

Revista de  
**Salud Pública**

Journal of Public Health



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

VOLÚMEN 22 • NÚMERO 2 • MARZO - ABRIL • 2020  
VOLUME 22 • ISSUE 2 • MARCH - APRIL • 2020



# Revista de *Salud Pública* Journal of *Public Health*

EDITOR  
Carlos A. Agudelo C.

---

## EDITORES ASISTENTES

Álvaro Javier Idrovo V. MD., M. Sc., Ph.D. UIS  
Luis Jorge Hernández. MD., M. Sc., Ph.D. U. Andes  
Jesús Ortega Bolaños. MD., M. Sc., Ph.D. \*  
Carlos H. Arango B. MD., M. Sc. Ph.D. (C) Fundación Salutia

Juan Carlos García U. MD., M. Sc., Ph.D. \*  
Olga Luz Peñas F. T.O., M. Sc., Ph.D. (C)\*  
Miriam Ruiz R. ENF. M. Sc., Ph.D. UIS  
Ricardo Sánchez P. MD., M. Sc. \*

EDICIÓN TÉCNICA  
Jazmín Beltrán Morera. CS-P. Esp \*

EDICIÓN ELECTRÓNICA  
Edgar Prieto Suárez. MD. M. Sc. \*

CORRESPONSAL - REGIÓN OCCIDENTE  
Maylen L. Rojas-Botero. G. Sis; Ph. D.(c), M. Sc. Universidad de Antioquia.

CORRESPONSAL - REGIÓN ATLÁNTICA Y CARIBE  
Karen Almanza-Vides. Eco. Ph. D., M. Sc. Universidad de la Guajira

## COMITÉ EDITORIAL - EDITORIAL COMMITTEE

Fernando De la Hoz R. MD., M. Sc., Ph.D. \*  
Javier H. Eslava S. MD., M. Sc., Ph.D. \*  
Diana Obregón. Ph.D., Historia \*  
Luis C. Villamil. MD., Ph.D., Medicina Veterinaria. U de la Salle

## EDITORES ASOCIADOS INTERNACIONALES INTERNATIONAL ASSOCIATE EDITORS

Laurece G., Branch. MD., Ph.D., University of South Florida (Estados Unidos)  
Fernando Alvarado. MD., M.P.H. (Estados Unidos)  
Eduardo Gottuzzo. MD., M. Sc. (Perú)  
Ramón Granados. MD., Ph.D. (Venezuela)  
Alejandro Llanos. MD., Ph.D. (Perú)  
Patrice Lepape. Ph.D. (Francia)

## COMITÉ CIENTÍFICO - SCIENTIFIC COMMITTEE

Sten Vermund. MD., Ph.D. (Estados Unidos)  
Fabio Zicker. MD., Ph.D. (Ginebra, TDR-OMS)  
Miguel González-Block. Ph.D. (Ginebra, Alliance-OMS)  
Ligia Moncada. M. Sc. (Colombia) \*

(\*) Universidad Nacional de Colombia

---

Diagramación: Camilo Cardona

Política de salud / Health policy  
Foto / Photograph: Jazmín Beltrán Morera





## Revista de Salud Pública

La Revista de Salud Pública de la Universidad Nacional de Colombia se dedica a difundir los resultados de investigaciones y conocimientos, por medio de la publicación de artículos originales que contribuyan al estudio de la salud pública y disciplinas relacionadas, y a su utilización como herramientas para mejorar la calidad de vida de la población. La audiencia de la revista la conforman los profesionales de la salud, de las ciencias sociales y humanas y de otras profesiones que comparten intereses con la salud pública.

Impresión: Digiprint Editores S.A.S., Bogotá D.C.

**Manuscritos y Correspondencia:** Enviar a Editor Revista de Salud Pública. Instituto de Salud Pública, Facultad de Medicina, Oficina 318, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, DC, ZP 6A, Colombia. Tel. 571-3165000 Ext. 15035. E-mail: caagudoloc@unal.edu.co

**Información Sobre Preparación de Manuscritos:** En esta edición se publica la Guía abreviada para la preparación de manuscritos. El documento Información e instrucciones a los autores se envía por correo o por fax a quien lo solicite por escrito, o se puede obtener en el sitio web: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=0124-0064&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_serial&pid=0124-0064&lng=en&nrm=iso). Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y no representan los criterios de la Revista de Salud Pública, ni de la Universidad Nacional de Colombia.

**Suscripción:** La Revista de Salud Pública tiene una frecuencia bimestral (seis números al año). Circula los meses de Febrero, Abril, Junio, Agosto, Octubre y Diciembre. Los números de un año se agrupan en un volumen, comenzando por el de Febrero. Suscripción anual: 40 000 pesos (US \$ 30), para América Latina y el Caribe; US \$ 50 para USA y Canadá; US \$ 65 para otras regiones. Para suscribirse, utilice el formato ubicado al final de la Revista.

**Reproducción e Impresos:** Se autoriza la fotocopia de artículos y textos para fines de uso académico o interno de las instituciones, citando la fuente. Para impresos dirija la solicitud a Administración Revista de Salud Pública. Departamento de Salud Pública y Tropical. Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, DC, ZP 6A, Colombia.

**Publicidad:** La aceptación de publicidad no implica aprobación ni respaldo de los respectivos productos o servicios por la Revista de Salud Pública, ni por la Universidad Nacional de Colombia. Tel: 571-3165405.

**Acceso en Línea:** <http://www.scielosp.org> - <http://www.scielo.org.co>

Disponible desde el Vol. 1 No. 1, texto completo, instrucciones a los autores y suscripciones.

**Indexada por:** Index Medicus-MEDLINE, Librería Electrónica Científica en Línea – SciELO, ([www.scielosp.org](http://www.scielosp.org); [www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)) Literatura Latino-Americana y del Caribe en Ciencias de la Salud-LILACS, Índice Latinoamericano de Revistas Científicas y Tecnológicas-LATINDEX, Índice Nacional de Publicaciones Seriadas Científicas y Tecnológicas Colombianas (Publindex-Categoría A1), Informe Académico-Thomson Gale, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal-REDALYC, EBSCO, Scopus – Elsevier. Thomson Reuters (antes: Institute of Science Information - ISI) -SciELO Citation Index - : Opción: todas las Base de datos: <https://goo.gl/B6qFXF>. Opción: SciELO Citation Index: <https://goo.gl/YtwHwc>.

Impresa en papel libre de ácido, desde Vol. 1, número 1, año 1999  
ISSN 0124-0064 - Rev. salud pública

© 2016 Instituto de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia

## Journal of Public Health

The Universidad Nacional de Colombia's Journal of Public Health broadcasts research results and knowledge, by publishing original articles contributing to the study of public health and related disciplines, and their use as tools for improving the population's quality of life. The Journal's audience comprises those professionals working in the areas of health, social and human sciences and other professions sharing a common interest with public health. Printed by: Digiprint Editores S.A.S., Bogotá D.C.

**Manuscripts and Correspondence:** Send material to the Editor, Journal of Public Health. Instituto de Salud Pública, Facultad de Medicina, Oficina 318, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, DC, ZP 6A, Colombia. Tel. 571-3165000 Ext. 15035. E-mail: caagudeloc@unal.edu.co

**Information Concerning Manuscript Preparation:** The Condensed Guide for the Preparation of manuscripts is published in this edition. Details concerning the type of manuscripts that will be considered for publication, and preparing the same, can be found in, "Information and Instructions for Authors". These can be sent by E-mail or fax to anyone asking for them in writing, or can be obtained at the following web-site: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=0124-0064&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_serial&pid=0124-0064&lng=en&nrm=iso). The opinions expressed by the authors are their exclusive responsibility and do not represent the criteria of the Journal of Public Health, nor those of the Universidad Nacional de Colombia.

**Subscriptions:** The Journal of Public Health is published every two months (six issues per year). It comes out in February, April, June, August, October and December). The numbers for a year are grouped into one volume, commencing with that for February. Annual subscription: US \$30 for Latin-America and the Caribbean; US \$50 for the USA and Canada; US \$65 for other regions. To subscribe, use the form on the Journal's last page.

**Reproduction and Reprints:** Photocopying of articles and text is authorized for Institutions' academic or internal use; the source must be cited. To obtain printed copies, please address your request to: Administración Revista de Salud Pública, Departamento de Salud Pública y Tropical, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, DC, ZP 6A, Colombia.

**Advertising:** Acceptance of advertising does not imply the approval nor backing of such respective products or services by the Journal of Public Health, nor by the Universidad Nacional de Colombia. Tel: 571-3165405.

**On-line access:** <http://www.scielosp.org> - <http://www.scielo.org.co>  
The Journal is available from Vol. 1 No. 1, full text, author instructions and subscriptions. Electronic

**Indexed by:** Index Medicus-MEDLINE, Librería Electrónica Científica en línea – SciELO, ([www.scielosp.org](http://www.scielosp.org); [www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)) Literatura Latino-Americana y del Caribe en Ciencias de la Salud-LILACS, Índice Latinoamericano de Revistas Científicas y Tecnológicas-LATINDEX, Índice Nacional de Publicaciones Seriadas Científicas y Tecnológicas Colombianas (Publindex-Categoría A1), Informe Académico-Thomson Gale, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal-REDALYC, EBSCO, Scopus – Elsevier. Thomson Reuters (antes: Institute of Science Information - ISI) -SciELO Citation Index - : Opción: todas las Base de datos: <https://goo.gl/diFBSR>. Opción: SciELO Citation Index: <https://goo.gl/eqqpP9>.

Printed on acid-free paper, effective with Volume 1, issue 1, 1999  
ISSN 0124-0064 - Rev. salud pública

© 2016 Instituto de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia

## Contenido

**ARTÍCULOS / INVESTIGACIÓN**

- 117 Proyecciones de impacto de la pandemia COVID-19 en la población colombiana, según medidas de mitigación. Datos preliminares de modelos epidemiológicos para el periodo del 18 de marzo al 18 de abril de 2020  
*Valentina González-Jaramillo, Nathalia González-Jaramillo, Carlos Gómez-Restrepo, Carlos A. Palacio-Acosta, Arley Gómez-López y Oscar H. Franco*
- 123 Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia  
*Fred G. Manrique-Abril, Carlos A. Agudelo-Calderon, Víctor M. González-Chordá, Oscar Gutiérrez-Lesmes, Cristian F. Téllez-Piñerez y Giomar Herrera-Amaya*
- 132 Predicciones de un modelo SEIR para casos de COVID-19 en Cali, Colombia  
*Delia Ortega-Lenis, David Arango-Londoño, Edgar Muñoz, Daniel E. Cuartas, Diana Caicedo, Jorge Mena, Miyerlandi Torres y Fabian Mendez*
- 138 Análisis espacio-temporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia  
*Daniel E. Cuartas, David Arango-Londoño, Gissel Guzmán-Escarria, Edgar Muñoz, Diana Caicedo, Delia Ortega, Andrés Fandiño-Losada, Jorge Mena, Miyerlandi Torres, Lena Barrera y Fabián Méndez*
- 144 Impacto de diferentes medidas de mitigación en el curso de la pandemia de COVID-19 en Chile: proyección preliminar para el período del 14 de abril al 14 de mayo  
*Carolina Ochoa-Rosales, Nathalia González-Jaramillo, Aldo Vera-Calzaretta y Oscar H. Franco*
- 150 Valoración de la implementación de medidas preventivas por parte del pueblo iraquí para reducir la propagación de la pandemia de COVID-19  
*Rawaa Kamel Abd and Vinoth Raman*
- 155 Pandemia de la COVID-19 y las Políticas de Salud Pública en el Perú: marzo-mayo 2020  
*Jorge R. Gonzales-Castillo, Luis Varona-Castillo, Moisés G. Domínguez-Morante y Víctor R. Ocaña-Gutierrez*
- 164 Cuarentena por COVID-19 en un profesional de la salud: dimensión psicológica, social y familiar  
*Consuelo Vélez-Álvarez, Natalia Sánchez-Palacio y Diana P. Betancurth-Loaiza*
- 169 SARS-CoV.2/COVID-19 en Colombia: tendencias, predicciones y tensiones sobre el sistema sanitario  
*Jennifer P. Correa-Cuadros, Manuel A. Muñoz-Rodríguez*
- 178 Severidad, susceptibilidad y normas sociales percibidas como antecedentes de la intención de vacunarse contra COVID-  
*Judith Cavazos-Arroyo y Concepción Pérez de Celis-Herrero*
- 185 Condiciones en la frontera sur entre Colombia y Venezuela ante la pandemia de COVID-19  
*Adriana Ardila-Sierra, Levinson Niño-Leal, Diana Rivera-Triana, María I. Sarmiento-Medina y Juan P. Alzate*
- 194 Estimación del intervalo serial y número reproductivo básico para los casos importados de COVID-19  
*Jorge M. Estrada-Álvarez, Juan J. Ospina-Ramírez, Maryluz Hincapié-Acuña y María del Pilar Gómez-González*
- 198 Morbilidad y mortalidad por COVID-19 en Latinoamérica: estudio en tres países - febrero a julio de 2020  
*Rosibel Prieto-Silva, Carlos A. Sarmiento-Hernández y Fabián Prieto-Silva*
- 205 Riesgo de transmisión de SARS-CoV-2: evaluación espacial multicriterio en un municipio de Colombia, 2020  
*Larry Niño, Oscar Gutiérrez-Lesmes; Cesar A. Diaz-Celis y Fred Manrique-Abril*

- 214    Aplicativo web para el seguimiento del COVID-19 en Colombia. Estudio de caso: cinco ciudades principales  
*Daniel Aristizábal-Torres, Cesar A. Peñuela-Meneses y Ana M. Barrera-Rodríguez*

#### **REVISIÓN**

- 220    Desigualdades sociales en la mortalidad de niños menores de cinco años: revisión sistemática  
*Maylen L. Rojas-Botero, Yadira E. Borrero-Ramírez y Flor de María Cáceres-Manrique*
- 238    Respuestas de salud pública para manejo de la COVID-19 en centros de reclusión. Revisión de literatura  
*Víctor H. Piñeros-Báez*
- 246    COVID-19 en Latinoamérica: una revisión sistemática de la literatura y análisis bibliométrico  
*David A. Forero-Peña, Fhabián Stevens Carrión-Nessi, Natasha A. Camejo-Ávila y Magda J. Forero-Peña*

#### **ENSAYO**

- 253    Trabajadores de la salud como objetivos de crímenes de odio durante el brote de COVID-19 en las Américas  
*Carlos I. Orellana*
- 258    Práctica clínica, ámbito laboral y riesgos de la fisioterapia ante el COVID-19  
*Alejandra Valenzuela-Cazés y Luisa F. Becerra-Ostos*

#### **INSTRUCCIONES A LOS AUTORES**

## Content

**ARTICLES/RESEARCH**

- 117 Impact of the COVID-19 pandemic on the Colombian population according to mitigation measures. Preliminary data from epidemiological models for the period March 18 to April 18, 2020  
*Valentina González-Jaramillo, Nathalia González-Jaramillo, Carlos Gómez-Restrepo, Carlos A. Palacio-Acosta, Arley Gómez-López and Oscar H. Franco*
- 123 SIR model of the COVID-19 pandemic in Colombia  
*Fred G. Manrique-Abril, Carlos A. Agudelo-Calderon, Víctor M. González-Chordá, Oscar Gutiérrez-Lesmes, Cristian F. Téllez-Piñerez and Giomar Herrera-Amaya*
- 132 Predictions of a SEIR model for COVID-19 cases in Cali-Colombia  
*Delia Ortega-Lenis, David Arango-Londoño, Edgar Muñoz, Daniel E. Cuartas, Diana Caicedo, Jorge Mena, Miyerlandi Torres and Fabian Mendez*
- 138 SARS-coV-2 spatio temporal analysis in Cali, Colombia  
*Daniel E. Cuartas, David Arango-Londoño, Gissel Guzmán-Escarria, Edgar Muñoz, Diana Caicedo, Delia Ortega, Andrés Fandiño-Losada, Jorge Mena, Miyerlandi Torres, Lena Barrera and Fabián Méndez*
- 144 Impact of mitigation measures on the COVID-19 pandemic in Chile: preliminary data for the period April 14 to May 14  
*Carolina Ochoa-Rosales, Nathalia González-Jaramillo, Aldo Vera-Calzaretta y Oscar H. Franco*
- 150 Assessment of the implementation of preventive measures by Iraqis people to reduce the spread of COVID-19 pandemic  
*Rawaa Kamel Abd and Vinoth Raman*
- 155 COVID-19 pandemic and Public Health Policies in Peru: March-May 2020  
*Jorge R. Gonzales-Castillo, Luis Varona-Castillo, Moisés G. Domínguez-Morante and Víctor R. Ocaña-Gutierrez*
- 164 Quarantine by COVID-19 in a health professional: psychological, social and family dimensions  
*Consuelo Vélez-Álvarez, Natalia Sánchez-Palacio and Diana P. Betancurth-Loaiza*
- 169 SARS-CoV.2/COVID-19 in Colombia: tendencies, predictions, and tensions about health system  
*Jennifer P. Correa-Cuadros, Manuel A. Muñoz-Rodríguez*
- 178 Severity, susceptibility and social norms perceived as antecedents of the intention to be vaccinated against COVID-19  
*Judith Cavazos-Arroyo and Concepción Pérez de Celis-Herrero*
- 185 Underlying conditions on the southern border between Colombia and Venezuela to face the COVID-19 pandemic  
*Adriana Ardila-Sierra, Levinson Niño-Leal, Diana Rivera-Triana, María I. Sarmiento-Medina and Juan P. Alzate*
- 194 Estimation of serial interval and basic reproductive number for imported cases of COVID-19  
*Jorge M. Estrada-Álvarez, Juan J. Ospina-Ramírez, Maryluz Hincapié-Acuña and María del Pilar Gómez-González*
- 198 Morbidity and mortality due to COVID-19 in latin america: study of three countries - february to july 2020  
*Rosibel Prieto-Silva, Carlos A. Sarmiento-Hernández and Fabián Prieto-Silva*
- 205 Risk of transmission of SARS-CoV-2: multi-criteria spatial evaluation in a municipality of Colombia, 2020  
*Larry Niño, Oscar Gutiérrez-Lesmes; Cesar A. Diaz-Celis and Fred Manrique-Abril*

- 214 An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in Colombia. Case study: five main cities  
*Daniel Aristizábal-Torres, Cesar A. Peñuela-Meneses and Ana M. Barrera-Rodríguez*

#### **REVIEW**

- 220 Social inequalities in under-five mortality: a systematic review  
*Maylen L. Rojas-Botero, Yadira E. Borrero-Ramírez and Flor de María Cáceres-Manrique*
- 238 Public health responses for the management of COVID-19 in detention centers. Literature review  
*Víctor H. Piñeros-Báez*
- 246 COVID-19 in Latin America: a systematic review and bibliometric analysis  
*David A. Forero-Peña, Fhabián Stevens Carrión-Nessi, Natasha A. Camejo-Ávila and Magda J. Forero-Peña*

#### **ESSAY**

- 253 Health workers as hate crimes targets during COVID-19 outbreak in the Americas  
*Carlos I. Orellana*
- 258 Clinical practice, work and risks of physical therapy in the face of COVID-19  
*Alejandra Valenzuela-Cazés and Luisa F. Becerra-Ostos*

#### **CONTRIBUTORS**

#### **NOTICE TO CONTRIBUTORS**

# Proyecciones de impacto de la pandemia COVID-19 en la población colombiana, según medidas de mitigación. Datos preliminares de modelos epidemiológicos para el periodo del 18 de marzo al 18 de abril de 2020

Impact of the COVID-19 pandemic on the Colombian population according to mitigation measures. Preliminary data from epidemiological models for the period March 18 to April 18, 2020

Valentina González-Jaramillo, Nathalia González-Jaramillo,  
Carlos Gómez-Restrepo, Carlos A. Palacio-Acosta,  
Arley Gómez-López y Oscar H. Franco

Recibido 19 marzo 2020 / Enviado para modificación 21 marzo 2020 / Aceptado 23 marzo 2020

## RESUMEN

**Objetivo** Este estudio tiene como primer objetivo: realizar predicciones del curso de la infección en el horizonte temporal desde marzo 18 a abril 18 del 2020, según diferentes medidas de aislamiento aplicadas. Las predicciones incluyen, población total contagiada, mortalidad y necesidad de recursos hospitalarios. Segundo objetivo: modelar la mortalidad y la necesidad de recursos hospitalarios, estratificando por edad el escenario de contagio del 70% de la población.

**Métodos** Para el primer objetivo, nos basamos en el número de casos confirmados en el país hasta marzo 18, 2020 (n=93). Como suposiciones para el modelo, incluimos un índice de contagio  $R_0=2,5$  y el índice de casos reales por cada caso confirmado. Para la proporción de pacientes que necesitarían cuidados intensivos u otros cuidados intrahospitalarios, nos basamos en datos aportados por el Imperial College of London. Para el segundo objetivo usamos como tasa de mortalidad por edad, datos aportados por el Instituto Superiore di Sanità en Italia.

**Resultados** Basándonos en los 93 casos reportados al 18 de marzo, si no se aplicase ninguna medida de mitigación, para el 18 de abril el país tendría un total de 613 037 casos. Medidas de mitigación que reduzcan el  $R_0$  en un 10%, generan una reducción del 50% del número de casos. Sin embargo, a pesar de reducirse los casos a la mitad, todavía habría un déficit en el número de camas requeridas y sólo uno de cada dos pacientes tendría acceso a dicho recurso.

**Conclusión** En nuestro modelo encontramos que las medidas de mitigación que han sido implementadas hasta la fecha por el gobierno colombiano, se fundamentan en evidencia suficiente para pensar que es posible reducir significativamente el número de casos contagiados y con esto, el número de pacientes que requerirán manejo hospitalario.

**Palabras Clave:** Pandemia; Coronavirus; salud pública; epidemiología (*fuentes: DeCS, BIREME*).

## ABSTRACT

**Introduction** First case of COVID-19 in Colombia was diagnosed on March 6th. Two weeks later, cases have rapidly increased, leading the government to establish some mitigation measures.

**Objectives** The first objective is to estimate and model the number of cases, use of

VG: MD. M. Sc. Instituto de Medicina Social y Preventiva (ISPM), Universidad de Berna. Berna, Suiza. [valentina.gonzalez@ispm.unibe.ch](mailto:valentina.gonzalez@ispm.unibe.ch)  
NG: MD. M. Sc. Instituto de Medicina Social y Preventiva (ISPM), Universidad de Berna. Berna, Suiza. [nathalia.gonzalez@ispm.unibe.ch](mailto:nathalia.gonzalez@ispm.unibe.ch)  
CG: MD. Ph. D. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. [cgomez\\_restrepo@yahoo.com](mailto:cgomez_restrepo@yahoo.com)  
CP: MD. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. [cpalacio.palacio@gmail.com](mailto:cpalacio.palacio@gmail.com)  
AG: MD. Ph. D. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS), Bogotá, Colombia. [agomez@fucsulud.edu.co](mailto:agomez@fucsulud.edu.co)  
OF: MD. Ph. D. Instituto de Medicina Social y Preventiva (ISPM), Universidad de Berna. Berna, Suiza. [oscar.franco@ispm.unibe.ch](mailto:oscar.franco@ispm.unibe.ch)

hospital resources and mortality by using different  $R_0$  scenarios in a 1-month scenario (from March 18 to April 18, 2020), based on the different isolation measures applied. This work also aims to model, without establishing a time horizon, the same outcomes given the assumption that eventually 70% of the population will be infected.

**Materials and Methods** Data on the number of confirmed cases in the country as of March 18, 2020 ( $n=93$ ) were taken as the basis for the achievement of the first objective. An initial transmission rate of  $R_0=2.5$  and a factor of 27 for undetected infections per each confirmed case were taken as assumptions for the model. The proportion of patients who may need intensive care or other in-hospital care was based on data from the Imperial College of London. On the other hand, an age-specific mortality rate provided by the Instituto Superiore di Sanità in Italy was used for the second objective.

**Results** Based on the 93 cases reported as of March 18, if no mitigation measures were applied, by April 18, the country would have 613 037 cases. Mitigation measures that reduce  $R_0$  by 10% generate a 50% reduction in the number of cases. However, despite halving the number of cases, there would still be a shortfall in the number of beds required and only one in two patients would have access to this resource.

**Conclusion** This model found that the mitigation measures implemented to date by the Colombian government and analyzed in this article are based on sufficient evidence and will help to slow the spread of SARS-CoV-2 in Colombia. Although a time horizon of one month was used for this model, it is plausible to believe that, if the current measures are sustained, the mitigation effect will also be sustained over time.

**Key Words:** Pandemic; Coronavirus; public health; epidemiology (*source: MeSH, NLM*).

**E**l SARS-COV-2 es un nuevo coronavirus agente causal de la pandemia de COVID-19. A la fecha del 18 de marzo de 2020, y desde sus primeros reportes en China en diciembre de 2019, el virus ha llegado a 176 países e infectado a más de 230000 personas, de las cuales han muerto más de 9 300. En Colombia se confirmó el primer caso el seis de marzo de 2020. Luego de 12 días, el número de casos identificados en el país asciende a 93. Según el reporte de las autoridades sanitarias, hasta ahora la mitad de los casos encontrados provenía de España. Por tratarse de un virus nuevo, la falta de vacunas y medicamentos eficaces comprobados mediante ensayos clínicos, hace que las medidas de aislamiento con fines de mitigación o supresión, sean relevantes a la hora de contener el avance de la pandemia.

Ambos enfoques, mitigación y supresión; basan su estrategia en el aislamiento social o cuarentena. El concepto de cuarentena fue establecido en el año 1377, durante la epidemia de la peste negra medieval insertar (1), y aunque en aquel tiempo fue establecido empíricamente en 40 días, actualmente se ajusta en función del período de incubación de la enfermedad que se pretende evitar. Para la epidemia COVID-19, se ha encontrado que la mediana de dicho período es de cinco días (2). Basada en esta cifra se considera adecuada, y por tanto se recomienda, una cuarentena de 14 días (3)

Según la cantidad de población aislada, se alcanzan diferentes grados de disminución en el índice  $R_0$ , que se refiere al número de personas que cada persona infectada contagia directamente. Así, Un  $R_0=3$  significa que cada persona infectada, contagiará a tres personas. Cada una de esas tres nuevas personas infectadas contagiará a otras tres personas y así sucesivamente si no se interrumpe la cadena

de transmisión. Para el caso específico del SARS-COV-2, la evidencia publicada hasta la fecha reporta un  $R_0$  de aproximadamente 2,5 (4,5). Dado el caso de que todas las personas infectadas con SARS-COV-2 circulen por un territorio sin restricciones de aislamiento, cada persona infectada, al cabo de un mes, habrá sido responsable del contagio directo de 2,5 personas y del contagio indirecto de 244.

Las medidas de mitigación tienen como fin disminuir la velocidad de la propagación de la infección mediante la reducción progresiva del  $R_0$ . Su objetivo final es reducir la demanda de atención de salud, al mismo tiempo que se protege de la infección a los que corren mayor riesgo de padecer complicaciones. Para esto, una combinación de estrategias ha mostrado ser efectiva: aislamiento de casos sospechosos y confirmados, cuarentena de aquellos que conviven en el mismo hogar de los casos sospechosos o confirmados, distanciamiento social de los adultos mayores de 70 años y de población de alto riesgo sin importar la edad, que para la pandemia de COVID-19, consiste en personas con comorbilidades cardiovasculares, diabetes o cáncer (6).

Las medidas de supresión, tienen como objetivo reducir el  $R_0$  por debajo de 1, para disminuir de manera progresiva el número de casos hasta que desaparezcan. Para lograr esto, es indispensable tomar medidas más estrictas, adicionales a las medidas tomadas en la estrategia de mitigación, como el cierre de escuelas y universidades y el distanciamiento social de toda la población. El mayor reto que conlleva esta estrategia es que requiere ser mantenida hasta que la pandemia haya desaparecido o se cuente con tratamiento efectivo o vacuna para la infección (7).

A simple vista, la supresión, que ha sido aplicada por países como Singapur, Corea del Sur y China, parece ser

la opción más idónea. Sin embargo, recurrir a este tipo de estrategia implica tener un sistema económico muy sólido, que pocos países poseen. Debido a esto, otros países como el Reino Unido y los Estados Unidos, han decidido llevar a cabo, por ahora, medidas mitigantes, enfocadas en reducir la velocidad del contagio, pero no el número total de casos contagiados hasta el fin de la epidemia. Muchos otros países de Europa han tomado medidas similares, aunque algunos de ellos han utilizado modelos mixtos en los que además de las típicas mitigantes, se ha realizado cierre de escuelas y universidades.

Hasta el 18 de marzo, el gobierno colombiano ha tomado diferentes medidas orientadas al aplanamiento de la curva de contagio, es decir, medidas orientadas a disminuir la velocidad de propagación, para tratar de lograr un balance entre la oferta y la demanda de uso hospitalario y evitar la sobrecarga del sistema.

En dicho contexto, el presente estudio tiene como objetivos: 1. Realizar predicciones del curso de la infección al cabo de un mes (marzo 18 a abril 18 del 2020), según diferentes medidas de aislamiento aplicadas. Las predicciones incluyen, población total contagiada, mortalidad y necesidad de recursos hospitalarios. 2. Modelar la mortalidad y la necesidad de recursos hospitalarios, estratificado por edad, el escenario en caso de contagio del 70% de la población.

## MÉTODOS

Para el primer objetivo, nos basamos en el número de casos confirmados en el país hasta marzo 18, 2020 ( $n=93$ ). Utilizamos un horizonte temporal de un mes. Como suposiciones para el modelo, incluimos un índice de contagio  $R_0=2,5$  (4,5) y consideramos que el total de infectados es el total de casos confirmados a la fecha del análisis, multiplicado por un factor de 27. El valor real de la relación de infectados diagnosticados/infectados no diagnosticados es desconocido y depende completamente de los criterios de selección que define cada país para realizar la prueba diagnóstica. Así, la relación será más baja en aquellos países donde los criterios se aplican a segmentos más amplios de la población y será más alta en aquellos países con criterios más estrictos de selección, o con sistemas de salud incapaces de realizar y procesar grandes volúmenes de muestras pruebas. Un modelo reciente realizado con datos de la pandemia en China, encontró que por cada caso confirmado de coronavirus hubo 12 casos no detectados (8). El mismo modelo reportó que previamente a la implementación de medidas de mitigación, la mayoría de las infecciones eran no documentadas y dichas infecciones fueron las responsables de la rápida expansión de

la epidemia, así como de una gran proporción de contagios. Según reportes del gobierno británico, obtenidos mediante búsqueda de literatura gris, por cada paciente diagnosticado, hay alrededor de 27 pacientes contagiados, no diagnosticados <https://bit.ly/2UhI7QC>. Debido a la rápida velocidad de crecimiento de las infecciones en Colombia, sumado al hecho de que en el país actualmente se utilizan criterios estrictos de selección y la capacidad instalada de laboratorios no permite hasta ahora procesar grandes volúmenes de muestras, decidimos usar como parámetro las estimaciones del Reino Unido. Por último, asumimos que aproximadamente el 20% de la población requerirá manejo intrahospitalario, y que, de éste, el 30% (6% del total de la población) requerirá unidad de cuidados intensivos (7).

Para el segundo objetivo, no tuvimos en cuenta ningún horizonte temporal. Utilizamos las proyecciones al 2020 realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el 2018, para cuantificar la estructura población actual del país. Basados en estimaciones hechas tanto por los gobiernos alemán, y británico, así como por investigadores de la Universidad de Harvard, se calcula que eventualmente, el 70% de la población se contagiara del SARS-COV-2. En este escenario, estimamos la cantidad de pacientes que llegarían a estar contagiados en Colombia en un periodo de 18 meses. Adicionalmente, estimamos la cantidad de pacientes que necesitarían cuidados intensivos u otros manejos intrahospitalarios, según los mismos parámetros utilizados en el primer objetivo para calcular necesidad de recursos hospitalarios.

Debido a que la edad es un factor de riesgo muy importante en esta pandemia, consideramos fundamental presentar los datos disgregados por grupos etarios, por lo cual nos basamos en las proporciones calculadas por el Imperial College de Londres (7). Finalmente, para calcular la tasa de mortalidad en cada grupo etario, tuvimos en cuenta las proporciones calculadas por el Instituto Superiore di Sanità en Italia (9).

## RESULTADOS

Con respecto al primer objetivo, dados los casos actualmente diagnosticados en Colombia (93 casos a marzo 18), en el peor de los escenarios posibles, si no se aplica ninguna medida de aislamiento, para el 18 de abril el país tendría un total de 613 037 casos. Teniendo en cuenta que un 20% de los casos requerirán algún tipo de atención intrahospitalaria y un 6% requerirán ser tratados en una Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), en este escenario catastrófico de más de medio millón de casos, la cantidad de camas hospitalarias y de UCI re-

**Tabla 1.** Escenario de 70% de la población contagiada

Grupo etario	Población total	Número de personas contagiadas	Número de casos que requieren manejo hospitalario	Número de casos que requieren cuidados intensivos	Número de muertes
0-9	7 253 629	5 077 540	5 078	254	102
10-19	8 563 312	5 994 318	17 983	899	360
20-29	8 845 398	6 191 778	74 301	3 715	1 858
30-39	7 455 119	5 218 583	166 995	8 350	10 437
40-49	6 246 181	4 372 326	214 243	13 497	8 745
50-59	5 540 967	3 878 677	395 625	48 266	31 029
60-69	3 626 815	2 538 770	421 436	115 473	68 547
70-79	1 984 674	1 389 271	337 593	145 840	150 041
80 y más	856 331	599 432	163 645	116 024	104 901
Total	50 372 424	35 260 697	1 796 899	452 319	376 019

los mismos, o mayores recursos que se han venido destinando de manera ordinaria. Si la mayoría de las camas disponibles en las diferentes unidades de cuidados intensivos del país se encuentran ocupadas desde este momento, aún las medidas de mitigación que han mostrado efectividad en otros países pueden ser insuficientes en el nuestro. Por lo tanto, si bien las medidas tomadas hoy en día son fundamentadas y necesarias, es fundamental continuar reevaluando a corto plazo el patrón de la infección y el balance entre la oferta y la demanda de recursos hospitalarios para continuar tomando decisiones acertadas y efectivas. Así mismo, es conveniente planear estrategias que disminuyan la atención en centros hospitalarios de personas con menor gravedad, como telemedicina, atención domiciliaria, flexibilizar los requisitos para formular y proveer medicamentos, construir servicios provisionales y tener rutas de atención y guías de manejo uniformes para el país, junto con una estrategia de control unificada y estricta en todo el ámbito nacional.

En los próximos días, o semanas, contaremos con suficientes datos de nuestro país que permitan analizar las tendencias de manera más precisa y que aporten a la toma de decisiones basadas en la evidencia nacional. Sin embargo, debido al conocimiento incompleto del virus y al comportamiento variable de sus efectos en los diferentes países, recomendamos la elaboración y adaptación continua de modelos epidemiológicos de predicción, ajustados según la información actualizada a medida que esta se produce y acumula.

Finalmente, queremos hacer un llamado para que todo aquel que deba cumplir con el aislamiento social, lo haga. Como ya se mencionó, dadas las condiciones económicas del país, es poco probable que se lleven a cabo medidas de supresión. Por lo tanto, además de las medidas mitigantes ya tomadas por el gobierno, como el cierre de instituciones educativas públicas y el aislamiento social de mayores de 70 años, todo aquel, que esté en capacidad de realizar aislamiento social y/o cuarentena, debe hacerlo. Si bien los jóvenes y adultos sanos no presentan comúnmen-

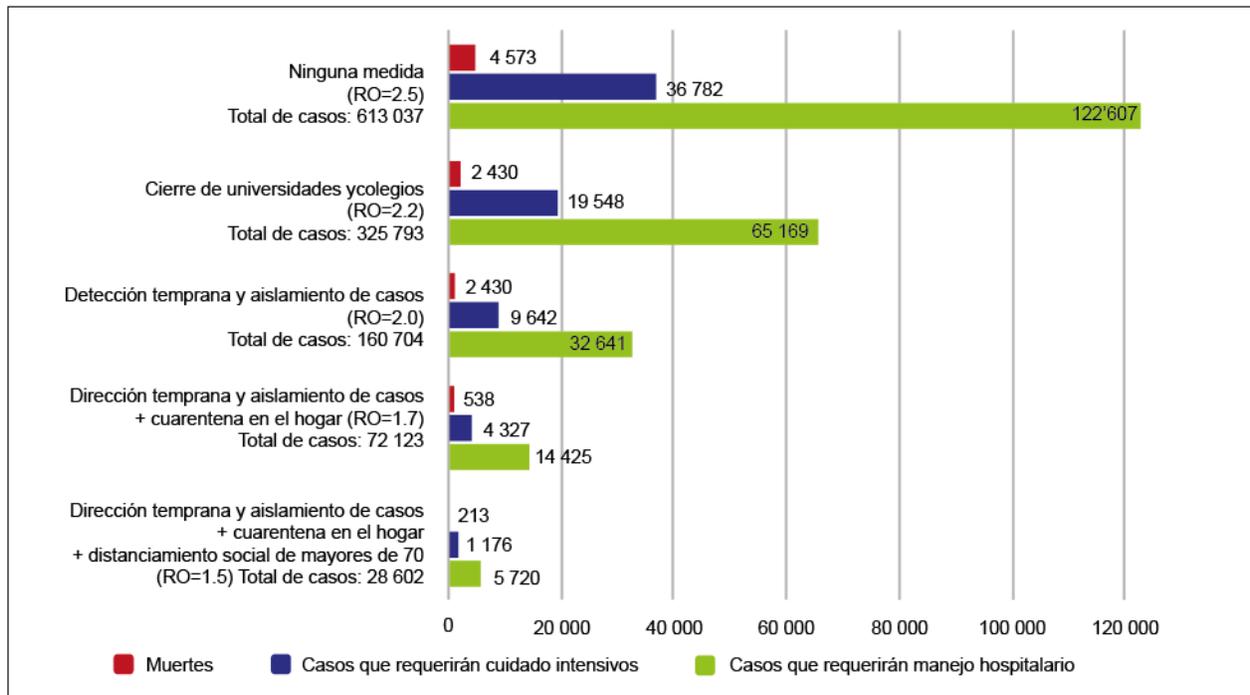
te síntomas severos ni tienen riesgo alto de mortalidad, durante los cinco días que tardan en presentar los primeros síntomas, si continúan llevando a cabo actividades y contacto social innecesario, habrán sido responsables del contagio indirecto de 244 pacientes en un mes, de los cuales, 14 (6%) necesitarán cuidados intensivos y no contarán con una cama disponible, llevando a un desenlace fatal. En este contexto, consideramos que cada persona aislada es susceptible de salvar muchas vidas.

Por lo tanto, recalamos que la evidencia ha mostrado que la cuarentena, el aislamiento social y el aislamiento de los pacientes con contagio, pueden contener la pandemia (5). Hacemos entonces un llamado a actuar con empatía, con solidaridad y con responsabilidad social. Las políticas de salud serán efectivas en la medida en que todos los actores del sistema estemos comprometidos con el cumplimiento de las recomendaciones ♣

## REFERENCIAS

- Gensini GF, Yacoub MH, Conti AA. The concept of quarantine in history: from plague to SARS. *The Journal of infection*. 2004;49(4):257-61.
- Lauer SA, Grantz KH, Bi Q, Jones FK, Zheng Q, Meredith HR, et al. The Incubation Period of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) From Publicly Reported Confirmed Cases: Estimation and Application. *Annals of Internal Medicine*. 2020.
- Jernigan DB. Update: Public Health Response to the Coronavirus Disease 2019 Outbreak - United States, February 24, 2020. *MMWR Morbidity and mortality weekly report*. 2020;69(8):216-9.
- Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019. [Internet] (COVID-19) [19.03.2020]. Available from: <https://bit.ly/2WMOVaN>.
- Anderson RM, Heesterbeek H, Klinkenberg D, Hollingsworth TD. How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic? *Lancet (London, England)*. 2020.
- Madhav N, Oppenheim B, Gallivan M, et al. Pandemics: Risks, Impacts, and Mitigation. In: Jamison DT, Gelband H, Horton S, et al., editors. *Disease Control Priorities: Improving Health and Reducing Poverty*. 3rd edition. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank; 2017 Nov 27. Chapter 17. [Available from: <https://bit.ly/2UulpT8>].
- Neil M Ferguson DL, Gemma Nedjati-Gilani, Natsuko Imai, Kylie Ainslie, Marc Baguelin, Sangeeta Bhatia AB, Zulma Cucunubá, Gina Cuomo-Dannenburg, Amy Dighe, Ilaria, Dorigatti HF, Katy Gaythorpe, Will Green, Arran Hamlet, Wes Hinsley, Lucy C Okell, Sabine van Elsland HT, Robert Verity, Erik Volz, Haowei Wang, Yuanrong Wang, Patrick GT

**Figura 1.** Tasas de mortalidad y uso de recursos hospitalarios causados por la pandemia del Covid-19 a abril 18 de 2020, de acuerdo con las medidas tomadas en Colombia en marzo 18 de 2020



queridas serán 122 607 y 36 782 respectivamente. Ya que el país cuenta actualmente con aproximadamente 5 600 camas de UCI (y aproximadamente otras 5 000 de cuidado intermedia), el déficit de camas (31 182) podría dejar sin atención oportuna y eficaz a seis de cada siete pacientes. Este escenario es desesperanzador en un país donde el número de casos reportados aumenta día a día desde el primero reportado el 6 de marzo. Sin embargo, es altamente esperanzador saber que las medidas que logran reducir la tasa de contagio (Ro), disminuyen drásticamente el número de pacientes contagiados y, por lo tanto, el número de pacientes que requerirán cuidados intensivos (Figura 1).

Con respecto al segundo objetivo, la población colombiana estimada para presente año es de 50 372 424. En el eventual caso de un contagio del 70% de la población, alrededor de 35 millones de habitantes en el país llegaría a estar contagiado. De ellos, la gran mayoría (80%) sería asintomático o cursaría con síntomas leves, el 20% con síntomas moderados o severos que requerirían manejo intrahospitalario y el 30% de estos últimos, es decir, el 6% del total de infectados, requeriría cuidados intensivos. Por otro lado, la estratificación por edad muestra que la población con mayor riesgo es aquella mayor de 60 años y que el riesgo aumenta considerablemente con el incremento en la edad, llevando a más de 450 000 personas a

requerir cuidados intensivos, de los cuales más del 80% serán pacientes mayores de 60 años (Tabla 1).

## DISCUSIÓN

En nuestro modelo encontramos que las medidas de mitigación analizadas que han sido implementadas hasta la fecha por el gobierno colombiano, se fundamentan en evidencia suficiente para pensar que es posible reducir significativamente el número de casos contagiados y con esto, el número de pacientes que requerirán manejo hospitalario. A pesar de que el horizonte temporal para el modelo de reducción del contagio fue de un mes, es plausible considerar que, de sostenerse las medidas, también podrá sostenerse el efecto de las intervenciones de mitigación en la población.

Como limitación en este estudio, consideramos que el hecho de no contar con datos publicados respecto a las tasas actuales de ocupación hospitalaria en Colombia, impide hacer un estimado preciso del déficit esperado de camas hospitalarias durante la pandemia. Es necesario tener en cuenta, al calcular los recursos requeridos, que además de los eventuales casos de COVID-19, el número de pacientes con infarto agudo de miocardio, accidente cerebrovascular, con infecciones severas y complicaciones postquirúrgicas continuará como hasta ahora y necesitará

- Walker,, Caroline Walters PW, Charles Whittaker, Christl A Donnelly, Steven Riley, Azra C Ghani. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand. 2020.
8. Li R, Pei S, Chen B, Song Y, Zhang T, Yang W, et al. Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV2). *Science*. 2020.
9. Dowd JB, Rotondi V, Adriano L, Brazel DM, Block P, Ding X, et al. Demographic science aids in understanding the spread and fatality rates of COVID-19. *medRxiv*. 2020: 2020.03.15.20036293.

# Modelo SIR de la pandemia de COVID-19 en Colombia

## SIR model of the COVID-19 pandemic in Colombia

Fred G. Manrique-Abril, Carlos A. Agudelo-Calderon,  
Víctor M. González-Chordá, Oscar Gutiérrez-Lesmes,  
Cristian F. Téllez-Piñerez y Giomar Herrera-Amaya

Recibido 25 marzo 2020 / Enviado para modificación 26 marzo 2020 / Aceptado 31 marzo 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Desarrollar un modelo SIR pronóstico de la pandemia de COVID-19 en el territorio colombiano

**Métodos** Se utilizó un modelo SIR con enfoque determinístico para pronosticar el desarrollo de la pandemia de COVID-19 en Colombia. Los estados considerados fueron susceptibles (S), infecciosos (i) y recuperados o fallecidos (R). Los datos poblacionales se obtuvieron del Departamento Administrativo Nacional de estadística (Proyecciones de Población 2018-2020, difundida en enero de 2020) y los datos sobre casos diarios confirmados de COVID-19 del Instituto Nacional de Salud. Se plantearon diferentes modelos variando el número básico de reproducción ( $R_0$ ).

**Resultados** A partir de los casos reportados por el Ministerio de Salud se crearon cuatro ambientes o escenarios simulados en un modelo SIR epidemiológico, se extendieron las series de tiempo hasta el 30 de mayo, fecha probable del 99% de infección poblacional. Un  $R_0$  de 2 es la aproximación más cercana al comportamiento de la pandemia durante los primeros 15 días desde el reporte del caso 0, el peor escenario se daría en la primera semana de abril con un  $R_0$  igual a 3.

**Conclusiones** Se hacen necesarias nuevas medidas de mitigación y supresión en las fases de contención y transmisión sostenida, como aumento de la capacidad diagnóstica por pruebas y desinfección de zonas pobladas y hogares de aislamiento.

**Palabras Clave:** Pandemia; Colombia; infecciones por coronavirus; transmisión; número básico de reproducción (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To develop a prognostic SIR model of the COVID-19 pandemic in Colombia.

**Materials and Methods** A SIR model with a deterministic approach was used to forecast the development of the COVID-19 pandemic in Colombia. The states considered were susceptible (S), infectious (i) and recovered or deceased (R). Population data were obtained from the National Administrative Department of Statistics (DANE) — Population Projections 2018-2020, released in January 2020—, and data on daily confirmed cases of COVID-19 from the National Institute of Health. Different models were proposed varying the basic reproduction number ( $R_0$ ).

**Results** Based on the cases reported by the Ministry of Health, 4 simulated environments were created in an epidemiological SIR model. The time series was extended until May 30, the probable date when 99% of the population will be infected.  $R_0=2$  is the basic reproduction number and the closest approximation to the behavior of the pandemic during the first 15 days since the first case report; the worst scenario would occur in the first week of April with  $R_0=3$ .

**Conclusions** Further mitigation and suppression measures are necessary in the containment and sustained transmission phases, such as increased diagnostic capacity through testing and disinfection of populated areas and homes in isolation.

FM: RN. AB. Ph. D. Salud Pública; Ph.D. Investigación Clínica. Investigador, Instituto de Salud Pública. Profesor Titular, Facultad de Enfermería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. [fgmanriquea@unal.edu.co](mailto:fgmanriquea@unal.edu.co)  
CA. MD. Periodista. M. Sc. Salud Pública. M. Sc. Ciencias. Instituto de Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. [caagudeloc@unal.edu.co](mailto:caagudeloc@unal.edu.co)  
VG: RN. M. Sc. Enfermería. Ph.D. Ciencias de la Salud. Profesor ayudante doctor. Departamento de Enfermería. Universitat Jaume I. España. [vchorda@uji.es](mailto:vchorda@uji.es)  
OG: RN. Esp. Epidemiología. M. Sc. Gestión Ambiental Sostenible. Ph. D(c). Epidemiología. Profesor Asociado, Escuela de Salud Pública. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. [oagutierrez@unillanos.edu.co](mailto:oagutierrez@unillanos.edu.co)  
CT. Estadístico. M. Sc. Ciencias Estadística. Ph.D(c). Ciencias. Estadística. Profesor, Universidad Santo Tomas. Bogotá, Colombia. [cristiantellez@usantotomas.edu.co](mailto:cristiantellez@usantotomas.edu.co)  
GH: RN. M. Sc. Investigación en APD. Ph.D(c). Ciencias Enfermería. Profesora Asistente. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Salud pública. [giomar.herrera@uptc.edu.co](mailto:giomar.herrera@uptc.edu.co)

**Key Words:** Pandemics; Colombia; coronavirus infections; transmission; basic reproduction number (source: MeSH, NLM).

A principios de diciembre de 2019, se identificaron los primeros casos de una neumonía de origen desconocido en Wuhan, la capital de la provincia de Hubei, en China (1). El patógeno era un nuevo betacoronavirus de ARN con envoltura (2) que actualmente se ha denominado coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-COV-2) y que tiene una similitud filogenética con el SARS-COV-1 (3-5).

A finales de enero, se reportaron cerca de 80 000 casos de COVID-19 y 2 800 muertes en toda China, identificándose los primeros casos en Alemania, Italia o España, por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el brote de SARS-COV-2 como una Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII). Entre el 2 y el 10 de marzo, se pasó de 88 913 a 113 672 casos confirmados distribuidos en más de 100 países. La rápida expansión del virus por países del continente asiático, Europa, África, América y Oceanía hizo que la OMS declarase la pandemia global el 11 de marzo de 2020 (6,7).

Hasta el 25 de marzo de 2020, 186 países habían confirmado 416 916 casos y 185 65 fallecimientos (8-11). Los datos de la OMS indican que los países con mayor cantidad de casos son China (81 869), Italia (69 176), Estados Unidos (51 914), España (39 673) y Alemania (31 554) (12). Los países con mayor mortalidad hasta esta fecha, son Italia (6 820), China (3 287) y España (2 696) (13).

En Colombia, para este mismo día se habían notificado 470 casos, de los cuales cuatro pacientes habían muerto (letalidad=0,8%) y ocho pacientes se habían recuperado (tasa de recuperación=1,7%). Respecto a la fuente de contagio, un total de 266 (56,6%) casos eran importados, 163 (34,7%) casos eran relacionados y 41 (8,7%) casos se encontraban en Estudio. El distrito de Bogotá concentraba el 36% de los casos, seguido de los distritos del Valle, Antioquia y Atlántico, contando a Cartagena como distrito turístico (14).

Acorde al comportamiento de la pandemia en los diversos países, en Colombia se han adelantado medias para mitigar y frenar su impacto. En especial se busca frenar su velocidad de transmisión con el fin de preparar el sistema de salud para la atención de casos, evitando el colapso y disminuyendo el impacto social y económico de la pandemia.

Para poder predecir la magnitud de epidemias y su comportamiento se hace uso de herramientas matemáticas que permiten crear modelos epidemiológicos determinísticos o estocásticos. La diferencia básica entre ellos es que los modelos determinísticos consideran a los individuos pertenecientes a un estado del modelo

como un conjunto, mientras que en los modelos estocásticos los sujetos son considerados de manera individual. Así, los modelos determinísticos se pueden utilizar en poblaciones grandes y facilitan el estudio analítico de la epidemia.

El acrónimo de un modelo determinístico suele indicar los diversos estados por los que pasan los individuos. Por ejemplo, un modelo SIR representa que los individuos pueden pasar de ser susceptibles, a infecciosos y de ahí a resistentes. Si el modelo fuese cíclico, se acaba el acrónimo con la misma letra que se inicia. Por ejemplo, un modelo SIS indica que los individuos pueden pasar de ser susceptibles a ser infecciosos y de ahí a ser susceptibles de nuevo. El modelo para utilizar dependerá de los agentes infecciosos por los que se transmita la enfermedad a modelizar, ya que varían de una enfermedad a otra. Por ejemplo, las enfermedades cuyos agentes infecciosos son virus, provocan que aquellos individuos que se recuperan de la enfermedad pasen a un estado de resistencia en el que, en principio, no pueden volver a ser infectados. Por lo tanto, serían estudiados mediante modelos SIR, SEIR, MSIR o MSEIR, según el caso y la complejidad del modelo.

Los modelos SIR fueron desarrollados por Kermack y McKendrick en 1927 (15,16) y han sido aplicados en diversos escenarios de epidemias. Estos modelos estiman el número teórico de personas susceptibles de enfermar (susceptibles), el número de enfermos (infectados) y el número de personas que ya no pueden transmitir la enfermedad (Recuperados o fallecidos), en una población a lo largo del tiempo (17).

Los supuestos básicos de los modelos SIR son: a. La población es homogénea y de tamaño fijo; b. En un momento dado, cada individuo sólo puede pertenecer a uno de los siguientes conjuntos: infectados, susceptibles o resistentes; c. La interacción entre los individuos es aleatoria, y; d. No hay intervención externa que cambie la tasa de contacto de la población (17). En estos modelos se asume que la población por estado ( $N$ ) es constante y que el número de individuos susceptibles  $S(t)$ , infectados  $I(t)$  y fallecidos  $R(t)$  son variables dependientes del tiempo, de manera que:

$$s(t) = \frac{S(t)}{N}; i(t) = \frac{I(t)}{N}; r(t) = \frac{R(t)}{N}$$

Dado que el tamaño de la población es fijo, se puede reducir el sistema de ecuaciones a otro con dos ecuaciones, definiendo  $r(t) = 1 - s(t) - i(t)$ .

Los modelos se pueden establecer con indicadores previamente elaborados a partir del comportamiento del

microorganismo estudiado y de sucesos previamente establecidos (brotes anteriores), en los cuales es clave precisar la patogenicidad, la duración media de la enfermedad, las tasas de interacción, la probabilidad de contagio, la tasa de recuperación, su letalidad y mortalidad en poblaciones definidas, así como un  $R_0$  (número básico de reproducción) y  $R_t$  (número de reemplazamiento).

En el análisis de epidemias, uno de los factores más importantes es si la enfermedad perdurara en la población durante un largo periodo de tiempo o si desaparecerá paulatinamente. Para estudiar si una enfermedad pasará a ser endémica definiremos varios indicadores. El  $R_0$  es el número básico de reproducción, definido como el número medio de infecciones secundarias que ocurre cuando un individuo infeccioso (el paciente cero) es introducido en una población “naive” (completamente susceptible). Es decir, cuantos individuos va a infectar directamente el paciente cero. En general si  $R_0 < 1$  la epidemia desaparecerá y si  $R_0 > 1$  puede que estemos en un caso de endemia. Por otra parte,  $R_t$  es el número de reemplazamiento definido como el número medio de infecciones secundarias producidas por un agente infeccioso, introducido o producido al tiempo  $t$ , durante su periodo de infecciosidad. En este caso,  $R_t$  depende del tiempo, por lo que tratamos de averiguar si  $R_t < 1$  para todo  $t > 0$  (la epidemia desaparece), o si  $R_t > 1$  para todo  $t > 0$  (posible caso endémico). El número de contactos adecuados que realiza un individuo infeccioso se representa como  $\sigma(t)$ , aunque sean contactos con individuos a los que no puede infectar, introducido o producido al tiempo  $t$  durante su periodo de infecciosidad y por tanto, se cumple  $R_t = \sigma(t)S(t)$ . Al inicio de la epidemia en una población “naive” tenemos  $R_0 = \sigma(0) = R_0(0)$  y como, para una población constante, sabemos que  $S(t) \leq S(0) = 1$ , obtenemos  $R_0 \geq R_t$ . Por lo tanto, basta con fijarse en el valor de  $R_0$  para estudiar si una epidemia es o no endémica.

Desde el inicio de la pandemia de COVID-19, se han publicado diferentes modelos epidemiológicos en China (18), Japón (19) o Italia (20), entre otros países. Sin embargo, en la literatura no se han identificado modelos epidemiológicos de la pandemia en Colombia. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo SIR pronóstico del comportamiento de la pandemia de COVID-19 en el territorio colombiano.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizó un modelo SIR con enfoque determinístico para pronosticar el desarrollo de la pandemia de COVID-19 en Colombia. Los estados considerados fueron susceptibles (S), infecciosos (I) y fallecidos (R).

### Fuente de datos

Los datos poblacionales se obtuvieron del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia, con una población total de 48 258 494 habitantes (21). Se definieron como unidad de análisis los casos de COVID-19 confirmados por el laboratorio del Instituto Nacional de Salud (INS), citados en los reportes diarios de su web (14). Se definió como unidad de análisis de tiempo a los días naturales y la información fue desagregada para cada fecha reportada. Los cálculos se realizaron con los programas Excel® versión 2008.

### Preparación del modelo

Dado que uno de los supuestos del modelo es que no existe intervención externa que afecte la tasa de contacto, y debido a que en Colombia se aplicaron medidas de intervención, se procuró elaborar un modelo diferente con cinco supuestos a partir de diferentes  $R_0$  de entre los propuestos en la literatura para COVID-19 (22). Se consideró como primera etapa al período comprendido entre el inicio de la epidemia en Colombia con el primer caso reportado (06 de marzo de 2020) hasta el día 14 tras el caso 0 (20 de marzo).

El comportamiento del número de infectados, al inicio, se estimó por medio de una función exponencial de la forma  $f(t) = e^{\lambda t}$ . El valor de  $\lambda$ , exponente de la función  $I(t)$ , se calculó para cada etapa y cada estado. Se numeraron los días de la epidemia, representados por la variable  $t$ , y se obtuvo el logaritmo natural del número de infectados confirmados correspondientes al número de día.

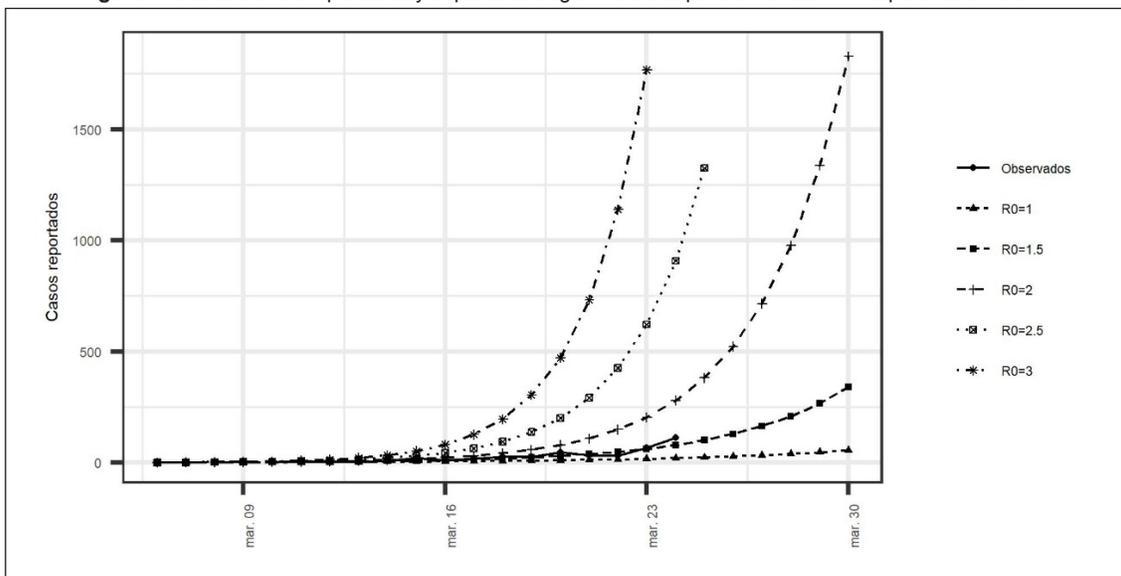
De esta manera, se realizó la linealización de la función exponencial y fue posible calcular la pendiente de la recta por medio de regresión lineal. Dicha pendiente corresponde al exponente  $\lambda$  y representa la tasa de crecimiento inicial del número de infectados.

Se construyó una propuesta de predicción de casos basados en inferencia a través de la ecuación logarítmica y de la regresión lineal, tomando como base los primeros 14 días de la pandemia en el territorio colombiano, los supuestos del modelo predictivo SIR (Tabla 1).

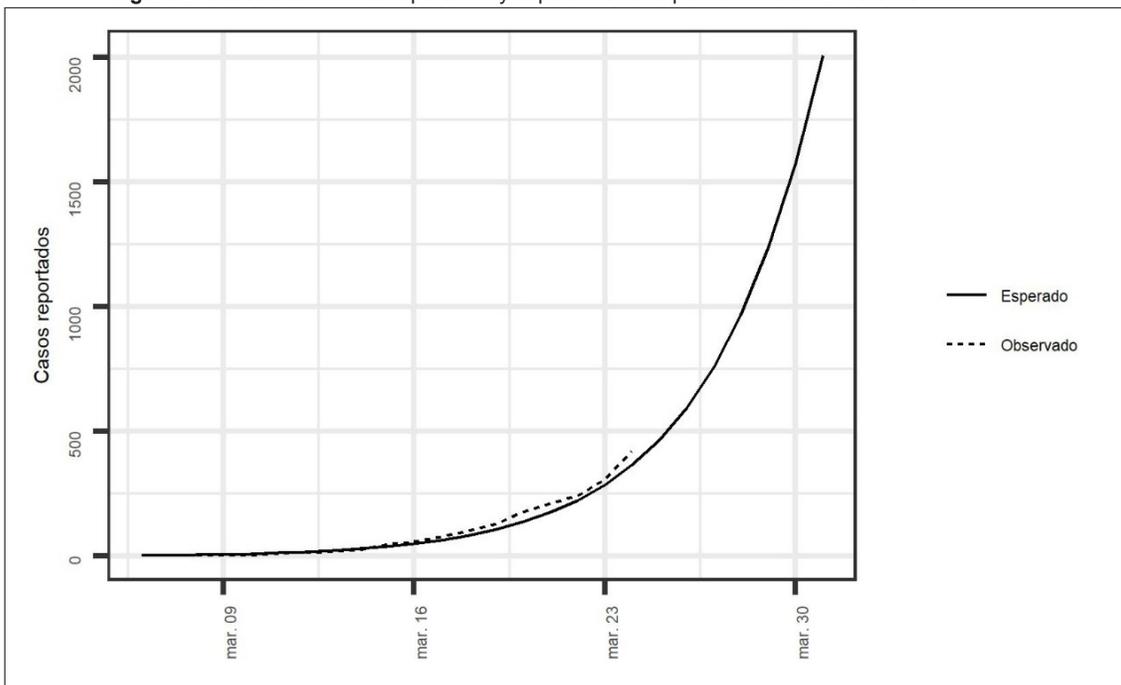
**Tabla 1.** Supuestos del modelo predictivo

Parámetros del modelo	Valores
Duración media de la enfermedad (días)	14
Tasa diaria de interacción	1,5
Probabilidad de contagio (%)	18,5
Tasa de recuperación (%)	2,2
Mortalidad (%)	1,32
Población total contagiada	34 709
Población total recuperada	197
Población total fallecida	118
Población no afectada	48 223 786

**Figura 1.** Casos diarios reportados y esperados según  $R_0$  de la pandemia COVID-19 para Colombia



**Figura 2.** Casos acumulados reportados y esperados de la pandemia COVID-19 en Colombia



Diez días después, (24 de marzo), se probó el modelo previsto comparando los casos esperados versus los casos observados y se diseñó una serie de tiempo que permitía ver el modelo frente al comportamiento real de la epidemia en el territorio.

### RESULTADOS

Se realizó un modelo SIR con cinco diferentes  $R_0$  (1; 1,5; 2; 2,5 y 3). Como resultado, se observa que el mejor ajuste

de la presentación de casos en Colombia es para  $R_0=1,5$  (Figura 1).

Cabe resaltar que esta conclusión no se puede comprobar de manera inferencial dado la poca información que hay, y los resultados que diera cualquier prueba de bondad de ajuste, como, por ejemplo, la Chi cuadrado entre otras, no generaría más información. En ese sentido, una vez definido que el modelo más ajustado al comportamiento de los casos al 24 de marzo de 2020 era la predicción para  $R_0=1,5$ . Se fijó el número de casos

Figura 3. Modelo SIR de COVID-19 para Colombia propuesto con  $R_0=1,5$  y los supuestos definidos en la Tabla 1

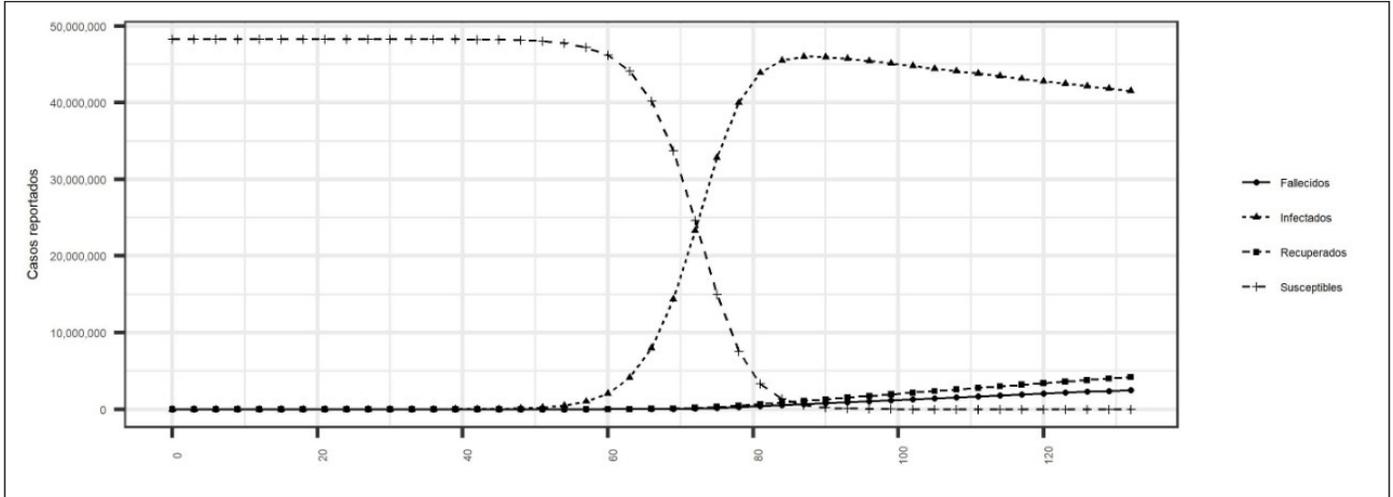
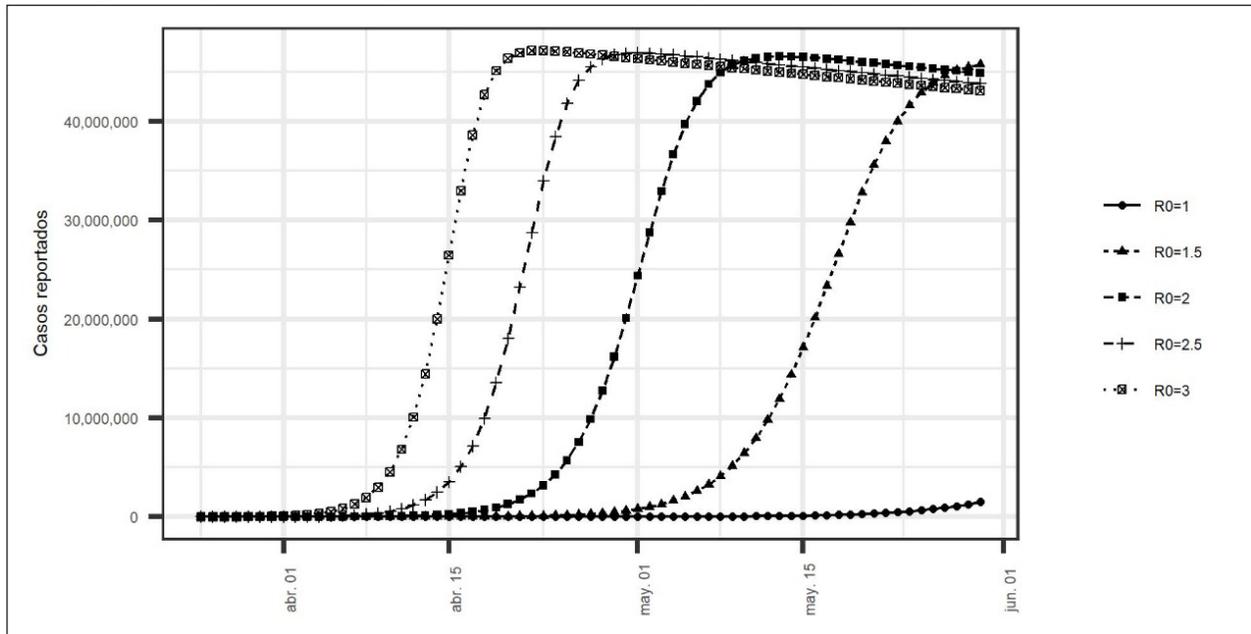


Figura 4. Proyecciones de contagios modelado hasta el 30 de mayo de 2020 esperados para COVID-19 en Colombia



esperado por día, y el acumulado, para las fechas 4, 18 y 30 de abril, y 30 de mayo, y se definió un pronóstico siguiendo la tendencia mostrada en la ecuación para un  $R_0=1,5$  (Figuras 2, 3 y 4).

Ahora bien, si se mantiene las mismas condiciones del brote bajo los supuestos del modelo, podemos estimar en cuatro fechas los casos letales para Colombia (Tabla 2).

## DISCUSIÓN

Los modelos predictivos de epidemias permiten a los gobiernos planificar y preparar acciones concretas de forma anticipada.

Pero el análisis de la dinámica de la pandemia no se reduce a los modelos de proyección. Es necesario considerar al menos tres aspectos: la estabilidad o mutación del virus, la susceptibilidad e inmunidad adquirida tras la infección y lo que se haga o se deje de hacer desde la sociedad (23). Se han detectado numerosas mutaciones del coronavirus desde su identificación, sin que se demuestre incremento en su virulencia. Se supone que la inmunidad de grupo adquirida tras la infección dura al menos un año y está en relación con la variabilidad del virus, como ocurre con la influenza (24).

En la experiencia mundial y en la pandemia actual, hay al menos tres tipos de respuestas o estrategias. La primera

**Tabla 2.** Estimativos del modelo para cuatro fechas futuras

Indicadores	Fechas			
	04/04	18/04	30/04	30/05
Días tras el inicio	31	45	57	87
Población total contagiada	8.804	696.664	20.287.994	48.258.347
Población total recuperada	37	2.977	107.523	2.115.109
Población total fallecida	22	1.786	64.514	1.269.065
Población no afectada	48.249.691	47.561.831	27.970.501	148
Máx. población infectada simultánea	8.744	691.901	20.115.957	46.555.821
Máx. contagios diarios	2.366	185.761	3.968.205	4.429.451
Máx. recuperaciones diarias	10	797	25.439	73.159
Máx. fallecimientos	6	478	15.263	43.895

es, no responder, la segunda es la estrategia de mitigación y la tercera es la estrategia de supresión. La estrategia de no hacer fue utilizada por países como Estados Unidos, Reino Unido, Suiza y Países Bajos. Esta estrategia se basa en la inmunidad de grupo: el brote epidémico se da sin ningún obstáculo y una parte significativa de la población adquiere inmunidad, pero los efectos negativos son enormes en morbilidad, mortalidad y en los aspectos sociales y culturales. Esta estrategia fue abandonada en pocos días y los países adoptaron la estrategia de mitigación sumándose a la experiencia de España y Francia.

La estrategia de mitigación parte de que el coronavirus puede ser prevenido sólo parcialmente. Por tanto, apunta a reducir el pico de infecciones (aplanar la curva), la hospitalización y la mortalidad. Incluye un conjunto diverso de medidas que son aplicadas por los países según sus capacidades y conveniencias: declaración de estado de emergencia o alarma, aislamiento obligatorio de personas de 60 años o más, pruebas diagnósticas a sintomáticos o casos probables, filtros sanitarios de viajeros nacionales o del exterior, cuarentena de sintomáticos y positivos, cierre parcial o total de fronteras, cierre de colegios y universidades, cierre de bares, bibliotecas, cines, teatros, estadios y similares, suspensión de eventos deportivos y similares, control de bodas y funerales, aislamiento y distanciamiento social obligatorio con excepciones que incluyen ir a trabajar, medidas diversas de alivio económico y el transporte público sigue funcionando. En esta estrategia se intenta equilibrar o encontrar un punto entre la vida y la salud individual y colectiva, la capacidad de respuesta del sistema de salud, y la afectación de la economía y la vida social.

