

# Valores de referencia de saturación arterial de oxígeno mediante pulso-oximetría en niños sanos de Bucaramanga\*

Jürg Niederbacher Velásquez, MD\*\*

Mauricio García Niño, MD<sup>†</sup>

Guillermo Gómez Moya, MSc<sup>††</sup>

## Resumen

La oximetría de pulso es un método no invasivo que mide indirectamente la saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>). El valor de dicha medida está influenciado por la altitud; es así como se describen cifras de SaO<sub>2</sub> diferentes para el nivel del mar y para las grandes alturas. Sin embargo, se desconocen valores para poblaciones ubicadas en altitudes intermedias como Bucaramanga (1.000 metros sobre el nivel del mar). Conocer medidas de referencia propias permitirá optimizar el manejo de pacientes que requieran oxígeno, con base en parámetros autóctonos. También se podrían implementar dichas cifras en otras localidades ubicadas en altitudes similares y se estimaría para replicar investigaciones que sirvan para refrendar los datos por nosotros obtenidos. El propósito del presente trabajo fue determinar los valores de SaO<sub>2</sub> en una población pediátrica sana con edades entre 1 mes y 12 años, residente en la ciudad de Bucaramanga. Se practicó la observación en una muestra de 239 niños de ambos sexos, escogidos de acuerdo con criterios de inclusión predeterminados, repartidos en cuatro grupos de edad. Se empleó un oxímetro marca Medexcell 2001, con un sensor universal, colocado en el dorso del pie en niños lactantes y en el dedo índice de la mano derecha en niños mayores; se tomaron dos mediciones replicables entre sí y se escogió como cifra hallada el promedio de las dos medidas. Se analizaron los datos con Epiinfo 6.04 y Stata. Se encontró una saturación promedio de 97,45% (95%IC: 95,1%-99,7%), sin diferencias estadísticamente significativas por género y grupo etéreo (p<0.05). Estos hallazgos nos plantean que las cifras usadas en Bucaramanga para considerar que un paciente presenta desaturación (< 90-92%) quizás sean muy bajas, sugerimos SaO<sub>2</sub> < 93% como patrón de referencia; de manera adicional podemos concluir que los cambios fisiológicos

ocurridos hasta los doce años, independientemente del sexo, no influyen para variar las cifras de saturación en este grupo etéreo. Además de la discusión de los resultados, se hace una breve revisión de los usos y limitaciones de la oximetría de pulso. [Niederbacher J, García M, Gómez G. Valores de referencia de saturación arterial de oxígeno mediante pulso-oximetría en niños sanos de Bucaramanga. MedUNAB 2003; 6(17):63-69]

**Palabras clave:** Oximetría de pulso, altitud, saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>), pediatría.

## Introducción

El oxígeno es un elemento fundamental para la mayoría de los seres vivos. Es transportado desde los pulmones hasta los tejidos en dos formas. En su mayor parte (98%) unido a la molécula de hemoglobina y el resto como gas libre disuelto en la sangre.<sup>1</sup> En ambas circunstancias es posible medir el grado de oxigenación.

Existe una ecuación para determinar la presión alveolar de oxígeno, en la cual se observa la influencia de la altura (a diferente altura, distinta presión barométrica); por lo tanto, cambia la presión alveolar y por ende se modificaría la SaO<sub>2</sub>.<sup>1</sup> La presión atmosférica desciende cuando aumenta la altitud. Se ha observado que si la altura sobre el nivel del mar crece en progresión aritmética, la presión disminuye en progresión geométrica. Con lo anterior podemos empezar a determinar la importancia que la altitud ejerce sobre la saturación de oxígeno de la hemoglobina, pues la presión barométrica que es de 760 mm de Hg a nivel del mar disminuye a medida que la altura aumenta. Por ejemplo, la ciudad de Bucaramanga, localizada a una altitud promedio de 1.000 metros sobre el nivel del mar (según datos suministrados por el Ideam), alcanza una presión barométrica de 676 mm de Hg. Todo esto influye en la concentración de oxígeno alveolar y a su vez en la concentración arterial de oxígeno (que es la suma del O<sub>2</sub> disuelto en el plasma y el unido a la hemoglobina).<sup>1</sup>

\* Trabajo presentado en el V Congreso Colombiano de Neumología Pediátrica, Barranquilla, octubre de 2002. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Pediatría, Universidad Industrial de Santander.

\*\* Profesor Titular de Cátedra, Departamento de Pediatría, Escuela de Medicina, Facultad de Salud, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

<sup>†</sup> Profesor Asociado, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

<sup>††</sup> Decano (e), Facultad de Medicina, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

**Correspondencia:** Dr. Niederbacher, Fundación Cardiovascular del Oriente Colombiano, consultorio 502, Bucaramanga, Santander, Colombia. E-mail: marcenic@aolpremiun.com

Artículo recibido: 13 de febrero de 2003; aceptado: 12 de abril de 2003.

