

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS  
Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

## CONCORDANCIA DE LA PULSIOXIMETRIA DE PULSO Y LA SATURACION ARTERIAL EN PACIENTES CON DOSIS DE NORADRENALINA

TESIS DE POSGRADO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:  
MEDICINA CRÍTICA

PRESENTA:  
DR. DANIEL ALONSO MARTINEZ

TUTOR:  
DR. CARLOS TORRUCO SOTELO

CIUDAD DE MÉXICO, JULIO 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

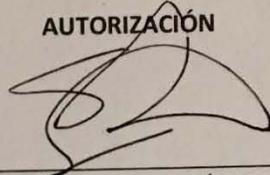
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**INVESTIGADORES:**

**CONCORDANCIA DE LA PULSIOXIMETRIA DE PULSO Y LA SATURACION ARTERIAL EN PACIENTES  
CON DOSIS DE NORADRENALINA**

**AUTORIZACIÓN**

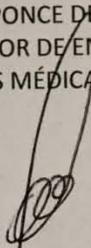


DR. SERGIO PONCE DE LEÓN ROSALES  
DIRECTOR DE ENSEÑANZA

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

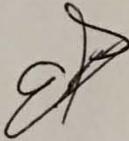


**INCMNSZ**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN  
"DR. SALVADOR ZUBIRÁN"  
DIRECCIÓN DE ENSEÑANZA  
México, D.F.



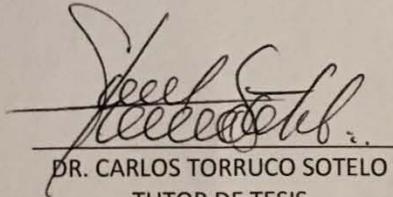
DR. GUILLERMO DOMÍNGUEZ CHERIT  
SUBDIRECTOR DE MEDICINA CRÍTICA

PROFESOR TITULAR DE MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO  
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN



DR. EDUARDO RIVERO SIGARROA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE TERAPIA INTENSIVA  
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN



DR. CARLOS TORRUCO SOTELO  
TUTOR DE TESIS

MÉDICO ADSCRITO A TERAPIA INTENSIVA  
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

## ÍNDICE

|                                 | <i>Página</i> |
|---------------------------------|---------------|
| 1. Antecedentes y marco teórico | 1             |
| 2. Justificación                | 5             |
| 3. Hipótesis                    | 5             |
| 4. Objetivos                    | 6             |
| 5. Materiales y métodos         | 6             |
| 6. Resultados                   | 12            |
| 7. Discusión                    | 13            |
| 8. Conclusión                   | 14            |
| 9. Tablas y Figuras             | 15            |
| 10. Bibliografía                | 29            |

## 1. ANTECEDENTES

La pulsioximetría (SpO<sub>2</sub>) constituye una de las herramientas fundamentales en la monitorización no invasiva de los pacientes hospitalizados y en especial, en pacientes en situación crítica. La pulsioximetría mide la saturación de oxígeno de la sangre arterial y ésta nos permite estimar de forma continua la saturación arterial de O<sub>2</sub> (SatO<sub>2</sub>).<sup>1</sup>

Sin embargo la pulsioximetría presenta una serie de limitaciones, que pueden proporcionar una información errónea y que en ocasiones puede inducir a tomar actitudes terapéuticas que finalmente, pueden resultar perjudiciales debido a que su curva sigmoidea de la disociación de la oxihemoglobina la oximetría no puede detectar la hipoxemia en pacientes. Entre dichas limitaciones podemos encontrar la hipoxemia, las alteraciones en la hemoglobina, la hiperbilirrubinemia, la pigmentación cutánea, los artefactos de medida o de transmisión de señal y las situaciones de baja perfusión periférica, como la hipotermia, la utilización de fármacos vasoactivos y el estado choque. Estas situaciones pueden conducir a mediciones erróneas en la monitorización. Por un lado, la posibilidad de sobrevalorar la situación de oxigenación de la sangre del paciente podría asociarse a la infraestimación de las necesidades de oxigenoterapia necesaria y por el contrario una infravaloración de esta oxigenación podría comportar la instauración de tratamientos innecesarios y, en ocasiones que pueden poner en riesgo la vida del paciente.<sup>2</sup>

En el estudio de realizado por L. Brochard et al en el cual se buscó comparar la Spo<sub>2</sub> con la saturación arterial de oxígeno en la Unidad de Cuidados Intensivos y examinar factores relacionados en 102 pacientes a los cuales se les tomaba gasometría arterial reporto una media de diferencia entre SpO<sub>2</sub> y SatO<sub>2</sub> de 0.02% y una desviación estándar del 2.1 % donde la diferentes fluctuaciones de la SpO<sub>2</sub> y la SatO<sub>2</sub> indicaron que la SatO<sub>2</sub> no es confiable por pulsioximetría que por gasometría arterial. El análisis posterior de subgrupos mostro que la certeza de la pulsioximetría está influenciada por el tipo de oxímetro, la hipoxemia y el requerimiento de drogas vasopresoras concluyendo que hay grandes diferencias entre la SpO<sub>2</sub> de la saturación arterial de oxígeno que pueden ocurrir en pacientes críticamente enfermos con pobre reproducibilidad en la pulsioximetría.

4

Por lo anterior el objetivo de nuestro estudio fue de identificar la concordancia entre la pulsioximetría de pulso y la saturación arterial de oxígeno medida por gasometría arterial en pacientes críticamente enfermos con dosis de noradrenalina y así poder tener una adecuada medición y herramienta que nos permita saber cuál es estado de oxigenación y poder realizar las intervenciones adecuadas en este grupo de pacientes.

## MARCO TEORICO

La oximetría se fundamenta en la espectrofotometría basada en la ley de Beer-Lambert Según su capacidad de absorber el haz de luz de una determinada longitud de onda, podemos clasificar la hemoglobina. La pulsioximetría es la oximetría realizada *in vivo* a partir de las variaciones de flujo arterial en relación con la actividad pulsátil de la circulación sanguínea y mide la Sat<sub>2</sub> mediante dos diodos, que emiten un haz de luz de dos longitudes de onda diferente, lo que permite diferenciar la oxihemoglobina de la hemoglobina en un vaso arterial. Utiliza como metodología la espectrofotometría con esto midiendo la saturación de oxígeno por medio la iluminación de la piel u la absorción de la oxihemoglobina y la sangre desoxigenada por medio de dos ondas de longitud: 660 nm (luz roja) y 940 nm (infrarroja). En los pacientes críticamente enfermos los valores de saturación arterial de oxígeno la media de diferencia entre SpO<sub>2</sub> y SaO<sub>2</sub> es menor del 2 %; la desviación estándar de las diferencias de las dos medidas es menor del 3 % pero sin embargo estas mediciones empeoran cuando la pulsioximetría es menor del 90 %.<sup>2</sup>

Sin embargo la pulsioximetría presenta una serie de limitaciones, que pueden proporcionar una información errónea y que, en ocasiones, puede inducir a tomar actitudes terapéuticas, que finalmente, pueden resultar perjudiciales debido a su curva sigmoidea de la disociación de la oxihemoglobina la oximetría no puede detectar la hipoxemia en paciente con altos niveles de tensión arterial de oxígeno. Entre dichas limitaciones podemos encontrar la hipoxemia, las alteraciones en la hemoglobina, la hiperbilirrubinemia, la pigmentación cutánea, los artefactos de medida o de transmisión de señal y las situaciones de baja perfusión periférica, como la hipotermia, la utilización de fármacos vasoactivos y el estado choque. Estas situaciones pueden conducir a mediciones erróneas en la monitorización de los pacientes sometidos a la misma. Por un lado, la posibilidad de sobrevalorar la situación de oxigenación de la sangre del paciente podría asociarse a la minusvaloración de las necesidades de oxigenoterapia necesaria y, por el contrario, una infravaloración de esta oxigenación podría comportar la instauración de tratamientos innecesarios y, en ocasiones, de riesgo. <sup>2</sup>

