígeno. Según el estudio realizado por Brenda G. (24) cuando la PO<sub>2</sub> es de 60 mmHg la saturación baja rápidamente de 90% entrando en un estado de hipoxemia peligrosa para la vida del paciente (29).

La hemoglobina presenta más afinidad por el CO<sub>2</sub> que por el oxígeno, por lo tanto, cuando la hemoglobina deja de estar saturada por oxígeno se satura de CO<sub>2</sub> (30). Esta situación genera un aumento de PCO<sub>2</sub> indirectamente proporcional al descenso de PO<sub>2</sub>. Por ello, el resultado de la correlación Spearman de las variables nombradas, tanto del PO<sub>2</sub> con el PCO<sub>2</sub> y la SaO<sub>2</sub> con el PCO<sub>2</sub>, son correlaciones fuertes e inversas (31).

### **pH y PCO<sub>2</sub>/ pH y HCO<sub>3</sub> / PCO<sub>2</sub> y HCO<sub>3</sub>**

La relación resultante del estudio realizado entre las variables: pH, PCO<sub>2</sub> y HCO<sub>3</sub>, entra dentro de lo esperado. En el apartado de balance ácido-base se explica detalladamente como se comporta el sistema respiratorio y renal en función de los cambios fisiológicos del organismo con el fin de mantener el pH en rango normal (32,33).

Por lo que, el resultado obtenido de las correlaciones de Spearman es una manera de confirmar el contenido teórico de diversos estudios a cerca de una parte de la fisiología tan importante como lo es el pH.

### **BE y HCO<sub>3</sub>**

El resultado Spearman tan fuerte entre el HCO<sub>3</sub> y BE lo explicaría el estudio Philip Wodroow (34), el cual expone que los gasómetros analizan y obtienen el valor de BE en función del valor obtenido previamente del HCO<sub>3</sub>. Por lo tanto, estos dos valores deben coincidir siempre y tener una relación positiva entre las variables.

Es más, la definición de BE descrita en la introducción del presente estudio dicta que es el nivel de bicarbonato existente y disponible en la sangre (5).

## **FiO2 y PO2**

El análisis de las gasometrías de pacientes que están ingresados en una Unidad de Cuidados intensivos evidencia que más de la mitad de los sujetos presenta un compromiso respiratorio importante.

El índice de Kirby muestra que el 83 % de ellos presenta un SDRA moderado/grave. Los pacientes de las Unidades de Críticos necesitan un control gasométrico diario de cara a valorar el equilibrio ácido básico, la oxigenación y otros parámetros de interés (electrolitos, lactato, entre otros) y como no, el grado de distrés respiratorio que conjuga la fracción de oxígeno administrada al paciente con la presión de oxígeno en sangre (34).

Este índice junto al lactato nos indicará si existe o no hipoxia tisular, un paso más de gravedad en estos pacientes. En este caso, ya no sólo existe déficit de O<sub>2</sub> en sangre, sino que este no llega a perfundir adecuadamente a los tejidos, generando acidosis hística, necrosis y muerte celular (34).

### Limitaciones del estudio

Quizá el tiempo dedicado al presente TFG ha limitado la fase de búsqueda de información para la introducción y la discusión.

Por otra parte, debido a la dificultad de obtener datos de los pacientes incluidos en la investigación falta información de interés como los antecedentes médicos, el proceso patológico de cada sujeto de la muestra o más datos demográficos (el peso, la edad...).

### Recomendaciones basadas en la evidencia: implicaciones en la práctica

El presente trabajo de investigación, de naturaleza cuantitativa, evidencia la relación entre los diferentes parámetros de una gasometría: equilibrio ácido básico (ventilación), la oxigenación y la determinación de electrolitos de interés clínico en los pacientes críticos, especialmente el sodio y el potasio. El conocimiento de las cifras basales y las desviaciones relacionadas con las alteraciones/enfermedades servirán a las enfermeras para conocer la situación del paciente en este caso y actuar de forma precoz de cara a mejorar el pronóstico de los pacientes que cuidamos.