En los últimos años, la oximetría de pulso ha tomado importancia como método indirecto para evaluar la oxigenación sanguínea (porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina).<sup>2</sup> La hipoxemia e incluso la hiperoxemia pueden evaluarse indirectamente por la medición de la SaO<sub>2</sub> mediante el oxímetro de pulso.<sup>3</sup>

Existen publicaciones que han señalado una adecuada correlación entre este método y la saturación de oxígeno en sangre arterial, medida por gases arteriales o por métodos transcutáneos.<sup>4, 5</sup> La oximetría de pulso es un método no invasivo que nos brinda una información rápida y bastante confiable sobre el estado de oxigenación arterial de un individuo. Por lo tanto, es ideal en pacientes pediátricos y si se tienen ciertas consideraciones con respecto a la interpretación de los resultados, nos permite realizar intervenciones oportunas en pacientes ambulatorios u hospitalizados con afecciones respiratorias que alteren de alguna manera el intercambio gaseoso.<sup>6-9</sup>

La oximetría es un término general, relativo a varias tecnologías capaces de medir la saturación de oxihemoglobina. Estos incluyen diodos emisores de luz, tecnología de microprocesador, pletismografía y espectrofotometría.<sup>2, 10, 11</sup>

La tecnología básica está descrita en la Ley de Beer-Lambert la cual establece que la concentración de un soluto desconocido, en un solvente, puede ser determinada por la absorción de la luz. Los solutos importantes en este caso son la hemoglobina reducida y la oxihemoglobina, con sus respectivos coeficientes de absorción.

Se utilizan haces luminosos que se aplican sobre un área del cuerpo que es lo suficientemente delgada para permitir que la luz atraviese un lecho capilar y sea captada por un fotodetector. Los sitios recomendados incluyen: el lóbulo de la oreja, dedos de manos y pies en adultos, la palma de la mano en infantes y el arco del pie en recién nacidos. El septum nasal puede ser usado en estados de bajo flujo. Las longitudes de onda oscilan entre 660 y 940 nm porque corresponden a las características absorptivas de las dos hemoglobinas. Un microprocesador programado capta la saturación de oxígeno por comparación de las absorbancias de la línea de base y el pico de un pulso transmitido en las ondas de 660 y 940 nm.<sup>2, 11</sup>

El incremento en la saturación de oxígeno de la hemoglobina aumenta su absorción de luz. El uso de la oximetría tiene varias ventajas:<sup>11, 12, 13</sup>

1. Es un método cómodo, no invasivo, de fácil aplicación e interpretación; además, los pulso-oxímetros actuales son instrumentos fáciles de transportar.<sup>14</sup>
2. Su exactitud se basa en que ofrece una estimación continua excelente de la SaO<sub>2</sub>, en función del tiempo real.<sup>15</sup>
3. Es bastante sensible para detectar episodios de desaturación que fueron inadvertidos en el examen clínico.<sup>16</sup>
4. Los resultados se obtienen rápidamente y de forma confiable.<sup>16</sup>

5. Es un método que afianza el diagnóstico de los pacientes con dificultad respiratoria que asisten a salas de emergencia.<sup>16</sup>
6. Es útil para el monitoreo de pacientes que se encuentren bajo los efectos de la anestesia general.<sup>16</sup>

La pulso-oximetría también presenta limitaciones:

1. La presencia de variaciones en la hemoglobina como la carboxihemoglobina, causa una lectura excesiva; la metahemoglobina tiene un coeficiente de absorción similar y crea un sesgo en la lectura hasta de un 85% sin importar el grado de oxigenación<sup>17</sup>, y la hemoglobina fetal interfiere con el porcentaje de absorción de luz de la hemoglobina del adulto.
2. La anemia importante (menos de 5 gr de hemoglobina/dl), produce lecturas oximétricas poco confiables (debido a la disminución de hemoglobina apta para transportar oxígeno).<sup>18</sup>
3. Las sustancias con actividad espectral en las longitudes de onda utilizadas para la oximetría de pulso, interfieren con la exactitud de las lecturas; algunas de estas sustancias son el azul de metileno, verde de indocianina e índigo carmín.<sup>19</sup>
4. Otra fuente de error especialmente en pediatría es la luz de las lámparas infrarrojas de calentamiento y fototerapia, pues interfieren con las lecturas.<sup>20</sup>
5. La oximetría se correlaciona muy pobremente con la presión parcial de oxígeno en la parte plana de la curva de disociación de la hemoglobina, por lo que grandes cambios en la presión parcial de oxígeno podrían no ser detectados en esta región; de igual manera, no detectaría alteraciones en la concentración de hidrogeniones.<sup>21</sup>
6. No existe un método estándar para calibrar los pulso-oxímetros y esto depende directamente del fabricante.<sup>11</sup>
7. Algunos oxímetros muestran *shunt* óptico el cual ocurre cuando parte de la luz del diodo emisor alcanza al receptor sin pasar a través del dedo.<sup>21</sup>

Debido a que la pulso-oximetría depende de una adecuada onda de pulso, sus lecturas son poco confiables en estados de hipovolemia, hipotermia y vasoconstricción.<sup>2, 21, 22</sup>

No obstante las ventajas de la oximetría, en muchas instituciones no se cuenta o no se aprovecha en forma adecuada este recurso. Más aún, se utilizan valores de referencia que posiblemente no sean aplicables al sitio.