Pese a estas limitaciones teóricas, la pulsioximetría sigue siendo un instrumento utilizado de manera cotidiana para conocer el grado de oxigenación arterial el cual es menos invasivo, con menor morbilidad y de menor costo sin embargo se requiere cumplir con ciertos criterios para que presente una adecuada medición como la hipoxemia y el estado hemodinámico del paciente críticamente enfermo.<sup>2</sup>

En cuanto a la SatO<sub>2</sub> puede ser calculada aproximadamente obteniendo la presión arterial de oxigenación (PaO<sub>2</sub>), el pH y la temperatura de una muestra de sangre arterial. El método utilizado para este cálculo fue descrito en 1966 por Severinghaus y constituye la forma más adecuada para llegar a este valor. Consiste en realizar nomogramas a través de métodos de alineamiento en tres escalas, en las cuales cada una de ellas representa las variables descritas anteriormente. Sin embargo, existe otras variables que puede alterar la curva de disociación de oxígeno, el 2,3-difosfoglicerato (DPG), cuya presencia desvía la curva hacia la derecha, pero esta alteración también influencia la medición de saturación por pulsioximetría. Todos los electrodos utilizados en el análisis de gases sanguíneos miden cambios en la corriente eléctrica o en el voltaje y se igualan estos cambios con mediciones químicas. <sup>2</sup>

En el trabajo realizado por Clayton et al se utilizaron 20 pulsioxímetros de dedo y se comparó con la saturación arterial oxígeno. Las muestras fueron tomadas de pacientes que iban a cirugía cardiaca bajo hipotermia de bypass cardiopulmonar y con pobre perfusión periférica. Solo dos pulsioxímetros fueron exactos y precisos que dentro de sus mediciones el 95% se encontraron dentro del 4% del valor de la cooximetría. <sup>3</sup>

En el trabajo realizado por Ibáñez et al sobre 24 pacientes con ventilación mecánica invasiva y fármacos vasoactivos (13 pacientes con diagnóstico de choque), se compararon SpO<sub>2</sub> (oxímetro Biox 3700) con SatHbO<sub>2</sub> (%) y SatO<sub>2</sub> (calculada) en el gasómetro IL-282. Los autores no encontraron en este estudio una buena correlación entre SpO<sub>2</sub> y SatHbO<sub>2</sub> en nueve de 24 pacientes (37%), concluyendo que la pulsioximetría no es una técnica fiable para predecir la SatO<sub>2</sub> en pacientes con fármacos vasoactivos. <sup>5</sup>

En el trabajo de Heikki et al se evaluó la capacidad de 3 diferentes pulsioxímetros para valorar sus lecturas en pacientes con un índice cardiaco y temperaturas bajas comparado con índices cardiacos y temperaturas adecuadas con una muestra de 33 pacientes obteniendo como resultados que las mediciones fueron confiables en estados de hipoperfusión secundario a bajo gasto cardiaco e hipotermia. <sup>6</sup>

En el estudio realizado por Secker et al se valoró la exactitud de la pulsioximetría con resistencias vasculares sistémicas bajas en el contexto de choque séptico comparando 80 lecturas de la saturación de oxígeno tomadas por pulsioximetría y por cooximetría en pacientes de terapia intensiva y con catéter de flotación. La comparación de dos grupos con resistencias vasculares

sistémicas bajas y normales mostraron un porcentaje menor del 1.4% pero con  $p < 0.0001$  de una mala lectura en la saturación de la pulsioximetría en presencia de resistencias sistémicas bajas. En los pacientes con resistencias vasculares sistémicas normales u altas las lecturas de la pulsioximetría correlacionaron con la cooximetría adecuadamente. <sup>7</sup>

En el estudio realizado por Ben J Wilson et al se tuvo como objetivo determinar la exactitud de la pulsioximetría en comparación de la saturación arterial de oxígeno obtenida por gasometría arterial en pacientes con sepsis y choque séptico y el impacto de aspectos fisiológicos que alteraran su exactitud. Por lo que se hizo un estudio retrospectivo en 88 pacientes teniendo una media de diferencia del 2.75% y una desviación estándar del 3.1% y como aspectos fisiológicos demostraron que la hipoxemia afectaba la pulsioximetría. La media de diferencia entre pacientes hipoxémicos y no hipoxémicos fue del 4.9%. La exactitud de la pulsioximetría no fue alterada por acidosis, hiperlactatemia, anemia ni el efecto vasopresor. Teniendo como conclusiones que en pacientes en los que se requiere medir la saturación arterial de oxígeno la gasometría arterial es la mejor herramienta. <sup>8</sup>

Jubran y Tobin, en un grupo de 54 pacientes (tanto de raza blanca como negra) sometidos a ventilación mecánica, compararon 2 pulsioxímetros (Nellcor y Ohmeda-Biox) con un gasómetro. Estos autores encontraron una lectura inexacta entre SpO<sub>2</sub> y SatHbO<sub>2</sub> mayor del 4% en el 27% de pacientes de raza negra (no relacionado con la pigmentación de la piel) y en el 11% de los blancos, sin que se viera influida por hipotensión, acidosis o frialdad. Estos autores llegaron a la conclusión de que el objetivo de alcanzar una SatO<sub>2</sub> del 90% (que corresponde a una PO<sub>2</sub> de 60 mmHg en una curva normal de disociación de la Hb) con un aumento de la FiO<sub>2</sub>, es difícil de plantear, puesto que según sus resultados, con una SpO<sub>2</sub> del 90% se presentan muchos episodios de hipoxemia, tanto en blancos como en negros. En cambio, con SpO<sub>2</sub> del 92% en blancos y SpO<sub>2</sub> del 95% en negros, se consiguieron con PO<sub>2</sub> mayores de 60 mmHg (SatO<sub>2</sub> mayor del 90%) y pocos episodios de hipoxemia. <sup>9</sup>

Seguin et al, en un estudio prospectivo con 2 grupos de pacientes (de los cuales casi el 50% de las muestras proceden de pacientes tratados con fármacos vasoactivos), compararon 2 pulsioxímetros con la cooximetría. Concluyeron: a) que la SpO<sub>2</sub> sobrestimaba la SatO<sub>2</sub>; b) los amplios límites de concordancia entre SatO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub> encontrados podrían motivar a que no detecten situaciones de hipoxemia de los pacientes monitorizados, y c) en pacientes ventilados, para evitar una SatO<sub>2</sub> menor del 90% se requería una SpO<sub>2</sub> mayor del 96%, difiriendo este valor del publicado por Jubran y Tobin (SpO<sub>2</sub> del 92-95% para evitar una SatO<sub>2</sub> menor de 90%, que corresponde con una PO<sub>2</sub> de 60 mmHg, aproximadamente). <sup>10</sup>

El estudio realizado por Nicolas Nessler et al el cual evaluaba la pulsioximetría y dosis altas de vasopresor a través de dos tipos de oxímetro estándar versus reflectancia en periodos de hipoperfusión por lo que realizaron un estudio observacional en pacientes en estado de choque con dosis alta de noradrenalina o epinefrina  $> 0.1$  mcg / kg / min además de utilizar la saturación arterial por gasometría al mismo tiempo utilizando el método de Bland-Altman. De 32 pacientes que se incluyeron en el estudio con el sensor de reflectancia no se presentó ninguna falla de lectura con una precisión y exactitud de +1.0 y +2.5 respectivamente con límites entre -4.0 al 6.0 % mientras que el oxímetro estándar falló en 4 casos con una exactitud y precisión de +1.4 y + 4.8 respectivamente con límites entre -8.0 a 10.9 %. Concluyendo que el oxímetro de reflectancia mostró una mejor exactitud en paciente con dosis altas de vasopresor. <sup>11</sup>

En el trabajo realizado por Lynn Schallom comparo el oxímetro de reflectancia y el digital en pacientes quirúrgicos y trauma con alteraciones de la perfusión se incluyeron 30 pacientes de los cuales 24 de ellos tenían soporte vasopresor a través de 3 tipos de oxímetros uno de reflectancia y dos digitales. Del total de los pacientes se obtuvieron 3 mediciones de saturación arterial durante 24 horas. Las 3 pulsioximetrías fueron comparadas con la saturación arterial utilizando el método de Bland – Altman. El oxímetro de reflectancia demostró una precisión de -1.39 donde los oxímetros digitales uno de ellos demostró una precisión de -2.61 y el oxímetro digital 2 de -3.84 con una correlación de Pearson respectiva de .834, .433 y .254 respectivamente. <sup>12</sup>

En el estudio realizado por L. Brochard et al en el cual se buscó comparar la Spo2 con la saturación arterial de oxígeno en la Unidad de Cuidados Intensivos y examinar factores relacionados en 102 pacientes a los cuales se les tomaba gasometría arterial reporto una media de diferencia entre SpO2 y SaO2 de 0.02% y una desviación estándar del 2.1 % donde las diferentes fluctuaciones de la SpO2 y la SaO2 indicando que la SaO2 no es confiable por pulsioximetría que por gasometría arterial. El análisis posterior de subgrupos mostro que la certeza de la pulsioximetría está influenciada por el tipo de oxímetro, la hipoxemia y el requerimiento de drogas vasopresoras concluyendo que hay grandes diferencias entre la SpO2 de la saturación arterial de oxígeno que pueden ocurrir en pacientes críticamente enfermos con pobre reproducibilidad de la pulsioximetría.

