

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD**



INCIDENCIA DEL EFECTO TORMENTA EN LA OXIMETRÍA DE PULSO DURANTE LA APLICACIÓN DE FOTOTERAPIA A NEONATOS INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE LA MUJER DURANTE EL PERIODO DE JULIO A AGOSTO DE 2024.

Presentado por:

Amanda Julieta Soriano Melgar.
Adriana Maria Zelaya Torres.

Para optar al grado de:

Licenciado en Anestesiología e Inhaloterapia.

Asesor:

Lic. Alejandro Alberto Vásquez Jovel.

Ciudad Universitaria, "Dr. Fabio Castillo Figueroa", septiembre 2024.

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTOR ACADEMICO

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

MSC. ROGER ARIAS

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE MEDICINA

DECANO FACULTAD DE MEDICINA

DR. SAÚL DIAZ PEÑA

VICEDECANO FACULTAD DE MEDICINA

LIC. FRANKLIN ARNULFO MÉNDEZ DURÁN

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD

MSC. MÓNICA RAQUEL VENTURA DE RAMOS

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

MSP. LUIS ALBERTO GUILLEN GARCÍA

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODO PODEROSO

En primer lugar damos gracias a Dios por habernos llevado de la mano todo este tiempo y habernos permitido culminar nuestros estudios, porque aunque el camino no haya sido fácil nunca nos desamparó y siempre nos dio la sabiduría, fortaleza y discernimiento necesarios para seguir adelante, por darnos este logro de concluir este trabajo de investigación y poder culminar con éxito nuestra carrera.

A NUESTROS PADRES

Damos gracias por habernos dado la oportunidad de estudiar y habernos apoyado en cada paso y cada decisión, por ser nuestros guías en cada etapa y mostrarnos siempre el camino a seguir, por sus consejos y su amor incondicional, sin su presencia no habríamos logrado llegar a este punto de nuestras vidas.

A NUESTRAS FAMILIAS Y AMIGOS

Por siempre brindarnos palabras de aliento para seguir adelante con nuestros estudios y por siempre estar en los momentos de dificultad para animarnos a seguir adelante, por todos los consejos y siempre ayudarnos en lo que han podido llevándonos a nuestros turnos y dándonos de su tiempo para ayudarnos a estudiar, por desvelarse a nuestro lado cuando necesitábamos compañía y por nunca dejarnos solas en este proceso.

Al igual queremos agradecer a los licenciados y licenciadas de Terapia Respiratoria de la UCIN y UCI adultas del Hospital de la Mujer que nos guiaron y aconsejaron durante nuestro servicio social, que nos regalaron experiencias y fueron una buena guía en nuestra formación.

A NUESTRO ASESOR

Por la confianza y apoyo dedicado de nuestro asesor Alejandro Vásquez, por habernos regalado de su tiempo para asesorarnos, aconsejarnos y guiarnos a través de sus conocimientos y experiencias en este proceso de tesis.

A NOSOTRAS

Por la amistad y cariño sincero, por todo el apoyo mutuo y la paciencia brindada a lo largo de la carrera, por la voluntad y fortaleza de siempre seguir adelante, por la dedicación y esmero entregado en este trabajo de investigación, siendo fundamental para el éxito de este proyecto.

Amanda Julieta Soriano Melgar

Adriana Maria Zelaya Torres

RESUMEN

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo y transversal en el Hospital Nacional de la Mujer en los meses de julio a agosto de 2024, la investigación se basó en un tipo de muestreo aleatorio simple conformando una muestra de 30 pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales con indicación médica de fototerapia, la recolección se obtuvo mediante la observación directa de la oximetría de pulso y la pletismografía durante la aplicación de la fototerapia.

Con los objetivos siguientes:

1. Determinar la aparición del efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia.
2. Verificar la variabilidad en la pletismografía y saturación de oxígeno durante la aparición del efecto tormenta.
3. Cuantificar el porcentaje de casos en los que se presenta el efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia en pacientes ingresados en la unidad de cuidados intensivos con dispositivos de oxigenoterapia.

Obteniendo los siguientes resultados:

La edad en días más predominante con el 57% fue la edad de 0 a 5 días de nacido, seguido de un 40% de pacientes entre los 6 a 10 días de nacido y solo un 3% de los pacientes entre la edad de 11 a 15 días de nacido.

Los resultados de este estudio muestran que la fototerapia tuvo una mayor influencia en la curva pletismográfica ya que esta presentó cambios diversos en el 90% de los pacientes.

Durante el estudio se observó una mayor incidencia del efecto tormenta entre los minutos 6 al 10 durante la fototerapia.

A pesar de la incidencia que tiene el efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia este no genera cambios abruptos en los valores numéricos de la saturación de oxígeno.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	i
CAPÍTULO I.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	6
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.4 OBJETIVOS	9
CAPÍTULO II.....	10
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Oximetría.....	11
2.2 Pulsioximetría.....	14
2.3 Limitaciones.....	18
2.4 Interferencias	20
2.5 Aplicación de la pulsioximetría.....	22
2.6 Oximetría de pulso en neonatos	23
2.7 Fototerapia en neonatos	26
CAPÍTULO III.....	34
3. SISTEMA DE HIPOTESIS.....	35
3.1 Hipótesis de la investigación.....	35
3.2 Hipótesis nula.....	35
3.3 Variables	35
3.4 Operacionalización de las variables	36
CAPÍTULO IV	37
4. DISEÑO METODOLÓGICO	38
4.1 Tipo de estudio:	38
4.5 Criterios de inclusión y exclusión.....	39
4.6 Método.....	40
4.7 Procedimientos del proyecto de investigación	41
4.8 Plan de tabulación y análisis de datos.....	42
CAPÍTULO V.....	43
5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	44
CAPÍTULO VI	56
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS.....	61

INTRODUCCIÓN

La fototerapia es un tratamiento que se utiliza en neonatos con diagnóstico de hiperbilirrubinemia para reducir los niveles elevados de bilirrubina en sangre y prevenir las complicaciones asociadas. Este tipo de pacientes que se encuentran normalmente en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales requieren de una monitorización continua de los signos vitales siendo de interés para nuestro estudio la monitorización de la oximetría de pulso ya que durante la fototerapia estos valores se pueden ver afectados mostrando variaciones y fluctuaciones en los valores numéricos de saturación de oxígeno y la pletismografía; a estas variaciones se les denomina efecto tormenta. El efecto tormenta presenta un desafío en el monitoreo preciso de los parámetros vitales de saturación de oxígeno en los neonatos al ser inducido por la interferencia de la luz utilizada en la fototerapia.

En este estudio prospectivo se indagó la incidencia del efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia en neonatos; a través de la observación directa de pacientes que recibieron fototerapia en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.

La investigación estructuralmente se conforma de la siguiente manera:

Capítulo I, planteamiento del problema, Enunciado, Objetivos, general y específicos, además de la justificación de la investigación.

Capítulo II, Marco teórico que detalla cada uno de los aspectos importantes para realizar la investigación entre los que se destaca el funcionamiento del oxímetro y sus limitaciones, valores normales de saturación de oxígeno en neonatos y la fototerapia.

Capítulo III, Operacionalización de variables, se describen los indicadores y las dimensiones que se midieron durante la investigación.

Capítulo IV, Diseño metodológico, se determina el tipo de estudio de la investigación, la población seleccionada y muestra estudiada, además del método que se utilizó para la extracción de la muestra.

Capítulo V, Análisis e interpretación de resultados, se incluye el análisis de los resultados obtenidos, para lo cual se diseña una presentación gráfica de la información recolectada.

Capítulo VI, Conclusiones y recomendaciones, se detallan las conclusiones y recomendaciones que se alcanzaron en la presente investigación.

El propósito de esta investigación fue proporcionar evidencia sólida de la incidencia del efecto tormenta provocado por la fototerapia y a la vez proporcionar recomendaciones para evitar las fluctuaciones y variaciones en la monitorización de la oximetría de pulso y así contribuir a mejorar la calidad de atención en salud neonatal.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La oximetría de pulso es un método no invasivo que permite la estimación de la saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial y también vigila la frecuencia cardíaca y la amplitud del pulso. Es un método simple, continuo, no invasivo, para vigilar de manera periférica el porcentaje de hemoglobina (Hb) saturada con oxígeno (O₂), por el paso de longitudes de onda específicas a través de la sangre (SpO₂); se basa en la ley de Lambert-Beer-Bouguer, este principio dicta que todas las técnicas de oximetría se basan en análisis espectrofotométricos que miden las porciones de luz transmitida y absorbida por la hemoglobina, combinado con el principio de la pletismografía.

La validez y confiabilidad de las mediciones de los oxímetros de pulso convencionales, puede verse afectada por diversas circunstancias: La FDA emitió un comunicado de seguridad en 2021 informando a los pacientes y a los proveedores de atención médica que, aunque la oximetría de pulso es útil para estimar los niveles de oxígeno en la sangre, los oxímetros de pulso tienen limitaciones y un riesgo de inexactitud en ciertas circunstancias que deben tenerse en cuenta. Múltiples factores pueden afectar la precisión de una lectura del oxímetro de pulso, como mala circulación, pigmentación de la piel, grosor de la piel, temperatura de la piel, consumo actual de tabaco, uso de esmalte de uñas, Luz quirúrgica, entre otras.

En el Hospital nacional de la mujer, en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales se utiliza la oximetría de pulso de forma rutinaria para monitorizar la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca de cada paciente; en esta unidad también es utilizada la fototerapia, técnica de tratamiento que emplea radiaciones electromagnéticas de origen natural o artificial para el tratamiento de diferentes enfermedades de la piel.

La luz aplicada puede ser radiación visible, infrarrojos o ultravioleta. La luz intensa blanca (fototerapia, luces de quirófanos, etc.) o roja pueden interferir con la lectura de los oxímetros porque alteran la función de los fotodetectores. Como consecuencia obtener una alteración del valor de saturación de oxígeno y manifestarse como desaturación del paciente de forma errónea que llevan al personal de salud a realizar acciones innecesarias.

1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

De lo anteriormente expresado se plantea el siguiente enunciado:

¿Cuál es la incidencia del efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia en los neonatos ingresados en la unidad de cuidados intensivos neonatales del hospital nacional de la mujer?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La fototerapia es un tratamiento comúnmente utilizado para tratar la hiperbilirrubinemia neonatal, una condición demasiado frecuente en recién nacidos que puede llevar a la ictericia. Este tratamiento utiliza luz para descomponer la bilirrubina en la piel del neonato, facilitando así su eliminación.

La oximetría de pulso es una técnica no invasiva esencial para monitorizar la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca del neonato. La precisión en la monitorización de la saturación de oxígeno es crítica en neonatos, ya que estos pacientes son particularmente vulnerables a la hipoxemia y la hiperoxemia.

Aunque la fototerapia es generalmente segura y efectiva, durante su aplicación la precisión de la oximetría de pulso puede verse comprometida debido a la interferencia de la luz utilizada en el tratamiento. Este fenómeno es conocido como “efecto tormenta”, el cual puede llevar a lecturas inexactas de la saturación de oxígeno, lo que podría ocasionar implicaciones clínicas y un actuar indebido. También la interferencia de la luz de la fototerapia en la oximetría de pulso puede dificultar la detección temprana de alguna complicación, comprometiendo así la calidad del cuidado neonatal.

En esta investigación se buscó indagar la incidencia del efecto tormenta en la oximetría de pulso con el objetivo de mejorar la atención y la calidad en el cuidado de los neonatos ingresados en la UCIN; a su vez proporcionar datos cuantificados sobre la frecuencia con la que se presenta y el impacto del efecto tormenta durante la fototerapia. Al igual, se propone que este estudio contribuya a la investigación continua, a ampliar los conocimientos y a la mejora de la atención por parte del personal al evaluar la variabilidad en las lecturas de la oximetría de pulso antes, durante y después de la fototerapia.

La intención de la investigación es mejorar los resultados de salud a largo plazo de los neonatos, garantizar la seguridad de los pacientes, mejorar la precisión de la monitorización, formular recomendaciones para el uso clínico de la oximetría de pulso durante la fototerapia y así evitar el riesgo de complicaciones asociadas con las lecturas erróneas de la saturación de oxígeno.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Indagar la incidencia del efecto tormenta en la oximetría de pulso en pacientes sometidos a fototerapia ingresados en la unidad de cuidados intensivos neonatales del hospital nacional de la mujer.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la aparición del efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia.
- Verificar la variabilidad en la pletismografía y saturación de oxígeno durante la aparición del efecto tormenta.
- Cuantificar el porcentaje de casos en los que se presenta el efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia en pacientes ingresados en la unidad de cuidados intensivos con dispositivos de oxigenoterapia.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Oximetría

Es un método simple, continuo, no invasivo, para vigilar de manera periférica el porcentaje de hemoglobina (Hb) saturada con oxígeno (O₂), por el paso de longitudes de onda específicas a través de la sangre (SpO₂).