## CONCLUSIONES

1. Mediante el análisis estadístico de la muestra del presente estudio, se confirman las relaciones que mantienen los parámetros biológicos implicados en el equilibrio ácido-base aportándole evidencia científica a la literatura sobre el tema.
2. Se evidencia distintas relaciones entre el resto de los parámetros obtenidos en la gasometría de la muestra. Estos resultados pueden explicar las distintas situaciones clínicas del paciente crítico ampliando el conocimiento de los sanitarios. Gracias a esto, se consigue mejorar el manejo del tratamiento de los pacientes críticos.
3. A través del cálculo del índice de Kirby se evidencia que el 83% de la muestra presenta un SDRA grave, por lo tanto, no siempre a mayor FiO<sub>2</sub> menor SDRA.
4. La hipótesis que planteaba que aquellos pacientes con oxigenoterapia iban a presentar mejores resultados gasométricos, frente aquellos que no hayan sido tratados con ella, no se ha cumplido.

## BIBLIOGRAFÍA

1. López Alberto. Sorensen, el bioquímico danés que nos familiarizó con el pH. El País, 2018:2.
2. Romanski SO. Interpreting ABGs in four easy steps. Nursing. 1986;16(9):58-64.
3. Cortés-Telles A, et al. Gasometría arterial ambulatoria: recomendaciones y procedimiento. NCT. 2017; 76(1):44-50
4. Davis M, et al. Blood Gas Analysis and Hemoximetry. Respir Care. 2013; 58(10):1694 –1703.
5. Tortora, G. and Derrickson, B. Principios de anatomía y fisiología, 13a. edición. Buenos Aires [etc.]: Editorial Médica Panamericana.
6. Ballesta López F., et al. Guía de actuación de Enfermería: manual de procedimientos generales. Conselleria de Sanitat. 2007; 332-334.
- 7 Romeu-Bordás O. y Ballesteros-Peña S. Validez y fiabilidad del test modificado de Allen: una revisión sistemática y metanálisis. Emergencias. 2017;29:126-135.
- 8 Hopkins E., et al. Physiology, acid base balance. [Internet]. NIH; 2022. [Actualizado 22 Sep 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507807/>
- 9 Castro D., et al. Arterial blood gas. [Internet]. NIH; 2022 [Actualizado 12 Sep 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536919/>
- 10 Patel S., et al. Respiratory acidosis. [Internet]. NIH; 2022 [Actualizado 21 Jun 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482430/>
- 11 Burger MK., et al. Metabolic acidosis. [Internet]. NIH; 2022 [Actualizado 19 Jul 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482146/>
- 12 Hamdi H., et al. Acid-base disturbances in acute poisoning and their association with survival. J Crit Care. 2016 Oct;35:84-92.

13. ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, Fan E, Camporota L, Slutsky AS. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA*. 2012 Jun 20;307(23):2526-33.
14. Mandell LA, Wunderink RG, Anzueto A, Bartlett JG, Campbell GD, Dean NC, Dowell SF, File TM Jr, Musher DM, Niederman MS et al. Infectious Diseases Society of America/American Thoracic Society consensus guidelines on the management of community-acquired pneumonia in adults. *Clin. Infect. Dis.* 2007; 44(Suppl. 2): S27–72
15. R.R. Kirby, J.B. Downs, J.M. Civetta, J.H. Modell, F.J. Dannemiller, E.F. Klein. High level positive end expiratory pressure (PEEP) in acute respiratory insufficiency. *Chest*, 1975;67:156-163.
16. Fernández Esteve. Estudios epidemiológicos STROBE. *Med Clin.* 2005;125(10):43-48.
17. Carmona Simarro J.V. y Tirado Darder J.J. Trabajo de investigación fin de grado/máster. Valencia: Cecova. 2019; 43-45.
18. Petterson K., et al. Acoustofluidic hematocrit determination. *Analytica Chimica Acta.* 2018;1000:199-204.
19. Forerllat-Barrios M., et al. ¿Se cumple siempre la relación hemoglobina-hematocrito?. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia.* 2010; 26(4): 359-361.
20. Riverón Corteguera R. y Mena Miranda V. Desequilibrio hidroelectrolítico y ácido-base en la diarrea. *Revista Cubana de Pediatría.* 2000;72(3): 170-182.
21. Carmona, H. y De los Angeles, M. Causas de hipervolemia en pacientes con tratamiento sustitutivo de la función renal que ingresan al servicio de urgencias. 2014;3: 55-56
22. Casanova, MP Rodrigo, et al. Fluidoterapia perioperatoria. *Revista Española de Anestesiología y Reanimación.* 2010;57(9): 575-585.
23. De León Ponce, M., et al. Acute renal failure (IRA) in burned patients. *Medicina Crítica.* 2002;16(4): 136-144.