13

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Debido a los efectos deletéreos de la hipoxemia el uso de la SpO<sub>2</sub> se ha convertido en una herramienta utilizada de manera cotidiana en los pacientes críticamente enfermos sin embargo hay varios factores que pueden limitar su uso por lo que la saturación arterial por gasometría puede ser otra herramienta que proporcione certeza en relación a la oxigenación en los pacientes críticamente enfermos aunado de factores que pueden afectar en su medición como lo es el soporte vasopresor.

La importancia del estudio radica en la posibilidad de tomar decisiones en cuanto a la oxigenación, sin necesidad de acudir a los gases arteriales y valorar si el soporte vasopresor interfiere en la medición de estas variables que permitan disminuir la morbimortalidad y mejorar así su pronóstico.

Por lo anterior el objetivo de nuestro estudio fue de identificar la concordancia entre la pulsioximetría de pulso y la saturación arterial de oxígeno medida por gasometría arterial en pacientes críticamente enfermos con inestabilidad hemodinámica con dosis de noradrenalina y así poder tener una adecuada medición y herramienta que nos permita saber cuál es estado de oxigenación y poder realizar las intervenciones adecuadas es este grupo de pacientes.

## **3. HIPÓTESIS**

Los límites de concordancia de la saturación arterial de oxígeno y de la saturación por oximetría de pulso son menores o iguales a  $\pm 4\%$  en pacientes graves que reciben infusión de norepinefrina

#### **4. OBJETIVOS**

##### **OBJETIVO PRIMARIO**

- Determinar la concordancia entre la saturación arterial de oxígeno y la saturación obtenida a través de oxímetros de pulso en pacientes que reciben infusión de norepinefrina mediante el método de Bland-Altman.

##### **OBJETIVO SECUNDARIO**

- Estimar la raíz cuadrada del error cuadrático medio de toda la cohorte.
- Estimar la raíz cuadrada del error cuadrático medio en el subgrupo de pacientes con saturación arterial de oxígeno  $\geq 80\%$  a  $< 90\%$  y con aquellos saturación arterial del oxígeno  $\geq 90\%$ .
- Determinar si la concentración de hemoglobina, dosis de norepinefrina (en mcg/kg/minuto), bilirrubinas totales y la presión arterial media se correlacionan con la diferencia observada entre ambos métodos, tanto en la cohorte en general como en los subgrupos con saturación arterial de oxígeno  $\geq 80\%$  a  $< 90\%$  y  $\geq 90\%$ .

#### **5. MATERIAL Y METODOS**

##### **A. Tipo de Estudio**

Estudio de cohorte longitudinal retrolectivo.

##### **B. Descripción de la Intervención**

Se verifico la presencia de los criterios de inclusión y ausencia de los de exclusión a todos los pacientes que hayan ingresado a la unidad de terapia intensiva a partir del mes de enero del 2018.

Una vez incluidos en el estudio, del expediente electrónico clínico y de las primeras 3 gasometrías arteriales tomadas mientras el paciente se encuentra bajo infusión de

norepinefrina durante su estancia en la unidad de terapia intensiva, se recabo de cada una de las siguientes variables:

- **Registro clínico del paciente.**
- **Número de control interno:**

Será asignado un número consecutivo a cada paciente que sea incluido al estudio, empezando por el número 1 y terminando en el 96.
- **Sexo:**

Sexo biológico del paciente.
- **Edad:**

La reportada en el expediente electrónico al momento de la toma de la gasometría, reportada en años completos.
- **Peso actual:**

Reportado en la historia clínica de ingreso a la unidad de terapia intensiva.
- **Fecha de toma de la gasometría:**

Reportada en el formato día, mes y año (dd/mm/aaaa).
- **Saturación por oximetría de pulso (SpO<sub>2</sub>):**

La que esté reportada en el expediente electrónico con la hora más cercana a la hora de reporte de la gasometría arterial. El resultado se anotará en %.
- **Saturación arterial funcional de oxígeno de la gasometría (SaO<sub>2</sub>):**

Reportada en %, la reporta automáticamente el gasómetro utilizando la ecuación:  
$$SaO_2 \text{ funcional} = \text{oxihemoglobina} / (\text{oxihemoglobina} + \text{desoxihemoglobina})$$
- **Presión arterial de oxígeno de la gasometría (PaO<sub>2</sub>):**

Reportada en milímetros de mercurio (mmHg).
- **Carboxihemoglobina (COHb):**

Contenido de carboxihemoglobina de la gasometría, reportada como % del total de la hemoglobina.
- **Metahemoglobina (MetHb):**

Contenido de metahemoglobina de la gasometría, reportada como % del total de la hemoglobina.
- **Fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>):**

Reportada en la gasometría (en %) y que es la que tenía el paciente al momento de la toma de dicha gasometría.
- **Bilirrubinas totales:**

Reportadas en la gasometría, en miligramos/decilitro (mg/dl).
- **Hemoglobina:**

Reportada en la gasometría, en gramos/decilitro (gr/dl).

- **Dosis de norepinefrina:**

Reportada en el expediente electrónico en la hora más cercana a la hora del reporte de la gasometría. Se calculará utilizando la dilución de la infusión reportada en la hoja de balance hídrico del expediente electrónico. La dosis se calculará utilizando el peso actual del paciente. Se reportará en microgramos/kilogramo/minuto (mcg/kg/min).

- **Presión arterial media:**

La más cercana de la hora de reporte de la gasometría, reportada en milímetros de mercurio (mmHg).

La saturación por oximetría de pulso en la unidad de terapia intensiva se midió a través de sensores de dedo reusables *TruLink SpO<sub>2</sub>* (Spacelabs Healthcare, Snoqualmie, Washington, E.U.A.) conectados a monitores multipropósito de signos vitales *Ultraview SL-2800* (Spacelabs Healthcare, Snoqualmie, Washington, E.U.A.).

Las gasometrías arteriales fueron procesadas en el laboratorio central de nuestro hospital utilizando un gasómetro *Radiometer ABL800 FLEX* (Radiometer Medical ApS, Bronshoj, Dinamarca).

### **C. Selección de Pacientes**

De los expedientes electrónicos clínicos y de laboratorio de cada paciente que haya ingresado a la unidad de terapia intensiva a partir del mes de enero del 2018, se valoró la presencia y/o ausencia de los siguientes criterios:

#### **Criterios de inclusión**

- Pacientes hospitalizados en la Unidad de Terapia Intensiva del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán a partir del 01 de enero del 2018.
- Edad  $\geq$  18 años.
- En ventilación mecánica invasiva.
- Que cuenten con al menos 3 gasometrías arteriales tomadas mientras se encontraban con infusión de norepinefrina.

#### **Criterios de exclusión**

- Sospecha o diagnóstico confirmado al ingreso de intoxicación por monóxido de carbono.
- Sospecha o diagnóstico confirmado al ingreso de metahemoglobinemia.
- Sospecha o diagnóstico confirmado de anemia drepanocítica.
- Saturación funcional de oxígeno reportada en la gasometría  $<$  80%.

