

Análisis de costoefectividad de la oximetría de pulso como prueba de detección de las cardiopatías congénitas críticas en México

Luis Antonio García-Benítez, MD, MSc,⁽¹⁾ Víctor Granados-García, PhD,⁽²⁾ Marcela Agudelo-Botero, PhD,⁽³⁾ Moisés Mier-Martínez, MD,⁽⁴⁾ Alexis Palacios-Macedo, MD,⁽⁵⁾ Luis Durán-Arenas, MD, PhD.⁽⁶⁾

García-Benítez LA, Granados-García V, Agudelo-Botero M, Mier-Martínez M, Palacios-Macedo A, Durán-Arenas L.

Análisis de costoefectividad de la oximetría de pulso como prueba de detección de las cardiopatías congénitas críticas en México.

Salud Pública Mex. 2022;64:377-384

<https://doi.org/10.21149/13553>

García-Benítez LA, Granados-García V, Agudelo-Botero M, Mier-Martínez M, Palacios-Macedo A, Durán-Arenas L.

Cost-effectiveness analysis of pulse oximetry as a screening test for critical congenital heart defects in Mexico.

Salud Pública Mex. 2022;64:377-384.

<https://doi.org/10.21149/13553>

Resumen

Objetivo. Realizar un análisis de costoefectividad de la oximetría de pulso como prueba de detección neonatal de las cardiopatías congénitas críticas (CCC) en México. **Material y métodos.** Se realizó un estudio de evaluación económica desde la perspectiva de los proveedores de servicios de salud. A través de un árbol de decisiones se comparó la examinación física versus la examinación física junto con la prueba de oximetría de pulso (POP). **Resultados.** Por cada 10 000 recién nacidos, la alternativa con la POP detectó 32 casos adicionales de CCC, con una razón de costoefectividad incremental de 1 219 USD y una probabilidad de costoefectividad mayor a 90% con una disposición a pagar de 25 000 USD por cada detección temprana. **Conclusión.** La costoefectividad de la POP, como tamiz neonatal cardíaco, es mayor en México que en países de altos ingresos, y representa una inversión costoefectiva para ganar años de vida en la población infantil de México.

Palabras clave: análisis costo-beneficio; cardiopatías congénitas; oximetría; tamiz neonatal

Abstract

Objective. To carry out a cost-effectiveness analysis of pulse oximetry as a newborn screening test for critical congenital heart defects (CCHD) in Mexico. **Materials and methods.** Economic evaluation study was conducted from the perspective of the health care provider. A decision tree model was used to compare between physical examination alone and pulse oximetry screening (POS) as an additional test to physical examination. **Results.** For every 10 000 newborns, the alternative with POS detected an additional 32 cases of CCHD, with an incremental cost-effectiveness ratio of USD 1 219, and at a willingness-to-pay threshold of USD 25 000 for each early detection, the probability of cost-effectiveness is more than 90%. **Conclusion.** The cost-effectiveness of POS, as a newborn screening for CCHD, is higher in Mexico than in high-income countries, and represents a cost-effective investment to gain years of life in the child population of Mexico.

Keywords: cost-benefit analysis; heart defects, congenital; oximetry; neonatal screening

- (1) Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Médicas, Odontológicas y de la Salud, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
 (2) Unidad de Investigación Epidemiológica y en Servicios de Salud, Área de Envejecimiento, Instituto Mexicano del Seguro Social. Ciudad de México, México.
 (3) Centro de Investigación en Políticas, Población y Salud, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
 (4) Laboratorio de Ecocardiografía, Instituto Nacional de Pediatría, Centro Pediátrico del Corazón ABC-Kardias. Ciudad de México, México.
 (5) División de Cirugía Cardiovascular, Instituto Nacional de Pediatría, Centro Pediátrico del Corazón ABC-Kardias. Ciudad de México, México.
 (6) Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Fecha de recibido: 10 de enero de 2022 • **Fecha de aceptado:** 5 de mayo de 2022 • **Publicado en línea:** 8 de julio de 2022

Autor de correspondencia: Dr. Luis Durán-Arenas. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Escolar 411A.