Todos los átomos y moléculas absorben longitudes de onda de luz específicas, y esta propiedad es el fundamento de la técnica conocida como espectrofotometría, en la que ondas de luz de longitudes de onda específicas son transmitidas a través de un medio para determinar la composición molecular de este. La absorción de longitudes de ondas específicas al pasar a través de un medio es proporcional a la concentración de la sustancia que absorbe las ondas de luz y a la distancia que se desplazan estas ondas (según se define en la ley de Lambert-Beer). La aplicación de este principio a la detección de la hemoglobina en sus diferentes variantes se conoce como oximetría.

2.1.1 Comienzos de la oximetría

El origen de la oximetría se remonta al año 1862, cuando el profesor alemán de química aplicada, Félix Hoppe Seyler, acuña el término de hemoglobina (Hb) y reconoce que la sangre oxigenada se puede diferenciar de la no oxigenada. En 1864, George Stokes reporta que la hemoglobina transporta oxígeno (O₂) en la sangre. Robert Bunsen y Gustav Kirchoff, en 1869, construyen el primer espectroscopio y demuestran que cada material tiene un espectro específico. Siete años después, en 1876, Karl Von Vierordt usa el espectroscopio para la medición del O₂, con la utilización de la transmisión de la luz. ¹

¹ Marino PL. El Libro de la Uci. 4a ed. Baltimore, MD, Estados Unidos de América: Wolters Kluwer Health; 2014.

En 1935, Karl Matthes, fabrica el primer aparato auricular para medir la saturación de O₂ con dos longitudes de onda, roja y verde, por transiluminación de los tejidos. Durante la Segunda Guerra Mundial, Glen Millikan (1942) desarrolla un método óptico destinado a la medición de la saturación de hemoglobina con O₂ en pilotos que volaban a grandes alturas, e introduce el término de “oxímetro”.

Las primeras oximetrías, que medían la transmisión de ondas de luz roja e infrarroja a través del lóbulo de la oreja, tenían dos inconvenientes: (a) la transmisión de la luz estaba influida por otros factores además de la hemoglobina (p. ej., pigmentos cutáneos y el grosor del lóbulo de la oreja), y (b) no era posible distinguir entre la hemoglobina en arterias y venas. Debido a todos estos problemas, la oximetría no logro demasiada aceptación como instrumento de monitorización, pero esta situación cambio en la década de 1970 con la llegada de la oximetría pulsátil.²

En 1949, Earl Wood, en la Clínica Mayo, modifica la pieza auricular de Millikan. Aumenta una cápsula de presión con dos ventajas: mayor exactitud y lectura absoluta de saturación de O₂. Estos adelantos y modificaciones dan inicio a la oximetría moderna, con Shaw en 1964, quien ensambla el primer oxímetro auricular, auto calibrable, utiliza ocho longitudes de onda, y el método de calentar el pabellón de la oreja para “arterializar” los capilares sanguíneos. A pesar de que se convirtió en un modelo clínico y demostró seguridad para la monitorización intraoperatoria, su tamaño, costo y la dificultad del sensor auricular impidieron su aceptación como monitor de rutina. Posteriormente, en Tokio, en 1975, el ingeniero Takuo Aoyagi diseña el primer oxímetro auricular comercial, por el análisis de la absorbancia de la luz pulsátil. Finalmente, en 1980, el anesestesiólogo William New desarrolla y distribuye el “oxímetro de pulso”. A partir de 1986, la Sociedad Americana de Anesestesiólogos (ASA) apoya el uso de la oximetría de pulso durante todas las anestesias como método para asegurar la oxigenación. (1)

² Patricia López G. Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación.

2.1.2 Absorción de luz por hemoglobina

La hemoglobina (al igual que todas las proteínas) cambia su configuración estructural cuando interviene en una reacción química, y cada una de las configuraciones tiene un patrón distinto de absorción de la luz. En la figura 1 se muestran los patrones de absorción de la luz para las diferentes configuraciones de la hemoglobina. En esta figura se representan cuatro configuraciones distintas de la hemoglobina: hemoglobina oxigenada (HbO₂), hemoglobina desoxigenada (Hb), metahemoglobina (metHb) y carboxihemoglobina (COHb). En la región roja del espectro luminoso (representado por una longitud de onda de 660 nm), la hemoglobina oxigenada (HbO₂) no absorbe la luz tan bien como la hemoglobina desoxigenada (Hb), razón por la que la sangre oxigenada tiene un color rojo más intenso que la sangre desoxigenada. Lo contrario sucede en la región infrarroja del espectro (representada por la longitud de onda de 940nm), donde la HbO₂ absorbe la luz de un modo más eficaz que la Hb. Basándose en estos patrones de absorción, pueden usarse dos longitudes de onda (660nm y 940 nm) para identificar la hemoglobina oxigenada y la desoxigenada. (1)

- **Longitudes de onda** El oxímetro de pulso cuantifica la saturación de O₂, al valorar la absorbancia de luz en dos longitudes de onda. En el espectro luminoso, la longitud de onda entre 400 y 700 nanómetros (nm) corresponde a la luz visible. Una longitud de onda menor a 400 nm a la luz ultravioleta, y una mayor de 700 nm a la luz infrarroja. El oxímetro de pulso emite luz con dos diferentes longitudes de onda. Las características del espectro de absorción de luz de la hemoglobina oxigenada (O₂Hb) y no oxigenada, desoxihemoglobina o reducida (RHb), presentan diferencias que son máximas en la región roja e infrarroja del espectro. A una longitud de onda de 660 nm, la luz roja visible se absorbe más por la RHb y, a 940 nm, la luz infrarroja se absorbe más por la O₂Hb. Estas dos luces de diferente longitud de onda, roja e infrarroja, se pasan

a través del árbol arterial y el porcentaje de O₂Hb y RHb es determinado por el fotodetector. (2)

2.1.4 Oxígeno y hemoglobina

El O₂ es un gas claro, sin olor, constituye el 21% de los gases del aire. Es esencial para producir la energía indispensable para el metabolismo. Mucho o poco O₂ puede ocasionar enfermedad o muerte, por lo que es necesario cuantificar la cantidad de O₂ en la sangre. La hemoglobina es la parte activa en el transporte de O₂ del eritrocito. Está constituida por cuatro átomos de hierro (hem) y cuatro cadenas de polipéptidos (globina). Cada átomo de hierro reacciona con una molécula de O₂. Un gramo de hemoglobina transporta 1.34 ml de O₂. La sangre del adulto habitualmente contiene cuatro especies de hemoglobina: Oxihemoglobina (O₂Hb), desoxihemoglobina (RHb), carboxihemoglobina (COHb) y metahemoglobina (MetHb). Las últimas dos se encuentran en mínimas concentraciones, excepto en condiciones patológicas. (2)

2.2 Pulsioximetría

Cuando un haz de luz pasa a través de una arteria pulsátil, los cambios físicos en el volumen de sangre arterial crean variaciones pulsátiles en la intensidad del haz luminoso transmitido. Por lo tanto, limitando el análisis de la transmisión luminosa a las ondas de luz pulsátiles (p.ej., hemoglobina en las venas). Este es el principio básico de la pulsioximetría, que utiliza un amplificador de corriente alterna (CA) para procesar la transmisión de luz no pulsátil a través de las venas, el tejido conjuntivo y la piel.

En la figura 2 se muestran las características básicas de la pulsioximetría. El panel superior muestra una sonda de pulsioximetría convencional colocada en un dedo. (Estas sondas suelen colocarse en los dedos índice o medio, si bien también pueden colocarse en cualquier dedo, incluido el dedo gordo del pie) Un lado de la

sonda contiene dos diodos emisores de luz que emiten luz monocromática a longitudes de onda de 660nm y 940nm. Estas ondas de luz pasan a través del dedo y son captadas por un fotodetector en el lado opuesto de la sonda. Las ondas de luz transmitidas pasan a continuación, a través de un amplificador de CA que amplifica las ondas de luz pulsátiles y bloquea las ondas no pulsátiles. La intensidad de la transmisión de luz a 660nm y 940nm es un reflejo de las concentraciones de hemoglobina desoxigenada (Hb) y de hemoglobina oxigenada (HbO₂) en la sangre arterial, respectivamente. El pulsioxímetro convierte la densidad de luz en densidad química (concentración) para la Hb y la HbO₂ resultante aplicando algoritmos de los fabricantes. La proporción de HbO₂ con respecto a la hemoglobina total (HbO₂ + Hb) se usa para definir la fracción de hemoglobina que está saturada con oxígeno. La saturación de pulsioximetría resultante (SpO₂) se expresa en forma de porcentaje:

$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb} \times 100$$

El panel inferior de la figura 2 muestra la señal pulsátil del pulsioxímetro, que es sorprendente similar a la onda de presión arterial. (1)

2.2.1 Pletismografía

Es el método que mide los cambios de volumen de la sangre, mediante un diodo que emite haces de luz infrarroja y un foto-sensor. La sangre total es más oscura que el color rojo, y cercana a la luz infrarroja que rodea los tejidos, el grado en el cual el haz de luz se atenúa, es proporcional a la cantidad de sangre presente.

Dentro de la caracterización de la onda, se deben tener en cuenta los siguientes dos comportamientos (Ver Figura 3 y 4): Pico sistólico y Pico diastólico, Vasoconstricción o disminución de diámetro venoso y vasodilatación o aumento del diámetro.

Por otro lado, en la siguiente Figura 4, el comportamiento de la onda de presión sanguínea mediante vasodilatación permite tener una amplitud mayor (menor presión sanguínea) comparado con el de la vasoconstricción (mayor presión sanguínea), determinantes en la valoración del dato de oximetría de pulso.³

2.2.1 SpO2 y contenido arterial de oxígeno

Como parámetro sustitutivo de la saturación de oxígeno de la hemoglobina en la sangre arterial (SaO2), la SpO2 es uno de los factores determinantes de la concentración de O2 en la sangre arterial (CaO2), como se describe en la ecuación siguiente.

$$CaO_2 = 1,34 \times [Hb] \times SaO_2(ml/dl)$$

(1,34 es la capacidad de captación de oxígeno de la hemoglobina en ml/g, y [Hb] es la concentración de hemoglobina en sangre en g/dl y SpO2=0,98, la CaO2 es 19,7 ml/dl (o 197 ml/l). Una disminución del 10% en la SpO2 (desde 0,98, a 0,88), que se considera un cambio clínicamente relevante, produce una disminución del 10% en la CaO2 (desde 19,7 ml/ dl a 17,7 ml/dl). Basándose en esta información, las siguientes afirmaciones sobre la SpO2 son válidas:

1. Como la SaO2 no es el único determinante del contenido de oxígeno arterial, la monitorización de la SpO2 solo proporciona información parcial sobre la oxigenación arterial.
2. Los cambios en la SpO2 que se consideran clínicamente relevantes se asocian únicamente a cambios leves en el contenido de oxígeno de la sangre arterial.

³ Olarte L. et.al. evaluación de amplitud y frecuencia mediante el acondicionamiento del pulso pletismográfico y posterior extracción oximétrica – fase 2. Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías

- **Fiabilidad:** Con niveles clínicamente aceptables de saturación de la oxihemoglobina arterial ($SaO_2 > 70\%$), la saturación de oxígeno registrada por los pulsioxímetros (SpO_2) difiere en menos del 3% de la SaO_2 real. Además de la presión, la SpO_2 muestra una escasa tendencia a las variaciones espontáneas, como se indica en la tabla 1. (1)

2.2.3 Técnica

La obtención de una lectura correcta con el oxímetro de pulso depende de una técnica apropiada. Es importante seleccionar el tipo y tamaño del sensor, así como su colocación adecuada. Los sensores se ponen en un dedo de la mano, dedo del pie, lóbulo de la oreja, dorso de la nariz, e incluso se experimenta con el oxímetro de pulso bucal y traqueal. Con el sensor que se fija en el dedo de la mano, es conveniente utilizar el brazo opuesto al de la toma de la tensión arterial (TA). El sensor se instala en contacto con la piel, sin que comprometa la circulación. La uña se sitúa cerca del emisor. El sensor consta de un emisor, que se reconoce por el origen de la luz roja, y de un fotodetector, que se identifica como una ventana de malla de alambre o como un pequeño cuadrado oscuro. El emisor lanza luz roja e infrarroja, la cual pasa a través del tejido al fotodetector. Mediante cables, se conecta al monitor, y el porcentaje de saturación de O_2 se muestra numéricamente.

2.2.4 Valores normales de SpO₂

El valor normal es mayor a 95% para adultos sin patología pulmonar y en neonatos de 90-95%.

2.2.5 Indicaciones

La oximetría de pulso se utiliza en una gran variedad de situaciones que requieren monitoreo del estado del O₂. Se emplea continua o intermitentemente. No sustituye a la determinación de los gases arteriales. Proporciona indicación temprana de la disminución de la saturación de oxihemoglobina antes de que se presenten signos clínicos de hipoxemia (Tabla 2)

2.3 Limitaciones

Debido a que la oximetría de pulso mide la saturación de O₂ por métodos espectrofotométricos, existen factores que limitan su uso. Ciertas condiciones pueden resultar en lecturas no reales, incorrectas o poco informativas.