### **Criterios de eliminación**

- Gasometría(s) tomadas durante un paro cardiorespiratorio.
- Datos insuficientes en los expedientes clínicos y de laboratorio como para completar cada una de las variables mencionadas en el apartado de descripción de la intervención.
- Diferencia entre la hora de toma reportada en la gasometría y la saturación por oxímetro de pulso más cercana de más de 60 minutos.
- Paciente con menos de 3 gasometrías arteriales tomadas durante la infusión de norepinefrina.
- Pacientes que en alguna de sus 3 gasometrías arteriales se reporte una saturación funcional de oxígeno < 80%.

### **D. Plan Estadístico y Cálculo del Tamaño de la Muestra**

Una vez completado la  $n$  del estudio, se transcribieron por duplicado los datos a hojas de cálculo del programa Microsoft® Excel (versión 15.33, 2017). Cada uno de los investigadores reviso la base de datos electrónica en busca de posibles errores en la transcripción de los datos. Cualquier discrepancia entre los datos será verificada directamente en el expediente electrónico de los pacientes. Una vez realizado lo anterior, se trasladaron la base de datos electrónica al programa Stata MP 14.0 (StataCorp. 2015. Stata Statistical Software: Release 14. College Station, TX: StataCorp LP) en el que se realizará el análisis estadístico.

### **Cribado de datos de la base electrónica**

Antes de iniciar el análisis estadístico, se llevó a cabo un cribado de los datos mediante la creación de un histograma, cálculo de medidas de tendencia central y dispersión, tabla de una variable y libro de códigos de cada una de las variables, con la finalidad de encontrar datos perdidos y/o extremos. Se consideró a un valor como “extremo”, a aquellos que sean menores o mayores a 1.5 veces el rango intercuartilar 25 – 75 <sup>1</sup>:

Se verifico los datos perdidos/extremos encontrados con los datos reportados en el expediente clínico y de laboratorio.

### **Manejo de datos perdidos**

Teniendo en cuenta los criterios de eliminación de este estudio, se utilizó una estrategia de análisis de casos completos.

### Cálculo del tamaño de la muestra

Según se propuso previamente, se pudo estimar el error estándar del promedio de la diferencia de las mediciones obtenidas por 2 métodos y el error estándar de sus límites de concordancia utilizando las siguientes ecuaciones <sup>2,3</sup>:

**(Ecuación 01)**

$$SEd = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

**(Ecuación 02)**

$$SElc = \sqrt{\frac{3S^2}{n}}$$

Donde **SE<sub>d</sub>** es el error estándar de la diferencia promedio de las mediciones obtenidas por 2 métodos, **SE<sub>lc</sub>** es el error estándar de los límites de concordancia de la diferencia de las mediciones obtenidas por 2 métodos, **S** es la desviación estándar de la diferencia entre ambos métodos y **n** es el tamaño de la muestra.

Despejando la **n** en las ecuaciones 01 y 02 quedan de la siguiente forma:

**(Ecuación 03)**

$$n = \left(\frac{S}{SEd}\right)^2$$

**(Ecuación 04)**

$$n = 3 \left(\frac{S}{SElc}\right)^2$$

De forma similar a como se ha hecho previamente <sup>4</sup>, se utilizaron las ecuaciones 03 y 04 para estimar la **n**. Se utilizó la desviación estándar de la diferencia entre la SaO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub> de oxímetros de transmisión con el detector colocado en los dedos de los pacientes (igual a la que se utilizará durante este estudio) del estudio publicado por Nessler N, *et al* (**S** = 4.8%)<sup>5</sup>. Para obtener un **SE<sub>d</sub>** de 0.3% (**intervalo de confianza del 95% del SE<sub>d</sub>** de 0.6%) con un **SE<sub>lc</sub>** de 0.5% (**intervalo de confianza del 95% del SE<sub>lc</sub>** de 1%) requeriremos de **288 gasometrías**.

Teniendo en cuenta que la estructura de los datos es de una magnitud cambiante, el número de mediciones repetidas por paciente deben ser iguales en cada uno de ellos. Por lo tanto, se recluto un total de **96 pacientes**, cada paciente deberá tener **3 gasometrías arteriales**, dando un total de **288 gasometrías**.

### **Análisis estadístico**

En el análisis exploratorio se evaluó la normalidad de la distribución de las variables cuantitativas mediante el uso de histogramas, índices de asimetría y curtosis (mediante la prueba de D'Agostino RB, et al <sup>6</sup>) y mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

Para la estadística descriptiva se usó medias e intervalos de confianza 95% para las variables cuantitativas que tengan una distribución normal; para las que no tuvieran una distribución normal se utilizaron medianas y rangos intercuantiles. Las variables categóricas serán descritas en porcentajes o frecuencias.

Para la estadística inferencial se utilizó la prueba de t de Student para las variables cuantitativas con distribución normal, U de Mann-Whitney para las que no tuvieron distribución normal y prueba de chi cuadrada para variables nominales, según corresponda. Para evaluar la correlación entre dos variables cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson o el coeficiente de correlación de rangos de Spearman según aplique.

El análisis estadístico inferencial se realizó a dos colas y se tomó como nivel de significancia estadística una  $p < 0.05$ .

Para evaluar la concordancia entre ambos métodos se usó el método de Bland-Altman<sup>2</sup>. Obtendremos un gráfico de dispersión de la diferencia entre las mediciones de la SaO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub> (eje de la Y) y el promedio de ambas mediciones (eje de la X) <sup>7</sup>. Se consideró que la diferencia entre ambos métodos es clínicamente significativa cuando sus límites de concordancia sean mayores de  $\pm 4\%$ .

Debido a que el procedimiento estadístico recomendado por la Organización Internacional para la Estandarización (International Organization for Standardization, ISO) para determinar la precisión de los oxímetros de pulso de uso médico es la **raíz cuadrada del error cuadrático medio**, éste se calculó para la cohorte en general, para aquellos pacientes con  $80\% \geq \text{SaO}_2 < 90\%$  y para aquellos pacientes con  $90\% \geq \text{SaO}_2$ . Según lo recomendado por la misma ISO, consideraremos que la precisión de los oxímetros de pulso es mala si la **raíz cuadrada del error cuadrático medio** es  $\geq 4\%$ <sup>8</sup>.

Se estimo el error estándar de la diferencia entre las mediciones de la SaO<sub>2</sub> y SpO<sub>2</sub> (**SE<sub>d</sub>**) y el error estándar de sus límites de concordancia (**SE<sub>lc</sub>**) utilizando la ecuación 01 descrita previamente<sup>2</sup>.

Este protocolo se ha diseñado para cumplir los lineamientos sugeridos por las guías para el reporte de estudios de confiabilidad y concordancia aprobadas por la red Equator (*Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research*)<sup>9</sup>.

## 6. RESULTADOS

El total de nuestra muestra de estudio fue de 288 pacientes con un total de 96 pacientes de los cuales fueron 145 mujeres (50.35%) y 143 hombres (49.65%). La causa más frecuente de intubación fue SIRA con un total de 126 pacientes (43.75%), en segundo lugar Postquirúrgico con 75 pacientes (26.04%) y en tercer lugar Choque con 54 casos (18.75%).