24 Brenda G. Larkin, et al. Interpreting arterial blood gases successfully. AORN. 2015;102(4): 343-349.

25 Vásquez Gonzalez, A. Índice pronóstico en choque hemorrágico. importancia de parámetros hemodinámicos clínicos y gasométricos. 2010. Tesis Doctoral.

26 Zaragoza P. y Benito C. Comportamiento del exceso de base, lactato y saturación venosa en pacientes con Choque hipovolémico hemorrágico por trauma atendidos en el Servicio de Urgencias del Hospital General Balbuena. 2011. Tesis Doctoral.

27 Benedict T, et al. Hemorrhagic Shock: Blood Marker Sequencing and Pulmonary Gas Exchange. Diagnostics. 2023;13(639)

28 Parra V. Shock hemorrágico. Revista MED. CLIN. CONDES. 2011; 22(3): 255-265.

29 Gutierréz, Fernando R. Insuficiencia respiratoria aguda. Acta Médica Peruana. 2010;27(4): 286-297.

30 Peñuela, Oscar Andrés. Hemoglobina: una molécula modelo para el investigador. Colombia Médica. 2005;36(3): 215-225.

31 Echeverría Palacio CM., et al. Bioquímica en la vida diaria: el equilibrio químico y la función transportadora de la hemoglobina. Revista Ciencias de la Salud. 2006;4(2): 109-115.

32 S. Rodríguez-Villar, B.M. Do Vale y H.M. Fletcher S. Rodríguez-Villar. El algoritmo de la gasometría arterial: propuesta de un enfoque sistemático para el análisis de los trastornos del equilibrio ácido-base. 2022;14(4): 190-193.

33 Yee J., et al. Fundamentals of Arterial Blood Gas Interpretation. Revista KIDNEY360. 2022; 3: 1458–1466.

34 Wodroow P. Essential principales: blood gas analysis. Nursing in critical care. 2010;15(3): 152-156.

35. Lai CC, Sung MI, et al. The Ratio of Partial Pressure Arterial Oxygen and Fraction of Inspired Oxygen 1 Day After Acute Respiratory Distress Syndrome Onset Can Predict the Outcomes of Involving Patients. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(14):23-26.

## ANEXOS

### ANEXO 1. CRONOGRAMA

|   |   |
|---|---|
| <b>NOVIEMBRE</b>  | <b>DICIEMBRE</b>  |
| -Elección del tema<br>-Planteamiento de pregunta de investigación<br>-Elección de tipo de investigación | -Búsqueda bibliográfica<br>-Elección de criterios de inclusión y exclusión    |
| <b>ENERO</b>  | <b>FEBRERO</b>  |
| -Búsqueda bibliográfica<br>-Planteamiento de objetivos<br>-Justificación del estudio                    | -Búsqueda bibliográfica<br>-Marco teórico: introducción<br>-Recogida de datos |
| <b>MARZO</b>  | <b>ABRIL</b>  |
| -Búsqueda bibliográfica<br>-Análisis estadístico de los resultados<br>-Descripción de resultados        | -Búsqueda bibliográfica<br>-Discusión   |
| <b>MAYO</b>   | <b>JUNIO</b>  |
| -Discusión<br>-Conclusiones   | -Entrega de la memoria<br>1/06/2023<br>-Defensa oral 1/07/2023                |

### ANEXO 2. ABREVIATURAS

ATP: adenosina trifosfato.