La estrategia de supresión parte de que es posible controlar la epidemia y utiliza todos los aspectos mencionados en la estrategia de mitigación de manera dura o extrema, en especial el diagnóstico masivo y el seguimiento efectivo, el aislamiento social, la suspensión del transporte público y privado, y la clausura de la producción y los mercados. Esta estrategia conduce a un cierre o bloqueo económico y social de varios meses, que requiere una sólida economía, un Estado fuerte y una sociedad sin

grandes fisuras políticas. Los mejores ejemplos de esta estrategia han sido China (25), Corea del Sur y Singapur (26). Pero en Corea se puso el énfasis en la detección masiva, el seguimiento y aislamiento de los casos positivos, sin apelar a la cuarentena social.

Hasta ahora se ha encontrado que esta estrategia es muy efectiva a corto plazo y por ello la población puede recuperar progresivamente su vida económica y social. Pero a mediano y largo plazo, a medida que se reduce el distanciamiento social, se retorna a altas tasas de contagio, hospitalización y mortalidad. En realidad, esta estrategia pospone los efectos más dañinos de la epidemia.

Ambas estrategias tienen como supuesto que en 12 a 18 meses se encontrará un tratamiento efectivo o una vacuna.

La OMS ha definido que la pandemia de COVID-19 tiene 4 fases: i. Fase de importación de casos; ii. Fase de contención de la pandemia; iii. Fase de contagio comunitario; y; iv. Fase de transmisión sostenida. Colombia se encuentra en la fase de importación de casos, pero al mismo tiempo ha abordado de forma temprana la contención con políticas como cierres de puertos, universidades y colegios, cuarentena para migrantes y aislamiento social, dirigidas a reducir las tasas de contacto en la población y por lo tanto reducir la transmisión del virus (23). Según el modelo planteado atrás, la fase de contagio comunitario podría ocurrir entre la primera y segunda semana de abril. La fase de transmisión sostenida podría darse en los meses de abril y mayo del 2020. Es claro que la respuesta en Colombia corresponde a la estrategia de mitigación.

Basados en estos supuestos, se debería continuar con las medidas de mitigación comentadas, pero es indispensable fortalecer el diagnóstico y seguimiento para evaluar de manera adecuada la primera etapa de aislamiento social y determinar si es posible retornar progresivamente a algunas condiciones de normalidad de la vida social. Esto no excluye las medidas de cuarentena de positivos y el aislamiento social selectivo, entre otras medidas.

Por otro lado, las medidas de mitigación tienen como fin disminuir la velocidad de la propagación de la infección mediante un diagnóstico temprano a través de ta-

mización de pruebas rápidas o montaje de laboratorios regionales que permitan aproximar tempranamente el número de casos y anticiparse a la transmisión sostenida hasta tener una vacuna o medicamento efectivo para erradicar el virus.

Un modelo reciente realizado con datos de la pandemia en China, encontró que por cada caso confirmado de coronavirus hubo 12 casos no detectados (25), es posible que el reporte de casos confirmados por el INS no sea tan fiable y que el modelo deba ajustarse a estos supuestos. Sin embargo, la estrategia de anticiparse al diagnóstico con pruebas rápidas y masivas puede llevar a reorganizar los datos y proponer una mejor alternativa, como ha ocurrido en otros países (27).

Tomar medidas como restringir la migración de la población en Colombia y fortalecer las medidas de cuarentena para los inmigrantes puede reducir en gran medida el riesgo de una propagación continua de la epidemia (28). Mantener la mortalidad lo más baja posible será la máxima prioridad para las personas. Además, los gobiernos deben establecer medidas para mejorar la inevitable recesión económica (29).

En la presente investigación, el comportamiento en la velocidad de propagación observada mediante  $R_0 = 1,5$  podría estar relacionado con la fase en la que se encuentra el brote en el país. El 56,6% de los casos son importados, 34,7% son contactos de estos, y hasta la fecha no se ha reportado transmisión comunitaria. Los casos notificados fueron contenidos y vigilados por las autoridades colombianas, limitando el número de contactos estrechos y disminuyendo la tasa de contagio. Las medidas de prevención y control de epidemias adoptadas en Colombia se basan en las experiencias previas en otros países (30) y han mostrado efectos muy significativos, frenando efectivamente la propagación de la epidemia de COVID-19, pero deben seguir realizándose esfuerzos para contener la expansión de la pandemia.

Además, es importante mencionar que los casos reportados fueron contenidos y vigilados por las autoridades colombianas, limitando el número de contactos estrechos, disminuyendo la tasa de contagio por consiguiente se ha retrasado el inicio de la transmisión comunitaria, donde la velocidad de contagio aumenta (31). En la misma vía de limitar la población susceptible dentro de la cadena de transmisión, el país tomó decisiones tempranas al momento del diagnóstico del primer caso importado como: el cierre de centros educativos nueve días después, el confinamiento voluntario, el confinamiento obligatorio 14 días y 18 días después del respectivamente.

Otro aspecto que puede estar afectando la detección de casos es la subestimación de casos, derivada de sesgos al-

rededor del proceso diagnóstico y de vigilancia epidemiológica, debido a los criterios de selección de sujetos para la prueba diagnóstica. El criterio de selección para el diagnóstico se encuentra limitado a personas que llegaron de países con brote y a sus contactos estrechos, lo que puede ocasionar sesgos en la detección o de acceso a la atención sanitaria (acceso a la prueba diagnóstica), por no cumplir el criterio de vigilancia. El criterio de selección para la prueba puede hacer que los casos diagnosticados no representen a la población que reside en el territorio, sino a la procedente del exterior. En la misma vía de estos sesgos por criterios de selección para la prueba, se encuentra el requerimiento de la presencia de síntomas en el sujeto, dejando por fuera a los infectados en periodo de latencia y a los que cursan con cuadro clínico asintomático.

El párrafo anterior pone en evidencia que los posibles casos comunitarios y los casos asintomáticos de COVID-19, no tuvieron el chance de ser diagnosticados, por ende, esta población no ha sido tenida en cuenta en el  $R_0$  observado. Finalmente, es posible también la ocurrencia del sesgo de clasificación errónea, derivada de falsos negativos en la prueba diagnóstica, causando subestimación de casos

No hay otros modelos publicados en Colombia, pero se podría comparar con los modelos citados en la introducción realizados en China (18), Japón (19) (modelos estocásticos) o Italia (20) (predicción espacio-temporal) que además utilizan métodos distintos. Inclusive, se puede pensar en utilizar modelos dinámicos de tipo Poisson, los cuales son modelos bayesianos y tienen la ventaja que no están limitados por el número de datos (32).

Por ejemplo, en un estudio que comparaba la curva epidemiológica en Italia y China (20) se concluyó que el  $R_0$  para COVID-19 era 4,10 (IC 95%: 2,15 a 6,77) en Italia y 3,15 (IC 95%: 1,71 a 5,21) en Hunan, muy elevados para el establecido en este estudio en Colombia ( $R_0 = 2$ ). Por otra parte, se debe mencionar que, debido a que inicialmente existen pocos individuos infectados en Colombia, el efecto de la fracción de recuperados en un día ( $a$ ) al inicio no es notorio y por eso  $f(t) = e^{-\lambda t}$  aproxima bien el número de infectados en ese momento.

A pesar de las limitaciones anteriores, los resultados de este estudio son relevantes y de interés, ya que los modelos logísticos y SIR realizados a medida que avanza la epidemia son claves para evaluar la efectividad de las políticas y medidas adoptadas para contener el contagio de la enfermedad y garantizar una atención hospitalaria adecuada, de tal manera que, a medida que los pronósticos diarios del tamaño de la epidemia comienzan a converger, puede considerarse que el brote está bajo control. Sin embargo, cualquier desviación sistemática de la curva de pronóstico puede indicar que la epidemia está escapando al control (33) •

**Agradecimientos:** A Fred G. Manrique Abril, Víctor M. González Chordá y Oscar Gutiérrez-Lesmes, que diseñaron el estudio y tuvieron acceso a todos los datos del estudio y asumieron la responsabilidad de la integridad y a la precisión del análisis de datos. Carlos Agudelo, Cristian Téllez y Giomar Herrera contribuyeron a la redacción del informe. Carlos Agudelo aportó a la revisión crítica del informe. Fred Manrique Abril, Oscar Gutiérrez, Cristian Téllez aportaron al análisis estadístico. Todos los autores contribuyeron a la adquisición de datos, análisis de datos e interpretación de datos, de igual manera revisaron la aprobación de la versión final.

## REFERENCIAS

- Li Q, Guan X, Wu P, et al. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected pneumonia. *N Engl J Med*. [Internet] 2020; Citado 25 de marzo de 2020; 382:1199-1207. Disponible en: <https://bit.ly/39spYE3>.
- Lu R, Zhao X, Li J, et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet* [Internet]; 2020; Citado el 25 de marzo de 2020; 395:565-574. Disponible en: <https://bit.ly/3bNqTAL>.
- Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med* [Internet] 2020; Citado el 25 de marzo de 2020; 382:727-733. Disponible en: <https://bit.ly/39uR9yc>.
- GUAN, Wei-jie, et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N Engl J Med*. [Internet] 2020. Citado el 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2JpRuHI>.
- Wu, JT, Leung, K., Bushman, M. et al. Estimating clinical severity of COVID-19 from the transmission dynamics in Wuhan, China. *Nat Med* [Internet]. 2020. Citado el 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2R0IQoB>.
- Coronavirus (COVID-19) events as they happen [Internet]. World Health Organization. Citado el 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/3bECmCn>.
- Surveillances, Vital. The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19)—China. *China CDC Weekly* [Internet]. 2020. Citado el 25 de marzo de 2020. 2,8,113-122. Disponible: <https://bit.ly/2WV3JUA>.
- Rothe C, Schunk M, Sothmann P, et al. Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany. *N Engl J Med* [Internet]. 2020. Citado el 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2WUmZBy>.
- Phan LT, Nguyen TV, Luong QC, et al. Importation and human-to-human transmission of a novel coronavirus in Vietnam. *N Engl J Med* [Internet]. 2020. Citado el 25 de marzo de 2020. 382,9,872-874. Disponible en: <https://bit.ly/39tmlxJ>.
- Coronavirus disease (COVID-19) outbreak [Internet] World Health Organization. Citado el 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://www.who.int>.
- National Health Commission of the People's Republic of China [Internet] home page. Citado el 25 de marzo de 2020. Disponible en: <http://en.nhc.gov.cn/>.
- COVID-19 Situation [Internet]. World Health Organization. Citado el 25 de marzo de 2020. Disponible en <https://bit.ly/39un8i3>.
- Coronavirus disease 2019 (COVID-19). Situation Report – 65 [Internet]. World Health Organization. Citado el 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/3auTava>.
- Instituto Nacional de Salud de Colombia [Internet] Coronavirus (COVID-19) en Colombia. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2UNnOtI>.
- Mikler AR, Venkatachalam S, Abbas K. Modeling infectious diseases using global stochastic cellular automata. *J Biol Syst*. [Internet]. 2005. Citado 25 de marzo de 2020; 13(4):421–39. Disponible en: <https://bit.ly/2wFIETE>.
- Velasco-Hernandez JX, Leite MC. A model for the A(H1N1) epidemic in Mexico, including social isolation. *Salud Pública Mex* [Internet]. 2011. Citado 25 de marzo de 2020;53(1):40–7. Disponible en: <https://bit.ly/2Jngbo3>.
- Heesterbeek JA. A brief history of R0 and a recipe for its calculation. *Acta Biotheor* [Internet]. 2002. Citado 25 de marzo; 50(3):189–204. Disponible en: <https://bit.ly/2QYw4Wt>.
- Peng L, Yang W, Zhang D, et al. Epidemic analysis of COVID-19 in China by dynamical modeling. *arXiv preprint arXiv* [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. 06563. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2002.06563>.
- Giuliani D, Dickson MM, Espa G, et al. Modelling and predicting the spread of Coronavirus (COVID-19) infection in NUTS-3 Italian regions. *arXiv preprint arXiv* [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. 2003.06664. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2003.06664>.
- Jia W, Han K, Song Y, et al. Extended SIR prediction of the epidemics trend of COVID-19 in Italy and compared with Hunan, China. *medRxiv* [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2ycRHeW>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia [Internet] Citado 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2w3uFqm>.
- Liu Y, Gayle AA, Wilder-Smith A, et al. The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. *Journal of travel medicine* [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa021>.
- Ferguson NM, Laydon D, Nedjati-Gilani G, et al. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. London: Imperial College COVID-19 Response Team [Internet]. 2020. Citado el 25 de marzo de 2020. Vol. 16. Disponible en: <https://bit.ly/2vZooMI>.
- Hubert T. Coronavirus: El Martillo y la Danza. *Medium* [Internet] 2020. Acceso 29 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2Jp62Y3>.
- Li R, Pei S, Chen B, Song Y, Zhang T, Yang W, et al. Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV2). *Science* [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2vXQirV>.
- Vernon V, Calvin J, Chiew C, et al. Interrupting transmission of COVID-19: lessons from containment efforts in Singapore. *Journal of Travel Medicine*. [Internet]. 2020. Acceso 29 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2vXQirV>.
- BBC. Coronavirus: la exitosa estrategia de Corea del Sur para salvar vidas en medio de la pandemia del covid-19. [Internet] Citado 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bbc.in/39qzelN>.
- Hu JX, He GH, Liu T, et al. Risk assessment of exported risk of novel coronavirus pneumonia from Hubei Province. *Chinese journal of preventive medicine*. [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. 54, E017. Disponible en: <https://bit.ly/33WrrRk>.
- Anderson RM, Heesterbeek H, Klinkenberg D. How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic?. *The Lancet* [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. 395,10228, 931-4. Disponible en: <https://bit.ly/3dzG4iB30>.
- Zhu ZB, Zhong CK, Zhang KX, et al. Epidemic trend of corona virus disease 2019 (COVID-19) in mainland China. *Chinese journal of preventive medicine* [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. 54, E022. Disponible en: <https://bit.ly/3bA14E0>.
- Shim E, Tariq A, Choi W, et al. Transmission potential and severity of COVID-19 in South Korea. *International Journal of Infectious Diseases* [Internet]. 2020. Consultado 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/3bu2yj8>.

32. Kucharski AJ, Russell TW, Diamond C. Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *The Lancet Infectious Diseases* [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. Disponible en: <https://bit.ly/2wNlv1w>.
33. Batista M. Estimation of the final size of the second phase of coronavirus epidemic by the logistic model. *MedRxiv*. [Internet]. 2020. Citado 25 de marzo de 2020. Consultado en: <https://bit.ly/2JonTOV>.

# Predicciones de un modelo SEIR para casos de COVID-19 en Cali, Colombia

## Predictions of a SEIR model for COVID-19 cases in Cali-Colombia

Delia Ortega-Lenis, David Arango-Londoño, Edgar Muñoz, Daniel E. Cuartas, Diana Caicedo, Jorge Mena, Miyerlandi Torres y Fabian Mendez

Recibido 15 abril 2020 / Enviado para modificación 18 abril 2020 / Aceptado 28 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Predecir el número de casos de COVID-19 en la ciudad de Cali-Colombia mediante el desarrollo de un modelo SEIR.

**Métodos** Se utilizó un modelo determinista compartimental SEIR considerando los estados: susceptibles (S), expuestos (E), infectados (I) y recuperados (R). Los parámetros del modelo fueron seleccionados de acuerdo a la revisión de literatura. En el caso de la tasa de letalidad, se usaron los datos de la Secretaría de Salud Municipal de Cali. Se plantearon varios escenarios teniendo en cuenta variaciones en el número básico de reproducción ( $R_0$ ) y en la tasa de letalidad; además, se comparó la predicción hasta el 9 de abril con los datos observados.

**Resultados** A través del modelo SEIR se encontró que, con el número básico de reproducción más alto (2,6) y utilizando la letalidad calculada para la ciudad de 2,0%, el número máximo de casos se alcanzaría el primero de junio con 195 666 (prevalencia); sin embargo, al comparar los casos observados con los esperados, al inicio la ocurrencia observada estaba por encima de la proyectada; pero luego cambia la tendencia con una disminución marcada de la pendiente.

**Conclusiones** Los modelos epidemiológicos SEIR son métodos muy utilizados para la proyección de casos en enfermedades infecciosas; sin embargo, se debe tener en cuenta que son modelos deterministas que pueden utilizar parámetros supuestos y podrían generar resultados imprecisos.

**Palabras Clave:** Infecciones por coronavirus; pandemias; predicción; número básico de reproducción (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To predict the number of cases of COVID-19 in the city of Cali-Colombia through the development of a SEIR model.

**Methods** A SEIR compartmental deterministic model was used considering the states: susceptible (S), exposed (E), infected (I) and recovered (R). The model parameters were selected according to the literature review, in the case of the case fatality rate data from the Municipal Secretary of Health were used. Several scenarios were considered taking into account variations in the basic number of reproduction ( $R_0$ ), and the prediction until april 9 was compared with the observed data.

**Results** Through the SEIR model it was found that with the highest basic number of reproduction [2,6] and using the case fatality rate for the city of 2,0%, the maximum number of cases would be reached on June 1 with 195 666 (prevalence). However, when comparing the observed with the expected cases, at the beginning the observed occurrence was above the projected, but then the trend changes decreasing the slope.

**Conclusions** SEIR epidemiological models are widely used methods for projecting cases in infectious diseases, however it must be taken into account that they are deterministic models that can use assumed parameters and could generate imprecise results.

DO: Estadística. M. Sc. Epidemiología. Departamento de Salud Pública y Epidemiología, Pontificia Universidad Javeriana. Cali, Colombia. [delia.ortega@javerianacali.edu.co](mailto:delia.ortega@javerianacali.edu.co)

DA: Estadístico. M. Sc. Economía Aplicada. Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Cali, Colombia.

[david.arango@javerianacali.edu.co](mailto:david.arango@javerianacali.edu.co)

EM: Estadístico. M. Sc. Epidemiología. University of Texas Health Science Center at San Antonio. San Antonio, TX, U.S.A.

[munoze@uthscsa.edu](mailto:munoze@uthscsa.edu)

DEC: Geógrafo. Ph. D. Ciencias Ambientales. Escuela de Salud Pública. Facultad de Salud. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

[daniel.cuartas@correounivalle.edu.co](mailto:daniel.cuartas@correounivalle.edu.co)

DC: MD. M. Sc. Epidemiología. Ph.D (c) Salud. Departamento de Salud Pública y Epidemiología, Pontificia Universidad Javeriana. Cali, Colombia. [diana.caicedob@javerianacali.edu.co](mailto:diana.caicedob@javerianacali.edu.co)

JM: MD. M. Sc. Epidemiología. Secretaría de Salud Pública Municipal de Cali. Cali, Colombia. [jorgehmena@gmail.com](mailto:jorgehmena@gmail.com)

MT: Bacterióloga. M. Sc. Ciencias Básicas Médicas. M. Sc. Administración. Secretaría de Salud Pública Municipal de Cali. Cali, Colombia. [miyertorres@hotmail.com](mailto:miyertorres@hotmail.com)

FM: MD. M. Sc. Epidemiología. Ph.D. Epidemiología. Escuela de Salud Pública. Facultad de Salud. Universidad del Valle. Cali, Colombia. [fabian.mendez@correounivalle.edu.co](mailto:fabian.mendez@correounivalle.edu.co)

**Key Words:** Coronavirus infections; pandemics; forecasting; basic reproduction number (source: MeSH, NLM).

La enfermedad por el nuevo coronavirus (COVID-19) se ha convertido en una gran amenaza a la salud de las personas en todo el mundo. Hasta el 9 de abril de 2020 se habían reportado 1 601 018 casos, 95 699 muertes (5,5%) y 354 464 recuperados (21,7%) en 184 países afectados. Los países hasta esa fecha con mayor número de infectados eran Estados Unidos (465 750), España (153 222), Italia (143 626), Francia (118 783), Alemania (118 235) y China (82 919). El mayor número de muertes se había presentado en Italia (18 279), Estados Unidos (16 684) y España (15 447) (1).

Para Colombia, las cifras reportadas hasta ese día iban en 2 223 casos, 69 muertes (2,9%) y 174 recuperados (5,6%). En Cali, la tercera ciudad con mayor población en el país, se habían reportado 243 casos, 5 muertes y 11 recuperados (2).

Ante el progreso de esta pandemia, los países alrededor del mundo han implementado diferentes medidas sin precedentes, como el cierre de fronteras, escuelas, universidades, iglesias, todo tipo de eventos sociales y aislamiento de la población en sus casas. Todas estas estrategias han sido influidas por la limitación en el número de pruebas realizadas, la falta de recursos médicos y la baja capacidad para la atención ante un brote de esta magnitud, además de la dificultad para tener otras herramientas de prevención inmediatas (3).

Desde el inicio de la epidemia, se han estimado varios modelos de predicción utilizando diferentes metodologías, como los modelos determinísticos, estocásticos o una combinación de ambos (4-6). Todos tienen un mismo objetivo: la predicción del número de personas infectadas en las próximas semanas, la fecha probable del pico y la estimación del número de casos críticos que requieren manejo en UCI. Esta información permite no solo preparar medidas de contingencia en los servicios de salud y de construcción de planes para atender otros sectores afectados, sino además evaluar las intervenciones realizadas por las autoridades.

Para Colombia, el Instituto Nacional de Salud (INS) realizó proyecciones utilizando un modelo determinista SIR; además, Manrique et ál. también muestran los resultados del mismo modelo para el país (7). Sin embargo, en la literatura aún no se reportan modelos epidemiológicos para la ciudad de Cali que ayuden en la toma de decisiones; por ello, el objetivo de este estudio es mostrar las predicciones realizadas a través de un modelo epidemiológico determinista en la ciudad.

## MÉTODOS

Se ajustó un modelo compartimental determinista SEIR basado en el estado epidemiológico de los individuos. La ventana de tiempo fue de 400 días a partir del 15 de marzo, fecha en la que se reportó el primer caso en la ciudad. Las proyecciones del modelo se realizaron en el software R; para los gráficos se usó la librería ggplot (8).

### Datos

Se utilizaron datos del reporte de casos diario de la Secretaría de Salud Municipal de Cali para el cálculo de la tasa de letalidad, teniendo en cuenta la fecha de inicio de síntomas la cuál se ajusta más a la dinámica de transmisión. La población de la ciudad en el año 2020 se obtuvo a través de la proyección poblacional del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

### Modelo SEIR

Los procesos de transmisión de agentes infecciosos en poblaciones hospederas representan uno de los principales objetivos de estudio de los modelos epidemiológicos compartimentales, los cuales se basan en sistemas de ecuaciones diferenciales para el movimiento de la población a través de estados discretos. De esta forma, cuando un patógeno aparece en una comunidad hospedera, estos modelos dividen los individuos en categorías que dependen del tipo de infección (9). Estas categorías o también llamados compartimientos son representadas teniendo en cuenta una notación estándar desarrollada por Kermack y McKendrick (10). En el caso del modelo SEIR, su sigla significa que tienen en cuenta: fracción de la población hospedera que es susceptible a la infección (S), fracción de infectados pero que aún no transmiten la infección a otros durante el periodo de latencia (E), fracción de infectados que pueden transmitir la infección (I) y la fracción de recuperados que adquieren inmunidad temporal o permanente (R).

El sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias del modelo SEIR para una población fija es el siguiente:

$$N=S+E+I+R$$

$$\frac{dS}{dt} = \mu(N-S) - \beta \frac{(S I)}{N} - \nu S$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta \frac{(S I)}{N} - (\mu + \sigma) E$$

$$\frac{dI}{dt} = \sigma E - (\gamma + \mu) I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R + \nu S$$

donde  $\mu$  es la tasa de mortalidad en la población (no relacionada con la enfermedad),  $\beta$  es la tasa efectiva de contacto (parámetro que controla qué tan frecuente un contacto susceptible-infectado resulta en una nueva exposición),  $\nu$  es la tasa de vacunación si una vacuna existiera (en este caso se asume cero),  $\sigma$  es la tasa a la cual una persona expuesta se convierte en infecciosa, y  $\gamma$  es la tasa a la cual un infectado se recupera y pasa a ser resistente.

Este modelo asume que la población es constante, que la tasa de letalidad es baja comparada con otras enfermedades, y que, además, todos los hospederos infectados adquieren inmunidad.

Así mismo, el número reproductivo  $R_0$  que representa el número esperado de individuos secundarios resultantes de una infección inicial se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$R_0 = \frac{(\sigma \beta)}{(\sigma + \mu)(\gamma + \mu)}$$

El cálculo de este parámetro se realiza sin tener en cuenta la existencia de una vacuna, además asumiendo que es constante en toda la población. Si este es mayor a 1, cada persona infectada produce más de un nuevo caso y la enfermedad es capaz de propagarse e infectar la población susceptible. En la práctica, este parámetro puede ser difícil de medir, debido a que depende de datos de seguimiento muy específicos en la población, como la frecuencia en que una persona infectada-susceptible resulta en una nueva exposición y la tasa en la cual una persona se vuelve infectiva. Para el modelo de este estudio, se utilizaron diferentes escenarios del valor de  $R_0$ , de acuerdo a lo reportado en la literatura, teniendo en cuenta que las posibles medidas de intervención realizadas o a realizar afectarán principalmente este parámetro. Las proyecciones del número de infectados se realizaron para  $R_0$  igual a 1,5, 2,0, 2,4 y 2,6, valores que fueron reportados por el equipo de respuesta del COVID-19 del Imperial College. Además, otros parámetros reportados en otros estudios como se indica en la Tabla 1.

Las proyecciones de los diferentes escenarios del modelo se compararon con la serie observada de casos con-

firmados desde el 15 de marzo hasta el 9 de abril. Por otro lado, usando la distribución de casos según severidad, se realizó el cálculo de casos leves, severos y críticos en los puntos más altos por cada escenario (11).

Por último, se realizó la estimación de un modelo exponencial para determinar la tasa de crecimiento de los casos confirmados antes y después de la medida de cuarentena impuesta por el Gobierno nacional, esto con el objetivo de medir el posible efecto de la intervención, además de aportar información complementaria a la proyección de casos reportada por el modelo SEIR.

## RESULTADOS

Hasta el 9 de abril, en Cali se habían reportado 243 casos y 5 muertes para una tasa de letalidad de 2,0%. Teniendo en cuenta una población de 2 200 000 de habitantes para Cali, la estimación de prevalencia de infectados bajo el escenario menos optimista ( $R_0=2,6$ ) mostró una curva con un punto máximo de 195 666 casos para el primero de junio, mientras que para un número de reproducción igual a 2,4 el pico se presentaría el 10 de junio con 172 991; para un  $R_0$  de 2 el pico sería el 5 de julio con 122 364; y finalmente el escenario más optimista muestra un curva disminuida en su frecuencia de casos, con un punto alto el 22 de septiembre (50 713 casos) (Figura 1). Además, las proyecciones muestran que el porcentaje de contagiados en la ciudad respecto a la población total serían: 59% ( $R_0=1,5$ ), 80% ( $R_0=2,0$ ), 88% ( $R_0=2,4$ ) y 91% ( $R_0=2,6$ ).

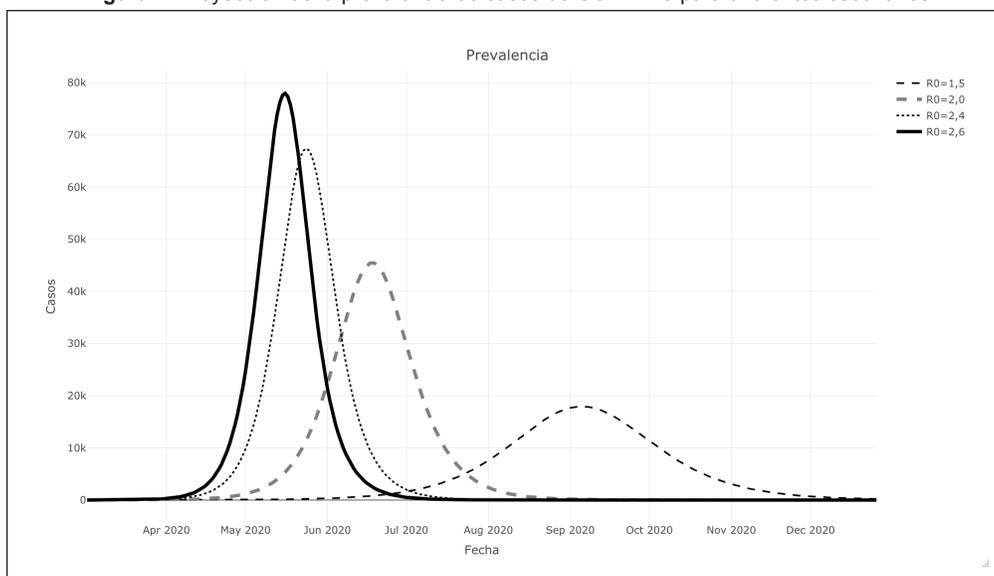
Al comparar la serie de casos confirmados con la predicción realizada para los diferentes números de reproducción ( $R_0$ ), se encuentra que la serie observada al inicio presenta una ocurrencia de casos mayor a la proyectada con un número de 2,6; sin embargo, a partir del 26 de marzo, la tendencia cambia y muestra que, posiblemente, si se analizan los datos en semanas posteriores, su comportamiento pueda ser similar al presentado teniendo en cuenta un  $R_0$  igual a 2 o menor (Figura 2).

Debido a la necesidad de determinar no sólo el número de personas infectadas en el tiempo, sino además cuántos de estos van a requerir de los servicios de salud, se encontró que el número de casos críticos para un número

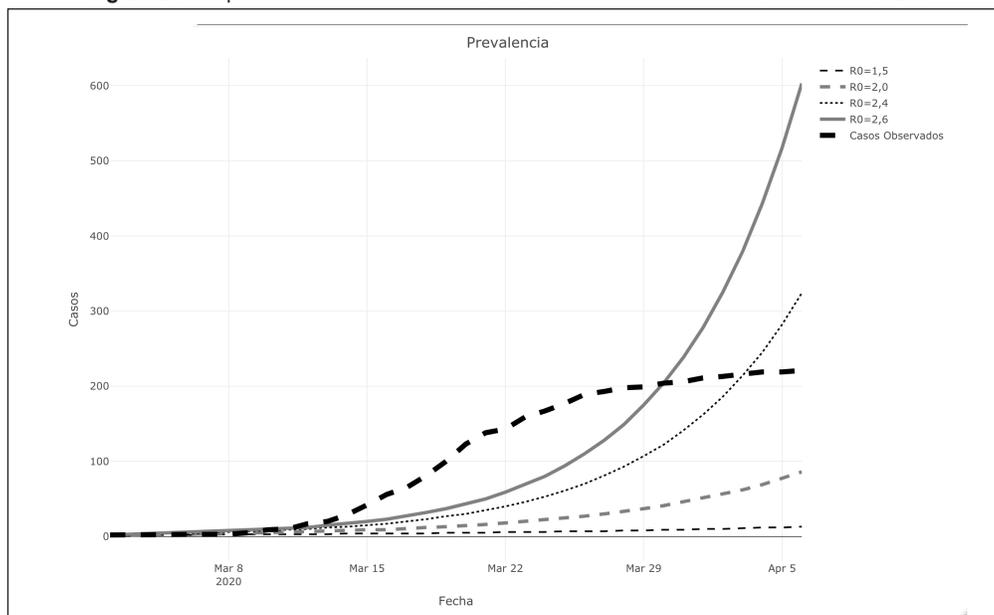
**Tabla 1.** Parámetros del modelo SEIR

Parámetro	Valor	Referencia
Infectados iniciales	1	Parámetros implementados para el modelo SIR de covid-19 en Colombia (INS)
Duración del periodo de latencia	5,1 días	Ferguson N., et al. Imperial college COVID-19 Response team
Duración del estado infeccioso	2,9 días	Kucharski A., et al. Centre for mathematical modelling of infectious diseases, London School of Hygiene & Tropical Medicine

**Figura 1.** Proyección de la prevalencia de casos de COVID-19 para diferentes escenarios



**Figura 2.** Comparación datos observados con los diferentes escenarios del modelo SEIR



básico de reproducción de 1,5 en el punto más alto de la epidemia es 2 119, para  $R_0=2,0$  es de 5 113, con  $R_0=2,4$  son 7 228 y finalmente para un  $R_0$  de 2,6 se esperarían 8 176 casos críticos (Tabla 2).

Por otro lado, los resultados del modelo exponencial muestran que la tasa de crecimiento de casos confirmados antes de la medida de cuarentena fue de 1,2 IC95% [1,1–1,3] . Esto quiere decir que, si —por ejemplo— un día se inicia con un reporte de unos 100 casos, cada día aumentaría en un 21% y al cabo de dos semanas se podrían tener 1 744 casos diarios; y de estos más o menos unos 73 casos necesitarían UCI diariamente; sin embargo, la tendencia

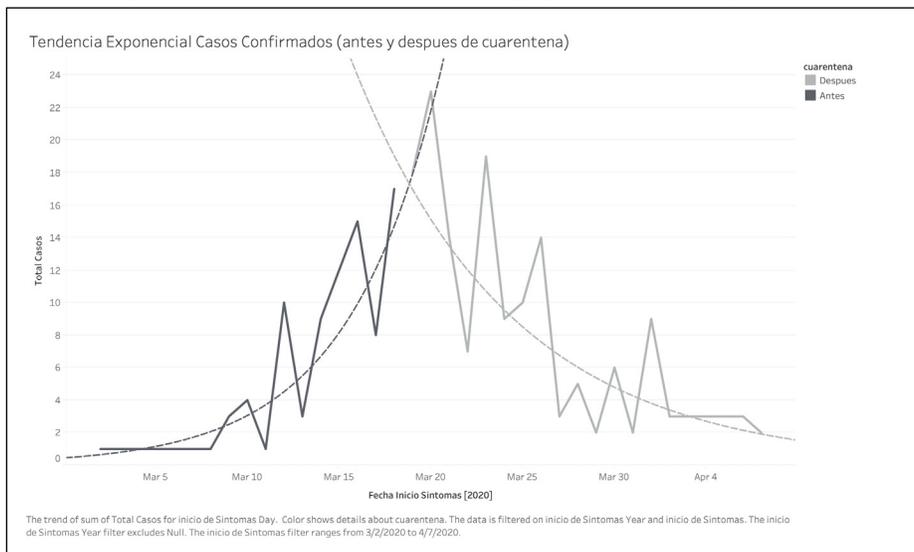
después de la medida presentó un descenso de 11% en los casos nuevos presentados a diario (Tasa=0,9 IC95% [0,8–0,9]) (Figura 3).

A través del modelo SEIR se encontró que, para el número básico de reproducción más alto de 2,6 y utilizando la letalidad calculada para la ciudad de 2%, el número máximo de casos se alcanzaría el primero de junio con 195 666 (prevalencia). Sin embargo, al comparar los casos observados con la proyección se observa que al inicio la ocurrencia estaba por encima de las predicciones pero luego cambia la tendencia disminuyendo el grado de inclinación. Con unas semanas más de infor-

**Tabla 2.** Distribución de casos proyectados según severidad en el pico de la predicción

$R_0$	Casos leves (81,4%)	Casos severos (13,9%)	Casos críticos (4,7%)
1,5	36 698	6 267	2 119
2,0	88 548	15 121	5 113
2,4	125 184	21 377	7 228
2,6	141 593	24 179	8 176

**Figura 3.** Tendencia de casos confirmados y ajuste del Modelo Exponencial.



mación (posteriores al 9 de abril) se podrá determinar si los casos observados siguen el comportamiento de un número básico de reproducción de 2 o 1,5. Por otro lado, a través del modelo exponencial se pudo medir el efecto generado por la cuarentena sobre la ocurrencia de casos confirmados; este hecho evidencia que, antes de la medida, el crecimiento diario de casos era de 21%, mientras que después de la misma se presentó una disminución en el reporte en 11%.

La construcción de este tipo de modelos durante la ocurrencia de una pandemia de esta magnitud se hace necesario, dado que ayuda a los Gobiernos en la planeación y construcción de intervenciones de forma anticipada. Los modelos epidemiológicos SEIR son una opción tradicional y sencilla que a través de un sistema de ecuaciones y la suposición o generación de valores iniciales predice la ocurrencia de casos de una enfermedad infecciosa, proporcionando datos a largo plazo sobre el comportamiento de la prevalencia e incidencia. Permiten, además, considerar la dinámica de la epidemia a través de los diferentes estados en los que se pueden mover los hospederos del virus y valorar los efectos de posibles intervenciones, como las vacunas, si existieran (12).

Sin embargo, estos modelos, aunque son muy utilizados, presentan varias limitaciones. Una de estas es la suposición en el comportamiento de parámetros, aunque

podría ser una ventaja inicialmente, dado que la ausencia de estos valores permite incluir estimaciones de otros estudios (como sucede en este artículo). También podría resultar en proyecciones imprecisas, debido a que no se está considerando la distribución local de valores como el número básico de reproducción, que puede estar muy influida por dinámicas culturales o sociales del país o de la ciudad, además de cambiar a medida que evoluciona el brote (13). Así mismo, no considera factores socioeconómicos como las condiciones de vivienda de la población, lo cual podría ser crucial en la propagación del virus, o las condiciones climáticas que ya se ha demostrado tiene un efecto en la ocurrencia de casos (14).

Aunque este tipo de modelos pueden presentar incertidumbre en sus resultados, se debe mencionar que, en general, los datos epidemiológicos también pueden afectarse por varios inconvenientes, como es el retraso en la entrega de resultados de las pruebas, en la notificación y limitaciones en la cobertura, inconveniente que generan posibles imprecisiones en la información. Sumado a esto, en ninguna región se conoce con certeza absoluta la cantidad de infectados reales (considerando los posibles asintomáticos), lo que finalmente puede resultar en modelos epidemiológicos con proyecciones imprecisas o con un alto grado de incertidumbre, aun si se ajustan por los factores mencionados anteriormente.

En el futuro inmediato, se deben considerar modelos que incorporen las características dinámicas locales de la transmisibilidad, por ejemplo, estimando el número efectivo de reproducción ( $R_t$ ), el cual varía en el tiempo y puede emplearse para hacer seguimiento y evaluación de las medidas de contención del brote en tiempo real (15). Variaciones de estos modelos podrían incorporar la incertidumbre en un marco de modelación bayesiana, así como el concepto de epicentros, que surge de modelar adicionalmente la transmisibilidad en función de la proximidad geográfica de los casos.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen a Gisel Guzman, geógrafa de la Universidad del Valle, a la Secretaría de Salud Pública Municipal y a la Alcaldía de Santiago de Cali por facilitar el acceso a la información.

**Conflicto de intereses:** Ninguno.

## REFERENCIAS

1. COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University [Internet]. Baltimore: Johns Hopkins University; 2020 [updated 2020; cited 2020 Abril 14]. Available from: <https://bit.ly/3cel1Qe>.
2. Módulo de datos COVID-19 en Colombia. Bogotá: Instituto Nacional de Salud; 2020 [updated 2020, cited 2020 Abril 14]. Available from: <https://bit.ly/2YGzu4D>.
3. Radulescu A, Cavanagh K. Management strategies in a SEIR model of COVID-19 community spread [preprint]. Physics.soc-ph. Arxiv. 2020 [cited 2020 Abril 14]. Available from: <https://bit.ly/3dujJCd>.
4. Ferguson NM, Laydon D, Nedjati-Gilani G, Imai N, Ainslie K, Baguelin M, et al. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. Imperial College. 2020 [Cited 2020 Abril 23]. Available from: <https://bit.ly/35GGuA6>. DOI:10.25561/77482.
5. Kucharski AJ, Russell TW, Diamond C, Liu Y, Edmunds J, Funk S, Davies N, et al. Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis*. 2020 [Cited 2020 Abril 15]. Available from: <https://bit.ly/2WBMpSP>. DOI:10.1016/S1473-3099(20)30144-4.
6. Crokidakis N. Data analysis and modeling of the evolution of COVID-19 in Brazil [Preprint]. Physics.soc-ph. arXiv. 2020 [Cited 2020 Abril 23]. Available from: <https://bit.ly/2A9xul7>.
7. Manrique FG, Agudelo CA, González VM, Gutiérrez O, Téllez CF, Herrera G. Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia. *Rev. Salud Pública*. 2020 Feb [Cited 2020 Abril 15]; 2(1):1-9. Available from: <https://bit.ly/2WzJjin>. DOI:10.15446/rsap.v22.85977.
8. Create a new ggplot. Tdyverse [Internet]. USA: RStudio; 2020 [Cited 2020 Abril 15]. Available from: <https://bit.ly/2VWAJutF>.
9. Mandal S, Ram Rup S, Somdatta S. Mathematical models of malaria-a review. *Malar J*. July 2020 [Cited 2020 Abril 15]; 10(202): 1-19. Available from: <https://bit.ly/2LcF9r6>. DOI:10.1186/1475-2875-10-202.
10. Kermack WO, McKendrick AG. Contribution to the mathematical theory to epidemics-I. *Proc R Soc Lond*. 1991 [Cited 2020 Abril 15]; 115:100-121. Available from: <https://bit.ly/2WtZ4ag>. DOI:10.1007/BF02464423.
11. Wu JT, Leung K, Bushman M, Kishore N, Niehus R, de Salazar PM, et al. Estimating clinical severity of COVID-19 from the transmission dynamics in Wuhan, China. *Nat Med*. 2020 [Cited 2020 Abril 23]:1-5. Available from: <https://go.nature.com/2WyxfoN>. DOI:10.1038/s41591-020-0822-7.
12. Peng L., Yang W., Zhang D., Zhuge C. Hong L. Epidemic analysis of COVID-19 in China by dynamical modeling. *Nature Medicine*. 2020 [Cited 2020 Abril 23]; 26:506–510. Available from: <https://tinyurl.com/ycrarahp>.
13. Flaxman S, Mishra S, Gandy A, Unwin H, Coupland H, Mellan T. et al. Report 13 - Estimating the number of infections and the impact of nonpharmaceutical interventions on COVID-19 in 11 European countries. Imperial College London. 2020 [cited Abril 23 2020]. Available from: <https://tinyurl.com/y8ujbbkt>. DOI:10.25561/77731.
14. Ma Y, Zhao Y, Liu J, He X, Wang B, Fu S, et al. Effects of temperature variation and humidity on the death of COVID-19 in Wuhan, China. *Science of The Total Environment*; 2020 [Cited 2020 Abril 23]:138-226. Available from: <https://tinyurl.com/y8gm6e8m>. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.138226.
15. Pan A, Liu L, Wang C, Guo H, Hao X, Wang Q, et al. Association of public health interventions with the epidemiology of the COVID-19 outbreak in Wuhan, China. *Jama*. 2020. Available from: <https://tinyurl.com/y7vqeupr>. DOI:10.1001/jama.2020.6130.

# Análisis espacio-temporal del SARS-COV-2 en Cali, Colombia

## SARS-coV-2 spatio temporal analysis in Cali, Colombia

Daniel E. Cuartas, David Arango-Londoño, Gissel Guzmán-Escarria, Edgar Muñoz, Diana Caicedo, Delia Ortega, Andrés Fandiño-Losada, Jorge Mena, Miyerlandi Torres, Lena Barrera y Fabián Méndez

Recibido 12 abril 2020 / Enviado para modificación 15 abril 2020 / Aceptado 28 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Describir la distribución espacio-temporal del COVID-19 en la ciudad de Cali durante el primer mes de epidemia.

**Métodos** Se realizó un análisis exploratorio de datos espaciales, compuesto por un análisis de densidad de Kernel y se verificó la presencia de patrones espaciales por medio de la función K de Ripley.

**Resultados** La distribución espacial de los casos tiende a concentrarse inicialmente en el norte y sur de la ciudad, con una dinámica cambiante hacia el oriente y occidente.

**Conclusiones** El patrón espacial identificado puede estar influenciado por las medidas de aislamiento tomadas a nivel local y nivel nacional, además no se puede descartar el efecto del poco acceso que tiene la población general a las pruebas diagnósticas, los retrasos y represamientos para conocer los resultados de las mismas y aun los posibles sesgos por dificultades en la técnica de toma de la muestra o su conservación.

**Palabras Clave:** Análisis espacial; infecciones por coronavirus; COVID-19, geografía médica (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To describe the spatio-temporal distribution of the COVID-19 in the city of Cali during the first month of the epidemic.

**Methods** An exploratory analysis of spatial data was carried out, consisting of a kernel density analysis and the presence of spatial patterns was verified by the K-Ripley function.

**Results** The spatial distribution of the cases tends to initially concentrate in the north and south of the city, with a changing dynamic towards the east and west.

**Conclusions** The identified spatial pattern may be influenced by the isolation measures taken at the local and national level, but the effect of the low access of the general population to diagnostic tests, delays and restraints to know the results cannot be ruled out and even possible biases due to difficulties in the technique of taking the sample or its conservation.

**Key Words:** Spatial analysis; coronavirus infections; SARS-CoV-2; COVID-19 virus, medical geography (*source: MeSH, NLM*).

DC: Geógrafo. Ph.D. Ciencias Ambientales. Universidad del Valle. Cali, Colombia. [daniel.cuartas@correounivalle.edu.co](mailto:daniel.cuartas@correounivalle.edu.co)  
DL: Estadístico. M.Sc. Economía Aplicada. Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali, Colombia. [david.arango@javerianacali.edu.co](mailto:david.arango@javerianacali.edu.co)  
GE: Geógrafa, Universidad del Valle. Cali, Colombia. [gissel.guzman@correounivalle.edu.co](mailto:gissel.guzman@correounivalle.edu.co)  
EM: Estadístico. M.Sc. Epidemiología, University of Texas Health Science Center at San Antonio, San Antonio, Estados Unidos. [munoze@uthscsa.edu.co](mailto:munoze@uthscsa.edu.co)  
DM: MD. M.Sc. Epidemiología. Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali, Colombia. [diana.caicedob@javerianacali.edu.co](mailto:diana.caicedob@javerianacali.edu.co)  
DO: Estadística. M.Sc. Epidemiología. Pontificia Universidad Javeriana Cali. Cali, Colombia. [delia.ortega@javerianacali.edu.co](mailto:delia.ortega@javerianacali.edu.co)  
AF: MD. Ph.D. Health Sciences. Universidad del Valle. Cali, Colombia. [carlos.fandino@correounivalle.edu.co](mailto:carlos.fandino@correounivalle.edu.co)  
JM: MD. M. Sc. Epidemiología. Secretaría de Salud Pública Municipal de Cali. Cali, Colombia. [jorgehmena@gmail.com](mailto:jorgehmena@gmail.com)  
MT: Bacterióloga. M.Sc. Ciencias Básicas Biomédicas, Secretaría de Salud Pública Municipal de Cali, Cali, Colombia. [miyertorres@hotmail.com](mailto:miyertorres@hotmail.com)  
LB: MD. Ph.D. Epidemiology. Universidad del Valle. Cali, Colombia. [lana.i.barrera@correounivalle.edu.co](mailto:lana.i.barrera@correounivalle.edu.co)  
FM: MD. Ph.D. Epidemiología. Universidad del Valle. Cali, Colombia. [fabian.mendez@correounivalle.edu.co](mailto:fabian.mendez@correounivalle.edu.co)

**A** inicios de diciembre de 2019, fueron identificados los primeros casos de una neumonía de causa desconocida en la ciudad de Wuhan en China. Transcurridos cuatro meses desde el inicio de la pandemia de COVID-19 se han confirmado 1,5 millones de casos en 184 países con más de 90 000 muertes certificadas y la progresión de la curva epidémica mundial aún no llega a su cima. Desde mediados de

marzo de 2020, la tendencia mundial presenta una progresión al aumento exponencial en el número de casos; aunque existen dinámicas particulares que dependen de la fecha de inicio en la importación de los primeros casos, de las intervenciones por regiones y de las características demográficas, sociales y económicas del contexto.

Los primeros casos de COVID-19 en Colombia fueron diagnosticados en la primera semana de marzo (6 de marzo se diagnostica el primer caso importado en Bogotá) y a la fecha se han confirmado más de 2 200 casos, un poco menos de la mitad en Bogotá. Aunque en lo corrido de la epidemia la mayoría de los departamentos han reportado casos (24 de 32 departamentos), los diagnósticos se han hecho solo en un 10% de los municipios (116 de 1102 municipios).

Es reconocido que la forma de dispersión de la enfermedad es principalmente entre personas que están en contacto cercano (menos de 2 m), por medio de pequeñas gotas producidas por una persona infectada cuando tose, estornuda o habla (1). Es factible, además, que las personas sin síntomas puedan transmitir la enfermedad y es por ello que las medidas de distanciamiento social generalizadas han sido establecidas en muchos países. La propagación puede darse también por contacto con superficies u objetos contaminados y por ello la insistencia en las medidas de higiene de manos.

En la medida que el coronavirus 2 del Síndrome Respiratorio Agudo Grave (SARS-COV-2) se propaga, se van conociendo más características de la dinámica de transmisión de este nuevo virus. Caracterizar la evolución de las infecciones en el tiempo y el espacio ayuda a entender cómo ocurre el contagio, así como la forma en que se propaga en medio de las acciones de control establecidas y, en consecuencia, ayuda a redefinir las estrategias de intervención para disminuir el impacto en la salud de las poblaciones. En este sentido, este trabajo busca describir la distribución espacio-temporal del coronavirus en la ciudad de Cali durante el primer mes de epidemia.

## MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio es el perímetro urbano de Santiago de Cali localizado en el sur occidente de Colombia en un valle interandino entre la cordillera occidental y la cordillera central. El área urbana de la ciudad se divide administrativamente en 22 comunas y una zona de expansión de 11 924 ha. Cuenta con una población de 1 822 869 habitantes en la cabecera municipal, 46,8%, hombres y 53,2%, mujeres (2). Los adultos jóvenes entre los 15 y 39 años son el grupo etario predominante con el 39,8%, seguida

por la población adulta entre 40 y 59 años que corresponde al 25,8%; la población infantil, con un 17,7%; y con menor frecuencia, los adultos mayores de 60 años que representan el 16,5%.

### Análisis exploratorio de datos espaciales

El análisis exploratorio de datos espaciales comprende la localización, distribución espacial, asociación espacial, interacción y evolución espacial (3). Para el caso de la descripción de la distribución espacial de las infecciones por el coronavirus, se desarrollan en este trabajo las dos principales funciones de la investigación geográfica en los estudios de epidemias: como una herramienta de análisis para conocer la distribución y como una herramienta de comunicación para la toma de decisiones (4).

En este análisis se empleó la localización de cada caso por medio de puntos, empleando métodos de suavización espacial de Kernel que brindan información de la distribución y de la densidad de los casos.

### Geocodificación

Los datos de los casos fueron proporcionados por la Secretaría de Salud Pública Municipal de Cali a partir de las fichas de notificación individual de casos de infección respiratoria aguda de virus nuevo (código 346 del Instituto Nacional de Salud) que hacen parte del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA). La información suministrada incluye la dirección de residencia de los casos que fue necesario estandarizar inicialmente para luego transformar la ubicación en un sistema de latitud-longitud bajo un sistema de coordenadas geográficas (5-9). Posteriormente, se realizó un proceso de geocodificación automatizada con la plataforma QGIS, para lo que se utilizó el complemento MMQGIS y la interface API de Google Maps, seguido de la verificación de las localizaciones obtenidas al hacer búsqueda directa en Google Maps. En los casos en que se encontró una inconsistencia que pudiera ser ajustada se realizaba de manera manual y en aquellos en que se identificó una dirección inexistente se eliminó el registro.

### Análisis de patrones de puntos

El análisis de densidad es uno de los principales métodos para reconocer patrones de distribución (10). En el análisis de distribución de eventos como el coronavirus permite identificar rápidamente la concentración (“puntos calientes”) de casos confirmados o probables y adelantar intervenciones (11). En el análisis de densidad se genera una superficie curvada suave sobre cada punto en estudio, usando cálculos de vecindad local definida por bloques de celdas o píxeles, y una función simétrica radial; de manera

que, el valor de densidad más alto se da sobre el punto y tiende a disminuir progresivamente a medida que se aleja del mismo, hasta el radio máximo de búsqueda donde el valor de densidad llega a 0 (12).

La densidad de Kernel emplea una función de densidad bivariada, por medio de la siguiente ecuación:

$$\lambda_i(S) = \frac{1}{\delta_i(S)} \sum_{i=1}^n \frac{1}{r^2 K} \left( \frac{s-s_i}{r} \right)$$

Donde  $K$  representa la función de densidad bivariada,  $r > 0$  es el ancho del radio y  $s$  es el centroide de una circunferencia de radio  $r$  (5).

La comprobación de los patrones observados a partir del análisis de densidad, se confirmaron por medio de la función  $K$  de Ripley, que resume la dependencia espacial como una función. Cuando el valor  $K$  de las observaciones se encuentra por encima de  $K$  esperado, significa que la distribución observada es agregada en comparación con la distribución aleatoria. La función  $K$  se define como:

$$\hat{K}(r) = \frac{a}{n(n-1)} \sum_i \sum_j I(d_{ij} \leq r) e_{ij}$$

donde  $a$  es el área de la ventana,  $n$  es el número de puntos y la suma es tomada de todos los pares ordenados de puntos  $i, j$ .  $d_{ij}$  es la distancia entre dos puntos,  $I(d_{ij} \leq r)$  es el indicador que iguala a 1 si la distancia es menor o igual a  $r$ . El término  $e_{ij}$  es un límite de corrección de la ponderación (13).

## RESULTADOS

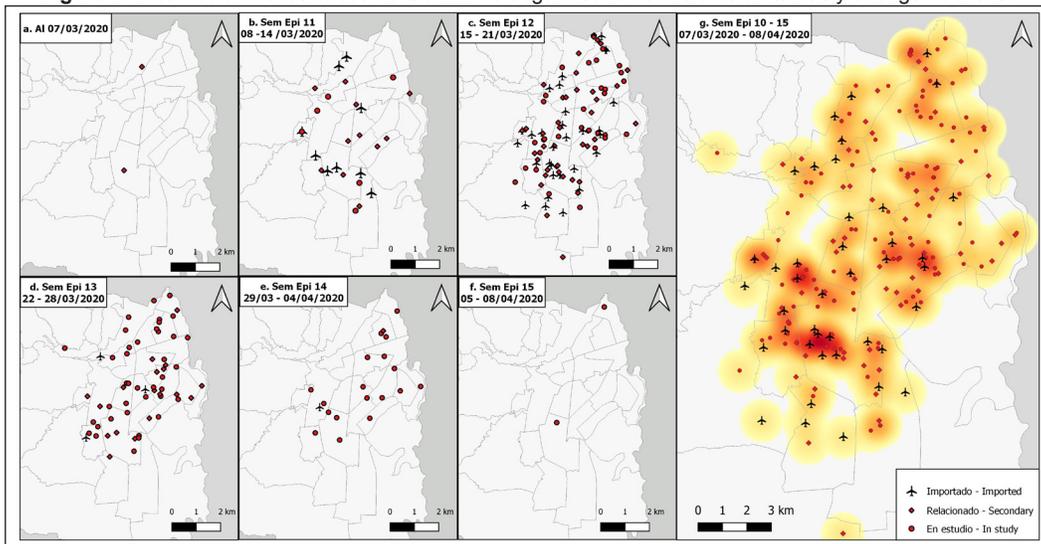
De los 241 casos confirmados entre el 7 de marzo y el 8 de abril de 2020 en la ciudad de Cali, fue posible geocodificar

el 94% de ellos ( $n=227$ ), tras una pérdida de datos espaciales en 14 casos. De estos 227 casos, 6 (2,5% de todos los confirmados) tenían información perdida respecto a la fecha de inicio de síntomas. En consecuencia, el análisis descriptivo de la distribución espacio-temporal de los casos positivos para SARS-COV-2 durante el primer mes en la ciudad de Cali se realizó con 221 casos. En el total de la ocurrencia de este primer mes (Figura 1 mapa de densidad de puntos) es posible identificar que la mayor agregación de casos está en el sur de la ciudad, aunque se identifican otros puntos calientes menores hacia el occidente y el oriente, y algunos de menor relevancia en el norte de la ciudad.

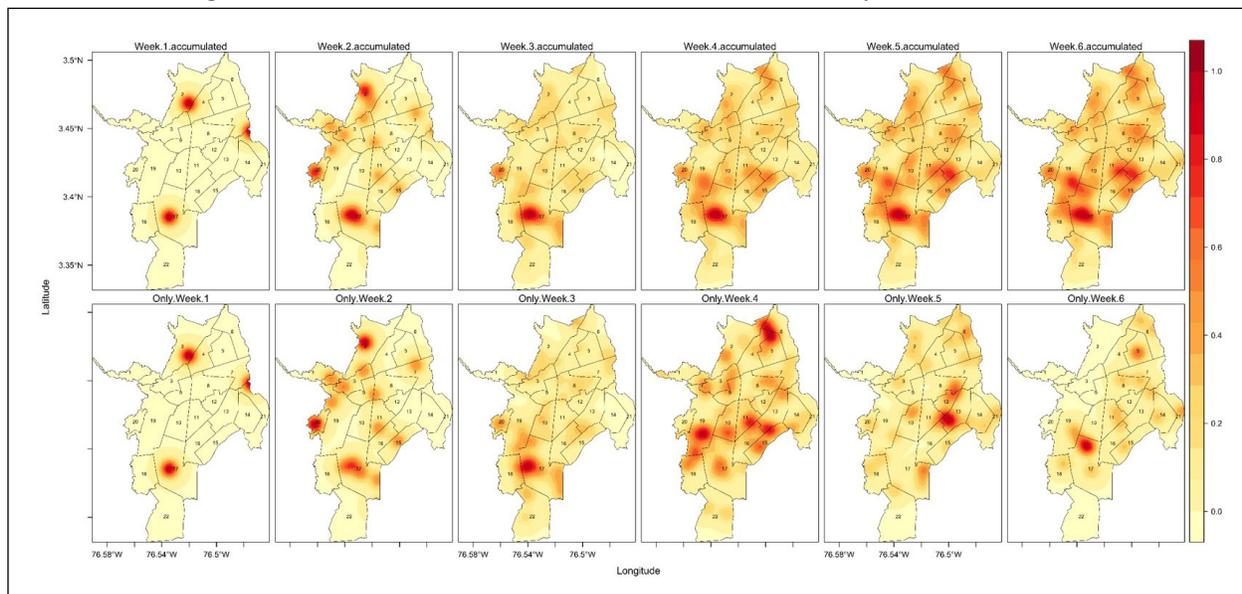
La distribución de los casos por semanas epidemiológicas (ventanas de tiempo de observación, ver 6 mapas de puntos de la Figura 1), de acuerdo con el origen de la infección, muestra que los casos importados predominan durante las primeras semanas en particular entre el 8 y el 21 de marzo (semanas 11 y 12), tanto en zonas del sur como en el norte de la ciudad. Los casos relacionados como es de esperar presentan un patrón relacionado con los casos importados.

Teniendo en cuenta, la fecha de inicio de síntomas se identificaron variaciones temporales en la densidad de casos a lo largo del periodo analizado. En la figura 2 se muestra la distribución acumulada hasta la semana señalada (secuencia de mapas superiores de la figura 2) y la distribución para cada una de las 6 semanas epidemiológicas correspondientes entre el 8 de marzo y el 8 de abril de 2020 (secuencia de mapas inferiores de la Figura 2). En particular, puede observarse como dos de los casos confirmados iniciaron síntomas a finales de la semana epidemiológica 10 (primera ventana de tiempo, una se-

**Figura 1.** Distribución de los casos de COVID-19 según fecha de inicio de síntomas y el origen del caso



**Figura 2.** Densidad de casos SARS -CoV-2 en Cali entre el 7 de marzo y el 8 de abril del 2020



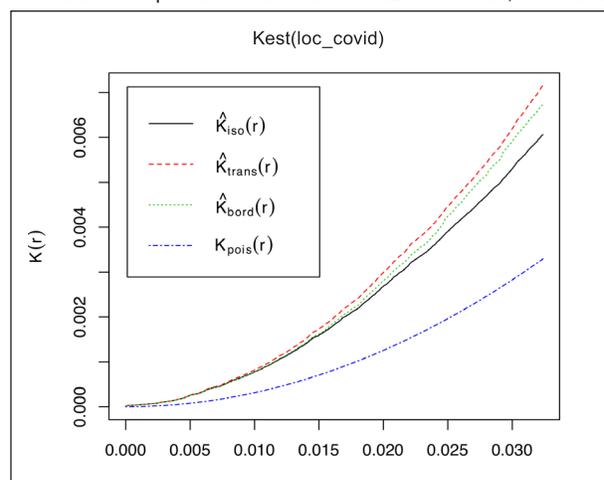
mana antes del primer caso diagnosticado). Durante la semana epidemiológica 11 (8- 14/03/2020) iniciaron síntomas 27 casos con una especial tendencia a concentrarse en el sur de la ciudad en una suerte de corredor alrededor una vía arteria (carrera 80), involucrando varios barrios de la ciudad; de igual forma se configura un punto caliente en la comuna 20 y otro más en el norte.

En la semana epidemiológica 12 (15-21/03/2020), 109 casos reportaron haber iniciado síntomas, entre los cuales se encuentran tres de los fallecidos durante ese mes en la ciudad. La concentración de casos se mantiene predominantemente en el sur y norte de la ciudad, aunque se presentan casos distribuidos a lo largo de la ciudad. Para la semana epidemiológica 13 (22-28/03/2020) iniciaron síntomas 60 casos, incluyendo dos de los fallecidos, en este periodo se configuran focos de casos hacia el occidente, el oriente y el norte de la ciudad. Para la semana epidemiológica 14 (29/03-04/04/2020) iniciaron síntomas 19 casos que se concentraron especialmente en el oriente de la ciudad. Durante lo corrido de la semana epidemiológica 15 (05-08/04/2020, datos a la fecha de análisis) 2 casos se habían identificado con síntomas, uno nuevamente al sur, en una ubicación distinta de la de los focos iniciales, y otro adicional al norte.

El comportamiento espacial de los casos positivos de SARS-COV-2 en la ciudad de Cali se examinó con la función K (Figura 3), con lo que se confirma estadísticamente la tendencia espacial fuertemente agregada de los casos. En la Figura 3, se observa que la curva de patrón aleatorio Poisson se encuentra por debajo de la curva observada. Este resultado muestra que, a pesar de encontrar

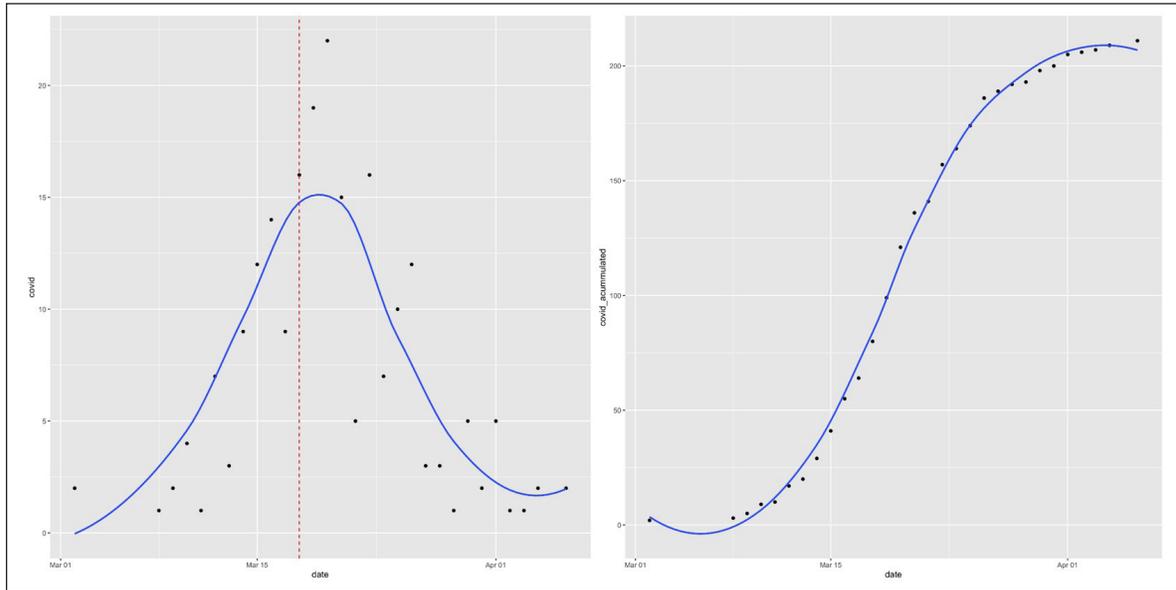
casos en diversas zonas de la ciudad, estos se encuentran aglomerados en nichos.

**Figura 3.** Función K para identificar el tipo de patrón de distribución espacial de casos de COVID-19 en Cali, Colombia



Por otro lado, un análisis de la tendencia temporal en la ocurrencia de casos positivos de SARS-COV-2 durante el periodo de análisis se representa para el número diario de casos y el total acumulado en la figura 4. La figura 4A muestra durante la primera mitad del periodo una tendencia creciente, que cambia después de la implementación de la intervención de la cuarentena el 18 de marzo (línea punteada roja) cuando se evidencia una tendencia decreciente en la cantidad de casos positivos que reportaron inicio de síntomas en esas fechas. Dicha tendencia se observa también en el aplanamiento de la curva de casos acumulados (Figura 4B).

**Figura 4.** (A) Total de Casos diarios de COVID-19 confirmados según fecha de inicio de síntomas (línea roja inicio de cuarentena) y (B) Casos Acumulados de COVID-19, Cali, Colombia



## DISCUSIÓN

Durante el primer mes de la introducción de la epidemia del COVID-19 en Cali se ha presentado una transmisión muy efectiva del virus desde la confirmación del primer diagnóstico el 15 de marzo con casos positivos en todas las comunas de la zona urbana. Los primeros focos de la epidemia se localizaron en el sur y en el norte de la ciudad para desplazarse posteriormente hacia el oriente y occidente. A lo largo de este tiempo la presencia de concentraciones y puntos calientes ha sido dinámica en toda el área urbana, reflejando la dinámica propia de las enfermedades infecciosas y los impactos de las acciones implementadas.

Dicha distribución residencial segregada de los casos de COVID-19 en la ciudad de Cali, muestra inicialmente cómo los casos importados se localizan principalmente en las áreas de la ciudad que Vivas denomina el “eje longitudinal de concentración de capital humano en la ciudad” (14); es decir, las zonas con mayor nivel educativo, en zonas con baja densidad poblacional y de nivel socioeconómico medio y alto. Posteriormente, la transmisión se desplaza hacia sectores segregados en el oriente y occidente con alta densidad poblacional, bajo nivel socioeconómico y predominancia del trabajo informal. Lo anterior, supone retos para la gestión de esta epidemia que tiene altos costos para la población ocupada de manera informal, que en Cali es del 46,2% (15).

No obstante, lo descrito respecto a la dispersión de la enfermedad por toda la ciudad, el análisis de inicio de síntomas de los casos en el tiempo muestra un descenso en la curva de casos positivos para SARS-COV-2.

Si bien esta tendencia puede estar en parte influenciada por las distintas medidas de aislamiento tomadas a nivel local (18/03/2020) y nivel nacional (25/03/2020), no se puede descartar el efecto del poco acceso de la población general a las pruebas diagnósticas, los retrasos y represamientos para conocer los resultados de las mismas y aun los posibles sesgos por dificultades en la técnica de toma de la muestra o su conservación; lo cual, no permite tener un panorama completo de la evolución de la epidemia en la ciudad (16). Estos factores, identificados para la distribución de casos en el tiempo, influyen también en la distribución espacial; pues, por ejemplo, un posible foco puede no incorporar todos los datos de contactos y, de esta manera, podría adquirir mayor relevancia otra agregación de casos, pues condiciona la toma de decisiones.

En ese marco complejo, en el cual confluyen una distribución espacial, una distribución temporal, limitaciones en la toma de pruebas, flujos poblacionales constantes, fuertemente relacionados con el tipo de ocupación (formal, informal), con las centralidades de la ciudad y con las necesidades básicas que como sociedad se puedan satisfacer, se marcará la dinámica espacial del COVID-19 al interior de las ciudades de Colombia.

### Limitaciones y futuros desarrollos

La principal limitante es la ventana de tiempo que existe entre el análisis de datos y la toma de muestra. En la medida que se desarrollen las capacidades locales para el diagnóstico, se podrá mejorar la resolución de la dinámica espacial y social del COVID-19.

Futuros desarrollos requerirán replicar estos análisis espaciales para la identificación de conglomerados, pronóstico espacial de posibles lugares de concentración de casos, modelación multivariada de las fuerzas de atracción y confluencia de individuos hacia ciertas centralidades en las ciudades y su potencial de contacto y transmisión, entre otros. En todo caso, los insumos primarios serán los procesos de geocodificación y el análisis de densidad inicial (17). Finalmente, los análisis de la dinámica espacial requerirán de un continuo proceso de vigilancia que incorpore una recopilación oportuna de la información, el aseguramiento de datos de calidad y de estrategias de comunicación de la información (18); así como conocer la relación entre los casos y poder interrumpir las dinámicas poblacionales que están favoreciendo la transmisión ♦

**Agradecimientos:** A la Secretaría de Salud Pública Municipal y a la Alcaldía de Santiago de Cali, por facilitar el acceso a la información.

## REFERENCIAS

- Centros para el control y la prevención de enfermedades CDC. Enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19) [Internet]. 2020 [Updated 2020; cited 2020 Abril 14]. Available from: <https://bit.ly/35EfyqW>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística . Censo nacional de población y vivienda 2018-Colombia [Internet]. 2019 [Updated 2019; cited 2020 Abril 14]. Available from: <https://bit.ly/3cdljqN>.
- Fuenzalida M, Buzai GD, Moreno A, García A. Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones. Santiago de Chile: Editorial Triángulo; 2015.
- Brown T, McLafferty S, Moon G. A companion to health and medical geography. Oxford: John Wiley & Sons; 2009.
- Pfeiffer D, Robinson TP, Stevenson M, Stevens KB, Rogers DJ, Clements AC. Spatial analysis in epidemiology. United Kingdom: Oxford University Press; 2008.
- B Vargas J, Horfan D. Proceso de geocodificación de direcciones en la ciudad de Medellín, una técnica determinística de georreferenciación de direcciones. Ing USBMed. 2013 [Cited 2020 Abril 14];4(1):6-21. Available from: <https://bit.ly/3b8Jp5G>. DOI:10.21500/20275846.278.
- Pachón F, Téllez S. Propuesta de estándar de las direcciones urbanas para los equipamientos del ministerio de educación [Internet]. Bogotá: SIG MEN; 2009 [Cited 2020 Abril 14]. Available from <https://bit.ly/2LbzNg8>.
- Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Guía para la estandarización de la nomenclatura urbana. Santiago de Cali: Alcaldía de Santiago de Cali; 2019.
- ESRI ArcGIS Desktop. Introducción a la geodecodificación [Internet]. 2016 [Cited 2020 Abril 14]. Available from: <https://bit.ly/2SMPs9D>.
- Kanaroglou P, Delmelle E, Paez A. Spatial analysis in health geography. London: Routledge; 2016.
- Resendes A, Barcellos C, Skaba D, Gouveia E, De Miranda G, Iñiguez L, et al. Abordagens espaciais na Saúde Pública. Brasil: Ministério da Saúde; 2006.
- De Smith M, Goodchild M, Longley P. Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools. 6th ed. London: Troubador publishing ltd; 2018.
- Baddeley A, Turner R, Rubak E. Spatstat: spatial point pattern analysis, model-fitting, simulation, tests. Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2013.
- Vivas H. Persistencia de la segregación residencial y composición del capital humano por barrios en la ciudad de Cali. Revista ensayos sobre política económica. 2013 [Cited 2020 Abril 14]; 31(70): 121-155. Available from: <https://bit.ly/3bitCkF>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Boletín técnico: gran encuesta integrada de hogares (GEIH) noviembre 2019 – enero 2020 [Internet]. 2020 [Cited 2020 Abril 14] Available from: <https://bit.ly/2zmb6dW>.
- Kamps B, Hoffmann C. COVID reference. 3rd ed. Germany: Steinhäuser Verlag; 2020.
- Andrade AL, Monteiro AMV, Barcellos C, Lisboa E, Acosta LMW, Almeida MCDM, et al. Introdução à estatística espacial para a saúde pública. Brasil: Ministério da Saúde; 2007.
- Chan T, King C. Surveillance and epidemiology of infectious diseases using spatial and temporal clustering methods. In: Zeng D, Chen H, Castillo-Chavez C, Lober WB, Thurmond M (eds.). Infectious disease informatics and biosurveillance. Nature public health emergency collection. 2011 [Cited 2020 Abril 14];27:207-234. Available from: <https://bit.ly/3fo54tU>. DOI:10.1007/978-1-4419-6892-0\_10.

