



# Fototerapia neonatal: Vigilando la dosis óptima

## Neonatal phototherapy: Monitoring the optimal dose

Paola Vélez Pinos<sup>1</sup> \* Jorge Villarreal Altamirano<sup>2</sup>

1. Departamento de Pediatría, Hospital Homero Castañer Crespo, Ministerio de Salud Pública, Azuay, Ecuador.
2. Departamento de Mantenimiento Hospital Homero Castañer Crespo, Ministerio de Salud Pública, Azuay, Ecuador.

Recibido: Octubre 13, 2022  
Aceptado: Noviembre 27, 2022  
Publicado: Diciembre 15, 2022  
Editor: Dr. Francisco Xavier Jijón Letort.

Membrete bibliográfico:

Vélez P, Villarreal J. Fototerapia neonatal: Vigilando la dosis óptima. Revista Ecuatoriana de Pediatría 2022;23(3):174-82. doi: <https://doi.org/10.52011/169>

e-ISSN: 2737-6494

Copyright Vélez P, et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), which permits non-commercial use and redistribution provided the source and original author are cited.

## Resumen

**Introducción:** La fototerapia es el tratamiento para la ictericia neonatal, pero debe asegurarse una "dosis" suficiente de luz irradiada en la banda espectral correcta y sobre una superficie de piel suficientemente amplia. Varios equipos de fototerapia han sido desarrollados para cumplir con este requisito técnico, inclusive actualmente en el mercado se disponen de equipos de alta intensidad lumínica que permiten aplicar una fototerapia intensiva.

**Propósito de la revisión:** El objetivo de la presente revisión es responder a las siguientes preguntas: ¿Cómo se determina si los equipos de fototerapia emiten la intensidad suficiente de luz para asegurar la dosis de tratamiento? En términos de mantenimiento de equipos, la principal directriz que se ha empleado en la mayoría de unidades de neonatología es el número de horas de uso, pero, ¿Es en realidad el parámetro adecuado?

**Hallazgos recientes:** Con esta revisión invitamos a los profesionales de la salud en las unidades de neonatología a hablar en términos de irradiancia, entendida como la medida para determinar el tiempo ideal para el mantenimiento y recambio de las luces de los equipos de fototerapia y así asegurar el tratamiento efectivo en los neonatos.

**Conclusión:** Los aparatos con tecnología LED deben ser verificados con emisiones de irradiancia  $>10 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , estableciéndola garantía de la degradación de la bilirrubina.

## Palabras claves:

DeCS: Fototerapia, Ictericia Neonatal, Rayos Ultravioleta.

\* Autor para correspondencia.

## Abstract

**Introduction** Phototherapy is the treatment for neonatal jaundice; it has to ensure a sufficient dose of irradiated light in the correct spectral band and on a sufficiently large skin area. Therefore, much phototherapy equipment has been developed to achieve this goal; currently, high-intensity equipment provides intensive phototherapy.

**Purpose of the review:** This review aims to answer the following questions: How do we determine if phototherapy equipment emits sufficient light intensity to ensure the treatment dose? Regarding equipment maintenance, the leading guideline used in most neonatology units is the number of hours of use, but is it the appropriate parameter?

**Recent findings:** With this review, we invite health professionals in neonatology units to speak regarding irradiance, understood as the measure to determine the ideal time for maintenance and replacement of the lights of the phototherapy equipment and thus ensure an effective treatment in neonates.

**Conclusion** Devices with LED technology must be verified with irradiance emissions  $>10\text{ W/cm}^2/\text{nm}$  to guarantee bilirubin degradation.

### Key words:

MESH: Phototherapy; Jaundice, Neonatal; Ultraviolet Rays.

## Introducción

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 ictericia, que aparece generalmente entre los 2 y 4 días de vida [1].

En el Ecuador, esta patología del recién nacido ocupa el segundo lugar dentro de las 10 primeras causas de morbilidad en niños menores de 1 año, con una tasa de 220 niños afectados por cada 10.000; en noveno lugar se ubica la enfermedad hemolítica del recién nacido, causa importante de ictericia, con una tasa de 78 por cada 10.000, precedido en el quinto lugar por la prematuridad (tasa de 133 por 10.000) que en la mayoría de los casos también presentan ictericia [2].

La ictericia es causada por el depósito de bilirrubina en la piel. 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 [3].

El uso de fototerapia para el tratamiento de la ictericia 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 [4].

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 [5].