La saturación arterial de oxígeno, como ya se dijo, es afectada por la altura sobre el nivel del mar (que influye sobre la presión barométrica). Por lo tanto, sus valores son más bajos en personas que viven en ciudades como Bogotá (Colombia) o La Paz (Bolivia), comparados con valores obtenidos en aquellas que residen a una altitud menor.<sup>23, 24</sup>

No se dispone en el momento de información sobre valores normales de saturación arterial de oxígeno en niños sanos,

que viven a una altitud como la de la ciudad de Bucaramanga, a 960 metros sobre el nivel del mar (msnm); por tal razón, se toman como patrón valores obtenidos en otras altitudes, por ejemplo a nivel del mar o en Bogotá.

La obtención de estos datos ayudaría a una mejor monitoría de los pacientes pediátricos que presenten afecciones respiratorias que ameriten control oximétrico, pues brindarán valores de referencia locales con los cuales comparar y evaluar la saturación arterial de oxígeno, en los casos que se requiera [asma bronquial, infección respiratoria aguda (IRA), cardiopatías congénitas cianosantes y no cianosantes, fibrosis quística, hemosiderosis pulmonar, alveolitis alérgica extrínseca, enfermedad pulmonar crónica del recién nacido y aquellos hospitalizados en la Unidad de Cuidado Intensivo Pediátrico, entre otros].<sup>6-8, 22, 25</sup> En los pacientes hospitalizados o manejados por consulta externa permitirá decidir la iniciación, continuación o suspensión de la administración de oxígeno, teniendo en cuenta que es un medicamento que presenta riesgos inherentes a su uso y que tiene un costo elevado para las instituciones y los pacientes.<sup>26</sup>

La intención del presente trabajo fue obtener valores de referencia locales de saturación de oxígeno de la hemoglobina, mediante la oximetría de pulso, tomada a niños sanos de ambos géneros, cuyas edades están dentro del rango de 1 mes a 12 años, residentes en la ciudad de Bucaramanga. También se pretendió determinar mediante la oximetría de pulso los valores de referencia de saturación de oxígeno de la hemoglobina, obtenidos en todos y cada uno de los grupos etáreos en la ciudad de Bucaramanga y comparar los valores obtenidos en este estudio con datos de estudios similares realizados a otras altitudes. Además, se hace una revisión breve de los usos y limitaciones de este método de monitoría de  $\text{SaO}_2$ .

## Materiales y métodos

Se trató de un estudio observacional, descriptivo, de corte transversal, con recolección prospectiva de la información. El universo estuvo constituido por todos los niños en edades comprendidas de 1 mes a 12 años, residentes en el área urbana de la ciudad de Bucaramanga, por un tiempo mínimo de seis meses. La población de estudio se tomó por conveniencia y la constituye los niños de ambos géneros, sin enfermedad cardiopulmonar, residentes en el área urbana de Bucaramanga, a quienes se les realizó oximetría de pulso.

Los siguientes fueron los criterios de inclusión:

1. Autorización escrita por los padres o tutores.
2. Tiempo de residencia mínimo de seis meses en el área urbana de Bucaramanga.
3. Niño sano:
  - No haber sufrido un proceso patológico respiratorio agudo en el último mes previo al estudio.
  - No haber sido hospitalizado por algún proceso similar al anterior durante el último año.

- No haber sido hospitalizado en el período neonatal inmediato, por problemas respiratorios.
- No presentar malformaciones anatómicas de la caja torácica.
- No tener problemas neuromusculares que alteren la mecánica ventilatoria.

Se excluyeron los niños que presentaron alguna de las siguientes características:

1. Fumadores pasivos (presencia de un fumador intradomiciliario por al menos una hora/día, 3 días a la semana).
2. Antecedentes de asma, bronquiolitis, bronconeumonía u otra alteración cardiorespiratoria pasada o actual.
3. Pacientes que estuvieran recibiendo antibióticos, broncodilatadores o antitusivos durante el último mes previo al estudio.
4. Pacientes con soplos cardíacos, retracciones costales, roncus, sibilancias, estertores, crépitos.
5. Anomalías cardíacas congénitas.
6. Transfusión sanguínea durante los últimos 6 meses.