# Impacto de diferentes medidas de mitigación en el curso de la pandemia de COVID-19 en Chile: proyección preliminar para el período del 14 de abril al 14 de mayo

## Impact of mitigation measures on the COVID-19 pandemic in Chile: preliminary data for the period April 14 to May 14

Carolina Ochoa-Rosales, Nathalia González-Jaramillo,  
Aldo Vera-Calzaretta y Oscar H. Franco

Recibido 15 abril 2020 / Enviado para corrección 22 abril 2020 / Aceptado 30 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Modelar el curso de la pandemia COVID-19 en Chile y proyectar la demanda de recursos hospitalarios y letalidad en escenarios simulados: primero, recurriendo a distintas medidas de mitigación para contener la propagación en un mes —desde el 14 de abril hasta el 14 de mayo del 2020— y, segundo, en el supuesto contagio del 70% de la población, según edad, sin límite de tiempo.

**Métodos** Utilizamos como base el número de contagios confirmados con SARS-CoV-2 en Chile hasta el 14 de abril del 2020 (8 273 casos, 94 muertes). Para los distintos escenarios, asumimos un número reproductivo básico que va desde  $R_0=2,5$  hasta  $R_0=1,5$ . La proyección de la demanda hospitalaria y letalidad por edad se fundamentaron en reportes italianos y británicos.

**Resultados** Estimamos que para el 14 de mayo del 2020 habría en Chile 2 019 775 contagiados y 15 068 fallecidos en ausencia de medidas de mitigación ( $R_0=2,5$ ). Al implementar medidas que reduzcan  $R_0$  a 1,5 (detección temprana y aislamiento de casos, cuarentena y distanciamiento social de mayores de 70 años), el número de contagios y letalidad disminuirían a 94 235 y 703 respectivamente. Sin embargo, la demanda hospitalaria aún sobrepasaría la capacidad de respuesta. La población de mayor riesgo la componen los mayores de 60 años.

**Conclusión** Encontramos evidencia a favor de las medidas de mitigación implementadas por el Gobierno chileno. Sin embargo, medidas más estrictas son necesarias para no colapsar el sistema sanitario, que cuenta con menos recursos hospitalarios que los proyectados. Es esencial aumentar la capacidad hospitalaria en términos de equipamiento y entrenamiento del personal de salud.

**Palabras Clave:** Pandemias; coronavirus; infecciones por coronavirus; salud pública; epidemiología (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To model disease progression, healthcare demand and case fatality rate attributed to COVID-19 pandemic that may occur in Chile in 1-month time, by simulating different scenarios according to diverse mitigation measures hypothetically implemented. Furthermore, we aimed to estimate the same outcomes assuming that 70% of the population will be infected by SARS-CoV-2, with no time limit assumption.

**Methods** We based on the number of confirmed COVID-19 cases in Chile up to April 14th 2020 (8 273 cases and 94 deaths). For the simulated scenarios we assumed basic reproduction numbers ranging from  $R_0=2.5$  to  $R_0=1.5$ . The estimation of the number of patients that would require intensive care and the age-specific case fatality rate were

CO: Bioquímico. M. Sc. Department of Epidemiology, Erasmus Medical Center, Rotterdam, Países Bajos. Centro de Vida Saludable de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. [c.ochoarosales@erasmusmc.nl](mailto:c.ochoarosales@erasmusmc.nl)

NG: MD. M. Sc. Institute of Social and Preventive Medicine (ISPM), University of Bern. Berna, Suiza. [nathalia.gonzalez@ispm.unibe.ch](mailto:nathalia.gonzalez@ispm.unibe.ch)

AV: Psicólogo. Ph. D. Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

[avera.calzaretta@gmail.com](mailto:avera.calzaretta@gmail.com)

OF: MD. Ph. D. Institute of Social and Preventive Medicine (ISPM), University of Bern. Berna, Suiza. [oscar.franco@ispm.unibe.ch](mailto:oscar.franco@ispm.unibe.ch)

based on data provided by the Imperial College of London and the Instituto Superiore di Sanità en Italia.

**Results** If no mitigation measures were applied ( $R_0=2.5$ ), by May 25, Chile would have 2 019 775 cases and 15 068 deaths. If mitigations measures were implemented to decrease  $R_0$  to 1.5 (early detection of cases, quarantine, social distancing of elderly), the number of cases and deaths would importantly decrease. Nonetheless, the demand for in-hospital care including intensive care would exceed the available resources. Our age-specific analysis showed that population over 60 years are at higher risk of needing intensive care and death.

**Conclusion** Our evidence supports the mitigation measures implemented by the Chilean government. Nevertheless, more stringent measures are needed to prevent the health care system's collapse due to shortfall of resources to confront the COVID-19 pandemic.

**Key Words:** Pandemics; coronavirus; coronavirus infections; public health; epidemiology (source: MeSH, NLM).

El SARS-COV-2 (por sus siglas en inglés —*severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*—) es un nuevo virus de la familia de los coronavirus, responsable de la actual pandemia de COVID-19 (coronavirus 2). Los primeros casos de esta enfermedad se presentaron en la ciudad de Wuhan, China, en diciembre de 2019. Desde entonces, y hasta el 14 de abril de 2020, se ha confirmado el contagio de cerca de más de dos millones de personas en 197 países y territorios en todo el mundo y más de 128 000 muertes.

La rápida propagación de la enfermedad, sumada a la falta de evidencia de tratamientos efectivos comprobados y a la ausencia de vacunas por tratarse de un virus nuevo, han causado gran alarma mundial. En consecuencia, la implementación de políticas para frenar o desacelerar el contagio parecen ser la mejor opción para disminuir la transmisión de la enfermedad y el número de muertes. Una medida de la capacidad de transmisión es el número reproductivo básico ( $R_0$ ), el cual da cuenta de la velocidad de propagación de una enfermedad en la población. En términos prácticos, el  $R_0$  representa el número de personas al que una persona infectada es capaz de contagiar directamente. Para el SARS-COV-2, los reportes disponibles sugieren un  $R_0=2,5$  (1,2), lo que quiere decir que una persona infectada con este virus contagiará directamente a 2,5 personas. Estos nuevos infectados contagiarán a su vez a 2,5 personas cada uno. Así es, como en un escenario sin ninguna medida para detener o desacelerar la propagación, en el período de un mes una persona portadora del SARS-COV-2 podría causar el contagio indirecto de entre 244 a 400 personas. Una medida efectiva para la reducción del  $R_0$  usada durante pandemias pasadas es el distanciamiento social: cierre de escuelas, iglesias, bares, entre otros (3). Actualmente existen dos estrategias para el manejo no farmacológico en pandemias: mitigación y supresión. Las medidas de mitigación tienen como objetivo la desaceleración del contagio y la reducción del impacto de la pandemia, así como la prevención de la saturación de los servicios sanitarios. Para este propósito, se puede utilizar una combinación de estrategias como el

aislamiento y confinamiento de casos sospechosos y confirmados, el confinamiento de aquellos que comparten el mismo hogar de los casos sospechosos o confirmados y el distanciamiento social de los adultos mayores de 70 años y de la población de alto riesgo por comorbilidades cardiovasculares, diabetes o cáncer (4). Basado en que la mediana observada del período de incubación para COVID-19 es de 5 días (5) se recomienda un periodo de confinamiento o cuarentena de 14 días (6). Mientras que las medidas de mitigación permiten reducir el  $R_0$  (aunque no por debajo del valor 1), las medidas de supresión sí buscan hacerlo por debajo de esta cifra, para eliminar la transmisión persona a persona hasta que los casos desaparezcan. Esto implica medidas estrictas de distanciamiento social como el cierre de escuelas, universidades y otras instancias de reunión social durante el tiempo que circule el SARS-COV-2, estimado entre 12 y 18 meses antes que haya una vacuna (7). Esto afectaría de manera importante la actividad económica de los países.

El primer caso confirmado de COVID-19 en Chile fue informado por la autoridad sanitaria el 3 de marzo del 2020. Hasta el 14 de abril el país sumaba 8 273 casos confirmados y 3 fallecidos. Algunas de las medidas ya implementadas son las siguientes: cierre de colegios y universidades, toque de queda nacional nocturno, instalación de aduanas sanitarias y cordones sanitarios, cuarentena obligatoria en las comunas con un número alto de casos confirmados, ampliación de la capacidad diagnóstica por el test de reacción en cadena de la polimerasa –transcripción inversa (RT-PCR), prohibición de visitar hogares de ancianos de larga estadía, uso obligatorio de máscaras faciales en lugares públicos y establecimientos cerrados, cuarentena para todos los que ingresen al país, cuarentena obligatoria para los casos confirmados y sus contactos estrechos, y la aplicación de multas y sanciones penales para los casos positivos que no cumplan con la cuarentena obligatoria (8-11). De este modo, el país presenta un modelo mixto de políticas de mitigación y supresión. Estas medidas son similares a las que se han tomado en países como Italia, España, Francia, Bélgica, India, Colombia,

Argentina y Perú, entre otros, a quienes recientemente se ha sumado el Reino Unido (12-14), donde se han implementado cuarentena nacional, o *lockdown*.

El objetivo de este estudio es modelar el curso de la pandemia de COVID-19 en Chile, acorde a diferentes medidas de mitigación hipotéticamente adoptadas. Se incluye la proyección de la población total contagiada, mortalidad y necesidad de recursos hospitalarios, bajo distintos escenarios: (i) utilizando distintas medidas de mitigación o supresión, simuladas para un periodo de un mes, desde el 14 de abril de 2020, y (ii) en el supuesto que un 70% de la población se contagiase, según estrato etario y sin límite de tiempo.

## MÉTODOS

### Modelamiento del curso de la pandemia en un mes

El modelo consideró el periodo entre el 14 de abril y el 14 de mayo del 2020. Utilizamos un mes para proveer el potencial impacto de las medidas y de la pandemia a corto plazo y facilitar la toma de decisiones y preparación por parte de las autoridades competentes y la población en general. Como base, se utilizaron los casos confirmados en Chile por la autoridad sanitaria al 14 de abril, correspondientes a 8 273 casos. Dicho diagnóstico se realizó por medio del examen de RT-PCR en laboratorios autorizados por el Instituto de Salud Pública (ISP) de Chile.

La evolución de la pandemia en un mes se modeló en cinco escenarios hipotéticos, los cuales difieren entre sí en cuanto a la velocidad de propagación de la enfermedad al comienzo del mes ( $R_0$ ). El parámetro  $R_0$  representa el número de personas que un individuo infectado es capaz de contagiar, mediante transmisión persona a persona. Para COVID-19 el valor asumido es de  $R_0=2,5$  (1,2). El valor de  $R_0$  puede variar en función de las medidas implementadas para el distanciamiento de las personas (15), es decir, si se implementan medidas para limitar el contacto físico entre las personas, la velocidad de propagación de la enfermedad disminuiría, y con ello el valor de  $R_0$ . El primero de los escenarios simulados supone la situación en que ninguna medida de mitigación o supresión fuese adoptada, es decir, manteniendo  $R_0=2,5$  durante el mes. Específicamente para Chile, esto se traduciría en el levantamiento de las medidas ya implementadas. El segundo escenario simulado asume un  $R_0=2,2$ , el cual se alcanzaría implementando medidas como cierre de universidades y colegios. El tercer escenario asume un  $R_0=2,0$ , que se lograría con medidas adicionales de detección temprana y aislamiento de los casos confirmados. El cuarto escenario implica un  $R_0=1,7$ , donde se suma a las anteriores medidas la cuarentena en el hogar. Finalmente, el quinto

escenario proyectado asume un  $R_0=1,5$  que agrega a las medidas ya mencionadas el distanciamiento social efectivo de los mayores de 70 años. Según lo informado por el Gobierno chileno, este último sería el escenario más cercano a las medidas implementadas en el país hasta la fecha. Para cada escenario se determinó el número total de contagios nuevos al cabo de un mes, en función de los distintos valores de  $R_0$  correspondientes a las diversas medidas de mitigación implementadas en cada uno. Adicionalmente, el modelo simulado asume que los valores de  $R_0$  se mantienen constantes durante el mes y que no hay reinfecciones en el periodo de estudio.

Para la estimación de la demanda de recursos hospitalarios en cada escenario hipotético, se consideró que un 20% de los contagiados necesitará atención hospitalaria y que el 30% de ellos (6% de la población total), precisará cuidados intensivos (15).

### Modelamiento de la pandemia con el 70% de la población contagiada

Para estimar la población total de Chile utilizamos las proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para el año 2020, basadas en el censo de 2017. Para modelar este escenario utilizamos el supuesto de que el 70% de la población se infectará con SARS-COV-2, como lo han sugerido estimaciones de la Universidad de Harvard y de los gobiernos alemán y británico. El cálculo de la demanda de recursos hospitalarios en la población total se basó en los mismos parámetros utilizados para la proyección en un mes.

Adicionalmente, se incluyeron estimaciones específicas según el rango etario, ya que se ha observado que el COVID-19 afecta de manera distinta a personas según la edad: una edad avanzada es un factor de riesgo de complicaciones. La severidad de los casos según grupos de edad, se obtuvo de las estimaciones reportadas por investigadores del Imperial College de Londres (15). Para el cálculo de la tasa de fatalidad según edad se usaron las estimaciones realizadas por el Instituto Superiore di Sanità en Italia (16).

## RESULTADOS

### Proyección de la pandemia en un mes

La proyección a un mes comenzó el día 14 de abril del 2020, cuando había 8 273 casos confirmados de SARS-COV-2 positivo por medio de RT-PCR. En el escenario modelado con  $R_0=2,5$  en el cual una persona contagia a 2,5 personas y donde no existen medidas de mitigación implementadas. Nuestro modelo estimó que para el 14 de mayo en Chile habría 2 019 775 casos. En consecuencia, 403 955 personas, cifra que representa el 20% de los ca-

tos, demandarían atención hospitalaria. De ellas, 121 187 necesitarían cuidados intensivos y 1 506 8 personas fallecerían a consecuencia del COVID-19. Este sería el peor de los escenarios analizados e implicaría el levantamiento de todas las medidas que actualmente se practican en el país.

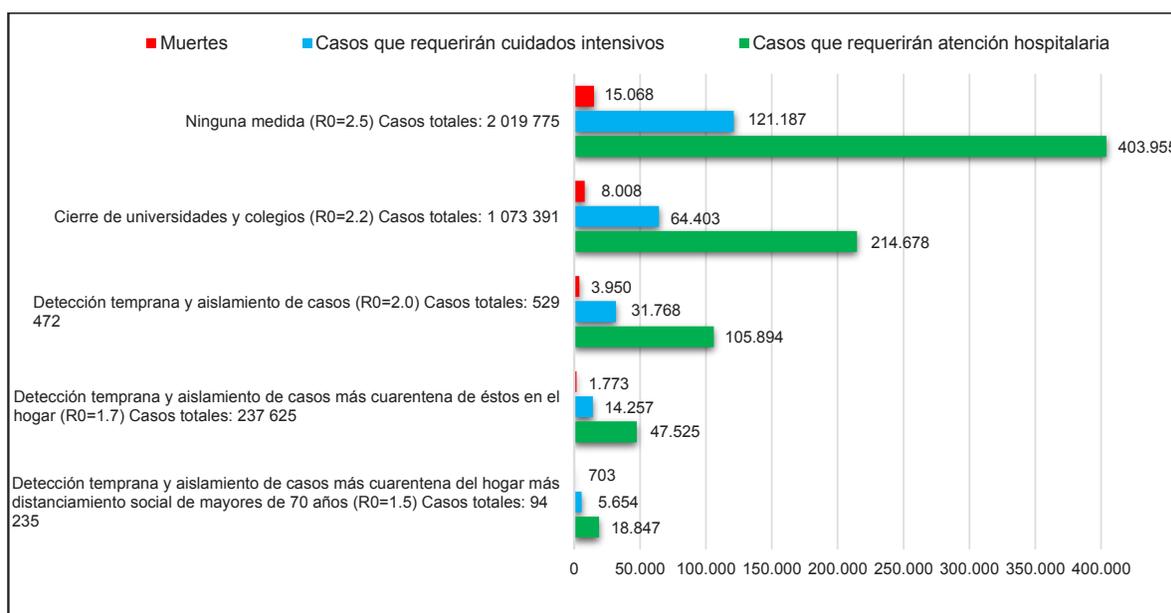
El escenario más favorecedor de los cinco es el que asume la implementación de medidas que disminuyan el poder de contagio de una persona a 1,5 personas ( $R_0=1,5$ ). En este caso, el total de contagiados proyectados dentro de un mes sería de 94 235 personas, de las cuales 18 847 requerirían atención en un hospital, 5 654 demandarían cuidados intensivos y ocurrirían 703 muertes. En la Figura 1 se muestran los resultados de las proyecciones de casos de contagio, demanda hospitalaria y decesos en los cinco escenarios modelados.

### Proyección del impacto de la pandemia con el 70% de la población contagiada

El INE proyectó para el 2020 un número de 19 458 310 de habitantes en el territorio chileno. En este escenario no consideramos una ventana de tiempo de un mes, sino el caso hipotético en que el SARS-COV-2 alcance al 70% de la población. En este contexto, 13 620 817 personas se contagiarían. Un 80% de los contagiados —es decir, 10 896 654 personas— presentarían síntomas leves o serían asintomáticas, mientras que 2 724 163 demandarían atención de salud y 817 249, cuidados intensivos.

Al estratificar por segmento etario, nuestro modelo mostró que el riesgo de presentar complicaciones y morir a causa del COVID-19 está determinado por la edad. El grupo de mayor riesgo de requerimiento de atención de salud y

**Figura 1.** Número de contagios, demanda de atención hospitalaria y tasas de fatalidad por COVID-19 proyectadas para Chile en cinco escenarios según medias de mitigación adoptadas, desde el 14 de abril al 14 de mayo de 2020



**Tabla 1.** Estratificación por edad de los casos de COVID-19, demanda de atención hospitalaria y tasas de fatalidad edad-específicas proyectadas para Chile en el escenario que el 70 % de la población se contagie, sin límite de tiempo

Edad (años)	Población por rango etario	Contagios	Casos que requerirán atención hospitalaria	Casos que requerirán cuidados intensivos	Decesos
0-9	2 472 769	1 730 938	1 731	87	35
10-19	2 525 331	1 767 732	5 303	265	106
20-29	3 094 328	2 164 630	25 976	1 299	649
30-39	3 031 451	2 122 016	67 905	3 395	4 244
40-49	2 618 520	1 832 964	89 815	5 658	3 666
50-59	2 369 901	1 658 931	169 211	20 644	13 271
60-69	1 804 002	1 262 801	209 625	57 437	34 096
70-79	997 174	698 022	169 619	73 276	75 386
80 y más	546 834	382 784	104 500	74 090	66 987
Total	19 458 310	13 620 817	843 685	236 151	198 441

muerte corresponde al de 60 a 69 años, seguido por el de 70 a 79 años y el de 50 a 59 años. El detalle de la estratificación para todos los rangos etarios se encuentra en la Tabla 1.

## DISCUSIÓN

Este trabajo presenta proyecciones de la pandemia del COVID-19 sobre el número de contagiados, demanda de recursos hospitalarios y letalidad en distintos escenarios y estratificación por edad. Nuestro modelo evidencia que las medidas recientemente anunciadas por la autoridad sanitaria de Chile van en la dirección correcta para reducir la propagación de la enfermedad. Es más, si las actuales medidas no hubiesen sido implementadas es altamente probable que el número de casos y muertes a la fecha fuese mucho mayor y hubiera sobrepasado con creces la capacidad de respuesta del sistema sanitario chileno. Por este motivo, es importante que el Gobierno decida mantener la actual estrategia mientras se prepara en términos del reforzamiento de infraestructura, camas, ventiladores, indumentaria apropiada y entrenamiento adicional del personal de salud para enfrentar la pandemia del COVID-19. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda continuar diagnosticando, evaluando y aislando los casos con o sin síntomas para poder detener la pandemia efectivamente.

Si estas medidas de mitigación se mantuvieran en el tiempo se lograría un beneficio aún mayor para la población. En nuestro modelo, el escenario más optimista es aquel donde  $R_0$  disminuye de 2,5 a 1,5, lo que quiere decir que la propagación se desaceleraría, pero no se frenaría. En consecuencia, medidas más estrictas, como de supresión que disminuyan el  $R_0$  por debajo de 1, se requerirían para detener la propagación del virus. Estas medidas incluirían adicionalmente el establecimiento de una cuarentena obligatoria a todo el territorio nacional, para romper la cadena de transmisión. Mientras no se endurezcan las medidas de identificación exhaustiva de casos, su aislamiento efectivo y el distanciamiento social de toda la población, la pandemia seguirá extendiéndose.

Nuestra proyección estratificada por edad apoya la recomendación del distanciamiento social estricto de la población de mayor edad, dado que ellos presentarían las mayores tasas de severidad y de letalidad de la enfermedad. Además, los grupos más jóvenes, especialmente entre los 0 y los 29 años, presentan las tasas de severidad y letalidad más bajas. Si bien para ellos el COVID-19 podría no comprometer su estado de salud, ellos sí podrían constituir un vector que contribuya a la propagación de la enfermedad. En consecuencia, es de gran importancia que el distanciamiento físico entre los grupos más jóvenes y

las personas mayores y de alto riesgo por comorbilidades siga siendo recomendado por las autoridades.

Un reporte reciente del Ministerio de Salud chileno declara que, haciendo esfuerzos adicionales para reforzar los recursos del sistema de salud, el país contaría con una capacidad total de 41 532 camas, de las cuales 2 153 serían para las unidades de cuidados intensivos (UCI). Sin embargo, estas cifras varían dependiendo de la fuente consultada, ya que otras autoridades declaran que las camas de UCI actuales en el país son cerca de 1000 (17). Estas camas no solo deben recibir pacientes que sufren de COVID-19, sino que habitualmente están ocupadas por pacientes con otras afecciones. Por esta razón la autoridad sanitaria de Chile mandató el aplazamiento de cualquier cirugía no urgente, con el fin de contar con mayor número de camas básicas y camas UCI, así como la adquisición de nuevo equipamiento. Sin embargo, dado el escenario actual, nuestro modelo proyecta que al día 14 de mayo la demanda por recursos hospitalarios superará la capacidad de atención requerida por los pacientes con COVID-19. En nuestro escenario más optimista, que asume un  $R_0=1,5$ , el número de personas que requeriría manejo hospitalario es de 18 847, y 5 654 personas necesitarían cuidados intensivos en un mes. Si las medidas de mitigación vigentes se suspendieran ( $R_0=2,5$ ) dicha demanda aumentaría más de 20 veces, según nuestras proyecciones. Reportes de casos en China, Italia y Reino Unido estimaron que el tiempo promedio de hospitalización total es de 8 días para aquellos que no requieren cuidados intensivos, mientras que es de 16 días para los que sí lo requieren (15). De estos últimos, 10 corresponderían a los días de estadía en UCI. Así, nuestro modelo deja en evidencia el déficit en la capacidad del sistema de salud chileno actual para enfrentar la demanda hospitalaria originada por la pandemia del COVID-19.

Este trabajo presenta algunas limitaciones. Nuestros modelos no incluyeron datos acerca de la prevalencia de comorbilidades en la población, por lo que nuestra proyección de la severidad y tasa de mortalidad de los grupos de riesgo puede estar subestimada. Adicionalmente, hay controversia acerca del número de camas de hospitalización general y UCI en Chile, lo cual limitaría la capacidad para enfrentar las consecuencias y desafíos que el COVID-19 traería al sistema de salud. Finalmente, nuestro modelo no consideró la existencia de casos no identificados por caso confirmado. En la realidad no existe certeza de este número. Un reporte de la pandemia en China estimó que por cada caso confirmado debían existir 12 casos no identificados, lo que habría contribuido a la rápida propagación de la enfermedad en ese país. Sin embargo, este número podría no ajustarse a la realidad chilena al

día 14 de abril, ya que se han incorporado progresivamente prácticas de distanciamiento social, detección temprana y aislamiento de casos, cuarentena de los contactos estrechos del contagiado y aumento en la capacidad de realización del test de RT-PCR, desde mediados de marzo. No obstante, podríamos estar subestimando el número real de contagios. En este sentido, es importante que las medidas implementadas que han resultado ser exitosas se mantengan en el tiempo al menos hasta que se logre fortalecer el sistema sanitario, para asegurar la pertinente atención de salud tanto a la población afectada por COVID-19 como por otras condiciones y enfermedades. De este modo, el regreso parcial o total a las actividades del país en el futuro debe planificarse concienzudamente y basado en la evidencia científica, para así evitar el brote descontrolado de nuevos casos.

Finalmente, todas las medidas implementadas por un gobierno deben ser adecuadas a la cultura y expectativas locales e ir fuertemente acompañadas de la voluntad de la población por seguir dichas indicaciones. Educar e informar a las personas acerca de los riesgos y las medidas de prevención también son prácticas que apuntan al compromiso por cuidar de la salud propia, de los seres queridos y la de todos. Facilitar el acceso a información veraz y actual sobre esta pandemia es, por lo tanto, fundamental para resolverla: una responsabilidad de las entidades y personal científico y clínico y un derecho de todos y cada uno de los ciudadanos. Cuando esto no es suficiente, se debe apuntar a medidas que promuevan la cuarentena o que obliguen al confinamiento, tales como la imposición de sanciones penales y restricción de la libre circulación de las personas. Estas acciones se han llevado a cabo en China, Italia y España y están siendo implementadas progresivamente en Chile. Solo el compromiso y responsabilidad social de todos los actores sociales permitirá superar esta crisis, que nos afecta a todos.

*Conflicto de intereses:* Ninguno.

## REFERENCIAS

1. WHO. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) [cited 2020 mar 19]. Available from: <https://bit.ly/2z-MTFDX>.
2. Anderson RM, Heesterbeek H, Klinkenberg D, Hollingsworth TD. How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic? *Lancet*. 2020 [cited 2020 April 14]; 395(10228):P931-34. Available from: <https://bit.ly/3dhV5VF>. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30567-5.
3. Bootsma MC, Ferguson NM. The effect of public health measures on the 1918 influenza pandemic in U.S. cities. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2007; 104(18):7588-93. DOI:10.1073/pnas.0611071104.
4. Madhav N, Oppenheim B, Gallivan M, et al. Pandemics: Risks, Impacts and Mitigation. In: Jamison DT, Gelband H, Horton S, et al., editors. *Disease Control Priorities: Improving Health and Reducing Poverty*. 3rd edition. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank; 2017 [cited 2020 April 30]. Available from: <https://bit.ly/2XMdqUa>.
5. Lauer SA, Grantz KH, Bi Q, Jones FK, Zheng Q, Meredith HR, et al. The Incubation Period of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) From Publicly Reported Confirmed Cases: Estimation and Application. *Annals of Internal Medicine*. 2020 [cited 2020 April 14]. DOI:10.7326/M20-0504. Available from: <https://bit.ly/2TNRQxx>.
6. Jernigan DB. Update: Public Health Response to the Coronavirus Disease 2019 Outbreak - United States, February 24, 2020. *MMWR Morbidity and mortality weekly report*. 2020; 69(8):216-9. DOI:10.15585/mmwr.mm6908e1.
7. CEPI. CEPI welcomes UK Government's funding and highlights need for \$2 billion to develop a vaccine against COVID-19 2020 [Internet]. CEPI; 2020 [cited 2020 April 14]. Available from: <https://bit.ly/2ZStwOY>.
8. Ministerio de Salud de Chile. Ministro de Salud anuncia nuevas medidas para enfrentar el brote de COVID-19 en el país [Internet]. Chile: Ministerio de salud; 2020 [cited 2020 April 14]. Available from: <https://bit.ly/2zzLQlb>.
9. Orellana J. Ministro Mañalich anuncia cordón sanitario para San Pedro de la Paz: "nadie entra, nadie sale" [Internet]. Chile: Televisión Universidad de Concepción. 2020 [cited 2020 April 14]. Available from: <https://bit.ly/3gCEsWN>.
10. Ministerio de Salud de Chile. Gobierno anunció cuarentena total para siete comunas de la RM [Internet]. Chile: Ministerio de Salud; 2020 [cited 2020 April 14]. Available from: <https://bit.ly/2zJLZm1>.
11. Ministerio de Salud de Chile. Gobierno amplía horario de toque de queda para Rapa Nui [Internet]. Chile: Ministerio de Salud. 2020 [cited 2020 April 14] Available from: <https://bit.ly/3digk9D>.
12. AFP, La Nación (GDA). Cuarentena y toque de queda; la receta regional para frenar el avance del COVID-19. Montevideo: El País; 2020 [cited 2020 April 14]. Available from: <https://bit.ly/2XISKMW>.
13. Agencia AFP. América Latina combate la pandemia con cuarentena y toque de queda [Internet]. Lima: El Comercio; 2020 [cited 2020 April 14]. Available from: <https://bit.ly/3eyllev>.
14. Czachor E. Which countries are on nationwide lockdown because of coronavirus? [Internet]. *Newsweek*; 2020 [cited 2020 April 14]. Available from: <https://bit.ly/3eDyu6h>.
15. Ferguson NM, Laydo D, Nedjati-Gilani G, Imai N, Ainslie K, Baguelin M, et al. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand. 2020 [cited 2020 April 14]. DOI:10.25561/77482. Available from: <https://bit.ly/3gDzkbK>.
16. Dowd JB, Rotondi V, Adriano L, Brazel DM, Block P, Ding X, et al. Demographic science aids in understanding the spread and fatality rates of COVID-19. *MedRxiv*. DOI:10.1101/2020.03.15.20036293.
17. Villalobos F. Camas críticas: Cuántas son y qué características tienen las unidades clave para enfrentar el coronavirus [Internet]. Chile: Emol; 2020 [cited 2020 April 14]. Available from: <https://bit.ly/2AIK2ft>.

# Assessment of the implementation of preventive measures by Iraqis people to reduce the spread of COVID-19 pandemic

Valoración de la implementación de medidas preventivas por parte del pueblo iraquí para reducir la propagación de la pandemia de COVID-19

Rawaa Kamel Abd and Vinoth Raman

Received 21<sup>th</sup> April 2020 / Send for modification 25<sup>th</sup> April 2020 / Accepted 30<sup>th</sup> April 2020

## ABSTRACT

**Background and aim** The new outbreak “Coronavirus disease 2019 (COVID-19)” happened in china is caused by severe acute respiratory distress syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Consequently, it spreads across the globe and is affecting wellbeing frameworks and the global economy. This pandemic disease places a heavy burden on governments in general, so individuals must adhere to WHO's instructions to limit its spread. The current study was applied to find out the extent of commitment among the Iraqi people to the standards of prevention measures against the coronavirus.

**Materials and Methods** A cross sectional study was conducted with 1 153 respondents widely in all governorates of Iraq to identify the commitment of the Iraqis to the preventive measures against COVID-19 in Iraq. This study covered the Iraqis in three main regions (Southern, middle, and Northern) for data collection. It was conducted between the 17<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> of March 2020, and Iraqis were administered with a structured questionnaire comprising of three domains.

**Results** The results showed that the majority of the respondents (52%) were female, and most of them (42.3%) were observed between the age group of 31-40 years. About 82% of the respondents were residents of urban areas.

**Conclusion** This study reveals the excellent implementation of preventive measures by the population. It is observed that the application of prevention standards in the countryside is less than in the city.

**Key Words:** Covid-19; coronavirus; preventive measures; sterilization; implementation (source: MeSH, NLM).

## RESUMEN

**Antecedentes y objetivo** El nuevo brote “Enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19)” que sufrió en China es el problema del coronavirus 2 del síndrome de dificultad respiratoria aguda grave (SARS-CoV-2). En consecuencia, se extiende por todo el mundo y está afectando los marcos de bienestar y la economía global. Esta enfermedad pandémica supone una gran carga para los gobiernos en general, por lo que las personas deben cumplir con las instrucciones de la OMS para limitar su propagación. El estudio actual se aplicó para determinar el grado de compromiso entre el pueblo iraquí con los parámetros de medidas de prevención contra el coronavirus.

**Materiales y Métodos** Se realizó un estudio transversal con 1 153 encuestados en todas las provincias de Iraq para identificar el compromiso de los iraquíes con las medidas preventivas contra COVID-19 en Iraq. Este estudio cubrió a los iraquíes en tres regiones principales (sur, medio y norte) para la recopilación de datos. Se realizó entre el 17 y el 25 de marzo de 2020, y los iraquíes fueron administrados con un cuestionario estructurado que consta de tres dominios.

RK: Assistant lecturer. M. Sc. Community Health Technology, Department of Community Health Techniques, Kut Technical Institute, Middle Technical University. Baghdad, Iraq.

rawaa9922@gmail.com

VR: Assistant professor. Ph. D Statistical Science, Department of Quality Measurement and Evaluation, Deanship of Quality and Academic Accreditation, Imam Abdulrahman Bin Faisal University, Dammam. Saudi Arabia.

vrangan@iad.edu.sa

**Resultados** Los resultados mostraron que la mayoría de los encuestados (52%) eran mujeres, y la mayoría de ellos (42,3%) se observaron entre el grupo de edad de 31-40 años. Alrededor del 82% de los encuestados eran residentes de áreas urbanas.

**Conclusión** Este estudio revela la excelente implementación de medidas preventivas por parte de la población. Se observa que la aplicación de normas de prevención en el campo es menor que en la ciudad.

**Palabras Clave:** COVID-19; coronavirus; medidas preventivas; esterilización; implementación (*fuentes: DeCS, BIREME*).

Coronaviruses are a group of wrapped non-fragmented with positive-sense RNA belonging to the family “Coronaviridae order Nidovirales” and comprehensively infect human and other different mammals (1). Even though the majority of infections of human coronavirus are mild, the epidemics that happened by the two beta coronaviruses such as severe acute respiratory syndrome coronavirus (SARS-CoV), and Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV). These conditions give rise to the excessive 10,000 accumulative cases in the previous two decades, with mortality rates of 10% for SARS-CoV and 37% for MERS-CoV, respectively (2-4). At the beginning of December 2019, various pneumonia cases of obscure starting points have been developed in Wuhan, Hubei territory, China.<sup>1,2</sup> Most of these patients were reported with exposure to the Huanan seafood wholesale market, selling numerous types of live animals. The sickness has quickly spread locally to different parts of China, and then worldwide to numerous nations across six continents<sup>(5)</sup>. The rise of a novel human coronavirus (SARS-CoV-2) has become a worldwide health problem causing acute respiratory tract diseases in humans. The transmissions from human-to-human have been portrayed with the incubation period between 2-10 days, encouraging its spread through droplets, debased hands, or surfaces that were well characterized on 3rd of January 2020 (6). According to WHO (COVID-19) situation report-62, it is globally observed that there were 292 142 confirmed cases and 12 784 deaths. Notably, 23 669 confirmed (1 314) and 1 596 deaths (130) were reported in the Eastern Mediterranean Region. In Iraq, the total confirmed cases were (214). While the total confirmed new cases (21), total deaths (17), and total new deaths (3), all of them were transmitted locally (7). Hygiene of hands and materials is one of the most significant measures to prevent healthcare- and outbreak-related viral infection since it plays a vital role in diminishing the spread of diseases (8). The arrangement of safe water, sanitation, and clean conditions are fundamental to ensuring human health during all irresistible infection episodes, including the COVID-19 flare-up. ensure proper and reliably applied wash and waste administration rehearses in communities, homes, schools, commercial centers, and medicinal

services offices will additionally assist with forestalling human-to-human transmission of the COVID-19 infection<sup>(9)</sup>. The current study was applied to find out the extent of commitment among the Iraqi people to the standards of prevention measures against the coronavirus.

## MATERIALS AND METHODS

Before commencing this study, informed consent was taken from all participants. A cross sectional study design was adopted to assess the extent of commitment among the Iraqi people to the standards of prevention measures against the coronavirus. The people in three main regions (Southern, Middle, and Northern) of Iraq were considered as the population of this study and for data collection. The southern region consists of (Basra, Thi-qar, Maysan, Al-Qadisiyyah, and Muthanna) while the middle region was (Baghdad, Wasit, Najaf, Al- Anbar, Babil, Karbala, and Diyala) and finally the northern area (Duhok, Erbil, Kirkuk, Saladin, Sulaymaniyah, and Ninevah). Before the start of the study, a pilot study was conducted on a sample of 30 respondents. Then, the data were analyzed to find out the reliability and validity of the questionnaire and the internal consistency by using the Cronbach alpha test. The value of the alpha test was 82.

This study was conducted during the period from 17<sup>th</sup> to 25<sup>th</sup> of March 2020. A structured questionnaire was administered to the participants. This questionnaire was designed by the researcher in such way to explore the implementation of preventive measures among them. A total of 1 153 persons from both sex who responded to the questionnaire were included. This study excluded those who did not complete the questionnaire sheet. The questionnaire used in this study consists of three parts; the first one contains demographic characteristics covered age, gender, residence, governorate, and educational level. Second, concerns with implementation of personal preventive measures (finally declined kissing and shaking hands, Staying at home as much as possible, etc.) The third part was about sterilization and disinfection of tools and surfaces such as (use antiseptics and disinfectants to clean hand-touch surfaces, wear gloves before starting the cleaning, wash reusable tools such as brooms and mops

with hot water at a temperature of 60-90D after cleaning, etc.). The preventive measures used in the questionnaire were based on the World Health Organization (WHO) and Coronavirus disease (COVID-19): Awareness resources from the Canadian government.

The data analysis was carried out using the statistical package of social science (SPSS) IBM version 20 software. The descriptive statistics frequency and percentile are used to identify the characteristics of our study population. A Chi-square test is used to analyze the association between demographic features and preventive measures with a level of significance of 5% ( $p < 0.05$ , two-tailed).

## RESULTS

Most of the respondents (52%) were female, and most of them (42.3%) were observed between the age group of 31-40 years. About 82% of the respondents were residents of urban areas. Concerning the educational level, the distribution of the respondents was observed at 88% at the university level, 9.1% at the secondary level, and 2.8% at the primary level. According to Iraq regions, the distribution of the respondents at middle, northern and southern regions was observed 49.5, 10.2, and 40.3% respectively. Finally, in respect to preventive measures, most of the respondents have adhered to these protective measures to protect themselves (Table 1).

**Table 1.** Distribution of the respondents according to demographic characteristics

Variables	Frequency	Percent %	
Age	10-20	143	12.4
	21-30	488	42.3
	31-40	285	24.7
	41-50	144	12.5
	51	93	8.1
Gender	male	554	48.0
	female	599	52.0
Residence	rural	17.7	17.7
	urban	82.3	82.3
Educational level	primary	32	2.8
	secondary	105	9.1
	university	1016	88.1
Governorate	southern	465	40.3
	middle	571	49.5
	northern	117	10.2
Apply of personal preventive measures	Yes always	575	49.9
	Sometimes	451	39.1
	No	127	11.0
Apply of surfaces & tools sterilization and disinfection	Yes always	741	64.3
	Sometimes	283	24.5
	No	129	11.2
Total	1 153	100%	

Further, this study revealed that most respondents always applied personal preventive measures. The implementation of personal preventive measures showed a significant association with the demographic characteristic of respondents ( $p=0.000$ ) and gender ( $p=0.013$ ). However, no significant association was found between educational level and personal preventive measure (Table 2).

**Table 2.** Association between personal preventive measures and demographic characteristics

Variables	Personal preventive measures			d.f	P- value*	
	Yes always	Sometimes	No			
Age	10-20	49	64	30	8	0.000
	21-30	236	202	50		
	31-40	158	92	35		
	41-50	75	62	7		
	51	57	31	5		
gender	male	258	221	75	2	0.013
	female	317	230	52		
Residence	rural	58	67	79	2	0.000
	urban	517	384	48		
Educational level	primary	17	11	4	4	0.174
	secondary	49	37	19		
	university	509	403	104		
Governorate	southern	199	211	55	4	0.000
	middle	321	184	66		
	northern	55	56	6		
Total				1153		

\*P- value<0.05

The association between the sterilization and disinfection of tools, surfaces, and demographic characteristics was represented in Table 3. This study showed that most of the respondents followed sterilization methods for

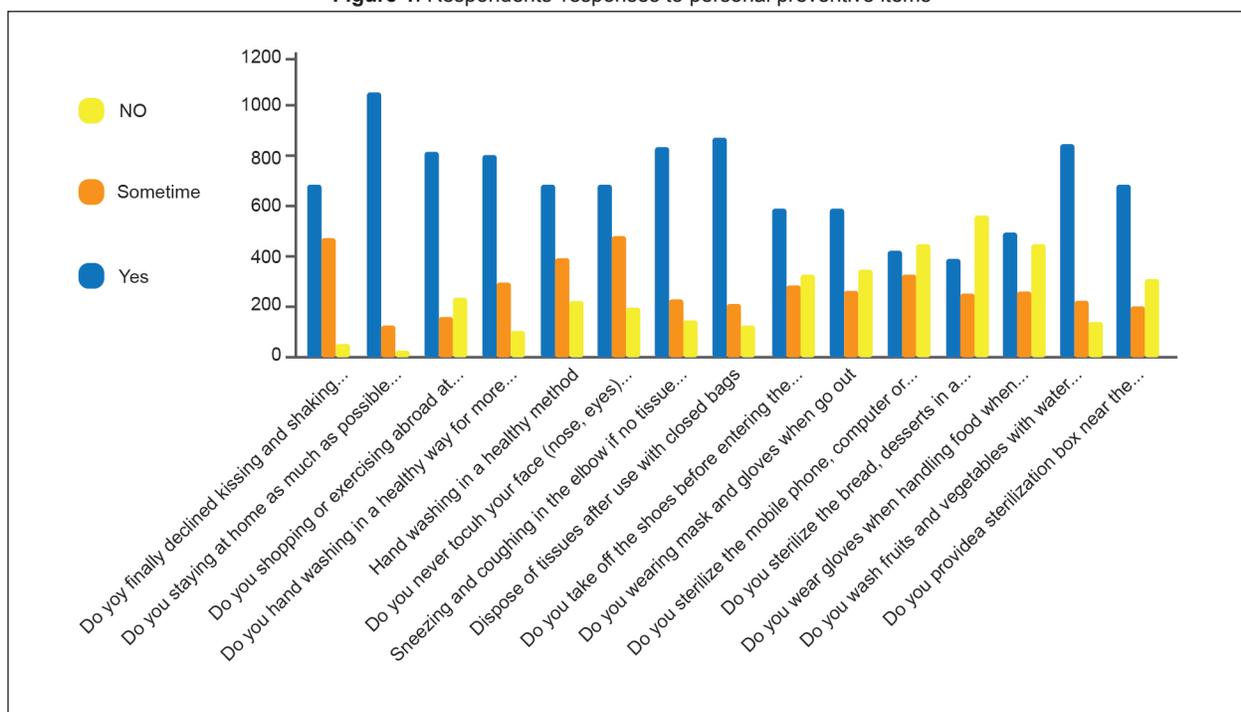
tools and surfaces. A significant association was observed among sterilization measures and age, residence, and educational level, whereas no significant association was found in relation to gender and governorate.

**Table 3.** Association between Sterilization and disinfection of tools, surfaces, and demographic characteristics

Variables	Sterilization and disinfection of tools and surfaces			d.f	P- value*	
	Yes always	Sometimes	No			
Age	10-20	77	44	22	8	0.004
	21-30	297	127	64		
	31-40	207	56	22		
	41-50	92	38	14		
	51	68	18	7		
Gender	male	354	139	61	2	0.913
	female	387	144	68		
Residence	rural	129	34	41	2	0.000
	urban	612	249	88		
Educational level	primary	16	6	10	4	0.007
	secondary	64	29	12		
	university	661	248	107		
Governorate	southern	281	123	61	4	0.191
	middle	383	130	58		
	northern	77	30	10		
Total			1153			

\*P- value<0.05

**Figure 1.** Respondents' responses to personal preventive items



## DISCUSSION

Currently, COVID-19 is treated as a significant global health problem affecting all ages and both genders. It is also placing a significant economic encumbrance on public health systems. WHO and European Centre for Disease Prevention and Control has recommended guidelines in hand hygiene, personal protective equipment, and health care as it plays an essential role in preventing the spread of the COVID-19. This study observed that most Iraqis adopted personal protective measures as hand hy-

giene, social distancing, implementation of quarantine. Such measures are considered as the main route to decrease the virus transmission (10). For this reason, only a few cases in Iraq was observed according to the WHO report as of 21<sup>st</sup> March 2020. It is noteworthy that the deaths that occurred mostly were due to heart diseases and other chronic diseases (7).

This study illustrated that most of the respondents applied sterilization method by antiseptics and disinfectants to clean hand-touch surfaces like cans, tables, power presses, televisions to reduce the infection becau-

se the virus can remain infectious on inanimate for nine days at room temperature, these disinfectants reduce virus infectivity (6).

This study reveals that there is a proper implementation of preventive measures by the Iraq government against COVID-19. It is observed that the application of prevention standards in the countryside is less than in the city. This finding requires the attention of the Ministry of Health by developing health teams consisting of workers in the field of public health and epidemiology to educate the population in rural areas. Therefore, this study identified adequate adherence among Iraqis to preventive measures against COVID-19. There is a need for the effective implementation of preventive measures against COVID-19 in rural areas to control the spread of coronavirus infection ♦

**Acknowledgments:** Acknowledgements to all the respondents in this critical circumstance that the world is going through and my friends who help me in sample collection.

**Conflict of interest:** None.

## REFERENCES

1. Richman DD, Whitley RJ, Hayden FG. Clinical virology [Internet]. 4th ed. Washington: American Society for Microbiology; 2017 [Cited 2020 April 18]. Available from: <https://bit.ly/2Zp2DBS>.
2. De-Groot RJ, Baker SC, Baric RS, Brown CS, Drosten C, Enjuanes L, et al. Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV): Announcement of the Coronavirus Study Group. J Virol. 2013 Jul 15 [Cited 2020 April 21];87(14):7790–92. Available from: <https://bit.ly/2ylEm4q>. DOI:10.1128/JVI.01244-13.
3. Zaki AM, Van-Boheemen S, Bestebroer TM, Osterhaus AD, Fouchier RA. Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia. N Engl J Med. 2012 Nov 8 [Cited 2020 April 21]; 367(19):1814–20. Available from: <https://bit.ly/2ZvaOrp>. DOI:10.1056/NEJMoa1211721.
4. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. Lancet. 2020 Feb 15 [Cited 2020 April 21]; 395(10223):497–506. Available from: <https://bit.ly/2TsKq2l>. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30183-5.
5. Dong Y, Mo X, Hu Y, Qi X, Jiang F, Jiang Z, et al. Epidemiological Characteristics of 2143 Pediatric Patients with 2019 Coronavirus Disease in China. Pediatr. 2020 Mar [Cited 2020 April 21]. Forthcoming 2021. Available from: <https://bit.ly/2WTMOBB>.
6. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. J Hosp Infect. 2020 Mar [Cited 2020 April 21]; 104(3):246–51. Available from: <https://bit.ly/36pJBgi>. DOI:10.1016/j.jhin.2020.01.022.
7. World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 67 [Internet]. [place unknown]: World Health Organization; 2020 Mar [Cited 2020 April 21]. Available from: <https://bit.ly/2ARzhSs>.
8. Siddharta A, Pfaender S, Vielle N, Dijkman R, Friesland M, Becker B, et al. Virucidal Activity of World Health Organization – Recommended Formulations Against Enveloped Viruses, Including Zika, Ebola, and Emerging Coronaviruses. J Infect Dis. 2017 Mar 15 [Cited 2020 April 21]; 215(6):902-6. Available from: <https://bit.ly/3gcuOdm>. DOI:doi.org/10.1093/infdis/jix046.
9. World Health Organization (WHO). Water, sanitation, hygiene and waste management for the COVID-19 virus [Internet]. [Place unknown]: World Health Organization; 2020 Apr 23 [Cited 2020 April 24]. Available from: <https://bit.ly/2zXledx>.
10. Rahman MD. Coronavirus infection prevention and control practices in the care home setting in 2020. Research Gate. 2020 Mar [Cited 2020 April 21]. Available from: <https://bit.ly/2TsTnlZ>.

# Pandemia de la COVID-19 y las Políticas de Salud Pública en el Perú: marzo-mayo 2020

## COVID-19 pandemic and Public Health Policies in Peru: March-May 2020

Jorge R. Gonzales-Castillo, Luis Varona-Castillo, Moisés G. Domínguez-Morante y Víctor R. Ocaña-Gutiérrez

Recibido 18 abril 2020 / Enviado para corrección 26 abril 2020 / Aceptado 30 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivo** El trabajo tiene como objetivo analizar la dinámica del comportamiento de la COVID-19 en el Perú, estimar y evaluar el impacto de la política pública de supresión (cuarentena).

**Métodos** El modelo epidemiológico SIR y la estimación con el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

**Resultados** Se encontró que el número básico de propagación ( $R_0$ ) cayó de 6,0 a 3,2 habiéndose reducido en 54% por efecto de la estrategia de supresión, y dos meses después cayó a 1,7. Sin embargo, sigue siendo alto y evidencia que aún continúa en expansión el nivel de infectados, con los efectos sociales y económicos adversos que esta medida implica.

**Conclusión** La COVID-19 es una enfermedad que crece exponencialmente, por lo cual, la política de salud basada en la estrategia de supresión ha permitido aplanar la curva de contagio, evitando el colapso del Sistema de Salud.

**Palabras Clave:** COVID-19; cuarentena; dinámicas no lineales; economía de la salud; pandemia (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** The objective of the study is to analyze the behavior dynamics of COVID-19 in Peru, estimate and evaluate the impact of the suppression public policy (quarantine).

**Methods** The SIR epidemiological model and the estimation with the ordinary Least Squares (OLS) method.

**Results** It was found that the basic number of propagation ( $R_0$ ) fell from 6,0 to 3,2 having been reduced by 54% due to the suppression strategy; and two months later it falls to 1,7. However, it remains high and evidence that the level of those infected continues to expand with its adverse social and economic effects.

**Conclusion** COVID-19 is a disease that grows exponentially, and that the health policy based on the suppression strategy has allowed to flatten the contagion curve, thus avoiding the collapse of the Health System.

**Key Words:** COVID-19; quarantine; nonlinear dynamics; health economics; pandemic (*source: MeSH, NLM*).

JR: Economista. Ph. D. Economía. Universidad Nacional Autónoma de México. Lima, Perú. [jgonzalesc@unp.edu.pe](mailto:jgonzalesc@unp.edu.pe)  
LV: Economista. Ph. D. Economía, Universidad Pontificia Comillas de Madrid. España. [lvaronac@unp.edu.pe](mailto:lvaronac@unp.edu.pe)  
MD: Economista. M. Sc. Gerencia Gubernamental, Universidad Nacional de Piura. Lima, Perú. [mdominguezmc@unp.edu.pe](mailto:mdominguezmc@unp.edu.pe)  
VR: MD. Ph.D. Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Piura. Lima, Perú. [vocanag@unp.edu.pe](mailto:vocanag@unp.edu.pe)

La enfermedad del virus COVID-19, causada por el Coronavirus SARS-COV2 beta, empezó oficialmente el 31 de diciembre de 2019 en China. Al propagarse se convirtió en una pandemia que ya afectó a más de tres millones de personas y causó cerca de 300 mil muertes en el mundo. Por lo anterior, surge el interrogante sobre cuáles son las medidas de política en salud pública para controlar o eliminar el

COVID-19, teniendo en cuenta que es un virus nuevo, que no existe inmunidad previa en la población general y que no existen vacunas o tratamientos efectivos y validados.

Ya que uno de los objetivos centrales de la política de salud pública es salvar vidas a través de la contención de la propagación con el fin de reducir el número de individuos infectados, se suele adoptar como estrategia “*Laissez-faire, laissez-passer*” (dejar hacer, dejar pasar), la cual se basa en el control del brote hasta el agotamiento de susceptibles. Esta mitigación busca aplanar la curva para tener tiempo de responder, sin medidas de cuarentena y supresión, que implican la inmovilidad social obligatoria.

La primera estrategia trae consigo no hacer nada ante la epidemia o no interferir con la libertad individual de elección; se opone a la injerencia gubernamental en el control de una epidemia. Presenta la misma lógica de comportamiento de los individuos en cuanto al libre mercado versus la intervención del Estado, mediante la estrategia de supresión con medidas de inmovilidad social obligatoria. Dichas opciones significan un trade-off (disyuntiva) entre infectados y muertos, al priorizar la economía en la estrategia de no hacer nada, frente a minimizar las infecciones y muertes con costos económicos y sociales adversos, al optar por la estrategia de supresión.

El primer caso confirmado de COVID-19 en el Perú fue el 6 de marzo de 2020. Fue un hombre de 25 años que había realizado turismo por Europa: España, Francia y República Checa. El Gobierno peruano adoptó la estrategia de supresión para evitar una creciente infección, el colapso del sistema hospitalario y muertes por COVID-19. Mediante Decreto Supremo N.º 0044-2020-PCM, se declaró el Estado de Emergencia Nacional por las graves circunstancias que afectan la vida de la Nación y se dispuso el aislamiento social obligatorio (cuarentena). Dichas medidas rigieron a partir del 15 de marzo, complementándose con cerrar actividades económicas, excepto aquellas relacionadas con la alimentación; con algunas variantes como salir en días diferentes según el género, medida que fue eliminada después de una semana por ser contraproducente. No obstante, las políticas de salud pública de supresión aún no se eliminan y siguen aumentando los niveles de infección y muertes, produciendo costos catastróficos.

La COVID-19 y la implementación de la estrategia de supresión han generado *shocks* de oferta y demanda agregada, con los consiguientes costos económicos y sociales: insolvencia de empresas, aumento del desempleo, mora bancaria, disminución de ingresos laborales, reducción del consumo y ahorro, además de la postergación de las decisiones de inversión, lo que implicaría una recesión a futuro.

El creciente número de individuos infectados y de muertes, aún con la estrategia de supresión, nos lleva a

intentar dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es el nivel del número básico de propagación del número de infectados por COVID-19 antes y después de la estrategia de supresión? ¿Qué impacto han tenido las políticas de salud pública a través de la estrategia de supresión, con medidas de aislamiento social sobre el nivel de infecciones y sobre el nivel del número básico de propagación de infectados? ¿Cuál ha sido el impacto de la reducción selectiva de actividades económicas con el fin de reducir la conectividad?

El objetivo de esta investigación es realizar un análisis de la dinámica de comportamiento de la COVID-19 en el Perú, con el uso del modelo teórico-matemático SIR, además de estimar y evaluar el impacto de la política pública de supresión en el período del 06 de marzo al 15 de mayo del 2020. Se hace uso de modelos econométricos con Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). El artículo se estructura en cuatro secciones. La segunda sección constituye una breve revisión del método. La tercera muestra los principales resultados; y la cuarta, la discusión y conclusiones.

## MÉTODO

### Perfil epidemiológico

La COVID-19, causada por el virus SARS-COV-2, se identificó en China a fines de 2019. Es una nueva cepa de Coronavirus que no había sido identificada previamente en humanos (1). Se transmite de persona a persona principalmente por gotas respiratorias, causando síntomas como fiebre, tos y dificultad para respirar después de 2 a 14 días de la infección. Tiene varias características específicas, explicadas por la dinámica del modelo SIR (2), aplicable a la población peruana:

- El número de individuos susceptibles en el inicio es igual a la población total  $S_0=N$ .
- La vacuna no existe y aún no hay tratamiento efectivo comprobado científicamente.
- La proporción de muertes sobre individuos infectados depende del país (de las regiones al interior del país) y varía de 2% (Alemania), 4% (China), 10% (Italia, Francia y España) y 3% Perú.
- Se espera que la tasa de mortalidad con respecto a las personas infectadas sea baja, ya que muchos sujetos son asintomáticos y no informan a los hospitales. La ratio  $a$ , que refleja el porcentaje de individuos con resultados positivos e individuos realmente infecciosos, es incierta, depende de la política de pruebas diagnósticas. En Hubei se estimó  $a=5\%$  (3). Además, el proceso también introduce un retraso que suele ser de hasta una semana.

- En Italia, 30% de los casos infecciosos termina con neumonía grave y dificultades respiratorias que requieren hospitalización y respiradores artificiales. Un 4% de los infectados requieren de ventilación mecánica y cuidados intensivos ( $\sigma$ ).
- El número de camas, equipos y personal que se necesita para realizar ventilación artificial en un sistema de salud se basa en condiciones normales. El número  $N_{ic}$  de pacientes con COVID-19 que pueden ser ingresados en cuidados intensivos y subintensivos es limitado.
- La dinámica inicial del brote es muy rápida, duplicándose el número de individuos infectados cada 4 días, antes de la aplicación de una política de salud pública.
- No está claro cuándo un individuo se vuelve infeccioso. Hay un retraso de varios días ( $\tau t$ ) entre el momento en que un individuo se vuelve infeccioso y cuando se hace la prueba. Ello implica, que este individuo siga contagiando. Expertos recomiendan promulgar una política pública que garantice que  $a*\sigma*I < N_{ic}$  en todo momento, lo cual implicaría que  $N_{ic} < 5\%(N)$ .

**Modelo matemático**

Kermack (4) introduce el modelo SIR, que luego de levantar algunos supuestos se extiende en Hethcote (5). El modelo es un sistema de ecuaciones que ayuda a describir, explicar y sugerir políticas de salud pública. Los supuestos son los siguientes:

1. La población total  $N$  es constante y se divide en 3 categorías. i) Los individuos susceptibles ( $S_t$ ) en el momento inicial son la población sana que puede infectarse. ii) Los individuos infecciosos ( $I_t$ ), que tienen capacidad de contagiar a los susceptibles. iii) Los individuos recuperados ( $R_t$ ), que han superado la enfermedad, adquieren la inmunidad y ya no tienen la capacidad de transmisión. La tasa de nacimiento y mortalidad no varía.
2. No se consideran inmigraciones y emigraciones.
3. Al inicio del brote epidémico, solo un pequeño porcentaje de la población está infectada  $I_0 = I/N$
4. En el momento inicial el número de susceptibles e infectados es positivo.

5. La Figura 1 presenta las interacciones entre individuos  $S, I$  y  $R$ . Individuos susceptibles se convierten en infecciosos y estos pasan a ser individuos recuperados o muertos.

El modelo teórico-matemático SIR, en su forma estructural, es un sistema de ecuaciones. La ecuación [1] representa la dinámica de los individuos susceptibles, que tiende a disminuir en una tasa de infección  $\beta$  a medida que aumenta el número de infectados.

$$\begin{aligned} \dot{S} &= -\beta SI & [1] \\ \dot{I} &= \beta SI - \gamma I & [2] \\ \dot{R} &= \gamma I & [3] \\ N &= S + I + R & [4] \end{aligned}$$

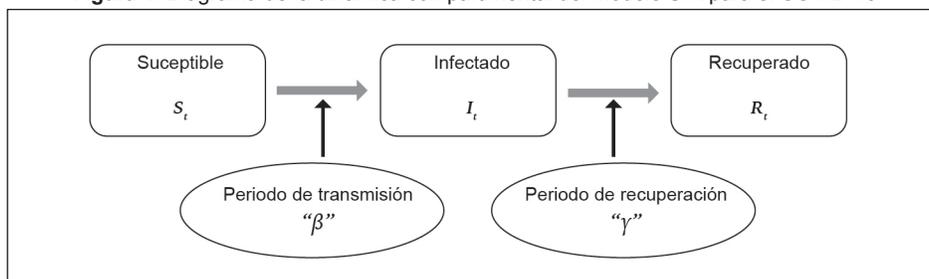
Por su parte,  $\beta$  depende de: i) La tasa de conectividad ( $\kappa$ ), que representa el número de contactos de cada individuo por día. Las investigaciones señalan que el parámetro fluctúa entre 1 y 100. ii) La probabilidad de transmisión de la enfermedad infecciosa ( $\tau$ ), la cual muestra qué tan probable es que una persona susceptible se contagie al contactarse con un infectado. Luego,  $\beta = \kappa * \tau$ .

La ecuación [2] representa la dinámica de los infectados que aumenta a la tasa de infección  $\beta$ , a medida que aumenta el número de individuos susceptibles que han sido infectados y se reduce la tasa de recuperación ( $\gamma$ ) en tanto los infectados se recuperan o mueren. A su vez,  $\gamma$  es la rapidez con que un individuo pasa de infectado a recuperado o la tasa a la que los individuos infectados se recuperan o mueren.

La ecuación [2] representa la dinámica de los individuos que se van recuperando, que se realiza a una tasa de recuperación  $\gamma$  de los individuos infectados. La ecuación [4] representa la población total en sus tres categorías. De la ecuación [5] se despeja  $R_t$ .

TEOREMA: Si  $R_0 \leq 1$ , entonces  $I_t$  disminuye monótonicamente a cero a medida que  $t \rightarrow \infty$ . A partir de ello se infiere que si  $R_0 > 1$ , el nivel de individuos infectados  $I_t$  comienza a aumentar, alcanza su máximo y luego disminuye a cero, en tanto que  $t \rightarrow \infty$ . Se denomina a este escenario de

**Figura 1.** Diagrama de la dinámica compartimental del modelo SIR para el COVID-19



Fuente: Hethcote (2000)

creciente número de individuos infectados una epidemia. Se deduce que una infección puede causar una epidemia en una población susceptible si  $R_e > 1$  o  $\beta > \gamma$  o  $\beta > \kappa \tau$ . Luego,  $R_e$ , se define como:

$$R_e = S_0 \beta = \frac{S_0 \kappa \tau}{N \gamma} = \frac{D S_0 \kappa \tau}{N} \quad [5]$$

$D = 1/\gamma =$  número de días promedio de duración de la enfermedad.

$R_e$  es el producto de la duración de la infección  $D$ , el número de contactos que un individuo infectado tiene con individuos susceptibles por unidad de tiempo  $\kappa$ , y la tasa de transmisión  $\tau$ . Por tanto,  $R_e$  es el número de nuevas infecciones causadas por cada individuo infectado. Se define el número reproductivo básico  $R_0$  como:

$$R_0 = \frac{\beta}{\gamma} = \frac{\kappa \tau}{\gamma}$$

Por su parte,  $R_0$  se obtiene al inicio de la epidemia cuando aún no se han aplicado políticas de salud pública. Este se ve afectado por factores biológicos, sociales y ambientales. Si toda la población es inicialmente susceptible ( $S_0 = N - 1$ ), entonces el número de infectados será  $I_0 = 1$  y el número de individuos recuperados será  $R_0 = 0$ . Entonces:

$$R_e = \left(\frac{N-1}{N}\right) \left(\frac{\beta}{\gamma}\right) = \left(\frac{N-1}{N}\right) \left(\frac{\kappa \tau}{\gamma}\right)$$

es aproximadamente igual a  $R_0$ . Asumiendo que

$$\left(\frac{N-1}{N}\right) = 1$$

$$R_0 = R_e = \frac{\beta}{\gamma} = \frac{\kappa \tau}{\gamma} \quad [6]$$

$R_e$  determina si la población se infectará rápidamente. Si  $i) R_e > 1$ , existe propagación y el número de individuos infecciosos se incrementará, produciéndose una epidemia. Si  $R_e = 1$ , no existe propagación y el número de individuos infecciosos se mantiene constante y no se producirá epidemia. Si  $R_e < 1$ , no existe propagación y el número de individuos infecciosos decrecerá, por lo tanto, la epidemia desaparece. Así, si  $R_e = 3$ , existe propagación y, por cada individuo infectado, 3 personas susceptibles terminarán siéndolo, generándose una epidemia de COVID-19.

Dado [4],  $S$  es constante y aproximadamente igual a  $N$ . Este supuesto desacopla la ecuación [3], de la ecuación [2], que llega a  $S = N$  y la ecuación [2] queda:

$$\dot{I} = \frac{\beta IN}{N} - \gamma I \quad [7]$$

Factorizando y asumiendo una solución exponencial queda:

$$I_t = I_0 e^{(\beta-\gamma)t} = I_0 e^{rt} \quad [8]$$

Donde  $r = \beta - \gamma$ . Asimismo, se demuestra que el tiempo de duplicación de los casos infecciosos  $T_d$  está dado por:

$$T_d = \frac{\ln 2}{\beta - \gamma} = \frac{\ln 2}{r} \quad [9]$$

La epidemia termina a medida que  $S_t$  cae por debajo de  $\rho = \gamma/\beta$ , que se deriva del equilibrio epidémico  $\dot{I} = 0$  ( $\gamma > \beta$ ). En síntesis, la epidemia termina por la falta de nuevos individuos infectados y no por la falta de individuos susceptibles.

## RESULTADOS

El modelo SIR se parametriza utilizando datos diarios de individuos infectados en el Perú, para el periodo del 06 de marzo al 15 de mayo del 2020. Se estiman cuatro modelos con el método de MCO que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Estimación de parámetros con MCO, según periodo

Modelo Detalle	I	II	III	IV
C	0,5 (1,6)	2,9 (11,2)	0,6 (0,8)	2,7 (13,4)
T	0,39 (6,8)	0,16 (11,9)	0,24*** (2,8)	0,09*** (19,5)
R <sup>2</sup>	0,7	0,9	0,9	0,9
F	45,9	739,2	401,6***	381,3***
D-W	1,6	1,8	2,1	1,2
Periodo	06/03-14/04	15/03-06/04	06/03-06/04	15/03-15/05
n	09	22	31	60

MINSAs. () Indica estadístico-t; C constante y T tiempo

En la Tabla 2, observamos los parámetros que se han obtenido con los datos de la regresión a partir de la ecuación [8]. Se obtiene en un periodo inicial del 06 al 14 de marzo, antes que rija el DS/N°0044-2020-PCM, con una tasa de crecimiento promedio día de infectados de 38,6% que implica un número básico de propagación de  $R_0 = 6,0 > 1$  y un brote epidémico de la COVID-19 de dimensiones exponenciales, cuyo número de infectados se duplicaba cada 1,8 días.

El 15 de marzo empezó la política de salud pública, basada en una estrategia de supresión con aislamiento social obligatorio. Ello implicó que la tasa de crecimiento promedio diaria de infectados disminuyera al 16% por día y se redujera el número reproductivo efectivo  $R_e = 3,2 > 1$ , que se evidencia en el aumento de individuos infectados al duplicarse cada 4,4 días.

Evidentemente, la estrategia de supresión ha sido relativamente exitosa en reducir los niveles y las tasas de crecimiento de los individuos infectados en comparación con los niveles y tasas de crecimiento (como se observa en la Tabla 1, para el coeficiente que acompaña la variable 'tiempo' del modelo I con 39% en comparación al modelo II y IV con 16% y 9% respectivamente). Estas

**Tabla 2.** Parámetros estimados del modelo SIR

Parámetros	Fórmula	Laissez-faire	Supresión	1-mes	2-meses
Periodo de análisis		06/03-14/04	15/03-06/04	06/03-06/04	15/03-15/05
Tasa crecimiento de infecciones ( $lt$ )	$r = (\beta - \gamma)$	0,39	0,16	0,24	0,09
Tasa de infección (transmisión)	$\beta = (r + \gamma)$	0,46	0,23	0,31	0,16
Número básico de propagación	$R_0 = (\beta / \gamma)$	6,0	---	---	---
Número reproductivo efectivo	$R_e = (S_0 / N) (\beta / \gamma)$	---	3,2	4,4	2,3
Tiempo duplicación infectados (día)	$T_d = \ln 2 / r = \ln 2 / (\beta - \gamma)$	1,8	4,4	2,9	7,6

$N=32\ 625\ 948$ ;  $l_0 = (1/N)=0,00000003$ .  $D=14$ ;  $\gamma=0,07$

medidas han permitido postergar la fecha del colapso del Sistema Hospitalario y de Salud, al aplanar la curva. Sin embargo, dichas tasas de crecimiento siguen aumentando el número de individuos infectados. No obstante, que se haya reducido  $R_e$  en 54% supone que existe una gran probabilidad de afectar a toda la población susceptible si no se toman medidas oportunas.

En la Tabla 2, se presentan los resultados del modelo SIR para dos meses de pandemia. Estos muestran que la tasa de crecimiento promedio de infecciones por día es del 24% y 9%, lo que implica un número básico reproductivo relativamente alto (4,4 y 2,3) y la duplicación de casos cada 2,9 y 7,6 días respectivamente. Los dos puntos de evaluación de  $R_e$  evidentemente nos sugieren que la pandemia está aún en expansión.

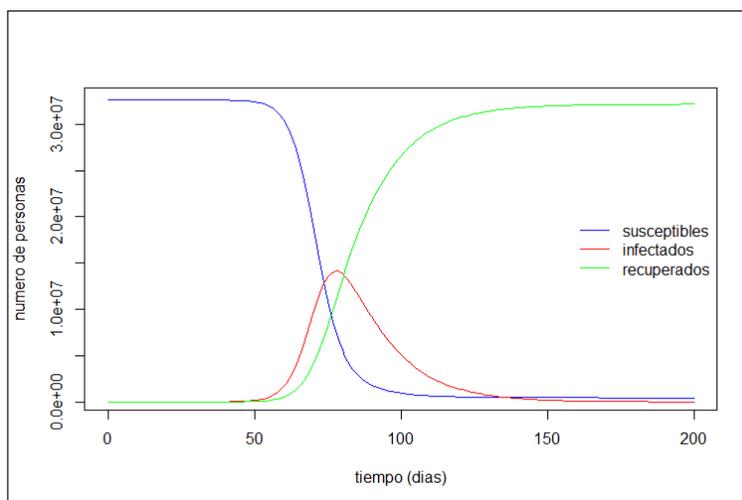
En la Figura 2A, la población susceptible empieza a disminuir porque, por un lado, cada vez aumenta el nivel de individuos infectados, cuyo máximo nivel se espera el día 85 (30 de mayo de 2020) de empezada la pandemia, y, por el otro, un 45% de la población está infectada ( $1,5e+07$ ), con una tasa de crecimiento de infectados en cero. Lo anterior significa que la COVID-19 se encuentra en equilibrio epidémico, no se propaga, pero tampoco

desaparece. A partir de esta fecha empezará una tendencia a la baja en el número de infectados, que tenderá a estabilizarse después de 120 días de iniciada, considerando que el escenario continúa.