Sin embargo, después del cuidado de los recién nacidos prematuros, los costos para proporcionar cuidados intensivos o especiales a los recién nacidos con ictericia pueden ser restrictivos en países de ingresos bajos, o centros hospitalarios de bajos recursos, como lo son la mayoría de las instituciones de salud pública en Ecuador [6].

Cuando los parámetros de monitorización del funcionamiento de los equipos médicos no ha sido estandarizado o se basa en recomendaciones con poco sustento científico suelen producir fallas terapéuticas

que retrasan la recuperación de salud de los pacientes, es por ello que el personal de salud que trabaja en las unidades de neonatología debe conocer los parámetros a tomar en cuenta en el mantenimiento de sus equipos y así garantizar que el tratamiento proporcionado sea efectivo.

## Lámparas de fototerapia

La fototerapia es el primer paso en el tratamiento de la hiperbilirrubinemia en los recién nacidos. Es un método seguro y conveniente para reducir los niveles séricos de bilirrubina evitando la neurotoxicidad y el uso de tratamientos invasivos como la "Exanguineotransfusión" [7].

El mecanismo de acción de la fototerapia se produce por cambios estructurales en la molécula de bilirrubina debido al efecto de la absorción de la luz, y su consiguiente transformación a moléculas más solubles para su posterior eliminación. Estas reacciones ocurren en el espacio extravascular de la piel y se relacionan con la dosis de fototerapia [8].

Para que inicie la reacción lumínica para el tratamiento de la ictericia, la molécula de bilirrubina debe absorber un fotón de luz, sin embargo, no todos los fotones tienen la misma posibilidad de ser absorbidos, y esta posibilidad está dada por la longitud de onda del fotón, que para ser efectiva debe encontrarse en el rango cercano a los 460 nm, rango en el cual se encuentra la luz de color azul [9].

La fototerapia, como tratamiento de la hiperbilirrubinemia neonatal, depende de qué tan lejos se encuentre la piel de la fuente de luz y cómo ésta penetra la barrera cutánea para permitir la conversión de las moléculas de bilirrubina, la actividad in vivo está influenciada por varios factores como la capacidad del rayo de luz para penetrar la piel y la desviación de la curva de longitud de onda por la presencia de ácidos grasos unidos a la albúmina [10].

En el manejo de la ictericia neonatal, diferentes equipos de fototerapia se utilizan en todo el mundo. Actualmente, hay dos tipos de dispositivos de fototerapia disponibles: la luz de fototerapia convencional, y el dispositivo de fototerapia de fibra óptica. Las fuentes de luz convencionales incluyen las lámparas fluorescentes o halógenas de tungsteno con amplio espectro de emisión, y las luces LED con espectro estrecho [11].

Los sistemas con lámparas halógenas se caracterizan por tener fuentes de radiación de banda ancha, pero su espectro de emisión solo se superpone parcialmente al espectro de absorción de bilirrubina. Las bombillas halógenas de cuarzo emiten luz blanca, tienden a calentarse rápidamente, y es posible que se requiera filtración antes de la fototerapia [12].

Los tubos fluorescentes fueron el tipo de fuente de luz más utilizada. Las primeras lámparas fluorescentes usadas para fototerapia emitieron espectros de luz en las regiones violeta ( $419 \pm 33$  nm) y azul ( $447 \pm 51$  nm) [13]. Hace algunos años se fabricaron lámparas fluorescentes azules especiales con espectros de luz de  $450 \pm 50$  nm para su uso en fototerapia para el tratamiento de la hiperbilirrubinemia [14]. Tenían la ventaja de ser económicos, pero su intensidad de luz e irradiación se reducen con el tiempo y necesitan cambiarse después de 1000-1500 horas [11].

Por otro lado, los sistemas de luces LED, son las lámparas de más reciente aparición y tienen la ventaja de permitir atenuar o aumentar la intensidad de la irradiación empleando un solo equipo. Un LED es un tipo especial de diodo semiconductor que emite luz cuando se conecta a un circuito eléctrico [14].

Los LED se caracterizan porque generan menor pérdida de calor que las lámparas convencionales; además, no solo poseen una vida útil más prolongada que las lámparas halógenas (10000 horas), sino que pueden adaptarse a las necesidades del usuario. Los LED tienen características bastante útiles como peso ligero, tamaño compacto, son más resistentes debido a la ausencia de piezas de vidrio y la capacidad de enfocarse con una lente o mediante orientación espacial, además de ofrecer un bajo consumo de energía [8].