BE: exceso de bases.

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Hg: hemoglobina.

Hct: hematocrito.

H+: hidrogeniones.

H<sub>2</sub>O: agua.

HCO<sub>3</sub>: bicarbonato.

Na: sodio.

PCO<sub>2</sub>: presión parcial de dióxido de carbono.

PO<sub>2</sub>: presión parcial de oxígeno.

PIC: presión intracraneal.

SDRA: síndrome de distrés respiratorio agudo.

### ANEXO 3. NORMAS STROBE: lista de comprobación de puntos esenciales.

|                            | Punto n° | Estudios de cohortes   | Estudios de casos y controles   | Estudios transversales   |
|----------------------------|----------|--|---|--|
| <b>Título y resumen</b>    | 1        | (a) Identifique el artículo como un estudio de cohortes en el título o en el resumen<br>(b) El resumen debería ser una síntesis estructurada y muy informativa del artículo, teniendo en cuenta los puntos desarrollados en la lista de comprobación que sigue   | (a) Identifique el artículo como un estudio de casos y controles en el título o en el resumen   | (a) Identifique el artículo como un estudio transversal en el título o en el resumen                       |
| <b>Introducción</b>        |          |  |   |  |
| Antecedentes/fundamentos   | 2        | Explique los antecedentes científicos y los fundamentos del estudio  |   |  |
| Objetivos                  | 3        | Consigne los objetivos específicos y cualquier hipótesis pre-especificada  |   |  |
| <b>Métodos:</b>            |          |  |   |  |
| Diseño del estudio         | 4        | Presente los elementos clave del diseño del estudio. Declare el objetivo general del estudio original, si el artículo es uno de varios de un estudio en curso  |   |  |
| Marco                      | 5        | Describa el marco, lugares y fechas, definiendo los periodos de recogida de datos  |   |  |
| Participantes              | 6        | (a) Explique los criterios de inclusión y exclusión, la fuente y los métodos de selección de los participantes.<br>(b) Describa los periodos y los métodos de seguimiento  | (a) Para los casos y los controles por separado, explique los criterios de inclusión y exclusión, la fuente y los métodos de selección.<br>(b) Dé criterios diagnósticos precisos de los casos y motivos para escoger a los controles | Explique los criterios de inclusión y exclusión, la fuente y los métodos de selección de los participantes |
| Variables de interés       | 7        | Proporcione una lista y defina claramente todas las variables de interés, indicando cuáles son tratadas como medidas de efecto o de exposición y cuáles son potenciales predictoras, variables de confusión o modificadoras  |   |  |
| Medidas                    | 8*       | (a) Proporcione detalles de los métodos de determinación para cada variable de interés<br>(b) Si procede, describa la comparabilidad de los procedimientos en los diferentes grupos  |   |  |
| Sesgos                     | 9        | Describa cualquier tipo de medida utilizada para afrontar las potenciales fuentes de sesgo   |   |  |
| Tamaño de la muestra       | 10       | Describa la justificación del tamaño del estudio, incluidas tanto las razones prácticas como las estadísticas  |   |  |
| Métodos estadísticos       | 11       | (a) Describa todos los métodos estadísticos, incluyendo aquellos para el control de la confusión<br>(b) Describa cómo se trataron las pérdidas en el seguimiento y los datos faltantes o perdidos<br>(c) Si procede, describa los métodos para los análisis de subgrupos y los análisis de sensibilidad  | (b) Describa cómo se trataron el emparejamiento y los datos faltantes/ o perdidos   | (b) Describa cómo se trataron los efectos del diseño y los datos faltantes o perdidos                      |