Copilco Universidad, Coyoacán. 04360 Ciudad de México, México

Correo electrónico: lduranarenas@gmail.com

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Las cardiopatías congénitas (CC) causan anualmente más de 250 000 muertes a nivel global, de las cuales 70% se concentran en menores de un año.¹ Estas enfermedades representan un problema de salud cada vez más grave y complejo en países de ingresos medios y bajos.¹⁻³ En México, las CC provocan más de 4 500 defunciones al año (CIE-10, Q200-Q269) y son la segunda causa de mortalidad en menores de cinco años.⁴

Con base en la prevalencia mundial, se puede estimar que en México nacen aproximadamente 20 000 niños con algún tipo de enfermedad congénita del corazón.⁵ Las CC tienen una incidencia de 4 a 15 por cada 1 000 recién nacidos,^{6,7} de éstos, entre 25 y 30% son considerados cardiopatías congénitas críticas (CCC), es decir, casos graves que requieren tratamiento quirúrgico o de intervención en los primeros días o meses de vida.^{8,9}

La detección temprana de las CC, definida como los diagnósticos realizados al nacimiento, ha demostrado mejora en la sobrevida a mediano y largo plazo.^{10,11} La prueba de oximetría de pulso (POP) es utilizada en varios países de ingresos altos como tamiz neonatal cardiaco (TNC).¹²⁻¹⁴ Sin embargo, en Latinoamérica, sólo Costa Rica ha logrado legislar y aplicar la POP a más de 90% de los recién nacidos.¹⁵ En México, en junio del 2021 fue aprobada la ley para la aplicación obligatoria del TNC, aunque actualmente se encuentra en elaboración de la Norma Oficial Mexicana.¹⁶ Por otro lado, existen evidencias del uso de la POP en diferentes países de la región de América Latina, pero de forma limitada.¹⁷

La efectividad de la POP ha sido estudiada ampliamente. Varios estudios han reportado una sensibilidad relativamente baja (76%), con una variación importante en los casos falsos positivos (0.14-1.8%).^{6,8,18} Esto ha causado una discusión sobre la permanencia de esta prueba dentro del programa de tamizaje neonatal, en especial, en los países de altos ingresos.¹⁹ Sin embargo, otros estudios reportan una mayor sensibilidad al combinar la examinación física (EF) con la POP (92%).⁷ Esto indica que existen varios factores que se deben considerar a la hora de recomendar la aplicación del TNC, como el algoritmo, la tecnología o la altitud sobre el nivel del mar.^{6,17}

La evidencia sobre la costoefectividad de la POP se ha documentado con diversos estudios, principalmente en países de altos ingresos.^{20,21} La POP es costoefectiva con respecto a otras alternativas, como la exploración física aislada o la ecocardiografía.²² En Latinoamérica existen escasos reportes de estudios económicos sobre estrategias basadas en la POP, por lo que el objetivo de este estudio es realizar un análisis de costoefectividad de la POP para la detección neonatal de las CCC en México.

Material y métodos

Diseño

Este es un estudio de evaluación económica completa, para el que se realizó un análisis de costoefectividad de la POP para la detección temprana de las CCC en México. El análisis se realizó desde la perspectiva de los proveedores de servicios de salud.

Definición clínica

Las CC fueron clasificadas en críticas y menores. Las CC que requieren tratamiento en el primer año de vida, ya sea quirúrgico o de intervención por cateterismo, fueron definidas como críticas. Dentro de este grupo se pueden distinguir aquellas CC conductodependientes, es decir, las que requieren intervención quirúrgica en el primer mes de vida (cuadro I).

Modelo de análisis de decisión

Para el análisis de costoefectividad se utilizó un modelo de árbol de decisiones, a través del cual se estimó el número de casos adicionales de CCC detectados de forma temprana con la POP, así como la razón de costoefectividad incremental (RCEI) y los beneficios monetarios netos asociados con el resultado de salud (BMN). El horizonte temporal del análisis fue una semana, ya que en este periodo fueron establecidas las mediciones de los costos y los beneficios de la evaluación. El periodo abarcó desde el momento del nacimiento hasta el alta hospitalaria (~2-7 días); al tratarse de un periodo menor a un año, no fue necesario realizar descuento de los costos y resultados en salud. Las estimaciones de costos y resultados esperados en salud se realizaron con el software TreeAge Pro Healthcare 2021* (figura 1). La prevalencia de CCC utilizada en el modelo de análisis de decisión fue de 19 por cada 10 000 recién nacidos.⁹

Descripción de las alternativas

La alternativa evaluada incluye tanto la POP como la EF, mientras que la alternativa de comparación es la sola EF, también denominada práctica clínica habitual (PCH). La PCH consiste en una EF realizada de forma rutinaria a todos los recién nacidos en las primeras horas de vida. La EF incluye la exploración cardiovascular de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA2-2016.²³ Es posible que en la PCH, en

* Williamstown, Massachusetts, USA

Cuadro I
DEFINICIÓN CLÍNICA Y PREVALENCIA DE CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS. MÉXICO, 2021.