Al ser regulados, el color de luz se mantiene casi constante, la fuente de luz puntual permite dirigir la luz con toda exactitud gracias al encapsulado del diodo con material sintético que cumple las funciones de protección y de lente [15].

## Vida útil de los equipos de fototerapia LED

En las salas de neonatología el procedimiento acostumbrado y por el que se da mantenimiento a los equipos de fototerapia en servicio, vigilando el nivel de emisión luminosa necesario para el tratamiento, es el

registro de las horas de uso y el recambio de las lámparas al llegar al máximo establecido de las mismas. Con este recambio se confía en que el equipamiento estará en condiciones para efectuar el tratamiento.

Sin embargo, este máximo de horas de uso varía de equipo a equipo, desde 800 a 10000 horas, y no existe un nivel estandarizado para este rango de horas de uso ni reglas precisas sobre temas tan importantes como, por ejemplo, el tipo de lámpara, la longitud de onda de la radiación usada (azul, blanca o verde), normas del fabricante, influencia del uso continuo versus el intermitente, la cantidad de los ciclos de encendido-apagado, la tensión de alimentación y la calidad de la alimentación eléctrica, la temperatura de la sala, y otros de igual importancia.

Actualmente, no existe una normatización en el cálculo de vida útil de los LED, pero se presume una duración de vida muy larga (más de 10000 horas). El LED raramente tiene un fallo total, aunque sí sufre un lento proceso de pérdida en su rendimiento denominado degradación luminosa. Generalmente, un ligero nivel de reducción de luz en un corto espacio de tiempo no es excesivamente importante mientras no llegue a un porcentaje establecido (80% en su mayoría) de su valor inicial [16].

Los LED se caracterizan porque no fallan bruscamente, su potencia luminosa disminuye con el tiempo. Su tiempo de vida útil se basa en el factor de mantenimiento de la luz de la lámpara, que es la cantidad de luz emitida por la fuente en un momento específico en el futuro. La vida útil se conoce como  $L_{xx}$ , donde "xx" es el porcentaje de luz restante después de un cierto número de horas de uso. Por ejemplo, si una lámpara tiene un registro L80 a 10000 horas significa que pasadas las 10000 horas de uso, el LED emitirá el 80% de la luz que era capaz de emitir originalmente [15].

Con la llegada de la iluminación LED se han establecido diferentes estándares y terminologías para definir la vida útil de las lámparas convencionales, los más usados son los recomendados por la "Illuminating Engineering Society of North America". Esta organización diseñó una serie de estándares, entre ellos, el estándar LM-80 que se usa para medir la depreciación del flujo luminoso (lumen) de fuentes de luz LED, basado en un período de prueba de entre 6000 a 10000 horas (Figura 1) [17]. Todo esto resume que la vida útil

de LED no se mide sólo en horas, sino en el porcentaje de flujo luminoso emitido, y esta es la base a tomar en cuenta para el mantenimiento programado y cambio de luminarias en los equipos de fototerapia.

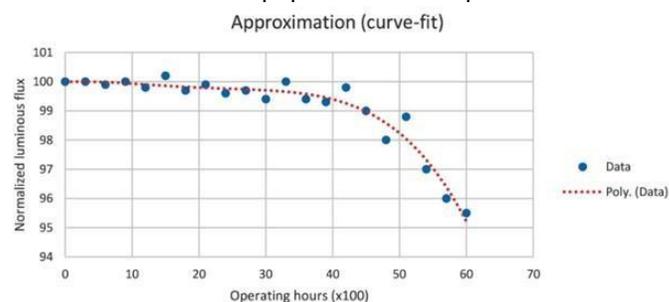


Figura 1. Aplicación de estándar LM-80

## Irradiancia o dosis de fototerapia

La Academia Americana de Pediatría (AAP) ha establecido que las características que debe cumplir un equipo de fototerapia para proporcionar un tratamiento adecuado incluye la emisión de un espectro de luz entre azul y verde (rango de 460–490 nm) que permita la degradación de la bilirrubina [1]; posicionan el pico de emisión entre los  $460 \pm 10$  nm y por último, la uniformidad en la intensidad de la irradiancia entregada y el tiempo de uso de la fuente de luz [18]. En síntesis, la AAP presenta la "dosis" de fototerapia requerida para conseguir el objetivo del tratamiento: reducir la hiperbilirrubinemia, introduciendo así el término irradiancia.