La edad de nuestra muestra de estudio tuvo una mínima de 17 años y máxima de 91 años con una media de edad de 53 años teniendo una desviación estándar 18.51; en relación a la saturación por pulsíometría la mínima fue de 86 % con una máxima del 100 % con una media de 95.6 % y desviación estándar de 2.8; en la relación la saturación por gasometría arterial tuvo una mínima de 80.3 mmHg con una máxima de 99.2 mmHg con una media de 93.9 mmHg y una desviación estándar de 3.39; en la relación a la fracción inspirada la mínima fue del 30 % con una máxima de 100 % media de 48.4 y desviación estándar de 19.9; en la relación a la dosis de noradrenalina la mínima fue de 0.03 mcg/kg/min con una máxima de 2.5 mcg/ kg / min con una media de 0.6 mcg/kg/min y una desviación estándar de 0.59 ; en relación a la tensión arterial media la mínima fue de 49 mmHg con una máxima de 76 mmHg media de 65.3 y desviación estándar de 4.7 en toda la cohorte ; en el grupo de paciente con tensión arterial media menor de 65 mmHg fue de 49 mmHg con una máxima, media de 59.5 y desviación estándar de 3.8 ; en el grupo de mayor de 65 mmHg la mínima fue de 65 mmHg , máxima de 76 mmHg , media de 67 .86 mmHg y desviación estándar de 2.2.; en relación a los niveles de hemoglobina la mínima fue de 6.7 g/dl , máxima de 21.1 g/dl , media de 10.4 g/dl y una desviación estándar de 2.7 ; en relación a los niveles de bilirrubinas la mínima fue de 0 mg/dl , máxima de 15.3 mg/ dl , media de 2.1 mg/ dl y una desviación estándar de 2.1; en relación a los niveles de carboxihemoglobina la mínima fue de 0 , máxima de 3.4 , media de 1.18 y una desviación estándar de 0.57 ; en relación a la los niveles de metahemoglobina un valor mínimo de 0.4 con una máxima de 4.9 , media de 1.3 y una desviación estándar 1.3.

En relación a la concordancia entre la pulsioximetría y la saturación arterial por gasometría por el método de Bland Altman la diferencia promedio de la cohorte fue de -1.7 % (2.1% a 1.3 %) con límites de concordancia entre 5.6% -6.3 a -4.9 %) y 2.3% (1.6 a 2.3 %). En el grupo de pulsioximetría de 80 a 90 % la diferencia promedio fue de 3.7 % (-4.2 a 3-2) con límites de concordancia -8.6 % (-9.4 a -7.7) y 1.2 % (1.4 a 2.6) y en el grupo de pulsioximetría entre 90 a 100 % la concordancia fue del 1.3 % con límites de concordancia de -4.6 % (-5.2 a 4.4 %) y 2 % (1.4 a 2.6%).

Para determinar la correlación entre dos variables aleatorias continuas se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman en toda la cohorte comparando de manera inicial la relación entre la saturación arterial y la pulsioximetría y la tensión arterial media presentando una distribución lineal y un Spearman's rho de -0.07 siendo la diferencia con la TAM independiente ( $p= 0.2156$ ) ; la correlación entre la pulsíometría la saturación arterial con la dosis de noradrenalina con Spearman's rho 0.09 con una distribución lineal siendo la diferencia independiente ( $p=0.09$ ) ; en relación a la correlación de la pulsioximetría y la saturación arterial con la hemoglobina el resultado de Spearman's rho -0.9 presentando una distribución lineal descendente con una diferencia independiente ( $p=0.11$ ) .

## 7. DISCUSIÓN

Nuestro estudio reporto una diferencia promedio de concordancia de 3.7% con límites de concordancia de -8.6 a 1.2 % en el grupo de pacientes con pulsioximetría de 80 a 90 % y en los pacientes con saturación > 90% reporto una diferencia promedio de concordancia de -1.3 % con límites de concordancia entre -4.6 a 2% con lo anterior demostrando que los pacientes del Grupo con una pulsioximetría mayor o igual de 90 % la concordancia con la gasometría arterial es adecuada sin embargo en ambos grupos otros factores como lo fue la dosis de noradrenalina, bilirrubinas, hemoglobina, presión parcial de oxígeno, fracción inspirada de oxígeno no asociaron con estos dos grupos. Esto comparado con el estudio de L. Brochard et al en el cual se buscó comparar al igual que nuestro estudio la concordancia entre la SpO2 y la SatO2 reportando una media de diferencia del 0.02% y una desviación estándar del 2.1 % demostrando al igual que nosotros que la pulsioximetría de pulso presenta una mala concordancia con la gasometría arterial. Sin embargo en su estudio a diferencia de nosotros el análisis posterior de subgrupos fue influenciado por el tipo de oxímetro, hipoxemia, requerimiento de drogas vasopresoras.

En el estudio realizado por Ben J. Wilson et al en el cual se determinó la exactitud de la pulsioximetría en comparación de la saturación arterial de oxígeno por gasometría arterial en pacientes con sepsis y choque séptico con un total de 88 pacientes teniendo como una media de diferencia del 2.75 % y una desviación estándar del 2.1 % siendo la hipoxemia uno de los factores más importantes asociados a esta diferencia siendo entre pacientes hipoxémicos y no hipoxémicos del 4.9% a diferencia de nuestro estudio la hipoxemia no fue un factor asociado pero comparativamente la anemia y el efecto vasopresor tampoco fueron factores asociados al igual que nuestro trabajo concluyendo que la gasometría arterial es la mejor herramienta para abordar a los pacientes con problemas de la oxigenación.

De acuerdo al estudio de Seguin et al en el cual valoro 2 grupos de pacientes en el cual el 50% de los pacientes tenían soporte vasopresor reportando que la pulsioximetría sobrestimaba la saturación por gasometría arterial encontrando que al igual que nuestro estudio que puede haber situaciones de hipoxemia que no se detecten en los pacientes monitorizados requiriendo que de al menos de una pulsioximetría mayor del 96% para tener una saturación de al menos del 90 % que a comparación de Jubran y Tobin de una pulsioximetría del 92 al 95% para evitar una saturación menor del 90 % que correspondería con una PO2 de 60 mmHg.

En el estudio realizado por Nicolas Nesseler et al el cual evaluaba la pulsioximetría y dosis altas de vasopresor con oxímetros estándar versus reflectancia en periodos de hipoperfusión con dosis altas de noradrenalina >0.1 mcg/ kg/ min además de utilizar la saturación utilizando el método de Bland-Altman el pulsioxímetro estándar presento una exactitud y precisión +1.4 y + 4.8 con límites entre -8.0 al 10.9% a comparación con nuestro estudio que tuvo una precisión de -3.7 en el grupo de 80 a 90 % de pulsioximetría y en el grupo de > 1.3 %.

## 8. CONCLUSIÓN

En pacientes con una medición de pulsioximetría de 90 a 100 % se presentó una concordancia adecuada mediante el método de Bland Altman a comparación con el grupo de pulsioximetría de 80 a 90 % no presentaron una concordancia adecuada por lo que el uso de la gasometría arterial para evaluar la oxigenación en los pacientes críticamente enfermos con una pulsioximetría entre 90 a 100 % es confiable. La precisión de nuestros oxímetros fue adecuada pero solo en el grupo con pulsioximetría > 90 % presento un adecuado límite de concordancia.

A comparación de otros estudios donde factores asociados como la fracción inspirada de oxígeno , la presión parcial de oxígeno , la dosis de vasopresor , edad , genero , hemoglobina , bilirrubinas , carboxihemoglobina , oxihemoglobina afectaban las medición entre la pulsioximetría y la saturación arterial a comparación de nuestro estudio no fueron factores asociados independientemente del grupo de pulsioximetría entre 80 a 90 % y 90 a 100 % .

## 9. TABLAS Y FIGURAS

| Sexo del Paciente | Freq. | Percent | Cum.   |
|-------------------|-------|---------|--------|
| Mujer             | 145   | 50.35   | 50.35  |
| Hombre            | 143   | 49.65   | 100.00 |
| Total             | 288   | 100.00  |        |

| Motivo de Intubación | Freq. | Percent | Cum.   |
|----------------------|-------|---------|--------|
| Choque               | 54    | 18.75   | 18.75  |
| SIRA                 | 126   | 43.75   | 62.50  |
| Sepsis               | 30    | 10.42   | 72.92  |
| HA                   | 3     | 1.04    | 73.96  |
| PO                   | 75    | 26.04   | 100.00 |
| Total                | 288   | 100.00  |        |

Edad del Paciente

---

|     | Percentiles | Smallest |             |          |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 1%  | 17          | 17       |             |          |
| 5%  | 23          | 17       |             |          |
| 10% | 29          | 17       | Obs         | 288      |
| 25% | 38          | 20       | Sum of Wgt. | 288      |
| 50% | 53.5        |          | Mean        | 53.33333 |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 18.51508 |
| 75% | 68          | 90       |             |          |
| 90% | 78          | 91       | Variance    | 342.8084 |
| 95% | 82          | 91       | Skewness    | .0050765 |
| 99% | 91          | 91       | Kurtosis    | 2.064111 |

.