- **Dishemoglobinemias:** Otras moléculas presentes en la sangre afectan la exactitud de los valores obtenidos. La presencia de hemoglobina disfuncional origina lecturas equivocadas. (2)

Los pulsioxímetros convencionales no detectan la carboxihemoglobina (COHb) ni la metahemoglobina (metHb) en sangre. Normalmente, estas variantes de la hemoglobina suponen menos del 5% de la hemoglobina total en sangre. La saturación de oxígeno arterial (SaO₂) disminuye cuando los valores de metHb y de COHb están anormalmente elevados, ya que la HbO₂ es una fracción menor de la reserva de hemoglobina total. Sin embargo, la SpO₂ de la pulsioximetría no está influida por las cifras de COHb ni de metHb. Por lo tanto, en los casos

de metahemoglobinemia o intoxicación por monóxido de carbono, la SpO₂ sobrevalora la SaO₂ real, y no es un marcador fiable de la desaturación de oxígeno arterial.

Los laboratorios de los hospitales disponen de oxímetros grandes que usan 8 longitudes de onda de luz para medir todas las variantes de hemoglobina de la sangre. Por lo tanto, cuando se sospecha la presencia de elevaciones anómalas de la metHb y la COHb, debe enviarse una muestra de sangre arterial al laboratorio del hospital para realizar un estudio completo de la oximetría. Los analizadores de gasometría más modernos están equipados también con 8 longitudes de onda de luz, y pueden medir las concentraciones de metHb y de COHb en sangre.

Actualmente se dispone de un pulsioxímetro que utiliza varias longitudes de onda de luz para detectar todas las formas de hemoglobina. Estos dispositivos los usan los bomberos y el personal de primeros auxilios para detectar rápidamente, y en el lugar de los hechos, una exposición a monóxido de carbono, pero no están diseñados para monitorizar la SpO₂ de forma sistemática en un entorno hospitalario. (1)

- **Hipotensión:** Aunque la pulsioximetría se basa en la presencia de flujo sanguíneo pulsátil, la SpO₂ es un reflejo preciso de la SaO₂ a presiones arteriales de tan solo 30 mmHg. Las pulsaciones amortiguadas también afectan a la exactitud de los registros de SpO₂ en las yemas de los dedos distales a una arteria radial canalizada. Cuando los registros de SpO₂ en la yema de los dedos no son fiables debido a la presencia de hipotensión o vasoconstricción periférica, la frente puede ser una localización alternativa para monitorizar la SpO₂.
- **Anemia:** Causa disminución del contenido de oxígeno arterial por reducción del número de moléculas de hemoglobina necesarias para el transporte de O₂. Con una hemoglobina menor de 5 g/dl, el oxímetro muestra una saturación alta. Sin embargo, hay hipoxemia debido a la disminución de los niveles de hemoglobina y, por lo tanto, disminución del contenido total de O₂. (2)

Si no existe hipoxemia, la pulsioximetría es precisa con valores de hemoglobina bajos de hasta 2-3 g/dl. Con valores de hemoglobina entre 2,5 g/dl y 9 g/dl, la SpO₂ está dentro del 1% de la SaO₂. (1)

- **Pigmentos:** La influencia del color de la piel y de las uñas sobre la exactitud de las determinaciones de SpO₂ se ha reducido notablemente gracias a la introducción de la pulsioximetría. Una piel oscura puede crear una discrepancia de hasta el 10% entre la SpO₂ y la SaO₂, pero esto sucede con saturaciones entre el 70% y el 80%, que están muy por debajo de las permitidas en los pacientes ingresados en la UCI. Los esmaltes de uñas oscuros producen una discrepancia muy pequeña 2% entre la SpO₂ y la SaO₂, aunque se duda de la relevancia clínica de este efecto.
- **Ictericia:** La hiperbilirrubinemia no tiene efecto directo sobre la oximetría de pulso.

2.4 Interferencias

Existe un número importante de interferencias a considerar cuando se usa el pulsioxímetro. Las causas más comunes incluyen:

- **Movimiento:** La causa más frecuente de lecturas inadecuadas de SpO₂ es el movimiento, en particular en neonatos. Afecta la habilidad de la luz para viajar de los diodos emisores de luz (DEL) hacia el fotodetector. El parkinsonismo, las crisis convulsivas, los temblores, originan problemas con la detección de la saturación, con mediciones falsamente altas. Lecturas menores de SpO₂ ocurren cuando los sensores (efecto penumbra) no están colocados adecuadamente (emisor y detector), de acuerdo a las características del paciente.

- **Hipoperfusión:** En estados de baja perfusión, tales como gasto cardiaco bajo, vasoconstricción, hipotermia, hipovolemia, hipotensión severa, particularmente en pacientes críticos o de cirugía cardiaca, la lectura del oxímetro se dificulta. La perfusión del lecho vascular entre el diodo emisor de luz (DEL) y el sensor de la sonda del monitor determina la magnitud de la señal disponible para el oxímetro de pulso. Al disminuir la perfusión, también lo hace la magnitud de la señal, como la pulsación arterial es necesaria para la medición, los estados de baja perfusión como el choque, gasto cardiaco bajo y la hipotermia puede alterar las lecturas. Cuando la perfusión desciende hasta niveles demasiado bajos, la magnitud de la señal se aproxima al nivel de ruido básico del sistema en la electrónica del SpO₂, lo que permite que el ruido supere a la señal fisiológica. Esta situación puede darse en los niños que recibieron un gran volumen de transfusiones y tienen elevada la presión venosa. La dopamina puede ocasionar lo mismo por vasoconstricción que se asocia a pulsación venosa inversa. Estas situaciones que producen alteraciones de la lectura de SpO₂, serían salvadas actualmente por los oxímetros de última generación.⁴
- **Luz quirúrgica:** Si la luz ambiental es muy intensa o su frecuencia es similar a la de los DEL, ocasiona interferencia con la medición de la saturación. La luz fluorescente y de xenón, causan lecturas bajas de SpO₂. Se evita, si se cubre el sensor con un material opaco. La luz intensa blanca o infrarroja interfieren con la lectura y dan falsas disminuciones de la SpO₂; esto se conoce como efecto tormenta. Se incrementa la intensidad de la luz, ilumina el fotodetector y las tasas de absorción, dando SpO₂ 85%. Los aparatos de nueva generación pueden detectar interferencia de luz; especialmente en los que manejan neonatos expuestos a fototerapia debemos estar conscientes de esta limitación potencial.⁵
- **Electrocauterio:** Causa interrupción de la señal.

⁴ Mejía Salas H, Mejía Suárez M. Oximetría de pulso. Rev Soc Boliv Pediatr

⁵ Ortega-García JPA. Monitoreo respiratorio. Oximetría del pulso

- **Esmalte de uñas:** El esmalte oscuro (azul, negro y verde) altera con más frecuencia las lecturas de la SpO₂. Se recomienda remover el esmalte. Si no es posible, colocar el sensor en otra área (lóbulo de la oreja, dedo del pie o lateralmente en el dedo de la mano).
- **Micosis ungueales:** Las micosis superficiales de las uñas de los dedos cambian la lectura del oxímetro de pulso. Se obtienen valores menores.
- **Posición del sensor:** Si la colocación del sensor en el dedo o en el lóbulo de la oreja es inadecuada, la cifra de SpO₂ es falsamente baja, debido a que el sensor queda de lado y mide por una parte la superficie del dedo y, por otro lado, la luz que se transmite del medio ambiente. Se denomina “efecto penumbra”.
- **Vasoconstricción e hipotermia:** La vasoconstricción secundaria a frío, choque, presión de pulso baja, habitualmente dificulta la detección de la SpO₂ en los dedos, por disminución de la perfusión tisular y falla en el registro de la señal.
- **Arritmias cardiacas:** La fibrilación auricular causa perfusión irregular e inadecuada y mediciones de saturación falsamente bajas.

2.5 Aplicación de la pulsioximetría

En teoría, la pulsioximetría está indicada en cualquier situación en la que preocupe el estado de la oxigenación arterial. En realidad, se considera un requisito para la seguridad del paciente en determinadas áreas del hospital p.ej., UCI y quirófanos), y es obligatoria en todos los pacientes tratados en estas zonas. Por lo tanto, el punto importante en lo que concierne a la utilización de la pulsioximetría en la UCI no es cuando usarla, sino como usarla. A este respecto, tiene gran importancia la información siguiente.

2.5.1 Menor SpO2 tolerable

Una práctica habitual en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria consiste en mantener la SpO2 por encima de un determinado valor ajustando la concentración de O2 en el aire inspirado. Sin embargo, existen diferentes opiniones sobre la menor SpO2 tolerable. En un estudio de 25 directores de UCI, la menor SpO2 aceptable oscilaba entre 85% y el 95%. Los estudios realizados en pacientes con dependencia de un respirador han confirmado que el umbral para la hipoxemia (PaO2=60mmHg) se sitúa en valores de SpO2 del 92% al 95%. Sin embargo, es importante insistir en que nunca se ha identificado la menor SpO2 necesaria para mantener el metabolismo aeróbico, por lo que la elección de esta cifra es fundamentalmente empírica. (1)

2.6 Oximetría de pulso en neonatos

La monitorización no invasiva de los valores de oxígeno proporciona datos sobre tendencias en tiempo real y es particularmente útil en niños que presentan oscilaciones frecuentes de la PaO2 y de la saturación de oxígeno.

Los dispositivos no invasivos también permiten reducir la frecuencia de la toma de muestras de sangre para gasometría en los pacientes más estables. La pulsioximetría es la principal herramienta para la monitorización no invasiva de los valores de oxígeno en neonatos. Los distintos pulsioxímetros disponibles suelen proporcionar una medición continua de la saturación de oxígeno de la hemoglobina (SpO2) con un nivel de precisión elevado ($\pm 3\%$) cuando se compara con valores de control determinados por cooximetría, al menos hasta valores del 70%.

2.6.1 Características generales.

Los oxímetros se basan en las distintas características de absorción de la hemoglobina oxigenada y de la hemoglobina reducida para las diferentes longitudes de onda de la luz. Se determinan las diferencias de transmisión de dos (generalmente el rojo y el infrarrojo [IR] cercano) o más longitudes de onda a través de los tejidos con el flujo sanguíneo pulsátil. En función de los valores medidos se calcula la proporción de hemoglobina oxigenada y reducida, y se muestra como porcentaje de saturación. Los pulsioxímetros modernos pueden discriminar de manera eficiente los artefactos de las mediciones válidas. Su sensibilidad para detectar hipoxemia depende del tiempo promedio de los oxímetros; tiempos más cortos para obtener un promedio detectan la hipoxemia con mayor sensibilidad que los tiempos promedio más prolongados.

2.6.2 Inconvenientes.

El pulsioxímetro no mide la PaO₂, por lo que no detectará una hiperoxemia. Debido a la forma de la curva de disociación de la oxihemoglobina, si la SpO₂ es mayor del 95%, la PaO₂ es impredecible. En estas circunstancias, la PaO₂ puede fácilmente ser mayor de 100 mm Hg.

El movimiento del paciente y la baja amplitud de la onda del pulso de los niños prematuros pueden producir artefactos, que comportan falsos episodios de desaturación, aunque las actualizaciones de los programas informáticos de estos dispositivos han reducido este problema. Otras posibles causas de artefactos incluyen la colocación inadecuada del sensor, la presencia de luz de alta intensidad (algunos dispositivos de fototerapia), valores de hemoglobina fetal superiores al 50% y la presencia de carboxihemoglobina o de metahemoglobina.

2.6.3 Valores de saturación.

El rango óptimo de saturación de oxígeno, en especial para los neonatos prematuros, se desconoce. La revisión sistemática y el metaanálisis de varios estudios controlados aleatorizados multicéntricos bien diseñados concluyeron que buscar saturaciones de oxígeno de 85-95% se acompaña de mayor riesgo de mortalidad y enterocolitis necrosante, pero menor riesgo de retinopatía de la prematuridad. Sin embargo, los metaanálisis más recientes sugieren que la incertidumbre es demasiado alta para establecer recomendaciones. En los estudios más antiguos, en los que el objeto de estudio era la saturación de oxígeno en los recién nacidos prematuros (oxígeno terapéutico complementario preumbral para retinopatía de la prematuridad [STOP-ROP], beneficios de la saturación de oxígeno como objetivo [BOOST]), se observó que la SpO₂ mayor del 95% en los neonatos prematuros que recibían complementos de oxígeno se asociaba con mayor necesidad de complementos de oxígeno durante más tiempo. Puede ser difícil determinar la saturación óptima para recién nacidos prematuros, ya que algunos son más vulnerables a la lesión oxidativa y otros a la hipoxia. Esta vulnerabilidad puede afectar a los órganos (p. ej., ojos, cerebro e intestino) de forma distinta, y la lesión varía con el tiempo conforme maduran los órganos.