La irradiancia se refiere al número de fotones recibidos por centímetro cuadrado de superficie corporal expuesta y se cuantifica como  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Cuando se mide dentro de un rango de longitud de onda específico (efectivo para el tratamiento), se conoce como "irradiancia espectral" y se expresa como  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ . Por otro lado, "la irradiancia espectral entregable" es diferente para cada tipo de fuente de luz, y depende de su diseño geométrico y la distancia entre la fuente de luz y el paciente en una relación inversa, donde la irradiancia aumentará a medida que la fuente de luz se acerque al paciente [19].

La irradiancia espectral, así como la cantidad de un fármaco, determina la eficacia del tratamiento y, por ende, la dosis más alta se asociaría con una mayor eficacia [5]. Es así que un estudio realizado en Dinamarca en fototerapias tipo LED demostró que, cuando la irradiancia aumenta de 20 a 55

$\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  la tasa de reducción de bilirrubina también aumentó aproximadamente, 30% a 50%, y no se mostró tendencia a estabilizarse a medida que aumentaba la irradiancia, sin evidencia de un punto de saturación [20].

Por otro lado, la dosis efectiva de fototerapia depende de la cantidad de superficie corporal expuesta en el recién nacido. Cuanto mayor es el área expuesta, mayor es la tasa de disminución de la bilirrubina [21]. En la práctica clínica, la exposición suele ser plana: ventral con fuentes de luz aéreas, y dorsal con colchones iluminados, aproximadamente el 35% de la superficie corporal total (ventral o dorsal) está expuesta con cualquiera de los métodos [22].

Se debe considerar además que algunas áreas del cuerpo, como las que se encuentran entre los dedos y los glúteos, generalmente no son accesibles de manera efectiva por la luz; el uso de protectores oculares, pañales y otras posibles cubiertas corporales pueden interferir significativamente con la entrega de luz terapéutica al cuerpo [23]. En la actualidad, la limitada exposición del área del recién nacido, por todas las fuentes de luz es el mayor impedimento para una fototerapia más efectiva [19].

#### Eliminando la subjetividad

Una de las formas de evaluar la efectividad de la fototerapia es monitorizar el nivel de irradiancia, práctica poco usual en las unidades de neonatología pues, si bien no es necesario medir el espectro de irradiancia antes de cada sesión de fototerapia, son importantes las comprobaciones periódicas para determinar si se está utilizando la irradiancia adecuada [2].

Sin embargo, estas mediciones deben ser estandarizadas, de tal forma que los estudios sean comparativos. Para superar este inconveniente y cuantificar los patrones de distribución de la irradiancia, se diseñó un método llamado "huella" estandarizada. Esta huella se basó en datos promedio del área de superficie de la piel de un bebé, que puede variar desde 1281  $\text{cm}^2$  a las 28 semanas, hasta 2200  $\text{cm}^2$  a las 38 semanas [23, 24] lo cual, dependiendo del patrón de irradiancia, puede reducirse hasta 430  $\text{cm}^2$  y 710  $\text{cm}^2$  para bebés prematuros y a término, respectivamente (Figura 2) [25].

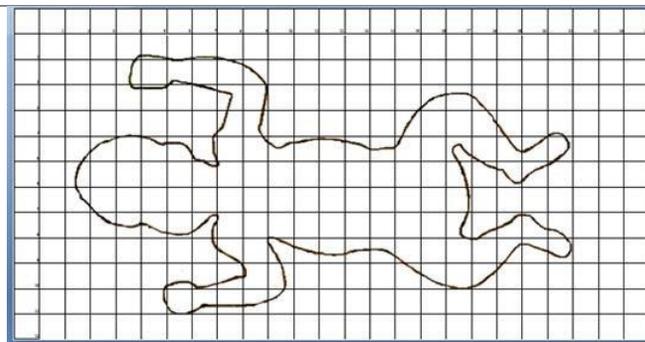


Figura 2. Silueta del neonato para huella estandarizada

Una vez establecida la huella, se determina el valor mínimo, el máximo y la media de la irradiancia dentro de toda la huella iluminada a diferentes alturas entre el lecho, y el panel de fototerapia: 60 centímetros para las lámparas de tubos fluorescentes (mínima distancia segura entre el paciente y la lámpara), y a los 40 y 20 centímetros de distancia para las lámparas LED, tomando en cuenta que uno de los determinantes directos de la irradiancia es la distancia entre el paciente y la lámpara [19, 23].