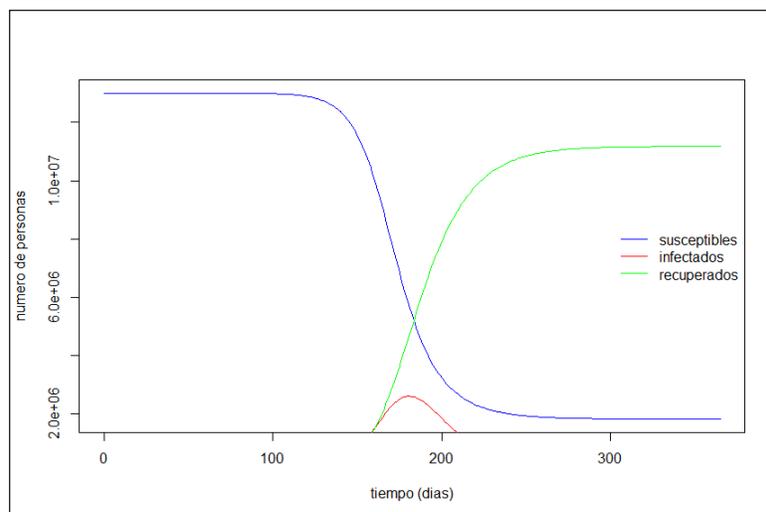
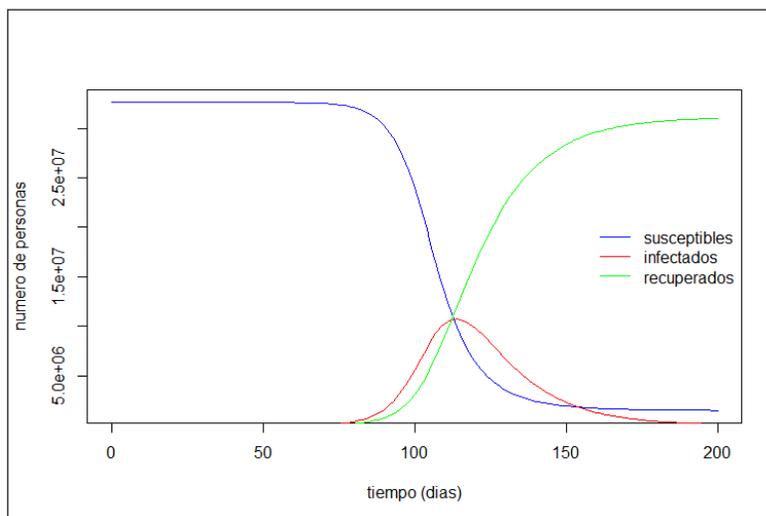
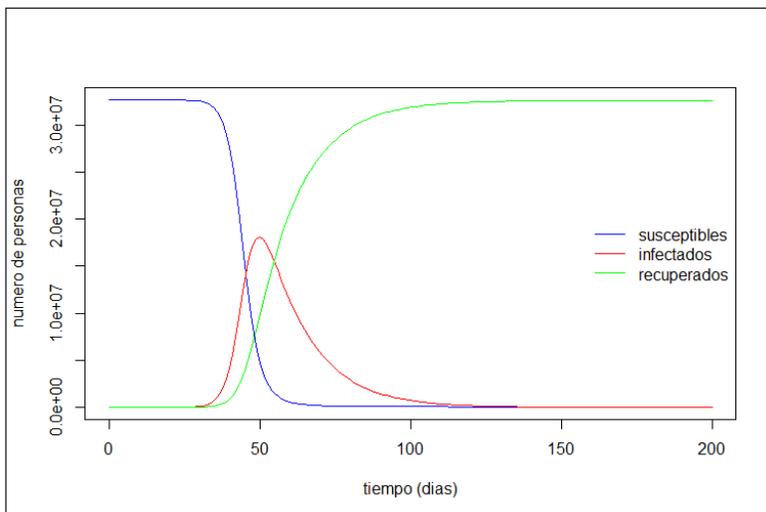
En la Figura 2B (estrategia de no hacer nada), la reducción es en más del 50% de la población infectada. Se observa que, sin las medidas de supresión, el día 57 de inicio de la pandemia (02 de mayo) el nivel de infectados ( $1,9e+07$ ) hubiera llegado al equilibrio epidemiológico a partir del cual empezaría la tendencia descendente.

En la Figura 2C, se muestra la estrategia de supresión con el aplanamiento de la curva de individuos infectados ( $1,1e+07$ ) y cómo alcanza su equilibrio el día 121 (5 de junio) de empezada la pandemia, lo que implica que las medidas de supresión habrían permitido ganar tiempo para evitar un gran número de muertes y el colapso del Sistema Sanitario y Hospitalario. Sin embargo, fallas del Estado y de la sociedad civil no han permitido que se logre un valor más cercano a la unidad de  $R_e$ , tal como se aprecia en el mes de mayo, continúa aumentando el nivel de infectados.

En la Figura 2D, se observa un escenario hipotético del riesgo con  $N=13$  millones (40% de la población), lo cual implicaría una política de salud pública que considere

**Figuras 2. A.** Dinámica de población susceptible, infectada y recuperada con el COVID-19

**Figuras 2. B-D.** Dinámica de población susceptible, infectada y recuperada con el COVID-19



MINSA. **Escenario-A:** 06/03-06/04/2020.  $N=3,3e+07$ ;  $l_0=1$ ;  $\beta=0,3114$ ;  $\gamma=0,07143$ ;  $t=200$  días. **Escenario-B:** 06/03-14/03/2020.  $N=3,3e+07$ ;  $l_0=1$ ;  $\beta=0,4574$ ;  $\gamma=0,07143$ ;  $t=200$  días. **Escenario-C:** 15/03-06/04/2020.  $N=3,3e+07$ ;  $l_0=1$ ;  $\beta=0,2314$ ;  $\gamma=0,07143$ ;  $t=200$  días. **Escenario-D:** 15/03-15/05/2020.  $N=1,3e+07$ ;  $l_0=1$ ;  $\beta=0,1632$ ;  $\gamma=0,07143$ ;  $t=300$  días. Software R y R-Studio

solo el capital humano necesario que realice actividades económicas, evitando mayores costos, siendo el rebaño menos vulnerable y el más apto inmunológicamente para enfrentar la pandemia. El aplanamiento de la curva de individuos infectados ( $0,3e+07$ ) alcanza su equilibrio epidémico el día 188 (11 de agosto) de empezada la pandemia, lo cual significa que las medidas de supresión habrían permitido ganar tiempo para evitar el colapso del Sistema Sanitario y reducir el número de muertes, a menor costo económico y social.

La Figura 3 muestra la evolución del número básico de propagación ( $R_e$ ), a partir del día 7 de abril, como una estrategia adicional en esta investigación para realizar vigilancia centinela diaria de la epidemia. Se confirma la reducción de  $R_e$  a pesar de los esfuerzos (estimaciones de 30 y 21 días), siendo  $R_{30}=1,7$  y  $R_{21}=1,5$  para el 15 de mayo, ambas se mantienen sobre 1. Esto muestra claramente que seguimos en etapa de epidemia y que el costo económico y social se agrava.

## DISCUSIÓN

Giordano (6) estudia la dinámica de la COVID-19 en Wuhan-China, con los siguientes resultados:  $\beta=0,2$ ;  $\gamma=0,1$  y  $R_0=2,4$ . Por cada infectado se contagian 2,4 individuos susceptibles. Concluye que la COVID-19 está en plena etapa de expansión y finalizaría en Wuhan en 150 días con un pico de infectados el día 75. Sostiene que el aislamiento social, la cuarentena, la higiene sanitaria, contribuyen a aplanar la curva de infectados, debido a que la tasa de transmisión disminuiría al caer la tasa de conectividad. Por otro lado, sostiene que la reducción de  $R_e$  obedece al aumento en la tasa de recuperación ( $\gamma$ ).

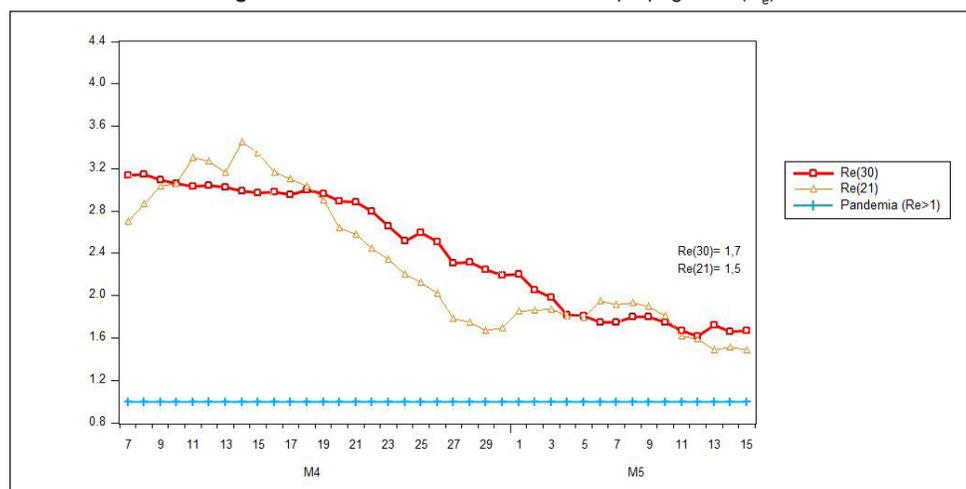
Un equipo global de científicos del Imperial College London (7) estiman el efecto de medidas gubernamentales en la reducción relativa del número de reproducción  $R_t$ , aplicando métodos bayesianos a 11 países europeos, con lo cual estiman un número de reproducción inicial  $R_0>2$  (incluso  $R_0>4$  en algún país). Concluyen que la política de supresión conduce a una reducción de  $R_t$  en un 50%.

Casella (2) reporta con datos de Hubei que el brote no se controló inicialmente, hasta que se aplicaron políticas públicas de supresión con un bloqueo estricto en Wuhan. Encuentra parámetros como:  $R_0=4$ ,  $\beta_0=0,2 \text{ días}^{-1}$ ,  $\gamma=0,1 \text{ días}^{-1}$ ,  $T_d=4$  días. Concluye que la política pública de supresión causó un efecto retardado.

Birbuet (8) emplea el modelo SEIR (agrega al modelo individuos expuestos). Encuentra que la velocidad de contagio disminuyó ( $R_0=6,0$  a  $R_0=2,4$ ) con la política de salud pública basada en la estrategia de supresión y ha implicado medidas como el cierre de fronteras, bloqueo de actividades económicas y aplicación de medidas de aislamiento social. Calcula  $R_0$  utilizando parámetros como: periodo de infección= $7,5 \text{ días}$ , periodo de incubación= $6 \text{ días}$  y probabilidad de transmisión= $4\%$ .

La estrategia de *laissez-faire, laissez-passer*, que agota la epidemia al reducirse los susceptibles, demostró en varias partes no ser sostenible por la gran mortalidad generada por el colapso sanitario, por lo cual se ha optado por la supresión, medida que se viene implementando en Suecia y en menor medida en USA, México y Brasil. En Suecia, ha implicado dejar que la COVID-19 se propague libremente y el Gobierno sugirió a la población que asuma su responsabilidad para evitar la propagación para alcanzar la inmunidad colectiva. No obstante, presentaba al 1 de mayo 26 623 infectados y 3 041 muertes. Se esperaba que a fin del mes se

Figura 3. Evolución del número básico de propagación ( $R_e$ )



Periodo de estimación 07/04-15/05/2020; las estimaciones para  $\beta$  y  $\gamma$  se hacen con MCO; el primero con 30 datos y el segundo, con 21 datos de forma secuencial. NOTA: Re difiere según los datos utilizados en estimación

lograra la inmunidad colectiva. Estados Unidos es el nuevo epicentro de la COVID-19, con más de 1 417 800 infectados y 85 600 muertos. Expertos afirman que los individuos producen anticuerpos creando sus propias defensas y sostienen que la epidemia se detendría cuando alcance entre el 60-90% de la población.

La mitigación consiste en medidas para desacelerar el número de individuos infectados y de muertes, sin recurrir al aislamiento total obligatorio u otras disposiciones adoptadas por el Estado. Entre las medidas adoptadas destacan: aislamiento domiciliario y cuarentena de casos sospechosos, distanciamiento social de pacientes de riesgo de enfermedad grave, higiene sanitaria y dejar a la población actuar libremente. Reino Unido ha optado por la estrategia de la mitigación. Sin embargo, al aumentar sostenidamente el nivel de contagiados, ha cambiado su política de salud pública. Taiwán parece ser el país que aplicó exitosamente dicha estrategia, que ha dado como resultado cero infectados después de haber tenido 322 infectados y 5 muertos. Consideramos que la estrategia de mitigación es exitosa en economías en desarrollo con una población mayormente joven, bien alimentada y con defensas en el sistema inmunológico.

La supresión es un mecanismo adaptativo que consiste en revertir el crecimiento del número de infectados reduciendo el número de casos a niveles bajos. Esta situación se logra mediante medidas de inmovilidad social obligatoria, con aislamiento total y pruebas aplicadas de forma masiva a fin de detectar los posibles casos asintomáticos para poder aislarlos. Esta estrategia es de relativo éxito en China y Corea del Sur. China dispuso la inmovilidad social obligatoria que se fue levantando lentamente, con la disminución del número de contagiados y muertos.

Corea del Sur hizo seguimiento exhaustivo y aisló tempranamente a las personas infectadas, con el fin de lograr los mismos efectos del bloqueo general de una manera menos disruptiva socialmente, junto con la aplicación de pruebas masivas. El Gobierno actuó en la detección y el aislamiento de nuevos casos, lo cual resultó ser un factor decisivo para contener la COVID-19. También se señala que la sociedad civil jugó un rol central al fiscalizar y hacer cumplir las funciones de las autoridades y llegar a grupos vulnerables de la sociedad. Sin embargo, con la supresión el costo puede ser elevado. Asimismo, esta estrategia, deberá mantenerse en el corto y mediano plazo hasta que esté disponible una vacuna, medicamento validado o que la población haya sido inmunizada. En el caso de Italia y España, los gobiernos siguieron con la estrategia de supresión, imitando las políticas de China. Sin embargo, dichas medidas han logrado un relativo éxito, ya que colapsaron los sistemas de salud.

En Perú, la aplicación de estrategia de supresión como política pública ha permitido reducir la curva de infectados en más del 50%, pero no ha sido suficiente para mitigar el colapso de Sistema Sanitario. Dicha medida genera altos costos sociales (enfermedades mentales, violencia familiar, abuso infantil, feminicidio) y económicos (desempleo, pobreza, pérdida de ingresos, insolvencia empresarial) por la existencia previa de características estructurales, fallas del Estado y una sociedad civil débil. Además, ha puesto al Estado en una disyuntiva entre salvar vidas y deprimir la actividad económica.

La economía peruana es dual, porque coexiste un sector moderno y un sector informal, con una estructura productiva que representa más del 50% del PBI, cuya estructura del empleo se caracteriza por una elevada proporción de trabajadores informales (70% PEA), con bajo nivel de capital humano en educación y salud, lo cuales viven con ingresos generados en el día y no cuentan con beneficios sociales. Esta característica estructural explica que no hayan modificado su comportamiento y trabajen diariamente, por lo que se genera un aumento de la tasa de conectividad.

Por lo tanto, la política de transferencia directa de ingresos no fue suficiente para evitar que la población se quedara en casa. Se buscó ayudar a 6,8 millones de familias en condición vulnerable con el bono familiar (760 soles), el bono 'Yo me quedo en casa' (360 soles mensual) y el bono independiente (360 soles), lo cual causó aglomeración en mercados, bancos y transporte público, situación que generó una mayor tasa de conectividad.

Históricamente, el Estado no ha cumplido con la función de ofrecer un servicio público de calidad en salud y educación. Expresado en el bajo stock de capital humano (médicos, enfermeras y técnicos) y stock de capital físico (infraestructura). La escasez de ambos explica que no haya disminuido la tasa de recuperación de infectados. Se suma 20% de la población en situación de pobreza, 20% sin acceso a agua potable de red pública, 35% sin servicios higiénicos y 12% en hacinamiento, condiciones que explican la elevada tasa de conectividad.

La población reaccionó con gran incertidumbre y no ha adoptado un comportamiento de minimización de riesgos. Parecen ser "amantes del riesgo". Sin embargo, las características estructurales permiten comprender el comportamiento de una gran masa de la población que pone en riesgo su vida por la sobrevivencia familiar. Además, la transgresión de normas se podría explicar por la diversidad de grupos étnicos con bajos niveles de educación y comportamientos sociales diferentes en comparación con países desarrollados.

Por otro lado, no hubo una reacción rápida del Gobierno para identificar a individuos portadores asintomáticos,

con los falsos negativos. Este autorizó a los Gobiernos Regionales para que trasladaran a cerca de 150 000 peruanos hacia su lugar de origen. No se centralizó la toma de decisiones en un Comando Central para controlar la COVID-19, integrado por profesionales de diversas especialidades y liderado por la Fuerzas Armadas. Se optó por una descentralización en Gobiernos Regionales y Locales, los cuales son ineficaces para enfrentar una pandemia por el escaso capital humano y físico. Se suma la corrupción institucional, que cataliza mayores costos.

Con un PBI per cápita anual a precios del 2010 de US\$ 6 240, el costo económico y social es alto. Con una tasa de interés del 5% anual se determina el costo de oportunidad con un valor actual neto perpetuo de US\$ 124 800, que mensualmente serían US\$10 400 que dejaría percibir un peruano promedio por la supresión. El 60% de la población ( $1,9e+7$ ) tiene un costo de oportunidad total mensual de US\$  $2,0e+11$ . Si sumamos el gasto incurrido por el Gobierno para enfrentar la pandemia, US\$34 000 millones (18% PBI), el costo económico incurrido es catastrófico.

En el Perú es limitado el acceso a datos abiertos (open data). La información está exclusivamente en servidores gubernamentales. Los datos recopilados, siendo oficiales, pueden no ser correctos y la realidad ser más abrumadora. Existen indicios de “exceso de mortalidad” del 81% en el Perú sobre los niveles normales. Además, la dinámica de la epidemia hace erráticas las tasas de contagio para determinar  $R_e$ , hasta que alcanza una madurez y podamos hablar de algún tipo de significancia estadística robusta.

Se concluye que la estrategia de supresión puede ser efectiva si se implementa temprano y considera características estructurales de la economía, como fallas del Estado y la participación organizada de la sociedad civil. Ello explica la limitación de una estrategia de supresión que logró una tendencia decreciente del número básico de reproducción, pero aún es relativamente alto después de dos meses de inmovilidad social obligatoria que refleja un explosivo nivel de infectados y muertos con un elevado costo económico y social. La disyuntiva en términos de costo-beneficio nos lleva a inferir que son más los costos económicos y sociales, en términos de infectados y muertes, que los beneficios pecuniarios y no pecuniarios, alargando el tiempo de sufrimiento humano, teniendo en cuenta que no se percibe un fin de la pandemia.

Por lo tanto, se recomienda cambiar la estrategia de supresión: i) Reducir la transmisibilidad con la aplicación de medidas de higiene sanitaria focalizadas en lugares de concurrencia masiva de población y con pruebas diagnósticas necesarias para aislar a los infectados, con el propósito de reducir la población susceptible y el costo económico y social. ii) Financiar programas de investigación,

innovación y emprendimiento relacionados con la salud y aprovechar la abundancia de biodiversidad en flora y fauna, con una visión de largo plazo. iii) Adoptar recomendaciones de la economía experimental de forma tal que las personas modifiquen su comportamiento en relación con las políticas de salud pública en el tratamiento de una pandemia. iv) Un Gobierno estadista que reinvente el Sistema de Sanitario y atienda sectores informales de la economía y población adulta vulnerable; mejore el sistema de distribución e impuestos, no dejando el modelo de mercado neo-mercantilista en la agenda del desarrollo humano. v) Promover un observatorio centinela multidisciplinario regional para dar seguimiento y actuar oportunamente ante futuras epidemias en nuestra geografía tan diversa ❖

*Conflictos de intereses:* Ninguno.

## REFERENCIAS

1. Lu R, Zhao X, Li J, Niu P, Yang B, Wu H, et al. Genomic characterization and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *The Lancet*. 2020; 395(10224):565-74. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30251-8.
2. Casella F. Can the COVID-19 epidemic be controlled on the basis of daily test reports? *Physics and Society*. 2020 [cited 2020 Apr 30]. Available from: <https://bit.ly/2MAy8Bi>.
3. Read JM, Bridgen JR, Cummings DA, Ho A, Jewell CP. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions. *medRxiv*. 2020: 1-11. DOI:10.1101/2020.01.23.20018549.
4. Kermack WO, McKendrick AG, Walker GT. A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London*. 1927; 115(772):700-21. DOI:10.1098/rspa.1927.0118.
5. Hethcote HW. *The Mathematics of Infectious Diseases*. *SIAM Review*. 2000 [cited 2020 Apr 30]; 42(4):599-653. Available from: <https://bit.ly/3cBqqJ2>.
6. Giordano G, Blanchini F, Bruno R, Colaneri P, Di Filippo A, Di Matteo A, et al. A SIDARTHE Model of COVID-19 Epidemic in Italy. 2020 [cited 2020 Apr 30]. DOI:10.1038/s41591-020-0883-7.
7. Flaxman S, Mishra S, Gandy A, Unwin H, Coupland H, Mellan T, et al. Report 13: Estimating the number of infections and the impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in 11 European countries 2020 [cited 2020 Apr 30]. Available from: <https://bit.ly/2MAHTzx>.
8. Birbuet JC, Lopez R. Dinámica de expansión del COVID-19 en Bolivia durante las primeras 6 semanas. Documento de trabajo. 2020 [cited 2020 Apr 30]. Available from: [http://bit.ly/pdf\\_covid\\_bol](http://bit.ly/pdf_covid_bol).

# Cuarentena por COVID-19 en un profesional de la salud: dimensión psicológica, social y familiar

## Quarantine by COVID-19 in a health professional: psychological, social and family dimensions

Consuelo Vélez-Álvarez, Natalia Sánchez-Palacio y Diana P. Betancurth-Loaiza

Recibido 25 abril 2020 / Enviado para modificación 27 abril 2020 / Aceptado 30 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Analizar las dimensiones psicológica, social y familiar de una profesional de la salud en cuarentena por COVID-19.

**Método** Reporte de caso. Se utilizó una matriz como bitácora diaria para recolección de información de las tres dimensiones analizadas. Se respetó el anonimato de la persona en todo momento.

**Resultados** Se presenta un estudio de caso con los principales hitos de la vida diaria de una profesional de la salud durante los 14 días de cuarentena. En la dimensión psicológica se destacan sentimientos de miedo e incertidumbre ante el riesgo; en la social, sobresale la importancia del acompañamiento de familiares y amigos que fortalecieron la adaptabilidad al proceso, y en la familiar, la relevancia de los vínculos afectivos y la comunicación permanente.

**Conclusión** Los aspectos desarrollados en las diferentes dimensiones deben ser considerados por quienes participan en el manejo y seguimiento de casos en el cuidado primario, en tanto son la posibilidad de fortalecer el mecanismo neuronal y hormonal a través del soporte familiar y social. El ser profesional de la salud y el conocimiento sobre el tema puede generar una mayor afectación (por el aislamiento involuntario relacionado con el riesgo de COVID-19), no solo clínica, sino también psicológica, social y familiar. En este sentido, quienes manejan los casos deben considerar la integralidad en las condiciones de salud.

**Palabras Clave:** Informes de casos; coronavirus; aislamiento social; personal de salud (fuente: DeCS, BIREME).

### ABSTRACT

**Objective** To analyze the psychological, social and family dimensions of a health professional quarantined by COVID-19.

**Method** Case report. A matrix was used as a daily log to collect information from the three dimensions analyzed. The anonymity of the person was respected at all times.

**Results** A case study is presented with the main milestones in the daily life of a health professional during the 14 days of quarantine. In the psychological dimension, feelings of fear and uncertainty in the face of risk are highlighted, in the social dimension the importance of the accompaniment of family and friends who strengthened the adaptability to the process stands out, and in the family dimension the relevance of affective bonds and permanent communication.

**Conclusion** The aspects developed in the different dimensions should be considered by those who participate in the management and follow-up of cases in primary care, as they are the possibility of strengthening the neuronal and hormonal mechanism through family and social support. Being a health professional and having knowledge on the subject can generate a greater effect of involuntary isolation related to the risk of

CV: Enf. Ph.D. Salud Pública. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.  
consuelo.velez@ucaldas.edu.co  
NS: Enf. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. natalia.sanchez@ucaldas.edu.co  
DB: Enf. Ph.D. Salud Pública. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.  
diana.betancurth@ucaldas.edu.co

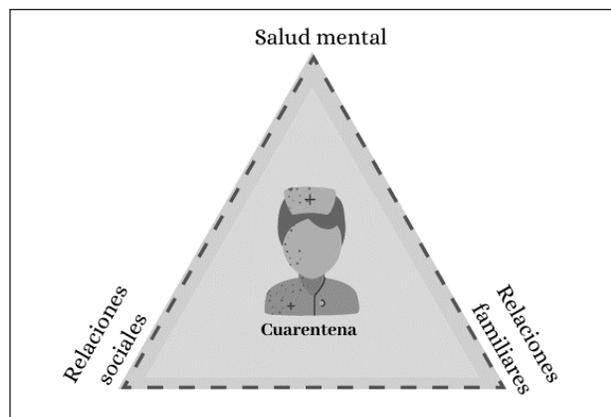
COVID-19. This is not only clinical, but also psychological, social and family. In this sense those who manage the cases should consider the integrality in health conditions.

**Key Words:** Case reports; coronavirus; social isolation; health personnel (source: MeSH, NLM).

La cuarentena es el período en el que una persona que ha estado expuesta a una enfermedad contagiosa se condiciona a un aislamiento, con el propósito de evitar o limitar su expansión (1). Actualmente, para el nuevo coronavirus SARS-COV-2 causante de la epidemia por COVID-19, se ha establecido un período de cuarentena de aproximadamente 14 días, definidos bien sea a partir del análisis de la aparición de los síntomas, que suele ocurrir de 2 a 14 días posteriores a la exposición (2,3), o a partir de haber estado en contacto con un posible caso.

Este aislamiento, trae consigo connotaciones sociales, psicológicas y familiares (Figura 1) que afectan la salud física y mental de la persona, por lo que se requiere minimizar el contacto, hecho que no solo lleva a sentimientos de soledad, sino también de angustia y de miedo sobre la aparición de una posible enfermedad. Estas emociones se traducen en una disminución de la calidad de sueño, alteraciones alimenticias, estrés y exposición excesiva a los medios de comunicación que suelen precipitar los sentimientos negativos (4-6).

**Figura 1.** Dimensiones afectadas por la cuarentena



Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue analizar las dimensiones psicológica, social y familiar de una profesional de la salud en cuarentena por COVID-19.

### Presentación del caso

Mujer de 52 años, profesional de la salud cuya especialidad es la epidemiología y salud pública, divorciada, en su lugar de residencia convive con su hijo y labora como docente del área de la salud; procedente de Europa, específicamente de Madrid, ingresó a Colombia por el Aeropuerto Internacional el Dorado el día 12 de marzo de 2020, fecha

en la que en el país se había iniciado la implementación de la cuarentena obligatoria a personas procedentes de países y zonas con circulación viral confirmada del nuevo coronavirus (SARS-COV-2) en los 14 días anteriores. En este marco, la profesional cumplía con el criterio de caso 3 de los lineamientos para la detección y manejo de casos por los prestadores de servicios de salud, frente a la introducción del SARS-COV-2 (1).

Fue captada por el servicio de salud el mismo día de ingreso al país y se impartieron las siguientes recomendaciones:

- Distanciamiento social por 14 días en su domicilio.
- Permanecer preferiblemente en habitaciones y baños individuales con buena ventilación.
- Evitar visitas de otras personas.
- Realizar diariamente limpieza y desinfección del área en donde se encuentra aislada y realizar lavado de manos con agua, jabón y toallas limpias exclusivas para su uso personal.
- Los elementos usados para el cuidado deben ser de uso exclusivo.
- Los residuos se deberán manejar de manera diferencial (bolsas y canecas separadas).
- Reducir al mínimo los espacios compartidos, garantizando en todo caso que estén bien ventilados.
- No asistir a eventos masivos.
- En lo posible no utilizar transporte público masivo.
- Control de temperatura 3 veces al día.
- Realización de seguimiento telefónico mañana y tarde.

Esta situación fue notificada a la institución en la que laboraba, la cual informó que sería manejada por salud ocupacional y la ARL. En la Figura 2 se describen los días de la cuarentena y se destacan los hitos más importantes desde las dimensiones psicológica (p), social (s) y familiar (f).

Durante los 14 días de cuarentena las actividades laborales continuaron a través de teletrabajo, por la consideración de ser una persona asintomática. En este tiempo, la profesional de salud también percibió que había que tener paciencia, dado que era solo un tiempo determinado. Se presentaba la oportunidad para períodos de descanso, incluso para la reflexión sobre la vida misma. Finalmente, al terminar el período, la sensación de poder retomar el contacto con su hijo y demás vínculos familiares fue positiva; tuvo tranquilidad, por no haber presentado síntomas graves, y felicidad por poder realizar nuevamente activida-

Figura 2. Día a día cuarentena: principales hitos

<p><b>Día 1</b></p> <p>T° 35,7°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> ninguno</p> <p><i>P:</i> aceptación.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total- acompañamiento telefónico de amigos.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, vajilla marcada, siempre uso de mascarilla quirúrgica.</p>	<p><b>Día 8</b></p> <p>T° 35,7°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> tos</p> <p><i>P:</i> miedo, los casos aumentan, pánico por excesiva información en los medios de comunicación.</p> <p><i>S:</i> aislamiento, cuarentena total en el país, nuevo seguimiento indicaciones sobre tiempo restante.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, siempre uso de tapabocas.</p>
<p><b>Día 2</b></p> <p>T° 36,0°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> ninguno</p> <p><i>P:</i> aceptación.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total- acompañamiento telefónico de amigos - seguimiento por entidad de salud.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, siempre uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>	<p><b>Día 9</b></p> <p>T° 36,5°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> ninguno</p> <p><i>P:</i> soledad y expectativa.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total- todos en cuarentena.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, siempre uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>
<p><b>Día 3</b></p> <p>T° 36,2°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> dolor de cabeza y de garganta con un poco de tos</p> <p><i>P:</i> miedo a desarrollar la enfermedad y contagiar a hijo/impotencia.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total- acompañamiento telefónico de amigos - seguimiento por entidad de salud.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>	<p><b>Día 10</b></p> <p>T° 35,9°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> ninguno</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>
<p><b>Día 4</b></p> <p>T° 36,4°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> desaparece el dolor de cabeza, persiste el dolor de garganta y un poco de tos</p> <p><i>P:</i> miedo a desarrollar la enfermedad y contagiar a hijo/impotencia/incertidumbre.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total- acompañamiento telefónico de amigos - seguimiento por entidad de salud e indicaciones.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, uso de tapabocas.</p>	<p><b>Día 11</b></p> <p>T° 35,2°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> ninguno</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>
<p><b>Día 5</b></p> <p>T° 35,4°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> menor dolor de garganta y poca tos</p> <p><i>P:</i> miedo/preocupación.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total- acompañamiento telefónico de amigos- no hubo seguimiento - emergencia nacional - toque de queda.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>	<p><b>Día 12</b></p> <p>T° 36,2°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> ninguno</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>
<p><b>Día 6</b></p> <p>T° 36,2°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> desaparece el dolor de garganta, poca tos</p> <p><i>P:</i> tranquilidad por disminución de síntomas.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total- acompañamiento telefónico de amigos- no hubo seguimiento- se levanta el toque de queda.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, siempre uso de tapabocas.</p>	<p><b>Día 13</b></p> <p>T° 35,7°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> dolor de cabeza</p> <p><i>P:</i> miedo/incertidumbre.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, siempre uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>
<p><b>Día 7</b></p> <p>T° 36°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> tos</p> <p><i>P:</i> soledad- preocupación amiga en cuarentena y sintomática esperando resultado.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total- no hubo seguimiento.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, siempre uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>	<p><b>Día 14</b></p> <p>T° 36°C</p> <p><i>Signos de alarma:</i> ninguno</p> <p><i>P:</i> alegría / esperanza /expectativa.</p> <p><i>S:</i> aislamiento total - seguimiento final.</p> <p><i>E:</i> aislamiento total- en cuarto individual, separación de utensilios personales, siempre uso de tapabocas. Acompañamiento familiar.</p>

des rutinarias y transitar libremente en su residencia. Las orientaciones brindadas por la entidad de salud sirvieron para que la profesional las replicara con otras personas cercanas por consultas telefónicas.

## MÉTODO

Reporte de caso en el cual se utilizó una matriz diseñada en excel, en forma de bitácora diaria para recolectar la información, esta fue enviada vía correo electrónico al caso en estudio. Esta contenía las tres dimensiones de análisis y fue diligenciada libremente; previo a esto, se le dio una explicación de cada dimensión de manera genérica para lograr una mayor comprensión y valorar la importancia de lo allí consignado en el análisis integral y aportes derivados del proceso. Se garantizó en todo momento el anonimato y confidencialidad de la persona estudiada.

## RESULTADOS

Las dimensiones seleccionadas para el análisis del caso corresponden a aspectos que deben ser considerados por quienes participan en el manejo, gestión y seguimiento en esta y en futuras pandemias. Al respecto, es importante considerar los planteamientos dados por Xiang *et al* (7) que invitan a cuidar nuestra salud mental, la de nuestros seres queridos, la de los profesionales de la salud y de la comunidad.

En la dimensión psicológica son muchos los sentimientos que se generan durante una cuarentena. Como pudo observarse en el caso descrito, la profesional de salud transitó entre aceptación, miedo, angustia, desesperanza, soledad, expectativa y preocupación. En este sentido, diferentes trabajos sobre aislamiento han encontrado que ser mujer, ser joven, ser divorciada (o soltera), y la exposición prolongada a noticias sobre COVID-19, así como experimentar poca proximidad con familiares y amigos se asocia con soledad relacional, asunto primordial para esta dimensión que demanda de estrategias que contribuyan tanto en la autoconfianza como en el fortalecimiento del soporte social (5,8).

En la dimensión social las medidas del aislamiento implican una restricción objetiva de las interacciones con otras personas al propender por la reducción de la propagación de COVID-19. Autores como Abel y McQueen, plantean que es una medida segura y necesaria. Sin embargo, no se puede olvidar la importancia de buscar alternativas para reforzar las relaciones de unos con otros, con el fin de fortalecer la solidaridad colectiva, la empatía, la comprensión y redefinir el concepto de lo social (9,10). Esto implica considerar el aislamiento no solo desde la

distancia física, sino desde el apoyo y la cercanía social y familiar. Los estudios demuestran cómo las estructuras sociales que se construyen evolucionan de la mano con mecanismos neuronales y hormonales (4), como complemento a las medidas biomédicas que mitigan la transmisión de la enfermedad (10).

Lo anterior contrasta con lo evidenciado en este reporte de caso, donde el profesional pese a las diversas emociones que presentó durante sus 14 días, tuvo acompañamiento constante de sus familiares y amigos vía telefónica, lo cual le permitió “soportar” en mejor medida el período de cuarentena.

En lo referente a la dimensión familiar, los integrantes de la familia tienen un rol central y, más que su presencia, importa la calidad de las relaciones, vínculos afectivos y la comunicación permanente en medio del aislamiento involuntario a metros de distancia (4). Por esta razón, se constituye en herramienta para fortalecer la adaptabilidad y enfrentar la continua percepción del riesgo que se acentúa por la avalancha de información en noticias y redes sociales (11). Para Brooks *et al.* (12), en tiempos de pandemia, el mayor apoyo familiar se asocia con un menor riesgo de problemas de salud mental, entre tanto, la ausencia de apoyo se asocia con depresión y falta de sueño.

En conclusión, el ser profesional de la salud y tener conocimiento sobre el tema, puede generar una mayor afectación por el aislamiento involuntario en la cuarentena por COVID-19. En consecuencia, la soledad y el distanciamiento social son determinantes importantes de la salud de las personas, por lo que se requieren acciones concretas en el cuidado primario. La afectación que genera esta situación no es solo clínica; quienes manejan los casos deben considerar la importancia de las dimensiones psicológica, social y familiar, dado que interactúan integralmente con la condición de salud ♣

*Conflicto de intereses:* Ninguno.

## REFERENCIAS

1. Minsalud. Lineamientos para la detección y manejo de casos de COVID-19 por los prestadores de servicios de salud en Colombia [Internet]. Bogotá: República de Colombia; 2020. Available from: <https://bit.ly/32ewrlX>.
2. Madhav N, Oppenheim B, Gallivan M, Mulembakani P, Rubin E, Wolfe N. Pandemics: Risks, Impacts, and Mitigation. In: Jamison DT, Gelband H, Horton S, Jha P, Laxminarayan R, Mock CN, et al., editors. Disease Control Priorities: Improving Health and Reducing Poverty. 3rd edition. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank; 2017 Nov 27. Chapter 17. Available from: <https://bit.ly/2UulpT8>.
3. Jernigan DB. Update: Public Health Response to the Coronavirus Disease 2019 Outbreak - United States, February 24, 2020. MMWR Morbidity and mortality weekly report. 2020 [cited 2020 April 25]; 69(8):216-9. Available from: <https://bit.ly/2Om9TrI>.

4. Gené J, Ruiz M, Obiols N, Oliveras L, Lagarda E. Aislamiento social y soledad: ¿qué podemos hacer los equipos de atención primaria? *Atención Primaria*. 2016; 48 (9): 604-609. DOI: 10.1016/j.aprim.2016.03.008.
5. Losada A, Jiménez L, Gallego L, Pedroso MDS, Fernandes J, Márquez M. "We're staying at home". Association of self-perceptions of aging, personal and family resources and loneliness with psychological distress during the lock-down period of COVID-19. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 2020. DOI:10.1093/geronb/gbaa048.
6. Sarabia S. La salud mental en los tiempos del coronavirus. *Rev Neuropsiquiatr*. 2020; 83(1):3-4. Available from: <https://bit.ly/2CxjWaB>.
7. Xiang YT, Yang Y, Li W, Zhang L, Zhang Q, Cheung T, Ng CH. Timely mental health care for the 2019 novel coronavirus outbreak is currently needed. *Lancet Psychiatry*. 2020; 7(3):228-229. DOI:10.1016/S2215-0366(20)30046-8.
8. Almeida Rueda LM, Giraldo Pineda A, Forero Pulido C. Encierro sobre el encierro aislamiento por tuberculosis. Centro penitenciario Medellín Colombia. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*. 2016. [Cited 2020 April 25]; 48(1):61-69. Available from: <https://bit.ly/3j3bjoG>.
9. Gené J, Comice P, Belchín A, Erdozain MA, Cáliz L, et al. Perfiles de soledad y aislamiento social en población urbana. *Atención Primaria*. 2020; 52(4):224-232. Available from: <https://bit.ly/3j3bjoG>.
10. Abel T, McQueen D. The COVID-19 pandemic calls for spatial distancing and social closeness: not for social distancing. *International Journal of Public Health*. 2020; 65:231.
11. Caballero CC, Campo A. Problemas de salud mental en la sociedad: un acercamiento desde el impacto del COVID 19 y de la cuarentena. *Duazary*. 2020; 17(3):1-3. DOI:10.21676/2389783X.3467.
12. Brooks SK, Dunn R, Amlôt R, Rubin GJ, Greenberg N. A systematic, thematic review of social and occupational factors associated with psychological outcomes in healthcare employees during an infectious disease. *J Occup Environ Med*. 2018;60(3):248-257. DOI:10.1097/JOM.0000000000001235.

# SARS-COV.2/COVID-19 en Colombia: tendencias, predicciones y tensiones sobre el sistema sanitario

## SARS-CoV.2/COVID-19 in Colombia: tendencies, predictions, and tensions about health system

Jennifer P. Correa-Cuadros, Manuel A. Muñoz-Rodríguez

Recibido 24 abril 2020 / Enviado para modificación 27 abril 2020 / Aceptado 30 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Analizar la evolución temporal de la primera etapa del COVID-19 en Colombia a través del modelo SIRD.

**Métodos** Se analizó la evolución temporal del COVID-19 según los individuos infectados en Colombia del 6 de marzo al 15 de abril de 2020. Se realizó el modelo SIRD modificando la tasa de transmisión ( $b$ ) bajo tres escenarios: a. Cuarentena hasta el 1 de julio, b. Cuarentena flexible<sub>1</sub> hasta el 11 de mayo con un  $b$  del 4%, y c. Cuarentena flexible<sub>2</sub> hasta el 11 de mayo con  $b$  del 8%, con el fin de predecir el número de casos totales y el 5% de infectados en UCI para contrastarlo con el número de camas y personal UCI.

**Resultados** Los escenarios mostraron que levantar la cuarentena el 11 de mayo significará un aumento en el número de infectados, entre 54 105 a 116 081 individuos con COVID-19. Así mismo, la rápida aceleración en la tasa de contagios se traduce en una mayor demanda de camas y personal en UCI: en el escenario de cuarentena flexible<sub>2</sub> se colapsarían las 2 650 camas disponibles y se necesitaría de cinco intensivistas y cuatro enfermeras por paciente al 1 julio.

**Conclusión** Las medidas de distanciamiento social obligatorias contribuyen al retraso de la saturación del sistema de salud; sin embargo, son difíciles de sostener en el tiempo desde una perspectiva económica. Por lo tanto, para tener una distensión de la cuarentena es necesario adoptar medidas para ampliar la capacidad del sistema de salud y así evitar su colapso.

**Palabras Clave:** COVID-19; pandemia; dinámica poblacional; cuarentena; transmisión; epidemiología (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To analyze the temporal progress in the early stage of COVID-19 in Colombia using the SIRD model.

**Methods** We analyzed the temporal progress of COVID-19 based on the number of infected persons between March 6<sup>th</sup> and April 15<sup>th</sup>, 2020. The SIRD model was implemented with variation in the rate of transmission ( $b$ ) in three ways: a. Quarantine until July 11, b. Flexible quarantine<sub>1</sub> [ $b=4\%$ ], c. Flexible quarantine<sub>2</sub> [ $b=8\%$ ]. Consecutively, we aimed to predict the number of total cases and 5% of infected persons in ICU to match them with the hospital beds and ICU staff.

**Results** The results show that the number of COVID-19 cases will increase from 54 105 to 116 081 approximately, if the quarantine is lifted on May 11. If the infection rate increase, more hospital beds and a bigger ICU staff will be mandatory. The currently 2 650 beds won't be enough in the flexible quarantine<sub>2</sub>, and five intensive care specialist and four nurses per patient will be needed.

**Conclusion** Measures like mandatory social distancing help delay the saturation of

JC: Bióloga. M. Sc. Ciencias Biológicas Mención Biotecnología. M. Sc. Ciencias Biológicas Mención Ecología. Ph. D. (c). Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento Ecología, Santiago de Chile; Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES), Santiago de Chile. Chile. [jpcorrea4@uc.cl](mailto:jpcorrea4@uc.cl)

MM: Biólogo. M. Sc. Biodiversidad Mención Zoolo- gía. M. Sc. Ciencias Biológicas Mención Ecología. Ph. D (c). Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Ecología. Santiago de Chile; Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES), Santiago de Chile. Chile. [mamunoz19@uc.cl](mailto:mamunoz19@uc.cl)

the health care system. However, it's impracticable to maintain them due to a possible economic crisis. Therefore, it's necessary to take action to enhance the ability of the health care system to avoid a collapse.

**Key Words:** COVID-19; pandemic; population dynamics; quarantine; transmission; epidemiology (*source: MeSH, NLM*).

**E**l estado de pandemia a partir de la rápida propagación del COVID-19 constituye una de las principales amenazas que enfrentan los sistemas sanitarios a escala mundial durante las últimas décadas. Esta enfermedad, que puede presentar síntomas de una neumonía atípica severa (1) es causada por un nuevo agente infeccioso denominado SARS-COV-2, que, si bien pertenece a la familia de los coronavirus como MERS-COV y SARS-COV (2), presenta mayores niveles de infectividad (3-5). La COVID-19, desde su descubrimiento en Wuhan (6) se ha extendido a más de 190 países (7) y ha alcanzado tasas de propagación exponenciales (1,8-10). Esta situación ha generado un incremento en la tensión sobre la capacidad de los sistemas sanitarios, hecho que puede conducir a un aumento de la tasa de mortalidad por el eventual colapso de las unidades de cuidado intensivo (UCI) o por una saturación del personal de salud (8,11-14).

La evidencia disponible indica que, del total de contagiados, un 5% va a necesitar ventilación artificial en UCI (15-17), cifra que pone en evidencia cómo el número de camas y respiradores artificiales convierte en un cuello de botella la capacidad de atención, hecho que aumenta la letalidad de pacientes como consecuencia de la saturación del sistema sanitario (8,11-14). A su vez, a medida que aumenta la razón paciente:personal especializado en UCI se puede incrementar la probabilidad de ocurrencia de infecciones nosocomiales y paros respiratorios, entre otros, que elevan los costos y la incidencia de la mortalidad (18-21). En este sentido resulta imperioso que Colombia, generalmente con menor capacidad sanitaria que otros países (22), adopte medidas rápidas con el propósito de disminuir el contagio y fortalecer la capacidad de atención de los sistemas de salud para evitar el desborde ante el avance de la enfermedad.

En Colombia las autoridades han ido adoptando políticas con el fin de aumentar la capacidad instalada. Para el mes de marzo el sistema sanitario contaba con 5 300 UCI, de las cuales cerca de un 80% se encontraban en uso (23,24). Sin embargo, el Ministerio de Salud y Protección Social anunció a comienzos de abril la compra de 1 510 ventiladores, con los que se amplió la capacidad instalada a 2 570 (25). Al mismo tiempo, se anunció un plan contingente que permitirá orientar recursos con el objetivo de incrementar la capacidad de atención de pacientes críticos en fases sucesivas, con el que se podría aumentar la dispo-

nibilidad a 5 150 ventiladores (fase II), a 7 650 (fase III) y hasta un máximo de 9 826 (fase IV) (26). En cuanto a la disponibilidad de personal especializado, el país cuenta con aproximadamente 1 200 médicos intensivistas y 706 terapeutas respiratorios (TR) y fisioterapeutas (FT), según la Asociación Colombiana de Medicina Crítica (24). Finalmente, se han implementado estrategias de distanciamiento social como lo fue el cierre de fronteras, universidades y colegios (27). Al mismo tiempo, a partir del 25 de marzo se decretó confinamiento preventivo por 19 días (hasta el 13 de abril) a nivel nacional (28) y se renovó hasta el 11 de mayo (29). En Bogotá la cuarentena comenzó desde el 20 de marzo.

El objetivo de este artículo es analizar la evolución temporal de la primera etapa del COVID-19 en Colombia a través del modelo SIRD, modificando la tasa de transmisión bajo diferentes escenarios para predecir el número de casos totales, qué cifra representaría el 5% de infectados en UCI, y estimar la demanda de servicios en UCI, con el fin de evaluar la efectividad de las políticas implementadas por las autoridades sanitarias y evitar el colapso del sistema de salud.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Datos epidemiológicos

Se utilizó como muestra el número de casos positivos con COVID-19 entre el 6 de marzo y el 15 de abril 2020 a nivel nacional. La muestra estuvo representada por 3 105 individuos infectados, de quienes se obtuvo la información correspondiente al sexo, edad, ciudad, fecha de diagnóstico, departamento de residencia, tipo de transmisión y estado del paciente.

Para efectos de la modelación se consideró que el número de casos positivos corresponde al total de infectados existentes en la población o que, en su efecto, la diferencia entre ambos permanece constante en el tiempo (30). Adicionalmente, el 26 de marzo del 2020 el Instituto Nacional de Salud presentó problemas con el equipo de extracción de ADN, razón por la cual a partir de esa fecha se realizaron algunas muestras de forma manual, lo que subrepresenta el número de contagiados a partir de esa fecha.

### Modelo SIRD

Se utilizó el modelo epidemiológico SIRD (30) en tiempo discreto para evaluar la población de individuos suscepti-

bles ( $S$ ), infectados ( $I$ ), resistentes ( $R$ ) y fallecidos ( $D$ ) en la población. Se considero que la población total ( $N$ ) sería la suma de  $S + I + R + D$ . Para los ajustes y proyecciones del modelo se empleó el programa R (31).

$$\begin{aligned} S(t_{+1}) &= S - bSI/N \\ I(t_{+1}) &= I + bSI/N - gI - dI \\ R(t_{+1}) &= R + gI \\ D(t_{+1}) &= D + dI \end{aligned}$$

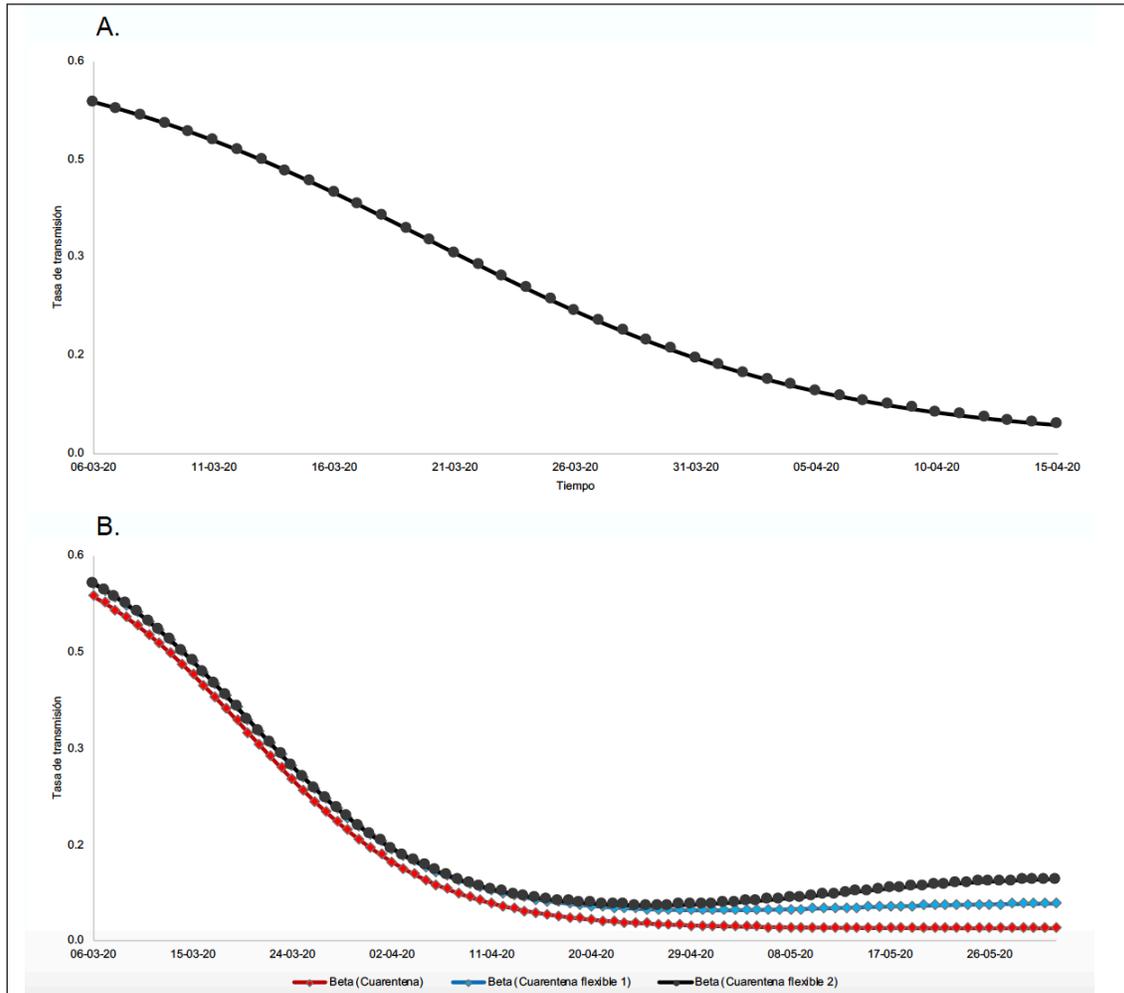
Para la realización del modelo fue necesario ajustar los valores de los parámetros  $b$ ,  $g$  y  $d$  que representan la tasa de transmisión entre  $I$  y  $S$ , la tasa de recuperación de  $I$  y la tasa de mortalidad de  $I$ , respectivamente. Para ajustar la tasa de recuperación y muerte, se calculó la tasa de cambio diaria, para luego calcular el promedio general y dividirlo entre el número total de casos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Parámetros utilizados en modelos SIRD

Parámetros	Valores	Significado
Beta <sub>1</sub>	0.6	Tasa de transmisión sin cuarentena
Beta <sub>2</sub>	0.02	Tasa de transmisión con cuarentena
Beta <sub>3</sub>	0.04	Tasa de transmisión cuarentena flexible <sub>1</sub>
Beta <sub>3,1</sub>	0.08	Tasa de transmisión con cuarentena flexible <sub>2</sub>
Gamma	0.002	Tasa de recuperados
Delta	0.001	Tasa de fallecidos

El parámetro de tasa de transmisión ( $b$ ) se modeló en función del tiempo siguiendo una caída logarítmica a partir de un parámetro inicial, representando con ello el potencial efecto de las medidas de distanciamiento adoptadas por el gobierno (Figura 1A). Una vez ajustada la curva se proyectaron los valores del modelo SIRD para tres escenarios: cuarentena (20/25 marzo al 1 de junio), cuarentena flexible<sub>1</sub> y flexible<sub>2</sub> (entre 20 y 25 marzo al 11 mayo), donde la primera tiene un  $b$  de 4% y la segunda de

**Figura 1.** Dinámica de la tasa de transmisión



Tasa de transmisión. A. Ajuste de la tasa de transmisión entre el período observado (6 marzo al 15 abril). B. Tasa de transmisión para los escenarios a. cuarentena del 20-25 marzo al 1 julio con un  $b$  2%, b. cuarentena flexible<sub>1</sub> del 20-25 marzo al 11 mayo con un  $b$  4%, y c. cuarentena flexible<sub>2</sub> del 20-25 marzo al 11 mayo con un  $b$  8%.

8% (Figura 1B). Para esto se utilizaron dos ecuaciones, la a. para el escenario de cuarentena y la b. para los escenarios cuarentena flexible<sub>1</sub> y flexible<sub>2</sub>.

$$b = b_2 + (b_0 - b_2) * (1 - 1 / (1 + \exp(-\theta * (t - bt)))) \quad (a)$$

$$b = b_2 + (b_0 - b_2) * (1 - 1 / (1 + \exp(-\theta * (t - bt)))) + (b_3 + (b_2 - b_3) * (1 - 1 / (1 + \exp(-\theta * (t - bt)))) \quad (b)$$

Donde  $b_0$  (63%) es el nivel inicial del coeficiente de transmisión,  $b_2$  (2%) es la tasa de transmisión en el escenario cuarentena, y  $b_3$  tiene dos valores: 4% para el escenario cuarentena flexible<sub>1</sub> y 8% para cuarentena flexible<sub>2</sub>,  $\theta$  regula la inclinación de la curva cuando existe alguna medida de mitigación donde se disminuye la tasa de transmisión, y  $t - b$  es el tiempo de intervención, i.e. el inicio de cuarentena y/o su flexibilización.

Para establecer si el modelo ajustó correctamente a los datos observados, se realizó un coeficiente de predicción (pseudoR<sup>2</sup>) según los valores de cada ecuación del modelo. Adicionalmente, con las estimaciones de las ecuaciones se simularon las trayectorias del total de los casos con COVID-19 para predecir los casos hasta el 1 de junio. Esta simulación recalculó los casos diarios de acuerdo con los datos de días anteriores y con los parámetros del modelo (32).

Se calculó el 5% de los individuos infectados (restando el número de individuos recuperados y muertos por día) con base en las predicciones arrojadas por el modelo,

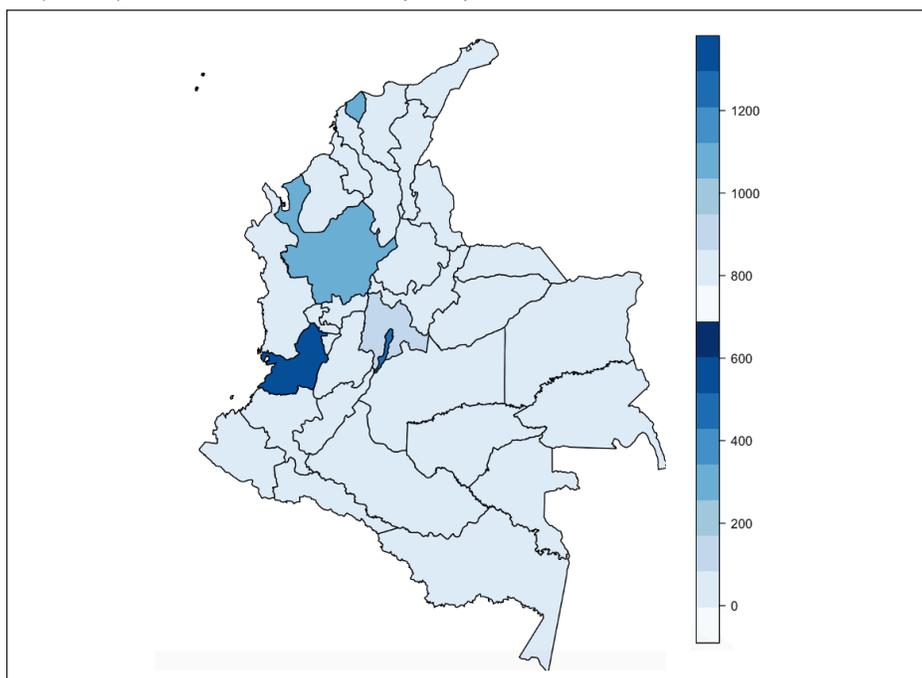
con el fin de analizar si la capacidad instalada de camas y personal de salud especializado (intensivistas y personal de enfermería) son suficientes para la población infectada en UCI. Para esto se usaron dos estimadores de camas en UCI, cada uno correspondiente a los valores límites de la fase I y III del plan contingente anunciado por el Ministerio de Salud (26): 2 650 y 7 560 camas (15,19,20), y 1 200 intensivistas (24) y 1 424 personal de enfermería especializado en UCI. Para el personal de enfermería utilizamos el valor máximo de suficiencia (según la capacidad instalada) estimado por Pérez y Rodríguez (18). Finalmente, el 5% de individuos infectados se dividió entre el número de camas (2 650, 7 560) y el personal disponible en UCI (1 200 intensivistas y 1 424 enfermeras).

## RESULTADOS

En Colombia hubo un total de 3 105 casos de individuos con COVID-19 entre el 6 de marzo y el 15 de abril. Hasta el momento, 153 de las 1 118 ciudades que hay en Colombia presentan casos; la prevalencia se encuentra en Bogotá, con el 41%; Cali, con 14%, y Medellín con el 6%. Así mismo, se cuenta con un total de 29 departamentos de 32 con individuos infectados, en donde Bogotá tiene la mayoría de los casos seguida por Valle del Cauca, Antioquia, Cartagena y Cundinamarca (Figura 2).

Los resultados mostraron que el 67% de los infectados se encuentran en casa, el 11% en el hospital, el 3% en unida-

**Figura 2.** Número de casos infectados con COVID-19 por departamentos. La escala de colores (0 a 400) muestra el número de casos por departamento del 6 de marzo al 15 abril de 2020



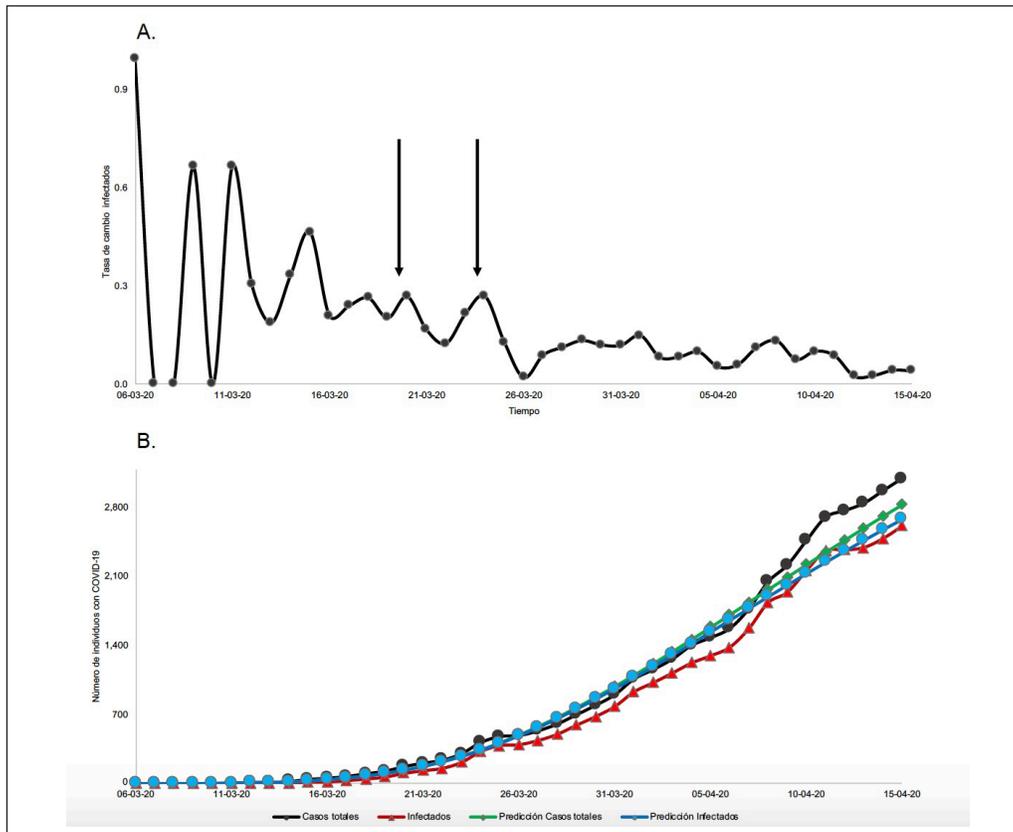
des de cuidados intensivos, 14% recuperados y 4% muertos, donde los mayores de 60 años son el 69% de los fallecidos en todo el país. La mayoría de los adultos mayores infectados se encuentran en Bogotá sin necesidad de acudir al servicio médico, ya que el 46% se encuentran en casa; el 21%, en el hospital; el 8%, en UCI; 10% recuperados, y 14%, fallecidos.

La tasa de cambio entre los nuevos casos sobre el total evidenció una disminución en la tasa de transmisión ( $b$ ) a lo largo del tiempo, lo que muestra la efectividad de las medidas implementadas por el Gobierno. Se observó que en los primeros días (6 al 15 marzo) la tasa de cambio tuvo una gran amplitud, posiblemente debido a la falta de detección de los casos. Pero desde el 16 de marzo el reporte de la dinámica mejoró hasta el 24 de marzo, cuando disminuyó y se estabilizó (Figura 3A). Así mismo, al comparar los valores predichos por el modelo SIRD con los valores reportados, se obtuvieron  $\text{pseudoR}^2$  de 98% para los casos totales e infectados (restando recuperados y fallecidos). Estos resultados evidencian que los parámetros del modelo se ajustaron de forma precisa con los valores observados, y con esta certeza se realizaron las proyecciones hasta el 1 de junio (Figura 3B).

Se evidenció una clara diferencia entre los escenarios, donde la cuarentena (20-25 marzo al 1 junio,  $b$  2%) mostró los menores valores con 5 589 casos totales para el 11 de mayo y 8 239, para el 1 junio. A diferencia de los escenarios cuarentena flexible, y cuarentena flexible,, cuando se liberaría la cuarentena, el 11 de mayo, de acuerdo con el último comunicado de presidencia. En estos escenarios se evaluaron dos tipos de tasas de transmisión ( $b$ ): 4% y 8% para analizar una tasa de contagio baja y una más realista, respectivamente. Este último escenario contempla la apertura de sectores como manufactura, construcción y comercial, lo que permite una mayor movilidad de individuos. Siendo así, la cuarentena flexible, obtendría 18 807 casos totales para el 11 de mayo y 54 105 para el 1 julio, y la cuarentena flexible,, 22 868 para el 11 de mayo y 116 081 para el 1 de junio (Figura 4A).

Se estimó el 5% de los individuos infectados para establecer los posibles pacientes en UCI, considerando dos capacidades de camas: 2 650 (fase I) y 7 569 (fase III). Los resultados establecieron que, para el escenario de cuarentena, la capacidad de camas (2 650) no llegaría a su tope, ya que para el 11 de mayo y 1 junio se tiene una relación de

**Figura 3.** Dinámica de la tasa de cambio per cápita diario y ajuste de modelo SIRD



A. Tasa per cápita de cambio (casos nuevos/totales). Las flechas representan los días donde se instauró la cuarentena: 20 marzo para Bogotá y 25 marzo para el resto del país. B. Ajuste matemático del modelo SIRD con casos totales acumulados e infectados y sus respectivas predicciones.

infectados:camas de 0,1. Para la cuarentena flexible<sub>1</sub> la capacidad de camas no es superada al 11 de mayo (0,3), pero estaría muy cerca de saturarse para el 1 de junio (90%). Finalmente, en el escenario de cuarentena flexible<sub>2</sub>, el número de camas colapsaría el 1 de junio (210%) (Figura 4B). Cabe destacar que el colapso de las 7560 camas no se consigue en los escenarios cuarentena y cuarentena flexible<sub>1</sub> (valores entre 0,03 y 0,3), mientras que la cuarentena flexible<sub>2</sub> mostró que para 1 junio se alcanzaría un 72% de camas utilizadas (Figura 4C).

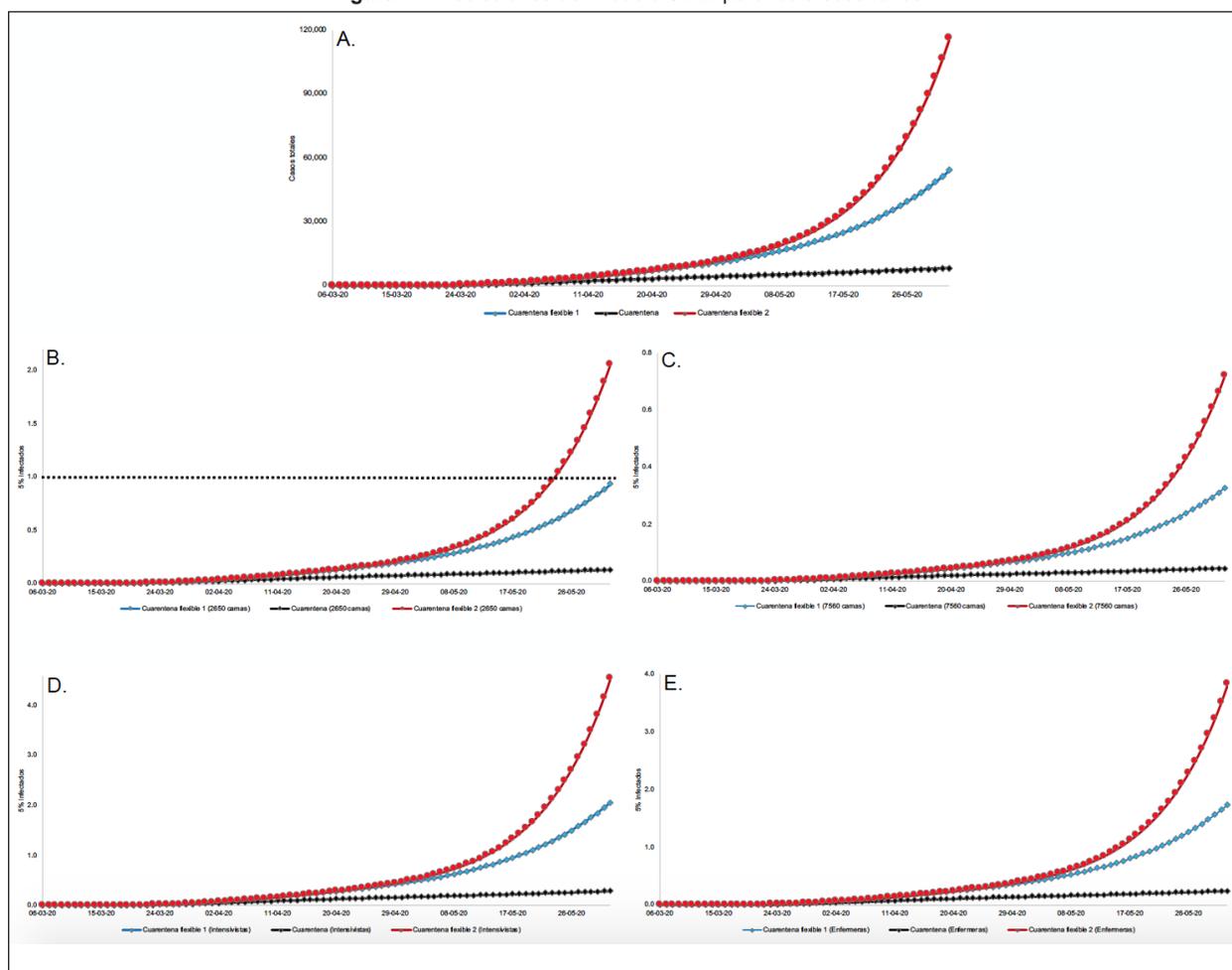
Finalmente, al evaluar una posible saturación del personal de salud especializado en UCI, el escenario de cuarentena mostró valores de un intensivistas por cada paciente y una enfermera por paciente en UCI. El escenario cuarentena flexible<sub>1</sub> tuvo valores de 1:2,1 para intensivistas y de 1:1,7 para personal de enfermería. El último escenario de cuarentena flexible<sub>2</sub> obtuvo valores

entre 1:4,5 intensivista:paciente y 1:3,8 para enfermeras en UCI (Figura 4C y D).

## DISCUSIÓN

En Colombia las autoridades han aplicado un modelo mixto donde se combinan medidas de mitigación con políticas de supresión (27-29, 33-35). De acuerdo con la dinámica observada en nuestros resultados y comparando con algunos estudios previos, existen fuertes indicios para manifestar que la estrategia seguida por las autoridades está teniendo resultados positivos, pues logró una disminución sustancial de la tasa de transmisión. El comportamiento actual de la epidemia en Colombia, a nivel macro, no se ajusta a las proyecciones basadas en escenarios catastróficos (27,34,36,37). González-Jaramillo y colaboradores (2020) proyectaron en un escenario sin medi-

Figura 4. Predicciones del modelo SIRD para los 3 escenarios



A. Predicciones del modelo SIRD con casos totales de COVID-19 al 1 junio bajo tres escenarios: a. Cuarentena del 20-25 marzo al 1 junio con un b 2%, b. Cuarentena flexible, del 20-25 marzo al 11 mayo con un b 4%, y c. Cuarentena flexible, del 20-25 marzo al 11 mayo con un b 8%. B. y C. Predicciones del modelo SIRD con 5% infectados de COVID-19 en UCI sobre la disponibilidad de camas (2650 y 7560) bajo los tres escenarios. La línea horizontal punteada evidencia cuando se llega al colapso de las camas. D. y E. Predicciones del modelo SIRD con 5% infectados de COVID-19 en UCI sobre la disponibilidad del personal en UCI (1200 intensivistas y 1424 enfermeras) bajo los tres escenarios.

das de distanciamiento social, el colapso total del sistema sanitario a mediados del mes de abril, ya que para la fecha existirían según sus proyecciones alrededor de 500 mil infectados; esto significa que se requiere un aproximado de 36 782 camas UCI (34). Un resultado similar fue reportado por Amariles y colaboradores (2020) quienes bajo los mismos supuestos proyectaron para comienzos del mes de abril alrededor de 40 535 infectados (36) (alrededor de 2 000 camas UCI). Al mismo tiempo, De Castro (37) usó un modelo SIR y, estimando parámetros a partir de la experiencia de Corea del Sur, predijo, en un escenario sin medidas de control, que la epidemia alcanzaría 44 millones de infectados para comienzos del mes de mayo. A su vez, Manrique-Abril *et ál.* (27), ajustando un modelo SIR entre el 6/3 y el 20/3 (cuarentena en Bogotá), obtuvieron un  $R_0$  cercano a 1,5, valor con el que predijeron alrededor de 696 000 casos positivos para mediados de abril y 20 300 000 para comienzos de mayo.