SpO2

---

|     | Percentiles | Smallest |             |           |
|-----|-------------|----------|-------------|-----------|
| 1%  | 88          | 86       |             |           |
| 5%  | 91          | 87       |             |           |
| 10% | 91          | 88       | Obs         | 288       |
| 25% | 94          | 88       | Sum of Wgt. | 288       |
| 50% | 96          |          | Mean        | 95.65799  |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 2.853302  |
| 75% | 98          | 100      |             |           |
| 90% | 99          | 100      | Variance    | 8.14133   |
| 95% | 99          | 100      | Skewness    | -.6640833 |

|     |     |     |          |          |
|-----|-----|-----|----------|----------|
| 99% | 100 | 100 | Kurtosis | 2.883357 |
|-----|-----|-----|----------|----------|

SaO2

---

|     | Percentiles | Smallest |             |           |
|-----|-------------|----------|-------------|-----------|
| 1%  | 84.3        | 80.3     |             |           |
| 5%  | 87.4        | 82.3     |             |           |
| 10% | 89          | 84.3     | Obs         | 288       |
| 25% | 91.95       | 85.2     | Sum of Wgt. | 288       |
| 50% | 94.8        |          | Mean        | 93.99583  |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 3.393771  |
| 75% | 96.6        | 99       |             |           |
| 90% | 97.6        | 99.1     | Variance    | 11.51768  |
| 95% | 98.1        | 99.2     | Skewness    | -.9510607 |
| 99% | 99.1        | 99.2     | Kurtosis    | 3.702944  |

FiO2

---

|     | Percentiles | Smallest |             |          |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 1%  | 30          | 30       |             |          |
| 5%  | 30          | 30       |             |          |
| 10% | 30          | 30       | Obs         | 288      |
| 25% | 35          | 30       | Sum of Wgt. | 288      |
| 50% | 40          |          | Mean        | 48.47222 |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 19.95446 |
| 75% | 60          | 100      |             |          |
| 90% | 80          | 100      | Variance    | 398.1804 |
| 95% | 100         | 100      | Skewness    | 1.396642 |
| 99% | 100         | 100      | Kurtosis    | 4.029443 |

Norepinefrina (mcg/kg/min)

---

|     | Percentiles | Smallest |             |          |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 1%  | .03         | .03      |             |          |
| 5%  | .06         | .03      |             |          |
| 10% | .09         | .03      | Obs         | 288      |
| 25% | .14         | .03      | Sum of Wgt. | 288      |
| 50% | .45         |          | Mean        | .6024306 |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | .5891892 |
| 75% | .87         | 2.43     |             |          |
| 90% | 1.45        | 2.45     | Variance    | .3471439 |
| 95% | 2           | 2.5      | Skewness    | 1.438551 |
| 99% | 2.45        | 2.56     | Kurtosis    | 4.508658 |

Presión Arterial Media (toda la cohorte)

---

|     | Percentiles | Smallest |             |           |
|-----|-------------|----------|-------------|-----------|
| 1%  | 50          | 49       |             |           |
| 5%  | 56          | 50       |             |           |
| 10% | 59          | 50       | Obs         | 288       |
| 25% | 63          | 51       | Sum of Wgt. | 288       |
| 50% | 66          |          | Mean        | 65.31597  |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 4.761286  |
| 75% | 69          | 74       |             |           |
| 90% | 70          | 74       | Variance    | 22.66985  |
| 95% | 71          | 76       | Skewness    | -.9850988 |
| 99% | 74          | 76       | Kurtosis    | 4.125941  |

**Presión Arterial Media (en pac's con TAM < 65 mmHg)**

---

|     | Percentiles | Smallest |             |           |
|-----|-------------|----------|-------------|-----------|
| 1%  | 49          | 49       |             |           |
| 5%  | 51          | 50       |             |           |
| 10% | 54          | 50       | Obs         | 88        |
| 25% | 57.5        | 51       | Sum of Wgt. | 88        |
| 50% | 61          |          | Mean        | 59.57955  |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 3.843853  |
| 75% | 63          | 64       |             |           |
| 90% | 64          | 64       | Variance    | 14.77521  |
| 95% | 64          | 64       | Skewness    | -.9817108 |
| 99% | 64          | 64       | Kurtosis    | 3.124872  |

**Presión Arterial Media (pac's con tam ≥ 65 mmHg)**

---

|     | Percentiles | Smallest |             |          |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 1%  | 65          | 65       |             |          |
| 5%  | 65          | 65       |             |          |
| 10% | 65          | 65       | Obs         | 200      |
| 25% | 66          | 65       | Sum of Wgt. | 200      |
| 50% | 67.5        |          | Mean        | 67.84    |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 2.298    |
| 75% | 69          | 74       |             |          |
| 90% | 70.5        | 74       | Variance    | 5.280804 |
| 95% | 72          | 76       | Skewness    | .7967369 |
| 99% | 75          | 76       | Kurtosis    | 3.685569 |

Hemoglobina

---

|     | Percentiles | Smallest |             |          |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 1%  | 7           | 6.7      |             |          |
| 5%  | 7.4         | 6.8      |             |          |
| 10% | 7.6         | 7        | Obs         | 288      |
| 25% | 8.6         | 7        | Sum of Wgt. | 288      |
| 50% | 9.6         |          | Mean        | 10.49479 |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 2.765732 |
| 75% | 12          | 19       |             |          |
| 90% | 14.1        | 19.3     | Variance    | 7.649276 |
| 95% | 16.8        | 19.9     | Skewness    | 1.263347 |
| 99% | 19.3        | 21.2     | Kurtosis    | 4.425342 |

.

Bilirubinas Totales (mg/dl)

---

|     | Percentiles | Smallest |             |          |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 1%  | .1          | 0        |             |          |
| 5%  | .3          | .1       |             |          |
| 10% | .4          | .1       | Obs         | 288      |
| 25% | .7          | .1       | Sum of Wgt. | 288      |
| 50% | 1.2         |          | Mean        | 2.195    |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | 2.883404 |
| 75% | 2.2         | 13.8     |             |          |
| 90% | 4.8         | 14       | Variance    | 8.314018 |
| 95% | 10.5        | 14.2     | Skewness    | 2.711729 |
| 99% | 14          | 15.3     | Kurtosis    | 9.990251 |

.

Carboxihemoglobina

---

|     | Percentiles | Smallest |             |          |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 1%  | 0           | 0        |             |          |
| 5%  | .3          | 0        |             |          |
| 10% | .5          | 0        | Obs         | 288      |
| 25% | .8          | 0        | Sum of Wgt. | 288      |
| 50% | 1.1         |          | Mean        | 1.185417 |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | .5776884 |
| 75% | 1.5         | 2.7      |             |          |
| 90% | 2           | 2.8      | Variance    | .3337239 |
| 95% | 2.4         | 3.2      | Skewness    | .6984308 |
| 99% | 2.8         | 3.4      | Kurtosis    | 4.108143 |

.