Dado que no se conocen con certeza los valores de oxígeno óptimos, es esencial contar con directrices que guíen la labor en la UCIN. Una opción es la siguiente: para los lactantes que necesitan complementos de oxígeno, mantener la SpO₂ en el 88-92% para los menores de 29 semanas de gestación o 1.250 g de peso (la alarma se programa en el 85-93%) hasta las 36 semanas de edad posmenstrual, cuando el objetivo superior cambia a >93%; para los lactantes de 29 semanas de gestación o más, o cuando alcanzan las 29 semanas de edad posmenstrual, la SpO₂ se mantiene en el 88-95% (alarma en el 85-97%). Si estos objetivos se mantienen, la PaO₂ rara vez supera los 90 mm Hg. En otras UCIN se puede

determinar un intervalo de SpO₂ un poco más alto y un ajuste más amplio para los límites de las alarmas.⁶

2.7 Fototerapia en neonatos

Una de las principales causas de ingreso a los servicios de neonatología es la ictericia; alrededor del 50% de los recién nacidos a término y el 80% de los prematuros desarrollan hiperbilirrubinemia, que aparece generalmente entre los 2 y 4 días de vida.

La hiperbilirrubinemia se define como la cifra de bilirrubina total superior al percentil 95 en el nomograma horario específico de Bhutani (Figura 5). Las siguientes situaciones indican hiperbilirrubinemia grave y precisan valoración:

1. Inicio de la ictericia antes de las 24 horas de vida.
2. Aumento de la concentración sérica de bilirrubina total que necesite fototerapia.
3. Aumento de la concentración sérica total de bilirrubina o de bilirrubina transcutánea superior a 0,2 mg/dl/h.
4. Signos asociados de enfermedad, como vómitos, letargo, problemas de alimentación, pérdida de peso excesiva, apnea, taquipnea o labilidad térmica.
5. Ictericia persistente después de 14 días en el recién nacido a término. (5)

La bilirrubina no conjugada puede causar neurotoxicidad, con encefalopatía aguda o crónica, que se manifiesta clínicamente como retraso del desarrollo, sordera y convulsiones, siendo la fototerapia el tratamiento de elección para reducir la gravedad de la hiperbilirrubinemia neonatal. La ictericia afecta a más del 60% de los niños durante la primera semana de vida, por lo que se trata de uno de los hallazgos más frecuentes en la exploración del recién nacido (RN). Esta pigmentación

⁶ Eichenwald EC. Cloherty y Stark. Manual de Neonatología. 8a ed. Baltimore, MD, Estados Unidos de América: Wolters Kluwer Health; 2017.

amarillenta de la piel es expresión clínica de la elevación de la bilirrubina en sangre, que en la mayoría de los niños es un fenómeno fisiológico. Sin embargo, la bilirrubina es potencialmente tóxica para el sistema nervioso central, por lo que es esencial una adecuada evaluación de todos los neonatos ictericos. La ictericia aparece cuando la bilirrubina total alcanza, aproximadamente, 5 mg/dl. Alrededor del 5% de los RN con ictericia tienen niveles de bilirrubina lo suficientemente elevados como para precisar tratamiento con fototerapia. Niveles más altos de bilirrubina pueden producir daño cerebral con resultados devastadores y permanentes (kernícterus), secuelas que se pueden evitar con una adecuada monitorización de todos los RN ictericos.⁷

2.7.1 Tratamiento de la hiperbilirrubinemia

El tratamiento de la hiperbilirrubinemia se dirige a prevenir la hiperbilirrubinemia grave, definida por cifras de bilirrubina total superiores a 25g/dl en recién nacidos a término y prematuros tardíos, y quizá más bajas en neonatos prematuros. El inicio del tratamiento dependerá de horario específico que muestren las variaciones en las cifras, modificado por la presencia de cualquier factor de riesgo que eleve el riesgo de lesión cerebral, ya que interfieren con la unión de la bilirrubina con la albúmina, aumentan la permeabilidad de la barrera hematoencefálica, o vuelven a las células cerebrales más susceptibles a la lesión por la bilirrubina.

Estos factores de riesgo de neurotoxicidad incluyen la enfermedad hemolítica autoinmunitaria, la deficiencia de G6PD, la asfixia, el letargo, la inestabilidad de la temperatura, la sepsis, la acidosis y las cifras de albúmina inferiores a 3 g/dl (si se valora). Una menor edad gestacional aumenta el riesgo de toxicidad.

La intervención en recién nacidos prematuros se basa en la edad gestacional y la posmenstrual (Tabla 3). La fototerapia es la intervención inicial para tratar y prevenir la hiperbilirrubinemia grave en recién nacidos asintomáticos, y debe suministrarse

⁷ M. Cruz. Nuevo tratado de pediatría. Barcelona, España. Océano; 2006.

a aquellos con signos de encefalopatía aguda por bilirrubina mientras se realizan los preparativos para la exanguinotransfusión. Por lo general, las concentraciones de bilirrubina total empiezan a descender unas horas después de iniciar el tratamiento. El ritmo del descenso aumenta con el incremento de la radiación, con la exposición de una superficie mayor y con un valor inicial de bilirrubina total más alto. (5)

El uso de fototerapia para el tratamiento de la hiperbilirrubinemia en pacientes neonatos es el tratamiento utilizado durante más de 30 años. La fototerapia reduce los niveles de bilirrubina transformándola en isómeros hidrosolubles que pueden ser eliminados más fácilmente sin pasar por el hígado.

Existen diferentes métodos para proporcionar fototerapia para el tratamiento de la ictericia. Los tubos fluorescentes y las lámparas halógenas se han utilizado como fuentes de luz para la fototerapia durante muchos años. Un diodo emisor de luz (LED) es un tipo de fuente de luz más nueva, eficiente en el consumo de energía, tiene una vida más larga, con baja producción de calor y son tan efectivos como otras fuentes de luz para disminuir la hiperbilirrubinemia.

- **Mecanismos de disminución de la bilirrubina mediante fototerapia**

1. El mecanismo principal es la isomerización estructural por la luz, que convierte de forma irreversible la bilirrubina en lumirrubina, una sustancia más soluble que puede excretarse en la bilis y en la orina sin conjugarse.
2. La fotoisomerización convierte rápidamente cerca del 15% del isómero de bilirrubina 4Z, 15Z en la forma 4Z, 15E, menos tóxica, Aunque el isómero menos tóxico puede excretarse en la bilis sin conjugarse, el proceso es reversible y la eliminación, lenta. Las pruebas de laboratorio estándar no distinguen entre los isómeros, por lo que es posible que los valores de bilirrubina total no cambien, aunque será menos tóxica.

3. La fotooxidación es un proceso lento que convierte la bilirrubina en pequeños productos polares que se excretan en la orina, y es el mecanismo menos importante de eliminación de la bilirrubina. (5)

Desde que Cremer y cols. (1958) propusieron por primera vez el uso de la fototerapia como un tratamiento para la hiperbilirrubinemia, se ha aprendido mucho sobre el mecanismo de acción y las técnicas de administración de esta forma de terapia. La fototerapia ha llegado a ser el tratamiento más comúnmente utilizado para la hiperbilirrubinemia neonatal.⁸

Con todo, no existe ningún método estandarizado para administrar la fototerapia. Las unidades de la fototerapia varían ampliamente, los tipos de lámpara difieren, la superficie de piel expuesta a la fototerapia suele depender de otros aspectos clínicos, y la intensidad de la luz varía según la potencia de la lámpara y la distancia desde la piel. Las dosis de fototerapia suelen basarse en lo que es factible administrar, antes que en lo que es más efectivo.

La absorción de luz por la bilirrubina es máxima en la región azul del espectro (alrededor de 460 nm), una región en la que la penetración de la luz en el tejido aumenta significativamente al aumentar la frecuencia de onda. Por eso se consigue una eficacia máxima al utilizar luz con longitudes de onda entre 460-490 nm. La eficacia de la fototerapia también depende de la irradiación de la fuente de luz (la potencia de la energía emitida), que se puede medir con un radiómetro o espectro radiómetro en $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$. La distancia entre la fuente de luz y el paciente, la superficie de piel expuesta, la etiología y gravedad de la hiperbilirrubinemia, determinan también la respuesta al tratamiento. (6)

De acuerdo a cada tipo de fuente de luz se ha determinado que la irradiancia emitida no es uniforme en toda la huella. La irradiancia es más alta en el centro de la huella y disminuye hacia la periferia. Se estima que sólo un tercio del área expuesta está irradiada por una fuente extendida sobre el recién nacido. Se asume que toda la luz

⁸Taeusch HW. Tratado de neonatología de Avery. 7a ed. Elsevier España; 2000.

que llega al bebé desde la fuente está en un solo plano, lo cual es válido para la mayoría de las lámparas de fototerapia que se usan en la actualidad (Figura 6).⁹

No existe un sistema único estandarizado de fototerapia. Los sistemas utilizados habitualmente son de luz blanca (luz natural) o tubos azules fluorescentes, que concentran toda la luz en el espectro azul-verde. La Academia Americana de Pediatría recomienda actualmente el uso de lámparas fluorescentes azules o diodos emisores de luz (LED, Light-Emitting Diode). Los sistemas de fibra óptica son útiles en combinación con las lámparas halogenadas o las fluorescentes azules.

Las recomendaciones para optimizar la fototerapia incluyen el uso de un espectro más eficaz, utilizando la irradiación máxima disponible y exponiendo a la terapia tanta piel como sea posible. La exposición intermitente de la piel utilizando una fuente de luz continua y haciendo girar al bebé para exponer diferentes áreas de la piel no ha demostrado mejorar el efecto de la fototerapia. No existe una razón convincente para emplear la fototerapia intermitente, pero en los lactantes menos intensamente afectados puede permitirse una interrupción en la fototerapia para la alimentación, o para breves visitas de los padres. Por ese motivo se han recomendado los sistemas provistos de una fuente de luz con fibra óptica en el colchón debajo del bebé, y la iluminación normal encima. La administración de fototerapia de alta intensidad, utilizando un lecho de agua transparente, ha demostrado ser significativamente más eficaz para reducir la bilirrubina que la fototerapia convencional (Garg y cols., 1995).

A pesar de su aparente inocuidad y de su aplicación entusiasta, las reacciones fotoquímicas responsables del descenso de los niveles de bilirrubina sérica se comprenden todavía de forma incompleta. Se sabe que la bilirrubina experimenta foto degradación in vivo e in vitro, se forman foto productos que están más polarizados y son por ello más hidrosolubles y posiblemente más excretables que la bilirrubina natural. Las reacciones iniciales y más rápidas tienen lugar como consecuencia de que la fototerapia produce isómeros de configuración que cambian la forma de la molécula sin alterar la estructura. Estos isómeros son los más

⁹Vélez Pinos P, Villarreal Altamirano J. Fototerapia neonatal: Vigilando la dosis óptima.

abundantes de los fotoisómeros en el suero, y pueden explicar hasta un 20% de la bilirrubina sérica total en bebés sometidos a fototerapia. El más destacado de estos isómeros configuracionales es la bilirrubina 4z, 15z (la forma natural es bilirrubina 4z, 15z). La segunda reacción fotoquímica más rápida lleva a la formación de isómeros estructurales, el más prominente de los cuales es conocido como «lumirrubina». La formación de este compuesto parece ser irreversible. Aunque ciertas reacciones fototerápicas alcanzan su máximo a niveles de irradiación relativamente bajos (6-9 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$). la producción de lumirrubina es directamente proporcional a la emisión de energía sobre la piel (Garg y cols., 1995). La fototerapia de alta intensidad produce cantidades mayores de lumirrubina entre los fotoisómeros. (7)

En resumen, parece ser que el descenso de la bilirrubina sérica resultante de la fototerapia es, sobre todo, un efecto de la excreción de foto productos en la bilis su eliminación subsiguiente en las deposiciones. Los isómeros de configuración tienen un máximo de producción a los niveles convencionales de irradiación, pero los isómeros estructurales son producidos con mayor eficiencia por la fototerapia de alta intensidad y pueden dar cuenta del aumento de eficacia de esta modalidad. Dado que estos foto productos no son conjugados para la excreción, sino solamente convertidos en más polares, su reabsorción por medio de la circulación enterohepática puede reducir la efectividad de la fototerapia.

2.7.3 Indicaciones:

El riesgo de encefalopatía por bilirrubina y, por consiguiente, la necesidad de tratamiento con fototerapia depende, no sólo de la cifra de bilirrubina total, sino de la edad gestacional del niño, su edad en horas desde el nacimiento y la presencia o no de factores de riesgo, como enfermedad hemolítica por isoimmunización, déficit de glucosa-6-fosfato deshidrogenada, asfixia perinatal, letargia, inestabilidad térmica, sepsis, acidosis o hipoalbuminemia menor de 3,0 g/dl. La decisión de iniciar el tratamiento suele hacerse en relación a nomogramas obtenidos por consenso de

expertos basados en los conocimientos actuales. El número de RN que será necesario tratar para prevenir que en un niño los niveles de bilirrubina lleguen a 20 mg/dl (NNT) se encuentra en alrededor de 8-9.