Se recogieron las variables necesarias mediante un diseño de impresos precodificados, explícitos por sí mismos, coherentes, formateados claramente, con casillas para introducir los datos, estético y fácil de leer, puestos a prueba y validados de manera previa, etiquetados en cada página con fecha, nombre y número de codificación. Esto con la finalidad de asegurar la ausencia de errores o transposiciones en el número de identificación, del nombre, fecha. El período de recolección de los datos fue de tres meses. Los pacientes fueron reclutados en varias instituciones (nueve) de diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad de Bucaramanga.

El total de niños incluidos en el estudio, de ambos géneros, se estratificó en cuatro grupos de edad:

- Grupo 1: De 1 – 23 meses
- Grupo 2: De 2 – 4 años
- Grupo 3: De 5 – 9 años
- Grupo 4: De 10 – 12 años

Las mediciones de la  $\text{SaO}_2$  se realizaron con un oxímetro de pulso de alta precisión, previamente evaluado y certificado por sus fabricantes, según los protocolos de estandarización internacional para construcción de equipos electrónicos, marca Medexcel 2001, con un sensor universal compatible con el equipo. Las mediciones se efectuaron colocando el sensor en el dedo índice en niños mayores de 2 años y en niños menores de 2 años se colocó el sensor en el dorso del pie; se realizaron dos mediciones cada una con duración de 3 minutos y un intervalo entre ellas de 3 minutos, esperando la estabilización del pulso en el monitor, mínimo durante un minuto, para considerarla válida. El oxímetro se apagó entre cada medición. Las tomas se obtuvieron con el niño en reposo (en caso de lactantes en el regazo de la madre o cuidadora) pero despierto, evitándose al máximo los movimientos del niño,

el llanto y cualquier otro tipo de situación que pudiera alterar el registro. El sensor se ajustó adecuadamente, sin una excesiva presión, evitando producir incomodidad en el niño. Las tomas fueron efectuadas por un solo observador entrenado en dicho procedimiento.

El procesamiento de datos se realizó en Epi Info 6.04 y Stata. Para el análisis estadístico se utilizaron tablas de distribución de frecuencia, medidas de la tendencia central y de dispersión como desviación estándar, varianza y error estándar. Se realizó prueba de significación estadística por análisis de varianza para la comparación de grupos. Los valores normales fueron presentados como promedios, con límite inferior y superior, de manera similar a los reportados en otros estudios.

Este estudio fue aprobado previamente por el Comité de Posgrados del Departamento de Pediatría y la Dirección de Investigación de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander; quienes avalaron el proceso de investigación en el que se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos éticos:

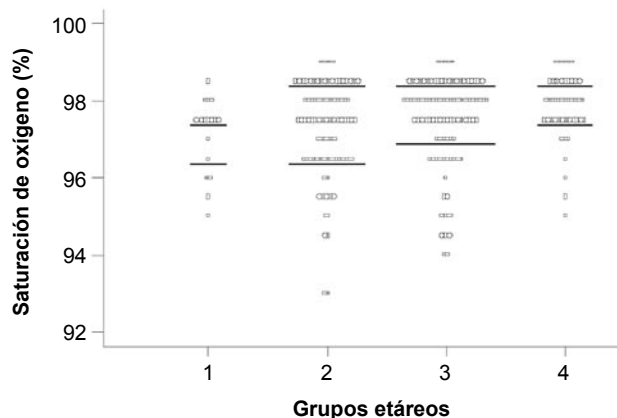
- El beneficio del paciente como prioridad.
- Consentimiento por escrito e información clara y concisa a los padres y/o acudientes, explicándoles la naturaleza de la prueba.
- Reserva del derecho de identidad.
- Informes de la investigación ceñidos a la verdad.
- Los investigadores respondieron preguntas e inquietudes y proporcionaron información a los padres o acudientes cuando estos lo solicitaron.

## Resultados

En este estudio se incluyeron 239 pacientes de ambos géneros distribuidos en 4 grupos cuyas edades oscilaban entre 1 mes a 12 años. De este número de pacientes, 111 eran niñas (46,4%) y 128 niños (53,6%). El grupo más numeroso lo constituyó el denominado grupo 3 con 95 pacientes (39,7%) y el más pequeño el grupo 1 con 17 pacientes (7,2%); ver tabla 1.

**Tabla 1.** Características de la población de estudio

Grupo étnico	Femenino		Masculino		Total	
	N	%	N	%	N	%
Grupo 1 (0-23 meses)	6	2.5%	11	4.7%	17	7.2%
Grupo 2 (2-4 años)	37	15.5%	46	19.2%	83	34.7%
Grupo 3 (5-9 años)	48	20.1%	47	18.6%	95	39.7%
Grupo 4 (10-12 años)	20	8.3%	24	10.1%	44	18.4%
Total	111	46.4%	128	53.6%	239	100%



**Figura 1.** Dispersograma de saturación de oxígeno por paciente

Los valores de las variables estuvieron dentro de un rango estrecho y fueron reproducibles. Se registraron los datos por duplicado, verificando la exactitud de las anotaciones en una muestra al azar. Para el análisis de la SaO<sub>2</sub> se tomó el promedio de las dos mediciones (no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los dos valores tomados en todos los casos, p > 0,05).