| Exposiciones cuantitativas | 12       | (a) Explique cómo se analizaron las exposiciones cuantitativas; por ejemplo, qué categorizaciones o agrupaciones se escogieron y por qué<br>(b) Si está indicado, presente los resultados de los análisis conjuntos o continuos y de los análisis agrupados  |   |  |
| Financiación               | 13       | Explique la fuente de financiación y el papel de los financiadores en el presente estudio y, si fuera necesario, del estudio original en el que se basa  |   |  |
| <b>Resultados:</b>         |          |  |   |  |
| Participantes              | 14*      | (a) Para cada fase del estudio, informe del número de individuos: potencialmente elegibles, examinados para ser elegidos (si se conoce), incluidos en el estudio, que han acabado el seguimiento y analizados<br>(b) Explique las razones de no participación en cada etapa del proceso.<br>(c) Se recomienda la inclusión de un diagrama de flujo<br>(d) Proporcione las fechas que definen el periodo de reclutamiento<br>(e) En estudios apareados proporcione el número de controles por caso  |   |  |
| Datos descriptivos         | 15*      | (a) Describa las características de los participantes en el estudio (p. ej., datos demográficos, clínicos o sociales) e información sobre las exposiciones y los potenciales confusores<br>(b) Indique, para cada variable de interés del estudio, la exhaustividad de los datos<br>(c) Proporcione la media, la duración total y las fechas del seguimiento   |   |  |
| Datos de resultados        | 16*      | Proporcione el número de sucesos del evento o tasas temporales   | Informe del número de casos y controles en cada categoría de exposición   | Informe el número de sucesos del evento o de medidas resumen para cada grupo en comparación                |
| Principales resultados     | 17       | (a) Proporcione medidas de asociación directas (+crudas+) o sin ajustar, así como ajustadas por las variables de confusión y su precisión (p. ej., intervalos de confianza del 95%). Deje claro por qué variables de confusión se ajustó y la justificación para incluir esas variables de ajuste y otras no<br>(b) Para comparaciones que usen categorías derivadas de variables cuantitativas, indique el rango de valores o el valor mediano para cada grupo<br>(c) Transforme las medidas relativas en diferencias absolutas de riesgo para periodos de tiempo significativos que no se extiendan más allá del rango de los datos<br>(d) Proporcione los resultados ajustados por las variables de confusión para poblaciones objetivo realistas |   |  |
| Otros análisis             | 18       | Informe de otros análisis realizados, por ejemplo, análisis de subgrupos y análisis de sensibilidad  |   |  |
| <b>Discusión</b>           |          |  |   |  |
| Hallazgos clave            | 19       | Resume los hallazgos más importantes en relación con las hipótesis del estudio   |   |  |
| Limitaciones               | 20       | (a) Discuta las limitaciones del estudio, teniendo en cuenta las fuentes potenciales de sesgo o de falta de precisión, y los problemas que pudieran derivarse por la multiplicidad de análisis, exposiciones y resultados estudiados. Discuta tanto la dirección como la magnitud de los potenciales sesgos<br>(b) La discusión de las limitaciones no puede ser un sustituto de análisis cuantitativos de sensibilidad  |   |  |
| Generalización             | 21       | Discuta la generalización (validez externa) de los resultados del estudio  |   |  |
| Interpretación             | 22       | Aporte una interpretación global cauta de los resultados en el contexto de la evidencia disponible y las limitaciones del estudio, con especial atención a las interpretaciones alternativas   |   |  |

Fuente: STROBE statement. Checklist of essential items. [Internet] Med Clin; 2005. [Actualizado 15 Nov 2012]. Disponible en: [www.strobe-statement.org/PDF/STROBE-Checklist-Version3.pdf](http://www.strobe-statement.org/PDF/STROBE-Checklist-Version3.pdf)