2.7.4 Efectos secundarios:

La fototerapia se ha utilizado en millones de niños durante más de 30 años y los casos de toxicidad significativa comunicados son muy pocos. En presencia de colestasis puede producir el síndrome del niño bronceado, en el que la piel, el suero y la orina adquieren una tonalidad marrón-grisácea por un mecanismo no totalmente conocido; la clínica desaparece tras la retirada del tratamiento. El síndrome generalmente tiene pocas consecuencias relevantes por lo que, si está indicado realizar tratamiento con fototerapia, la presencia de hiperbilirrubinemia directa no debe considerarse una contraindicación. De forma excepcional pueden aparecer lesiones cutáneas purpúricas y bullosas en niños con ictericia colestásica grave, por sensibilización a las porfirinas circulantes.

Los antecedentes familiares de porfiria o el diagnóstico de porfiria congénita son contraindicación absoluta al uso de fototerapia debido al riesgo de lesiones cutáneas graves. Un estudio ha señalado el riesgo de incrementar el número de nevus melanocíticos atípicos en la edad escolar, lo que no ha sido confirmado por otros investigadores. El riesgo teórico más grave podría relacionarse con un posible aumento del estrés oxidativo y la formación de radicales libres. Son frecuentes otros efectos secundarios de poca gravedad.

Hay un aumento de pérdidas insensibles a través de la piel y de las heces, requiere separar a la madre del niño si no se dispone de lámparas en la sala de obstetricia, dificulta la lactancia materna y la oclusión ocular resulta molesta para el niño y sus familiares. Una diarrea acuosa, verdosa, aparece en el 10% de los casos,

posiblemente por acción local de un foto producto de la bilirrubina. También pueden aparecer exantemas cutáneos, sobrecalentamiento o enfriamiento.

2.7.5 Técnica:

Se coloca al RN desnudo, a excepción de la zona gonadal, y con los ojos vendados, teniendo especial cuidado en cambiarlo de postura, controlar la temperatura, vigilar la presencia de una conjuntivitis y no interpretar un blanqueamiento del niño como un descenso de bilirrubina. El foco de luz, cuanto más cerca esté de la piel del niño, más efecto tendrá, pero se recomienda para cada equipo seguir las indicaciones del fabricante. La fototerapia intensiva utiliza cifras de radiación en la banda de 430 a 490 nm (usualmente, 30 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ o mayor) y aplicada a la máxima superficie corporal posible. El tratamiento se suspende cuando los niveles de bilirrubina han descendido hasta cifras consideradas normales, en función de la edad, según el estado neonatal; es posible un fenómeno de rebote durante las primeras 24 horas. Actualmente se prefiere la fototerapia continua. Si bien cuando los valores de bilirrubina no son extremos, puede apagarse a ratos para tomar al niño en brazos o para alimentarlo. (6)

CAPÍTULO III

3. SISTEMA DE HIPOTESIS

3.1 Hipótesis de la investigación

Se presenta el efecto tormenta en la oximetría de pulso mostrando cambios en la pletismografía y descenso en la saturación de oxígeno durante la fototerapia.

3.2 Hipótesis nula

No se presenta el efecto tormenta en la oximetría de pulso mostrando cambios en la pletismografía y descenso en la saturación de oxígeno durante la fototerapia.

3.3 Variables

3.3.1 Variable dependiente

Efecto tormenta

3.3.2 Variable independiente

Fototerapia.

3.4 Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Fototerapia.	La fototerapia es una técnica de tratamiento que emplea radiaciones electromagnéticas de origen natural o artificial para el tratamiento de enfermedades de la piel; la luz aplicada puede ser radiación visible, infrarrojos o ultravioleta.	La fototerapia en neonatos se utiliza como medida terapéutica en el tratamiento de la hiperbilirrubinemia neonatal; transforma la bilirrubina que está presente en los capilares y en el espacio intersticial por la bilis y la orina.	-Neonatos con hiperbilirrubinemia. -Rango de edad. -Tiempo de fototerapia.	- Fototerapia. -De 0 a 15 días de nacimiento. - 10 minutos.
Variable dependiente Efecto tormenta	El efecto tormenta se caracteriza por fluctuaciones abruptas y significativas en los valores numéricos de saturación de oxígeno y la pletismografía, observada en pacientes expuestos a luz artificial.	El efecto tormenta es uno de los factores que limitan el uso del oxímetro ya que pueden resultar en lecturas no reales, incorrectas o poco informativas ya que el oxímetro es el encargado de detectar el descenso de los niveles de saturación de oxígeno antes de que aparezcan signos físicos.	-Oximetría de pulso.	- Pletismografía. -Saturación de oxígeno de 85% a 100%.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio:

El estudio se realizó en base a una investigación de tipo cuantitativa, prospectiva, transversal y descriptiva.

4.1.1 Prospectivo

El estudio fue de tipo prospectivo ya que la información se registró a medida que ocurrieron los hechos, es decir se recopilaban los datos durante la aplicación de la fototerapia en los neonatos mediante una hoja de observación.

4.1.2 Transversal

De tipo transversal ya que el estudio se llevó a cabo en un tiempo determinado en el lugar específico donde se ha definido el problema.

4.1.3 Descriptivo

Descriptivo porque se basó en la observación directa de la monitorización de oximetría de pulso y pletismografía en pacientes que recibieron tratamiento de fototerapia y los cambios que se presentaron durante dicho procedimiento.

4.2 Universo

Pacientes que fueron ingresados en la unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.

4.3 Población

Pacientes que fueron ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales y recibieron fototerapia.

4.4 Muestra

La muestra se conformó por un número de 30 pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales con indicación médica de fototerapia, oxigenoterapia y monitorización.

4.4.1 Tipo de muestreo

En la investigación se utilizó un muestreo de tipo aleatorio simple, pues la elección de la muestra se determinó de acuerdo a los factores que se presentaron en el medio de tal forma que todos tuvieron la misma posibilidad de ser seleccionados y así se logró obtener información y datos que ayudaron a la realización del estudio.

4.5 Criterios de inclusión y exclusión

4.5.1 Criterios de inclusión

- Pacientes con diagnóstico de hiperbilirrubinemia.
- Pacientes con indicación médica de fototerapia.
- Pacientes con dispositivo de oxigenoterapia.
- Pacientes con monitoreo de oxigenoterapia.

4.5.2 Criterios de exclusión

- Pacientes con diagnóstico de hiperbilirrubinemia sin dispositivos de oxigenoterapia.
- Pacientes sin monitorización de saturación de oxígeno.
- Pacientes hipotérmicos.
- Pacientes hipotensos.

4.6 Método

La estrategia que se utilizó para el análisis de la problemática fue el método descriptivo ya que ayudo a describir, analizar e interpretar la información tal y como se presentaron los hechos.

4.6.1 Técnica de obtención de información

La técnica aplicada para evaluar la incidencia del efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia fue mediante la observación directa de los cambios en la pletismografía y descensos en la oximetría de pulso en pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.

4.6.2 Instrumento

Se elaboró una guía de observación creado por los investigadores para generar los conocimientos necesarios para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, fueron tomados en cuenta los pacientes con diagnóstico de hiperbilirrubinemia ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales con dispositivos de oxigenoterapia.

4.7 Procedimientos del proyecto de investigación

4.7.1 Primera etapa: Planificación

Comprende el primer acercamiento a la investigación donde se selecciona el tema de investigación, la recolección de datos para elaborar el perfil de investigación y posteriormente la elaboración del protocolo y sus elementos: justificación, planteamiento del problema, objetivos de la investigación, marco teórico, sistema de hipótesis, diseño metodológico, bibliografía y el respectivo cronograma de actividades.

4.7.2 Segunda etapa: Ejecución

- Se revisó el expediente clínico y se observó si existía alguna indicación de fototerapia o criterio de exclusión que pudiera interferir con el estudio.
- Se observaron las constantes en la oximetría de pulso de los pacientes antes de recibir la fototerapia.
- Se procedió a la aplicación de la fototerapia comprobando el correcto funcionamiento del pulsioxímetro y las variaciones que se pudieran presentar en la lectura de la oximetría y pletismografía.
- Se observó la oximetría y pletismografía durante los primeros 10 minutos de la fototerapia y se anotaron los cambios en la guía de observación para el análisis de los resultados.

4.7.3 Tercera etapa: Recolección y procesamiento de datos

- Se recopiló toda la información obtenida mediante la guía de observación aplicada a la población en estudio.
- Con los datos obtenidos se procedió a ordenarlos en tablas descriptivas con valores o puntuaciones para cada variable y su resultado.
- Se tabularon los resultados procesados en tablas donde se detallaron los datos obtenidos.

- Se realizaron graficas con su respectiva descripción y análisis.

4.8 Plan de tabulación y análisis de datos

Obtenidos los datos se vaciaron en tablas descriptivas, con valores o puntuaciones para cada variable obtenida; se interpretaron los datos y se representaron por medio de cuadros y graficas.

Para la obtención de la FR % se ocupó la siguiente fórmula:

$$\text{Fr. \%} = n/N \times 100.$$

Donde:

Fr % = Frecuencia Relativa.

n = Número de casos observados

N = Total de muestra.

4.8.1 Consideraciones éticas

Para la realización del estudio se tomó en cuenta la norma ética teniendo como finalidad el bienestar físico del paciente y su integridad como ser humano. No se perjudicó la intimidad de los participantes guardando la identidad y no haciendo públicos aquellos datos personales que conciernen a cada uno de ellos. Todo dato recolectado fue utilizado con fines académicos.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este estudio se incluyeron 30 pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales con indicación médica de fototerapia, oxigenoterapia y monitorización.

Se utilizó una guía de observación en la que se establecen los parámetros clínicos de saturación de oxígeno y curva pletismográfica; estos parámetros fueron medidos por intervalos de tiempo desde 5 minutos antes que fuera aplicada la fototerapia hasta 10 minutos en el transcurso de la fototerapia. Al igual que se tomó en cuenta el rango de edad en días y el rango de edad gestacional de cada paciente.

5.1 DATOS GENERALES

5.1.1 CUADRO N°1: Edad en días

Rangos de edades	Fa	Fr
0-5 días	17	57%
6-10 días	12	40%
11-15 días	1	3%
>15 días	0	0%
Total	30	100%

GRÁFICO N°1



Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se presentan los rangos de edades en días de los pacientes observados en el estudio; teniendo como resultado un 57% de pacientes entre la edad de 0 a 5 días de nacido, un 40% de pacientes entre los 6 a 10 días de nacido y solo un 3% de los pacientes entre la edad de 11 a 15 días de nacido.

5.1.2 CUADRO N°2: Edad gestacional

Rangos de edad gestacional	Fa	Fr
≤28-29 Sem	8	27%
30-31 Sem	5	17%
32-33 Sem	6	20%
≥34 Sem	11	36%
Total	30	100%

GRÁFICO N°2

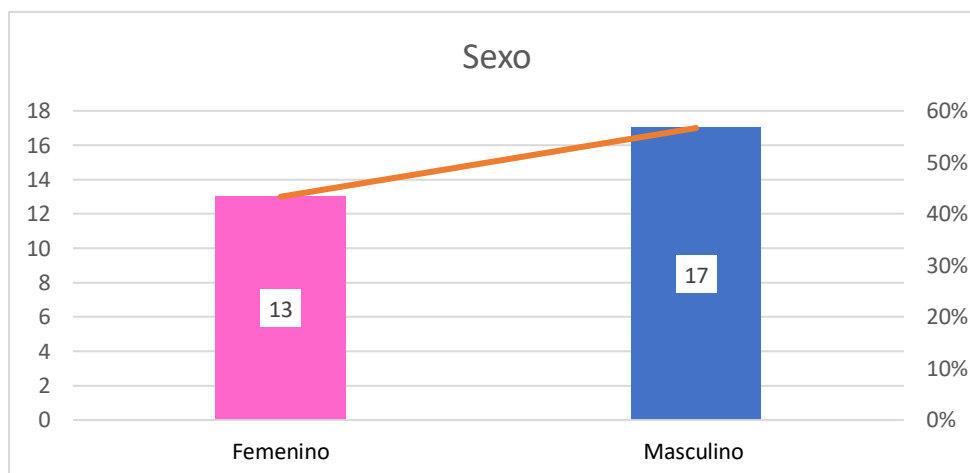


Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se presenta que un 36% de los pacientes observados nació entre la edad gestacional mayor o igual a las 34 semanas de gestación, un 27% nació entre las 28 a 29 semanas de gestación, un 20% nació entre las 32 a las 33 semanas de gestación y un 17% nació entre las 30 a las 31 semanas de gestación.