El fuerte contraste entre las anteriores predicciones y la dinámica de la enfermedad en Colombia es, en gran medida, consecuencia de la tendencia seguida por la variación de la tasa de contagio per cápita la cual en nuestros resultados evidenció una importante caída a partir del 24 de marzo. El comportamiento de esta variable parece sugerir que las medidas de contención han tenido un fuerte impacto en la ralentización de la epidemia, esto como consecuencia del efecto sobre el parámetro  $b$ . En efecto, los valores de los casos totales, infectados y nuevos casos predichos a partir de nuestro modelo SIRD, donde  $b$  cae siguiendo una ecuación logística, producto de la implementación de políticas de cuarentena, se ajustan de manera efectiva a la dinámica de la epidemia observada en Colombia. En este sentido, y según lo predicho por el modelo, se observa un decrecimiento paulatino de la tasa per cápita de contagio, que varía entre un 56% a comienzos de marzo y alcanza un 4% a mediados del mes de abril. Esta disminución de  $b$  podría explicar en gran medida las diferencias observadas entre aquellos escenarios que proyectaban un colapso del sistema sanitario para mediados de abril y la actual disponibilidad de atención en UCI.

A pesar del efecto que han tenido las medidas de distanciamiento en el ritmo de propagación, las autoridades habían anunciado la intención de flexibilizar el estado de cuarentena a partir de mediados de mayo. Esta medida era razonable, dado que la estrategia de supresión extrema es difícil de sostener durante largos períodos de tiempo para economías de ingresos medios o bajos, sobre todo ante un escenario de caída del precio de los productos primarios y una eventual recesión mundial (33,34). Es importante señalar que un escenario de flexibilización implica el riesgo de que si no se cuenta con una estrategia eficiente de

detección y aislamiento de los casos positivos (y personas relacionadas), el número de infectados puede aumentar a gran velocidad haciendo inmanejable la situación para los sistemas de salud (18,20,33). Estableciendo esta problemática, se modeló una dinámica SIRD prediciendo valores hasta el 1 junio bajo tres escenarios: “cuarentena”, que representa una eventual prorrogación en las medidas de distanciamiento social estrictas (caída continua de la tasa de transmisión hasta alcanzar un valor de 2%), y dos escenarios de “cuarentena flexible”, que representan la decisión de distender las actuales restricciones para dar paso a un contexto de distanciamiento social dinámico o “inteligente”. En el caso de “flexible<sub>1</sub>” se simuló un contexto en donde, si bien hay un crecimiento de la tasa de transmisión a partir del 11 de mayo (liberación de cuarentena), la misma se presenta a un ritmo moderado ( $b_3=4\%$ ) siendo este escenario análogo a un contexto en donde la capacidad de detección y aislamiento de los casos positivos se da de manera eficiente. En lo que respecta al escenario “flexible<sub>2</sub>”, se simuló una situación donde la tasa de contagio crece a un ritmo más acelerado ( $b_3=8\%$ ) como consecuencia de un eventual fallo en las capacidades de detección temprana de casos positivos y en un aislamiento tardío y menos eficaz de las personas contagiadas.

Los resultados muestran cómo en un escenario de “cuarentena” (dado el bajo ritmo de propagación en términos macro y sin considerar las dinámicas locales), el servicio de atención estaría garantizado. Si bien este representa un escenario ideal desde la perspectiva de la atención médica, es un contexto improbable dado el alto costo económico que implica sostener estas medidas durante largo tiempo (33). Por lo tanto, es probable que la dinámica de la epidemia esperada en Colombia a partir del 11 de mayo sea similar a los escenarios de “cuarentena flexible”. En este sentido, observamos que, según nuestras estimaciones, para comienzos de junio el sistema sanitario podría empezar a experimentar tensión, ya que para el escenario “flexible<sub>1</sub>” se esperaría un aproximado de 2 700 pacientes con requerimientos UCI, demanda que estaría cerca de sobrepasar la capacidad de camas instaladas en la fase I (26).

Al mismo tiempo, la razón intensivista:paciente es de 1:2, lejos de la razón reportada como ideal (1:8 o 1:10). En el caso del servicio de enfermería, este radio alcanzaría un valor cercano a 1:1,7 aproximándose al 50% de la relación ideal (1:3) (18,24). Este panorama de tensión se hace más evidente en el caso de las proyecciones realizadas en el escenario “flexible<sub>2</sub>”, en donde la demanda de camas UCI para comienzos de junio alcanza valores cercanos a 5804 pacientes, rebasando completamente la capacidad instalada de la fase II del plan contingente del Gobierno, alcanzando una ocupación cercana del 72%

del límite de la fase III (26). Al mismo tiempo, la razón personal de enfermería: paciente sobrepasa el valor crítico, siendo esta de 1:3,8, mientras que la de intensivista: paciente alcanza la relación 1:4,5.

El panorama con respecto a las proyecciones de los escenarios “cuarentena flexible” muestra la necesidad por parte del Gobierno y de las autoridades sanitarias de disponer de recursos suficientes en el corto plazo para ampliar las capacidades del sistema sanitario en cuanto a la atención en UCI. Al considerar que en nuestros escenarios hicimos la simplificación de considerar que todo el stock de camas UCI, así como el 100% del personal especializado está dispuesto de manera exclusiva para la atención de la contingencia, lo que constituye una clara sobreestimación. Solo a comienzos de marzo, la ocupación de los espacios de UCI era cercano al 80% (22-24), lo que es indicativo de la alta preexistencia de condiciones epidemiológicas que requieren de una importante utilización de estos servicios de salud.

A futuro se vislumbran algunos escenarios que podrían incrementar la demanda de atención e instalaciones especializadas, ya que para los meses de mayo y junio aumentaría el número de personas que requiere atención, producto de enfermedades respiratorias habituales (36). Además, en los primeros meses del año se registró un número atípico de personas con dengue (38). Ambas situaciones podrían afectar la disponibilidad de camas, la incidencia de comorbilidades y la saturación del personal especializado. Por tanto, una posible coocurrencia de brotes de enfermedades hace más imperiosa la necesidad de aumentar en el corto plazo la capacidad del sistema sanitario. Así mismo, se debe hacer énfasis en el incremento de la tensión sobre el personal de salud en UCI, sobre todo en lo que respecta al escenario “cuarentena flexible”. Las autoridades sanitarias cuentan con un plan de ampliación de la capacidad de camas UCI instaladas, la cual podría incrementarse hasta un límite de 9 826 camas (26). Sin embargo, la disponibilidad de condiciones óptimas para el buen desempeño del personal en UCI impone restricciones que podrían ser inelásticas. Existen estudios que apuntan a la potencial ocurrencia de una sobrecarga del personal de salud especializado en UCI, donde, a razones mayores a 1:8 o 1:10 intensivista: paciente y 1:3 para el personal de enfermería, aumenta la probabilidad de ocurrencia de infecciones nosocomiales, paros respiratorios, entre otros eventos que podrían incrementar la mortalidad (18-21). Por ello, algunas investigaciones sugieren que actualmente no se dispone de todo el personal especializado para cubrir toda la capacidad instalada (18), donde se reporta que la relación paciente: personal de enfermería en UCI podría alcanzar razones de 1:6 pa-

cientes: enfermera (20,21). Por todo lo anterior, resulta necesario desarrollar planes que permitan que el personal UCI cuente con todos los insumos para protegerse de una posible infección, ya que experiencias como la italiana o la china muestran que alrededor del 20% del personal posiblemente contraerá COVID-19 (39).

Es importante que las medidas que adopten las autoridades sanitarias con el propósito de mitigar y contener la epidemia sigan nociones similares al principio precautorio. En este sentido, es relevante que se consideren de manera integral todas las capacidades y límites del sistema sanitario del país. Según nuestros resultados, si bien el Gobierno colombiano ha adoptado medidas efectivas para disminuir el ritmo de propagación de la enfermedad, es importante redoblar esfuerzos en la ampliación del número de test que se realizan, para así lograr un sistema de detección eficiente que permita identificar los casos positivos (y contactos) para poder aislarlos y evitar un incremento en la tasa de contagio. Así mismo, se necesita avanzar en el plan contingente de ampliación de la capacidad instalada de camas UCI y orientar recursos que permitan rápidamente iniciar la fase IV (9 826 camas). Finalmente, se necesita generar condiciones que garanticen la dotación de equipos de protección personal a médicos y enfermeros que se encuentren atendiendo la emergencia sanitaria a nivel nacional para evitar un incremento adicional en la tensión creciente sobre los recursos óptimos de atención, e implementar programas que permitan instruir rápidamente a los trabajadores del sector salud en los requerimientos del área de cuidados intensivos ♣

**Agradecimientos:** Al Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES) por la oportunidad de llevar a cabo esta investigación y a ANID PIA/BASAL FB0002 por su financiamiento. A los médicos, enfermeros, paramédicos, microbiólogos y bacteriólogos que están involucrados en la atención y diagnóstico de los pacientes infectados.

## REFERENCIAS

1. Zu Z, Jiang M, Xu P, Chen W, Ni Q, Ming G, Zhan L. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): a perspective from China. *Radiology*. 2020. DOI:10.1148/radiol.2020200490.
2. Andersen K, Rambaut A, Lipkin W, Holmes E, Garry R. The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nature Medicine*. 2020. DOI:10.1038/S41591-020-0820-9.
3. Liu Y, Gayle A, Wilder-Smith A, Rocklöv J. The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. *Journal of Travel Medicine*. 2020; 27:1-4. DOI: 10.1093/jtm/taaa021.
4. Suganthan N. Covid-19. *Jaffna Medical Journal*. 2019; 31:1-8. DOI: 10.4038/jmj.v31i2.72.
5. ECDC. Situation update worldwide, as of 30 March 2020 [Internet]. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/2zxdHIE>.
6. Wang M, Jiang A, Gong L; Luo L; Guo W, Li C, Zheng J, Li C, Yang B, Zeng J, Chen Y, Zheng K, Li H. Temperature significant change COVID-19

- Transmission in 429 cities. Preprint server for health science medRxiv. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/2WSJEwB>.
7. WHO. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 65 [Internet]. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/3auTavA>.
  8. Remuzzi A, Remuzzi G. COVID-19 and Italy: what next? Health Policy. 2020. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30627-9.
  9. Kucharski A, Russell T, Diamond C, Liu Y, Edmunds J, Funk S, Eggo R. Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *Infectious Diseases*. 2020. DOI:10.1016/S1473-3099(20)30144-4.
  10. Fanelli D, Piazza F. Analysis and forecast of COVID-19 spreading in China, Italy and France. *Chaos, Solutions & Fractals*. 2020;134. DOI:10.1016/j.chaos.2020.109761.
  11. Rosenbaum L. Facing Covid-19 in Italy — Ethics, Logistics, and Therapeutics on the Epidemic's Front Line. *The New England Journal of Medicine*. 2020. DOI:10.1056/NEJMp2005492.
  12. Ranney M, Griffith V, Jha A. Critical Supply Shortages — The Need for Ventilators and Personal Protective Equipment during the Covid-19 Pandemic *The New England Journal of Medicine*. 2020. DOI:10.1056/NEJMp2006141.
  13. Giannakeas V, Bhatia D, Warkentin M, Bogoch I, Stall N. Estimating the maximum daily number of incident COVID-19 cases manageable by a health care system. Preprint server for health science medRxiv. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/2zDb95e>.
  14. Gonzalez R, Muñoz F, Moya P, Kiwi M. Is a COVID19 Quarantine Justified in Chile or USA Right Now? 2020 [cited 2020 April 23]. Preprint server for health science medRxiv. Available from: <https://bit.ly/2ZZeF30>.
  15. Graselli G, Pesenti A, Cecconi M. Critical Care Utilization for the COVID-19 Outbreak in Lombardy. *JAMA*. 2020; 323(16):1545-46. DOI:10.1001/jama.2020.4031.
  16. Xie J, Tong Z, Guan X, Du B, Qiul H, Slutsky A. Critical care crisis and some recommendations during the COVID-19 epidemic in China. *Intensive Care Med*. 2020. DOI:10.1007/s00134-020-05979-7.
  17. Wu Z, McGoogan J. Characteristics of and Important Lessons from the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China. *JAMA*. 2020; 323(13):1239-42. DOI:10.1001/jama.2020.2648.
  18. Pérez N, Rodríguez E. Talento humano en unidades de cuidado intensivo: adaptación de un modelo de estándares para Colombia basado en la evidencia científica. *Acta Colomb Cuid Intensivo*. 2015. 15(2):80-102.
  19. Segura O. Agotamiento profesional: hacia una epidemiología social de la unidad de cuidado intensivo. *Rev. Fac. Med*. 2016; 64(4):721-5. DOI:10.15446/revfacmed.v64n4.55019.
  20. Caicedo L, Cristina J, Abril M, Gustavo F. Pacientes por enfermera auxiliar y presencia de eventos adversos en unidades de cuidados intensivos de Ibague-Colombia. *Enfermería Global*. 2013 [cited 2020 Jul 14];32:238-49. Available from: <https://bit.ly/3ewUDTf>.
  21. Achury D, Achury L, Díaz J, Rodríguez S, Alvarado H, Ortiz C, García P, Acosta S. Panorama general de la relación enfermera-paciente en algunas unidades de cuidado intensivo en Bogotá. *Investig Enferm. Imagen Desarr*. 2014 [cited 2020 April 23];16(1):73-85. Available from: <https://bit.ly/2Cdp1or>.
  22. OECD. Health at a Glance 2019: OECD Indicators [Internet]. Paris: OECD Publishing. 2019 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/2C5iwnU>.
  23. Asociación Latinoamericana del Tórax (ALAT). COVID-19: entrevista de la BBC al Presidente ALAT, Dr. Gustavo Zabert [Internet]. ALAT; 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/2OmlKVg>.
  24. Asociación Colombiana de Medicina Crítica y Cuidados Intensivos. AMCI frente la epidemia del Covid-19: Documento técnico [Internet]. Bogotá: AMCI; 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/3fM9Rpp>.
  25. Ministerio de Salud y Protección Social. 1510 ventiladores más para enfrentar la COVID-19. *Boletín 103* [Internet]. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/2OpuPhp>.
  26. Ministerio de Salud y Protección Social. Expansión hospitalaria, una estrategia para atención de la covid-19. *Boletín 123* [Internet]. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/3foILTI>.
  27. Manrique-Abril F, Agudelo-Calderon CA, González-Chordá V, Gutiérrez-Lesmes O, Téllez-Piñerez C, Herrera-Amaya G. Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia. *Rev. Salud Pública (Bogotá)*. 2020 [cited 2020 April 23]; 22:1-9. Available from: <https://bit.ly/3h3HjHN>.
  28. Ministerio de Salud y Protección Social. "Serán 19 días muy importantes para frenar la incidencia de la COVID-19" [Internet]. *Boletín 89*. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/2zxqq7V>.
  29. Presidencia de la República de Colombia. Presidente Duque le anuncia al país que el Aislamiento Preventivo Obligatorio se mantiene hasta el próximo 27 de abril. [Cited 2020 Apr 6]. Available from: <https://bit.ly/3dAGdS2>.
  30. Chen J, Desvars-Larrive A, Klimek P, Flores E, García D, et al. Analyzing Covid-19 Data with SIRD Models. medRxiv. 2020 [cited 2020 April 23 ]. Available from: <https://bit.ly/2C5IBEU>.
  31. R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. -R Foundation for Statistical Computing Vienna. 2004.
  32. Turchin P. *Complex population dynamics*. Nueva Jersey: Princeton University Press; 2003.
  33. CEPAL. América Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19. Informe Especial Boletín N° 1 [Internet]. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/2Wt5wQ3>.
  34. González-Jaramillo V, González-Jaramillo N, Gómez-Restrepo C, Palacio-Acosta C, Gómez-López A, Franco O. Proyecciones de impacto de la pandemia COVID-19 en la población colombiana, según medidas de mitigación. Datos preliminares de modelos epidemiológicos para el período del 18 de marzo al 18 de abril de 2020 [cited 2020 April 23]. *Rev. Salud Pública (Bogotá)* 2020; 22:1-6. Available from: <https://bit.ly/3ev1M6y>.
  35. Otoya-Tono A, García M, Jaramillo-Moncayo C, Wills C, Campos A. COVID-19: generalidades, comportamiento epidemiológico y medidas adoptadas en medio de la pandemia en Colombia. *Acta Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*. 2020; 48(1) 4-13. DOI: 10.37076/acorl.v48i1.519.
  36. Amariles P, Granados J, Ceballos M; Montoya C. COVID-19 in Colombia endpoints. Are we different, like Europe? *Research in Social and Administrative Pharmacy*. 2020; DOI:10.1016/j.sapharm.2020.03.013Get.
  37. De Castro C. SIR Model for COVID-19 calibrated with existing data and projected for Colombia. *Quantitive Biology* 2020 [cited 2020 April 23]. *Populations and Evolution*. Available from: <https://bit.ly/3ewov2b>.
  38. Instituto Nacional de Salud. Qué debe saber del Dengue [Internet]. *Semana epidemiológica* 9. 2020 [cited 2020 April 23]. Available from: <https://bit.ly/32idgb2>.
  39. La Cruz-Vargas J. Protegiendo al personal de la salud en la Pandemia COVID-19. *Rev. Fac. Med. Hum*. Abril 2020; 20(2):7-9. DOI:10.25176/RFMH.v20i2.2913.

# Severidad, susceptibilidad y normas sociales percibidas como antecedentes de la intención de vacunarse contra COVID-19

## Severity, susceptibility and social norms perceived as antecedents of the intention to be vaccinated against COVID-19

v

Recibido 26 abril 2020 / Enviado para modificación 28 abril 2020 / Aceptado 30 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Evaluar el efecto del riesgo y las normas sociales percibidos sobre la COVID-19 y sobre la intención de vacunarse si se contara con una vacuna para prevenir la infección.

**Métodos** Se desarrolló una investigación cuantitativa, explicativa y con diseño transversal. Los datos se recopilaron mediante un cuestionario estructurado aplicado de manera electrónica a habitantes de más de 18 años de edad en el estado de Puebla, en México. Se utilizó un análisis con ecuaciones estructurales para identificar los efectos entre las variables estudiadas.

**Resultados** Tanto la severidad como la susceptibilidad percibidas al contraer COVID-19 tuvieron un efecto positivo sobre las normas sociales percibidas sobre el virus. Mientras la severidad percibida tuvo un efecto positivo sobre la intención de vacunarse, la susceptibilidad percibida resultó no significativa sobre la intención de vacunarse contra COVID-19.

**Conclusiones** La intención de vacunarse contra COVID-19 es afectada por la severidad y las normas sociales percibidas por contraer la infección. Sin embargo, la susceptibilidad percibida ante el virus no tiene un efecto sobre la intención de vacunarse.

**Palabras Clave:** Evaluación de riesgo; normas sociales; vacunación; COVID-19 (fuente: DeCS, BIREME).

### ABSTRACT

**Objective** To evaluate the effect of perceived risk and social norms on COVID-19 and on the intention to be vaccinated if a vaccine were available to prevent infection.

**Methods** A quantitative, explanatory and cross-sectional research was developed. The data was collected through a structured questionnaire applied electronically to inhabitants over 18 years of age in the state of Puebla in Mexico. An analysis with structural equations was used to identify the effects among the constructs studied.

**Results** The results showed that both the perceived severity and susceptibility of contracting COVID-19 had a positive effect on the perceived social norms about the virus. Also, while the perceived severity had a positive effect on the intention to vaccinate, the perceived susceptibility was not significant on the intention to vaccinate against COVID-19.

**Conclusion** Intention to be vaccinated against COVID-19 is affected by the severity and perceived social norms of contracting the infection. However, the perceived susceptibility to the virus does not have an effect on the intention to be vaccinated.

**Key Words:** Risk assessment; social norms; vaccine; coronavirus (source: MeSH, NLM).

JC: Lic. Administración de Empresas. M. Sc. Administración. M. Sc. Mercadotecnia. Ph.D. Dirección y Mercadotecnia. Profesora-investigadora, Centro Interdisciplinario de Posgrados e Investigación, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Puebla, México.  
judith.cavazos@upaep.mx  
CP: Lic. Matemáticas. Especialidad en Informática, Opción Sistemas Informáticos. M. Sc. Salud Pública. Ph. D. 3ème Cycle en Informatique. Profesor-Investigador Titular B, Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita. Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.  
mcpelish@gmail.com

**E**n diciembre de 2019, surgió un nuevo coronavirus (SARS-COV-2), que provocó una epidemia de síndrome respiratorio agudo (COVID-19) en humanos, en Wuhan, China. Cinco meses después, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ya había declarado una pandemia dado que el virus se había propagado a más de 150 países y se habían reportado más de 2 500 000 casos y más de 150 000 muertes (1). Si bien la pandemia llevó al desarrollo de campañas masivas de salud pública mundial, como el lavado de manos frecuente, no tocarse la cara, mantener el distanciamiento físico-social, el aislamiento y usar máscaras en público para frenar la propagación, también emergió la posibilidad de una vacuna para la prevención de la enfermedad. Aunque existía el riesgo de que la pandemia terminara abruptamente antes de que las vacunas potenciales estuvieran listas, en realidad era poco probable que eso sucediera, y los expertos hicieron un llamado para desarrollar las vacunas más prometedoras, a fin de disminuir la probabilidad de la repetición de brotes (2).

Se necesitaba, al menos, una vacuna viable, aunque los usuarios potenciales de ella podrían presentar múltiples barreras para su aplicación, debido a la percepción de la enfermedad (3), las creencias sobre las vacunas y los remedios alternativos (4), características demográficas, barreras cognitivas (5) e incluso riesgo percibido, entre otras. Los países emergentes y en vías de desarrollo se convirtieron en espacios vulnerables a los brotes y propagación de la infección, debido principalmente a una débil infraestructura de los sistemas de salud y los desafíos económicos y sociales (6,7).

Al finalizar febrero de 2020, México anunció sus primeros casos de COVID-19. Durante las siguientes semanas los casos se multiplicaron y la epidemia avanzó hacia las siguientes fases. Para millones de mexicanos, la opción de quedarse en casa y resguardarse nunca fue viable, debido a que más del 50% de su población trabaja en el sector informal y a que tiene ingresos variables y sin prestaciones sociales (8). Adicionalmente, varios sectores de la sociedad no creían en la existencia del virus. Consideraban que se trataba de una estrategia de pánico o una conspiración (9) y, desafortunadamente, los mitos y barreras contra los beneficios que proporcionan las vacunas han aumentado entre la población (10). Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del riesgo y las normas sociales percibidos sobre la COVID-19 y sobre la intención de vacunarse si ya se tuviera una vacuna para prevenir la infección.

El riesgo percibido es un fenómeno psicosocial relacionado con las creencias de salud que implica la evaluación subjetiva de que ocurra un evento o accidente y la preocupación de las personas por las consecuencias (11). In-

volucra evaluar la probabilidad de que ocurra y los efectos de obtener un resultado negativo, ya que, aunque todos voluntariamente asumimos riesgos, también buscamos reducir la vulnerabilidad ante estos (12). Por ejemplo, una investigación sobre la disposición de pagar la vacuna para la hepatitis B en adultos en Malasia, identificó que la susceptibilidad percibida afectaba la disposición de pagarla, aunque la severidad percibida no tuvo un efecto significativo sobre la disposición (13).

La severidad percibida se refiere a la opinión subjetiva de la gravedad de una condición o enfermedad y sus consecuencias; está influida por emociones provocadas, por lo que se piensa de la enfermedad y por la percepción de la dificultad a contraerla (14). La severidad percibida puede afectar las normas sociales, ya que estas son estándares que prescriben el comportamiento social, aquello que es valorado o rechazado por el grupo social (15). En estudios de riesgo y salud, se ha identificado que las personas están influidas por las normas sociales (16,17), especialmente por las que están relacionadas con el comportamiento de riesgo (18). Es posible entonces suponer lo siguiente: H1: la severidad percibida sobre la COVID-19 afecta las normas sociales percibidas sobre éste.

En diversas investigaciones se ha encontrado que la severidad percibida es un buen predictor de la intención de comportamiento (19). Por ejemplo, una investigación llevada a cabo en Corea del sur y Estados Unidos encontró que la percepción del riesgo tuvo un efecto positivo y significativo sobre la intención de comportamiento de autoprotección en el contexto de la pandemia de gripe H1N1 (20). En otro estudio realizado en adultos entre 25 y 64 años en Estados Unidos, se identificó que el riesgo percibido, la escucha de recomendaciones médicas y el haberse vacunado contra la gripe estacional previamente fueron predictores significativos de la intención de recibir la vacuna contra el H1N1 (21). Por ello, se propone lo siguiente: H2: La severidad percibida sobre la COVID-19 afecta la intención a vacunarse contra la COVID-19.

La susceptibilidad percibida se refiere a la opinión subjetiva del riesgo de contraer una condición; es decir, qué tanto se perciben a sí mismas las personas en alto riesgo de contraer una enfermedad (22). Existe una amplia gama de opiniones entre los individuos sobre la susceptibilidad personal hacia una enfermedad. El rango de opiniones incluye desde la negación total de la posibilidad de contraer una condición y la aceptación de que pueda ocurrir (pero no a ellos) hasta una creencia de un peligro real (23). Esto significa que la percepción de que una enfermedad pueda afectar la propia vida es una influencia para tomar medidas preventivas. Se ha identificado que la susceptibilidad percibida afecta posi-

tivamente las normas sociales. Tal es el caso de una investigación sobre el uso de condón entre universitarios, donde factores psicológicos, como la susceptibilidad percibida, afectan significativamente las normas subjetivas (24). Por ello, se propone lo siguiente: H3: La susceptibilidad percibida sobre la COVID-19 afecta las normas sociales percibidas sobre esta enfermedad.

Otras investigaciones apuntan a que la susceptibilidad percibida afecta significativamente la intención de comportamiento. Chai (25) demostró que la susceptibilidad percibida a la enfermedad fue el segundo factor importante en la intención de adoptar comportamientos saludables. En cambio, en un estudio sobre la intención de cribado de cáncer colorrectal en Estados Unidos (26), el efecto de la susceptibilidad percibida sobre la intención estaba mediado por la influencia familiar. En algunos estudios sobre vacunación, la susceptibilidad percibida tiene un efecto positivo sobre la intención de pagar por una vacuna para los hijos (27) y en la intención a vacunarse contra la influenza, especialmente entre aquellos que han recibido la vacuna previamente (28). Por tanto, es posible proponer lo siguiente: H4: La susceptibilidad percibida sobre la COVID-19 afecta la intención de vacunarse contra la enfermedad.

El efecto de las normas subjetivas en la determinación de las intenciones de comportamiento ha sido muy estudiado a partir del surgimiento de la teoría de la acción razonada y la teoría del comportamiento planeado (29,30). En el campo de la salud se ha respaldado este efecto, que implica que las normas del grupo pueden influir en la intención y en un comportamiento asociado a la salud (31,32). En estudios sobre vacunación, Schutten

(33) corroboró que actitud, norma social y vulnerabilidad percibida fueron predictores de la intención de vacunarse contra el virus de la hepatitis B entre hombres homosexuales en Holanda. Otra investigación, en China (34), evidenció que gravedad percibida, barreras percibidas, autoeficacia y normas subjetivas son predictores de la intención de comenzar la terapia antirretroviral (TAR) entre las personas con VIH (PVVs). Entonces, es posible suponer lo siguiente: H5: Las normas sociales percibidas sobre la COVID-19 afectan la intención de vacunarse contra la COVID-19.

## MÉTODOS

Se desarrolló un estudio cuantitativo, no experimental, transversal y explicativo. Se utilizó una encuesta electrónica debido al distanciamiento social y distribuida a través de un muestreo por conveniencia en el estado de Puebla, el cuarto con más infecciones de COVID-19 en el país. Se utilizaron adaptaciones de escalas validadas en estudios previos (Tabla 1) y medidos es una escala de Likert de 5 puntos, donde (1 = totalmente en desacuerdo y 5 = totalmente de acuerdo). El instrumento fue aplicado a mayores de 18 años durante la fase 2 entre el 24 de marzo y el 14 de abril de 2020. En total, se completaron 552 cuestionarios para el análisis. Se utilizó la modelación de ecuaciones estructurales (SEM) por medio del método de mínimos cuadrados parciales (Smart PLS).

La Tabla 2 presenta las características de quienes respondieron la encuesta. Ninguno había sido contagiado o manifestaba los síntomas de COVID-19 al momento de responderla.

**Tabla 1.** Escalas utilizadas en la investigación

Constructo	Fuente	Escala
Severidad percibida	Rajamoorthy (13)	SP1. Creo que tengo un mayor riesgo de infección de coronavirus SP2. Creo que mi grupo étnico tiene un mayor riesgo de infección por coronavirus SP3. Creo que la infección por coronavirus es una enfermedad grave SP4. Creo que la infección por coronavirus conduce a la muerte
Susceptibilidad percibida	Rajamoorthy (13)	SUP1. Tengo menos probabilidades que la mayoría de las personas de infectarme con coronavirus SUP2. Mi cuerpo podría combatir la infección por el coronavirus. SUP3. Nunca me preocupo por infectarme con coronavirus
Normas sociales percibidas	Harmesen(35)	NS1. La mayoría de las personas que son importantes para mí, piensan que debo cuidarme contra el coronavirus NS2. La mayoría de mis amigos siguen cuidados contra la posibilidad de tener coronavirus NS3. La mayoría de las personas que son importantes para mí aprecian mis cuidados para prevenir una infección de coronavirus
Intención de vacunarse	Harmesen(35) Martin&Petrie(36)	Si la vacuna del coronavirus ya estuviera disponible. Usted. IV1. Esperaría recibir una vacuna contra el coronavirus el próximo año IV2. Esperaría que su padre/madre o hijo(s) recibieran una vacuna contra el coronavirus el próximo año IV3. Si tuviera la oportunidad, vacunaría a sus seres queridos cercanos contra el coronavirus
Comportamiento previo de vacunación		¿Ha recibido alguna vacuna en los últimos años?

**Tabla 2.** Características demográficas de los participantes

	Frecuencia	%		Frecuencia	%
Género			Escolaridad		
Hombres	156	28,2	Doctorado terminado	63	11,4
Mujeres	396	71,8	Estudiando doctorado	43	7,8
Edad			Estudiando maestría	42	7,6
18-29 años	106	19,2	Licenciatura terminada	206	37,3
30-39 años	213	38,6	Licenciatura trunca	29	5,3
40-49 años	139	25,2	Maestría terminada	135	24,5
50-59 años	51	9,2	Preparatoria terminada	23	4,2
60-69 años	38	6,9	Preparatoria trunca	6	1,1
70 años y más	5	0,9	Secundaria terminada	5	0,9

**Tabla 3.** Validez convergente

Constructo	Ítem	Factor de Carga	Alpha Cronbach	Rho	Fiabilidad compuesta	AVE
Severidad percibida COVID-19	SP3	0,9	0,7	0,8	0,9	0,8
	SP4	0,9				
Normas sociales percibidas COVID-19	NS1	0,9	0,8	0,8	0,9	0,7
	NS2	0,8				
	NS3	0,8				
Intención de vacunarse contra COVID-19	IVC1	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9
	IVC2	1,0				

### Modelo de medición

Los constructos fueron evaluados respecto a su confiabilidad y validez. La literatura sugiere que los ítems con cargas de al menos 0,7 son aceptables (37), por lo que fueron eliminados seis ítems: dos de severidad percibida (SP1, SP2), dos de susceptibilidad percibida (SUP1, SUP2), uno de normas sociales (NS4) y uno de intención de vacunarse contra COVID-19 (IVC3). El resto de los ítems fueron retenidos (Tabla 3); susceptibilidad percibida quedó con un solo ítem, por lo que fue analizado como una variable en el modelo estructural. El alpha Cronbach ( $\alpha$ ) y la fiabilidad compuesta de cada uno de los constructos excedieron el mínimo de 0,7 (38), por lo que se cumple con consistencia interna (Tabla 3) y, los constructos cumplen con el criterio de validez convergente a través de la Varianza Extraída Media (AVE) excediendo el valor mínimo requerido de 0,5 (39).

Se probó la validez discriminante de los constructos a través de tres métodos: indicadores de cargas cruzadas (38), criterio de Fornell y Larcker (40) y el método Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT), cuyo valor debe ser menor o igual a 0,9 (41). Como se muestra en la Tabla 4, se confirmó la validez discriminante de los constructos.

Evaluación del modelo estructural. Los resultados indicaron que la variable control de comportamiento previo de vacunación tiene un efecto negativo y significativo sobre la intención a vacunarse. Cuatro de los cinco efectos sometidos a evaluación fueron significativos.

Respecto a la H1 se encontró que severidad percibida de la enfermedad tiene un efecto positivo y significativo sobre normas sociales percibidas ( $\beta=0,267$ ,  $p<0,0001$ ). Para

H3 pudo comprobarse que la variable de susceptibilidad percibida a contraer COVID-19 tiene un efecto significativo sobre normas sociales percibidas ( $\beta=0,202$ ,  $p=0,0001$ ). La severidad percibida tiene un efecto sobre las normas sociales percibidas sobre el virus ( $\beta=0,209$ ,  $p=0,0001$ ) confirmando H2; en cambio, la variable de susceptibilidad percibida no tiene un efecto significativo sobre la intención a vacunarse ( $\beta=0,054$ ,  $p=0,201$ ), por lo que H4 se rechaza. Finalmente, las normas sociales percibidas sobre la COVID-19 tienen un efecto positivo sobre la intención a vacunarse ( $\beta=0,226$ ,  $p=0,0001$ ), lo que confirma H5. La Tabla 4 contiene los estadísticos t para los efectos planteados y la Figura 1 muestra el modelo contrastado.

## DISCUSIÓN

La severidad se vincula con la percepción de la gravedad y las consecuencias que pueden generar las creencias sobre la COVID-19 (42). En cambio, la susceptibilidad percibida se refiere a qué tanto considera una persona que está en riesgo de contraerlo (43). En este trabajo ambos son predictores de las normas sociales percibidas, las cuales fueron establecidas para el cuidado y prevención a ser infectado. Durante la epidemia de COVID-19 se observó que los familiares y amigos podían ayudar a alinear el comportamiento con las recomendaciones de expertos en salud pública y epidemiólogos para lograr respuestas más efectivas y reducir la propagación de contagios. Los resultados encontrados corroboran que la percepción de severidad y susceptibilidad de contraer el virus tiene un efecto positivo en las normas sociales en favor de medidas

Figura 1. Modelo contrastado

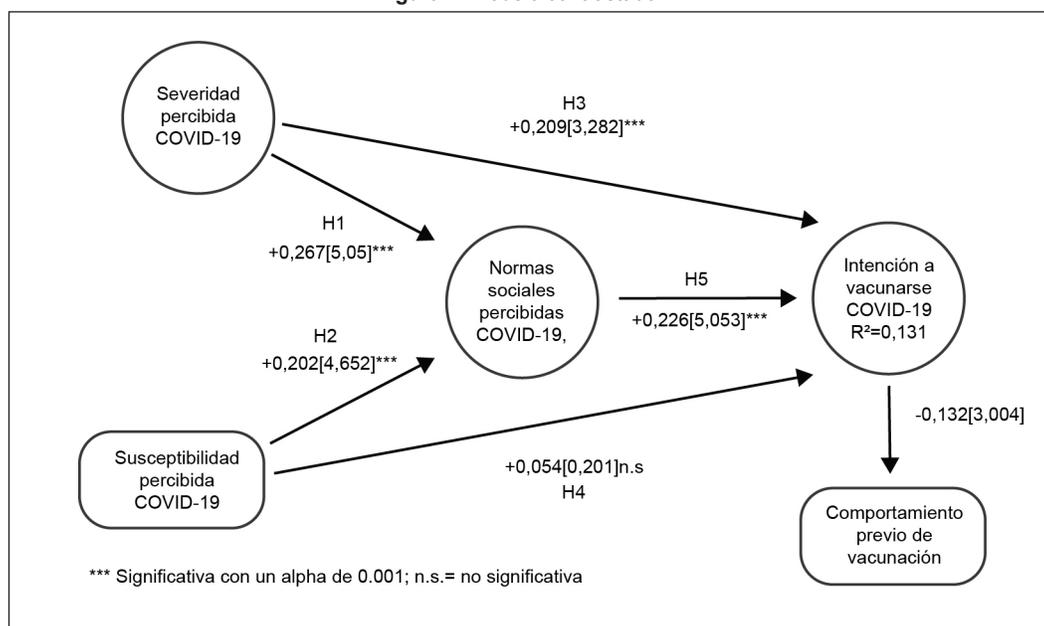


Tabla 4. Criterios de validez discriminante

Cargas cruzadas					
	Intención de vacunarse contra COVID-19	Comportamiento previo de vacunación	Normas sociales percibidas	Severidad percibida	Susceptibilidad percibida
CVP	-0,2	1,0	-0,2	-0,1	-0,1
IVC1	1,0	-0,2	0,3	0,2	0,1
IVC2	1,0	-0,2	0,3	0,2	0,1
NS1	0,3	-0,2	0,9	0,4	0,3
NS2	0,2	-0,1	0,8	0,2	0,2
NS3	0,2	-0,2	0,8	0,2	0,2
SP3	0,2	-0,1	0,3	0,9	0,3
SP4	0,2	-0,1	0,3	0,9	0,2
SUP3	0,1	-0,1	0,3	0,3	1,0

Criterio Fornier-Larker					
	Intención de vacunarse COVID-19	Comportamiento previo de vacunación	Normas sociales percibidas	Severidad percibida	Susceptibilidad percibida
Intención de vacunarse COVID-19	1,0				
Comportamiento previo de vacunación	-0,2	1,0			
Normas sociales percibidas	0,3	-0,2	0,8		
Severidad percibida	0,2	-0,1	0,3	0,9	
Susceptibilidad percibida	0,1	-0,1	0,3	0,3	1,0

Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)					
	Intención de vacunarse contra COVID-19	Comportamiento previo de vacunación	Normas sociales percibidas	Severidad percibida	Susceptibilidad percibida
Intención de vacunarse contra COVID-19					
Comportamiento previo de vacunación	0,2				
Normas sociales percibidas	0,3	0,2			
Severidad percibida	0,3	0,1	0,4		
Susceptibilidad percibida	0,1	0,1	0,3	0,3	

preventivas. Desafortunadamente, en México los mensajes comunicados por algunos medios de comunicación minimizaron el riesgo de contraer el virus y su propagación (44), lo que llevó al detrimento de la severidad y la susceptibilidad percibidas, relajando el cumplimiento de las normas sociales requeridas para atenuar la velocidad de contagios y posible saturación del sistema de salud.

Identificamos también que la severidad percibida y las normas sociales sobre la COVID-19 son predictores de la intención de vacunarse, lo que coincide con estudios realizados principalmente en grupos vulnerables y con efectos positivos y significativos sobre la intención de vacunarse contra virus como el H1N1 o el papiloma humano (45,46,47). En cambio, aunque otros estudios han identificado que la susceptibilidad afecta la intención del comportamiento (48), nuestros resultados mostraron que la variable de susceptibilidad no afecta a la intención de vacunarse contra COVID-19. Esto significa que la percepción del nivel de riesgo de contraer el virus no contribuye a predecir la intención de vacunarse. Por tanto, la recomendación para la promoción de la aplicación de la vacuna se basa en el uso de mensajes que recuerden la gravedad y las consecuencias del virus, así como apoyarse en las recomendaciones de amigos y familiares que refuercen las normas de cuidado y prevención como beneficios de la aplicación de la vacuna ❖

*Conflicto de intereses:* Ninguno.

## REFERENCIAS

- John Hopkins Coronavirus Resource Center. Coronavirus Map. John Hopkins University of Medicine. 2020 [cited 2020 Apr 25]. Available from: <https://bit.ly/301ZVC8>.
- Lurie N, Saville M, Hatchett R, Halton J. Developing COVID-19 vaccines at pandemic speed. *N Engl J Med*. 2020; 382:1969-1973. DOI:10.1056/NEJMp2005630.
- Ibarra A, Piñero N, Piñero N, Pérez Sartori G, Rodríguez M, Musto L, Collazo F, et al. Vacunación antigripal en personal de salud: cobertura, actitudes y barreras contra la vacunación en dos servicios de un hospital general. *Arch. Med Int*. 2014 [cited 2020 Apr 25]; 36(2):49-53. Available from: <https://bit.ly/2P2d1Je>.
- Van Bavel JJ, Baicker K, Boggio P, Capraro V, Cichocka A, Crockett M, Cikara M, et al. Using social and behavioural science to support COVID-19 pandemic response. *Nature Human Behavior*. 2020 [cited 2020 Jul 27]; 1-50. Available from: <https://go.nature.com/3jOwbRk>.
- Rojano E. Barreras para la vacunación en el primer nivel de atención en el Distrito Federal [Internet]. México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2009 [cited 2020 Apr 25]. Available from: <https://bit.ly/3g5XKTQ>.
- Gilbert M, Pullano G, Pinotti F, Valdano E, Poletto C, Boëlle PY, et al. Preparedness and vulnerability of African countries against importations of COVID-19: a modelling study. *The Lancet*. 2020; 395(10227):871-7. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30411-6.
- Rodríguez-Morales AJ, Gallego V, Escalera-Antezana JP, Méndez CA, Zambrano LI, Franco-Paredes C, Suárez JA, et al. COVID-19 in Latin America: The implications of the first confirmed case in Brazil. *Travel medicine and infectious disease*. 2020; 101613. Advance online publication. DOI:10.1016/j.tmaid.2020.101613.
- García A. Coronavirus México: Quedarse en casa no es opción para millones de trabajadores [internet]. México: El Economista; 2020 [cited 2020 Mar 23]. Available from: <https://bit.ly/39BqFVv>.
- Velasco MA. En Edomex no creen en el coronavirus, siguen en las calles. México: Excelsior. 2020 [cited 2020 Apr 16]. Available from: <https://bit.ly/39vN6TM>.
- Guadarrama-Orozco JH, Vargas-López G, Viesca-Treviño C. Decisiones de los padres que no arriesgan la vida de sus hijos, pero que los exponen a daños serios: no a las vacunas. *Bol. Med. Hosp. Infant. Mex*. 2015; 72(5):353-7. DOI:10.1016/j.bmhmx.2015.09.007.
- Williams L, Collins AE, Bauzae A, Edgeworth R. The role of risk perception in reducing cholera vulnerability. *Risk Management*. 2010; 12(3):163-184. DOI:10.1057/rm.2010.1.
- Adams J. *Risk*. London: UCL Press; 1995.
- Rajamoorthy Y, Radam A, Taib NM, Ab Rahim K, Wagner AL, Mudatsir M, Munisamy S, Harapan H. The relationship between perceptions and self-paid hepatitis B vaccination: A structural equation modeling approach. *PLoS one*. 2018; 13(12):1-15. DOI:10.1371/journal.pone.0208402.
- Rosenstock IM. Historical origins of the health belief model. *Health Education & Behavior*. 1974; 2(4):328-35. DOI:10.1177/109019817400200403.
- Cialdini RB, Trost MR. Social influence: Social norms, conformity, and compliance. In: Gilbert DT, Fiske ST, Lindzey editores. *The handbook of social psychology*. Vol 2. 4a ed. Boston: McGraw-Hill; 1998. p. 151-92.
- Campo S, Brossard D, Frazer MS, Marchell T, Lewis D, Talbot J. Are social norms campaigns really magic bullets? Assessing the effects of students' misperceptions on drinking behavior. *Health Communication*. 2003; 15(4):481-97. DOI:10.1207/S15327027HC1504\_06.
- Reid AE, Aiken LS. Integration of five health behaviour models: common strengths and unique contributions to understanding condom use. *Psychology & health*. 2011; 26(11):1499-1520. DOI:10.1080/08870446.2011.572259.
- Maxwell KA. Friends: The role of peer influence across adolescent risk behaviors. *Journal of Youth and Adolescence*. 2002; 31:267-77. DOI:10.1023/A:1015493316865.
- Iriyama S, Nakahara S, Jimba M, Ichikawa M, Wakai S. AIDS health beliefs and intention for sexual abstinence among male adolescent students in Kathmandu, Nepal: A test of perceived severity and susceptibility. *Public health*. 2007; 121(1):64-72. DOI:10.1016/j.puhe.2006.08.016.
- Cho H, Lee JS. The influence of self efficacy, subjective norms, and risk perception on behavioral intentions related to the H1N1 flu pandemic: A comparison between Korea and the US. *Asian Journal of Social Psychology*. 2015; 18(4):311-324. DOI:10.1111/ajsp.12104.
- Coe AB, Gatewood SB, Moczygemba LR. The use of the health belief model to assess predictors of intent to receive the novel (2009) H1N1 influenza vaccine. *Innovations in pharmacy*. 2012; 3(2):1-11. DOI:10.24926/iip.v3i2.257.
- Juraskova I, Bari RA, O'Brien MT, McCaffery KJ. HPV vaccine promotion: does referring to both cervical cancer and genital warts affect intended and actual vaccination behavior? *Women's Health Issues*. 2011; 21(1):71-79. DOI:10.1016/j.whi.2010.08.004.
- Joseph G, Burke NJ, Tuason N, Barker JC, Pasick RJ. Perceived susceptibility to illness and perceived benefits of preventive care: An exploration of behavioral theory constructs in a transcultural context. *Health Education & Behavior*. 2009; 36(5):71-90. DOI:10.1177/1090198109338915.
- Pinyaphong J, Srithanaviboonchai K, Musumari PM, Tangmunkongvorakul A, Chariyalertsak S, Phornphibul P. Predictors of condom use among heterosexual male university students in northern Thailand using a psychological factors model. *Southeast Asian J Trop Med Publ Health*. 2018; 49(3):489-501.
- Chai SH. Factors influencing consumer behavioral intention to choose functional foods [Doctoral dissertation], Malaysia: Universiti Sains Malaysia; 2006.
- McQueen A, Vernon SW, Rothman AJ, Norman GJ, Myers RE, Tilley BC. Examining the role of perceived susceptibility on colorectal cancer

- screening intention and behavior. *Annals of Behavioral Medicine*. 2010; 40(2):205-17. DOI:10.1007/s12160-010-9215-3.
27. Nan X, Madden K, Richards A, Holt C, Wang MQ, Tracy K. Message framing, perceived susceptibility, and intentions to vaccinate children against HPV among African American parents. *Health communication*. 2016; 31(7):798-805. DOI:10.1080/10410236.2015.1005280.
  28. Mok E, Yeung SH, Chan MF. Prevalence of influenza vaccination and correlates of intention to be vaccinated among Hong Kong Chinese. *Public Health Nurs*. 2006; 23(6):506-515. DOI:10.1111/j.1525-1446.2006.00590.x.
  29. Ajzen, I. The theory of planned behavior. *Organ Behav Hum Dec*. 1991;50(2):179-211. DOI:10.1016/0749-5978(91)90020-T.
  30. Ajzen I, Fishbein M. A Bayesian analysis of attribution processes. *Psychol Bull*. 1995; 82(2):261. DOI:10.1037/h0076477.
  31. Conner M, Sparks P. Theory of planned behaviour and health behaviour. *Predicting health behavior*. 2005; 2(1):121-62.
  32. Soltani R, Sharifirad G, Mahaki B, Eslami AA. Determinants of Oral Health Behavior among Preschool Children: Application of the Theory of Planned Behavior. *Journal of Dentistry*. 2018; 19(4):273-79. DOI:10.30476/DENTJODS.2018.41823.
  33. Schutten M, De Wit JBF, Van Steenberghe JE. Why do gay men want to be vaccinated against hepatitis B? An assessment of psychosocial determinants of vaccination intention. *International journal of STD & AIDS*. 2002; 13(2):86-90. DOI:10.1258/0956462021924703.
  34. Du X, He Q, Yang T, Wang Y, Xu H, Hao C, et al. Intention to start ART after the launch of expanded treatment strategy among people living with HIV in China: a behavioral theory-based cross-sectional study. *AIDS care*. 2019:1-9. DOI:10.1080/09540121.2019.1686601.
  35. Harmsen IA, Lambooi MS, Ruiters RA, Mollema L, Veldwijk J, van Weert YJ, et al. Psychosocial determinants of parents' intention to vaccinate their newborn child against hepatitis B. *Vaccine*. 2012; 30(32):47717. DOI:10.1016/j.vaccine.2012.05.034.
  36. Martin LR, Petrie KJ. Understanding the dimensions of anti-vaccination attitudes: The vaccination attitudes examination (VAX) scale. *Annals of Behavioral Medicine*. 2017; 51(5):652-60. DOI:10.1007/s12160-017-9888-y.
  37. Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE. *Multivariate Data Analysis*. 7th Edition. New York: Pearson; 2010.
  38. Hair J, Hult G, Ringle C, Sarstedt M. *A Primer on Partial Least Square Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. California: Sage; 2017.
  39. Mehmetoglu, M. Partial least squares approach to structural equation modeling for tourism research. *Advances in Hospitality and Leisure*. 2012; 8:43-61. DOI:10.1108/S1745-3542(2012)0000008007.
  40. Fornell C, Larcker DF. Structural equation models with unobservable variables and measurement error: Algebra and statistics. *Journal of Marketing Research*. 1981; 18(3):328-88. DOI:10.2307/3150980.
  41. Hair JF, Sarstedt M, Ringle CM, Mena JA. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *J Acad Market Sci*. 2012; 40(3):414-433. DOI:10.1007/s11747-011-0261-6.
  42. Bond L, Nolan T, Pattison P, Carlin J. Vaccine preventable diseases and immunisations: a qualitative study of mothers? Perceptions of severity, susceptibility, benefits and barriers. *Australian and New Zealand journal of public health*, 1998; 22(4):441-446. DOI:10.1111/j.1467-842x.1998.tb01411.x.
  43. Gerend MA, Aiken LS, West, SG. Personality factors in older women's perceived susceptibility to diseases of aging. *J Pers*. 2004; 72(2): 243-270. DOI:10.1111/j.0022-3506.2004.00262.x.
  44. Matute, C. ¿México...inmune al COVID-19? [Internet]. México: El Universal; 2020 [cited 2020 Mar 12]. Available from: <https://bit.ly/2X2sb5H>.
  45. De Visser R, Waites L, Parikh, C, Lawrie A. The importance of social norms for uptake of catch-up human papillomavirus vaccination in young women. *Sexual health*. 2011;8(3):330-37. DOI:10.1071/SH10155.
  46. Yang ZJ. Predicting young adults' intentions to get the H1N1 vaccine: an integrated model. *J Health Commun*. 2015; 20(1):69-79. DOI:10.1080/10810730.2014.904023.
  47. Wiesner C, Piñeros M, Trujillo LM, Cortés, C, Ardila J. Aceptabilidad de la vacuna contra el Virus Papiloma Humano en padres de adolescentes, en Colombia. *Rev. salud pública*. 2010 [cited 2020 Apr 25]; 12(6):961-973. Available from: <https://bit.ly/3jHOMy9>.
  48. Besharati F, Karimi-Shahanjarini A, Hazavehie, SM, Bashirian S, Faradmal, J. Predictors of colorectal cancer screening intention among Iranian adults: an application of the preventive health model. *Journal of preventive medicine and hygiene*. 2018 [cited 2020 Apr 25]; 59(2):159-166. Available from: <https://bit.ly/2X38PGR>.

# Condiciones en la frontera sur entre Colombia y Venezuela ante la pandemia de COVID-19

## Underlying conditions on the southern border between Colombia and Venezuela to face the COVID-19 pandemic

Adriana Ardila-Sierra, Levinson Niño-Leal, Diana Rivera-Triana,  
María I. Sarmiento-Medina y Juan P. Alzate

Recibido 15 abril 2020 / Enviado para modificación 23 abril 2020 / Aceptado 30 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivos** Dimensionar la migración humana en la frontera sur entre Colombia y Venezuela (Departamento de Guainía), y caracterizar las condiciones sociales, de acceso y de atención en salud frente a la pandemia de COVID-19.

**Métodos** Estudio mixto, epidemiológico y etnográfico. Se calcularon: tasa de migrantes venezolanos (según Migración Colombia al 31 de diciembre de 2019), acceso efectivo a atención médica y dotación en puestos de salud (según datos recolectados entre junio de 2017 y julio de 2019, en todos los puestos de salud de Guainía, mediante entrevistas semiestructuradas, observación participante y el uso de Google Earth™ y Wikiloc™). Los tiempos medianos se calcularon y graficaron en Stata™. Se describieron dinámicas culturales y de atención en salud a partir del trabajo de campo y de una permanente revisión documental.

**Resultados** Guainía ocupa el puesto 23 en número total de venezolanos, pero es el cuarto departamento en densidad de venezolanos (14,4%). En ausencia del centro de salud de San José, en el río Guainía los tiempos medianos hasta la institución de referencia real son de 8,7 horas en invierno y 12,3 en verano y los casos complejos requieren remisión aérea. En el río Inírida, sin el centro de Chorro Bocón, los tiempos reales son de 11,9 horas en invierno y 16,1 en verano. Solo el 57% de los puestos de salud tenía insumos para manejar infección respiratoria aguda.

**Conclusiones** Ante la llegada de COVID-19 a territorios sur-fronterizos, es necesario fortalecer inmediatamente servicios médicos y de salud pública para evitar elevadas tasas de letalidad.

**Palabras Clave:** Acceso efectivo a los servicios de salud; emigración e inmigración; migración humana; infraestructura sanitaria; servicios de salud del indígena; infecciones por coronavirus (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objectives** To size human migration on the southern border between Colombia and Venezuela (Guainía department), and characterize the social, access and health care conditions relevant to the COVID-19 pandemic.

**Methods** Mixed epidemiological and ethnographic study. Rate of Venezuelan migrants was calculated according to Migration Colombia data until December 31st, 2019, also effective access to medical care, and provision of health posts were calculated, with information from each Guainía health post collected from June 2017 to June 2019, through semi-structured interviews, participant observations, Google Earth™ and Wikiloc™. Stata™ was used to calculate and graph median times of effective access. Cultural dynamics and health care conditions were described by the field work information and a permanent documentary review.

AA: MD. M.Sc. Salud Pública. Ph.D. Salud Pública. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS). Facultad de Medicina. Bogotá, Colombia. [amardila@fucsalud.edu.co](mailto:amardila@fucsalud.edu.co)

LN: Antropólogo. Esp. Análisis de Políticas Públicas. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS). Bogotá, Colombia.

[lhmino@fucsalud.edu.co](mailto:lhmino@fucsalud.edu.co)

DR: MD. M.Sc. Salud Pública y Epidemiología Clínica. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS). Bogotá, Colombia.

[dprivera@fucsalud.edu.co](mailto:dprivera@fucsalud.edu.co)

MS: MD. M. Sc. Epidemiología y en Bioética. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS). Bogotá, Colombia.

[misarmiento@fucsalud.edu.co](mailto:misarmiento@fucsalud.edu.co)

JA: MD. M. Sc. Epidemiología Clínica. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud (FUCS). Bogotá, Colombia. [jpalzate@fucsalud.edu.co](mailto:jpalzate@fucsalud.edu.co)

**Results** Guainía is the 23rd department, according to the total number of Venezuelans, but the fourth in Venezuelans density (14,4%). In the Guainía river, the median times to the real reference health institution were 8,7 hours in winter and 12,3 in summer, and complex cases require air referrals. In the Inírida river, the median times to the real reference health institution were 11,9 hours in winter and 16,1 in summer. Only 57% of the health posts had supplies for acute respiratory infections.

**Conclusions** Facing COVID-19 in south border territories, it is necessary to immediately strengthen medical and public health services to avoid high fatality rates.

**Key Words:** Health services accessibility; emigration and immigration; human migration; health facilities; indigenous peoples; coronavirus infections (*source: MeSH, NLM*).

El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que la infección de COVID-19 alcanzó dimensiones pandémicas. En Colombia, el primer caso se confirmó el 6 de marzo y el 24 del mismo mes inició una cuarentena nacional que se mantiene al momento de escribir este artículo.

Por tratarse de un país con grandes diversidades geográficas e inequidades sociales y en salud, es importante mantener visibles las poblaciones históricamente desfavorecidas. Entre ellas, dada su importancia, destacamos los pueblos indígenas y migrantes que transitan el territorio amazónico en frontera con Venezuela y con conexión a Brasil.

Desde la crisis venezolana, que inició en 2014, la migración de venezolanos hacia Colombia ha alcanzado cifras históricas. La problemática en la zona norte de esta frontera, principalmente en Norte de Santander y la Guajira, es mejor conocida y más atendida, probablemente por el alto número de migrantes y las intensas dinámicas de movilidad; mientras que, comparativamente, el sur de la misma línea fronteriza, representada por Guainía, ha sido objeto de mínima atención en términos de publicaciones y de inversión.

Guainía es el quinto departamento más extenso y el segundo menos poblado de Colombia (72 248 km<sup>2</sup> y 44 431 habitantes, en el censo de 2018) y está delimitada por el río Guainía, también conocido como río Negro en este sector, uno de los seis gigantes acuíferos guainarenses.

Se trata de una zona de fácil intercambio migratorio, puesto que este río, desde San Felipe hasta la piedra del Cocuy, es muy apacible y cruzar de una orilla a la otra puede tomar tres minutos. Entonces, aunque se definan cierres preventivos de fronteras o se configuren corredores humanitarios para el retorno al vecino país durante el evento pandémico, es difícil garantizar que se detenga la movilidad en toda su extensión. Un poco más al norte, en la misma frontera, se encuentra el río Atabapo, de igual facilidad para el cruce, pese a la existencia de raudales.

Entre mayo de 2016 y diciembre de 2019, en Guainía se implementó el piloto nacional del Modelo Integral

de Atención en Salud (MIAS) para zonas con población dispersa (Decreto 2561/2014 y Resolución 4827/2015), que estaba previsto hasta 2021. Desde diciembre de 2019 el país transitó al Modelo de Acción Integral Territorial (Maite, Resolución 2626/2019).

Si bien para el momento de escribir este artículo no se identificaban casos en Guainía (1,2) ni en Amazonas-Venezuela (3), en el estado de Amazonas-Brasil la casuística viene aumentando muy rápidamente (1050 casos confirmados y 53 muertes el 11 de abril de 2020 y 1484 casos confirmados el 14 de abril de 2020). Las mayores incidencias se ubican en Manaos y Río Negro (4), este último colindante con Colombia. En el contexto de la Amazonía, también se hace necesario referenciar la progresión rápida en Meta-Colombia (con 39 casos confirmados y 3 fallecidos al 14 de abril de 2020), desde donde hay traslados aéreos e importante comercio fluvial hacia Guaviare y Guainía (2). Así mismo, se han denunciado fallas en los tamizajes aeroportuarios en Leticia, Amazonas (5).

Los objetivos de este artículo son visibilizar la magnitud de la migración venezolana hacia Colombia en la frontera sur, correspondiente al departamento de Guainía, describir algunos procesos de intercambio económicos y culturales que se han establecido históricamente en esta zona del Amazonas, estimar las condiciones de acceso geográfico a atención médica general y describir las condiciones de atención en salud en esta zona de frontera, desde una perspectiva territorial amplia que no se limite a la línea de demarcación fronteriza. Todas ellas condiciones críticas frente a la pandemia de COVID-19.

## MÉTODOS

Estudio mixto, epidemiológico y etnográfico. Para estimar la magnitud de la migración de Venezuela hacia Colombia, se tomaron los datos crudos de Migración Colombia (6) y se calculó su peso con respecto a la población departamental, por ponderación simple. Para establecer los contextos de intercambio económicos y culturales de la zona, se hizo revisión documental y se complementó con información

de entrevistas y actividades de observación desarrolladas en campo. Para describir las condiciones de atención en salud, se utilizaron los datos de un estudio en el que se analizó la experiencia de implementación del modelo MIAS en Guainía, entre mayo de 2016 y diciembre de 2019. Estos datos se recolectaron entre mayo de 2017 y diciembre de 2019, a través de recorridos a lo largo de los seis grandes ríos departamentales, visitando todas las comunidades con puesto o centro de salud. En cada comunidad se contó con el permiso de las autoridades indígenas.

Se realizaron 137 entrevistas individuales y 17 grupales, semiestructuradas al personal de salud, líderes sociales y otras personas de la comunidad, en su mayoría indígenas, autoridades sanitarias y políticas y personas de la academia. Todos los participantes dieron su consentimiento informado. Los datos de las entrevistas se analizaron a partir de la reflexividad etnográfica (7). Durante las entrevistas al personal de puestos de salud, se aplicó una lista de chequeo preguntando por unos insumos críticos que se agruparon en equipos, prevención, diagnóstico y tratamiento.

También se realizó una visita rápida al Centro de Diagnóstico Integral (CDI) en Río Negro (Venezuela) donde se conversó informalmente con dos médicas cubanas en misión y una visita a la población de Cucuí, en Brasil, con miras a obtener un panorama etnográfico rápido que permitiera contrastar o relacionar la vida cultural de esta región.

Para caracterizar las condiciones de acceso geográfico a atención médica, se utilizó la dimensión de accesibilidad geográfica del modelo de Peters et ál., que tiene en cuenta la distancia física y el tiempo de viaje entre los servicios de salud y sus usuarios (8). Para estimar las distancias,

se usó Google Earth™; para calcular los tiempos se tomó una velocidad promedio de navegación de 35 km/h, determinada a partir de nuestra experiencia de viajes y del registro de estos a través de la aplicación Wikiloc™, y se sumaron los tiempos para el paso por rizados fluviales (llamados localmente chorros o raudales), según la temporada de invierno o verano.

Los chorros o raudales se clasificaron según el esfuerzo y el tiempo que demanda su cruce: tipo 1, si se puede cruzar con pasajeros a bordo (no añade tiempo al recorrido). Tipo 2, si se puede cruzar sin pasajeros a bordo; los pasajeros caminan por la ribera (añade unos pocos minutos al recorrido). Tipo 3, si es necesario arrastrar las embarcaciones por la ribera en trayecto plano (el tiempo que se añade al recorrido de estimó individualmente). Tipo 4, si es necesario arrastrar la embarcación por trayecto inclinado (puede añadir hasta 3 o 4 horas al recorrido). Los tiempos medianos se calcularon y graficaron en Stata™.

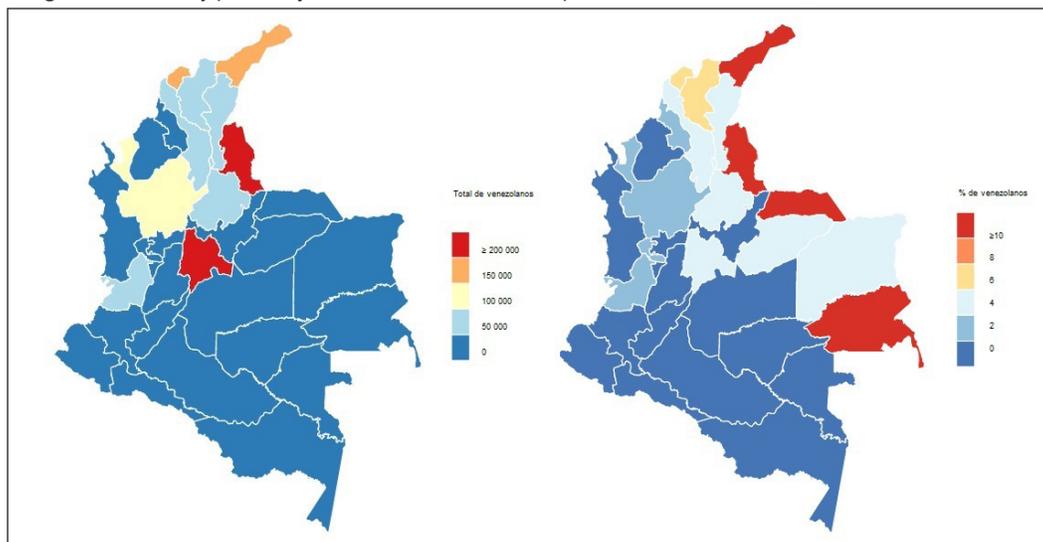
Este estudio cuenta con la aprobación por un Comité de ética en investigación con seres humanos.

## RESULTADOS

### Dinámicas de migración en la frontera sur

A diciembre del 2019, el 0,36% del 1 771 237 venezolanos en Colombia, es decir 6419, se encontraban en Guainía (6). Según este dato, el departamento ocupa el puesto 23 entre los 32 del país. Sin embargo, estas 6419 personas representan el 14,4% de la población total departamental y esta densidad lo ubica en el cuarto puesto nacional, después de La Guajira (20%), Arauca (19,6%) y Norte de Santander (15,1%) (Figura 1).

**Figura 1.** Número y porcentaje de venezolanos en los departamentos de Colombia, a diciembre 31 de 2019



Fuente: Elaborada en: [www.mapsinseconds.com](http://www.mapsinseconds.com) con datos del Ministerio de Relaciones Exteriores y Censo de 2018

Si bien las ocho etnias presentes en este departamento han cambiado sus patrones de movilidad debido a los procesos de sedentarización que se dieron a consecuencia de los procesos de colonización, en torno a economías extractivistas y procesos de adoctrinamiento cristiano, persisten dinámicas de movilidad ligadas a un pasado nómada y seminómada, manifiestas en prácticas como la caza y la pesca, que son variables en el territorio, ya que dependen de los procesos y ciclos ecológicos que se dan en la selva húmeda tropical. Esto hace necesaria la movilidad para mantener el sistema económico de subsistencia (9).

Asimismo, con la llegada del cristianismo, se desarrollaron muchas festividades en las que poblaciones enteras viajan continuamente para visitar a quienes se ofrecen de anfitriones en festividades, como la denominada santa cena. Estas movilizaciones culturales pueden trascender las delimitaciones políticas, por agrupar a más de 200 personas en un mismo lugar, que comparten habitaciones y comidas.

Además, comunidades indígenas yanomami, quienes conservan sus patrones de movilidad nómadas, incursionan permanentemente el territorio de Guainía desde Venezuela.

En cuanto a las poblaciones colonas, dentro de las cuales prevalecen economías de enclave centradas en prácticas extractivistas afianzadas históricamente, como la explotación del oro, coltán, comercio de bienes y alimentos, e incluso narcotráfico, los intercambios económicos son permanentes con la población de las comunidades y países (10). Por ello no es infrecuente consumir alimentos o adquirir elementos, como ollas o repuestos de motores, provenientes de Brasil, por ejemplo.

Estudios etnohistóricos han identificado la presencia de diversas epidemias (como la gripe, viruela o sarampión) desarrolladas desde los procesos de colonización españoles, portugueses y holandeses que iniciaron en el siglo XVI y desencadenaron catástrofes demográficas en toda la región amazónica. Más adelante, con el establecimiento de asentamientos enfocados en el desarrollo de las economías extractivas, se han alterado drásticamente las condiciones de vida, pues allí no se cuenta con condiciones higiénicas de trabajo, manejo de residuos ni control de aguas residuales y de consumo, lo que predispone al avance de esas nuevas enfermedades, así como un aumento de la vulnerabilidad para enfermedades endémicas como la malaria (11). Actualmente se presenta un alto grado de contaminación de los ríos de la zona con mercurio, consecuencia de la explotación aluvial de oro, que no ha sido tratada a profundidad (10).

#### Acceso geográfico a atención médica

En Guainía, la accesibilidad geográfica cambia según la temporada, de invierno o de verano, y según el río. En la

mayor parte de estos ríos, en verano, al bajar las aguas, aumenta la formación de raudales cuya cantidad y tamaño multiplican los esfuerzos y los tiempos. En el río Guainía alto, por ejemplo, se puede pasar de ocho a más de 30 raudales en unas pocas semanas de verano.

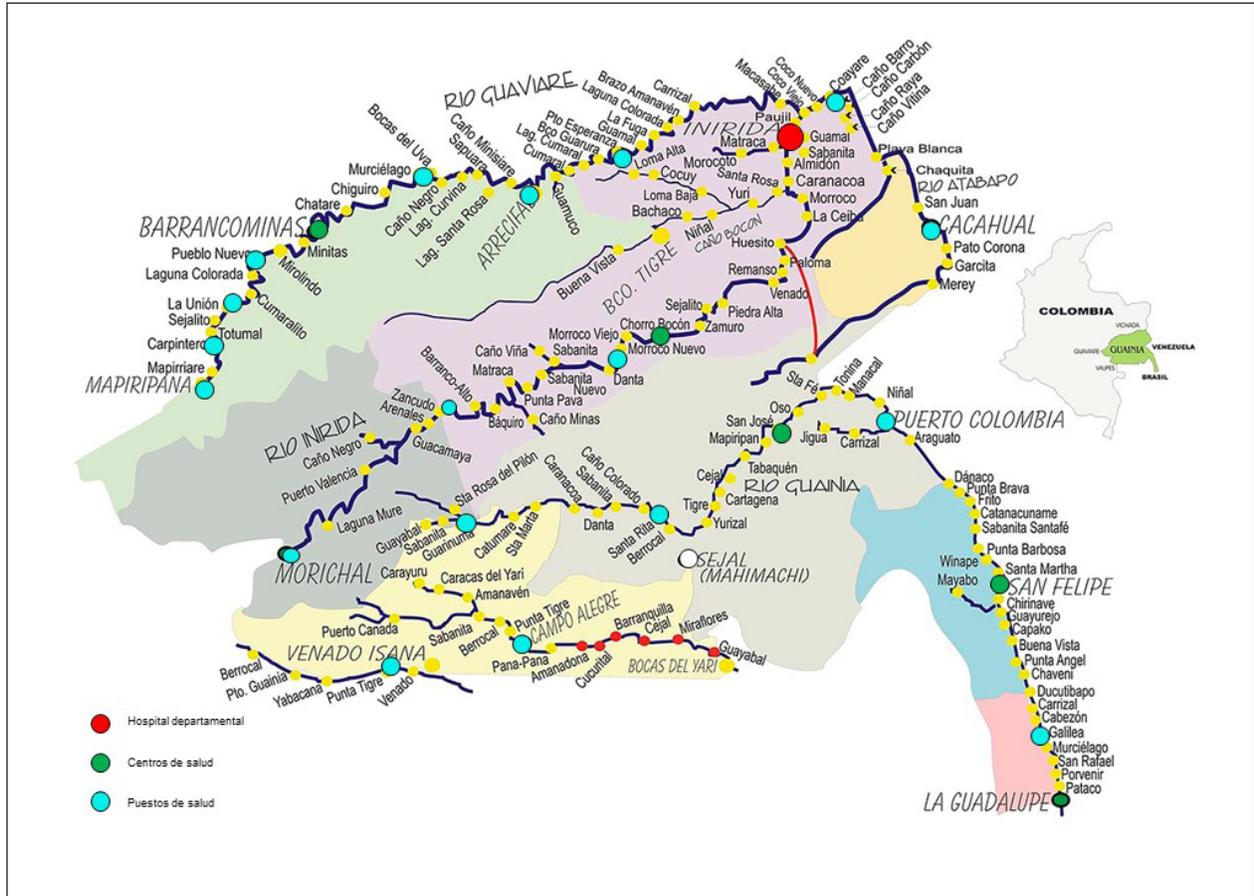
Aunque la navegación difiere en verano y en invierno, siempre hay riesgos por aspectos tan diversos como el estado de las vías fluviales, la experiencia de motoristas y marineros, el peso de la carga, ir con o contracorriente, la disponibilidad de gasolina para alimentar los motores, las características de las lanchas y la potencia de los motores, o la fuerza y destreza de los pasajeros. A esto se suman los altos costos del combustible, los cuales pueden ser desde dos hasta cuatro veces más altos que al interior del país, hecho que limita estos viajes para muchos.