Tipo de cardiopatía	Definición	Prevalencia*
Crítica	Conductodependiente: aquellas cardiopatías congénitas que requieren intervención quirúrgica en el primer mes de vida, como el síndrome de ventrículo izquierdo hipoplásico, transposición de grandes vasos, tronco arterioso, interrupción de arco aórtico y atresia pulmonar con septum íntegro.	14/4 281
Menor	Mayor: aquellas cardiopatías congénitas que requieren intervención quirúrgica en el primer año de vida, como la conexión anómala total de venas pulmonares y tetralogía de Fallot.	
Normal	Aquellas cardiopatías congénitas que requieran vigilancia o tratamiento médico en el primer año de vida o algún tratamiento correctivo posterior al año de vida, como la comunicación interauricular, comunicación interventricular, persistencia de conducto arterioso, coartación de aorta, entre otros.	30/4 281
	Sin alteraciones en el ecocardiograma	4 247/4 281

* Prevalencia del estudio clínico multicéntrico realizado en seis hospitales de México de julio 2018 a junio 2019

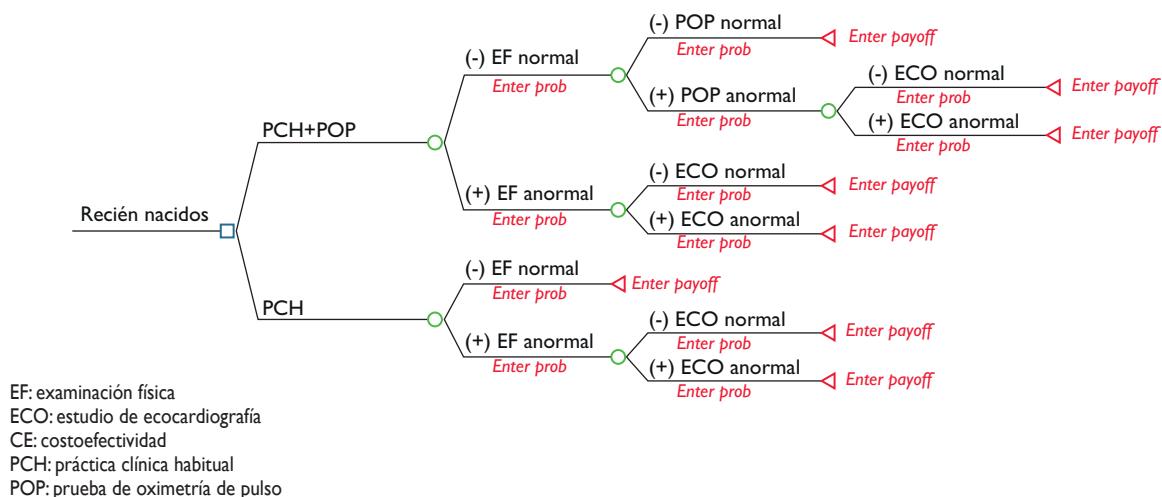


FIGURA I. MODELO DE ÁRBOL DE DECISIONES PARA ESTIMACIONES DE COSTOEFECTIVIDAD DE LA POP. MÉXICO, 2021

especial, en la obtención de los signos vitales, se realice la medición de la saturación arterial de oxígeno, aunque en este caso la medición sería de forma convencional y no con la tecnología y algoritmo utilizado en el protocolo de la POP. Los neonatos que presentaron algún signo o síntoma relacionado con CC durante la EF fueron sometidos inmediatamente a un estudio de ecocardiografía (ECO), el cual es considerado el estándar de oro para el diagnóstico de las CC.²⁴ Por otro lado, si el resultado de la EF fue normal o sin alteración, los recién nacidos fueron catalogados como “aparentemente sanos”.

En la alternativa PCH, los neonatos considerados “aparentemente sanos” fueron egresados del hospital en los primeros días de vida. Por otro lado, en la alternativa con la POP, los recién nacidos “aparentemente sanos” fueron tamizados con la oximetría de pulso antes del

egreso hospitalario. Los neonatos con resultado positivo fueron derivados al servicio de cardiología pediátrica para la realización de un ECO, con el fin de confirmar o descartar una CCC.

Datos utilizados en el modelo

Las probabilidades utilizadas en el modelo fueron calculadas a partir de dos fuentes principalmente (cuadro II). En primer lugar, se realizó una revisión sistemática de la literatura (RSL), para la cual fueron consultadas cuatro bases de datos (Medline a través de PubMed, Embase a través Ovid, LILACS y Cochrane Central). Para el algoritmo de búsqueda fueron utilizadas las palabras “Neonatal Screening”, “Heart Defects, Congenital” y “Oximetry”. Los documentos fueron seleccionados

bajo los siguientes criterios: trabajos originales de tipo transversal o de cohorte, trabajos publicados de 2002 a 2020, y artículos publicados en idioma español o inglés. Como resultado de la búsqueda fueron identificados 245 documentos, de los cuales nueve fueron seleccionados en este estudio.