5.1.3 CUADRO N°3: Sexo

Sexo	Fa	Fr
Femenino	13	43%
Masculino	17	57%
Total	30	100%

GRÁFICO N°3



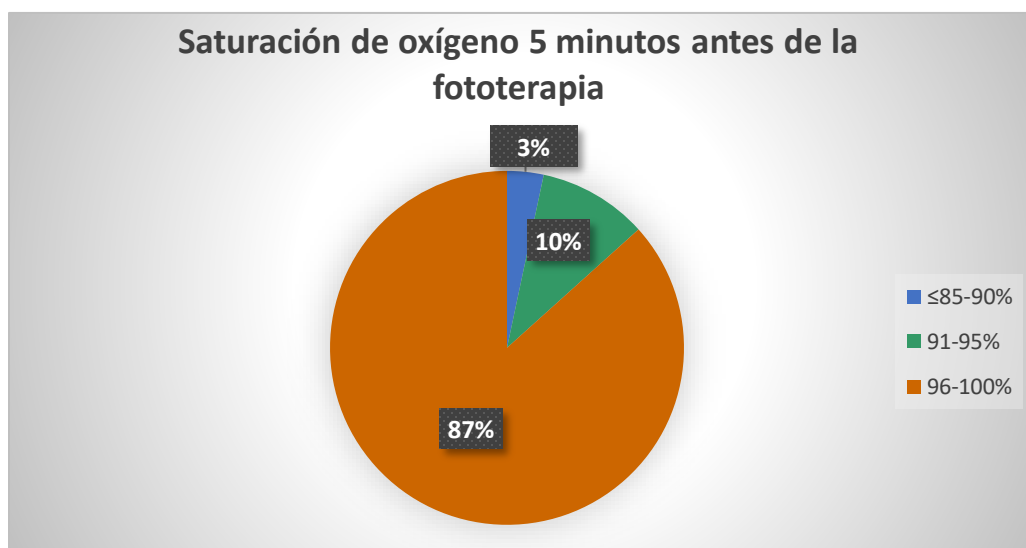
Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se presenta que un 57% de los pacientes del estudio son de sexo masculino y que un 43% de los pacientes son de sexo femenino.

5.2 PARÁMETROS ANTES DE LA FOTOTERAPIA

5.2.1 CUADRO N°4: Saturación de oxígeno 5 minutos antes de la fototerapia

Rangos de SpO2	Fa	Fr
≤85-90%	1	3%
91-95%	3	10%
96-100%	26	87%
Total	30	100%

GRÁFICO N°4

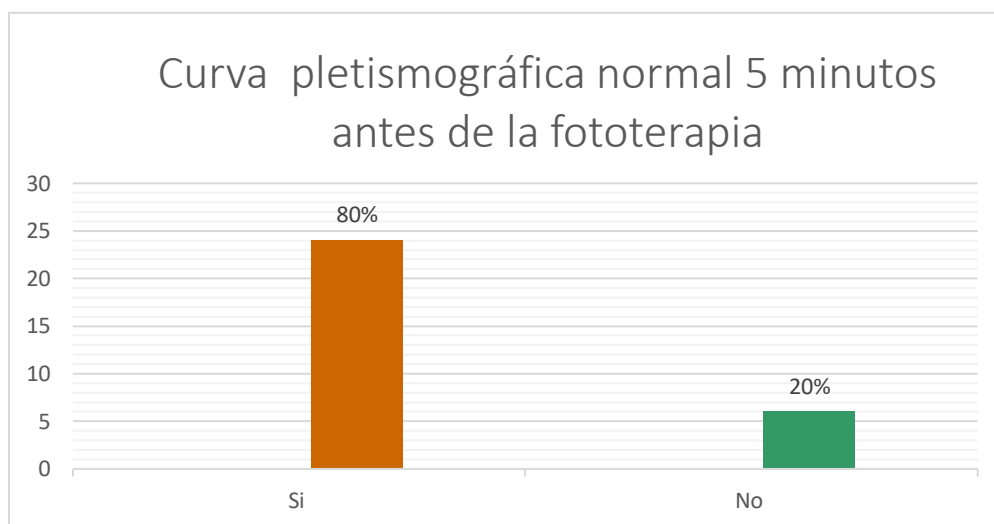


Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se presentan los rangos en los que se mantuvo la saturación de oxígeno de los pacientes 5 minutos antes de la fototerapia en la que se observó que un 87% de los pacientes mantuvo una saturación de oxígeno entre 96% a 100%, un 10% mantuvo una saturación de oxígeno entre 91% a 95% y solo un 3% tuvo una saturación de oxígeno entre menor o igual a 85% a 90%.

5.2.2 CUADRO N°5: Curva pletismográfica normal 5 minutos antes de la fototerapia

Curva pletismográfica normal	Fa	Fr
Si	24	80%
No	6	20%
Total	30	100%

GRÁFICO N°5

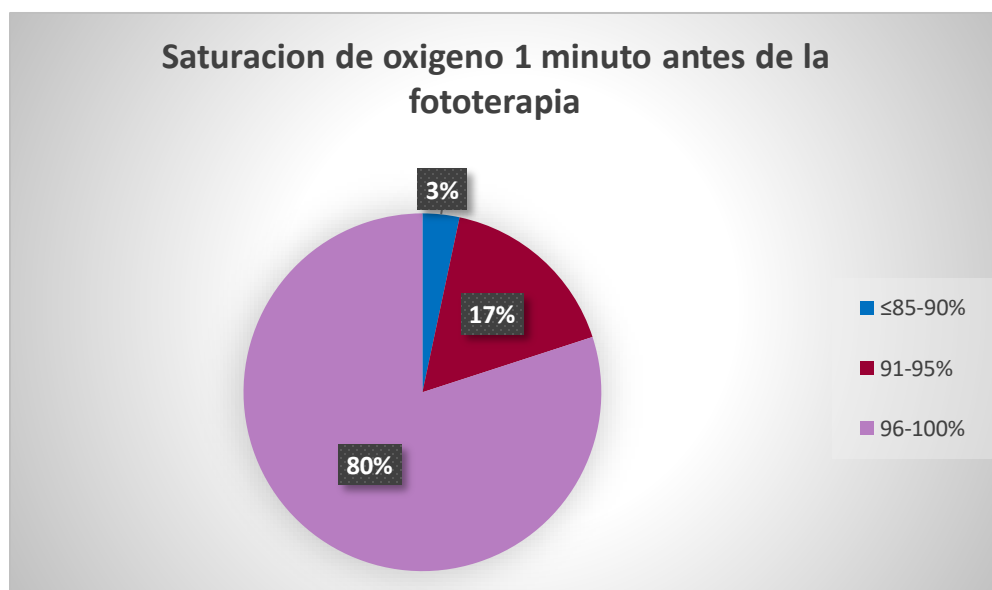


Análisis e interpretación: En la tabla y gráfica se muestra que un 80% de los pacientes presentaron curva pletismográfica normal 5 minutos antes de la fototerapia y que un 20% de los pacientes no presentaron curva pletismográfica normal 5 minutos antes de la fototerapia.

5.2.3 CUADRO N°6: Saturación de oxígeno 1 minuto antes de la fototerapia

Rangos de SpO2	Fa	Fr
≤85-90%	1	3%
91-95%	5	17%
96-100%	24	80%
Total	30	100%

GRÁFICO N°6

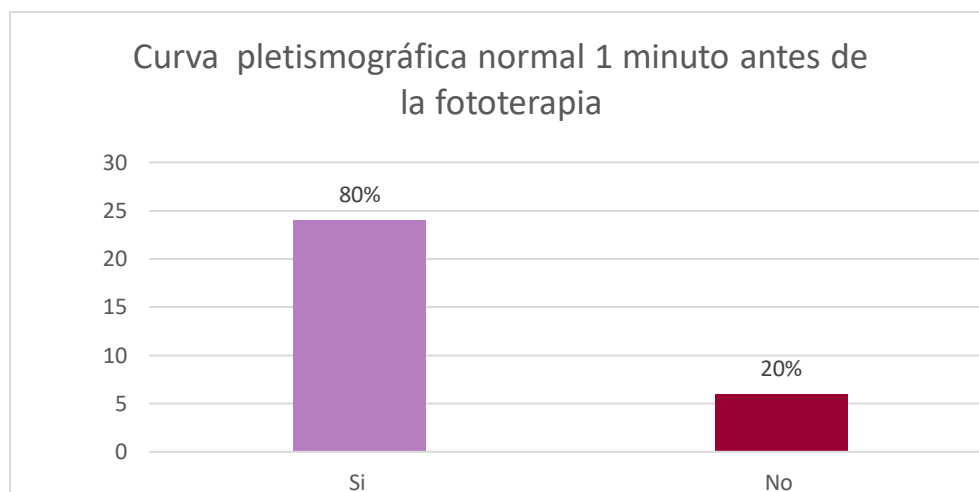


Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se presenta que 1 minuto antes de la fototerapia un 80% de los pacientes mantuvo una saturación de oxígeno entre 96% a 100%, un 17% mantuvo una saturación de oxígeno entre 91% a 95% y solo un 3% tuvo una saturación de oxígeno entre menor o igual a 85% a 90%.

5.2.4 CUADRO N°7: Curva pletismográfica normal 1 minuto antes de la fototerapia

Curva pletismográfica normal	Fa	Fr
Si	24	80%
No	6	20%
Total	30	100%

GRÁFICO N°7



Análisis e interpretación: En la tabla y gráfica se muestra que un 80% de los pacientes presentaron curvas normales de pletismografía 1 minuto antes de la fototerapia y que un 20% de los pacientes no presentaron curvas normales de pletismografía 1 minuto antes de la fototerapia.

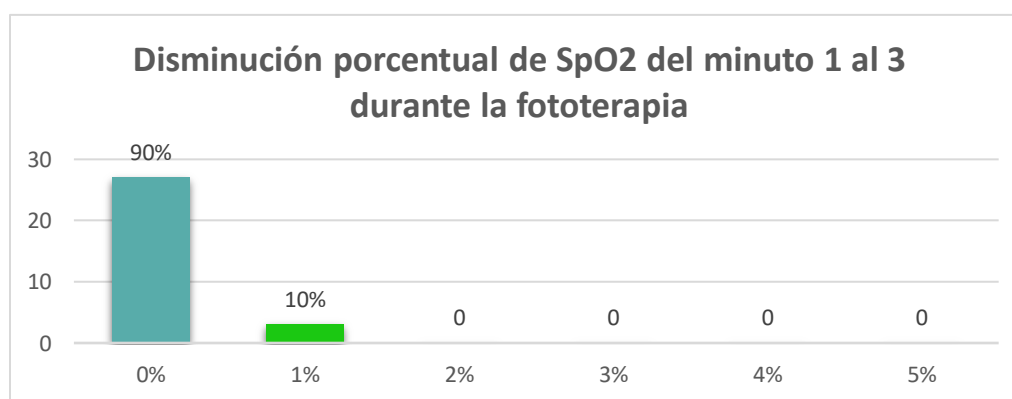
5.3 PARÁMETROS DURANTE LA FOTOTERAPIA

Las siguientes tablas y gráficos muestran los resultados obtenidos de la monitorización de la saturación de oxígeno y de la curva pletismográfica en lapsos de tiempo entre 1 a 3 minutos y de 6 a 10 minutos durante la colocación de la fototerapia.

5.3.1 CUADRO N°8: Disminución porcentual de SpO2 del minuto 1 al 3 durante la fototerapia

Disminución porcentual de SpO2	Fa	Fr
0%	27	90%
1%	3	10%
2%	0	0%
3%	0	0%
4%	0	0%
5%	0	0%
Total	30	100%

GRÁFICO N°8

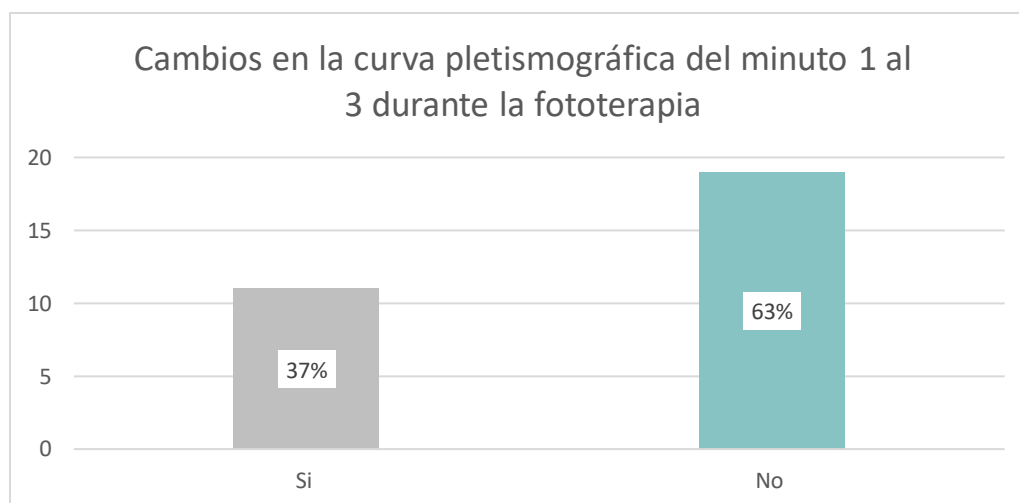


Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se muestra que el 90% de los pacientes del estudio presentó una disminución de la saturación de oxígeno del 0% del minuto 1 al 3 durante la fototerapia y un 10% presentó una disminución de la saturación de oxígeno del 1% del minuto 1 al 3 durante la fototerapia.