Los valores de saturación oscilaron en un rango entre el 93 y 99% con un promedio general de 97,45% (IC 95% 95,1% - 99,7%) y una moda de 98%. El valor de saturación más alto en ambas mediciones fue el 99% (82 observaciones) y el valor más bajo fue del 93% (5 observaciones); ver figura 1. La saturación promedio por grupo étnico, sin discriminar género, fue del 97,45% (IC 95% 95,1% - 99,7%). La distribución por grupo étnico se enuncia en la tabla 2.

Por género, el valor promedio de saturación para mujeres fue de 97,45% (IC 95% 95,0% - 99,8%). La distribución por grupo étnico en el sexo femenino se aprecia en la tabla 3. Para los hombres, la SaO<sub>2</sub> promedio fue de 97,45% (IC 95% 95,1% - 99,7%). La distribución por grupo étnico en el sexo masculino se aprecia en la tabla 4. No hubo diferencias estadísticamente significativas al comparar el promedio de SaO<sub>2</sub> por género y grupo étnico (p > 0,05).

## Discusión

Los hallazgos de este estudio mostraron valores de referencia únicamente aplicables a los niños que cumplan con los requisitos de inclusión del presente trabajo. Se hace

**Tabla 2.** Saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) por grupo étnico

Grupo étnico	Promedio de SaO <sub>2</sub>	IC 95%
Grupo 1	97.2%	94.7-99.7%
Grupo 2	97.4%	94.7 – 100%
Grupo 3	97.5%	95.1-99.8%
Grupo 4	97.7%	95.6-99.7%

**Tabla 3.** Saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) en el sexo femenino por grupo etáreo

Grupo etáreo	Promedio de SaO <sub>2</sub>	IC 95%
Grupo 1	97.08%	94.46-99.7%
Grupo 2	97.47%	95.13-99.81%
Grupo 3	97.53%	95.23-99.83%
Grupo 4	97.61%	95.35-99.87%

necesario evaluar y comparar dichos valores con aquellos obtenidos en otros sitios ubicados a la misma y a otras alturas. En esta investigación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas de SaO<sub>2</sub> en ninguno de los grupos de edad, tampoco en el género. Faltaría comparar estos hallazgos con el grupo de neonatos (trabajo en curso), cuyas condiciones fisiológicas hacen que la SaO<sub>2</sub> en este rango de edad sea menor.<sup>4, 13-15</sup>

De la misma manera, quedaría por dilucidar a qué edad se inicia el descenso “fisiológico” de la SaO<sub>2</sub>, puesto que entre los cuatro grupos no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, ni siquiera en el último rango de edad que abarcaba niños mayores; podemos suponer, de acuerdo con nuestros hallazgos, que este descenso se realizaría luego de los doce años. Hay reportes que describen que la PaO<sub>2</sub> comienza a descender “normalmente” luego de la primera década (asumiendo una PaO<sub>2</sub> normal de 100 mm Hg a los diez años de edad, la PaO<sub>2</sub> cae 5 mm Hg cada diez años).<sup>27</sup>

No encontramos valores de SaO<sub>2</sub> menores a los descritos a nivel del mar, lo que refrenda las conclusiones de reportes anteriores que mencionan que el fenómeno de descenso de la SaO<sub>2</sub> se presenta posiblemente en altitudes mayores a 1.600 msnm, donde la altura podría ser un factor determinante en los resultados, debido a que existe una respuesta fisiológica de adaptación del individuo a la altitud.<sup>23, 24, 28-32</sup> Más aún, llama la atención el valor promedio de 97,45% de SaO<sub>2</sub> obtenido en todas las edades y en ambos géneros, que sobrepasa la cifra reportada por el grupo de Toronto a menos de 100 msnm (96,4%).<sup>33, 34</sup> Desconocemos el motivo de la diferencia y su importancia clínica. En cambio, los datos encontrados por nosotros nos alertan a considerar utilizar valores de SaO<sub>2</sub> “normales” mayores a los que usualmente estamos acostumbrados a usar como referencia (90-92%) para monitorizar condiciones respiratorias de los pacientes que lo ameritan.