Metahemoglobina

---

|     | Percentiles | Smallest |             |          |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 1%  | .4          | .4       |             |          |
| 5%  | .8          | .4       |             |          |
| 10% | .8          | .4       | Obs         | 288      |
| 25% | 1           | .5       | Sum of Wgt. | 288      |
| 50% | 1.3         |          | Mean        | 1.339236 |
|     |             | Largest  | Std. Dev.   | .5209434 |
| 75% | 1.6         | 2.4      |             |          |
| 90% | 1.9         | 4.4      | Variance    | .271382  |
| 95% | 2.1         | 4.5      | Skewness    | 2.679134 |
| 99% | 4.4         | 4.9      | Kurtosis    | 17.4664  |

.

dif = SaO2 - SpO2

Dif (en cohorte completa de 288 gasometrías de 96 pacientes)

---

|     | Percentiles | Smallest  |             |           |
|-----|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 1%  | -8.599998   | -10       |             |           |
| 5%  | -5.300003   | -9.699997 |             |           |
| 10% | -4.199997   | -8.599998 | Obs         | 288       |
| 25% | -2.599998   | -7.599998 | Sum of Wgt. | 288       |
| 50% | -1.300003   |           | Mean        | -1.662153 |
|     |             | Largest   | Std. Dev.   | 1.997086  |
| 75% | -.4000015   | 2.400002  |             |           |
| 90% | .3000031    | 2.5       | Variance    | 3.988353  |
| 95% | 1           | 2.599998  | Skewness    | -1.060126 |
| 99% | 2.5         | 2.699997  | Kurtosis    | 4.972164  |

dif (Pac's con SaO2 ≥ 80% pero < 90%)

---

|     | Percentiles | Smallest  |             |           |
|-----|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 1%  | -10         | -10       |             |           |
| 5%  | -7.599998   | -9.699997 |             |           |
| 10% | -6.699997   | -7.599998 | Obs         | 42        |
| 25% | -5.099998   | -7        | Sum of Wgt. | 42        |
| 50% | -3.700001   |           | Mean        | -3.714286 |
|     |             | Largest   | Std. Dev.   | 2.460574  |
| 75% | -2.099998   | -.6999969 |             |           |
| 90% | -1.400002   | -.5       | Variance    | 6.054423  |
| 95% | -.5         | -.5       | Skewness    | -.3411619 |
| 99% | 2.699997    | 2.699997  | Kurtosis    | 3.762614  |

**dif (Pac's con SaO2 ≥ 90%)**

---

|     | Percentiles | Smallest  |             |           |
|-----|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 1%  | -6.800003   | -8.599998 |             |           |
| 5%  | -4.599998   | -7        |             |           |
| 10% | -3.400002   | -6.800003 | Obs         | 246       |
| 25% | -2.099998   | -5.800003 | Sum of Wgt. | 246       |
| 50% | -1          |           | Mean        | -1.311789 |
|     |             | Largest   | Std. Dev.   | 1.677408  |
| 75% | -.3000031   | 1.900002  |             |           |
| 90% | .4000015    | 2.400002  | Variance    | 2.813697  |
| 95% | 1           | 2.5       | Skewness    | -.9162313 |
| 99% | 2.400002    | 2.599998  | Kurtosis    | 4.847258  |

**dif (Pac's con norepi < 0.1 mcg/kg/min)**

---

|     | Percentiles | Smallest  |             |           |
|-----|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 1%  | -7.599998   | -7.599998 |             |           |
| 5%  | -7          | -7        |             |           |
| 10% | -5          | -5        | Obs         | 38        |
| 25% | -3          | -5        | Sum of Wgt. | 38        |
| 50% | -1.450001   |           | Mean        | -1.831579 |
|     |             | Largest   | Std. Dev.   | 2.193492  |
| 75% | -.4000015   | .5999985  |             |           |
| 90% | .5999985    | 1         | Variance    | 4.811407  |
| 95% | 1.300003    | 1.300003  | Skewness    | -.8041452 |
| 99% | 1.900002    | 1.900002  | Kurtosis    | 3.261869  |

dif (Pac's con norepi  $\geq$  0.1 mcg/kg/min)

---

|     | Percentiles | Smallest  |             |           |
|-----|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 1%  | -8.599998   | -10       |             |           |
| 5%  | -5.300003   | -9.699997 |             |           |
| 10% | -4          | -8.599998 | Obs         | 250       |
| 25% | -2.599998   | -7        | Sum of Wgt. | 250       |
| 50% | -1.300003   |           | Mean        | -1.6364   |
|     |             | Largest   | Std. Dev.   | 1.969016  |
| 75% | -.4000015   | 2.400002  |             |           |
| 90% | .25         | 2.5       | Variance    | 3.877023  |
| 95% | 1           | 2.599998  | Skewness    | -1.103446 |
| 99% | 2.5         | 2.699997  | Kurtosis    | 5.33054   |

Los resultados de la diferencia promedio entre la SaO<sub>2</sub> y la SpO<sub>2</sub> y sus límites de concordancia en la cohorte completa y en los subgrupos según la SaO<sub>2</sub> se muestran a continuación:

Diferencia promedio en toda la cohorte -1.7% (-2.1 a 1.3%), límites de concordancia: -5.6% (-6.3 a -4.9%) y 2.3% (1.6 a 2.3%)

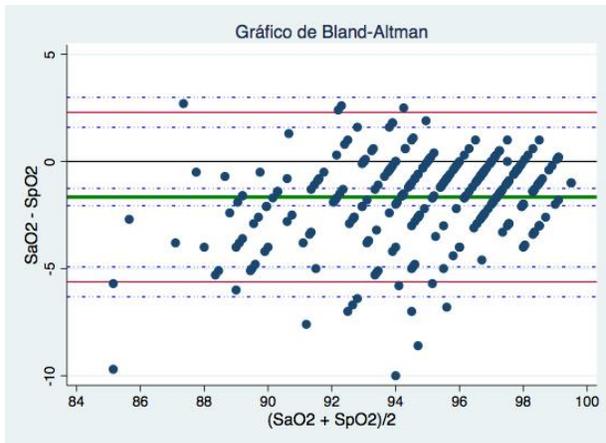


Figura 01. Gráfico de Bland-Altman de las 288 gasometrías (96 pacientes). La **línea verde continua** representa la diferencia promedio, las **rojas continuas** sus límites de concordancia, y las **líneas de puntos-rayas azules** demarcan los intervalos de confianza del 95% de cada una de las estimaciones anteriormente mencionadas.

Diferencia promedio en pacientes con  $80\% \geq \text{SaO}_2 < 90\%$ :  $-3.7\%$  ( $-4.2$  a  $-3.2\%$ ), límites de concordancia:  $-8.6\%$  ( $-9.4$  a  $-7.7\%$ ) y  $1.2\%$  ( $0.3$  a  $2\%$ ).

Diferencia promedio en pacientes con  $\text{SaO}_2 \geq 90\%$ :  $-1.3\%$  ( $-1.6$  a  $-1\%$ ), límites de concordancia:  $-4.6\%$  ( $-5.2$  a  $-4.4\%$ ) y  $2\%$  ( $1.4$  a  $2.6\%$ ).

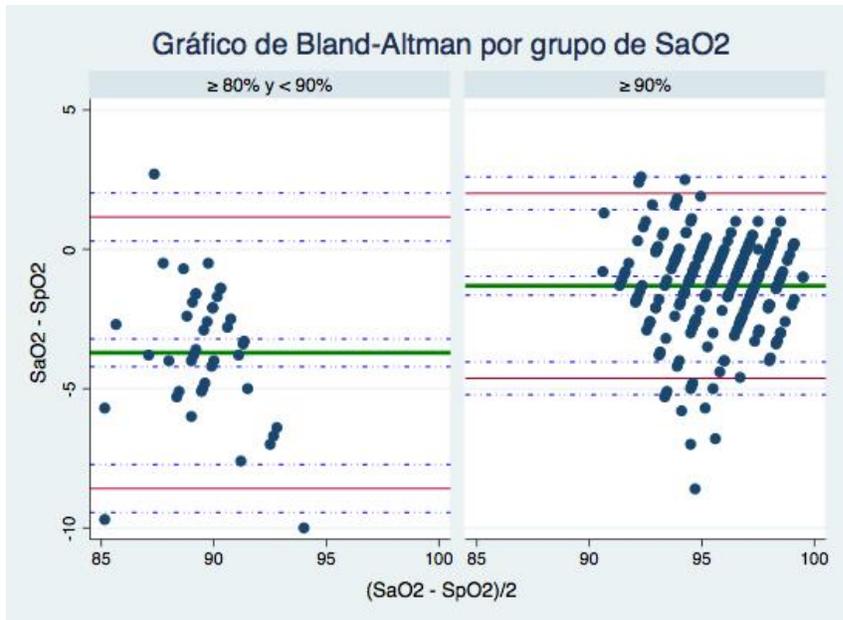


Figura 02. Gráfico de Bland-Altman según SaO<sub>2</sub>.

La **línea verde continua** representa la diferencia promedio, las **rojas continuas** sus límites de concordancia, y las **líneas de puntos-rayas azules** demarcan los intervalos de confianza del 95% de cada una de las estimaciones anteriormente mencionadas.