En segundo lugar, la probabilidad de una POP positivo en un recién nacido “aparentemente sano” fue calculada a partir de un estudio clínico multicéntrico realizado de julio 2018 a junio 2019 en seis centros materno-infantiles de México. Los centros fueron seleccionados conforme a la altitud sobre el nivel del mar, ya que el objetivo principal del estudio clínico multicéntrico fue evaluar el efecto de la altura sobre la saturación arterial de oxígeno y, en consecuencia, sobre la efectividad de la POP. En el estudio clínico fueron tamizados 4 281 recién nacidos, de los cuales 80 resultaron positivo a la POP; de estos fueron confirmados 14 casos con CCC a través del ECO.

Cabe señalar que el protocolo para el estudio clínico obtuvo la aprobación del Comité de Ética e Investigación de cada centro participante, así como el consentimiento informado de los tutores de cada neonato tamizado. El estudio clínico se encuentra en proceso de publicación y fue presentado en el congreso nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Cardiopatías Congénitas (AMECC2021).²⁵

Costos

Para el análisis de costos se incluyeron tres conceptos: 1) el costo del equipamiento para la aplicación de la POP (monitor, cable y sensor reutilizable), 2) el costo del personal de salud que aplica la POP, y 3) el costo del estudio de ECO. Para la alternativa PCH, sólo se consideró el costo del ECO, mientras que para la alternativa

con POP fueron considerados los tres conceptos. El costo de la EF no fue calculado, ya que se realiza en ambas alternativas y no modifica la estimación de la relación de costoefectividad.

Todos los costos son presentados en dólares de Estados Unidos de América (USD), basado en el valor promedio de 2020 (1 USD=19.98 MXN). Asimismo, los cálculos se realizaron a partir de precios de mercado para el mismo año. Se consultaron diferentes empresas proveedoras para calcular el costo del equipamiento, el cual fue de 0.59 USD por cada recién nacido tamizado, sin considerar costos indirectos como la electricidad o insumos de limpieza. Para el costo del personal de salud, se revisó el tabulador de salarios de una enfermera general, y a través de una consulta a los servicios encargados de la aplicación de la POP se determinó el tiempo promedio requerido para tamizar cada recién nacido (15 minutos considerando tiempo de registro y de descanso). Este costo se estableció en 1.53 USD. De esta manera, el costo total de la aplicación de la POP por cada neonato fue de 2.12 USD. El costo del ECO se estimó en 99.89 USD, para lo cual fueron consultados vía telefónica y/o página web los tabuladores tanto de instituciones públicas como privadas (cuadro II).

Análisis de sensibilidad

Se realizaron análisis de sensibilidad determinístico y probabilístico. En el primer caso, se realizaron análisis de una y dos vías, donde fueron modificadas las probabilidades y los costos de la POP. Todas las estimaciones fueron calculadas para 10 000 recién nacidos. La variabilidad mínima y máxima de cada parámetro se obtuvo de las fuentes mencionadas anteriormente (cuadro II). Las estimaciones realizadas, tanto al caso base como a los escenarios alternativos, fueron la efectividad de de-

Cuadro II
PROBABILIDADES Y COSTOS DEL MODELO DE ANÁLISIS DE DECISIÓN. MÉXICO, 2021

Definición	Probabilidad y costo basal*	Mínimo y máximo	Distribución (parámetros) [‡]	Fuentes
Probabilidad de una examinación física anormal	0.0214	.0165-.0921	Gamma (.0426, .0428)	RSL
Probabilidad de un ECO positivo dada una EF anormal	0.0157	.0135-.0186	Gamma (.0187, .0131)	RSL
Probabilidad de una POP positivo dada una EF normal	0.0187	.0069-.0391	Gamma (.0164, .0169)	Estudio clínico
Probabilidad de un ECO positivo dada una POP anormal	0.1750	.1127-.3333	Gamma (.1802, .1349)	Estudio clínico
Costo de un estudio de ECO	99.89	88.19-117.93	Triangular (mín., máx.)	Consulta
Costo de la aplicación de POP	2.12	0.92-4.13	Triangular (mín., máx.)	Consulta

ECO: ecocardiografía; EF: examinación física; POP: prueba de oximetría de pulso; RSL: revisión sistemática de la literatura.

* Los costos son en dólares americanos; promedio 2020 de 19.98 pesos mexicanos por cada dólar.

‡ Distribución de probabilidades para análisis de sensibilidad probabilístico: media y desviación estándar para distribución gamma, mínimo y máximo para distribución triangular.

tección de las CCC, el costo total para cada alternativa, la RCEI y el BMN.

Para estimar el BMN, así como el análisis de sensibilidad probabilístico, fue necesario establecer una disposición a pagar (DAP) inicial. Esta DAP, establecida en 10 000 USD por cada detección temprana de CCC, fue determinada con base en el producto interno bruto (PIB) per cápita del país (2020=8 346 USD).²⁶ Bajo dicho supuesto, se realizó una curva de aceptabilidad de la costoefectividad con simulación de Monte Carlos (1 000 iteraciones), donde se utilizó una distribución triangular para los costos y una distribución gamma para las probabilidades (cuadro II).