Con ello se comparan los valores obtenidos de cada equipo con los estándares establecidos por la AAP: la irradiancia para una fototerapia convencional debe ser igual o superior a  $10\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , y para fototerapia intensiva igual o superior a  $30\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  [22].

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 [26]. 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 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 3) [21].

Borden y colaboradores desarrollaron un estudio para determinar la efectividad de los dispositivos de fototerapia en algunos hospitales de los EE.UU., midiendo las irradiaciones de huella máxima y media utilizando un medidor de irradiancia de mano. Demostraron que a pesar de las pautas establecidas de fototerapia, los protocolos y prácticas varían localmente y, lo más impresionante, el 62% de los dispositivos de fototerapia registraron niveles subóptimos

para fototerapia intensiva ( $25.8 \pm 6.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ), registrando los niveles más altos, en el centro de la huella de luz, como era de esperar [21].

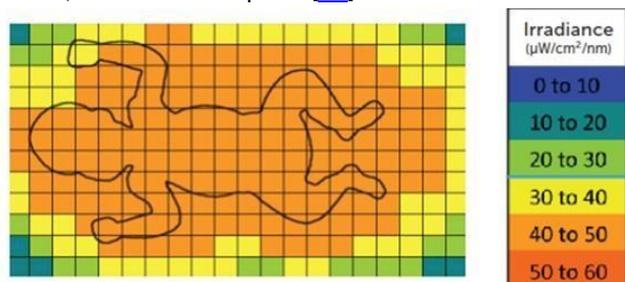


Figura 3. Distribución de la irradiancia por huella estandarizada

### Importancia de medir la irradiancia

La medición rutinaria de irradiancia es poco usual en las unidades de neonatología, y cuando esta se realiza, no siempre se la hace de la manera correcta. Como resultado, estas prácticas pueden resultar en evaluaciones clínicamente pococonfiables e inexactas de la dosis de fototerapia, lo que resulta en fototerapia ineficaz y la consecuente prolongación en la duración del tratamiento, sobretreatmento debido a un medidor de lectura baja, o retraso o reemplazo acelerado de bombillas o repuestos [19].

En 2011, el Comité sobre el feto y el recién nacido, de la Academia Americana de Pediatría, enfatizó la importancia de monitorear las intensidades y los resultados espectrales de los dispositivos de fototerapia para predecir la efectividad de la fototerapia para la hiperbilirrubinemia neonatal [2].

En 2014 se condujo un estudio en Nigeria para medir la variación de la irradiancia en el tiempo en dispositivos con tecnología LED y tubos fluorescentes. Los niveles de irradiancia se midieron semanalmente durante un período de 19 semanas. Los dispositivos LED mostraron niveles de irradiancia estables y no requirieron ningún cambio de lámpara. Los dispositivos basados en tubos fluorescentes mostraron una rápida disminución de la irradiancia (hasta 65% de la inicial), y todos requirieron tres cambios completos de lámparas, aproximadamente cada 5-6 semanas. Este estudio se realizó en el contexto de la falta de monitoreo rutinario de los niveles de irradiancia de los dispositivos de fototerapia en la mayoría de los entornos clínicos, así como varios informes que encontraron que el uso de dispositivos de fototerapia con irradiancia subóptima está muy extendido [7].

En la india, Pejaver y Vishwanath, auditaron los niveles de irradiancia en función de la antigüedad de los dispositivos y el tipo de luz. Se examinaron un total de 58 dispositivos en 24 centros que brindan atención neonatal. De estos, solo 18 dispositivos (31%) proporcionaban un nivel aceptable de irradiancia, y sólo 5 de los dispositivos (8,6%) tenían las luces azules especiales recomendadas [28].

En Brasil se estudiaron un total de 36 dispositivos de fototerapia en 6 maternidades, encontrando que el 28% de los aparatos emitían irradiancias menores a  $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ; se verificó que los aparatos con tecnología LED mostraron irradiancia sobre  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , estableciendo una terapéutica rápida y eficaz en lo que se refiere a la irradiación emitida. Llamó la atención que el 50% de las maternidades sí contaban con radiómetros para monitoreo de esta irradiancia. Eso demuestra que el interés de la unidad de neonatología del mantenimiento preventivo de equipos de fototerapia [29].

En Nigeria, Owa y otros investigadores estudiaron 63 dispositivos de fototerapia pero apenas el 6% proporcionó un nivel de irradiancia de  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  o más, y el 75% de menos de  $5 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  [30].