5.3.2 CUADRO N°9: Cambios en la curva pletismográfica del minuto 1 al 3 durante la fototerapia

Cambios en la curva pletismográfica	Fa	Fr
Si	11	37%
No	19	63%
Total	30	100%

GRÁFICO N°9

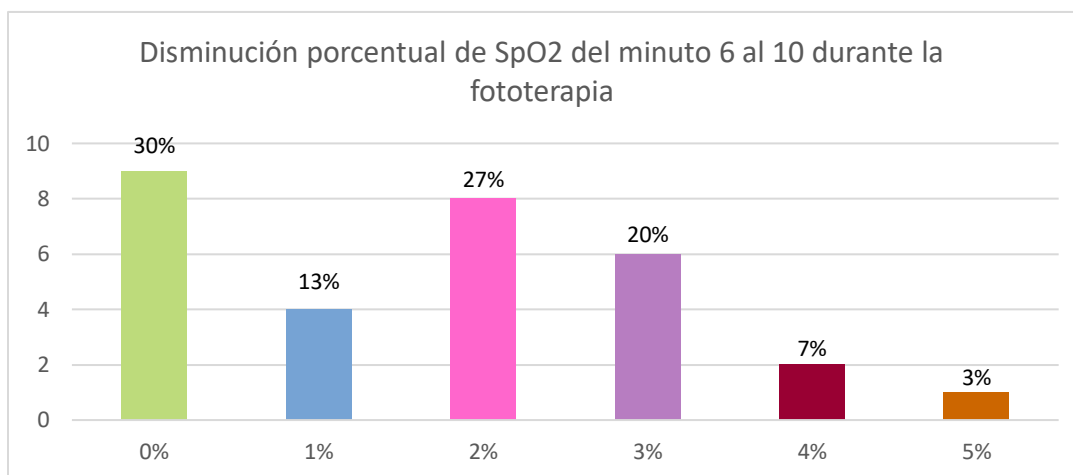


Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se muestra que durante la fototerapia un 63% de los pacientes no presentó cambios en la curva pletismográfica del minuto 1 al 3 y un 37% si presentó cambios en la curva pletismográfica del minuto 1 al 3 durante la fototerapia.

5.3.3 CUADRO N°10: Disminución porcentual de SpO2 del minuto 6 al 10 durante la fototerapia

Disminución porcentual de SpO2	Fa	Fr
0%	9	30%
1%	4	13%
2%	8	27%
3%	6	20%
4%	2	7%
5%	1	3%
Total	30	100%

GRÁFICO N°10

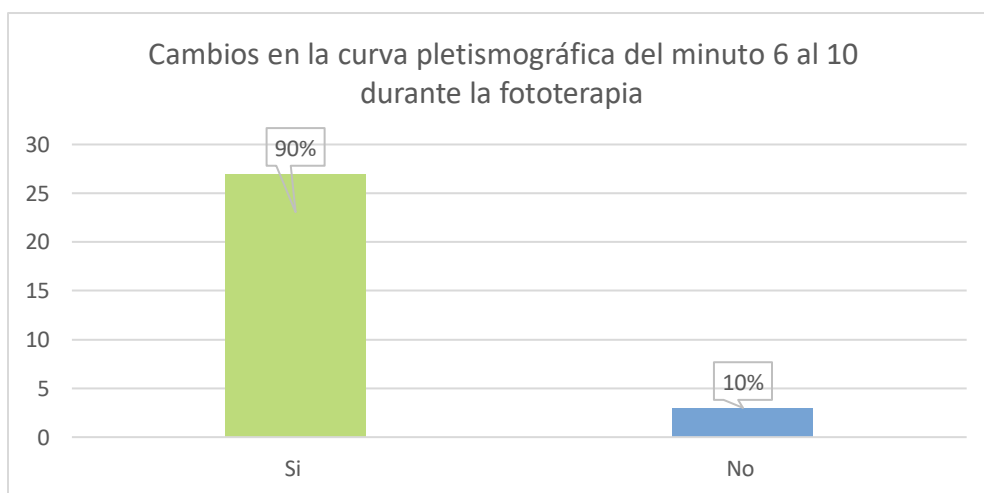


Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se muestra que el 30% de los pacientes del estudio presentó una disminución de la saturación de oxígeno del 0% del minuto 6 al 10 durante la fototerapia, un 27% presentó una disminución de la saturación de oxígeno del 2%, un 20% presentó una disminución del 3% de la saturación de oxígeno, un 13% mostró una disminución del 1% de la saturación de oxígeno, un 7% mostró una disminución del 4% de la saturación de oxígeno y solo un 3% presentó una disminución del 5% de la saturación de oxígeno del minuto 6 al 10 durante la fototerapia.

5.3.4 CUADRO N°11: Cambios en la curva pletismográfica del minuto 6 al 10 durante la fototerapia.

Cambios en la curva pletismográfica	Fa	Fr
Si	27	90%
No	3	10%
Total	30	100%

GRÁFICO N°11



Análisis e interpretación: En la tabla y gráfico se muestra que durante la fototerapia un 90% de los pacientes si presentó cambios en la curva pletismográfica del minuto 6 al 10 y solo un 10% no presentó cambios en la curva pletismográfica del minuto 6 al 10 durante la fototerapia.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación incidencia del efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la aplicación de fototerapia a neonatos ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de la Mujer en el periodo de julio a agosto de 2024, según los resultados obtenidos se concluye que:

- La aplicación de la fototerapia causa un efecto tormenta en la oximetría de pulso mostrando una disminución en la saturación de oxígeno y cambios anormales en la curva pletismográfica.
- Durante el estudio se observó una mayor incidencia del efecto tormenta entre los minutos 6 al 10 durante la fototerapia.
- Los resultados de este estudio muestran que la fototerapia tuvo una mayor influencia en la curva pletismográfica ya que esta presentó cambios diversos en cada paciente observado.
- A pesar de la incidencia que tiene el efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la fototerapia este no genera cambios abruptos en los valores numéricos de la saturación de oxígeno.

6.2 RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el proceso de investigación se recomienda lo siguiente:

1. Es importante recordar las limitantes del oxímetro de pulso y tomar las debidas precauciones como la colocación de un paño que cubra el oxímetro para evitar alteraciones muy marcadas en la oximetría de pulso y que el personal de salud realice acciones innecesarias.
2. Es fundamental saber que en base al Manual de neonatología de Cloherty y Stark¹⁰ no se conoce con certeza un rango optimo de saturación de oxígeno en los neonatos; sin embargo, recomienda utilizar de referencia que para neonatos menores de 29 semanas de gestación mantener la SpO₂ entre 88 a 92% y para neonatos mayores de 29 semanas de gestación de 88 a 95% de SpO₂, pero que siempre dependerá de los valores que maneje el personal de salud en cada hospital.
3. Se debe recordar que al utilizar una mayor irradiación en la fototerapia puede causar mayores alteraciones en el monitoreo de la oximetría de pulso.
4. Es recomendable que los oxímetros de pulso que se utilicen se coloquen de forma correcta y se encuentren en buen estado ya que si este presenta daños puede afectar la curva pletismográfica representada en el monitor.

10. Eichenwald EC. Cloherty y Stark. Manual de Neonatología. 8a ed. Baltimore, MD, Estados Unidos de América: Wolters Kluwer Health; 2017.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Marino PL. El Libro de la Uci. 4a ed. Baltimore, MD, Estados Unidos de América: Wolters Kluwer Health; 2014.
2. Patricia López G. Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación [Internet]. Medigraphic.com. 2003 [citado el 8 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/h-gral/hg-2003/hg033h.pdf>
3. Olarte L. et.al. evaluación de amplitud y frecuencia mediante el acondicionamiento del pulso pletismográfico y posterior extracción oximétrica – fase 2. Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías [Internet]. 2019 [citado el 13 de julio de 2024];6. Disponible en: <http://revistas.uniquajira.edu.co/index.php/cei>
4. Mejía Salas H, Mejía Suárez M. Oximetría de pulso. Rev. Soc. Boliv. Pediatría [Internet]. 2012 [citado el 8 de junio de 2024];51(2):149–55. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102406752012000200011
5. Ortega-García JPA. Monitoreo respiratorio. Oximetría del pulso [Internet]. Medigraphic.com. [citado el 8 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2013/cmas131t.pdf>
6. Eichenwald EC. Cloherty y Stark. Manual de Neonatología. 8a ed. Baltimore, MD, Estados Unidos de América: Wolters Kluwer Health; 2017.

7. M. Cruz. Nuevo tratado de pediatría. Barcelona, España. Océano; 2006.
8. Taeusch HW. Tratado de neonatología de Avery. 7a ed. Elsevier España; 2000.
9. Vélez Pinos P, Villarreal Altamirano J. Fototerapia neonatal: Vigilando la dosis óptima. . REV-SEP [Internet]. 13 de diciembre de 2022 [citado 13 de julio de 2024];23(3):174-82. Disponible en: <https://rev-sep.ec/index.php/johs/article/view/169>

ANEXOS

ANEXO 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD

LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA



“OBJETIVO: INDAGAR LA INCIDENCIA DEL EFECTO TORMENTA EN LA OXIMETRIA DE PULSO DURANTE LA APLICACIÓN DE FOTOTERAPIA A NEONATOS INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE LA MUJER DURANTE EL PERIODO DE JULIO A AGOSTO DE 2024”

PRESENTADO POR:

BR. AMANDA JULIETA SORIANO MELGAR.	SM19027
BR. ADRIANA MARIA ZELAYA TORRES.	ZT18002

ASESOR:

LIC. ALEJANDRO ALBERTO VÁSQUEZ JOVEL.

CIUDAD UNIVERSITARIA, “DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA”, AGOSTO 2024.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD



LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGIA E INHALOTERAPIA

TEMA: INCIDENCIA DEL EFECTO TORMENTA EN LA OXIMETRÍA DE PULSO DURANTE LA APLICACIÓN DE FOTOTERAPIA A NEONATOS INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE LA MUJER DURANTE EL PERIODO DE JULIO A AGOSTO DE 2024.

GUÍA DE RECOLECCION DE DATOS DE INVESTIGACIÓN

Objetivo: Recolectar y recopilar datos que proporcionaran información con respecto a la incidencia del efecto tormenta en la oximetría de pulso durante la aplicación de fototerapia a neonatos ingresados en la unidad de cuidados intensivos del hospital nacional de la mujer durante el periodo de julio a agosto de 2024.

• **Datos Generales**

Fecha _____ Diagnóstico _____ Sexo _____

Rango de edad:

- 0-5 días
- 6-10 días
- 11-15 días
- >15 días

Rangos de edad gestacional:

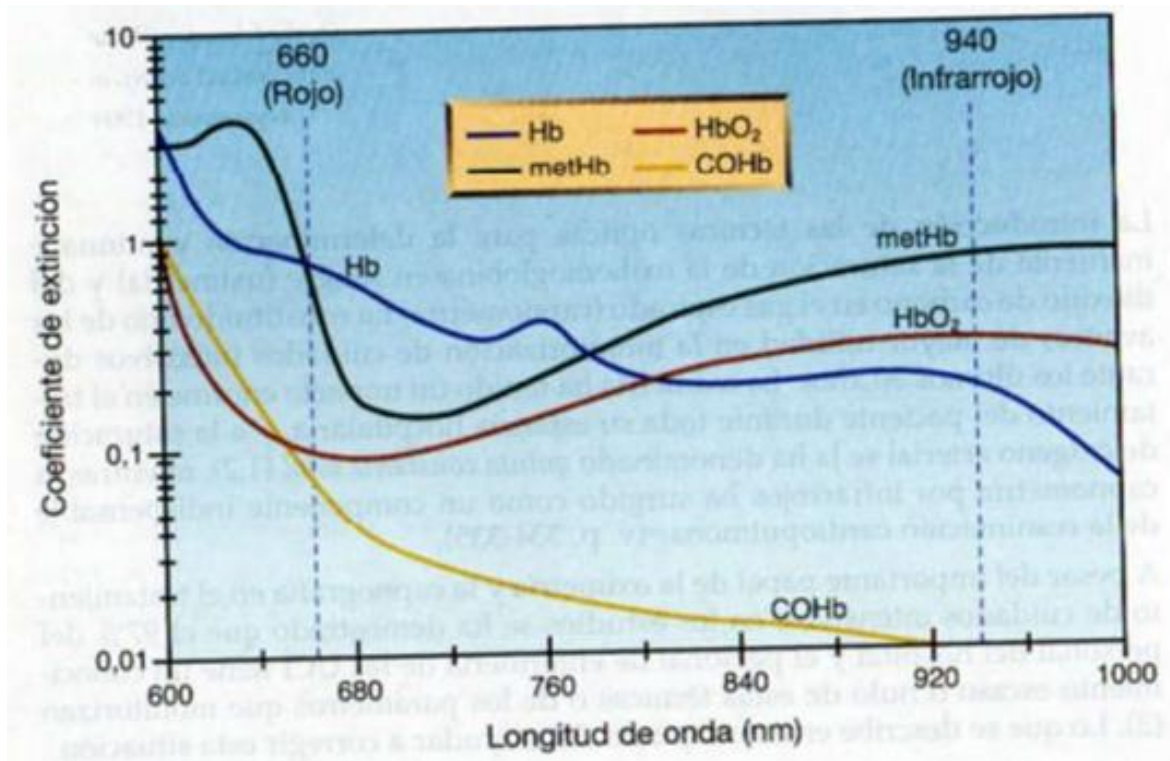
- ≤ 28-29 semanas
- 30-31 semanas
- 32-33 semanas
- ≥ 34 semanas