Guainía solo tiene un hospital de mediana complejidad, con las especialidades básicas, sin servicios de neumología ni unidad de cuidados intensivos (UCI), dos centros de salud (San Felipe y Barrancominas) y 23 puestos de salud (Figura 2). Los centros de salud cuentan con medicina general, laboratorio clínico, enfermería, odontología y gestor comunitario indígena de salud. Los puestos de salud cuentan con auxiliar de enfermería y gestor comunitario indígena de salud. Los pacientes críticos o complejos necesariamente se deben trasladar por aire (desde Barrancominas o desde Inírida) hacia instituciones de alta complejidad en Bogotá, Villavicencio e, incluso, hacia latitudes tan diversas como Pasto o Cartagena.

En el departamento solo funcionan dos de los cuatro centros de salud que fueron planeados dentro del MIAS. La construcción del centro de salud de Chorro Bocón (en el río Inírida, que surca el centro del departamento) inició en marzo de 2015 y permanece inconclusa; los tiempos medianos para llegar hasta este centro, desde los puestos de su influencia, serían de 8,5 horas en verano y de 5,3 horas en invierno. Pero, por no haberse terminado y, por tanto, no funcionar, es necesario proseguir hasta Inírida (la capital), con una mediana real de 16,1 horas en verano y de 11,9 horas en invierno (Figura 3).

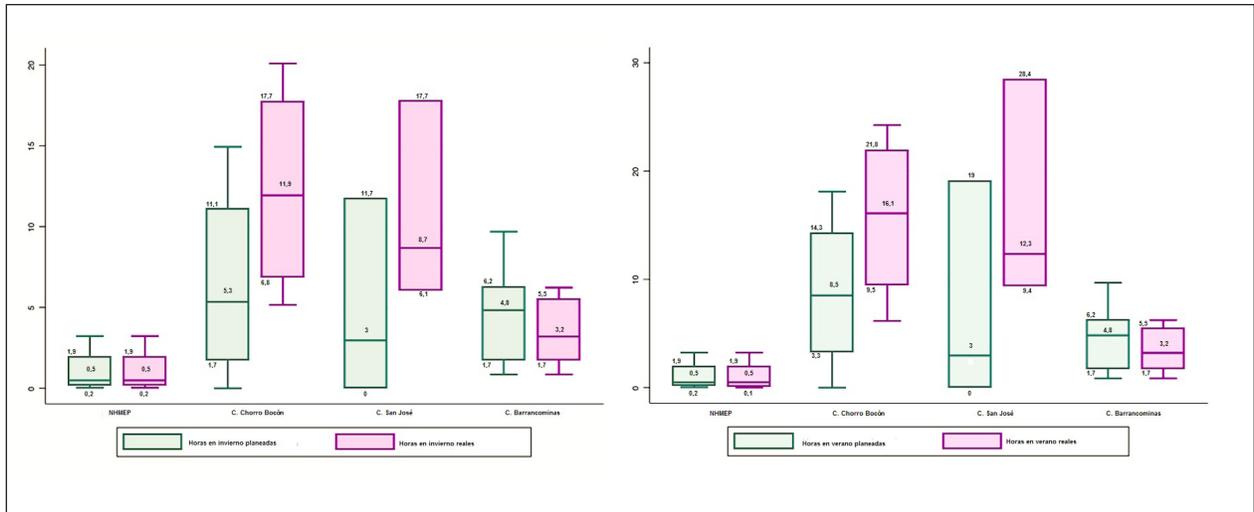
En la zona sur del departamento, cerca de la línea de frontera con Venezuela, se planeó el centro de salud de San José, pero no se ha dispuesto el financiamiento para su construcción; si este centro funcionara, las comunidades más apartadas se encontrarían a una mediana de 3,0 horas de allí. Por no estar funcionando, la mediana real es de 12,3 horas en verano y de 8,7 horas en invierno porque se debe continuar navegando 200 km hacia el sur hasta San Felipe, también sobre la línea de frontera, donde hay un pequeño centro de salud que sí funciona (Figura 3). En este punto, si se requiere atención médica especializada, como sería el caso de la COVID-19, se

Figura 2. Red de atención planeada para Guainía en el Modelo Integral de Atención en Salud



Centros de salud de izquierda a derecha: Barrancominas, Chorro Bocón, San José, San Felipe. Fuente: Adaptación de mapa tomado de: <http://www.guainia.gov.co/mapas/mapas-politicos>.

Figura 3. Tiempos medianos planeados en el Modelo Integral de Atención en salud (MIAS) y reales hasta la institución de referencia, en invierno y verano, en Guainía



NHMEP: Nuevo hospital Manuel Elkin Patarroyo; Nota: Los tiempos reales de Barrancominas son inferiores a los planeados porque desde Puerto Esperanza, en realidad, las personas viajan a Inírida, que está más cerca.

depende del transporte aéreo comercial (dos veces por semana) o medicalizado.

Prosiguiendo al sur, en proximidad a la triple frontera entre Colombia, Venezuela y Brasil, para las comunidades es más fácil buscar atención en los puestos de salud de Cucuí (Brasil). Según las entrevistas, Brasil, al igual que Venezuela antes de la crisis, atiende con generosidad a los colombianos e incluso les traslada en helicóptero y otras aeronaves a hospitales brasileiros cuando se requiere atención compleja. Asimismo, aprovechando los recorridos de comerciantes, es posible navegar hasta São Gabriel, donde se menciona que no se solicita siquiera documentación para recibir una atención.

Al sur de Guainía, hacia la frontera con Vaupés, en los ríos Isana y Cuyarí, la única forma de acceder a atención médica es por traslado aéreo y no hay vuelos comerciales.

A escala departamental, el tiempo mediano al Nuevo Hospital Manuel Elkin Patarroyo (NHMEP) o al centro de salud de referencia por proximidad geográfica, sería de 2,2 horas, si los cuatro centros de salud planeados para el departamento estuvieran funcionando. Dado que solo está funcionando el 50% de los centros de salud, el tiempo mediano real departamental se amplía a 3,2 horas. Aunque, como se acaba de ver, esta cifra no retrata adecuadamente las diversidades de cada cuenca hidrográfica.

### Condiciones de atención en la frontera sur

En el MIAS se previó un marco de desempeño con cuatro tipos de indicadores, algunos de cumplimiento inmediato y otros progresivos. Un indicador que atrajo la atención desde los primeros viajes al territorio fue el de los insumos críticos que todos los puestos de salud en funcionamiento debían tener, desde el primer día y con verificaciones semestrales.

En ausencia de dos de los cuatro centros de salud planeados, la descentralización de la provisión de los insumos no se dio por completo; esta concentración de esfuerzos se mantuvo en el NHMEP donde los líderes mencionaron, en las entrevistas, las dificultades para hacer llegar las provisiones a los puntos más lejanos, mientras que, en las entrevistas al personal de los puestos, se identificó la percepción generalizada de demoras inexplicables.

En la Figura 4 se presenta el porcentaje de insumos críticos que estaba presente y en buen estado (funcionando o con fecha de vencimiento vigente), al momento de realizar la visita a cada puesto de salud. Los puestos se ordenaron según su distancia a la institución de referencia real y se observa que no hay relación inversa entre el porcentaje de insumos presentes y la distancia.

No se incluyeron insumos de transporte porque el MIAS no especifica cuáles son; sin embargo, según

nuestra experiencia, durante el trabajo de campo, todo puesto de salud debería tener lancha con motor en buen estado (se recomiendan 75 hp para acortar significativamente los tiempos de acceso) y una reserva de gasolina para poder iniciar un traslado en caso de urgencias. En ningún puesto de acceso fluvial se encontraron ambas condiciones simultáneamente.

No se encuestó la dotación con tableta electrónica porque en el primer año se contaba con esta dotación y posteriormente fue retirada, a razón de cambios en las instituciones participantes en el modelo. Entre los insumos que no fueron considerados al crear el indicador del MIAS, que este equipo recomienda garantizar, se resalta el termómetro (clave en la pandemia por COVID-19), el suero antiofídico y el material para curaciones y suturas.

En la Tabla 1 se presenta el porcentaje de puestos de salud que contaban con cada insumo crítico al momento de la visita. Se resalta que solo el 57% de los puestos de salud en funcionamiento contaba, al momento de la visita, con insumos para el manejo de infección respiratoria aguda.

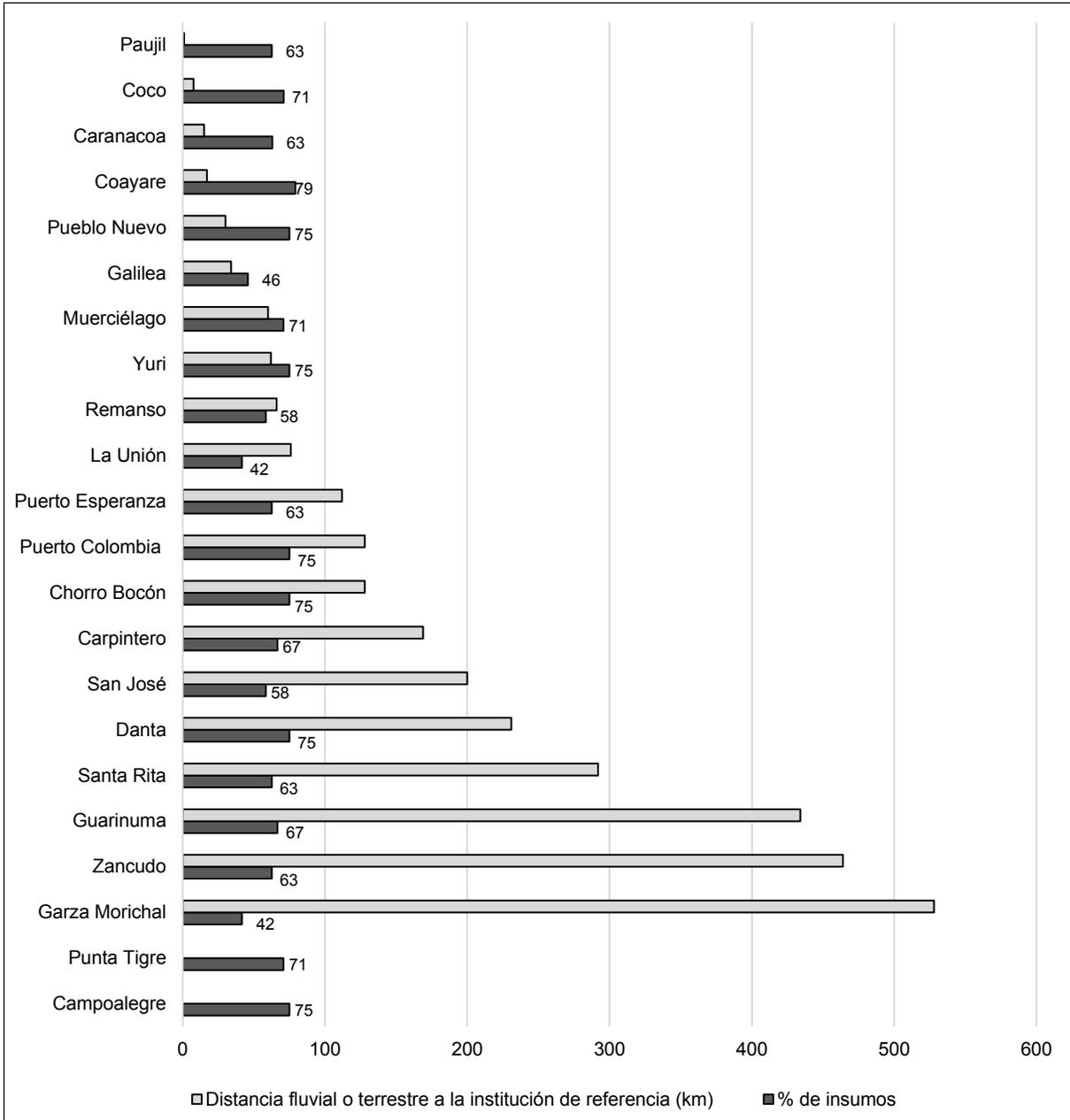
**Tabla 1.** Porcentaje de puestos de salud con insumos críticos en Guainía (junio 2017- julio 2019)

	Insumo	%
1	Tensiómetro adultos	100
1	Fonendoscopio	100
1	Báscula para mayores de 2 años	95
1	Tallímetro/infantómetro	90
1	Báscula para menores de 2 años	86
1	Radio telecomunicaciones	71
1	Cinta métrica	62
1	Nevera exclusiva para PAI	43
1	Lámpara de cuello de cisne	24
1	Tensiómetro pediátrico	19
2	Métodos anticonceptivos inyectables	100
2	Métodos anticonceptivos orales	24
2	Métodos anticonceptivos barrera	19
3	Prueba de Diagnóstico Rápido (PDR) para Sífilis	86
3	PDR para hepatitis B	81
3	PDR para VIH	76
3	Glucómetro	57
3	Tira para glucometría	52
3	Tira de proteinuria	5
4	Antiparasitarios	90
4	Micronutrientes	86
4	Sobres de sales de rehidratación oral	76
4	Medicamentos básicos para infección respiratoria aguda	57
4	Medicamentos básicos para enfermedad diarreica aguda	52

1: Equipos; 2: Prevención; 3: Diagnóstico; 4: Tratamiento.

## DISCUSIÓN

Este estudio revela que la proporción de migrantes venezolanos en la frontera sur colombo-venezolana debe situar a Guainía dentro de las prioridades de las acciones relativas a todo tipo de asuntos migratorios. La concentración urbana de venezolanos en Guainía pudiera reflejar

**Figura 4.** Insumos en cada puesto de salud y distancia a la institución de referencia. Guainía; junio 2017- julio 2019

centralización de las cifras en la capital o subregistro en la apartada zona sur. De allí la importancia de haber caracterizado las condiciones con una visión territorial amplia, no limitada a la línea de frontera.

Teniendo en cuenta el panorama sociocultural e histórico de la zona, se identificó una interrelación entre los procesos sociales y culturales con los procesos biológicos, que han configurado una vulnerabilidad preexistente en el contexto amazónico, la cual, ante una eventual presencia de COVID-19, daría paso a una situación difícilmente sostenible.

Prácticas como el lavado de manos responden a ordenamientos culturales y locativos diferentes a los que se presuponen en las recomendaciones para prevenir la transmisión del virus SARS-COV-2. Además, es necesario comprar el jabón en el perímetro urbano y no hay costumbre de uso de antibacteriales. Asimismo, las viviendas son unifamiliares, pero los espacios donde se cuelgan las hamacas son compartidos (10). Por ende, las recomendaciones de aislamiento se ven enfrentadas a limitaciones estructurales.

En comunidades periurbanas, como el resguardo multiétnico de Paujil, al hacinamiento se suma el trabajo

informal, la ausencia de zonas de cultivo para el auto-sostenimiento y la dependencia del dinero diario para la alimentación familiar.

Los cálculos de acceso geográfico permitieron presentar de manera sintética los grandes retos en caso de penetración de la pandemia, con tiempos medianos de acceso a atención médica de entre 11,9 y 16,1 horas en el río Inírida, o entre 8,7 y 12,3 en el río Guainía (frontera), que no garantizan oportunidad en la atención en caso de una urgencia respiratoria, como la producida por COVID-19. En áreas remotas hay que garantizar estrategias que reduzcan el riesgo de enfermar y morir (12), pues su probabilidad aumenta cuando se está lejos de los sitios de atención (13), cuando se vive en zonas rurales (14,15) o lejos de un hospital, en el caso de la mortalidad materna y perinatal (16); asimismo, los menores de cinco años corren un gran riesgo si viven a más de 5 km del centro de atención (17), este es el caso de la neumonía (18) y el de otras causas respiratorias (19); lo mismo sucede al vivir a más de 7 km, hecho que aumenta la probabilidad de la mortalidad neonatal temprana (20) o al vivir a más de 80 km, en el caso de la mortalidad neonatal (21).

Encontrar que ninguno de los puestos visitados cumplía el indicador de insumos críticos, en ausencia de relación geométrica con respecto a la distancia a la institución de referencia, refleja una problemática en la gestión del abastecimiento que agudiza la vulnerabilidad frente a la pandemia.

San Felipe ya no cuenta, como en el pasado, con su contraparte del lado venezolano, el CDI de Rionegro, que ahora funciona mínimamente, con apoyo de misiones cubanas.

Se concluye que, ante la presencia trinacional de COVID-19, Guainía puede llegar a tener una muy alta letalidad y que, como otros territorios rurales del mundo, nos necesitan más que nunca (22). Cada acción, estructural o de corto plazo, en beneficio de estos territorios, especialmente si se toma de manera integrada entre los países fronterizos (23), será de enorme valor para mitigar el impacto de la pandemia COVID-19. Más aún, si las mismas incorporan las singularidades de los procesos migratorios y se proyectan también en el largo plazo (24) ♦

**Agradecimientos:** A todas las comunidades de Guainía, a las personas entrevistadas, motoristas y líderes indígenas que permitieron el trabajo de campo. Este proyecto fue financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias (CT 748-2016).

**Conflicto de intereses:** Ninguno.

## REFERENCIAS

1. Secretaría de Salud Departamental de Guainía. Reporte 045. Estado Situacional de Coronavirus en Guainía [Internet]. Guainía: Gobernación de Guainía; 2020 [cited 2020 Apr 15]. Available from: <https://bit.ly/2yUVXA9>.
2. Gobierno de Colombia. Covid-19 Colombia [Internet]. Bogotá; 2020 Apr 14 [cited 2020 Apr 15]. Available from: <https://bit.ly/3eAYhw8>.
3. Patria.org. Estadísticas Venezuela [Internet]. Caracas; 2020 [cited 2020 Apr 15]. Available from: <https://bit.ly/2B1hVDA>.
4. Secretaria de Vigilância em Saude. Boletim Epidemiológico 09 [Internet]. 2020 Apr 11 [cited 2020 Apr 15]. Available from: <https://bit.ly/3a6m5oB>.
5. El Colombiano. Procuraduría alerta riesgos de coronavirus en el Amazonas [Internet]. Medellín: El Colombiano; 2020 [cited 2020 Apr 15]. Available from: <https://bit.ly/2JfSLB0>.
6. Ministerio de Relaciones Exteriores. Venezolanos en Colombia [Internet]. 2020 Dec 31 [cited 2020 Mar 1]. Available from: <https://bit.ly/3b9rPPn>.
7. Guber R. La etnografía: Método, campo y reflexividad. 1ª ed. Buenos Aires. Siglo Veintiuno Editores; 2016.
8. Peters DH, Garg A, Bloom G, Walker DG, Brieger WR, Hafizur-Rahman M. Poverty and Access to Health Care in Developing Countries. *Ann N Y Acad Sci*. 2008; 1136:161-71. DOI:10.1196/annals.1425.011.
9. Salazar CA, Gutiérrez A, Franco M. Guainía. En sus asentamientos humanos. Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi; 2006.
10. Salazar-Cardona CA, Riaño-Martínez A, Reyes-Bonilla MA, Riaño UE, Castañeda-Hernández W, Rubiano S, Rodríguez C. Minería: Impactos sociales en la Amazonia. Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones científicas - Sinchi; 2019.
11. Gómez A. Amazonia colombiana: contacto-contagio y catástrofe demográfica indígena. *Maguaré*. 1998;13:143-63. DOI:10.15446/mag.v0n13.10755.
12. Hodge A, Firth S, Marthias T, Jimenez-Soto E. Location Matters: Trends in Inequalities in Child Mortality in Indonesia. Evidence from Repeated Cross-Sectional Surveys. *PLoS ONE*. 2014;9(7):e103597. DOI:10.1371/journal.pone.0103597.
13. Kassens AL, van der Meulen Y. Health and Distance to Healthcare in Papua New Guinea. In: Disease, Human Health, and Regional Growth and Development in Asia. *New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives*. Vol.38. Singapore: Springer; 2019.
14. Islami-Warrohmah A, Maniar-Berliana S, Nursalam N, Efendi F, Haryanto J, Has EM et al. Analysis of the Survival of Children Under Five in Indonesia and Associated Factors. *Earth Environ Sci* 2017; 116:012014. DOI:10.1088/1755-1315/116/1/012014.
15. Kang L, Chunhua H, Lei M, Liang J, Zhu J, Xiaohong L et al. Geographic disparities in pneumonia-specific under-five mortality rates in Mainland China from 1996 to 2015: a population-based study. *Journal of Infectious Diseases*. 2017;59:7-13. DOI:10.1016/j.ijid.2017.03.014.
16. Tejayanti T, Utomo B, Affifah T. Understanding the Delayed Factors for Reducing Maternal and Neonatal Mortality in Indonesia: Based on the 2015 Inter-Censal Population Survey and the 2014 Village Potential Statistics. *Indian Journal of Public Health Research*. 2019;10(3):543-50. DOI:10.5958/0976-5506.2019.00555.2.
17. Rojas-Gualdrón DF, Caicedo-Velázquez B. Distancia al centro de atención en salud y mortalidad durante los primeros años de vida: revisión sistemática y metaanálisis. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. 2017;35(3):420-31. DOI:10.17533/udea.rfnsp.v35n3a12.
18. Zaman S, Cox J, Enwere G, Bottomely C, Greenwood B, Cutts F. The effect of distance on observed mortality, childhood pneumonia and vaccine efficacy in rural Gambia. *Epidemiol Infect* 2014; 142(12):2491-500. DOI:10.1017/S0950268814000314.
19. Zhao ZI, Ming-hong Y, Zhang G, Wu G-h, Zhang L, Zhang J-y, Ma X. All-cause child mortality in minority and non-minority areas in Sichuan Province in Western China, 2008–2017. *Sci Rep* 2019; 9:14154. Available from: <https://go.nature.com/30PWpd9>.

20. Sarrassat S, Meda N, Badolo H, Ouedraogo M, Somé H, Cousens S. Distance to care, care seeking and child mortality in rural Burkina Faso: findings from a population based cross sectional survey. *Tropical Medicine and International Health*. 2019;24:31-42. DOI:10.1111/tmi.13170.
21. McKinnon B, Harper S, Kaufman J, Abdullah M. Distance to emergency obstetric services and early neonatal mortality in Ethiopia. *Trop Med Int Health*. 2014;19(7):780-90. DOI:10.1111/tmi.12323.
22. Worley P. Why we need better rural and remote health, now more than ever. *Rural and Remote Health*. 2020;20:5976. DOI:10.22605/RRH5976.
23. Alpuche-Aranda CM. Infecciones emergentes, el gran reto de la salud global: Covid-19. *Salud Pública de México*. 2020;62:1606-7916. DOI:10.21149/11284.
24. Fernández-Niño J, Navarro-Lechuga E. Migración humana y salud: un campo emergente de investigación en Colombia. *Rev. Salud Pública (Bogotá)*. 2018;20(4):404-407. DOI:10.15446/rsap.v20n4.74970.

# Estimación del intervalo serial y número reproductivo básico para los casos importados de COVID-19

## Estimation of serial interval and basic reproductive number for imported cases of COVID-19

Jorge M. Estrada-Álvarez, Juan J. Ospina-Ramírez, Maryluz Hincapié-Acuña y María del Pilar Gómez-González

Recibido 21 mayo 2020 / Enviado para modificación 24 mayo 2020 / Aceptado 30 mayo 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Estimar el intervalo serial y el número básico de reproducción de COVID-19 entre casos importados durante la fase de contención en Pereira, Colombia, 2020.

**Método** Se realizó un estudio cuantitativo para determinar algunos aspectos de la dinámica de transmisión de la COVID-19. Se utilizaron las entrevistas epidemiológicas de campo en los que se incluyeron 12 casos confirmados por laboratorio con PCR-RT para SARS-CoV-2 importados y sus correspondientes casos secundarios confirmados, entre los que estaban contactos familiares y sociales.

**Resultados** Los intervalos seriales en la COVID-19 se ajustan a una distribución Gamma, con una media del intervalo serial de 3,8 días ( $\pm 2,7$ ) y un  $R_0$  de 1,7 (IC 95% 1,06-2,7) inferior a lo encontrado en otras poblaciones con inicio del brote.

**Conclusiones** Un intervalo serial inferior al periodo de incubación como el que se estimó en este estudio sugiere un periodo de transmisión presintomático que, según otras investigaciones, alcanza un pico promedio a los 3,8 días, hecho que sugiere que durante la investigación epidemiológica de campo la búsqueda de contactos estrechos se realice desde al menos 2 días antes del inicio de síntomas del caso inicial.

**Palabras Clave:** SARS-CoV-2; COVID-19; número básico de reproducción (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To estimate the serial interval and the basic reproduction number of COVID-19 between imported cases during the containment phase in Pereira-Colombia, 2020.

**Method** A quantitative study was carried out to determine the transmission dynamics for COVID-19. Field epidemiological data were used, which included 12 laboratory-confirmed cases with RT-PCR for imported SARS-CoV-2 and their corresponding confirmed secondary cases, including family and social contacts.

**Results** The serial intervals in COVID-19 fit a Gamma distribution, with a mean of the serial interval of 3.8 days (2.7) and an  $R_0$  of 1.7 (95% CI 1.06-2.7) lower than that found in other populations with onset of the outbreak.

**Conclusions** A serial interval lower than the incubation period such as that estimated in this study, suggests a presymptomatic transmission period that according to other investigations reaches an average peak at 3.8 days, suggesting that during the field epidemiological investigation the search for contacts Narrowing is performed from at least 2 days before the onset of symptoms of the initial case.

**Key Words:** SARS-CoV-2; COVID-19; serial interval; basic reproduction number (*source: MeSH, NLM*).

JE: Terapeuta Respiratorio. Lic. Matemáticas; M. Sc. Epidemiología. Chile. M. Sc. Estadística Aplicada, Secretaría de Salud y Seguridad Social de Pereira, Investigador Comfamiliar Risaralda. Pereira, Colombia.

*jmario.estrada.alvarez@gmail.com*

JO: MD. Esp. Epidemiología. M. Sc. Gerencia de Sistemas de Salud. Secretaría de Salud y Seguridad Social de Pereira, Comfamiliar Risaralda. Docente, Universidad Tecnológica de Pereira. Fundación Universitaria del Área Andina. Pereira, Colombia.

*juanjoseospina@utp.edu.co*

MH: Bacterióloga. M. Sc. Epidemiología. Secretaría de Salud y Seguridad Social de Pereira. Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Uniminuto. Pereira, Colombia.

*transmisibles.pereira@gmail.com*

MG: Optómetra. Esp. Epidemiología.

M. Sc. Epidemiología, Ph.D. Ciencias de la Salud Pública. Docente, Fundación Universitaria del Área Andina. Pereira, Colombia.

*mariadelpilarrsp@gmail.com*

El virus SARS-CoV-2 causante de la enfermedad COVID-19 se ha caracterizado por su rápida y fácil transmisión de persona a persona, sin tratamiento conocido (1), lo cual genera un gran impacto en cuanto a la incidencia y mortalidad a nivel global.

Ante la situación de declaratoria de pandemia por COVID-19, se han tenido que plantear estrategias que permitan controlar y disminuir las consecuencias de esta situación en salud a nivel global. Como insumos para evaluar el alcance de dichas estrategias, se propone desde la salud pública la inclusión de parámetros clave de la epidemiología de las enfermedades infecciosas, como lo son el intervalo serial (IS) y el número de reproducción básica ( $R_0$ ), los cuales, en conjunto, permiten evaluar el curso del brote relacionado con dicha enfermedad y preparar las acciones de salud pública (2).

Por un lado, el IS determina el tiempo entre el inicio de síntomas de un caso primario (infectador) y el inicio de síntomas de un caso secundario (infectado) (3). Este, a su vez, es el insumo para determinar el  $R_0$ , es decir, la velocidad con que una enfermedad puede propagarse en una población (2), bajo la premisa de que, a mayor valor, mayor es la incidencia e, incluso, de mortalidad potencial (4).

El valor de  $R_0$  se ha estimado en diferentes momentos de la pandemia, el cual ha oscilado entre 1,4 y 2,5 (5). Sin embargo, otros estudios han encontrado valores superiores que indican una capacidad de infección mayor que otros virus respiratorios como el SARS-CoV-1 (6).

La estimación del IS y del  $R_0$  brinda las herramientas para plantear una línea base para la evaluación de posteriores intervenciones en una modelación matemática del brote al interior de un territorio. Aunque ya se han hecho estimaciones de estos a partir de casos ocurridos en China y otros países, es importante determinar su valor en cada momento de respuesta de la pandemia y de cada contexto en particular, con lo cual se reconoce que el  $R_0$  es un valor que puede estar determinado por variables externas propias del agente infeccioso y su comportamiento en la población, así como los factores económicos, sociales y ambientales (4,7).

Es debido a estas características que se hace necesaria la evaluación continua de las intervenciones establecidas durante las mismas fases de respuesta, junto con medidas como el rastreo de contactos, distanciamiento social, aislamiento de casos y cuarentena, las cuales tendrán variaciones según los momentos de intervención o decisiones que como territorio se implementan. Con base en lo anterior, el objetivo de este fue el intervalo serial y el número básico de reproducción del COVID-19 de los casos importados durante la fase de contención en Pereira-Colombia, 2020.

## MÉTODO

Se realizó un estudio cuantitativo de corte transversal sobre la dinámica de transmisión del COVID-19. Para obtener estimaciones confiables del intervalo serial y  $R_0$ , se tomaron datos bajo investigación de campo sobre 12 casos confirmados por laboratorio con PCR-RT para SARS-CoV-2 importados y sus correspondientes casos secundarios confirmados, entre los que están contactos familiares y sociales. Estos casos fueron reportados por el sistema de vigilancia en salud pública entre el 1 y el 30 de marzo de 2020. Cada caso fue entrevistado por profesionales en salud epidemiólogos, con entrenamiento y experiencia en investigación epidemiológica de caso, quienes recabaron información sobre fechas de inicio de síntomas, antecedentes de viaje, desplazamiento al interior del territorio y rastreo de contactos estrechos bajo la definición de tener un encuentro no protegido a menos de dos metros y por más de 15 minutos.

Para estimar la distribución del intervalo serial se ajustaron varios modelos paramétricos: distribuciones Weibull, Log-normal y Gamma; luego, se compararon entre sí utilizando el criterio de información de Akaike (8). Calculamos las estimaciones por máxima verosimilitud de los parámetros de la distribución elegida con mejor ajuste con su respectivo intervalo de confianza, calculados por remuestreo. Posteriormente, se calcularon los valores esperados en media y varianza de la distribución, que, a su vez, fueron utilizados para estimar el  $R_0$ . Los análisis se ejecutaron con software R versión 4.0.0, y con la ayuda de las librerías univariateML y earlyR.

## RESULTADOS

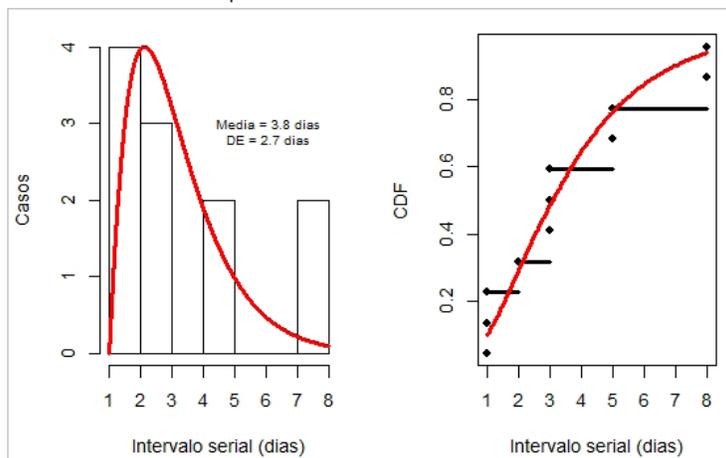
De acuerdo con el ajuste evaluado de los datos sobre la diferentes distribuciones de prueba, se ajustó de forma robusta una distribución Gamma (Figura 1) (AIC=53,04 con 2 grados de libertad). Los ajustes con distribuciones Weibull y Log-normal tuvieron menor ajuste (AIC 53,12 y 53,13, respectivamente).

Los parámetros estimados por máxima verosimilitud de la distribución Gamma elegida fueron  $\alpha=1,96$  (IC95% 1,1-5,9) y  $\beta=0,51$  (IC95% 0,26-1,7), bajo la siguiente parametrización:

$$f\left(\frac{x}{\alpha}, \beta\right) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x}$$

Se estimó un intervalo serial con un valor promedio de 3,8 días y una desviación estándar de 2,7 días. La media del IS es notablemente menor que la del período de incubación promedio establecidos para SARS-CoV-2. Esta

**Figura 1.** Distribución Gamma ajustada para el intervalo serial en 12 pares de casos infectador-infectados



puede ser una evidencia de que la transmisión se da desde la etapa presintomática.

En cuanto al  $R_0$ , se estimó mediante máxima verosimilitud y remuestreo un valor de 1,7 (intervalo de credibilidad al 95% 1,06-2,72).

## DISCUSIÓN

El intervalo serial y  $R_0$  son medidas epidemiológicas fundamentales para la comprensión de la dinámica de las enfermedades infecciosas, así como para la toma de decisiones en salud pública dirigidas a la disminución de consecuencias y conocimiento del comportamiento del agente patógeno en la población. Sin embargo, es necesario conocer otros factores que determinan los periodos y la velocidad de transmisión (8).

En este análisis se pudo evidenciar que, para los casos importados en la fase de contención, el IS es menor con respecto a otros reportes (9), lo cual puede indicar que la transmisión se dio en el período presintomático (10). Esto coincide con otros estudios en los que se ha demostrado que este período de transmisión presintomática alcanza un pico promedio incluso a los 2 a 3 días preinicio de síntomas.

Este hallazgo supone un reto para los equipos de salud pública, por lo que se deben plantear que el rastreo de contactos para inicio de cuarentena debe estar dirigida al menos dos días antes del inicio de síntomas del caso inicial (11,12). Estudios de modelamiento han demostrado que el rastreo de contactos en forma temprana, junto con el uso masivo de PCR-RT, puede lograr una reducción de hasta el 50% en la transmisión de COVID-19 (13).

El valor de  $R_0$ , similar al reportado por otros estudios (9), pero inferior a los publicados previamente bajo intervalos seriales mucho mayores al periodo de incubación promedio (>7 días) (14), puede ser explicado por la

implementación de medidas de contención de manera anticipada. Sin embargo, este debe tener un análisis continuo, acorde con las medidas de reducción en la cuarentena y con el concordante incremento en la estrategia de rastreo de contactos y distanciamiento social, que deben imperar para los próximos meses de pandemia ♦

**Conflicto de intereses:** Ninguno.

## REFERENCIAS

- Jiang X, Rayner S, Luo M. Does SARS-CoV-2 has a longer incubation period than SARS and MERS? *J Med Virol.* 2020 May; 92(5):476-8. DOI:10.1002/jmv.25708.
- Ridenhour B, Kowalik JM, Shay DK. El número reproductivo básico ( $R_0$ ): consideraciones para su aplicación en la salud pública. *Am J Public Health.* 2018 Dec 1; 108(S6):S455-65. DOI:10.2105/AJPH.2013.301704s.
- Fine PEM. The Interval between Successive Cases of an Infectious Disease. *American Journal of Epidemiology.* 2003; 158(11):1039-47. DOI:10.1093/aje/kwg251.
- Viceconte G, Petrosillo N. COVID-19  $R_0$ : Magic number or conundrum? *Infect Dis Rep.* 2020 Feb 24; 12(1). DOI:10.4081/idr.2020.8516.
- World Health Organization. Statement on the meeting of the International Health Regulations (2005) Emergency Committee regarding the outbreak of novel coronavirus 2019 (n-CoV) on 23 January 2020 [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [cited 2020 May 16]. Available from: <https://bit.ly/2EmlFjP>.
- Liu Y, Gayle AA, Wilder-Smith A, Rocklöv J. The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. *J Travel Med.* 2020 Mar 13; 27(2). DOI:10.1093/jtm/taaa021.
- Medeiros de Figueiredo A, Daponte A, Moreira Marculino de Figueiredo DC, Gil-García E, Kalache A. Letalidad del COVID-19: ausencia de patrón epidemiológico. *Gaceta Sanitaria.* 2020 Apr 4; DOI:10.1016/j.gaceta.2020.04.001.
- Ridenhour B, Kowalik JM, Shay DK. Unraveling  $R_0$ : Considerations for Public Health Applications. *Am J Public Health.* 2014 Feb; 104(2):e32-41. DOI:10.2105/AJPH.2013.301704r.
- Du Z, Xu X, Wu Y, Wang L, Cowling BJ, Meyers LA. Serial Interval of COVID-19 among Publicly Reported Confirmed Cases. *Emerging Infectious Diseases.* 2020; 26(6). DOI:10.3201/eid2606.200357.
- Nishiura H, Linton NM, Akhmetzhanov AR. Serial interval of novel coronavirus (COVID-19) infections. *Int J Infect Dis.* 2020 Apr; 93:284-6. DOI:10.1016/j.ijid.2020.02.060.

11. Zhang W. Estimating the presymptomatic transmission of COVID19 using incubation period and serial interval data. medRxiv. 2020 Apr 6; DOI:10.1101/2020.04.02.20051318.
12. Zhao S, Gao D, Zhuang Z, Chong M, Cai Y, Ran J, et al. Estimating the serial interval of the novel coronavirus disease (COVID-19): A statistical analysis using the public data in Hong Kong from January 16 to February 15, 2020. medRxiv. 2020 Feb 25; DOI:10.1101/2020.02.21.20026559.
13. Kucharski AJ, Klepac P, Conlan A, Kissler SM, Tang M, Fry H, et al. Effectiveness of isolation, testing, contact tracing and physical distancing on reducing transmission of SARS-CoV-2 in different settings. medRxiv. 2020 Apr 29. DOI:10.1101/2020.04.23.20077024.
14. Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, et al. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia. *New England Journal of Medicine*. 2020 Mar 26; 382(13):1199-207. DOI:10.1056/NEJMoa2001316.

# Morbilidad y mortalidad por COVID-19 en Latinoamérica: estudio en tres países - febrero a julio de 2020

## Morbidity and mortality due to COVID-19 in latin america: study of three countries - february to july 2020

Rosibel Prieto-Silva, Carlos A. Sarmiento-Hernández y Fabián Prieto-Silva

Recibido 22 mayo 2020 / Enviado para modificación 28 mayo 2020 / Aceptado 31 julio 2020

### RESUMEN

El 11 de marzo de 2020 la OMS declara el estado de pandemia por COVID-19. Para el 31 de julio de 2020, se han reportado 17 106 007 casos y 668 910 muertes a nivel global. La región de las Américas ha reportado 9 152 173 casos (53%) y 351 121 muertes (52,2%), por lo que resulta de interés el análisis de los datos en países de esta región. Argentina, Chile y Colombia, debido a sus características culturales, políticas y económicas, presentan similitudes que favorecen su estudio y comparación.

**Objetivo** Realizar un análisis exploratorio de variables relacionadas con los sistemas de salud y datos epidemiológicos de COVID-19 en Argentina, Chile y Colombia.

**Metodología** Estudio descriptivo de variables reportadas por los organismos oficiales de cada Estado.

**Resultados** Se presentaron diferencias importantes en los casos activos, el número de pruebas realizadas y la mortalidad entre los tres países. La Ciudad Autónoma de Buenos Aires presenta la mayor tasa de casos activos a julio de 2020. De estos tres países, Colombia presenta las mayores cifras de fallecimientos confirmados por COVID-19 con cierre a 31 de julio de 2020. Se sugiere la unificación de un sistema de información para América Latina que permita hacer un monitoreo integral de variables de interés, que favorezca la calidad de los datos y que unifique el lenguaje técnico.

**Palabras Clave:** Pandemia por el nuevo coronavirus (2019-nCoV); infección por coronavirus 2019-ncov; América Latina; análisis por conglomerados (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

On March 11, 2020 the WHO declared the state of pandemic by COVID-19. As of July 29, 2020, 17 106 007 cases and 668 910 deaths have been reported globally. The region of the Americas has reported 9 152 173 cases (53%) and 351 121 deaths (52,2%), so the aggregate analysis of the data in countries in this region is of interest. Argentina, Chile and Colombia, due to their demographic and economic characteristics, are countries that can be studied.

**Objective** Analyze variables related to health systems and epidemiological data of SARS-CoV-2 virus disease in Argentina, Chile and Colombia.

**Methods** A descriptive study of variables reported by the official organisms of each state was used.

**Results** There is an important difference in active cases and mortality among the three countries; the Autonomous City of Buenos Aires has the highest number of active cases as of July 2020. Colombia has the highest numbers of deaths confirmed by COVID-19 in the months of February to July 2020. We suggest the unification of an information system for Latin America that allows a comprehensive monitoring of variables, improves the quality of data and unifies the technical language.

RP: Enf. Abogada. M. Sc. Salud Pública. Ph. D. Ciencias de la Salud. Profesora Titular; Universidad Nacional de Colombia. Líder y miembro fundador del Grupo de Investigación en Cuidado Perioperatorio. Bogotá, Colombia.

*rprietos@unal.edu.co*

CS: Enf. Miembro del Grupo de Investigación en Cuidado Perioperatorio. Bogotá, Colombia.

*casarmiento@unal.edu.co*

FP: Enf. Ingeniero de Sistemas. Esp. Gerencia en Salud Pública. Esp. Auditoría en Salud. Miembro del Grupo de Investigación en Cuidado Perioperatorio. Bogotá, Colombia.

*fprietos@unal.edu.co*

**Key Words:** COVID-19 pandemic; SARS-CoV-2 infection; Latin America; cluster analysis (source: MeSH, NLM).

En diciembre del 2019, en la ciudad de Wuhan (China), se alerta de un brote de pacientes con diagnóstico de neumonía de etiología desconocida, que presentaron fiebre, tos, disnea y recuento leucocitario bajo sin mejoría al tratamiento antimicrobiano. Estas manifestaciones clínicas eran consistentes con una neumonía de origen viral. En enero de 2020 se aisló a través de pruebas de RT-PCR y secuenciación genética el virus causante de esta enfermedad y se le denominó *coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave* (SARS-CoV-2). A la enfermedad que este causa se le llamó COVID-19 (1). La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el 30 de enero la emergencia de salud pública de importancia internacional debido al brote de la enfermedad en China y en otros 18 países. Debido a la amplia expansión del virus, el 11 de marzo la OMS declaró al COVID-19 como pandemia (2).

Para finales de julio, las cifras de contagio en el mundo sobrepasaban los 17 millones y los 668 mil fallecimientos. El continente más afectado es América, con 9 152 173 de contagios y 351 121 muertes, cifras que lo ubican como el epicentro de la pandemia. La lista de países de la región con las cifras más altas de contagios y muertes la encabeza Estados Unidos; le siguen Brasil, México, Perú, Chile, Colombia y Argentina (3). En el caso de estos últimos 3 países latinoamericanos, existen similitudes en algunos aspectos generales que influyen en las condiciones de vida de los individuos, tales como los sistemas de salud, aspectos políticos, económicos, culturales y sociales. En el presente texto se realiza un análisis exploratorio de variables relacionadas con los sistemas de

salud y datos epidemiológicos de COVID-19 en Argentina, Chile y Colombia.

## METÓDO

Se realizó un análisis exploratorio de variables de los sistemas de salud argentino, chileno y colombiano y de variables de morbilidad y mortalidad asociada a COVID-19 durante los meses de febrero a julio de 2020. Los datos de variables asociadas a COVID-19 fueron aquellos disponibles en bases de datos oficiales de los gobiernos del respectivo país (4-6). Las bases de datos fueron procesadas mediante el *software* Microsoft Excel. Luego de analizar la calidad de los registros, se seleccionaron datos disponibles sobre morbilidad, mortalidad, cantidad de pruebas realizadas y comportamiento de las UCI en los respectivos Estados.

Debido a las múltiples fechas reportadas en las bases de datos disponibles, se seleccionó siempre la variable “fecha de notificación” para la construcción de tablas y gráficos, exceptuando el reporte de fallecimientos (para lo cual se seleccionó la variable “fecha de fallecimiento”). En cuanto a las clasificaciones de casos confirmados, activos y personas recuperadas, se tuvieron en cuenta los protocolos de notificación de cada país (7,9).

## RESULTADOS

Se presentan las características generales y de los sistemas de salud de Argentina, Chile y Colombia. Luego se realiza el análisis agrupado de los datos relacionados con COVID-19 de los tres países seleccionados (Tabla 1.)

**Tabla 1.** Principales características de los países seleccionados

Características	Chile	Colombia	Argentina
Superficie	756 100 km <sup>2</sup> (10)	1 141 750 km <sup>2</sup> (11)	3 761 274 km <sup>2</sup> (12)
Población	17 574 003 (13)	44 164 417 (14)	40 117 096 (15)
Hombres	8 601 989 (13)	21 570 493 (14)	19 523 766 (15)
Mujeres	8 972 014 (13)	22 593 924 (14)	20 593 330 (15)
Médicos (por 1000 habitantes) (16)	2,6 (2018)	2,2 (2017)	4,0 (2018)
Enfermeras y parteras (por 1000 habitantes) (17)	13,3 (2018)	1,3 (2018)	2,6 (2017)
Gasto per cápita en salud en PPA USD (2017) (18)	2 228 US	1 039 US	1 916 US

Fuente: elaboración propia con base en datos oficiales y reportados a la OMS.

### I. Características de los sistemas de salud

#### *Sistema de salud de Argentina*

En Argentina el régimen de salud se compone por sector público, privado y seguro social. El primero está conformado por los ministerios, la red de hospitales y centros de salud públicos que brindan atención gratuita a las personas sin seguridad social y sin capacidad de pago; este

sector se financia con recursos fiscales y los pagos ocasionales cuando atienden a personas afiliadas al Sistema de Seguridad Social (19).

El sector privado está integrado por los profesionales y establecimientos de salud privados que atienden a particulares, beneficiarios de las obras sociales (OS) y a los afiliados a seguros privados; también incluye a las empresas

de medicina prepaga (EMP) y a las cooperativas y mutuales de salud (19).

El seguro social obligatorio cubre las OS y se financia a partir de los recursos de los trabajadores y sus empleadores; estas cubren a los trabajadores y sus familias, junto con los jubilados del sistema nacional de previsión y sus familias. Las OS cuentan con representación en las provincias y se encargan de cubrir a los trabajadores públicos de su territorio (19).

*Sistema de salud de Chile*

Chile cuenta con un sistema de salud compuesto por los sectores público y privado. El sector público cubre el 70 % de la población chilena. Está formado por todos los organismos que constituyen el Sistema Nacional de Servicios de Salud (Ministerio de Salud, Instituto de Salud Pública, Central de Abastecimiento, Fondo Nacional de Salud —FONASA— y la Superintendencia de Salud); este se financia con impuestos, contribuciones obligatorias y copagos al FONASA. El sector privado está conformado por las Instituciones de Salud Previsional (ISAPRE), que cubren el 17,5 %. Este es financiado por los aportes de sus contribuyentes y ciertos servicios que son contratados por el sector público. El resto de la población chilena no se encuentra afiliada a alguno de los sectores del sistema de salud o pertenecen a las fuerzas armadas (20).

*Sistema de salud de Colombia*

El sistema general de seguridad social en salud en Colombia (SGSS) contempla dos regímenes básicos de afiliación para su población. El régimen contributivo agrupa principalmente a trabajadores, servidores públicos y pensionados que tienen capacidad de cotizar mensualmente. En el régimen subsidiado están las personas que pertenecen a grupos más vulnerables (21,22); para acceder a este régimen las personas

deben encontrarse registradas ante la encuesta socioeconómica SISBEN, la cual clasifica a la población vulnerable en dos niveles (23,24). El pago a los prestadores de la atención y la afiliación a regímenes de la población se realiza a través de Entidades denominadas EPS (Entidades Promotoras de Salud), quienes pueden organizarse de forma privada, pública o mixta. En la actualidad existen 85 EPS distintas en todo el territorio nacional (25).

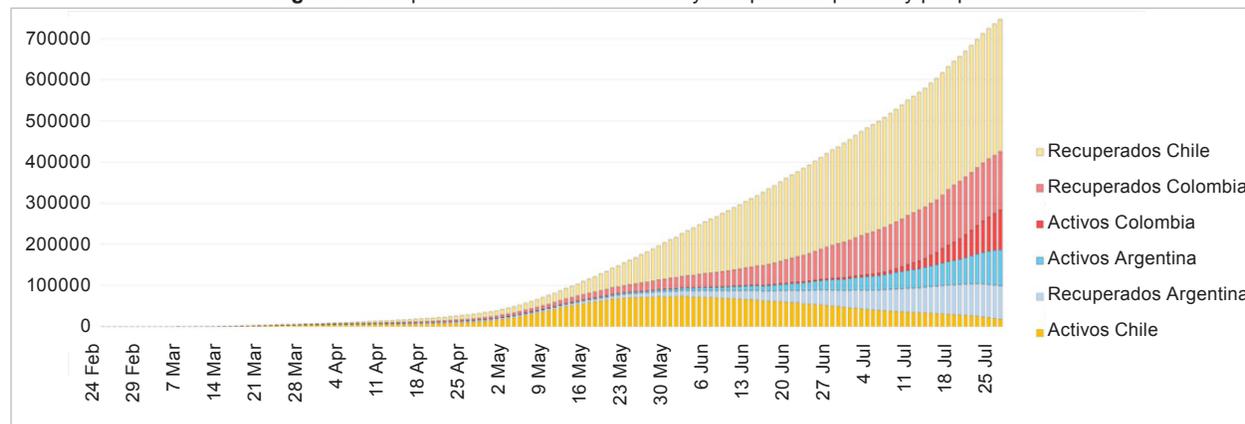
Independientemente de su conformación, las EPS administran los recursos que llegan al fondo ADRES. La financiación del sistema se da a través del porcentaje fijo del salario, correspondiente a un 4,5 % para el empleado y un 8% para el empleador. Las personas independientes deben cotizar 12,5% de su salario base para la afiliación en una EPS de régimen contributivo (26).

**II. Análisis de morbilidad y mortalidad por COVID-19**

Los datos que se presentan tienen como fecha de inicio la reportada por cada país, y como fecha de corte para este estudio el día 31 de julio de 2020. La información reportada por las entidades públicas permitió la comparación de casos activos y personas recuperadas por país, número de pruebas realizadas, fallecimientos confirmados por COVID-19 y registro de ocupación diaria de UCI (4-6). El total de casos activos de los tres países analizados suman 267 448 casos; con un total de 24 148 fallecimientos. Esto representa el 2,9% de los casos activos y 6,9% de los fallecimientos reportados en el continente americano.

Chile presenta la mayor cantidad de personas recuperadas (330 526), seguido de Colombia (173 719) y Argentina (166 144). En cuanto a número de casos activos, Colombia registra el mayor número (142 236), seguido de Argentina (102 824), y por último Chile (22 388) (Figura 1).

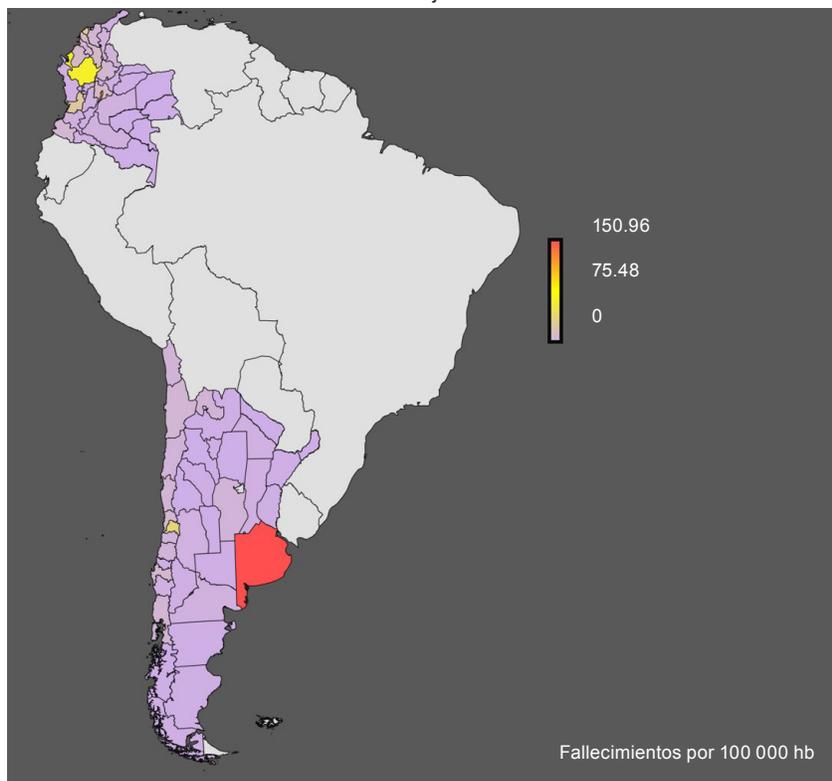
**Figura 1.** Comportamiento de casos activos y recuperados por día y por país



El análisis regional de casos activos por cien mil habitantes indica que la Provincia de Buenos Aires, Argentina (130,52), Bogotá D.C., Colombia (114,02), la Ciudad Autónoma

de Buenos Aires, Argentina (87,24), Antioquia, Colombia (44,55) y la Región Metropolitana de Chile (38,32) agrupan la mayor concentración de casos (Figura 2).

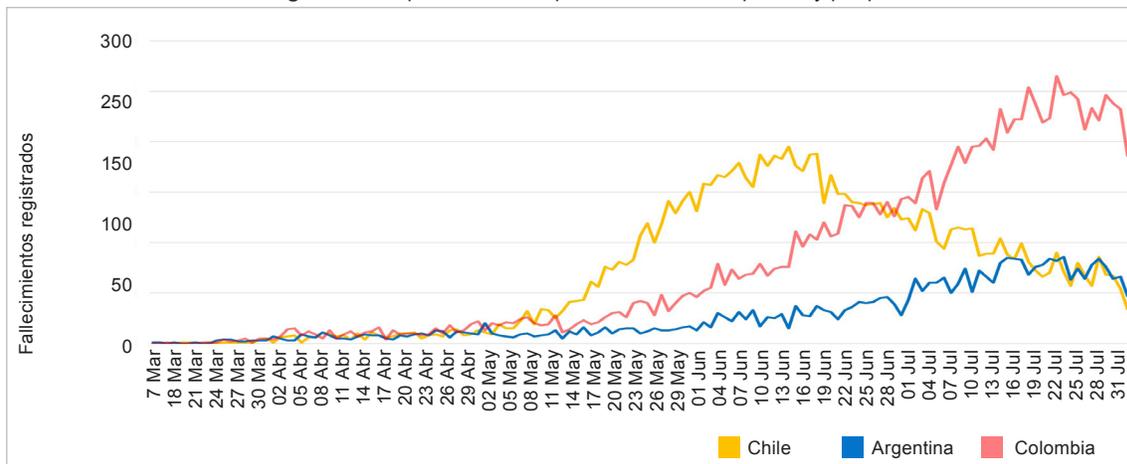
**Figura 2.** Mapa de casos activos por país y región  
Corte a 31 de julio de 2020

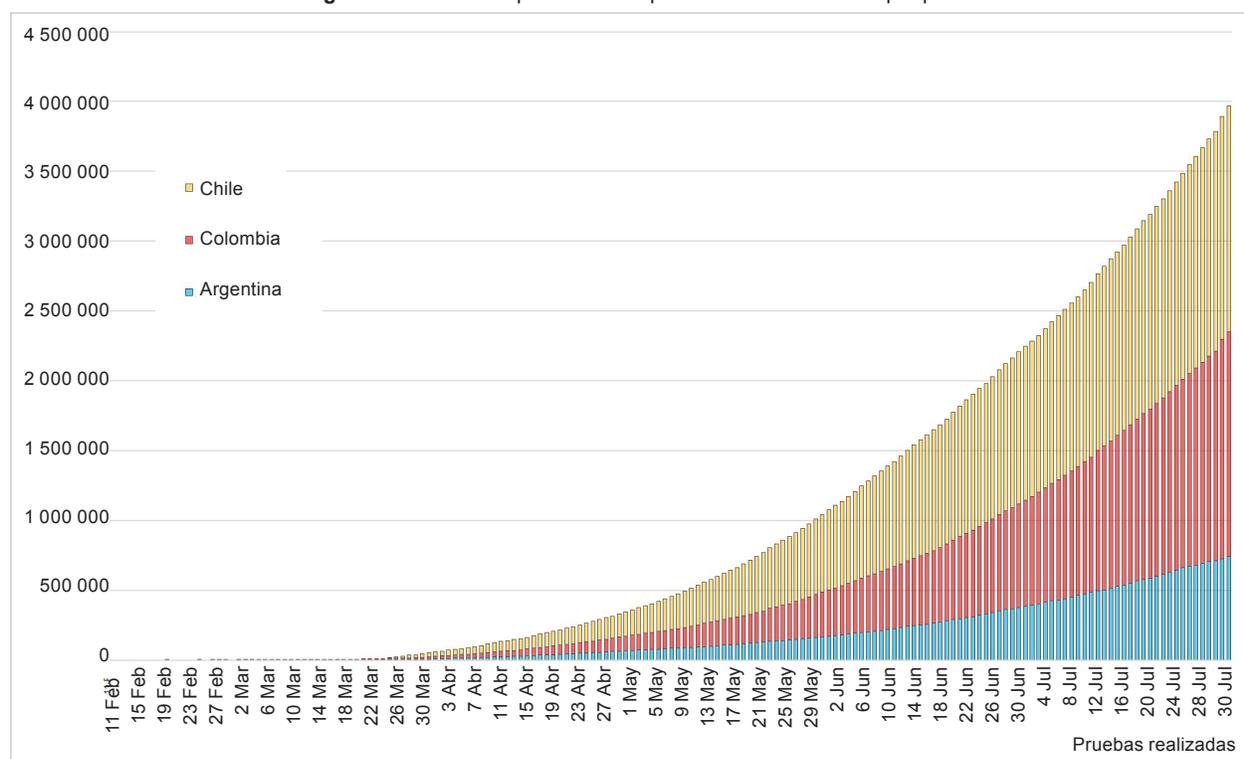


En cuanto a personas fallecidas, según la variable de fallecimientos reportados y confirmados por COVID-19, Colombia supera a los demás países, con 10 711 fallecimientos reportados (Figura 3). Chile, por su parte, reporta 9 740 fallecimientos, lo que representa un *Odd Ratio* (OR) respecto a Colombia de 0,361, y un intervalo de

confianza (CI) 95% de 0,347-0,375; Argentina presenta el menor número de registros, con 3697 fallecimientos (OR=0,492; CI (95%)=0,479-0,506). El primer fallecimiento se reportó en Argentina el 07 de marzo de 2020, seguido de Colombia, reportado el 16 de marzo de 2020 y Chile, reportado el 19 de marzo de 2020.

**Figura 3.** Comportamiento de personas fallecidas por día y por país



**Figura 4.** Histórico de pruebas PCR procesadas acumuladas por país

En cuanto a pruebas diarias realizadas, esta variable encuentra correlación con los fallecimientos reportados ( $r_2=0.993$ ,  $p<0.001$ ). Chile sobrepasa a los otros dos países con 1 572 800 pruebas tomadas y procesadas, seguido de Colombia con 1 502 809. Argentina reporta la menor cantidad de pruebas tomadas, con 710 350 pruebas analizadas con cierre a julio 31 de 2020.

La ocupación de Unidades de Cuidado Intensivo (UCI) es reportada de forma heterogénea por cada Estado. Solo fue posible recopilar el dato de UCI ocupadas la fecha del 29 de julio de 2020. Argentina reportó a esa fecha el mayor número de ocupación, con 1 714 unidades; seguido de Colombia, con 1 567; la menor ocupación la tuvo Chile, con 1 485 unidades ocupadas.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se exploraron las variables que permiten comparar el comportamiento y la respuesta ante la pandemia de COVID-19 de tres países latinoamericanos. Se analizaron las variables relacionadas con los sistemas de salud y los datos reportados de manera oficial por cada país, que permitieron ver un panorama de las diferencias y retos básicos que enfrenta cada Estado para abordar la actual crisis.

En cuanto a las características de los sistemas de salud, puede apreciarse la participación privada en la prestación

de los servicios, lo que se encuentra relacionado con el sistema económico y político que prevalece en los países, de mercado y capitalismo. Colombia es el país más densamente poblado, con menos enfermeras (os) y médicas(os) por cada mil habitantes; además, tiene la menor inversión per cápita en salud. Chile es el país con menor extensión territorial y cantidad poblacional; aun así, tiene el mayor número de enfermeros(as) por cada mil habitantes y realiza la mayor inversión en salud. Argentina tiene la mayor extensión territorial, cuenta con una población similar a la colombiana y una mayor cantidad de médicos. Estas características permiten evidenciar la diversidad de los países latinoamericanos que pueden explicar las diferencias en resultados y respuesta ante la pandemia. Asimismo, se hace un llamado para que se tenga en cuenta la calidad de los datos oficiales de las variables de población y sistemas de salud, dado que existen estudios sobre las limitaciones que tiene esta información (27,28).

Diferentes estudios (29-31) han analizado la relación entre la disponibilidad de profesionales y los principales indicadores en salud, tales como mortalidad materno-perinatal, mortalidad infantil y tasas de hospitalización, lo cual demuestra el impacto positivo que tiene la inversión en salud para las poblaciones en general. En el presente estudio se encontró que Chile tiene mayor inversión per cápita frente a Colombia y Argentina. Esta inversión se refleja en la cantidad de pruebas y la alta tasa de personas recuperadas

de la enfermedad que presenta este país. Sánchez et ál. han reconocido el importante rol que juega el fortalecimiento de los sistemas de salud; han sugerido que, para el caso concreto de Colombia, se disponga de sistemas de vigilancia epidemiológica más robustos, acompañados de equipos de atención primaria en salud (32).

Si se analiza la mortalidad de acuerdo con la población de cada país, Chile presenta la mayor tasa de fallecimientos: 55,4 por cien mil habitantes. Sin embargo, este dato debe considerar la capacidad de diagnóstico de COVID-19 desplegada al interior de cada territorio, dado que existe una asociación estadísticamente significativa entre la cantidad de pruebas PCR procesadas y el reporte de fallecimientos; de esta manera, Chile es el país con mayor número de pruebas PCR procesadas y menor población. Teniendo este factor en cuenta, se recomienda que los estudios comparativos de morbilidad y mortalidad por COVID-19 incorporen siempre los datos de pruebas diagnósticas procesadas con mayor detalle, ya que esto permite tener un panorama real de la respuesta ante la crisis y estudiar con mejores criterios las posibilidades de intervención.

El mayor riesgo de fallecimiento entre las personas que han contraído la enfermedad se encuentra en Colombia, país que tiene como característica una alta tasa de incidencia en el distrito capital (124 por cada 100 000 habitantes) y en las regiones de Antioquia (61,4), Atlántico (25,6) y Valle del Cauca (23,6). En Chile y Argentina, la mayor concentración de casos se presenta en sus capitales, Santiago de Chile y Buenos Aires. Las restantes regiones tienen tasas de incidencia homogéneas. Este dato permite inferir que Colombia permanece como un país con altas diferencias de comportamiento demográfico y de salud entre sus regiones, por lo que se recomienda que futuros estudios desarrollen modelos matemáticos que den cuenta de la alta diferenciación regional que existe al interior de los países. En este sentido, para Burki (33) es importante analizar las dimensiones de la pandemia en regiones con altos niveles de densidad poblacional; tal es el caso de las comunas de Medellín y los distritos de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta, en Colombia; y las capitales de Chile y Argentina. Esto ratifica la importancia de las medidas de distanciamiento social y su implementación rigurosa.

La limitación más importante de este estudio es la alta divergencia metodológica en el almacenamiento de datos por cada Estado. Mientras la base oficial de casos de Argentina reporta en un solo conjunto de datos la información de personas en estado activo, recuperación y fallecimientos, Chile publica sus cifras mediante conjuntos separados por cada variable de interés. Por su parte, la base de datos colombiana mantiene una publicación

solamente de los casos activos, por lo que se dificulta el rastreo de los casos ya recuperados, así como la cifra histórica de ocupación de servicios de hospitalización y cuidado intensivo. Esta observación evidencia la necesidad de unificación en un sistema de información para América Latina que permita hacer un monitoreo integral de variables de interés, favorezca la calidad de los datos y unifique el lenguaje técnico para el reporte futuro.

Este estudio surge desde el Grupo de Investigación en Cuidado Perioperatorio de la Universidad Nacional de Colombia, con el apoyo y la participación del semillero de investigación, en especial del estudiante Leandro Guarrín Muñoz. Este momento de pandemia constituye una oportunidad para el desarrollo investigativo y el trabajo en equipo en salud pública, interdisciplinar e intersectorial, que incida en la generación de políticas públicas ♣

**Conflicto de intereses:** Ninguno.

## REFERENCIAS

1. China CDC. An Outbreak of NCIP (2019-nCoV) Infection in China - Wuhan, Hubei Province, 2019-2020 [Internet]. China CDC Weekly. Chinese Center for Disease Control and Prevention; 2020 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3m9sLty>.
2. World Health Organization. Timeline of WHO's response to COVID-19 [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3blGZg9>.
3. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) Situation Report 193 [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3mc6rPJ>.
4. Ministerio de Salud Argentina. Datos Abiertos del Ministerio de Salud -COVID-19. Casos registrados en la República Argentina [Internet]. Gobierno de Argentina: Ministerio de Salud Argentina; 2020 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/33jCox5>.
5. Instituto Nacional de Salud. Coronavirus (COVID-19) en Colombia [Internet]. Resumen diario. Bogotá: Gobierno de Colombia; 2020 [cited 2020 Julio 21]. Available from: <https://bit.ly/2FKnFV>.
6. Ministerio de Salud de Chile. Covid-19 en Chile: la realidad nacional en datos [Internet]. Santiago: Gobierno de Chile. 2020 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3igK35C>.
7. Ministerio de Salud de Chile. Información técnica [Internet]. Santiago: Gobierno de Chile. 2020 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/33eo5cZ>.
8. Ministerio de Salud Argentina. Resolución 680/2020 RESOL-2020-680-APN-MS [Internet]. Buenos Aires: Gobierno de Argentina; 2020 [cited Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3hbFcBi>.
9. Instituto Nacional de Salud (INS). Instructivo para la vigilancia en salud pública intensificada de infección respiratoria aguda y la enfermedad asociada al nuevo coronavirus 2019 (COVID-19) [Internet]. 2020 [cited 2020 Julio 31]. Bogotá: Gobierno de Colombia. Available from: <https://bit.ly/32lX0pj>.
10. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Perfil de País - Chile [Internet]. Roma: FAO; 2015 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/35pnh7O>.
11. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Perfil de País - Colombia [Internet]. Roma: FAO; 2015 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3ikaFT1>.

12. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Perfil de País - Argentina [Internet]. Roma: FAO; 2015 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/35q5uNU>.
13. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Censos de Población y Vivienda [Internet]. Santiago: Gobierno de Chile; 2017 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/32h0Rnh>.
14. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). ¿Cuántos somos? [Internet]. Censo Nacional de Población y Vivienda. 2018 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/2RfDMem>.
15. Instituto Nacional de Estadística y Censos-República Argentina. INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina [Internet]. Buenos Aires: INDEC; 2010 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://www.indec.gov.ar/>.
16. World Health Organization. Physicians (per 1,000 people) [Internet]. Geneva: WHO; 2017 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3ilFEyb>.
17. World Health Organization. Nurses and midwives (per 1,000 people) [Internet]. Geneva: WHO; 2017 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/2FhpzLF>.
18. World Health Organization. Global Health Expenditure Database [Internet]. Geneva: WHO; 2017 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/2DKYeRc>.
19. Belló M, Becerril-Montekio VM. Sistema de salud de argentina. Salud Publica Mex [Internet]. 2011 [cited 2020 Julio 31]; 53(Suppl 2):96-108. Available from: <https://bit.ly/32eP3Sx>.
20. Becerril-Montekio V, de Dios Reyes J, Manuel A. Sistema de salud de Chile. Salud Publica Mex. 2011; 53(SUPPL. 2). Available from: <https://bit.ly/32fAWwb>.
21. Congreso de la República de Colombia. Ley 100 de 1993 [Internet]. Consultado en Available from: <https://bit.ly/3m9f3GZ>.
22. Congreso de la República de Colombia. Ley 1438 de 2011 [Internet]. Artículo 32 Colombia; 2011. Available from: <https://bit.ly/3hifgE7>.
23. Guerrero R, Gallego A, Becerril-Montekio V, Vásquez J. Sistema de salud de Colombia. Salud Publica Mex. 2011; 53 (5 sup 2):369. Available from: <https://bit.ly/3k9nOdd>.
24. Ministerio de la Protección Social. Resolución 3778 de 2011. Por la cual se establecen los puntos de corte del Sisbén Metodología III y se dictan otras disposiciones. 2011 [Internet]. Bogotá: República de Colombia. Available from: <https://bit.ly/3hiY0hO>.
25. Ministerio de Salud y Protección Social. Número de afiliados por departamento, régimen y administradora para el año 2018 [Internet]. Datos Abiertos Colombia. 2018 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3ij3UB4>.
26. Ministerio de Salud y Protección Social. Decreto 780 de 2016 [Internet]. Colombia; 2016 [cited 2020 Julio 31]. Available from: <https://bit.ly/3hgxd1>.
27. Prieto Silva R. Aproximaciones conceptuales y metodológicas en la medición de condiciones de vida y de salud en Colombia. Av en Enfermería. 2001; 19(1).
28. World Health Organization. Health Accounts [Internet]. Geneva: WHO; 2015 [cited 2020 Aug 5]. Available from: <https://bit.ly/3hjd27e>.
29. Robinson J, Wharrad H. Invisible nursing: exploring health outcomes at a global level. Relationships between infant and under-5 mortality rates and the distribution of health professionals, GNP per capita, and female literacy. J Adv Nurs. 2000; 32(1):28-40. DOI:10.1046/j.1365-2648.2000.01458.x.
30. Anand PS, Bärnighausen T. Human resources and health outcomes: Cross-country econometric study. Lancet. 2004; 364(9445):1603-9. DOI:10.1016/S0140-6736(04)17313-3.
31. Mattos E, Mazetto D. Assessing the impact of more doctors' program on healthcare indicators in Brazil. World Dev. 1 de noviembre de 2019; 123:104617. DOI:10.1016/j.worlddev.2019.104617.
32. Sánchez-Duque JA, Arce-Villalobos LR, Rodríguez-Morales AJ. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in Latin America: Role of primary care in preparedness and response. Aten Primaria. 2020 [cited 2020 Julio 31]; 52(6):369-72.
33. Burki T. COVID-19 in Latin America. Lancet Infect Dis [Internet]. 1 de mayo de 2020; 20(5):547-8. DOI:10.1016/j.aprim.2020.04.001.

# Riesgo de transmisión de SARS-CoV-2: evaluación espacial multicriterio en un municipio de Colombia, 2020

## Risk of transmission of SARS-CoV-2: multi-criteria spatial evaluation in a municipality of Colombia, 2020

Larry Niño, Oscar Gutiérrez-Lesmes; Cesar A. Diaz-Celis y Fred Manrique-Abril

Recibido 21 mayo 2020 / Enviado para modificación 24 mayo 2020 / Aceptado 30 mayo 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Zonificar el riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 en Villavicencio, Colombia, mediante una evaluación espacial multicriterio.

**Materiales y Métodos** Se implementó un modelo de evaluación multicriterio, a través de un proceso de análisis jerárquico integrado a un sistema de información geográfica. Como criterios fueron incluidos atributos descriptores de las amenazas y vulnerabilidades de transmisión viral identificados mediante un modelo epidemiológico en una misma escala numérica adimensional y proporcional a la probabilidad de contagio. Las alternativas evaluadas corresponden a entidades espaciales representadas por píxeles. Los criterios fueron ponderados de acuerdo con el juicio experto de los evaluadores, con los cuales se realizó el cálculo de una matriz de prioridades relativas normalizada, que permitió la estimación de un vector de pesos, cuyo grado de inconsistencia fue admisible. La magnitud del riesgo se calculó con una sumatoria ponderada de la valoración de los criterios, de acuerdo con un geoproceto de álgebra de mapas.