Resultados

Caso base

A través del modelo se estimó que la aplicación de la oximetría de pulso junto con la EF puede detectar 32 casos adicionales de CCC, por cada 10 000 recién nacidos. El costo adicional para detectar estos nuevos casos fue de 39 000 USD, y la RCEI, es decir, el costo para detectar un

caso adicional de CCC de forma temprana, fue de 1 219 USD. Con base en estas estimaciones, la aplicación de la POP, aunado a la EF, sería costoefectiva en México, ya que la RCEI es ocho veces menor a la DAP establecida. El modelo también fue utilizado para calcular el BMN, el cual representa 281 000 USD por cada 10 000 tamizajes (cuadro III).

Análisis de sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad determinístico se establecieron cinco escenarios diferentes al caso base, donde se observaron variaciones de la RCEI que va desde 576 hasta 2 552 USD. De la misma manera, se calculó el BMN de cada escenario, variando entre 75 500 y 444 500 USD por cada 10 000 tamizajes. Las estimaciones de las detecciones incrementales con la POP oscilaron entre 10 y 50 casos de CCC (cuadro III). En cuanto al análisis de sensibilidad probabilístico, se puede observar en la curva de aceptabilidad una probabilidad de costoefectividad de 69%, con una DAP de 5 000 USD por cada detección temprana de CCC, mientras que esta probabilidad asciende a más de 90% con una DAP de 25 000 USD (figura 2).

Cuadro III
COSTOEFECTIVIDAD Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD POR CADA 10 000 RECIÉN NACIDOS.
México, 2021

Estrategias y alternativas	Costo total estimado (USD)*	Diferencia en costo (USD)	Efectividad de detección de CCC	Detección incremental	RCEI (USD)	BMN (USD)
Escenario 1: Caso base						
A (EF)	21 400	---	3	---	---	---
B (EF + POP)	60 400	39 000	35	32	1 219	281 000
Escenario 2: Probabilidad máxima de detección de CCC con la POP						
A (EF)	29 000	---	10	---	---	---
B (EF + POP)	84 500	55 500	60	50	1 111	444 500
Escenario 3: Probabilidad mínima de detección de CCC con la POP						
A (EF)	29 000	---	10	---	---	---
B (EF + POP)	53 500	24 500	20	10	2 458	75 500
Escenario 4: Costo mínimo de la aplicación de la POP						
A (EF)	14 000	---	3	---	---	---
B (EF + POP)	37 000	23 000	35	32	576	297 000
Escenario 5: Costo máximo de la aplicación de la POP						
A (EF)	14 000	---	3	---	---	---
B (EF + POP)	68 700	54 700	35	32	1 368	265 300
Escenario 6: Costo y probabilidad máximos de detección de CCC con la POP						
A (EF)	17 000	---	0	---	---	---
B (EF + POP)	93 500	76 500	30	30	2 552	223 500

BMN: beneficio monetario neto; CCC: cardiopatías congénitas críticas; EF: examinación física; POP: prueba de oximetría de pulso; RCEI: razón de costo efectividad incremental.

*Los costos son en dólares americanos, promedio 2020 de 19.98 pesos mexicanos por cada dólar.