Teniendo en cuenta que los datos existentes de patrón de normalidad sobrepasan saturaciones mayores de 96-98% a nivel del mar,<sup>33, 34</sup> que dichos valores se mantienen en los trabajos realizados en altitudes hasta 1.600 msnm,<sup>9,26</sup> que las referencias de SaO<sub>2</sub> de Bogotá a 2.640 msnm están alrededor de 93%,<sup>23</sup> que hay algunas publicaciones<sup>35</sup> que nos alertan a emplear oxígeno en aquellos niños con enfermedad pulmonar crónica (en especial lactantes menores y recién nacidos) cuyos valores basales de SaO<sub>2</sub> estén

**Tabla 4.** Saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) en el sexo masculino por grupo etáreo

Grupo etáreo	Promedio de SaO <sub>2</sub>	IC 95%
Grupo 1	97.39%	95.35-99.43%
Grupo 2	97.46%	95.1-99.82%
Grupo 3	97.45%	95.09-99.81%
Grupo 4	97.46%	95.08-99.84%

por debajo de 93% y recomiendan mantener los valores mayores a 95% al darse de alta, además que los valores inferiores de SaO<sub>2</sub> del presente reporte nunca descendieron de 93% y el promedio fue de 97.45%, nos permitimos recomendar utilizar al menos como patrón de normalidad 93%, pues nuestros valores se asemejan más a los del nivel del mar que a los de mayores altitudes. Otras razones que se aducen son las siguientes:

1. Revisando las diferentes publicaciones, los valores normales de SaO<sub>2</sub> en niños prematuros y a término entre los 0-28 días oscilan entre 93-100%, y entre los dos y seis meses de vida los valores están en rangos entre 97-100%.
2. En niños con enfermedad pulmonar crónica mantener la SaO<sub>2</sub> por encima de 93% disminuye la rata de muerte súbita del lactante, la ganancia de peso es significamente mayor cuando la SaO<sub>2</sub> se mantiene entre 93-95%, incrementar la SaO<sub>2</sub> de 82 a 93% reduce en un 50% la presión arterial pulmonar, la resistencia de la vía aérea disminuye en 50% al administrar oxígeno a pacientes levemente hipoxémicos (SaO<sub>2</sub> 89%), al dar O<sub>2</sub> a bajo flujo se reducen los períodos de hipoxemia intermitente aún en niños con valores de SaO<sub>2</sub> mayor o igual a 90%.

Quedaría pendiente analizar las repercusiones clínicas que tendría el utilizar cifras de SaO<sub>2</sub> inferiores a la actualmente recomendada en niños mayores. Tampoco se sabe qué pasa con el grupo de pacientes cuyas saturaciones están por arriba de 93% pero por debajo de 97% ya que la tendencia del actual trabajo muestra como normal SaO<sub>2</sub> de 97,45% en todos los grupos de edad y género. Aunque conocemos que en la curva de disociación de hemoglobina cifras de SaO<sub>2</sub> mayores de 92% se acompañan de PaO<sub>2</sub> mayores de 70 mm Hg,<sup>36</sup> ignoramos los resultados clínicos a largo plazo de estos pacientes con saturaciones “fisiológicamente normales”. La escogencia quizá arbitraria de dicho valor se basa en nuestros hallazgos y en las anteriores discusiones planteadas.

Finalmente, es importante tener en cuenta para estudios posteriores los siguientes factores que podrían alterar los valores de saturación de oxígeno de hemoglobina:

- Algunos autores consideran que la presencia de hemoglobina fetal, aproximadamente hasta el quinto mes de vida, podría afectar la curva de disociación de la hemoglobina debido a su mayor afinidad por el oxígeno, alterando así

la saturación arterial de  $O_2$ .<sup>1, 24</sup> En el presente trabajo el llamado grupo 1 (que incluyó pacientes de dichas edades) no mostró diferencias en la  $SaO_2$  con los restantes tres grupos. Sin embargo, fue el grupo con el menor número de pacientes. Y hasta la fecha los estudios realizados no son concluyentes.

- A los sujetos del estudio no se les determinó el nivel de hemoglobina, cuyo valor cuando se encuentra por debajo de 5 mg/dl altera la cantidad total de oxígeno transportado.<sup>11</sup>
- Algunos estados fisiológicos como el llanto, la alimentación, el sueño o la actividad física causan variaciones en la medición de la saturación. En el estudio de Lozano y colaboradores sólo observaron dichos cambios durante el sueño, aunque el tamaño de la muestra fue pequeño.<sup>23</sup> En la presente investigación no se evaluó ninguno de estos aspectos (las mediciones se practicaron en pacientes en reposo, despiertos, sin llanto).