**Resultados** La heterogeneidad espacial del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 fue descrita en Villavicencio, lo que permitió identificar las áreas con mayor probabilidad de transmisión localizadas en barrios caracterizados por una alta vulnerabilidad socioeconómica.

**Conclusiones** La representación cartográfica derivada de la implementación de un modelo multicriterio, integrado a un Sistema de Información Geográfica, en el análisis de riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 constituye un aporte metodológico relevante para la toma de decisiones que definan estrategias de mitigación a escala local y que faciliten la localización y optimización de recursos por parte de las autoridades sanitarias.

**Palabras Clave:** Pandemia; infecciones por coronavirus; transmisión; análisis espacial; mapa de riesgo; geografía médica (*source: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To zoning the risk of SARS-CoV-2 transmission in Villavicencio, Colombia, through a multi-criteria spatial evaluation.

**Materials and Methods** A multi-criteria evaluation model was implemented, through a hierarchical analysis process, integrated into a Geographic Information System. As criteria, descriptive attributes of the threats and vulnerabilities of viral transmission identified by means of an epidemiological model were included, on the same dimensionless numerical scale and proportional to the probability of contagion; the alternatives evaluated correspond to spatial entities represented by pixels. The criteria were weighted according to the expert judgment of the evaluators, with whom the calculation of a normalized matrix of relative priorities was performed, which allowed the estimation of a vector of weights, the degree of inconsistency of which was admissible. The magnitude of the risk was calculated with a weighted summation of the evaluation of the criteria, according to a map algebra geoprocessing.

LN: Biólogo. Esp. Epidemiología. M. Sc. Geografía. Ph.D.(c) Ciencias-Biología. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

*lnino@unal.edu.co*

OG: RN. Esp. Epidemiología. M. Sc. Gestión Ambiental. Ph.D.(c) Epidemiología. Escuela de Salud Pública, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.

*oagutierrez@unillanos.edu.co*

CD: Ing. Sistemas. M. Sc. Sistemas de Información Geográfica. Ph.D.(c) Software, Sistemas y Computación. Escuela de Ingeniería, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.

*cesar.diaz@unillanos.edu.co*

FM: AB. M. Sc. Salud Pública. Ph. D. Salud Pública. Ph.D. Medicina Clínica. Profesor Titular, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.

*fgmanriquea@unal.edu.co*

**Results** The spatial heterogeneity of the risk of SARS-CoV-2 transmission was described in Villavicencio, allowing the identification of the areas with the highest probability of transmission, located in neighborhoods characterized by high socioeconomic vulnerability.

**Conclusions** The cartographic representation derived from the implementation of a multicriteria model, integrated to a Geographical Information System, in the SARS-CoV-2 transmission risk analysis, constitutes a relevant methodological contribution for decision-making defining strategies of mitigation at the local level, facilitating the location and optimization of resources by the health authorities.

**Key Words:** Pandemics; coronavirus infections; transmission; spatial analysis; risk map; geography; medical (*source: MeSH, NLM*).

Las enfermedades respiratorias transmisibles como la COVID-19, ocasionada por el coronavirus SARS-CoV-2 (1), están determinadas por la tasa de contacto y por el riesgo de infección, definido como la probabilidad de que el COVID-19 sea transferido a un individuo sin inmunidad (susceptible). La tasa de contacto y el riesgo de infección establecen la tasa de transmisión (2,3). La tasa de transmisión es modulada por factores y dinámicas sociales que determinan las relaciones entre sujetos en territorio (4), definiéndose un patrón espacial de contagio (5,6). Esta investigación evaluó el riesgo de transmisión para la ciudad de Villavicencio para el 22 de abril de 2020 de COVID-19.

La dinámica de la interacción social fue intervenida para reducir el contacto social con el fin de disminuir la tasa de contacto y la transmisión (7,9) con medidas como el toque de queda nocturno y la restricción de la movilidad para abastecerse. La nueva dinámica en la ciudad ocurría ahora por dos vías: la primera por personas autorizadas para circular en el territorio, de acuerdo con el decreto que definía un grupo poblacional sin restricción de movilidad, y la segunda vía, establecida por aspectos de la cultura ciudadana dentro del territorio, incluyendo el incumplimiento de la restricción de la movilidad (a la fecha se habían impartido 2 191 comparendos en el área de estudio). Esta nueva dinámica social pone en evidencia una multicausalidad que determina tasas de transmisión específicas de acuerdo con zonas donde confluyen características distintivas, lo cual hace necesario el uso de tecnologías geoespaciales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y metodologías como la Evaluación Multicriterio (EMC) que permiten la integración y ponderación las variables incluidas en la estimación del riesgo de transmisión.

Los SIG computarizados permiten analizar, visualizar y detectar patrones de eventos de interés en salud que se han incrementado exponencialmente (10); en la actualidad, constituyen una herramienta fundamental en el estudio de la distribución espacial de las enfermedades infecciosas (5). Durante la pandemia actual, los SIG y el análisis espacial han permitido cartografiar a diferentes escalas los eventos de infección, las reacciones sociales en

redes frente a la diseminación de la enfermedad, la predicción del riesgo con base en datos de viajeros y la propagación del contagio de acuerdo con trayectorias comunes de infectados y contactos; esta información es indispensable para entender las nuevas fuentes de contagio, la dinámica epidemiológica y la puesta en marcha de estrategias para el control de la COVID-19 (11). Como respuesta a la epidemia, numerosas instituciones han desarrollado sistemas de información que incluyen visores geográficos basados en programas comerciales; no obstante, estos recursos se limitan a funciones básicas de visualización que no permiten la modificación ni integración de parámetros a escalas apropiadas (6).

La EMC es implementada en problemáticas cuyos criterios y alternativas son finitos y explícitos. Corresponde a un conjunto de técnicas orientadas al apoyo en los procesos de evaluación, la cual permite ponderar diferentes criterios de acuerdo con las preferencias del investigador y la construcción de escenarios que disminuyan la incertidumbre en la evaluación de las alternativas consideradas (12). El estándar de la EMC corresponde a una matriz de evaluación donde el problema se define con criterios dispuestos en filas y el desempeño de las alternativas en las columnas; los pesos reflejan la importancia relativa entre los criterios considerados en la evaluación. Estos se establecen de forma subjetiva y representan la opinión experta del investigador (13). El proceso de análisis jerárquico (AHP, por su sigla en inglés) corresponde a un método EMC que permite la incorporación de aspectos de diversa naturaleza a un modelo, tomando en consideración las influencias entre las alternativas respecto a un conjunto de atributos. La metodología AHP considera tres etapas: i) modelización o estructuración de variables relevantes en el proceso de evaluación; ii) valoración o incorporación de las preferencias de los evaluadores, de acuerdo con juicios establecidos en una matriz de comparaciones pareadas; iii) priorización o cálculo del vector de pesos de los criterios considerados en la evaluación (14). El análisis SIG basado en EMC corresponde a un proceso que transforma y combina datos geográficos y juicios de valor con el objetivo de obtener información relevante para la toma de decisiones (15). La articulación SIG-EMC es

implementada con frecuencia para obtener mapas de riesgo epidemiológico, los cuales se obtienen integrando capas cartográficas de los criterios una vez se obtiene el vector de pesos (16-18). En la evaluación y zonificación del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 se incluyeron como criterios variables descriptoras de amenazas por probable circulación viral y vulnerabilidades asociadas a la densidad poblacional y tránsito de personas; como alternativas, se consideraron las entidades espaciales por evaluar, en niveles de riesgo acordes con el grado de severidad.

La emergencia sanitaria global por COVID-19, caracterizada por su alta velocidad de transmisión, prolongado periodo de incubación, alta proporción de asintomáticos y potencial capacidad de colapsar los sistemas de salud (1,4,6,19), provocó la necesidad de desarrollar herramientas que incluyan las nuevas dinámicas sociales y que apoyen la toma de decisiones en la priorización de áreas a escalas adecuadas, para realizar intervenciones que conduzcan a la interrupción de la cadena de transmisión viral por parte de las autoridades sanitarias y gubernamentales a nivel local. El objetivo del presente trabajo fue realizar una evaluación espacial del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 implementando un modelo multicriterio AHP, en el cual se integraron amenazas y vulnerabilidades

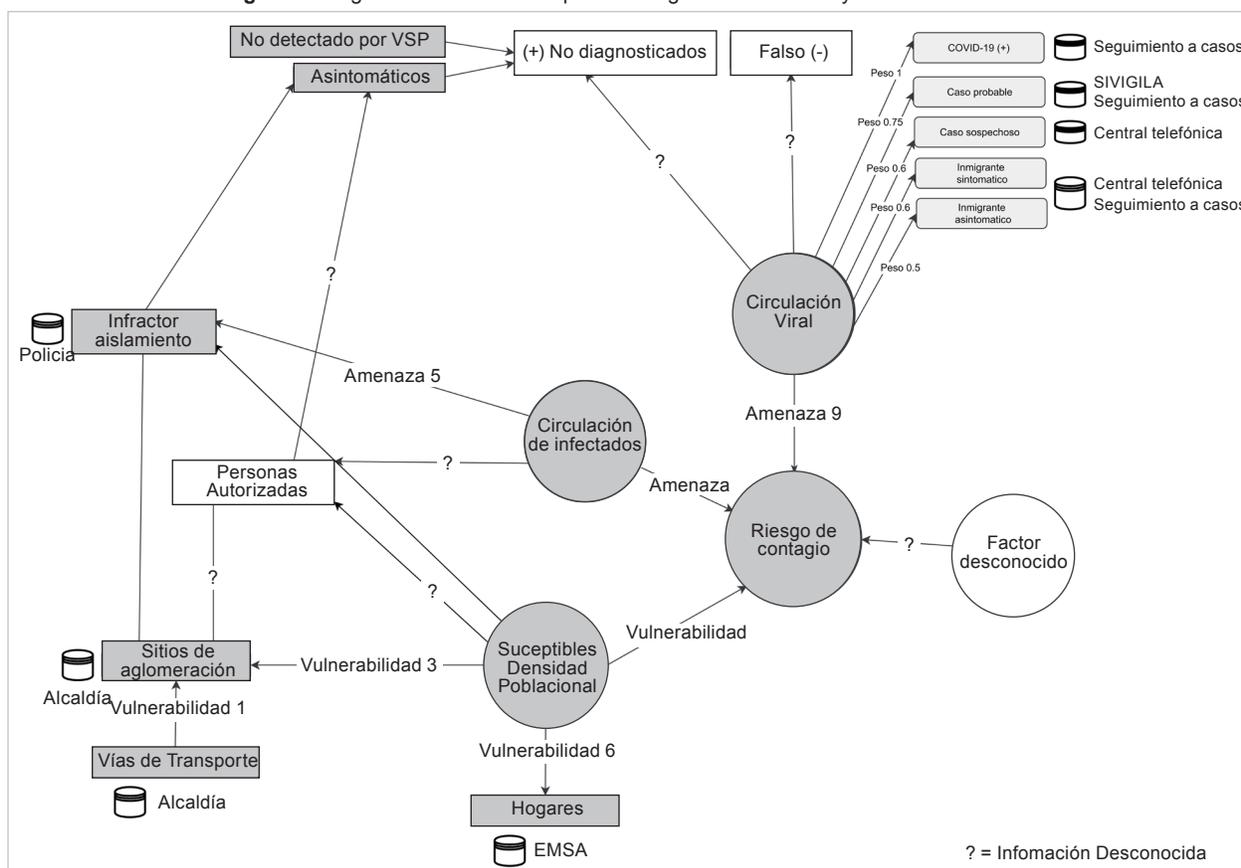
de transmisión viral como atributos geográficos, la aplicabilidad de los SIG y el análisis espacial como métodos eficaces para la evaluación y zonificación del riesgo de infección para facilitar la toma de decisiones en Salud Pública.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de tipo transversal y observacional descriptivo en la zona urbana del municipio de Villavicencio, departamento del Meta. El área de estudio se encuentra localizada entre las coordenadas 4,20° y 4,04° de latitud Norte y 73,72° y 73,50° de longitud Oeste. La proyección de habitantes en Villavicencio para 2020 corresponde a 502 047 personas en zona urbana (20), entre los cuales se han detectado 149 casos positivos para COVID-19 (14 importados, 135 relacionados), 677 casos probables (373 contactos estrechos de los casos positivos y 304 casos probables notificados al sistema de vigilancia epidemiológica de la red hospitalaria).

Se determinó un modelo teórico de riesgo de transmisión (Figura 1), desde factores reconocidos como factores en la transmisión del COVID-19 (1,4,7,9). Se definieron tres variables primarias observables y una cuarta como desconocida en el proceso causal: i) vulnerabilidad a

Figura 1. Diagrama acíclico teórico para el riesgo de transmisión y fuente de los datos



transmisión SARS-CoV-2 por densidad poblacional, representada por población susceptible a infección y que corresponde a todas las personas al inicio de la pandemia; ii) amenaza de transmisión SARS-CoV-2 por circulación de personas, definida por la población que circula incumpliendo el aislamiento social, personal autorizado para movilizarse y aglomeraciones en sitios públicos; iii) amenaza de transmisión SARS-CoV-2 por población con infección viral probable o confirmada, representada por casos con diagnóstico positivo, casos probables, migrantes, falsos positivos y asintomáticos. En la Figura 1, los rectángulos vacíos constituyen rutas que hacen parte de la línea causal, donde la información es desconocida por los investigadores y las autoridades municipales. De lo anteriormente expuesto, se establece que el modelo causal propuesto busca aproximarse a la realidad, aunque los factores desconocidos y el azar limiten la explicación del riesgo de contagio, lo cual es propio de todos los modelos poblacionales causales en epidemiología.

Dado que los datos estaban referenciados a las direcciones domiciliarias de la población, se requirió de un proceso de geocodificación para su ingreso a la evaluación espacial multicriterio, lo cual permite visualizar las localizaciones en un marco espacial estandarizado y reconocer la distribución geográfica de la información (21). La ubicación de los infractores al aislamiento se realizó con los datos de localización suministrados por la Policía Nacional (PONAL).

Se seleccionaron cinco variables como criterios de evaluación espacial del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2, de acuerdo con la disponibilidad, vigencia, representatividad y disposición a espacializar. Los criterios y su importancia relativa respondieron a amenazas y vulnerabilidades representadas por localizaciones de transmisión confirmada o sospechosa, el incumplimiento de medidas de aislamiento social, densidad poblacional y tránsito de personas en espacios geográficos comunes. La amenaza por circulación viral (ACV) se estimó de acuerdo con valoraciones relativas de probabilidad en un rango de 0 a 1, asociadas a localizaciones residenciales geocodificadas de personas con categorías de: caso confirmado por laboratorio (1), caso probable (0,75), caso sospechoso (0,6), viajero internacional con síntomas (0,6) y viajero internacional sin síntomas (0,5). Con estos datos vectoriales tipo punto se realizó una interpolación espacial de ponderación de distancias inversas (IDW, por su sigla en inglés), la cual implementa las localizaciones con valores conocidos para estimar una variable que se desconoce, lo que permite producir información continua a partir de datos puntuales y facilitar su integración con las demás variables geográficas incluidas en el estudio (22,23). El IDW es un método que incluye en la estimación una muestra

de vecinos cercanos, no modifica los valores incluidos en los puntos de control y, al ser de carácter determinístico, no proporciona los errores de los cálculos (24). La precisión de la estimación IDW fue realizada con una validación cruzada, en la cual se omite uno de los puntos de control a la vez y se calculan alternadamente; los valores observados y estimados permiten calcular la raíz del error cuadrático medio (RMS, por sus siglas en inglés), que establece la precisión de la interpolación con respecto a su cercanía a cero (25,26).

La vulnerabilidad por susceptibles (vsu), establecida de acuerdo con la población susceptible de infectarse y que al inicio de la pandemia corresponde a la totalidad de personas, se representó de forma continua, en la cual se describe la distribución de la densidad poblacional humana. Dicha estimación incluyó la proyección de población del DANE y el conteo en un rango espacial de 30 m de 165 371 medidores eléctricos residenciales en el área de estudio, geocodificados a partir de datos de la Electrificadora del Meta (EMSA). La amenaza por incumplimiento de cuarentena (AIC), correspondiente a los comparendos sancionados por la PONAL a personas que no acataron las medidas de aislamiento social, correspondió a la estimación de densidades de localizaciones o puntos de imposición de las sanciones, de acuerdo a una distancia de 300 m, en una geometría de círculo y con resolución espacial de 30 m. La vulnerabilidad por aglomeraciones de población (VAP) está representada por la localización de los puntos del municipio donde se presentan concentraciones de personas en búsqueda de bienes o servicios. Alrededor de estos puntos georreferenciados se trazaron áreas de influencia (*buffers*) a 200, 400 y 600 m, a las cuales se les asignó valoraciones de 0 a 1 de acuerdo con la magnitud de vulnerabilidad con respecto a su cercanía a la aglomeración. La vulnerabilidad por rutas de transporte (VRT), establecida por el tránsito común de personas sobre las principales vías del municipio, corresponde al trazado de áreas de influencia sobre el recorrido representado por líneas, a distancias de 25, 75 y 125 m, a las cuales les fue asignada una valoración de 0 a 1, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad, proporcional a la distancia al trazado de las rutas. Con las capas cartográficas generadas se estructuró un SIG en formato raster a 30 m de resolución espacial y en el sistema de coordenadas UTM 18N, los valores de la vulnerabilidad de susceptibles y la amenaza por incumplimiento de cuarentena fueron transformados a una escala de 0 a 1, con la implementación de una función lineal, con el objetivo de que la totalidad de las variables incluidas en el modelo estuvieran expresadas en la misma escala numérica adimensional y de acuerdo con el grado de exposición a la transmisión viral.

Los pesos de los criterios se estimaron con el método Saaty (27,28), el cual es un procedimiento que cuantifica las preferencias del evaluador, con respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios incluidos en el AHP. El método tiene como objetivo construir un vector de prioridades o pesos que permita la evaluación jerárquica y numérica de los criterios en consideración. Inicialmente se configuró una matriz cuadrada con las comparaciones pareadas, la cual describe una escala que define la correspondencia entre la valoración cualitativa del evaluador y una asignación numérica (27,28). Posteriormente se calculó la matriz normalizada siguiendo los lineamientos metodológicos y las consideraciones teóricas presentadas por Niño (29), con la cual fue estimado el vector de pesos de los criterios considerados en la evaluación del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2. Una vez se obtuvo el vector de pesos, se realizó la ponderación de cada criterio de acuerdo con el peso asignado, lo cual corresponde al producto de estos valores en cada una de las alternativas o píxeles de las capas cartográficas raster y que representan las variables espacializadas incluidas en la evaluación. A continuación, se realizó una sumatoria lineal ponderada, en la cual se obtuvo un único valor de riesgo con la suma de los valores de los criterios ajustados, de acuerdo con el peso asignado para cada variable. La Figura 2 muestra la sinopsis del modelo presentado, el cual corresponde a un proceso analítico jerárquico que estructura el problema de evaluación en niveles, de acuerdo con la comprensión y perspectiva de los evaluadores sobre la situación (30); en orden descendente y para el modelo realizado, las alternativas o entidades espaciales representadas por píxeles fueron ordenadas en función de un conjunto de criterios ponderados por los evaluadores, de acuerdo con el objeti-

vo de zonificar el riesgo de transmisión viral en el municipio de Villavicencio.

## RESULTADOS

En la interpolación IDW de la amenaza por circulación viral se implementó el uno como exponente de ponderación espacial, puesto que se consideró que la tasa de cambio de la variable es constante entre los puntos de control y se mantiene a cortas distancias bajo medidas de aislamiento social. Como parámetros complementarios de la interpolación, se incluyeron 10 localizaciones próximas con valores conocidos en sectores de 100 m a la redonda. De acuerdo con la validación cruzada, se obtuvo un RMS de 0,096, lo cual se consideró como una precisión aceptable de la estimación espacial.

La Tabla 1 muestra la matriz normalizada, con la cual se calculó el vector de pesos de los criterios considerados en la evaluación del riesgo de transmisión viral. El grado de inconsistencia de los juicios del decisor fue estimado con el índice de consistencia, donde el promedio del autovalor  $\lambda$  (5,266) indicó valoraciones congruentes en la matriz de prioridades normalizada, puesto que sus valores fueron próximos y nunca menores al número de criterios (cinco); el índice de consistencia calculado fue de 0,066, el cual fue posteriormente computado en el cálculo de la razón de consistencia con un índice de consistencia aleatorio correspondiente a 1,109, cifra antes reportada por Alonso & Lamata (31) quienes implementaron 500 000 matrices aleatorias para cinco criterios. La razón de consistencia resultante fue 0,060, valor inferior a 0,1, por lo cual se considera que el vector de pesos presenta una inconsistencia admisible.

**Tabla 1.** Matriz de prioridades normalizada

	VRT	VAP	AIC	VUS	ACV	Peso	Ponderación	$\lambda$
VRT	1,000	0,333	0,200	0,167	0,111	0,036	0,186	5,130
VAP	3,000	1,000	0,333	0,200	0,167	0,072	0,361	5,016
AIC	5,000	3,000	1,000	0,333	0,200	0,138	0,720	5,217
VUS	6,000	5,000	3,000	1,000	0,333	0,258	1,414	5,492
ACV	9,000	6,000	5,000	3,000	1,000	0,496	2,717	5,475

Según el vector de pesos, el riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 se calculó con un geoproceto de álgebra de mapas sobre las capas cartográficas tipo raster de los criterios considerados, de acuerdo con la expresión:

$$\text{Riesgo} = (\text{ACV} \cdot 0,496) + (\text{VUS} \cdot 0,258) + (\text{AIC} \cdot 0,138) + (\text{VAP} \cdot 0,072) + (\text{VRT} \cdot 0,036).$$

Una vez se integró el vector de pesos a la información geográfica de los criterios, se obtuvo una salida cartográfica de la distribución espacial del riesgo de transmisión viral (Figura 3), la cual permite distinguir las áreas con

mayor probabilidad de contagios. Los barrios donde se observa mayor riesgo, en la zona central de Villavicencio, corresponden a Barzal, Porvenir, San Gregorio, Veinte de Julio, Santa Inés y Villa Julia; hacia el sur, las áreas con mayor riesgo abarcan los barrios Serranía y Comuneros; al oeste del municipio se presenta alta probabilidad de transmisión viral en los barrios Danubio, San Carlos, Morichal y Ciudad Salitre; Sobre el río Ocoa, en el costado suroeste, los barrios con alto riesgo corresponden a Kirpas y Gaviotas, mientras que al extremo sureste, en Ciu-

Figura 2. Sinopsis metodológica del modelo espacial de evaluación multicriterio

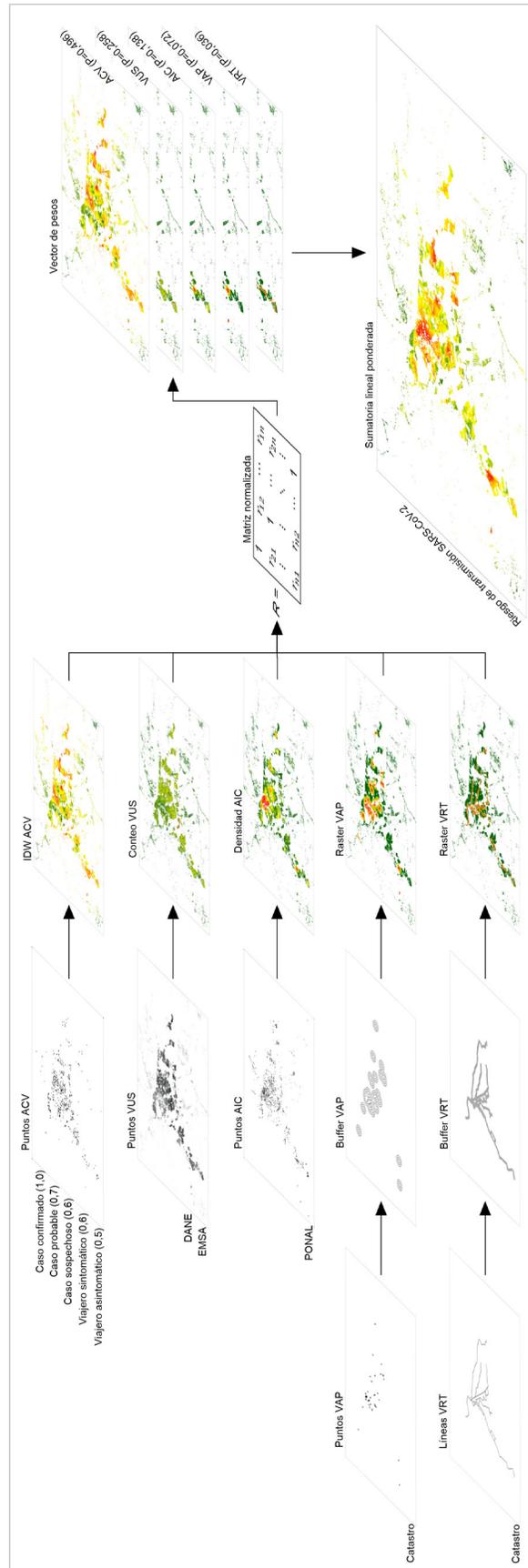
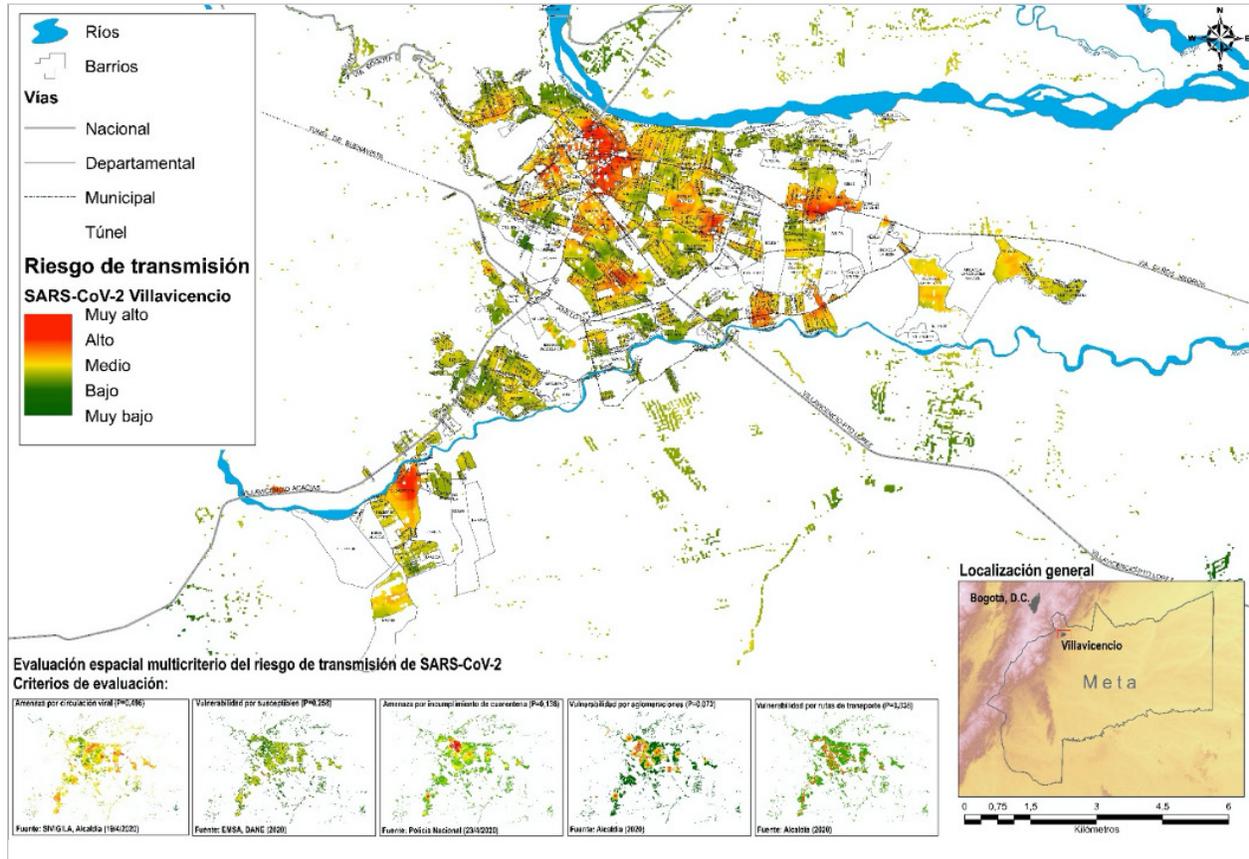


Figura 3. Distribución espacial del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 en Villavicencio



dad Porfía, se observa una alta probabilidad de contagio. Particularmente en estos barrios y sectores aledaños, son frecuentes los asentamientos subnormales de población con alta vulnerabilidad socioeconómica.

El análisis espacial y la cartografía temática en salud para el manejo de brotes de enfermedades, particularmente durante la actual pandemia, proporcionan diversas oportunidades prácticas para las autoridades sanitarias municipales, al detectar y monitorear probables rutas de contagio y predecir las áreas donde se corre mayor riesgo de transmisión viral (32).

La actual pandemia se caracteriza por un largo periodo de incubación, alta infectividad y la falta de diagnóstico en asintomáticos (33), lo cual requiere de tecnologías geoespaciales que permitan el análisis de datos de forma oportuna y la comunicación de información fehaciente de la dinámica epidemiológica (6). El análisis espacial y la generación de cartografía temática constituyen elementos fundamentales que amplían el conocimiento e interpretación de la distribución de los eventos de importancia en salud pública, puesto que, en la actualidad, el 80% de las necesidades de información de los tomadores de decisiones en Gobiernos locales se relacionan con atributos geográficos (34). De igual manera, los mapas generados

facilitan la disseminación de información clara y concisa a la población, que, bajo las actuales circunstancias, está alerta ante la información que les permita tomar medidas de protección (3).

En las enfermedades contagiosas, la expansión de un brote inicia desde el caso índice, y se extiende en el territorio mediante una cadena de individuos ordenados de acuerdo con el momento de contagio, el cual requiere de contacto estrecho y la transmisión viral, regulada por la densidad e interacción de la población. Los datos de localización de los casos son fundamentales en la toma de decisiones para el control de las enfermedades y, en el contexto de la actual pandemia, existe evidencia de que los países que iniciaron la detección y el seguimiento espacial de personas infectadas de forma temprana han sido más exitosos que aquellos que no realizaron estos procesos (32).

Todas las áreas de la ciudad tienen asociado un nivel de riesgo de contagio, puesto que toda la población (representada en el modelo por la densidad poblacional) es susceptible de infectarse y enfermar por el SARS-CoV2 (9,33) y por la circulación del virus en el territorio, evidenciado por casos positivos para COVID-19.

La evaluación espacial del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 presentada, en un espacio geográfico con

creto y a escala municipal, ha sido de gran utilidad social, epidemiológica y de salud pública para el abordaje de la intervención de la COVID-19. Logra comunicar de forma eficiente información espacial compleja, hecho que les facilita su entendimiento a los tomadores de decisiones para que optimicen los recursos al focalizar las intervenciones en el territorio (5,6,32) por parte de la Alcaldía de la ciudad; además, en el contexto de la población local, esta cartografía temática adquiere relevancia al hacer visible el riesgo, ubicándolo como un evento próximo y real (11), derivado en parte de su comportamiento social, que requiere un cambio en función del autocuidado.

En respuesta a la identificación de zonas con mayor riesgo de contagio, la Alcaldía, la PONAL y los organismos de Socorro de Villavicencio, priorizaron medidas de salud pública en la comuna tres, una de las zonas con mayor riesgo de transmisión, con el objetivo de reducir aún más la tasa de contacto y el riesgo de infección mediante acciones como la búsqueda activa de casos, intervención del riesgo psicosocial, instalación de puntos de información, mejoramiento de las condiciones sanitarias y el aumento de fuerza pública para el control del aislamiento.

Esta investigación es considerada pionera en la zonificación del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 a escala local en Colombia, donde es común la representación geográfica de valores numéricos asociados a entidades discretas (polígonos) de tipo territorial o administrativo, o “puntos de calor”, que referencian densidades de localizaciones de eventos relacionados con COVID-19 a distancias sin reporte de sustento epidemiológico; constituye un aporte metodológico a la caracterización de la distribución espacial de la probabilidad de contagio viral a escala detallada, representado por la integración de amenazas y vulnerabilidades, localizadas en el espacio geográfico de un municipio.

Esta investigación presentó limitaciones como la falta de datos relacionados con los falsos negativos, los casos asintomáticos no detectados y la circulación de personas con permiso por regulación nacional ♣

**Agradecimientos:** A la Alcaldía municipal de Villavicencio, a la Policía Metropolitana de Villavicencio, por el acceso a la información requerida para el desarrollo de la presente investigación.

**Conflictos de intereses:** Ninguno.

## REFERENCIAS

1. Yang X, Yu Y, Xu J, Shu H, Liu H, Wu Y, et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2020. DOI:10.1016/S2213-2600(20)30079-5.
2. Ridenhour B, Kowalik JM, Shay DK. El número reproductivo básico (RaD): consideraciones para su aplicación en la salud pública. *American Journal of Public Health [Internet]*. 2018; 108(S6):S455-S465. DOI:10.2105/AJPH.2013.301704s.
3. Cruz MP, Santos E, Cervantes MV, Juárez ML. COVID-19, a worldwide public health emergency. *Revista Clínica Española (English Edition)*. 2020. DOI:10.1016/j.rce.2020.03.001.
4. Sun Z, Thilakavathy K, Kumar SS, He G, Liu SV. Potential factors influencing repeated SARS outbreaks in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(5):1633. DOI:10.3390/ijerph17051633.
5. Mollalo A, Vahedi B, Rivera K. GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States. *Science of the Total Environment*. 2020;1-8. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.138884.
6. Zhou C, Su F, Pei T, Zhang A, Du Y, Luo B, et al. COVID-19: challenges to GIS with big data. *Geography and Sustainability*. 2020. DOI:10.1016/j.geosus.2020.03.005.
7. Tang B, Xia F, Tang S, Bragazzi NL, Li Q, Sun X, et al. The effectiveness of quarantine and isolation determine the trend of the COVID-19 epidemics in the final phase of the current outbreak in China. *International Journal of Infectious Diseases*. 2020. DOI:10.1016/j.ijid.2020.03.018.
8. Alvarez R, Harris P. COVID-19 en América Latina: Retos y oportunidades. *Rev Chil Pediatr*. 2020; 91(2):179-82. DOI:10.32641/rchped.vi91i2.2157.
9. Manrique-Abril F, Agudelo-Calderon C, González-Chordá VM, Gutiérrez-Lesmes O, Téllez-Piñerez C, Herrera-Amaya G. Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia. *Rev. Salud Pública (Bogotá)*. 2020; 22(2):1-9. DOI:10.15446/rsap.v22n2.85977.
10. Lyseen A, Nøhr C, Sørensen E, Gudes O, Geraghty E, Shaw N, et al. A review and framework for categorizing current research and development in health related geographical information systems (GIS) studies. *Yearbook of medical informatics*. 2014; 23(1):110-24. DOI:10.15265/IY-2014-0008.
11. Boulou MN, Geraghty EM. Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics. 2020. DOI:10.1186/s12942-020-00202-8.
12. Gómez M, Cano B, Ignaciocoaut J. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. España; 2006.
13. Fülöp J, editor *Introduction to decision making methods*. Washington: BDEI-3 workshop; 2005.
14. Jiménez J. El proceso analítico jerárquico (AHP). *Fundamentos, metodología y aplicaciones*. *Rect@ Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*. 2002; 1:28-77.
15. Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International journal of geographical information science*. 2006; 20(7):703-26. DOI:10.1080/13658810600661508.
16. Stevens K, Gilbert M, Pfeiffer D. Modeling habitat suitability for occurrence of highly pathogenic avian influenza virus H5N1 in domestic poultry in Asia: a spatial multicriteria decision analysis approach. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*. 2013; 4:1-14. DOI:10.1016/j.sste.2012.11.002.
17. Pfeiffer D, Robinson TP, Stevenson M, Stevens KB, Rogers DJ, Clements AC. *Spatial analysis in epidemiology*. Oxford: Oxford University Press; 2008.
18. Ruget A-S, Tran A, Waret-Szkuta A, Moutoufi YO, Charafouddine O, Cardinale E, et al. Spatial multicriteria evaluation for mapping the risk of occurrence of Peste des Petits Ruminants in Eastern Africa and the Union of the Comoros. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019; 6:455. DOI:10.3389/fvets.2019.00455.
19. Sedes P, Sanz M, Saera M, Rodríguez-Rey L, Ortega Á, González M, et al. Plan de contingencia para los servicios de medicina intensiva frente a la pandemia COVID-19. *Enfermería Intensiva*. 2020; 1-8. DOI:10.1016/j.enfi.2020.03.001.
20. Departamento Nacional de Estadística. Serie de proyecciones de población con desagregación nacional, departamental, municipal y cabe-

- cera 2020. Available from: <https://bit.ly/32jpfVx>.
21. Goldberg D, Wilson J, Knoblock C. From text to geographic coordinates: the current state of geocoding. *URISA Journal*. 2007; 19(1):33. Available from: <https://bit.ly/3bUhlQc>.
  22. Niño L. Interpolación espacial de la abundancia larval de *Aedes aegypti* para localizar focos de infestación. *Rev Panam Salud Publica*. 2011; 29:416-22. Available from: <https://bit.ly/3hkNVAY>.
  23. Waller LA, Gotway CA. *Applied spatial statistics for public health data*: John Wiley & Sons; 2004.
  24. Chang K. *Introduction to geographic information systems*: McGraw-Hill Higher Education Boston; 2006.
  25. Albrecht J. *Key concepts and techniques in GIS*. London: Sage; 2007.
  26. Villatoro M, Henríquez Henríquez C, Sancho F. Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, Ca, CICE y P del suelo. *Agronomía Costarricense*. 2007; 32:95-105. Available from: <https://bit.ly/3hoMKR3>.
  27. Saaty TL. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*. 1994; 24(6):19-43. DOI:10.1016/0377-2217(90)90057-I.
  28. Saaty TL, Shang JS. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. *European Journal of Operational Research*. 2011; 214(3):703-15. DOI:10.1016/j.ejor.2011.05.019.
  29. Niño L. Zonificación minera basada en la integración de la evaluación ambiental estratégica y modelado con múltiples criterios en la región de La Macarena, departamento del Meta, Orinoquía Colombiana. *Revista BIOLLANIA*. 2018; 1(15):634-66.
  30. Munda G. Teoría de Evaluación Multicriterio: una breve perspectiva general. In: *Evaluación ambiental integrada: evaluación multicriterio*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona; 1998. p.1-30.
  31. Alonso J, Lamata M. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*. 2006; 14(04):445-59. DOI:10.1142/S0218488506004114.
  32. Rezaei M, Nouri A, Park G, kim D. Application of Geographic Information System in Monitoring and Detecting the COVID-19 Outbreak. *Iranian Journal of Public Health*. 2020; 49:114-6. DOI:10.18502/ijph.v49iS1.3679.
  33. Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine*. 2020; 382:727-733. DOI:10.1056/NEJMoa2001017.
  34. Koch T. Social epidemiology as medical geography: Back to the future. *GeoJournal*. 2009; 74(2):99-106. Available from: <https://bit.ly/3ilKJXc>.

# An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in Colombia. Case study: five main cities

Aplicativo web para el seguimiento del COVID-19 en Colombia. Estudio de caso: cinco ciudades principales

Daniel Aristizábal-Torres, Cesar A. Peñuela-Meneses y Ana M. Barrera-Rodríguez

Received 26<sup>th</sup> May 2020 / Send for modification 28<sup>th</sup> May 2020 / Accepted 30<sup>th</sup> May 2020

## ABSTRACT

**Objective** Design and implement an interactive web-based dashboard to track COVID-19 in Colombia.

**Methods** A tool was designed and implemented to analyze the data of Covid-19 positive cases in Colombia and published by the Instituto Nacional de Salud. The tool is based on the implementation of business intelligence methods with which you can understand the behavior of the pandemic in Colombia and generate structured data for decision-making by government levels. The tool displays, on a single screen, information on the number of cases, patient status, age ranges, city, location department, and gender. This information can be dynamically filtered and focus analyzes on the national, departmental, or municipal order. Additionally, methods are implemented for trend analysis, both on a linear and semi-log scale, as well as for calculating the case fatality rate in each of the municipalities.

**Results** A web-based data analysis dashboard is implemented for semi-continuous monitoring of the COVID-19 pandemic in Colombia. With the use of the tool, a situational analysis is carried out for five of the most important cities in Colombia.

**Conclusions** The application is effective, flexible, and easy to use. The situational analysis reflects that public policies for the control of the disease have been favorable for Medellín, but for Cartagena, Bogotá, Barranquilla, and Cali, complementary measures are required.

**Key Words:** Pandemics; Colombia; coronavirus infections (*source: MeSH, NLM*).

## RESUMEN

**Objetivo** Diseñar e implementar una herramienta dinámica web para el seguimiento de la COVID-19 en Colombia.

**Métodos** Se diseña e implementa una herramienta para el análisis de los datos de los casos positivos de COVID-19 en Colombia y publicados por el Instituto Nacional de Salud. La herramienta se basa en la implementación de métodos de inteligencia empresarial con los que se pueda entender el comportamiento de la pandemia en Colombia y generar datos estructurados para la toma de decisiones por parte de los estamentos gubernamentales. La herramienta despliega, en una sola pantalla, información sobre número de casos, estado de los pacientes, rangos de edad, ciudad y departamento de ubicación y género. Esta información puede ser filtrada de forma dinámica y enfocar los análisis en el orden nacional, departamental o municipal. Adicionalmente, se implementan métodos para el análisis de tendencia, tanto en escala lineal como en escala semilogarítmica, así como para el cálculo de la tasa de letalidad en cada uno de los municipios.

**Resultados** Se implementó una herramienta de análisis de datos basado en la web para el seguimiento semicontinuo de la pandemia de la COVID-19 en Colombia. A

DA: ME. M.Sc. Mechanical Engineering.  
Universidad Libre Seccional Pereira.  
Pereira, Colombia.

daniel.aristizabalt@unilibre.edu.co  
CP: EE. Ph.D. Electrical Engineering.  
Universidad Libre Seccional Pereira.  
Pereira, Colombia.

cesara.penuelam@unilibre.edu.co

AB: MBA. Universidad Libre Seccional Pereira.  
Pereira, Colombia.

anam.barrerar@unilibre.edu.co

partir de la herramienta se realiza un análisis situacional para cinco de las ciudades más importantes de Colombia.

**Conclusiones** El aplicativo es eficaz, flexible y de fácil manejo. El análisis situacional refleja que las políticas públicas para el control de la enfermedad han sido efectivas para Medellín, pero, para Cartagena, Bogotá, Barranquilla y Cali, se requieren medidas complementarias.

**Palabras Clave:** Pandemia; Colombia; infecciones por coronavirus (*fuentes: DeCs, BIREME*)

**O**n December 31, 2019, health authorities in Wuhan City, Hubei Province, China, report an epidemic outbreak of pneumonia whose causes were not entirely clear. After a rigorous follow-up, and accompaniment by the World Health Organization, it is established that the unusual outbreak is caused by the SARS-CoV-2 virus, with characteristics of rapid spread and potential danger of death, especially in people over 60 years of age or with underlying diseases. From that date, until May 23, 2020, the virus outbreak has spread rapidly until it became a global pandemic that has spread to 188 regions and countries of the world, affecting about 5,468 million people and causing more than 344 deaths, thus being considered the worst health crisis since the Influenza epidemic in 1918 (1).

After the confirmation of the first case in Colombia, on March 6, the Colombian government implemented different restrictive measures for mobility within the national territory aimed at controlling the spread of the disease, and whose effectiveness is evaluated through the contagion rate,  $R_0$ , or average rate of new infections. The aim is to reduce the potential number of patients who present complications, require hospitalization, or even referral to Intensive Care Units (ICU), whose capacity in the country is quite limited, especially in small and intermediate populations (2).

According to the behavior of the pandemic in the various countries, measures have been taken in Colombia to mitigate and curb its impact. In particular, it seeks to slow down its transmission speed and prepare the health system for case care, avoiding its collapse, and reducing the social and economic impact of the pandemic (3).

Throughout the history of humanity, social isolation has been proven to be the best strategy to face the advance of an epidemic while learning from it and obtaining an effective vaccine or medication to control the associated symptoms. However, decisions that restrict mobility also have a high social, and economic impact, so precise information must be available to decide the optimal time to enter and exit a quarantine.

Interactive visualizations of data are needed to contextualize this information. These tools involve not only the public health and research communities but also the general public whose cooperation is essential to effective response efforts (4).

As we implement these tools to protect human lives, we can ingest extensive data from their sources and display results in interactive dashboards and near real-time. These online dashboards have become a critical source of information during the Covid-19 outbreak (5).

The objective of this study is to develop a dynamic tool for the updated report of the situation of Covid-19 in Colombia from the data provided by the Instituto Nacional de Salud (INS), where important characteristics are reflected to understand the behavior of the virus in Colombian society and visualize the effectiveness of public policies. The tool provides a graphical interface that summarizes data streams into information that is easier to read and interpret (6).

## METHODS

### Selection of the software to use and the variables to incorporate

For data manipulation, the Microsoft Power BI tool was selected, which is a business intelligence and analytics platform that leaves all the techniques and tools of Business Intelligence available (7), and is characterized by the ability to generate visualization data and implement control elements on the user interface dashboard simply and efficiently (8).

The information reported by the INS within the Coronavirus portal in Colombia was reviewed, and it was decided to select all the variables included in the structured database, including case identification, location city, department, state of attention, age, sex and date of a web report. The variable of the number of national tests, and by the department, taken from the test section of the INS portal was also included.

### Dashboard design and construction

This process began with the purification of the information from the INS databases. The data was exported as excel csv files, and then a cleaning and unification process was carried out to import it into PowerBi. Once the data was imported, the corresponding connections were made between the variables of each of the databases.

In accordance with the previous review of applications in the market, it was decided that all the information should be presented in a unified way in a single dashboard and that dynamically allow the user to have the

complete panorama of the situation in the country without requiring advance through tabs, additional pages, or separate graphics.

The graphs were designed and constructed using relationships between variables with the help of DAX programming commands (9), for correct visualization of the data, both numerical and geo-referenced.

Also, a drop-down panel for department selection and a filter reset button is incorporated, thus generating a secure mechanism to change the display of the variables to be analyzed. Table 1 summarizes each of the display options available to the application, indicating the possible selections, and the filter criteria.

**Table 1.** Dashboard visualizations

Visualizations	Selections	Filter criteria
Number of cases lineal scale	Date	Date, department, city, sex, status of the patient, age range
Number of cases semi-log scale	Date	Date, department, city, sex, status of the patient, age range
Status of the patient	Home, recovered, dead, hospital, ICU	Date, department, city, sex, age range
Location of the cases	Department, city	Date, department, city, sex, status of the patient, age range
Age range	0-9, 10-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70-79, 80 or more	Date, department, city, sex, status of the patient
Sex	Male, female	Date, department, city, status of the patient, age range
Total number of cases	-	Date, department, city, sex, status of the patient, age range
Total number of tests	-	Date, department
Case fatality rate	City	Date, department

**Functional testing and implementation on a web platform**

Operation tests of the control panel were carried out, with special care in activating filters. Additionally, the web platform <https://covid-colombia.com> was created for the implementation of the central dashboard, and other specific dashboards for some departments within the web platform. After the implementation process, the dynamic tool is updated daily with the latest report delivered from the INS.

**Presentation of a case study with the five principal cities of the country**

A comparative situational analysis was performed with the information of the five cities with the largest population

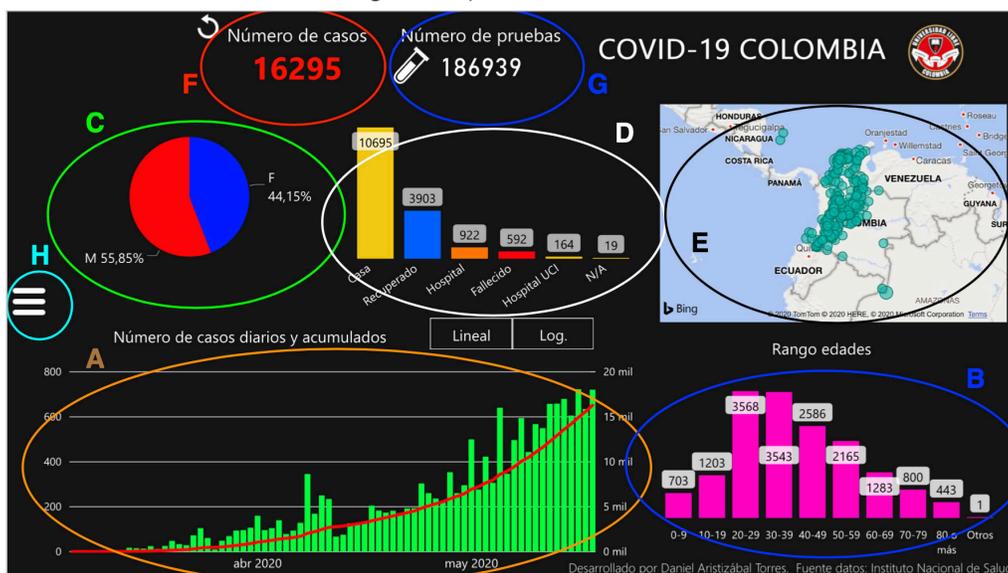
in Colombia, these being Bogotá D.C, Medellín, Cali, Barranquilla, and Cartagena de Indias (10), with graphs obtained from the dynamic tool that was implemented.

**RESULTS**

This section presents each of the graphs created by the tool for a specific case of analysis at the departmental level. The application is divided into seven displays, a drop-down panel, and a filter reset button, as shown in Figure 1.

Chart A presents the number of positive cases recorded daily (green boxes), and a curve (red line) of accumulated values with representation on a linear scale, or on a semi-log scale, at the national, departmental, or municipal

**Figure 1.** Implemented dashboard



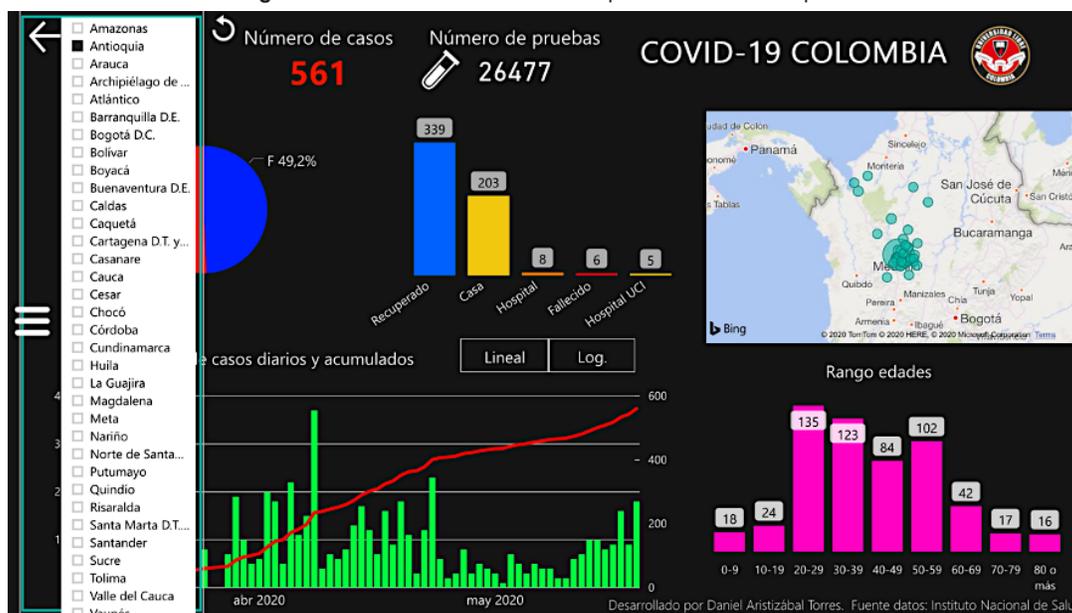
level, depending on the selection made on the graph buttons. To facilitate the reading of the graphs, you can select any bar in the chart, which opens a small window that gives more detailed information than it represents.

Charts B, C and D indicate the age ranges, sex, and the status of the patients (at home, recovered, deceased, in the ICU, or in hospital) of each case. Graph E presents on a map the geographical location of the cases at the national level, and if the departmental filter is applied, the map

focuses on that position, and presents the distribution of cases in the cities or municipalities of said department.

Visualizations F and G show the number of cases and total tests at the national or departmental level, according to the selected filter. Each of the visualizations can be filtered according to the drop-down panel H, which lists each of the departments and special districts where positive cases are registered. Panel activation is shown in Figure 2.

Figure 2. Dashboard with the active departmental selection panel



### Comparative analysis of the five main cities in Colombia

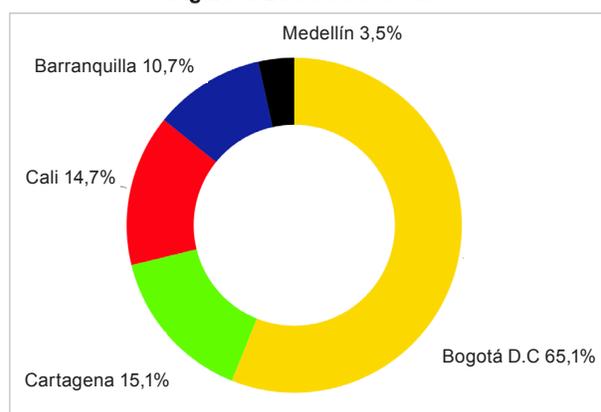
An analysis of the situation related to Covid-19 was carried out in the five main cities of the country: Bogotá D.C., Medellín, Cali, Barranquilla, and Cartagena de Indias.

### Number of cases and percentage of the national total

For May 23, there is an official report of 12.434 positive cases in the five main cities of the country. This value represents 63,3% of all cases in the country. Bogotá DC leads the distribution of positive cases in the five cities with 56,1% of cases, followed by Cartagena, Cali, Barranquilla, and Medellín, with percentages of 15,1%, 14,7%, 10,7% and 3,5%, respectively, as evidenced in Figure 3. Various factors can influence more than 60% of infections to occur in just five cities, such as, for example, a higher population density, a higher degree importation of cases due to the presence of international airports with a high flow of foreigners, greater social inequality, or non-compliance with quarantine. Determining the factors with the highest incidence is highly relevant to understand the spread of the

virus. Still, they are beyond the scope of this document, and the discussion is left open for future research.

Figure 3. Distribution of cases



### Semi-logarithmic scale curves

In Figure 4, the accumulated value of the number of infections in each of the cities under analysis is presented in a

semi-log presentation. This presentation allows studying the behavior of the pandemic during the isolation measures. Thus, for example, during the first days of virus exposure in Colombian society, the five capitals present relatively similar growth slopes. After the start of the quarantine, decreed on March 24, until April 7, the slope seems to have a slight decrease, although it is less noticeable in the city of Bogotá. As of this date, different behaviors began to be perceived in the five capitals. While in the city of Bogotá, the slope does not show significant changes, it is possible to notice pronounced increases in the cities of Cali and Cartagena de Indias. Although the reasons may be diverse, it may be due to the increase in tests and the possibility of carrying out analyzes in a higher number of specialized centers. It is also worth noting the coincidence of these increases with the Easter season, and especially susceptible time in Colombian society for the agglomeration of people, either for religious fervor or for vacations. In both cases, it infers a quarantine violation. Further analysis, where these variables are correlated, is proposed for future work.

It is also interesting to note that, as of April 26, the cities of the Atlantic Coast, Barranquilla, and Cartagena de Indias, show pronounced increases in the number of cases, while Cali and Bogotá retain monotonous growth. It is also interesting to note that, as of April 26, the cities of the Atlantic Coast, Barranquilla, and Cartagena de Indias, show pronounced increases in the number of cases, while Cali and Bogotá retain monotonous growth. At the end of this study, Medellín shows itself as the one with the best behavior, showing low growth figures in the number of infections. The preceding is summarized like that, even though the isolation measure is of the national order, the behavior of the pandemic follows different dynamics in each region, where social, economic and cultural factors influence compliance with the measure, just as the state of the health system directly influences the ability to find, contain, and recover infected people.

#### Number of deaths and case fatality rate

Figures 5 and 6 show the number of deaths and the case fatality rate for each of the five main cities in Colombia.

Figure 4. Curves on a semi-log scale

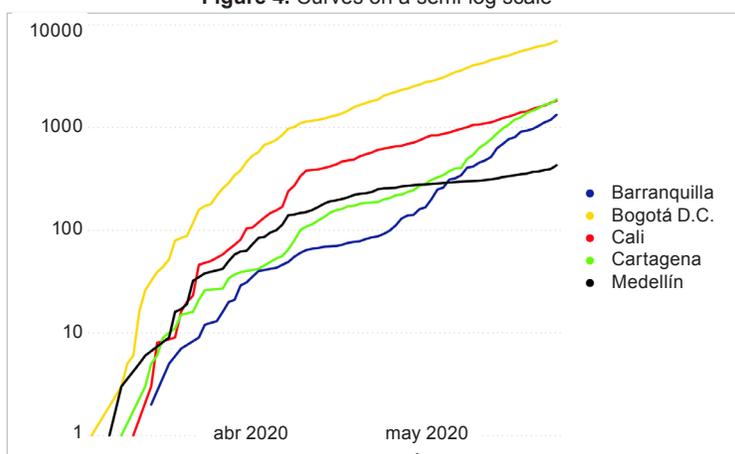


Figure 5. Number of deaths

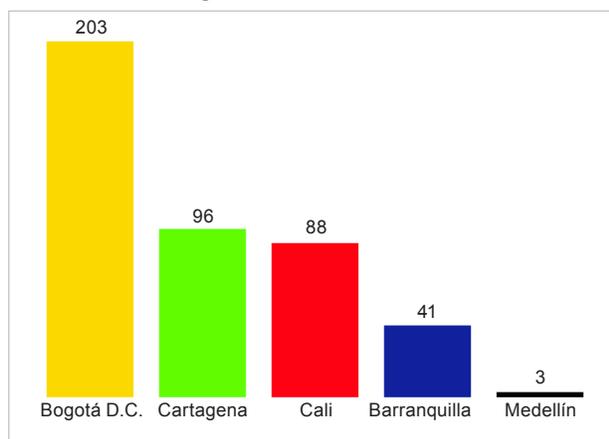
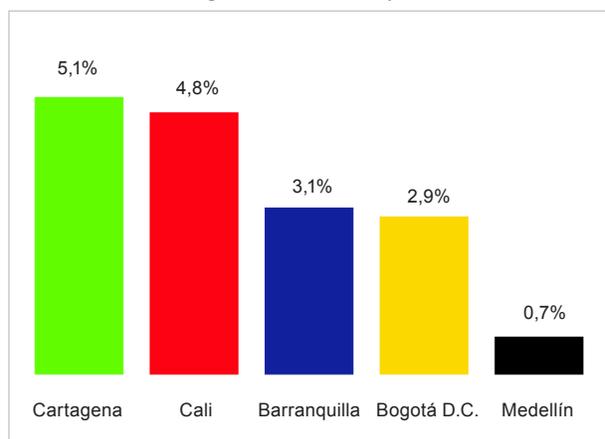


Figure 6. Case fatality rate



When comparing both graphs it is possible to notice a critical behavior in the city of Cali, and in Cartagena de Indias, since they present increases in the number of cases, and, additionally, higher case fatality rates, and where if the trend continues it could mean far more deaths than those observed in the city of Bogotá. On the other hand, the excellent performance of the health system in the city of Medellín should be highlighted, where few deaths have occurred concerning the number of infections.

## DISCUSSION

A dynamic tool for the consultation of the information of the Covid-19 positives in Colombia is presented. The application has benefits regarding the alternatives found in the national market, since it dynamically displays, on a single dashboard, all the information available in the databases provided by the National Institute of Health, and is discriminated against by the information geographically to the national, departmental, and municipal order.

It is a tool that, through an agile, intuitive, flexible, and easy-to-use web platform, allows information to be viewed on any device (desktop, laptop, or mobile), regardless of its specifications or operating system.

The tool includes linear and logarithmic growth curves at the national and departmental levels. These resources are not fully available in other platforms found in the network, in which it is limited only to the national order. However, as described in the case study, local information can be extracted so that regional leaders can assess the effectiveness of public policies in each of their territories, and determine the need to adopt additional special measures, or, on the contrary, dismantle the restrictive measures to mobility. Under both perspectives, there is an important support for decision-making support ♦

**Conflict of interest:** None.

## REFERENCES

1. Dong E, Du H, Gardner L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *Lancet Infect Dis* [Internet]. 2020; 20(5):533-4. DOI:10.1016/S1473-3099(20)30120-1.
2. González-Jaramillo, Valentina González-Jaramillo N, Gómez-Restrepo C, Palacio-Acosta C, Gómez-López A, Franco O. Proyecciones de impacto de la pandemia COVID-19 en la población colombiana, según medidas de mitigación. Datos preliminares de modelos epidemiológicos para el periodo del 18 de marzo al 18 de abril de 2020. *Rev Salud Pública* (Bogotá). 2020; 22(2):1-6. DOI:10.15446/rsap.v22n2.85789.
3. Manrique-Abril FG, Agudelo-Calderon CA, González-Chordá VM, Gutiérrez-Lesmes O, Téllez-Piñerez CF, Herrera-Amaya G. Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia/SIR model of the COVID-19 pandemic in Colombia. *Rev Salud Pública* (Bogotá). 2020; 22(2):1-9. DOI:10.15446/rsap.v22.85977.
4. Berry I, Soucy JPR, Tuite A, Fisman D. Open access epidemiologic data and an interactive dashboard to monitor the COVID-19 outbreak in Canada. *Cmaj*. 2020; 192(15):E420. DOI:10.1503/cmaj.75262.
5. Kamel Boulos MN, Geraghty EM. Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: How 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics. *Int J Health Geogr* [Internet]. 2020; 19(1):1–12. DOI:10.1186/s12942-020-00202-8.
6. Kamadjeu R, Gathenji C. Designing and implementing an electronic dashboard for disease outbreaks response - Case study of the 2013-2014 Somalia Polio outbreak response dashboard. *Pan Afr Med J*. 2017;27(Suppl 3):22. DOI:10.11604/pamj.suppl.2017.27.3.11062.
7. Lachev T, Price E. *Applied Microsoft Power BI (3rd Edition): Bring Your Data to Life!* 3rd ed. Prologika Press; 2018.
8. Knight D, Pearson M, Quintana, M. Powell B. *Microsoft Power BI Complete Reference*. Birmingham: Packt Publishing; 2018.
9. Russo M, Ferrari A. *The Definitive Guide to DAX: Business intelligence for Microsoft Power BI, SQL Server Analysis Services, and Excel* [Internet]. Pearson Education (Business Skills); 2019 [cited 2020 May 22]. Available from: <https://bit.ly/3cncnkn>.
10. Portafolio. Estas son las ciudades más pobladas del país. *Portafolio*; 2019 [cited 2020 May 22]. Available from: <https://bit.ly/3hUwJTp>.

# Desigualdades sociales en la mortalidad de niños menores de cinco años: revisión sistemática

## Social inequalities in under-five mortality: a systematic review

Maylen L. Rojas-Botero, Yadira E. Borrero-Ramírez y  
Flor de María Cáceres-Manrique

Recibido 28 abril 2020 / Enviado para modificación 8 mayo 2020 / Aceptado 10 mayo 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Identificar las características de los estudios sobre desigualdades sociales, en la mortalidad de niños menores de cinco años; sus perspectivas teóricas, ejes de desigualdad, métodos y resultados.

**Método** Revisión sistemática de la literatura. Se consultaron cuatro bases de datos electrónicas y Google Scholar; se incluyeron estudios entre 2010 y 2018.

**Resultados** Se analizaron 126 artículos. En el 62,7%, se estudió el territorio como eje de desigualdad, seguido por los determinantes socioeconómicos (27,8%). La mortalidad neonatal, infantil y en la niñez fue analizada en el 19,0%, 49,2% y 32,3%, respectivamente. Predominaron los estudios ecológicos (62,7%) y longitudinales (50,0%). Se encontró una disminución considerable en las tasas de mortalidad; sin embargo, el descenso no fue homogéneo entre subpoblaciones.

**Conclusiones** La literatura reporta una marcada disminución de la mortalidad en niños menores de cinco años; no obstante, las brechas entre distintos ejes de desigualdad continúan y en algunos lugares se han incrementado. Las brechas entre los estratificadores variaron de acuerdo con el tiempo, lugar, eje de desigualdad y tipo de mortalidad analizada.

**Palabras Clave:** Determinantes sociales de la salud; estratificadores de equidad; disparidades en el estado de salud; mortalidad del niño; revisión sistemática (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To identify the characteristics of the published studies on social inequalities in under-five mortality, their theoretical perspectives, axes of inequality, methods and results.

**Method** We carried out a systematic literature review. We consulted four electronic databases and Google Scholar, for studies published between 2010 and 2018.

**Results** We analyzed 126 articles. In 62.7%, territory was studied as the axis of inequality, followed by socioeconomic determinants (27.8%). Neonatal, infant and under-five mortality was analyzed as an output in health in 19.0%, 49.2% and 32.3%, respectively. It predominated ecological (62.7%) and longitudinal (50.0%) studies. Significant reductions in mortality rates were found, however, the decline was not homogeneous among subpopulations.

**Conclusions** The literature reports a marked decrease in under-five mortality; however, the gaps between different axes of inequality continue and in some cases they have increased. Gaps varied according to time, place, axis of inequality and type of mortality analyzed.

**Key Words:** Social determinants of health; equity stratifiers; health status disparities; child mortality; systematic review (*source: MeSH, NLM*).

MR: Profesional en Gerencia de Sistemas de Información en Salud, M.Sc. Epidemiología. Ph.D.(c) Epidemiología. Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública. Medellín, Colombia. [maylen.rojas@udea.edu.co](mailto:maylen.rojas@udea.edu.co)  
YB: MD. Esp. Teoría Métodos de Investigación. M.Sc. Sociología. Ph.D. Salud Pública. Posdoctorado en Salud Colectiva. Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública. [yadira.borrero@udea.edu.co](mailto:yadira.borrero@udea.edu.co)  
FC: Enfermera. Esp.; M.Sc. Epidemiología. Esp. Docencia Universitaria. Ph.D. Salud Pública. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Salud, Escuela de Medicina, Departamento de Salud Pública. Bucaramanga, Colombia. [flordemariacaceres@gmail.com](mailto:flordemariacaceres@gmail.com)

Las desigualdades sociales en salud (DSS) son consideradas un problema global que supera el sector sanitario y afecta diferencialmente a los grupos sociales, con importantes brechas entre países y en su interior (1). El estudio de las DSS se ha realizado desde distintos enfoques que explican las vías a través de las cuales los determinantes sociales configuran la salud de las poblaciones.

Para el análisis de las DSS, se utilizan categorías analíticas que se inscriben en cuerpos teóricos particulares; por ejemplo, clase, posición y estatus socioeconómico pertenecen a enfoques diferentes (2). Estas categorías no son agregados nominales, sino que comprenden jerarquías sociales que producen disparidades históricas en la distribución de la riqueza, el poder y el prestigio (3,4), e inciden directa e indirectamente en la salud de los individuos.

En el caso de los niños, las desigualdades sociales influyen en los resultados en salud a corto y largo plazo. De acuerdo con Unicef, entre 1989 y 2018 la mortalidad en niños menores de cinco años (MNM5) en el mundo disminuyó en un 60% (5); no obstante, y pese al avance, las DSS persisten entre diferentes poblaciones, con peores resultados para los grupos socialmente en desventaja, como minorías étnicas, en contextos de precariedad y con deficientes condiciones ambientales (6).

Este estudio tuvo como propósito identificar las características de la producción académica publicada entre 2010 y 2018 sobre DSS en la MNM5: las perspectivas teóricas, métodos, ejes de desigualdad y magnitud de las brechas.

## MÉTODO

### Tipo de estudio

Revisión sistemática de la literatura. Los criterios para la revisión se establecieron a priori en términos de pregunta PICO: P, Niños menores de cinco años; I, Determinantes sociales de la salud; C, Subgrupos que constituyen ejes de desigualdad; O, Mortalidad.

### Criterios de selección

Artículos indexados en Scielo, PubMed, LILACS, Ebsco y Google Scholar; publicados en español, inglés y portugués entre enero de 2010 y diciembre de 2018; que estudiaran DSS en la MNM5, incluyendo la mortalidad perinatal –MP–, neonatal –MN–, infantil –MI– y en la niñez.

Se excluyeron los artículos no originales, teóricos, metodológicos, históricos, de evaluación de intervenciones o políticas públicas, o de factores de riesgo sin análisis de desigualdad.

### Estrategia de búsqueda

La consulta se realizó en abril de 2019. Dos personas del equipo (MR y YB) desarrollaron e implementaron independientemente los algoritmos de búsqueda, adaptados de acuerdo con las especificaciones de cada base de datos electrónica. A continuación, se muestra la estrategia utilizada en PubMed: ("health inequalities"[Title/Abstract] OR "social inequalities"[Title/Abstract] OR "social inequity"[Title/Abstract] OR "health disparities"[Title/Abstract]) AND ("infant mortality"[MESH Terms] OR "child mortality"[MESH Terms] OR "childhood mortality"[Title/Abstract] OR "under five mortality"[Title/Abstract]) AND ("2010/01/01"[PDAT]: "2018/12/31"[PDAT]).

### Proceso de selección

Inicialmente, se identificaron los artículos duplicados. Luego, MR aplicó los criterios de selección a títulos y después a resúmenes. YB corroboró los artículos excluidos. Las discordancias fueron solucionadas por un tercero.

### Extracción de datos

Las tres autoras leyeron textos completos y extrajeron datos de forma independiente; cada manuscrito fue revisado y calificado por dos evaluadoras; en el caso de discrepancia, la tercera fungió como árbitro. Los datos extraídos se consignaron en una matriz en MS Excel®.

### Evaluación de calidad

Se utilizaron 10 ítems adaptados del índice para evaluar el riesgo de sesgo (7). Cada ítem se calificó así: 0=ausencia total; 0,5=ausencia parcial; y 1=presencia suficiente. Se consideró un artículo de alta calidad si el puntaje total era mayor que 8,5, de calidad media cuando estuvo entre 7 y 8, y de baja calidad si fue menor que 7.

### Análisis de los datos

Los resultados fueron resumidos narrativamente. Se calcularon algunos indicadores bibliométricos, se reportaron los cuerpos teóricos declarados y el método —diseño, unidad de análisis, fuentes y operacionalización de ejes de desigualdad—. Se describió la magnitud de la MNM5, sus principales causas y brechas, según el eje de desigualdad. La concordancia inter-evaluadoras para valorar la calidad se evaluó con el coeficiente de correlación intraclass, similar al kappa ponderado considerando el acuerdo parcial (8). Se construyeron mapas, tablas y gráficos en Stata14®, Tableau® y MS Word®.

### Consideraciones éticas

Esta investigación hace parte de la tesis doctoral de MR, avalada por el Comité de ética de la investigación de la Facultad Nacional de Salud Pública (CI 341-2018).