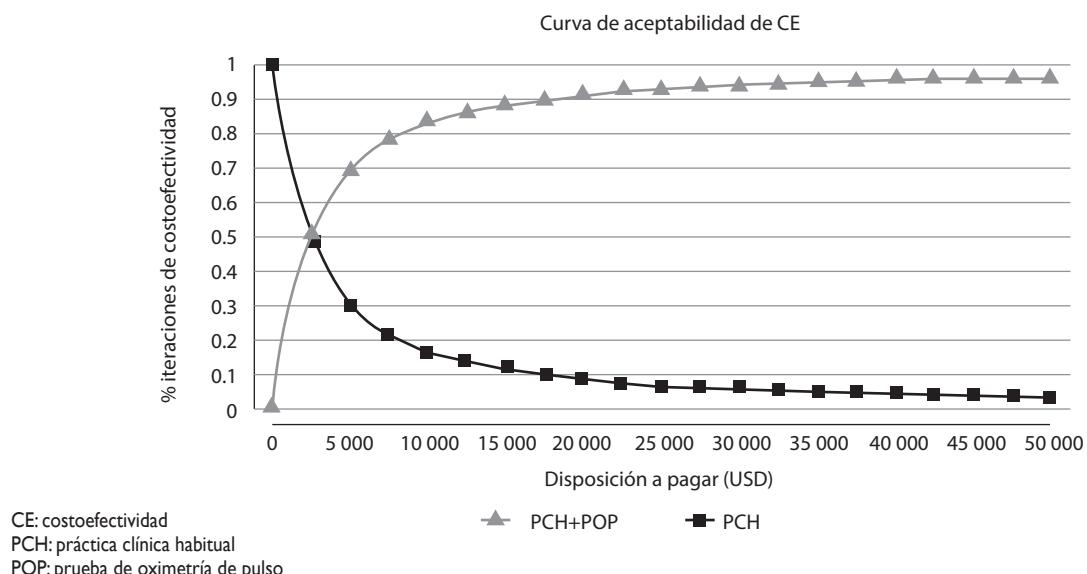


FIGURA 2. CURVA DE COSTOACEPTABILIDAD DE ESTRATEGIAS PARA DETECCIÓN TEMPRANA DE LAS CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS CRÍTICAS. México, 2021

Discusión

Desde hace más de dos décadas se ha estudiado la utilidad de la oximetría de pulso como prueba para detectar las enfermedades congénitas del corazón,^{27,28} aunque su introducción como programa de tamiz neonatal cardíaco (TNC) fue hasta 2011.¹⁵ Las primeras evaluaciones económicas sobre la oximetría de pulso fueron realizadas por Knowles y colaboradores en 2005,²⁸ pero hasta 2012 se reportaron análisis de costoefectividad basados en datos de estudios clínicos.²⁰ Estos estudios proporcionaron evidencias para la legislación del TNC en países de ingresos altos.

En este estudio se estimó una detección adicional de 32 casos de CCC por cada 10 000 recién nacidos con la POP, lo que difiere de forma importante con el estudio de Griebisch²² y de Roberts,²⁰ quienes reportaron sólo cuatro y tres casos adicionales, respectivamente. Existen tres razones importantes que pueden explicar esta marcada diferencia: en primer lugar, la alta prevalencia de las CCC observada en el estudio clínico multicéntrico, 14 CCC de 4 281 recién nacidos tamizados, una prevalencia mayor a lo reportado por otros estudios como el de Roberts, donde se encontraron sólo 12 casos de CCC en 20 032 tamizados.²⁰ Esta mayor prevalencia en el estudio clínico multicéntrico podría explicarse en parte por la proporción (>50%) de la población que vive a una altitud mayor a 1 500 metros sobre el nivel del mar, ya que la altitud puede aumentar la prevalencia de estas enfermedades.²⁹ En segundo lugar, la falta de detección temprana con la PCH; este déficit juega un papel importante en el aumento de

los casos adicionales, ya que actualmente sólo se detectan tres casos de CCC por cada 10 000 recién nacidos, a diferencia de los nueve casos reportados en el trabajo de Roberts.²⁰ Por último, el factor más importante es la falta de programas de detección prenatal en el país. En México, se estima que menos de 5% de las CCC son detectados en etapa fetal,⁴ a diferencia de los países de altos ingresos donde más de la mitad de los diagnósticos se hacen en esta etapa.⁹

El costo estimado de la POP por cada recién nacido (2.12 USD) es similar a lo reportado por Reeder y colaboradores, en particular con la opción de sensores reutilizables (2.60 USD).³⁰ Otros estudios han reportado costos superiores, que van desde 5.10 hasta 24.52 USD.^{20,30-32} Estas variaciones obedecen, principalmente, a los tipos de sensores, donde el costo del sensor desechable es muy superior al costo del reutilizable. Otro concepto que influye en el costo es el tipo de personal de salud, ya que, a mayor especialización, el costo es más elevado.

En este estudio se estimó una RCEI (1 219 USD) muy inferior a la reportada por Roberts (32 840 USD) o Peterson (20 862 USD).^{20,21} Esta diferencia se debe, primordialmente, a la efectividad de la prueba, es decir, a una mayor detección de los casos. Como se mencionó anteriormente, la falta de detección con la PCH u otros métodos, como el diagnóstico prenatal, hace que la detección de las CCC a través de la POP sea más efectiva en regiones de medianos y bajos ingresos. Por otro lado, el costo de la aplicación de la POP influye de forma importante en la estimación de la RCEI, ya que este parámetro puede disminuir hasta 576 USD al asumir

valores mínimos de la POP en el análisis de sensibilidad determinístico.

Con base en los resultados del análisis de sensibilidad probabilístico, la POP como TNC sería costoefectiva en México, sobre todo asumiendo una ganancia de cinco años de vida por cada detección temprana.²⁰ Ante este supuesto, la DAP por cada año de vida ganada (5 000 USD) representaría menos del valor de un PIB per cápita del país, recomendaciones utilizadas actualmente.³³ Los autores del presente estudio consideran que en las regiones de bajos y medianos ingresos la detección temprana de una CCC puede generar la ganancia de muchos años de vida, ya que en estas regiones es probable que los recién nacidos que no sean detectados a tiempo fallezcan en los primeros días o semanas de vida.