## Conclusiones

1. Se encontró un valor promedio para la saturación de  $O_2$  de la hemoglobina medida por oximetría de pulso de un 97.45%, en niños sanos de ambos géneros residentes en Bucaramanga, cuyas edades estaban en el rango de 1 mes a 12 años.
2. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores promedio de saturación de oxígeno de la hemoglobina al compararlos por género.
3. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas en los valores promedio de saturación de oxígeno de la hemoglobina al comparar entre sí los cuatro grupos etáreos.
4. Los valores promedio obtenidos pueden ser aplicados a los niños que cumplan con los requisitos y criterios de inclusión requeridos para este estudio.
5. Recomendamos utilizar valores de referencia de  $SaO_2$  mayores a los que tradicionalmente se emplean en Bucaramanga (90-92%); en nuestro caso sugerimos 93%.
6. Desconocemos la significancia clínica cuando se emplean como base para el monitoreo de oxigenación de los niños mayores, cifras inferiores a la sugerida, pero nos parece racional que en vista de la evidencia observada se contemplen los valores de normalidad mayores antes sugeridos.
7. Tampoco sabemos qué pasa con el grupo de niños con saturaciones entre 93-97% ("normales"), pues de todos modos son cifras por debajo de la  $SaO_2$  promedio obtenida en nuestro trabajo. ¿Será suficiente conformarnos con la explicación que nos da la fisiología con la curva de disociación de oxihemoglobina?. Esta nos dice que por arriba de 92% de  $SaO_2$ , los valores de  $PaO_2$  pueden oscilar entre 70-100 mm Hg.
8. Se debe evaluar en qué momento las cifras de  $SaO_2$  variarían según los grupos de edad (en nuestro caso parece ser en poblaciones mayores de los doce años) y

así tomar estos cambios como patrones de referencia para cada rango etáreo.

9. Queda por determinar el comportamiento de la  $SaO_2$  en los neonatos a la altura de la ciudad de Bucaramanga (1.000 msnm).
10. La oximetría de pulso es un método rápido, sencillo y económico para determinar el porcentaje de saturación de oxígeno de hemoglobina, lo que le permite ser utilizada en el diagnóstico, seguimiento y control de las afecciones respiratorias.

## Summary

**Reference values for arterial oxygen saturation by means of a pulse-oxymetry among healthy children in Bucaramanga City.** Pulse oximetry is a noninvasive method, that indirectly measures the arterial oxygen saturation ( $SaO_2$ ). This values are different wether are taken at sea level or at a high altitude. However  $SaO_2$  values for populations located in intermediate altitudes like Bucaramanga City (1000 meters above the sea level) are not available. It is very important to know those values, since it will optimize our handling of patients that may require oxygen therapy. Also will be very important to know  $SaO_2$  values from places located at similar altitudes since will allow us to compare those values and validate them for our own use. The reason of the present work was to determine the values of  $SaO_2$  in a pediatric healthy population with ages between 1 month and 12 years of age, living in Bucaramanta City. We took a population of 239 children of both sexes, selected by a predetermined criteria of inclusion distributed in four groups according to age. Oximeter Medexcell 2001, was used with a universal sensor, placed in the dorsal aspect of the foot in nursing children and the forefinger of the right hand in older ones; two replicables measurements were taken and the average of the two was selected as the given number. The data were analyzed with Epiinfo 6,04 and Stata. We found a mean saturation of 97.45% (95%IC: 95,1%-99,7%), without statistically significant differences for age or gender ( $p < 0.05$ ). These findings, probably means that we have to increase our previous values for desaturation used in this City from  $< 90-92\%$  to perhaps a more convinient  $SaO_2$  value  $< 93\%$ . More over, we can conclude that the physiological changes that happen at the age of twelve, independently of gender, do not have a lot of influence in the saturation values for this group, Besides the discussion of the results, we make a brief review of the uses and limitations of pulse oximetry

**Key words:** Pulse oximetry, altitude, arterial oxygen saturation ( $SaO_2$ ), pediatrics.

## Referencias

1. Gwinnutt C, Driscoll P. Understanding oxygenation. En A simple guide to blood gas analysis. De Driscoll P, Brown T, Gwinnutt C, Wardle T. London: BMJ publishing group 1997:47-64.
2. Middleton PM, Henry JA. Pulse oximetry: evolution and directions. Int J Clin Pract 2000; 54: 438-44.