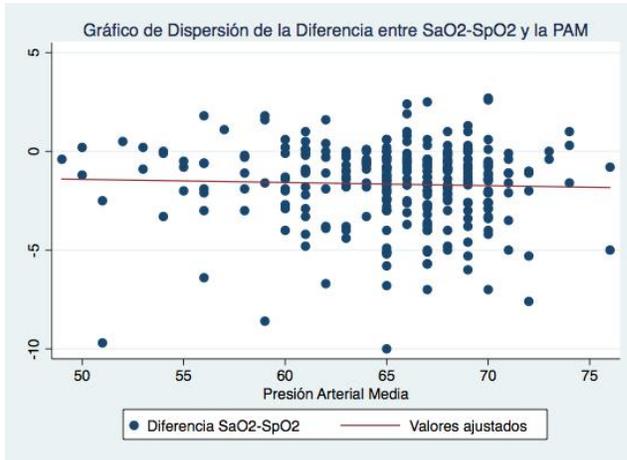
Spearman dif tam

Number of obs = 288  
Spearman's rho = -0.0732

Test of Ho: dif and tam are independent

Prob > |t| = 0.2156

.



Spearman dif norepi

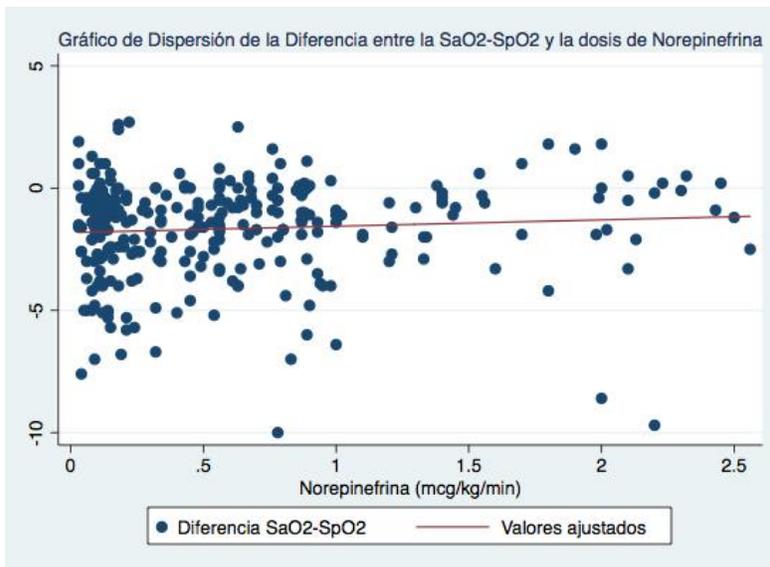
Number of obs = 288

Spearman's rho = 0.0990

Test of Ho: dif and norepi are independent

Prob > |t| = 0.0935

.



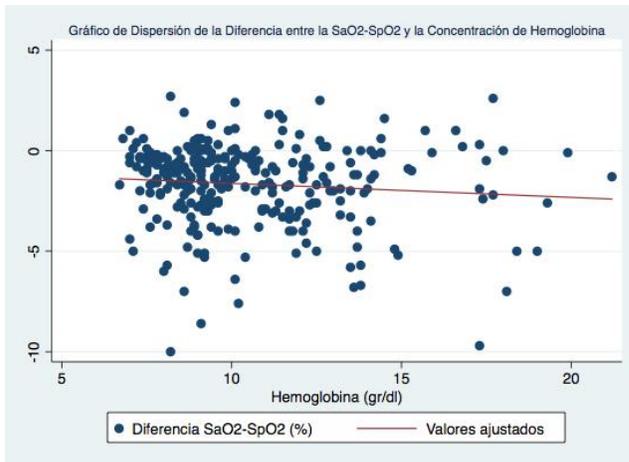
Spearman dif hb

Number of obs = 288

Spearman's rho = -0.0935

Test of Ho: dif and hb are independent

Prob > |t| = 0.1132



## 10. Bibliografía

1. Tremper K, Barker S. Pulse Oximetry. *Anesthesiology*. 1989; 70: 98-108. Downloaded From <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/pdfaccess.ashx?url=/data/journals/jasa/931368/> on 05/19/2018. 2018.
2. Jubran A. Pulse oximetry. *Crit Care* [Internet]. 2015; 1–7. Available from: Siggaard-Andersen Ole. *The Acid-Base status of the blood*. Munksgaard- Copenhagen, 1976; 126-132.
3. Clayton DG, Webb RK, Ralston AC, et al. A comparison of the performance of 20 pulse oximeters under conditions of poor perfusion. *Anaesthesia* 1991; 46:3-10.
4. Ibáñez J, Velasco J, Raurich JM. The accuracy of the Biox 3700 pulse oximeter in patients receiving vasoactive therapy. *Intensive Care Med* 1991; 17:484-486.
5. Pälve H, Vuori A. Accuracy of three pulse oximeters at low cardiac index and peripheral temperature. *Crit Care Med* 1991; 19:560-562.
6. Secker C, Spiers P. Accuracy of pulse oximetry in patients with low systemic vascular resistance. *Anaesthesia* 1997; 52:127-130.
7. Wilson BJ, Cowan HJ, Lord JA, Zuege DJ, Zygun DA. The accuracy of pulse oximetry in emergency department patients with severe sepsis and septic shock: a retrospective cohort study. *BMC Emerg Med* 2010; 10:9.
8. Jubran A, Tobin MJ. Reliability of pulse oximetry in titrating supplemental oxygen therapy in ventilator dependent patients. *Chest* 1990; 97: 1420-1425
9. Seguin P, Le Rouzo A, Tanguy M, Guillou Y, Feuillu A, Mallédant Y. Evidence for the need of bedside accuracy of pulse oximetry in an intensive care unit. *Crit Care Med* 2000;28(3):703-706.
10. Nesseler N, Frénel JV, Launey Y, Morcet J, Mallédant Y, Seguin P. Pulse oximetry and high-dose vasopressors: a comparison between forehead reflectance and finger transmission sensors. *Intensive Care Med* 2012; 38:1718-1722.
11. Schallom L, Sona C, McSweeney M, Mazuski J. Comparison of forehead and digit oximetry in surgical/trauma patients at risk for decreased peripheral perfusion. *Heart Lung* 2007; 36:188-194.
12. Van de Louw A, Cracco C, Cerf C, Harf A, Duvaldestin P, Lemaire F, Brochard L. Accuracy of pulse oximetry in the intensive care unit. *Intensive Care Med* 2001; 27:1606-1613.
13. Dunn OJ, Clark VA. Measures of location and variability. In: Dunn OJ, Clark VA, eds. *Basic Statistics. A Primer for the Biomedical Sciences*. 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Publication; 2009:49-62.
14. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet (London, England)*. 1986;1(8476):307-310.
15. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res*. 1999;8(2):135-160. doi:10.1177/096228029900800204.
16. Giraud B, Frasca D, Debaene B, Mimoz O. Comparison of haemoglobin measurement

methods in the operating theatre. *Br J Anaesth*. 2013;111(6):946-954.

doi:10.1093/bja/aet252.

17. Nessler N, Frénel J-V, Launey Y, Morcet J, Mallédant Y, Seguin P. Pulse oximetry and high-dose vasopressors: a comparison between forehead reflectance and finger transmission sensors. *Intensive Care Med*. 2012;38(10):1718-1722. doi:10.1007/s00134-012-2659-0.
18. D'agostino RB, Belanger A, D'agostino RB. A suggestion for using powerful and informative tests of normality. *Am Stat*. 1990;44(4):316-321. doi:10.1080/00031305.1990.10475751.
19. Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet (London, England)*. 1995;346(8982):1085-1087.
20. International Organization for Standardization. *Medical Electrical Equipment. Part 2-61: Particular Requirements for Basic Safety and Essential Performance of Pulse Oximeter Equipment (ISO 80601-2-61:2017)*.; 2017:1-87. <https://www.iso.org/standard/67963.html>.
21. Kottner J, Audigé L, Brorson S, et al. Guidelines for reporting reliability and agreement studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011;64(1):96-106. doi:10.1016/j.jclinepi.2010.03.002.