- **Observaciones** _____

ANEXO 2

Figura 1: **Espectro de absorción de las diferentes formas de hemoglobina**

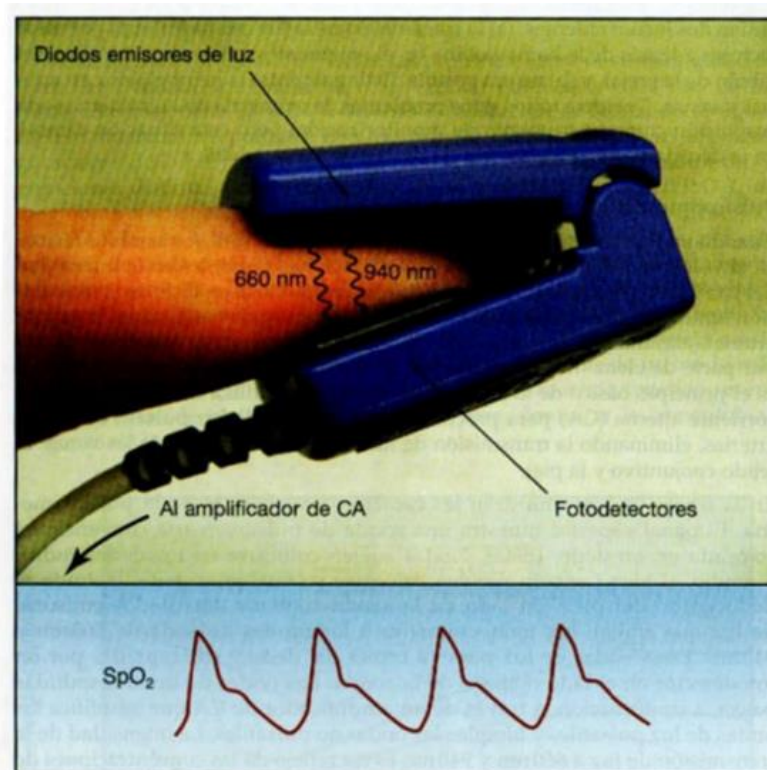
Hemoglobina oxigenada (HbO_2), hemoglobina desoxigenada (Hb), carboxihemoglobina (COHb) y metahemoglobina (metHb). Las líneas verticales representan las dos longitudes de onda de la luz (660 nm y 940 nm) usando los pulsioxímetros.



ANEXO 3

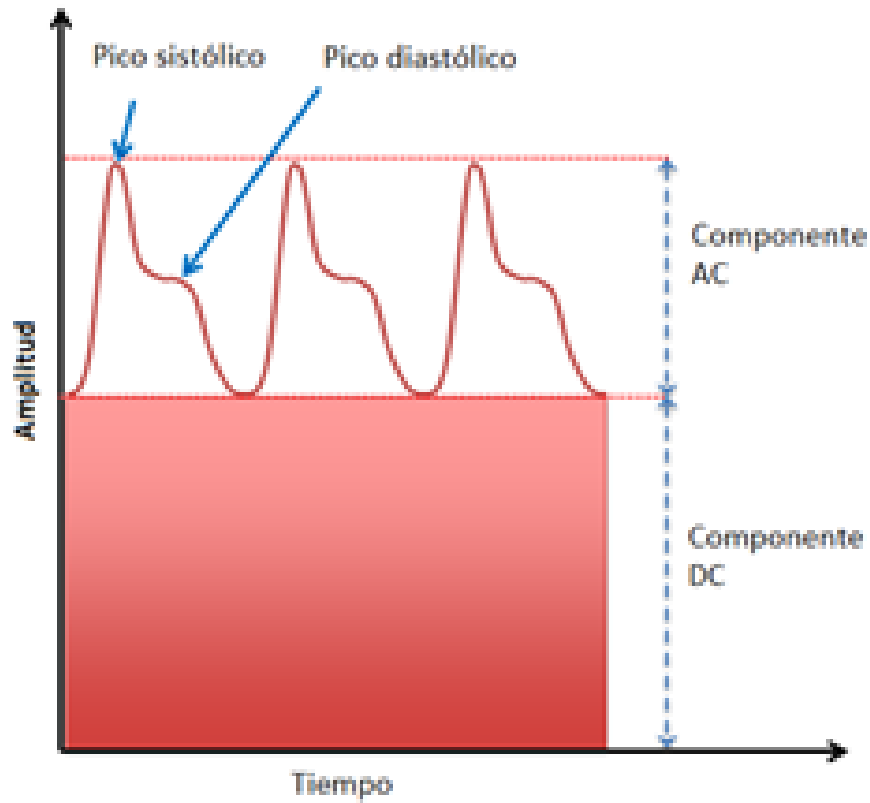
Figura 2: **Características básicas del pulsioxímetro.**

Pulsioxímetro para las yemas de los dedos. La sonda de la yema del dedo tiene diodos emisores de luz (LED) a un lado, que emiten luz en el espectro rojo (660 nm) e infrarrojo (940 nm), y un fotodetector en el lado contrario, que procesa las ondas de luz de intensidad alterna (usando amplificador de CA). El panel inferior muestra la señal de oximetría pulsátil (SpO₂) que se muestra en el monitor de la cabecera del enfermo.



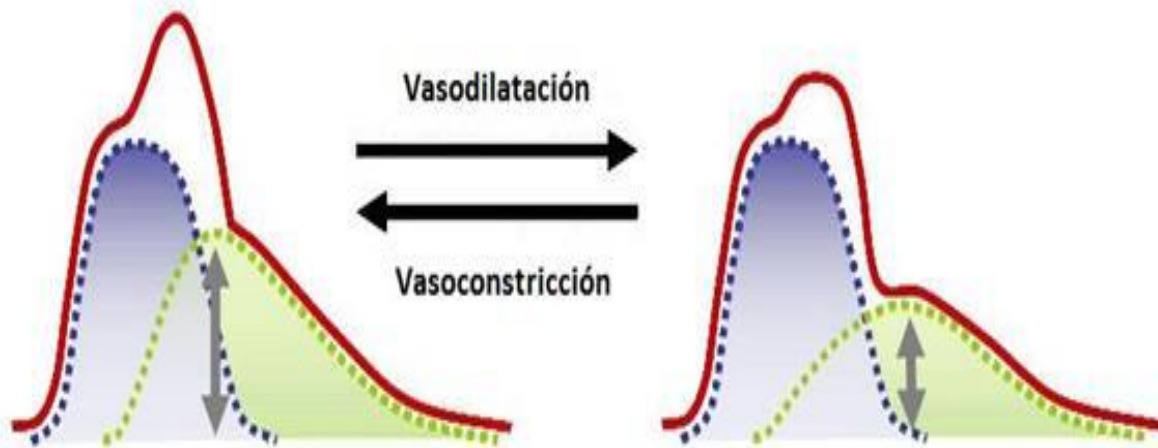
ANEXO 4

Figura 3: Onda de pletismografía



ANEXO 5

Figura 4: Factor de amplitud de onda de pletismografía



ANEXO 6

Tabla 1 Variabilidad de la oximetría y de los registros de capnometría

Tabla 21.1 Variabilidad de la oximetría y de los registros de capnometría			
Parámetros del estudio	*SpO₂	**SvO₂	*P_{TE}CO₂
Período de tiempo	60 min	120 min	60 min
Variación media	1%	6%	2 mmHg
Intervalo de variación	0-5%	1-19%	0-7 mmHg

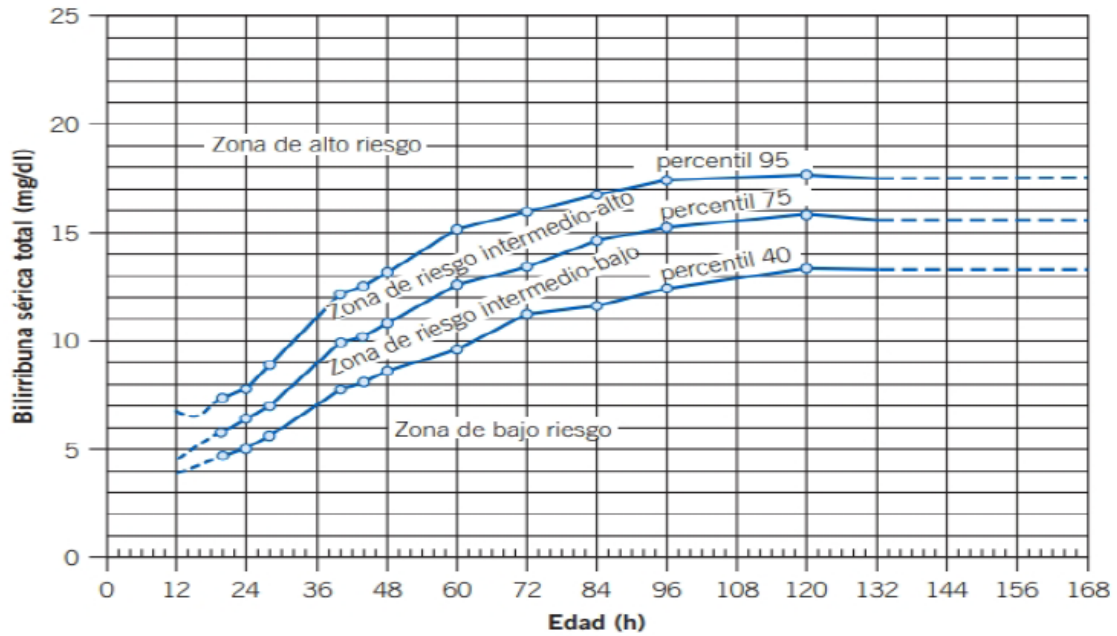
ANEXO 7

Tabla 2: **Indicaciones para el uso de oximetría de pulso**

1. Anestesia general.
2. Anestesia regional.
3. Monitoreo durante sedación consciente: Endoscopias, tomografía axial computarizada, resonancia nuclear magnética.
4. Unidad de cuidados posanestésicos.
5. Unidad de cuidados intensivos: Cardiopulmonar, neonatología.
6. Ventilación mecánica.
7. Guía para destete de ventilación mecánica.
8. Guía para determinar el requerimiento de oxígeno terapéutico.
9. Patología cardiopulmonar
10. Vigilancia de O ₂ durante el sueño o ejercicio.
11. PaO ₂ no disponible.
12. Apnea obstructiva del sueño.
13. Obesidad mórbida.
14. Ginecoobstetricia.
15. Neonatología.
16. Pediatría.
17. Geriatría.

ANEXO 8

Figura 5: Nomograma de los valores de bilirrubina específicos por horas.



Identificación del riesgo de recién nacidos a término y casi a término sanos según los valores séricos de bilirrubina específicos por horas. El trazado del percentil 95 señala la zona de riesgo elevado. El trazado del percentil 75 divide la zona de riesgo intermedio en una de mayor riesgo y una de menor riesgo. La zona de riesgo bajo está definida de forma arbitraria y estadísticamente por el trazado del percentil 40. (Las extensiones de puntos están basadas en valores < 300 de bilirrubina sérica total/época.) Este estudio se basa en los valores de bilirrubina venosa en sangre de talón.

ANEXO 9

Tabla 3: **Uso sugerido de la fototerapia en recién nacidos prematuros con menos de 35 semanas de edad gestacional.**

Edad gestacional (semana)	Fototerapia
	Iniciar fototerapia Bilirrubina sérica total (mg/dl)
<i>< 28 0/7</i>	5-6
<i>28 0/7-29 6/7</i>	6-8
<i>30 0/7-31 6/7</i>	8-10
<i>32 0/7-33 6/7</i>	10-12
<i>34 0/7-34 6/7</i>	12-14

ANEXO 10

Figura 6: Distribución de la irradiancia por huella estandarizada.