Como se aprecia en estos estudios y más, la medición rutinaria de la irradiancia se debe considerar uno de los estándares a tomar en cuenta en el mantenimiento de los equipos de fototerapia, de tal forma que se garantice un tratamiento efectivo.

En un estudio desarrollado en Egipto, que evaluó los niveles de irradiancia administrados por dispositivos de fototerapias, se demostró que los niveles de irradiancia fueron variantes, y que los dispositivos LED producen niveles promedio aproximadamente el doble de las lámparas fluorescentes. Sobre las lámparas fluorescentes, aproximadamente el 30% de los dispositivos, presentaron niveles no adecuados para fototerapia intensiva y la uniformidad en la distribución de la irradiancia fue mucho menor [26].

Más recientemente en Indonesia en 2019 se demostró que los niveles de irradiancia son demasiado bajos ( $\leq 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ) y en otros dispositivos no alcanzó los niveles de fototerapia intensiva:  $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ . Apenas 3 hospitales proporcionaron niveles de irradiación muy altos:  $> 50 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ . Un factor que influyó notablemente fue que la mitad de

las distancias entre el dispositivo y el lecho fueran mayores de lo recomendado por los fabricantes. La distancia se correlacionó inversamente con los niveles de irradiancia [31].

Se ha demostrado que si se toma en cuenta los factores que influyen directamente en la irradiancia, el rendimiento de la fototerapia mejora notablemente. Para demostrar esto, en Nigeria se evaluaron 76 dispositivos de fototerapia pertenecientes a 16 hospitales, antes y después de realizar ajustes como reducción en la distancia entre dispositivo y lecho, cambio de bombillas y remoción de obstáculos entre el paciente y el dispositivo. La irradiancia media de todos los dispositivos de fototerapia fue de  $7 \pm 5.9 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , 38% de los dispositivos estaban por debajo de la irradiancia mínima ( $5 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ). Cuando se realizaron los ajustes antes mencionados, la irradiancia espectral media de los dispositivos mejoró significativamente de  $9.0 \pm 6.6 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  a  $27.3 \pm 15.2 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  ( $P < 0.001$ ). Se demostró así que, simples ajustes a los dispositivos marcan una gran diferencia en la dosis de fototerapia emitida [32].

En un estudio comparativo realizado por Hulzebos et al, en Holanda en 2008 y 2013, se demostró la existencia de mejoras importantes en el nivel de irradiancia de los dispositivos de fototerapia en las UCIN holandesas desde 2008 con recomendaciones simples y prácticas como la medición de irradiancia antes y durante el uso de dispositivos de fototerapia, el mantenimiento regular de los dispositivos, así como la limitación de la distancia entre el dispositivo y el neonato, según las recomendaciones del fabricante. En 2008 apenas el 40% de los dispositivos de fototerapia alcanzaba niveles de irradiancia mayores a  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , pero en el 2013, el 80% de los dispositivos alcanzaron una irradiancia superior a este valor, demostrando la importancia de la medición de irradiancia para proporcionar una dosis efectiva [4, 33].

La conveniencia de llevar a cabo la medición espectral de fuentes de luz de fototerapia neonatal ya ha sido descrita. Se encuentra disponible una amplia gama de sistemas de espectrómetros y radiómetros que pueden proporcionar dicha capacidad de medición en el espectro visible, sin embargo, tales instrumentos no son utilizados de rutina por el personal de mantenimiento, además deben cumplir con ciertas especificaciones, como la capacidad para la medición

de un espectro de luz específico en términos de fototerapia neonatal.

## Conclusiones

El mantenimiento de los equipos de fototerapia tiene sus particularidades. Actualmente no se dispone de repuestos de características adecuadas para los tubos fluorescentes (no cumplen con el espectro de luz recomendado), los costos de los repuestos para las placas de luces LED es elevado para hospitales públicos, es por ello que las unidades de neonatología deben contemplar la medición de irradiancia como parte del mantenimiento preventivo de los equipos de fototerapia y así garantizar calidad del tratamiento de la ictericia neonatal. Los aparatos con tecnología LED deben ser verificados con emisiones de irradiancia  $> 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , estableciendo la garantía de la degradación de la bilirrubina.

## Abreviaturas

LED: light-emitting diode.

## Información suplementaria

No se declara materiales suplementarios

## Agradecimientos

No aplica.

## Contribuciones de los autores

Paola Vélez Pinos: Conceptualización, Conservación de datos, Adquisición de fondos, Investigación, Recursos, Software, Redacción – borrador original. Jorge Villarreal Altamirano: Conceptualización, Conservación de datos, Supervisión, Adquisición de fondos, Investigación, Recursos, Escritura: revisión y edición.

Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

## Financiamiento

Los autores financiaron los gastos incurridos en la producción de esta investigación.

## Disponibilidad de datos y materiales

Los conjuntos de datos generados y / o analizados durante el estudio actual no están disponibles públicamente debido a la confidencialidad de los participantes, pero están disponibles a través del autor de correspondencia bajo una solicitud académica razonable.

## Declaraciones

### Aprobación de comité de ética y consentimiento para participar

No fue requerido para una revisión narrativa.

### Consentimiento de publicación

No se aplica para estudios que no publican imágenes de resonancias/tomografías/Rx o fotografías de examen físico.

## Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## Referencias

1. American Academy of Pediatrics Subcommittee on Hyperbilirubinemia. Management of Hyperbilirubinemia in the Newborn Infant 35 or More Weeks of Gestation. *Pediatrics*. 2004;114(1):19. <https://doi.org/10.1542/peds.114.1.297>  
PMid:15231951
2. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos. Estadísticas vitales. Ecuador 2018. [Internet]. Quito, Ecuador: INEC; 2018. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
3. Maisels MJ. Phototherapy—Traditional and Nontraditional. *J Perinatol*. 2001;21:5. <https://doi.org/10.1038/sj.jp.70642>  
PMid:11803426
4. van Imhoff D, Hulzebos C, Vreman H, Dijk P. High variability and low irradiance of phototherapy devices in Dutch NICUs. *Arc Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2012;98(2):7. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2011-301486>  
PMid:2261115
5. Tridente A, De Luca D. Efficacy of lightemitting diode versus other light sources for treatment of neonatal hyperbilirubinemia: a systematic review and metaanalysis. *Acta Paediatr*. 2012;101(5):8. <https://doi.org/10.1111/j.1652-2011.02561.x>  
PMid:22168543
6. National Institute for Health and Care Excellence. Jaundice in newborn babies under 28 days. NICE guidelines [CG98]. [Internet]. Royal College of Obstetricians and Gynaecologists; 2010. Disponible en: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg98>.
7. Mitra S, Rennie J. Neonatal jaundice: aetiology, diagnosis and treatment. *British Journal of Hospital Medicine*. 2017;78(12). <https://doi.org/10.12968/hmed.2017.78.12.699>  
PMid:29240507
8. Gonzalez M, Rainero MC, Caballero M. Ictericia Neonatal. *Neonatal Pediatr Integral*. 2019;23(3):6.
9. Xiong T, Qu Y, Cambier S, Mu D. The side effects of phototherapy for neonatal jaundice: what do we know? What should we do?. *Eur J Pediatr*. 2011;170(10):8. <https://doi.org/10.1007/s00431-011-1454-1>  
PMid:21455834
10. Hansen R. Phototherapy for Neonatal Jaundice: Therapeutic Effects on More Than One Level?. *Semin Perinatol*. 2010;34(3):3. <https://doi.org/10.0153/j.semperi.2010.02.008>  
PMid:20494740
11. Yurdakök M. Phototherapy in the newborn: what's new? *Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine*. octubre de 2015;(2):e040255.
12. Taksande A, Selvam S. Side Effects of Phototherapy in Neonatal Hyperbilirubinemia. *Acta Scientific Paediatrics*. 2018;1(5):6.
13. Plavski VY. Phototherapeutic systems for the treatment of hyperbilirubinemia of newborns. *J Opt Technol*. 2014;81(6):8. <https://doi.org/10.1364/JOT.81.000341>
14. Martins B, de Carvalho M, Moreira MEL, Lopes JMA. Efficacy of new microprocessed phototherapy system with five high intensity light emitting diodes (Super LED). *Pediatr (Rio J)*. 2007;83(3):6. <https://doi.org/10.2223/JPED.1637>  
PMid:17551656
15. Lopez C. Guía sobre tecnología LED en el alumbrado. Fundación de Energía de la Comunidad de Madrid.; 2015.
16. Chacón-Avilés R, Meza-Benavides C, Braga HA. Proceso de diseño de sistemas de iluminación LED energéticamente autónomos. 2017;30:14. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3411>
17. Illuminating Engineering Society. Lighting Measurements and Testing Standards Collection Subscription USA: Illuminating Engineering Society; 2020 p. 300. (IES/ANSI STANDARDS).
18. Bhutani VK, Cline BK, Donaldson KM, Vreman HJ. The Need to Implement Effective Phototherapy in Resource-Constrained Settings. *Semin Perinatol*. junio de 2011;35(3):6. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2011.02.015>  
PMid:21641494
19. Vreman HJ, Wong RJ, Stevenson DK. Phototherapy: Current Methods and Future Directions. *Semin Perinatol*. 2004;28:8. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2004.09.003>  
PMid:15686263
20. Vandborg PK, Hansen BM, Greisen G, Ebbesen F. Dose-Response Relationship of Phototherapy for Hyperbilirubinemia. *Pediatrics*. 2012;130(2):5. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-20235>  
PMid:22802603
21. Borden AR, Satrom KM, Wratkowski P, George TN, Adkisson CA, Vreman HJ, et al. Variation in the Phototherapy Practices and Irradiance of Devices in a Major Metropolitan Area. *Neonatology*. 2018;113(3):6. <https://doi.org/10.1159/000485369>  
PMid:29393277 PMCID:PMC5860931