3. Bucher HU, Fanconi S, Baeckert P, Duc G. Hyperoxemia in newborn infants: detection by pulse oximetry. *Pediatrics* 1989; 84:226-30.
4. Durand M, Ramanathan R. Pulse oximetry for continuous monitoring in sick newborn infants. *J Pediatrics* 1986;109: 1052-6.
5. Southall DP, Bignall S, Stebbens VA, Alexander JR, Rivers RPA, Lissaur T. Pulse oximeter and transcutaneous arterial oxygen measurements in neonatal and pediatric intensive care. *Arch Dis Child* 1987; 62:882-8.
6. Smith JJ, Lemen RJ, Taussing LM. Mechanism of viral induced lower airway obstruction. *Pediatr Infect Dis J* 1987; 6:837-42.
7. Taussing LM, Busse WW, Lemen RJ, Ram JS. Models of infectious airway injury in children. *Am Rev Resp Dis* 1988; 137:979-84.
8. Kattan M, Kenns TG, Lapierre JG, Levison H, Bryan AC, Reilly BJ. Pulmonary function abnormalities in symptom free children after bronchiolitis. *Pediatrics* 1997; 99:683-8.
9. Mower WR, Sacks C, Nicklin L, Baraff LJ. Pulse oximetry as a fifth pediatric vital sign. *Pediatrics* 1997; 99:681-6.
10. Levene S, McKenzie SA. Pulse oximetry in children. *Lancet* 1988; 1:415-6.
11. Shapiro BA, Harrison RA, Cane RD, Kozlowski-Templin R. Manejo clínico de los gases sanguíneos. Buenos Aires, Panamericana, 4 ed, 1992:209-12.
12. Brockway JM, Hay WW Jr. Ability of pulse oximetry saturation's to accurately determines blood oxygenation. *Clin Resp* 1988; 36: 227.
13. Hay WW. The uses, benefits and limitations of pulse oximetry in neonatal medicine: consensus on key issues. *J Perinatol* 1987; 7:347-9.
14. Hay WW, Brockway JM, Eyzaguirre M. Neonatal pulse oximetry: accuracy and reliability. *Pediatrics* 1989; 83:717-22.
15. Anderson JV. Physiology of oxygenation and its relation to pulse oximetry in neonates. *J Perinatol* 1987; 7:309-10.
16. Schnapp LM, Cohen NH. Pulse oximetry. Uses and abuses. *Chest* 1990; 98:1244-50.
17. Eisen Creft J. Pulse oximeter desaturation due to methemoglobinemia. *Anesthesiology* 1988; 68:229.
18. Jay GD, Hughes L, Renzi FP. Pulse oximetry is accurate in acute anemia from hemorrhage. *Ann Emerg Med* 1994; 21:32-5.
19. Casterino AT, Davis DA, Keon TP. Falsely normal saturation read with the pulse oximeter. *Anesthesiology* 1987; 67:830-1.
20. Broolis T, Paulus DA, Wingle WE. Infrared heat lamp interferes with pulse oximeter. *Anesthesiology* 1987; 61:630.
21. Ralston AC, Webb RT, Runciman WB. Potential errors in pulse oximetry. *Pulse oximetry evaluation Anaesthesia* 1991; 46:202-6.
22. Barker SJ, Tremper KK. Pulsooximetry: applications and limitations. *Int Anesthesiol Clin* 1987; 25:155-75.
23. Lozano JM, Duque OR, Buitrago T, Behaine S. Pulse oximetry reference values at high altitude. *Arch Dis Child* 1992; 67:299-301.
24. Gamponia MJ, Babali H, Yugar F, Gilman RH. Reference values for pulse oximetry at high altitude. *Arch Dis Child J* 1998; 78: 461-5.
25. Schmitt HL, Schuetz WH, Proeschel PA, Jaklin C. Accuracy of pulse oximetry in children with congenital heart disease. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1993; 7:61-5.
26. Arango M. Oxigenoterapia. En: Correa JA, Gómez JF, Posada R (Eds): *Fundamentos de pediatría, infectología y neumología*. Medellín, CIB, 2 ed, 1999:935-2.
27. Malley WJ. Blood gas classification. In: *Clinical blood gases*. Philadelphia, W.B. Saunders, 1990:133-44.
28. Thilo EH, Park-Moore B, Berman ER, Carson BS. Oxygen saturation by pulse oximetry in healthy infants at an altitude of 1610 meters. What is normal? *Am J Dis Child* 1991; 145:1137-40.
29. Nicholas R, Yaron M, Reeves J. Oxygen saturation in children living at moderate altitude. *J Am Board Fam Pract* 1993; 6:452-6.
30. Reulan DS, Steinhoff MC, Gilman RH, Bara M, Olivares EG, Jabra A, et al. Prevalence and prediction of hypoxemia in children with respiratory infections in the Peruvian Andes. *J Pediatr* 1991; 119:900-6.
31. Beebe SA, Heery LB, Magarian S, Culberson J. Pulse oximetry at moderate altitude. Healthy children and children with upper respiratory infection. *Clin Pediatr* 1994; 33:329-32.
32. Madico G, Gilman RH, Jabra A, et al. The role of pulse oximetry. Its use as an indicator of severe respiratory disease in Peruvian children living at sea level. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995; 149: 1259-63.
33. Mok J, Hak H, McLaughlin FJ, Pinter M, Canny G, Levison H. Effects of age and state of wakefulness on transcutaneous oxygen values in preterm infants: a longitudinal study. *J Pediatr* 1988; 113:706-9.
34. Mok J, Mc Laughlin FJ, Pinter M, Hak H, Amaro-Galves R, Levison H. Transcutaneous monitoring of oxygenation: what is normal? *J Pediatr* 1986;108:365-71.
35. Poets C. When do infants need additional inspired oxygen?. A review of the current literature. *Pediatric Pulmonology* 1998;26: 424-8.
36. Lester L. Oxygen therapy. In: Hilman B (ed). *Pediatric respiratory disease*. Philadelphia, W.B. Saunders, 1993:872-4.