Una de las limitaciones del estudio es el horizonte temporal transversal (una semana) y la falta de una medida en salud más comparable, como años de vida ajustados por calidad (QALY) o años de vida ajustados por discapacidad (DALY). A pesar de esto, se puede concluir que la POP representa una inversión costoefectiva para ganar años de vida en la población infantil de México y, por ende, se recomienda su aplicación a nivel nacional como TNC. Esto podría implicar la detección anual de al menos 2 000 casos de CCC adicionales a las detectadas actualmente y, a su vez, significaría una mayor carga de atención para el sistema de salud, por lo que sería necesario analizar los procesos de atención vigente, para que los niños detectados tempranamente tengan un acceso efectivo a los servicios de salud.

Financiamiento

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (Conacyt) de México, a través del programa de Becas Nacionales (Nro. Convocatoria: 291236 / Nro. Beca: 480908).

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. GBD 2017 Congenital Heart Disease Collaborators. Global, regional, and national burden of congenital heart disease, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet Child Adolesc Health.* 2020;4(3):185-200. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(19\)30402-X](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30402-X)
2. Jenkins KJ, Castañeda AR, Cherian KM, Couser CA, Dale EK, Gauvreau K, et al. Reducing mortality and infections after congenital heart surgery in the developing world. *Pediatrics.* 2014;134(5):e1422-e1430. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-0356>
3. Bastero P, Staveski SL, Zheleva B, Scanlan E, Cabrera AG, Araujo A, et al. Partnership models for the establishment of sustainable paediatric cardiac surgical and cardiac intensive care programmes in low-and middle-income countries. *Cardiol Young.* 2017;27(S6):S55-S60. <https://doi.org/10.1017/S1047951117002621>
4. Secretaría de Salud de México. CubosDinamicos.gob.mx. México: Secretaría de Salud de México/Dirección General en Información en Salud (DGIS), 2020 [citado abril 10, 2022]. Disponible en: http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/BD_Cubos_gobmx.html
5. Van Der Linde D, Konings EE, Slager MA, Witsenburg M, Helbing WA, Takkenberg JJ, et al. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: A systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(21):2241-7. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.08.025>
6. Plana MN, Zamora J, Suresh G, Fernandez-Pineda L, Thangaratinam S, Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018;3(3):CD011912. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011912.pub2>
7. Aranguren HC, Londoño D, Troncoso GA, Dominguez MT, Taborda A, Fonseca A, et al. Oximetry and neonatal examination for the detection of critical congenital heart disease: a systematic review and meta-analysis. *F1000Res.* 2019;8:242. <https://doi.org/10.12688/f1000research.17989.1>
8. Mahle WT, Newburger JW, Matherne GP, Smith FC, Hoke TR, Koppel R, et al. Role of pulse oximetry in examining newborns for congenital heart disease: a scientific statement from the AHA and AAP. *Pediatrics.* 2009;124(2):823-36. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-1397>
9. Bakker MK, Bergman JE, Krikov S, Amar E, Cocchi G, Cragan J, et al. Prenatal diagnosis and prevalence of critical congenital heart defects: an international retrospective cohort study. *BMJ Open.* 2019;9(7):e028139. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028139>
10. Eckersley L, Sadler L, Parry E, Finucane K, Gentles TL. Timing of diagnosis affects mortality in critical congenital heart disease. *Arch Dis Child.* 2016;101(6):516-20. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2014-307691>
11. Peterson C, Ailes E, Riehle-Colarusso T, Oster ME, Olney RS, Cassell CH, et al. Late detection of critical congenital heart disease among us infants: estimation of the potential impact of proposed universal screening using pulse oximetry. *JAMA Pediatr.* 2014;168(4):361-70. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2013.4779>
12. Granelli A, Meberg A, Ojala T, Steensberng J, Oskarsson G, Mellander M. Nordic pulse oximetry screening – implementation status and proposal for uniform guidelines. *Acta Paediatr.* 2014;103(11):1136-42. <https://doi.org/10.1111/apa.12758>
13. Mikrou P, Singh A, Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects: a repeat UK national survey. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2017;102(6):F558. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-313378>
14. Mahle WT, Martin GR, Beekman RH, Morrow WR, Section on Cardiology and Cardiac Surgery Executive Committee. Endorsement of health and human services recommendation for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics.* 2012;129(1):190-2. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-3211>
15. Martin GR, Ewer AK, Gaviglio AML, Hom LA, Saarinen AM, Sontag MP, et al. Updated strategies for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics.* 2020;146(1):e20191650. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-1650>
16. Diario Oficial de la Federación. DECRETO por el que se adiciona una fracción II Bis al artículo 61 de la Ley General de Salud. Secretaría de Gobernación [internet]. Ciudad de México: DOF, 2021 [citado abril 10, 2022]. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5619922&fecha=01/06/2021
17. Sola A, Rodríguez S, Young A, Varela LL, Villamayor RM, Cardetti M, et al. CCHD screening implementation efforts in Latin American countries by the Ibero American Society of Neonatology (SIBEN). *Int J Neonatal Screen.* 2020;6(1):21. <https://doi.org/10.3390/ijns6010021>