22. Bhutani VK. Phototherapy to prevent severe neonatal hyperbilirubinemia in the newborn infant 35 or more weeks of gestation. Committee on Fetus and Newborn; American Academy of Pediatrics. *Pediatrics*. 2011;128(4):6.  
<https://doi.org/10.1542/peds.2011494>  
PMid:21949150
23. Vreman HJ. Standardized bench method for evaluating the efficacy of phototherapy devices. *Acta Paediatr*. 2008;97(3):9.  
<https://doi.org/10.1111/j.1652-2007.00631.x>  
PMid:18241292
24. Lujan CA, Flores EI, Atoche JR, Alvarez M, Moreno MR. Medición de iluminancia en una fuente de fototerapia. *Pistas Educativas*. 2016;(120):11.
25. Dicken P, Grant LJ, Jones S. An evaluation of the characteristics and performance of neonatal phototherapy equipment. *Physiol Meas*. 2000;21(4):12.  
<https://doi.org/10.1088/09673334/21/4/306>  
PMid:1110247
26. Reda SM, AbdElmaged AA, Monem AS, El-Gebaly RH, Faraway SM. Evaluation of the irradiance levels delivered by non conventional phototherapy devices for intensive Jaundice treatment. *Journal of Physics*. 2019;9.  
<https://doi.org/10.1088/1746596/1253/1/012005>
27. Olusanya BO, Osibanjo FB, Emokpae AA, Slusher TML. Irradiance Decay in Fluorescent and Light-emitting Diode-based Phototherapy Devices: A Pilot Study. *Journal of Tropical Pediatrics*. 2016;62:4.  
<https://doi.org/10.1093/tropej/fmw022>  
PMid:27118821
28. Pejaver RK, Vishwanath J. An audit of phototherapy units in Indian J *Pediatr*. diciembre de 2000;67(12):2.  
<https://doi.org/10.1007/BF02723951>  
PMid:11262986
29. Ferreira AL, Nascimento RM, Veríssimo RC. La irradiación de los aparatos de Fototerapia en las maternidades de Maceió. *Rev Latino-am Enfermagem*. 2009;17(5):7.  
<https://doi.org/10.1590/S0104692009000500016>  
PMid:19967220
30. Owa JA, Adebami OJ, Fadero FF. Irradiance readings of phototherapy equipment: Nigeria. *Indian J Pediatr*. 2011;78(8):2.  
<https://doi.org/10.1007/s12098-0382-4>  
PMid:21340724
31. Sampurna MTA. Current phototherapy practice on Java, Indonesia. *BMC Pediatr*. 2019;19(1):9.  
<https://doi.org/10.1186/s12887-019-15521-3>  
PMid:3176379 PMCID:PMC6555918
32. Cline BK BK, Vreman HJ, Faber K, Lou H, Donaldson KM, Amuabunosi E, et al. Phototherapy Device Effectiveness in Nigeria: Irradiance Assessment and Potential for Improvement. *J. Trop Pediatr*. 2013;59(4):5.  
<https://doi.org/10.1093/tropej/fmt027>  
PMid:23666953
33. Hulzebos CV CV. Irradiance levels of phototherapy devices: a national study in Dutch neonatal intensive care units. *J. Perinatol*. 2017;37(7):4.  
<https://doi.org/10.1038/jp.2017.13>  
PMid:28252660

DOI: Digital Object Identifier PMID: PubMed Identifier SU: Short URL

## Nota del Editor

La Revista Ecuatoriana de Pediatría permanece neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.