18. Thangaratinam S, Brown K, Zamora J, Khan KS, Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborn babies: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2012;379(9835):2459-64. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60107-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60107-X)
19. Ewer AK, Deshpande SA, Gale C, Stenson BJ, Upton M, Evans C, et al. Potential benefits and harms of universal newborn pulse oximetry screening: response to the UK National Screening Committee public consultation. *Arch Dis Child*. 2020;105(11):I128-9. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2019-317859>
20. Roberts TE, Barton PM, Auguste PE, Middleton LJ, Furmston AT, Ewer AK. Pulse oximetry as a screening test for congenital heart defects in newborn infants: a cost-effectiveness analysis. *Arch Dis Child*. 2012;97(3):221-6. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2011-300564>
21. Peterson C, Grosse SD, Oster ME, Olney RS, Cassell CH. Cost-effectiveness of routine screening for critical congenital heart disease in US newborns. *Pediatrics*. 2013;132(3):e595-e603. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-0332>
22. Griebsch I, Knowles RL, Brown J, Bull C, Wren C, Dezateux CA. Comparing the clinical and economic effects of clinical examination, pulse oximetry, and echocardiography in newborn screening for congenital heart defects: a probabilistic cost-effectiveness model and value of information analysis. *Int J Technol Assess Health Care*. 2007;23(2):192-204. <https://doi.org/10.1017/S0266462307070304>
23. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA2-2016, Para la atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio, y de la persona recién nacida. Ciudad de México: DOF, 2016 [citado abril 10, 2022]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5432289&fecha=07/04/2016
24. Ewer AK, Furmston AT, Middleton LJ, Deeks J, Daniels J, Pattison H, et al. Pulse oximetry as a screening test for congenital heart defects in newborn infants: a test accuracy study with evaluation of acceptability and cost-effectiveness. *Health Technol Assess*. 2012;16(2):I-184. <https://doi.org/10.3310/hta16020>
25. Mier-Martínez M, García-Benítez L, Santiago-Vázquez V. Tamiz cardiológico neonatal en México. Estudio multicéntrico. En: VI Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Cardiopatías Congénitas (AMECC2021); 2021 jun 10-12; Los Cabos (BCS), México.
26. WHO Commission on Macroeconomics and Health & World Health Organization. Macroeconomía y salud: invertir en salud en pro del desarrollo económico: informe de la Comisión sobre Macroeconomía y Salud. Sinopsis. Ginebra: OMS, 2001 [citado abril 10, 2022]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42465>
27. Hoke TR, Donohue PK, Bawa PK, Mitchell RD, Pathak A, Rowe PC, et al. Oxygen saturation as a screening test for critical congenital heart disease: a preliminary study. *Pediatr Cardiol*. 2002;23(4):403-9. <https://doi.org/10.1007/s00246-002-1482-8>
28. Knowles R, Griebsch I, Dezateux C, Brown J, Bull C, Wren C. Newborn screening for congenital heart defects: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess*. 2005;9(44):I-152. <https://doi.org/10.3310/hta9440>
29. González-Andrade F. High altitude as a cause of congenital heart defects: a medical hypothesis rediscovered in Ecuador. *High Alt Med Biol*. 2020;21(2):126-34. <https://doi.org/10.1089/ham.2019.0110>
30. Reeder MR, Kim J, Nance A, Krikov S, Feldkamp ML, Randall H, et al. Evaluating cost and resource use associated with pulse oximetry screening for critical congenital heart disease: empiric estimates and sources of variation. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol*. 2015;103(11):962-71. <https://doi.org/10.1002/bdra.23414>
31. Peterson C, Dawson A, Grosse S, Riehle-Colarusso T, Olney R, Tanner J, et al. Hospitalizations, costs, and mortality among infants with critical congenital heart disease: how important is timely detection? *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol*. 2013;97(10):664-72. <https://doi.org/10.1002/bdra.23165>
32. Kochilas LK, Lohr JL, Bruhn E, Borman-Shoap E, Gams BL, Pylipow M, et al. Implementation of critical congenital heart disease screening in Minnesota. *Pediatrics*. 2013;132(3):e587-e594. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-0803>
33. Woods B, Revill P, Sculpher M, Claxton K. Country-level cost-effectiveness thresholds: initial estimates and the need for further research. *Value Health*. 2016;19(8):929-35. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2016.02.017>