## RESULTADOS

### Artículos identificados

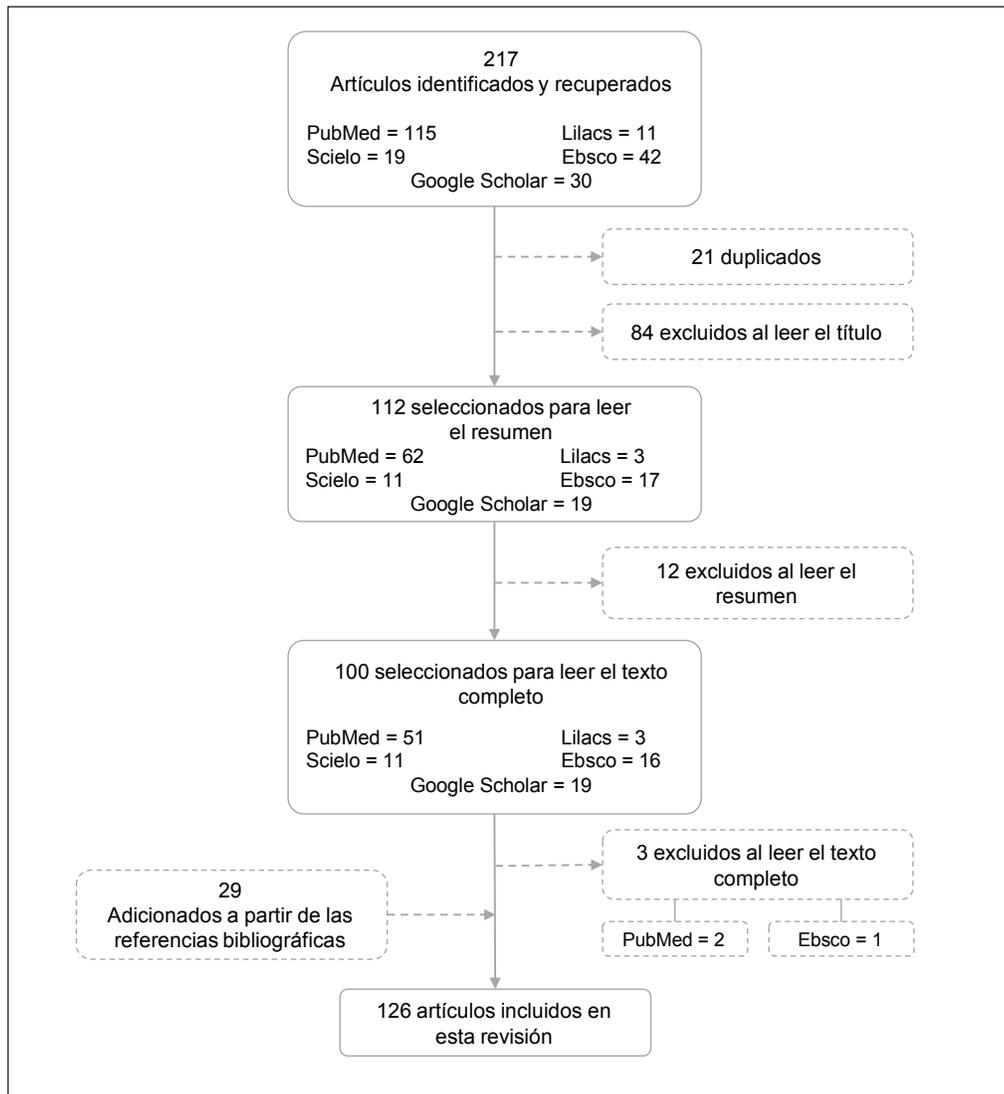
Se identificaron y recuperaron 217 artículos, de los cuales 91 fueron descartados. Finalmente, se analizaron 126 manuscritos. La Figura 1 detalla el proceso de selección.

### Año de publicación, población de estudio y país del investigador principal

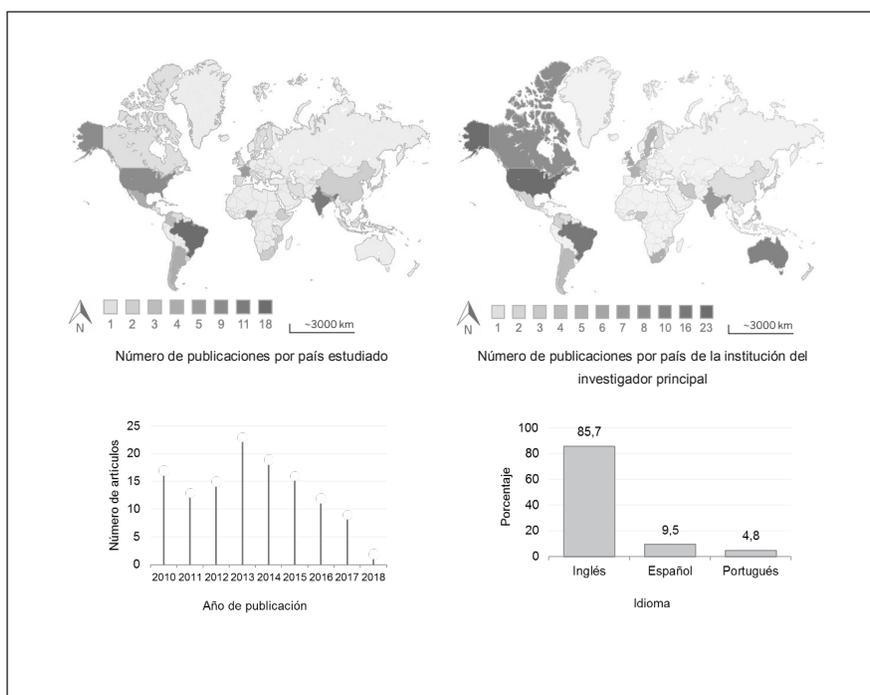
Los artículos se publicaron, principalmente, en inglés y en el 2013 (18,3%). Los países más analizados fueron Brasil e India (18 y 11 artículos) (Figura 2). Las investigaciones analizaron poblaciones de Argentina (9-12), Bangladesh (13-16), Bélgica (17), Brasil (18-35), Camboya (36), Canadá (37), Chile (38-40), China (41,42), Colombia (43-45), Corea del Sur (46,47), Costa Rica

(48), España (49), Estados Unidos (50-58), Etiopía (59,60), Filipinas (61,62), Finlandia (63), Francia (64-68), India (69-79), Indonesia (80), Inglaterra (81), Irán (82), Irlanda del Norte (83), Italia (84), Japón (85), México (86-89), Mozambique (90,91), Nepal (92-95), Nigeria (96-100), Países Bajos (101,102), Papúa Nueva Guinea (103), Sudáfrica (104,105), Suecia (106), Tanzania (107), Uruguay (108), Venezuela (109) y Vietnam (110). Otros estudios analizaron países africanos (111-115); y países agrupados en organizaciones, nivel de ingresos o ubicación, como BRICS (116), EMRO (117), miembros de la ONU (118), OCDE (119), el mundo rico (120), países en vías de desarrollo (121), países de ingresos bajos y medios (122,123), múltiples países vinculados al proyecto DHS (124), el Sur Global (125) y el mundo (126-134).

Figura 1. Descripción del proceso de selección



**Figura 2.** Distribución de los artículos seleccionados según país estudiado, país del investigador principal, año e idioma de publicación



### Calidad de los artículos

La mayoría tuvo calidad alta (66,7%), el 27,0% y el 6,3% fue de media y baja, respectivamente. Los ítems más débiles fueron el enfoque teórico, el análisis estadístico y la discusión a la luz de la teoría subyacente.

El acuerdo global entre las evaluadoras fue del 96,0%. La correlación intraclase fue alta ( $ICC=0,88$ ;  $IC95\%$  0,82 – 0,91); se encontraron cinco discrepancias solucionadas por la tercera autora.

### Modelos teóricos o conceptuales

En 23 manuscritos (18,3%), se manifestó el modelo teórico que sustentó la investigación; el más utilizado fue el modelo de la Comisión de la OMS (135), seguido por el marco analítico de Mosley y Chen (136) (Cuadro 1). En algunos artículos se distinguen elementos implícitos del modelo de la Comisión; sin embargo, en la mayoría no se identificó un enfoque teórico claro.

### Aspectos metodológicos de los estudios

#### Diseño

Fueron mayoritariamente estudios ecológicos —transversales, longitudinales y múltiples valoraciones transversales ecológicas— (62,7%). En menor proporción fueron estudios transversales con unidad de análisis individual (17,5%), entre otros. En el 38,1% de las investigaciones, la unidad de análisis fue individual; los demás (61,9%)

analizaron conglomerados constituidos por regiones mundiales, países, unidades subnacionales, subestatales, municipales y submunicipales.

#### Fuentes de información

En todos los casos, utilizaron fuentes secundarias y casi la mitad recurrió a más de una fuente (45,2%). Tres estudios complementaron con fuentes primarias cualitativas (82,100,110). Principalmente, se usaron estadísticas vitales, sistemas de vigilancia, programas y sistemas de información, del orden nacional y municipal.

#### Análisis de datos

La mitad de las investigaciones incluyeron análisis de tendencias en el tiempo; con periodos entre uno y 115 años, (Mediana: 17,5 años; Rq: 11-20 años). En muchos casos, se agruparon periodos según la disponibilidad de información o para obtener un mayor número de eventos por unidad de análisis.

Casi la mitad (42,9%) calculó índices para la estratificación socioeconómica y del sistema de salud; el más utilizado fue el índice de riqueza del hogar, derivado del programa DHS.

#### Medidas de frecuencia, magnitud y causas básicas de MNM5

Las tasas de mortalidad se estimaron utilizando métodos directos e indirectos. Se analizó la MI (49,2%), la

**Cuadro 1.** Modelos teóricos o conceptuales explícitos en los manuscritos

Modelo teórico o conceptual	Manuscritos
Comisión sobre determinantes sociales de la salud. OMS (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gakidou E, Cowling K, Lozano R, Murray CJ. Increased educational attainment and its effect on child mortality in 175 countries between 1970 and 2009: a systematic analysis. (2010).</li> <li>- Van Malderen C, Van Oyen &amp; Speybroeck. Contributing determinants of overall and wealth-related inequality in under-5 mortality in 13 African countries. (2013).</li> <li>- Adams AM, Rabbani A, Ahmed S, Mahmood SS, Al-Sabir A, Rashid SF, et al. Explaining equity gains in child survival in Bangladesh: scale, speed, and selectivity in health and development. (2013).</li> <li>- Bado AR, Appunni SS. Decomposing Wealth-Based Inequalities in Under-Five Mortality in West Africa. (2015).</li> <li>- Worku EB, Woldesenbet SA. Poverty and inequality – but of what – as social determinants of health in Africa? (2015).</li> <li>- Siddiqi A, Jones MK, Bruce DJ, Erwin PC. Do racial inequities in infant mortality correspond to variations in societal conditions? A study of state-level income inequality in the U.S., 1992-2007. (2016).</li> </ul>
Marco analítico para el estudio de la supervivencia infantil en los países en desarrollo Mosley y Chen (1984)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kumar C, Singh PK, Rai RK. Under-Five Mortality in High Focus States in India: A District Level Geospatial Analysis. (2012).</li> <li>- Dallolio, et al. Socio-economic factors associated with infant mortality in Italy: an ecological study. (2012).</li> <li>- Macassa G, Ghilagaber G, Charsmar H, Walander A, Sundin Ö, Soares J. Geographic differentials in mortality of children in Mozambique: their implications for achievement of Millennium Development Goal 4. (2012).</li> <li>- Adedini, et al. Regional variations in infant and child mortality in Nigeria: a multilevel analysis. (2015).</li> </ul>
Modelo de producción de inequidades en salud de Dahlgren y Whitehead (1991)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comes Y, Fures N. Estudio comparativo de las desigualdades sociales en la mortalidad infantil en el Area Metropolitana de Buenos Aires – Año 2011. (2012).</li> <li>- Quentin W, Abosede O, Aka J, Akweongo P, Dinar K, Ezeh A, et al. Inequalities in child mortality in ten major African cities. (2014).</li> </ul>
EQuAL OMS (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Huda, et al. The importance of intersectorial factors in promoting equity-oriented universal health coverage: a multilevel analysis of social determinants affecting neonatal infant and under-five mortality in Bangladesh. (2016).</li> </ul>
Marco para comprender las desigualdades en la mortalidad Houweling (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hajizadeh M, Nandi A, Heymann J. Social inequality in infant mortality: What explains variation across low and middle income countries? (2014).</li> </ul>
Teoría del sistema ecológico. Bronfenbrenner (1979)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Olufunke F, Obafemi O. Ethnicity and child survival in Nigeria. (2011).</li> </ul>
Teoría ecosocial de Nancy Krieger (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Padilla C, Lalloué B, Pies C, Lucas E, Zmirou-Navier D, Séverine D. An ecological study to identify census blocks supporting a higher burden of disease: infant mortality in the lille metropolitan area, France. (2014).</li> </ul>
Teoría de la compensación de Link y Phelan (1995)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sosnaud B, Beckfield J. Trading Equality for Health? Evaluating the Trade-off and Institutional Hypotheses on Health Inequalities in the Global South. (2017).</li> </ul>
Producción de la salud en el hogar y maximización de la utilidad de Rosenzweig y Shultz (1983)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jewell RT, Martinez J, Triunfo P. Infant mortality in Uruguay: the effect of socioeconomic status on survival. (2014).</li> </ul>
Propuestas propias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wood CH, Magno de Carvalho JA, Guimarães Horta CJ. The color of child mortality in Brazil, 1950-2000: social progress and persistent racial inequality. (2010).</li> <li>- Song S, Burgard SA. Dynamics of inequality: mother's education and infant mortality in China, 1970-2001. (2011).</li> <li>- Kihal-Talantikite W, Padilla CM, Lalloué B, Gelormini M, Zmirou-Navier D, Deguen S. Green space, social inequalities and neonatal mortality in France. (2013).</li> <li>- Neal SE, Matthews Z. Investigating the role of health care at birth on inequalities in neonatal survival: evidence from Bangladesh. (2013).</li> </ul>

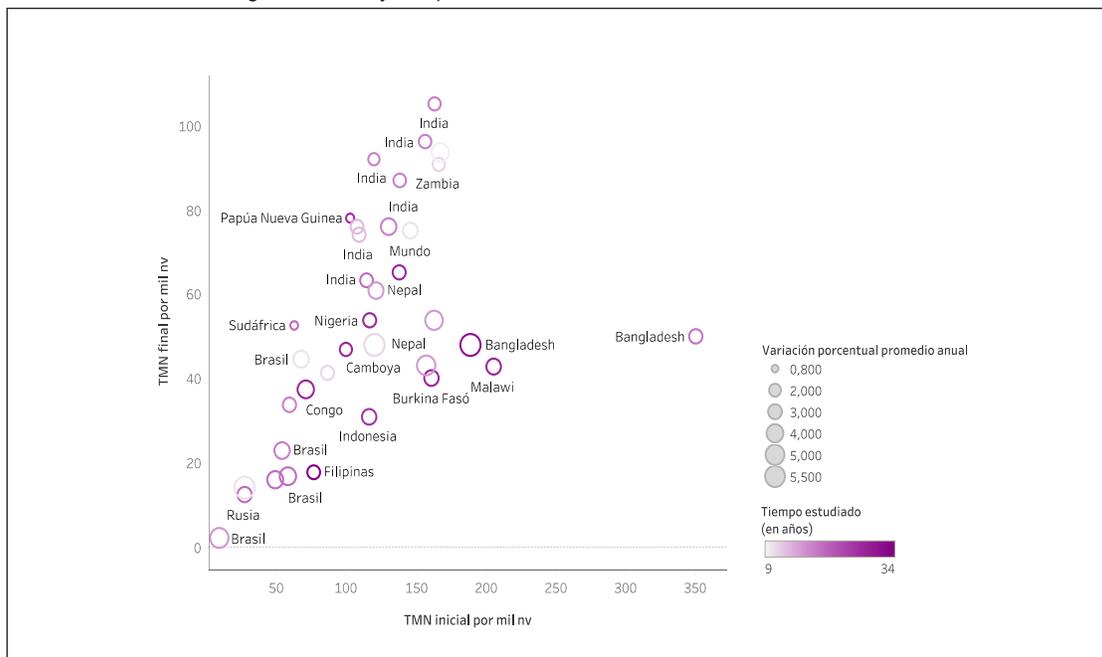
MNM<sub>5</sub> (32,3%), MN (19,0%) y MP (4,0%) utilizando, en todos los casos, los nacidos vivos –nv– como denominador. La brecha más amplia se observó en la MNM<sub>5</sub>, mientras en Saga (Japón, 2014) se registró una MNM<sub>5</sub> de 1,7 muertes por cada mil nv; en Sierra Leona (2009), la tasa fue de 262,0 por cada mil nv.

Excepto un análisis en ciudades africanas (113), los estudios longitudinales reportaron tendencias decrecientes de mortalidad. Dicha disminución varió entre el 9,8% en cuatro años (24) y 99,2% en 115 años (85) (mediana

de variación porcentual anual promedio: 2,3%; Rq: 1,8-3,2% anual). Como puede verse en la Figura 3, existe una reducción importante en la MNM<sub>5</sub>; además, sobresale la dinámica de Bangladesh, con una de las tasas más altas al inicio del periodo y una reducción superior a la media.

Se declararon las causas básicas de defunción en el 12,7% de los artículos, correspondientes a malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas, enfermedades infecciosas y parasitarias, entre otras; la mayoría de las cuales son consideradas evitables.

**Figura 3.** Tasas de mortalidad en la niñez iniciales y finales reportadas en estudios longitudinales, según variación y tiempo evaluado. Revisión de la literatura, 2010-2018



### Estratificadores para el análisis de desigualdad

El 78,6% de los estudios utilizó un eje de desigualdad. Los determinantes territoriales fueron los más utilizados (62,7%), seguidos de los socioeconómicos (27,8%), demográficos (16,7%) y del sistema de salud (8,7%); en menor medida, se encontraron los ambientales (4,0%), del contexto político (3,2%), género (2,4%) y factores conductuales y biológicos (2,4%). A continuación, se detalla la operacionalización de los ejes de desigualdad.

#### Estratificadores territoriales

Se identificaron dos formas de entender el territorio como eje de desigualdad. La primera –enfoque tradicional– utiliza las divisiones político-administrativas del Estado-nación, operacionalizado a través de países, provincias, prefecturas, regiones, estados/departamentos, agrupaciones insulares, distritos, municipios, comunas, barrios, cantones y bloques/áreas censales.

La segunda aproximación concibe el territorio como el espacio donde se articulan características de la estructura social que reproducen y refuerzan la estratificación, configuran las diferencias en los procesos de exposición y condicionan las oportunidades individuales y colectivas de alcanzar el mayor potencial de salud (137). Así, se analizaron divisiones político-administrativas en función de su situación socioeconómica, ámbito urbano/rural, grupos étnicos, condiciones ambientales, infraestructura pública y condiciones del sistema de salud.

#### Estratificadores socioeconómicos

Se emplearon las categorías posición social (78,1%) y clase social (15,6%). La posición social se operacionalizó a nivel individual o familiar a través de riqueza, ingresos, estatus socioeconómico, fuente de pago de la atención médica, privación socio-material, facilidades y tenencia de bienes en el domicilio, material de la vivienda, estado conyugal de la madre, estatus migratorio, casta y educación (principalmente de la madre, pero también del padre). Entre tanto, la clase social, además de las anteriores características, incluyó la ocupación de la madre, de los padres, del jefe del hogar y el lugar de empleo.

#### Estratificadores demográficos

Usaron principalmente las categorías raza, etnia y color de piel. En menor medida se analizó sexo del niño y edad materna.

#### Estratificadores del sistema de salud

Se analizó el aseguramiento en salud (público/privado), acceso a la atención prenatal, lugar de ocurrencia del parto y distancia a los servicios de salud, de emergencia obstétrica y neonatal.

#### Estratificadores ambientales

Pocas investigaciones utilizaron características ambientales como estratificadores de desigualdad. Se destaca la vulnerabilidad del ambiente construido, exposición am-

biental negativa, ruido, índice de verdor y contaminación del aire con dióxido de nitrógeno.

#### *Estratificadores del contexto político*

Un estudio utilizó el grado de democracia, medido a través del índice del proyecto Polity IV (128). Adicionalmente, se emplearon indicadores de gobernanza mundial del Banco Mundial (127). Por otra parte, la categoría gobernanza y liderazgo fue medida a través del índice de percepción de corrupción en el sector público, de Transparency International (118); y finalmente, el empoderamiento y autodeterminación fue medido a través del índice de derechos políticos y libertades civiles de Freedom House (126).

#### *Género como estratificador*

Tres estudios analizaron estas desigualdades a través del índice de desigualdad de género del PNUD y el nivel de autonomía de la madre; no obstante, este último se limita a la participación en la toma de decisiones en salud del hijo.

#### *Factores conductuales y biológicos como estratificadores*

En este eje se consideraron aspectos biológicos del niño, como apgar, peso al nacer, prematuridad, embarazo múltiple y malformaciones congénitas; y conductas maternas riesgosas, como consumo de alcohol y cigarrillo.

En la tabla 1, se presentan las brechas medidas según el eje de desigualdad y resultado en salud; se detectaron desigualdades en la MNM5 en todos los determinantes analizados; además, algunas diferencias entre territorios (por riqueza y área de residencia) se han ampliado en el tiempo, tanto de manera absoluta como relativa.

## DISCUSIÓN

Se discuten tres aspectos: i) la tendencia global de la MNM5 y sus desigualdades; ii) un análisis de la producción académica sobre DSS en la MNM5 y iii) asuntos metodológicos concernientes a los estudios analizados y a esta revisión.

Unicef reportó que la MNM5 disminuyó globalmente en un 60% en tres décadas, pasando de 95,0 a 39,0 muertes por cada mil nv entre 1989 y 2018 (5); lo cual se relaciona con la mejoría en condiciones de vida, avance socioeconómico poblacional e implementación de medidas de salud pública (138). No obstante, diversos organismos indican que aún existen importantes obstáculos en la garantía plena de los derechos y un riesgo latente de incremento en la mortalidad (5,138).

Si bien la MNM5 ha disminuido en el mundo, el descenso no es uniforme entre subgrupos poblacionales; en algunos casos la brecha ha aumentado. Esta investigación

evidenció que la literatura científica documenta sistemáticamente disparidades en la MNM5 condicionadas por el lugar de residencia y sus condiciones contextuales, políticas, socioeconómicas, demográficas, ambientales, del sistema de salud y del rol de la mujer en la sociedad, con peores resultados para los grupos más desventajados. La mortalidad más alta se observó en países de bajos ingresos; y si bien es preciso un llamado a la cautela, dadas las diferencias temporales y metodológicas, deben señalarse las amplias desigualdades en la magnitud de la mortalidad.

Entre los estratificadores de desigualdad, el territorio tuvo un papel preponderante. Al respecto, se ha descrito que divisiones espaciales generan divisiones sociales, mismas que están asociadas a las DSS, revistiendo de importancia el lugar de residencia sobre los resultados sanitarios (139). Por ejemplo, en Camboya la diferencia relativa en la MNM5 entre áreas urbanas y rurales pasó de 1,6 a 2,4 entre 1989-90 y 2009-10; es decir, para el último año la mortalidad en el ámbito rural duplicó la del área urbana (36); o en Holanda, donde las diferencias en la MP a nivel de barrio llegaron hasta 5,6 veces (101). En estos casos, se reconoce el avance al entender esta categoría más allá de la división político-administrativa del Estado-nación.

El segundo eje más utilizado fue el socioeconómico. En Bangladesh, la brecha relativa de desigualdad por quintiles de riqueza en la MNM5 pasó de 1,9 en 1993-94 a 2,1 en 2011 (14). En Chile, los hijos de madres ubicadas en el decil educativo más alto tenían 74% menos riesgo de morir en comparación con aquellos del decil más bajo (40).

Adicionalmente, con excepción de los tres trabajos que analizaron estratificadores políticos, no se encontraron investigaciones que articularan determinantes estructurales, constituyendo un reto para la investigación futura; avances en este sentido permitirían una mejor comprensión de la constancia y ampliación de las brechas socio-sanitarias, pese a la disminución de la MNM5.

El segundo aspecto para discutir corresponde a quiénes producen investigación en el campo y desde dónde lo hacen. Se encontró mayor producción en Brasil e India; además, se identificó que investigadores de países aventajados estudiaron países en vías de desarrollo y no sus propios territorios; no obstante, esto puede deberse al periodo seleccionado, más si se considera que el estudio de las DSS ha sido de interés en países como Inglaterra desde la década de los 80.

Además, la mayoría de los estudios provenían de instituciones académicas e investigativas y hospitales. La escasa participación de actores privados puede, por un lado, impactar la financiación; y por otro, sugerir poco interés de actores del mercado en la producción de evidencia que

**Tabla 1.** Magnitud de las desigualdades sociales en la mortalidad en la niñez, según eje y medida de desigualdad

Eje de desigualdad y operacionalización	Ref	Medida de desigualdad	TM Perinatal	TM Neonatal	TM Posneonatal	TM Infantil	TM Niñez	
Territorio								
Riqueza	121	Diferencia absoluta países Q5-Q1			-22,6	-42,3		
	111	Diferencia absoluta hogares Q5-Q1				25,8		
	111	Índice de concentración global				-0,12		
	127	Razón de tasa de mortalidad tercil más rico vs más pobre				1,55		
	122	Índice de concentración absoluta			0,322			
	122	Índice de concentración relativa			1,264			
	67	RR barrios en la categoría con menos privación vs mayor privación			2,62			
	22	Diferencia absoluta Q5-Q1				31		
	22	Índice de la pendiente por riqueza				38		
	22	Diferencia relativa Q5/Q1				4,9		
	22	Índice de concentración por quintiles de riqueza				-0,295		
	115	Índice de concentración por quintiles de riqueza Sao Tome & Principe				0,032		
	115	Índice de concentración por quintiles de riqueza Egipto				0,012		
	115	Índice de concentración por quintiles de riqueza Madagascar				0,013		
	61	Índice de concentración por índice de riqueza		1993: -0,2160; 2008: -0,1943				
	81	Diferencia relativa Q5/Q1		1997-99: 2,08; 2003-05: 2,68; 2006-07: 2,35				
	81	RAP% población con privación vs sin privación		1997-99: 32,3%; 2000-02: 39,6%; 2003-05: 51,0%; 2006-07: 37,5%				
	80	Diferencia absoluta		1980: 17,9 - 2011: 11,3			1980: 74,3 - 2011: 29,2	
	80	Diferencia relativa índice de riqueza		1980: 1,57 - 2011: 2,01			1980: 2,03 - 2011: 2,33	
	80	Índice relativo de inequidad		1980: 1,72 - 2011: 3,19			1980: 2,19 - 2011: 3,92	
	80	Índice de desigualdad de la pendiente		1980: 21,37 - 2011: 16,12			1980: 86,95 - 2011: 40,26	
	35	Diferencia absoluta Q5-Q1		1999: 17,5 - 2000: 17,7			1991: 83,4 - 2000: 64,8	
	35	Diferencia relativa Q5/Q1		1999: 2,0 - 2000: 3,0			1991: 3,7 - 2000: 4,8	
	124	Diferencia relativa D10/D1					5,75	
	79	Índice de concentración por índice de riqueza en área urbana				1992-1993: -0,199; 1998-1999: -0,182; 2005-2006: -0,194		

Eje de desigualdad y operacionalización	Ref	Medida de desigualdad	TM Perinatal	TM Neonatal	TM Posneonatal	TM Infantil	TM Niñez
	79	Índice de concentración por índice de riqueza en área rural			1992-1993: -0,087; 1998-1999: -0,088; 2005-2006: -0,081		
	113	Diferencia absoluta Q5-Q1 en Abidjan				1998-99: 62,6; 2011-12: 107,8	
	113	Diferencia relativa Q5/Q1 en Abidjan				1998-99: 1,93; 2011-12: 4,43	
	113	Índice de concentración en Abidjan				1998-99: -0,10; 2011-12: -0,16	
	113	Índice de Erreyger en Abidjan				1998-99: -0,05; 2011-12: -0,06	
	47	HR privación regional Q5 vs Q1 (ref)			1,26		
	62	Diferencia absoluta Q5-Q1		1980-81: 15,6; 1990-91: 5,6; 2000-01: 12,8; 2010-11: 2,5; 2012-13: 7,0		1980-81: 62,5; 1990-91: 51,6; 2000-01: 30,7; 2010-11: 20,4; 2012-13: 31,5	
	62	Diferencia relativa Q5/Q1		1980-81: 1,92; 1990-91: 1,42; 2000-01: 2,09; 2010-11: 1,24; 2012-13: 2,17		1980-81: 2,44; 1990-91: 3,12; 2000-01: 2,18; 2010-11: 2,22; 2012-13: 3,04	
	36	Diferencia absoluta región de ingreso bajo vs ingreso alto (ref)		1989-90: 10,93; 1999-2000: 17,12; 2009-10: 11,26		1989-90: 51,19; 1999-2000: 91,43; 2009-10: 18,28	
	36	Diferencia relativa región de ingreso bajo vs ingreso alto (ref)		1989-90: 1,34; 1999-2000: 1,65; 2009-10: 1,65		1989-90: 1,57; 1999-2000: 2,40; 2009-10: 1,5	
	36	Índice de la pendiente de desigualdad por riqueza		1989-90: 16,18; 1999-2000: 16,70; 2009-10: 16,70		1989-90: 75,91; 1999-2000: 133,92; 2009-10: 28,08	
	36	Índice de desigualdad relativa		1989-90: 1,52; 1999-2000: 1,87; 2009-10: 1,98		1989-90: 1,93; 1999-2000: 3,43; 2009-10: 1,84	
Necesidades básicas insatisfechas	9	Diferencia relativa provincia con mayor % de NBI vs menor % de NBI				2,21	2,32
	9	Diferencia absoluta provincia con mayor % de NBI vs menor % de NBI				19,37	24,9
	9	RAP provincia con mayor % de NBI vs menor % de NBI				9,41	10,62

Eje de desigualdad y operacionalización	Ref	Medida de desigualdad	TM Perinatal	TM Neonatal	TM Posneonatal	TM Infantil	TM Niñez
	9	RAP% provincia con mayor % de NBI vs menor % de NBI				37,08%	36,04
	45	Diferencia absoluta departamentos con mayor vs menor proporción de NBI				1993: 56,4 - 2005: 59,2	
	45	Diferencia relativas departamentos con mayor vs menor proporción de NBI				1993: 2,9 - 2005: 4,2	
	45	RAP% Bogotá vs Región Pacífica (ref)				1993: 11,4% - 2005: 17,8%	
PIB	133	Curva de concentración				-0,36	
Ingreso nacional bruto	133	Curva de concentración				-0,36	
Gini de ingresos	119	RR				1,07	
Condiciones de vida	10	Diferencia relativa conglomerado con muy buenas condiciones de vida vs malas condiciones			4,09	1,92	
Vulnerabilidad familiar	29	Diferencias relativas estrato 1 vs estrato 4				5,3	
	29	RAP% estrato 1 vs estrato 4				28,5	
	29	Número de eventos prevenibles en el país vs estrato 4				19.308	
	29	Índice de concentración				0,02	
Área de residencia	13	OR rural vs urbano (ref)		1,16		1,18	1,22
	80	Diferencia absoluta rural vs urbano (ref)		1980: 13,0 - 2011: 5,3			1980: 24,3 - 2011: 15,5
	80	Diferencia relativa rural vs urbano (ref)		1980: 1,41 - 2011: 1,45			1980: 1,24 - 2011: 1,66
	95	Diferencia absoluta rural vs urbano (ref)		10,9			
	95	Diferencia relativa rural vs urbano (ref)		1,4			
	15	Diferencia absoluta rural vs urbano (ref)		1980-81: 24,1; 1990- 91: 17,1; 2000-01: 0,6; 2010-11: 8,0			1980-81: 38,1; 1990- 91: 37,3; 2000-01: 5,7; 2010- 11: 19,7
	15	Diferencia relativa rural vs urbano (ref)		1980-81: 1,38; 1990- 91: 1,34; 2000-01: 1,01; 2010- 11: 1,36			1980-81: 1,24; 1990- 91: 1,35; 2000-01: 1,07; 2010- 11: 1,60
	62	Diferencia absoluta rural vs urbano (ref)		1980-81: 1,7; 1990-91: 3,0; 2000-01: 4,3; 2010-11: 2,4; 2012-13: 8,2			1980-81: 23,3; 1990- 91: 17,9; 2000-01: 12,1; 2010- 11: 0,2; 2012-13: 10,6
	62	Diferencia relativa rural vs urbano (ref)		1980-81: 1,08; 1990- 91: 1,21; 2000-01: 1,25; 2010- 11: 1,23; 2012-13: 2,71			1980-81: 1,36; 1990- 91: 1,42; 2000-01: 1,35; 2010- 11: 1,01; 2012-13: 1,46
	36	Diferencia absoluta rural vs urbano (ref)		1989-90: 21,0; 1999- 2000: 11,7; 2009-10: 19,1			1989-90: 44,9; 1999- 2000: 46,4; 2009-10: 31,1

Eje de desigualdad y operacionalización	Ref	Medida de desigualdad	TM Perinatal	TM Neonatal	TM Posneonatal	TM Infantil	TM Niñez
	36	Diferencia relativa rural vs urbano (ref)		1989-90: 2,0; 1999-2000: 1,40; 2009-10: 2,91			1989-90: 1,56; 1999-2000: 1,56; 2009-10: 2,41
	51	RR territorio Apalache vs Resto				1,16	
	37	Diferencia absoluta áreas habitadas por población Inuit vs resto de Canadá				14,9	
Sistema de salud en el territorio	21	OR área de alto riesgo vs bajo riesgo	20,9				
Prefacturas	85	Índice de Theil					1962: 0,027; 1980: 0,005
Barrios	101	OR barrio de referencia (mejores estado) vs otro	5,59				
Comunas	39	RAP Chile completo vs comuna con la TMI más baja de Santiago de Chile				1990: 8,3; 2006: 3,5	
	39	RAP% Chile completo vs comuna con la TMI más baja de Santiago de Chile				1990: 49,4%; 2006: 44,3%	
	39	Diferencias relativas Chile completo vs comuna con la TMI más baja de Santiago de Chile				1990: 1,98; 2006: 1,80	
Municipios	109	Razón proporcional de brechas - Mayor: municipio Los Guayos				63,5	
	12	Índice relativo de desigualdad de Kunst y Mackenbach en CABA				2,5	
	12	Índice de desigualdad de la pendiente en CABA				-7,1	
	12	Índice de concentración en CABA				-0,14	
Condiciones socioeconómicas							
Riqueza	125	OR quintil más bajo vs quintil más alto					1,4
	14	Diferencia absoluta Q5-Q1					1993: 45 - 2011: 32
	14	Diferencia relativa Q5/Q1				1993: 1,64 - 2011: 2,07	1993: 1,92 - 2011: 2,05
	76	Índice de concentración por índice de riqueza					-0,142
	95	Diferencia absoluta Q5-Q1		21,4			
	95	Diferencia relativa Q5/Q1		2,2			
	107	Diferencia relativa Q5 vs Q1 (ref)					0,48
Nivel socioeconómico	82	OR niños con nivel SE bajo vs nivel SE alto (ref)				1,91	
Educación de la madre	46	HR				2,28	
	38	RA de 0 a 3 años de escolaridad vs 13 y más años				1998-2000: 9,6; 2001-03: 10,1	
	27	IC				1993: -0,26957; 2008: -0,0679	1993: -0,33691; 2008: -0,16021
	55	OR hijos de madres con menos de 9 años de educación vs madres con 13-15 años de educación			1,73		
	40	Diferencia relativa por educación de la madre				1990: 0,45; 2010: 0,26	

Eje de desigualdad y operacionalización	Ref	Medida de desigualdad	TM Perinatal	TM Neonatal	TM Posneonatal	TM Infantil	TM Niñez
	13	OR nivel terciario vs no educación (ref)		0,42		0,31	0,27
	95	Diferencia absoluta Q5-Q1		14,1			
	95	Diferencia relativa por educación de la madre		1,5			
Educación del padre	46	HR				2,07	
	13	OR nivel terciario vs no educación (ref)		0,54		0,42	0,39
Empleo de la madre	13	OR estatus de empleo de la madre fuera de la casa vs no trabajo		1,1		1,15	1,18
Estatus migratorio	17	OR Madres provenientes de África subsahariana naturalizadas belgas vs madres belgas	1,25				
Demográfico							
	50	HR niños mexicanos vs blancos no hispánicos				1,3	
	52	RR blancos vs negros				1,96	
	24	RR niños indígenas vs resto				1,6	
	24	RR niños negros vs resto				1,5	
	53	RR mujeres negras vs mujeres blancas				2,2	
Raza/etnia/color de piel	97	OR Hijos de madres Yoruba vs hijos de madres Hausa/Fulani/Kanuri (ref)					0,43
	54	Diferencia absoluta					1983: 9,6; 2004: 7,0
	55	OR hijos de madres negras vs hijos de madres blancas (ref)			1,26		
	57	Diferencia absoluta negros vs blancos (ref)				8,77	
	57	Diferencia relativa negros/blancos				2,46	
Casta	95	Diferencia absoluta casta Brahmins, Chhetris and Newars comparados con otros			11,6		
	95	Diferencia relativa Brahmins, Chhetris and Newars comparados con otros			1,4		
Edad de la madre al nacimiento	13	OR madres entre 20 y 34 años vs menos de 20 años (ref)		0,62		0,66	0,73
	40	Diferencias relativas edad de la madre				1990: 1,04; 2010: 1,05	
Sistema de salud							
Régimen de afiliación al SGSSS	43	OR subsidiado vs contributivo		1,09			
	43	OR no asegurado vs contributivo		1,16			
Densidad personal en salud	90	RR densidad personal en salud por cien mil					0,94
	90	Densidad de enfermeras para el cuidado de los niños y de las madres					0,96
	90	Población por institución sanitaria					1,14
	90	Cobertura de atención institucional del parto					0,94
Atención prenatal	55	OR niños con inadecuado control prenatal vs control prenatal adecuado (ref)			1,07		
Gasto gubernamental per cápita en servicios de salud pública	90	Gasto público per cápita					0,8

Eje de desigualdad y operacionalización	Ref	Medida de desigualdad	TM Perinatal	TM Neonatal	TM Posneonatal	TM Infantil	TM Niñez
	41	OR					0,34
Índice de gasto en salud per cápita	133	Curva de concentración				-0,37	
	110	OR		1,96			
Distancia a los servicios	60	Diferencia relativa tiempo de viaje entre 3,5 y 6,5 horas vs entre 0 y 1,5 horas (ref)					2,5
	60	Diferencia relativa distancia entre 12 y 21 kms vs entre 0 y 4 kms (ref)					4,0
Condiciones ambientales							
Privación ambiental	64	RR alta privación vs baja privación				1,14	
Ruido	65	RR				1,44	
Espacios verdes	66	RR				1,5	
Condiciones biológicas y comportamentales							
Consumo de cigarrillo durante el embarazo	55	OR fumaron vs no fumaron (ref)			1,56		
Peso al nacer	55	OR niños con muy bajo peso al nacer vs peso normal al nacer (ref)			10,62		
Género							
Autonomía de la mujer	13	OR participación de la madre en decisiones relacionadas con la salud del niño		0,74		0,76	0,79
Infraestructura							
Condición de las carreteras principales	13	OR malas condiciones vs buenas condiciones (ref)		1,22		1,21	1,21

Nota: Se indicaron en rojo las métricas que empeoraron en el tiempo

denuncie agravios, provea información para la acción política, visibilice injusticias y propenda por una distribución más justa en salud.

La investigación empírica sobre DSS requiere referentes teóricos claros que orienten la definición del método, el análisis y la interpretación de los resultados. Entre las limitaciones identificadas está la constante omisión del enfoque teórico, lo que genera inquietudes sobre la racionalidad de los estudios, la manera como los investigadores entienden el fenómeno y operacionalizan ejes de desigualdad. Esta debilidad teórica lleva a la utilización de variables de distintos niveles sin una estructura relacional ni jerárquica, que puede producir conclusiones imprecisas y limitar los alcances de la acción sanitaria. Una situación similar detectó Font-Ribera en su revisión sobre desigualdades sociales y salud infantil en España; algunos de los artículos omitieron la manera como definieron y midieron los determinantes sociales, lo que dificultó la valoración de los manuscritos (7).

En cuanto a las limitaciones propias de este estudio, se consultaron solo cuatro bases de datos electrónicas y nueve años de búsqueda; en este sentido, se desconoce la cantidad de investigaciones publicadas por fuera de este espacio y si sus características difieren de las observadas.

Como en toda revisión, los artículos incluidos dependen de la estrategia de búsqueda y de los criterios de selección; asimismo, el resultado de la calidad está sujeto a quién efectúe la valoración. No obstante, se resalta la utilización de amplias bases de datos bibliográficas, la búsqueda adicional en Google Scholar y la revisión inversa para adicionar estudios relevantes, así como el proceso duplicado para disminuir la carga subjetiva.

Finalmente, las publicaciones evidencian que las exposiciones diferenciales en los determinantes sociales de la salud condicionan las probabilidades de supervivencia en niños. El lugar importa, no es lo mismo nacer y vivir en cualquier territorio en relación a la garantía del derecho fundamental a la vida y a la distribución de las oportunidades de bienestar (140). También es crucial la realidad de la mujer en la sociedad, entretanto sus condiciones desempeñan un papel decisivo en el bienestar de los niños (141). Aún persisten disparidades en el riesgo de morir prematuramente dadas por la raza, la etnia y el color de piel; así como también las condiciones del contexto político, social, económico, ambiental y del sistema de salud.

**Agradecimientos:** A Marcela Ruiz Pineda, por su apoyo en la lectura de artículos. Las tres autoras participaron en la concepción

del proyecto de investigación, en el análisis de datos, interpretación de resultados, escritura del artículo y revisión crítica del manuscrito sometido.

**Conflictos de interés:** Ninguno.

**Financiación:** Esta investigación fue financiada por el Grupo de Investigación Demografía y Salud de la Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia, y por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias– (beca doctorado nacional 647 de 2014). Número de registro en PROSPERO: CRD42019127187.

## REFERENCIAS

- Marmot M. Social determinants of health inequalities. *Lancet*. 2005 [Cited 2020 May 9]; 365(9464):1099–1104. Available from: <https://bit.ly/2YQdRPI>. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)71146-6.
- Muntaner C, Rocha KB, Borrell C, Vallebuona C, Ibáñez C, Benach J, et al. Clase social y salud en América Latina. *Rev Panam Salud Pública*. 2012 [Cited 2020 May 9]; 31:166–175. Available from: <https://bit.ly/3clxO11>.
- Breilh J. *Epidemiología crítica: ciencia emancipadora e interculturalidad*. Buenos Aires: Lugar; 2003.
- Commission on Social Determinants of Health. Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health: Commission on Social Determinants of Health final report. Geneva: World Health Organization; 2008.
- Unicef. For every child, every right: The Convention on the Rights of the Child at a crossroads. New York: Unicef; 2019.
- Braveman P. What are Health Disparities and Health Equity? We need to be clear. *Public Health Rep*. 2014 [Cited 2020 May 9]; 129(Suppl 2):5–8. Available from: <https://bit.ly/3dvXqvJ>. DOI:10.1177/00333549141291S203.
- Font-Ribera L, García-Continente X, Davó-Blanes MC, Ariza C, Díez E, García M, et al. El estudio de las desigualdades sociales en la salud infantil y adolescente en España. *Gac Sanit*. 2014 [Cited 2020 May 9]; 28(4):316–325. Available from: <https://bit.ly/2Wjkg44> DOI: 10.1016/j.gaceta.2013.12.009.
- Streiner D, Norman G, Cairney J. *Health Measurement Scales: A practical guide to their development and use*. 5a ed. London: Oxford; 2015.
- Marro MJ, Fattore GL. Análisis de tendencia de la desigualdad en la mortalidad materno-infantil, Argentina, 1990-2010. *Rev argent salud pública*. 2018 [Cited 2020 May 9]; 9(35):17–24. Available from: <https://bit.ly/2WHkpgF>.
- Augsburger AC, Gerlero SS, Galende S, Moyano CB. La expresión de las desigualdades sociales en la mortalidad infantil. Información epidemiológica en regiones seleccionadas de la provincia de Santa Fe (Argentina). *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 31(supl1):139–148. Available from: <https://bit.ly/2yI0aWu>.
- Meritano J, Tsavoussian L, Címbaro R, Solana C. Evaluación de la mortalidad neonatal en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires según la residencia de la población y la pertenencia al subsistema de salud. *Arch Argent Pediatr*. 2016 [Cited 2020 May 9]; 114(5):405–411. Available from: <https://bit.ly/35OVVMM>.
- Comes Y, Fures N. Estudio comparativo de las desigualdades sociales en la mortalidad infantil en el Área Metropolitana de Buenos Aires, 2011. *Rev Epidemiología y salud*. 2012 May [Cited 2020 May 9]; 1(1):6–10. Available from: <https://bit.ly/2yLuJfz>.
- Huda TM, Tahsina T, El-Arifeen S, Dibley MJ. The importance of intersectoral factors in promoting equity-oriented universal health coverage: a multilevel analysis of social determinants affecting neonatal infant and under-five mortality in Bangladesh. *Glob Health Action*. 2016 [Cited 2020 May 9]; 9(29741). Available from: <https://bit.ly/2YRlkN8>. DOI:10.3402/gha.v9.29741.
- Adams AM, Rabbani A, Ahmed S, Mahmood SS, Al-Sabir A, Rashid SF, et al. Explaining equity gains in child survival in Bangladesh: scale, speed, and selectivity in health and development. *Lancet*. 2013 Dec [Cited 2020 May 9]; 382(9909):2027–37. Available from: <https://bit.ly/2AasDGp>. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)62060-7.
- Minnery M, Firth S, Hodge A, Jimenez-Soto E. Neonatal mortality and inequalities in Bangladesh: Differential progress and sub-national developments. *Matern Child Health J*. 2015 [Cited 2020 May 9]; 19(1):2038–47. Available from: <https://bit.ly/35Y5gvT>. DOI: 10.1007/s10995-015-1716-z.
- Neal SE, Matthews Z. Investigating the role of health care at birth on inequalities in neonatal survival: evidence from Bangladesh. *Int J Equity Health*. 2013 Mar [Cited 2020 May 9]; 12(17):1-9. Available from: <https://bit.ly/3clCZS3>. DOI:10.1186/1475-9276-12-17.
- Racape J, Schoenborn C, Sow M, Alexander S, De Spiegelaere M. Are all immigrant mothers really at risk of low birth weight and perinatal mortality? The crucial role of socio-economic status. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2016 [Cited 2020 May 9]; 16(75):1-9. Available from: <https://bit.ly/35Lfe3z>. DOI: 10.1186/s12884-016-0860-9.
- Nascimento R de C de S, Costa M da CN, Braga JU, da Natividade MS. Spatial patterns of preventable perinatal mortality in Salvador, Bahia, Brazil. *Rev Saude Publica*. 2017 Aug [Cited 2020 May 9]; 51(73):1-8. Available from: <https://bit.ly/2zsd64m>. DOI:10.11606/S1518-8787.2017051007076.
- Alves R, Santana V, Moura C, Queiroz R, Costa C. Inequalities in health: living conditions and infant mortality in Northeastern Brazil. *Rev Saude Publica*. 2015 [Cited 2020 May 9]; 49(5):1-9. Available from: <https://bit.ly/3cklX6N>. DOI:10.1590/S0034-8910.2015049004794.
- Gonçalves A, Costa M, Paim J, Vieira L, Braga JU, Barreto M. Social inequalities in neonatal mortality and living condition. *Rev Bras Epidemiol*. 2013 Sept [Cited 2020 May 9]; 16(3):682–91. Available from: <https://bit.ly/3bl4h9Y>. DOI:10.1590/S1415-790X2013000300012.
- Martins EF, Rezende EM, De-Mattos, Felix FC. Perinatal mortality and socio-spatial inequalities. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2013 Oct [Cited 2020 May 9]; 21(5):1062–1070. Available from: <https://bit.ly/35Ng5Av>. DOI:10.1590/S0104-11692013000500008.
- Barros FC, Matijasevich A, Harris J, Giugliani E, Maranhão AG, Monteiro CA, et al. Recent trends in maternal, newborn, and child health in Brazil: progress toward Millennium Development Goals 4 and 5. *Am J Public Health*. 2010 Oct [Cited 2020 May 9]; 100(10):1877–1889. Available from: <https://bit.ly/2WjyIZH>. DOI:10.2105/AJPH.2010.196816.
- Faria R, Santana P. Variações espaciais e desigualdades regionais no indicador de mortalidade infantil do estado de Minas Gerais, Brasil. *Saúde Soc*. 2016 [Cited 2020 May 9]; 25(3):736-749. Available from: <https://bit.ly/3cnRapN>. DOI:10.1590/S0104-12902016147609.
- Gava C, Cardoso AM, Basta PC. Infant mortality by color or race from Rondônia, Brazilian Amazon. *Rev Saúde Pública*. 2017 Apr [Cited 2020 May 9]; 51(35). Available from: <https://bit.ly/2WklkUc>. DOI: 10.1590/S1518-8787.2017051006411.
- Almeida W da S de, Szwarcwald CL. Mortalidade infantil e acesso geográfico ao parto nos municípios brasileiros. *Rev Saúde Pública*. 2012 [Cited 2020 May 9]; 46(1):68–76. Available from: <https://bit.ly/2Wj98UH>.
- Murakami GF, Guimarães MJ, Sarinho SW. Sociodemographic inequalities and cause of death among children aged under 5 years in the Brazilian State of Pernambuco. *Rev Bras Saúde Mater Infant*. 2011 [Cited 2020 May 9]; 11(2):139-52. Available from: <https://bit.ly/2YPU3f9>.
- Garcia LP, Santana LR. Evolution of socioeconomic inequalities in infant and child mortality in Brazil, 1993-2008. *Ciênc Saúde Coletiva*. 2011 Sept [Cited 2020 May 9]; 16(9):3717–3728. Available from: <https://bit.ly/3duVPGH>. DOI: 10.1590/S1413-81232011001000009.

28. Caldas AD, Santos RV, Borges GM, Valente JG, Portela MC, Marinho GL. Mortalidade infantil segundo cor ou raça com base no Censo Demográfico de 2010 e nos sistemas nacionais de informação em saúde no Brasil. *Cad Saúde Pública*. 2017 Aug [Cited 2020 May 9]; 33(7). Available from: <https://bit.ly/3bjlyiD>. DOI: 10.1590/0102-311X00046516.
29. Ramalho WM, Sardinha LM, Rodrigues IP, Duarte EC. Inequalities in infant mortality among municipalities in Brazil according to the Family Development Index, 2006-2008. *Rev Panam Salud Publica*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 33(3):205-12. Available from: <https://bit.ly/2LkM41u>.
30. Faria RM de, Santana P. Regional inequalities in infant mortality and primary health care in the state of Minas Gerais, Brazil. *Espace populations sociétés*. 2015 [Cited 2020 May 9]. Available from: <https://bit.ly/3blO5ol>. DOI:10.4000/eps.5852.
31. Maia LT, De-Souza W, Mendes A. Diferenciais nos fatores de risco para a mortalidade infantil em cinco cidades brasileiras: um estudo de caso-controle com base no SIM e no SINASC. *Cad Saúde Pública*. 2012 Nov [Cited 2020 May 9]; 28(11):2163-2176. Available from: <https://bit.ly/2xPJAVU>.
32. De-Oliveira G, Lima MC, Lyra C, Oliveira AG, Ferreira MA. Desigualdade espacial da mortalidade neonatal no Brasil: 2006 a 2010. *Ciêns Saúde Coletiva*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 18(8):2431-2441. Available from: <https://bit.ly/2WNoq36>.
33. Drumond E, Abreu DM, Machado C, Gomes F, Franca E. Racial disparities and avoidable infant mortality in a city of Southeastern Brazil, 2001-2009. *J Trop Pediatr*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 59(1):23-8. Available from: <https://bit.ly/35P24Cy>. DOI: 10.1093/tropej/fms039.
34. Wood CH, de-Carvalho JA, Horta CJ. The color of child mortality in Brazil, 1950-2000: social progress and persistent racial inequality. *Lat Am Res Rev*. 2010 [Cited 2020 May 9]; 45(2):114-39. Available from: <https://bit.ly/2YOE40U>.
35. Sousa A, Hill K, Dal-Poz MR. Sub-national assessment of inequality trends in neonatal and child mortality in Brazil. *Int J Equity Health*. 2010 [Cited 2020 May 9]; 9(21). Available from: <https://bit.ly/2zr2mmW>. DOI: 10.1186/1475-9276-9-21.
36. Jimenez-Soto E, Durham J, Hodge A. Entrenched geographical and socioeconomic disparities in child mortality: Trends in absolute and relative inequalities in Cambodia. *Plos one*. 2014 [Cited 2020 May 9]; 9(10). Available from: <https://bit.ly/2YPHrog>. DOI:10.1371/journal.pone.0109044.
37. Luo Z-C, Senécal S, Simonet F, Guimond E, Penney C, Wilkins R. Birth outcomes in the Inuit-inhabited areas of Canada. *CMAJ*. 2010 Feb [Cited 2020 May 9]; 182(3):235-42. Available from: <https://bit.ly/3cm-B8wu>. DOI:10.1503/cmaj.082042.
38. Frenz P, González C. Aplicación de una aproximación metodológica simple para el análisis de las desigualdades: El caso de la mortalidad infantil en Chile. *Rev Méd Chile*. 2010 Sept [Cited 2020 May 9]; 138(9):1157-1164. Available from: <https://bit.ly/2AhUNQ3>. DOI:10.4067/S0034-98872010000900012.
39. Flores M, Cerda J. Evolución de la Desigualdad en la Mortalidad Infantil. *Rev Chil Pediatr*. 2010 [Cited 2020 May 9]; 81(3):215-220. Available from: <https://bit.ly/2WioGaM>. DOI: 10.4067/S0370-41062010000300003.
40. Castro R. Indicios de igualdad demográfica en Chile: el caso de la mortalidad infantil. *Pap poblac*. 2015 [Cited 2020 May 9]; 21(83):189-201. Available from: <https://bit.ly/2Wifq2m>.
41. Zhang X, Tian X, Cheng Y, Feng Z, Wang L, Southerland J. Health disparities among the western, central and eastern rural regions of China after a decade of health promotion and disease prevention programming. *J Huazhong Univ Sci Technol*. 2015 Jul [Cited 2020 May 9]; 35(4):606-614. Available from: <https://bit.ly/2WGVF8s>. DOI: 10.1007/s11596-015-1478-2.
42. Song S, Burgard SA. Dynamics of inequality: mother's education and infant mortality in China, 1970-2001. *J Health Soc Behav*. 2011 Sept [Cited 2020 May 9]; 52(3):349-64. Available from: <https://bit.ly/2W-j8YwL>. DOI: <https://doi.org/10.1177/0022146511410886>.
43. Houweling TA, Arroyave I, Burdorf A, Avendano M. Health insurance coverage, neonatal mortality and caesarean section deliveries: an analysis of vital registration data in Colombia. *J Epidemiol Community Health*. 2017 [Cited 2020 May 9]; 71(5):505-512. Available from: <https://bit.ly/2YSR99h>. DOI:10.1136/jech-2016-207499.
44. Jaramillo-Mejía MC, Chernichovsky D, Jiménez-Moleón JJ. Brechas regionales de la mortalidad infantil en Colombia. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 30(4):551-59. Available from: <https://bit.ly/2Wj6wWU>.
45. Alvis-Zakzuk N, Paternina-Caicedo Á, Carrasquilla-Sotomayor M, Hoz-Restrepo FDL, Alvis-Guzmán N. Desigualdades de mortalidad infantil y pobreza en Colombia: análisis intercensal (1993 y 2005). *Rev Ciencias Biomédicas*. 2015 [Cited 2020 May 9]; 6(1): 29-37. Available from: <https://bit.ly/3cltHFD>.
46. Son M, An SJ, Kim YJ. Trends of Social Inequalities in the Specific Causes of Infant Mortality in a Nationwide Birth Cohort in Korea, 1995-2009. *J Korean Med Sci*. 2017 [Cited 2020 May 9]; 32(9):1401-14. Available from: <https://bit.ly/3clzjQv>.
47. Yun J-W, Kim Y-J, Son M. Regional deprivation index and socioeconomic inequalities related to infant deaths in Korea. *J Korean Med Sci*. 2016 [Cited 2020 May 9]; 31(4):568. Available from: <https://bit.ly/2Lmmolb>.
48. Chamizo H, Behm I. Las inequidades geográficas en la mortalidad infantil en Costa Rica, período 2008-2012. *Poblac salud mesoam*. 2014 [Cited 2020 May 9]; 12(1). Available from: <https://bit.ly/3fDrRf6>.
49. Luque-Fernández MA, Lone NI, Gutiérrez-Garitano I, Bueno-Cavaniillas A. Stillbirth risk by maternal socio-economic status and country of origin: a population-based observational study in Spain, 2007-08. *Eur J Public Health*. 2012 Aug [Cited 2020 May 9]; 22(4):524-29. Available from: <https://bit.ly/2LiZefy>. DOI: 10.1093/eurpub/ckr074.
50. Lopez KN, Nembhard WN, Wang Y, Liu G, Kucik JE, Copeland G, et al. Birth defect survival for Hispanic subgroups. *Birth Defects Res*. 2018 Mar [Cited 2020 May 9]; 110(4):352-63. Available from: <https://bit.ly/2zpiFAI>. DOI:10.1002/bdr2.1157.
51. Singh GK, Kogan MD, Slifkin RT. Widening disparities in infant mortality and life expectancy between Appalachia and the rest of the United States, 1990-2013. *Health Aff*. 2017 Aug [Cited 2020 May 9]; 36(8):1423-32. Available from: <https://bit.ly/35M72jk>. DOI:10.1377/hlthaff.2016.1571.
52. El-Sayed AM, Finkton DW, Paczkowski M, Keyes KM, Galea S. Socioeconomic position, health behaviors, and racial disparities in cause-specific infant mortality in Michigan, USA. *Prev Med*. 2015 Jul [Cited 2020 May 9]; 76(8). Available from: <https://bit.ly/2YSnMEo>. DOI:10.1016/j.ypmed.2015.03.021.
53. Loggins S, Drumond F. Despite an overall decline in U.S. infant mortality rates, the Black/White disparity persists: recent trends and future projections. *J Community Health*. 2014 Feb [Cited 2020 May 9]; 39(1):118-123. Available from: <https://bit.ly/2LhwluT>. DOI:10.1007/s10900-013-9747-0.
54. Elder TE, Goddeeris JH, Haider SJ, Paneth N. The changing character of the Black-White infant mortality gap, 1983-2004. *Am J Public Health*. 2014 Feb [Cited 2020 May 9]; 104(Suppl 1):S105-111. Available from: <https://bit.ly/2zuC8jj>. DOI:10.2105/AJPH.2013.301349.
55. Kitsantas P, Gaffney KF. Racial/ethnic disparities in infant mortality. *J Perinat Med*. 2010 [Cited 2020 May 9]; 38(1):87-94. Available from: <https://bit.ly/2SQiKnJ>. DOI: 10.1515/JPM.2010.014.
56. Siddiqi A, Jones MK, Erwin PC. Does higher income inequality adversely influence infant mortality rates? Reconciling descriptive patterns and recent research findings. *Soc Sci Med*. 2015 Apr [2020 May 9]; 131(1):82-88. Available from: <https://bit.ly/2WiOx2V>. DOI: 10.1016/j.socscimed.2015.03.010.
57. Siddiqi A, Jones MK, Bruce DJ, Erwin PC. Do racial inequities in infant mortality correspond to variations in societal conditions? A study

- of state-level income inequality in the U.S., 1992-2007. *Soc Sci Med*. 2016 Sept [Cited 2020 May 9]; 164:49–58. Available from: <https://bit.ly/3f1Qijj>. DOI:10.1016/j.socscimed.2016.07.013.
58. Olson ME, Diekema D, Elliott BA, Renier CM. Impact of income and income inequality on infant health outcomes in the United States. *Pediatrics*. 2010 Dec [Cited 2020 May 9]; 126(6):1165–1173. Available from: <https://bit.ly/3dF79Ad>. DOI:10.1542/peds.2009-3378.
  59. McKinnon B, Harper S, Kaufman JS, Abdullah M. Distance to emergency obstetric services and early neonatal mortality in Ethiopia. *Trop Med Int Health*. 2014 Jul [Cited 2020 May 9]; 19(7):780–90. Available from: <https://bit.ly/2Wk08P9>. DOI: 10.1111/tmi.12323.
  60. Okwaraji YB, Cousens S, Berhane Y, Mulholland K, Edmond K. Effect of geographical access to health facilities on child mortality in rural Ethiopia: a community based cross-sectional study. *Plos one*. 2012 Mar [Cited 2020 May 9]; 7(3): Available from: <https://bit.ly/3fCVqDX>. DOI: 10.1371/journal.pone.0033564.
  61. Kraft AD, Nguyen KH, Jimenez-Soto E, Hodge A. Stagnant neonatal mortality and persistent health inequality in middle-income countries: a case study of the Philippines. *Plos one*. 2013 Jan [Cited 2020 May 9]; 8(1):1-12. Available from: <https://bit.ly/2WNh2F5>. DOI:10.1371/journal.pone.0053696.
  62. Bermejo R, Firth S, Hodge A, Jimenez-Soto E, Zeck W. Overcoming Stagnation in the Levels and Distribution of Child Mortality: The Case of the Philippines. *Plos one*. 2015 Oct [Cited 2020 May 9]; 10(10). Available from: <https://bit.ly/35PBHMO>. DOI: 10.1371/journal.pone.0139458.
  63. Remes H, Martikainen P, Valkonen T. Mortality inequalities by parental education among children and young adults in Finland 1990-2004. *J Epidemiol Community Health*. 2010 [Cited 2020 May 9]; 64(2):136–41. Available from: DOI:10.1136/jech.2008.082388.
  64. Padilla CM, Kihal-Talantikite W, Perez S, Deguen S. Use of geographic indicators of healthcare, environment and socioeconomic factors to characterize environmental health disparities. *J Environ Health*. 2016 [Cited 2020 May 9]; 15(79):1-11. Available from: <https://bit.ly/3dwwSxc>. DOI:10.1186/s12940-016-0163-7.
  65. Kihal-Talantikite W, Padilla CM, Lalloue B, Rougier C, Defrance J, Zmirou-Navier D, et al. An exploratory spatial analysis to assess the relationship between deprivation, noise and infant mortality: an ecological study. *J Environ Health*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 12(109):1-15. Available from: <https://bit.ly/2LhCYCT>. DOI:10.1186/1476-069X-12-109.
  66. Kihal-Talantikite W, Padilla CM, Lalloué B, Gelormini M, Zmirou-Navier D, Deguen S. Green space, social inequalities and neonatal mortality in France. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 13(191):1-9. Available from: <https://bit.ly/3bms3T9>. DOI:10.1186/1471-2393-13-191.
  67. Padilla C, Lalloué B, Pies C, Lucas E, Zmirou-Navier D, Séverine D. An ecological study to identify census blocks supporting a higher burden of disease: infant mortality in the lille metropolitan area, france. *Matern Child Health J*. 2014 Jan [Cited 2020 May 9]; 18(1):171–79. Available from: <https://bit.ly/2zpVnL1>. DOI:10.1007/s10995-013-1251-8.
  68. Padilla CM, Deguen S, Lalloue B, Blanchard O, Beaugard C, Troude F, et al. Cluster analysis of social and environment inequalities of infant mortality. A spatial study in small areas revealed by local disease mapping in France. *Sci Total Environ*. 2013 Jun [Cited 2020 May 9]; 0:433–41. Available from: <https://bit.ly/3bgEgsk>. DOI:10.1016/j.scitotenv.2013.03.027.
  69. Behl AS. Trends in child mortality in India. *Indian Pediatr*. 2013 Jan [Cited 2020 May 9]; 50(1):143-47. Available from: <https://bit.ly/3dzSu9o>. DOI: 10.1007/s13312-013-0028-x.
  70. Pradhan J, Arokiasamy P. Socio-economic inequalities in child survival in India: a decomposition analysis. *Health Policy*. 2010 [Cited 2020 May 9]; 98(2–3):114–20. Available from: <https://bit.ly/2xUHBjG>. DOI:10.1016/j.healthpol.2010.05.010.
  71. Minnery M, Jimenez-Soto E, Firth S, Nguyen KH, Hodge A. Disparities in child mortality trends in two new states of India. *BMC Public Health*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 13(779):1-11. Available from: <https://bit.ly/2WQ6d5g>. DOI:10.1186/1471-2458-13-779.
  72. Nguyen KH, Jimenez-Soto E, Dayal P, Hodge A. Disparities in child mortality trends: what is the evidence from disadvantaged states in India? The case of Orissa and Madhya Pradesh. *Int J Equity Health*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 12(45):1-14. Available from: <https://bit.ly/35MQFTC>. DOI:10.1186/1475-9276-12-45.
  73. Dettrick Z, Jimenez-Soto E, Hodge A. Socioeconomic and geographical disparities in under-five and neonatal mortality in Uttar Pradesh, India. *Matern Child Health J*. 2014 May [Cited 2020 May 9]; 18(1):960–9. Available from: <https://bit.ly/2Wm9XEC>. DOI: 10.1007/s10995-013-1324-8.
  74. Kumar C, Singh PK, Rai RK. Under-Five Mortality in High Focus States in India: A District Level Geospatial Analysis. *Plos one*. 2012 May [Cited 2020 May 9]; 7(5):e37515. Available from: <https://bit.ly/2WIMhrV>. DOI:10.1371/journal.pone.0037515.
  75. Singh A, Pathak PK, Chauhan RK, Pan W. Infant and child mortality in India in the last two decades: a geospatial analysis. *Plos one*. 2011 Nov [Cited 2020 May 9]; 6(11):e26856. Available from: <https://bit.ly/2S-QtW3J>. DOI: 10.1371/journal.pone.0026856.
  76. De-Partha, Dhar A. Inequality in child mortality across different states of India: a comparative study. *J Child Health Care*. 2013 [Cited 2020 May 9]; 17(4):397–409. Available from: <https://bit.ly/3dCKqET>. DOI:10.1177/1367493512468359.
  77. Gaiha R, Kulkarni VS, Pandey MK, Imai KS. On hunger and child mortality in India. *J Asian Afr Stud*. 2012 Feb [Cited 2020 May 9]; 47(1):3–17. Available from: <https://bit.ly/2WQ8yx4>. DOI: 10.1177/0021909611427015.
  78. Mohanty SK. Multidimensional poverty and child survival in India. *Plos one*. 2011 Oct [Cited 2020 May 9]; 6(10):e26857. Available from: <https://bit.ly/2SW7NBn>. DOI:10.1371/journal.pone.0026857.
  79. Kumar A, Singh A. Is economic inequality in infant mortality higher in urban than in rural India? *Matern Child Health*. 2014 [Cited 2020 May 9]; 18(9):2061–70. Available from: <https://bit.ly/3cnExLS>. DOI: 10.1007/s10995-014-1452-9.
  80. Hodge A, Firth S, Marthias T, Jimenez-Soto E. Location matters: trends in inequalities in child mortality in Indonesia. Evidence from repeated cross-sectional surveys. *Plos one*. 2014 Jul [Cited 2020 May 9]; 9(7):e103597. Available from: <https://bit.ly/2WkiNua>. DOI:10.1371/journal.pone.0103597.
  81. Smith LK, Manktelow BN, Draper ES, Springett A, Field DJ. Nature of socioeconomic inequalities in neonatal mortality: population based study. *BMJ*. 2010 Dec [Cited 2020 May 11]; 341(dec02 1):c6654. Available from: <https://bit.ly/2zuCJ4y>. DOI:10.1136/bmj.c6654.
  82. Damghanian M, Shariati M, Mirzainajmabadi K, Yunesian M, Emamian MH. Socioeconomic inequality and its determinants regarding infant mortality in Iran. *Iran Red Crescent Med J*. 2014 Jun [Cited 2020 May 11]; 16(6):e17602. Available from: <https://bit.ly/3dAZ6El>. DOI: 10.5812/ircmj.17602.
  83. Pattenden S, Casson K, Cook S, Dolk H. Geographical variation in infant mortality, stillbirth and low birth weight in Northern Ireland, 1992-2002. *J Epidemiol Community Health*. 2011 [Cited 2020 May 11]; 65(12):1159–65. Available from: <https://bit.ly/2Wm09Cp>.
  84. Dallolio L, Di-Gregori V, Lenzi J, Franchino G, Calugi S, Domenighetti G, et al. Socio-economic factors associated with infant mortality in Italy: an ecological study. *Int J Equity Health*. 2012 Aug [Cited 2020 May 11]; 11(45):1-5. Available from: <https://bit.ly/3dxdwFB>. DOI:10.1186/1475-9276-11-45.
  85. Nagata C, Moriichi A, Morisaki N, Gai-Tobe R, Ishiguro A, Mori R. Inter-prefecture disparity in under-5 mortality: 115 year trend in Japan. *Pediatr Int*. 2017; 59(7):816–20. Available from: <https://bit.ly/2Z4AobF>.
  86. Servan-Mori E, Torres-Pereda P, Orozco E, Sosa-Rubi S. An explanatory analysis of economic and health inequality changes among Mexican indigenous people, 2000-2010. *Int J Equity Health*. 2014 Feb

- [Cited 2020 May 11]; 13(21):1-8. Available from: <https://bit.ly/2zrZZjW>. DOI: 10.1186/1475-9276-13-21.
87. Medina-Gómez O, López-Arellano O. Asociación de los tipos de carencia y grado de desarrollo humano con la mortalidad infantil en México, 2008. *Cad Saúde Pública*. 2011 [Cited 2020 May 11]; 27(8):1603-10. Available from: <https://bit.ly/2yDrneR>.
  88. Lara-Valencia F, Álvarez-Hernández G, Harlow SD, Denman C, García-Pérez H. Neighborhood socio-environmental vulnerability and infant mortality in Hermosillo, Sonora. *Salud Públ Mex*. 2012 [Cited 2020 May 11]; 54(4):367-74. Available from: <https://bit.ly/3fDeOAx>.
  89. Meindl RS, Roldan JA, Thompson C, Gregory TL, Álvarez M, Saucedo G. The effects of public infrastructure and household characteristics on inequality and infant mortality in Mexico: What has changed between 1990 and 2005? *Social Medicine*. 2010 Jun [Cited 2020 May 11]; 5(2):90-9. Available from: <https://bit.ly/2WkcZRC>.
  90. Fernandes Q, Wagenaar B, Anselmi L, Pfeiffer J, Gloyd S, Sherr K. Effects of health-system strengthening on under-5, infant, and neonatal mortality: 11-year provincial-level time-series analyses in Mozambique. *Lancet Glob Health*. 2014 [Cited 2020 May 11]; 2(8):e468-77. Available from: <https://bit.ly/2zvay5y>.
  91. Macassa G, Ghilagaber G, Charsmar H, Walander A, Sundin Ö, Soares J. Geographic differentials in mortality of children in Mozambique: their implications for achievement of Millennium Development Goal 4. *J Health Popul Nutr*. 2012 Sept [Cited 2020 May 11]; 30(3):331-45. Available from: <https://bit.ly/2WmSQdN>. DOI: 10.3329/jhpn.v30i3.12297.
  92. Sreeramareddy CT, Harsha HN, Sathian B. Time trends and inequalities of under-five mortality in Nepal: A secondary data analysis of four Demographic and Health Surveys between 1996 and 2011. *Plos one*. 2013 Nov [Cited 2020 May 11]; 8(11). Available from: <https://bit.ly/35P4Mbb>. DOI:10.1371/journal.pone.0079818.
  93. Nguyen K, Jimenez-Soto E, Morgan A, Morgan C, Hodge A. How does progress towards the MDG 4 affect inequalities between different sub-populations? Evidence from Nepal. *J Epidemiol Community Health*. 2013 [Cited 2020 May 11]; 67(4):311-19. Available from: <https://bit.ly/2zqOxoA>. DOI: 10.1136/jech-2012-201503.
  94. Chin B, Montana L, Basagaña X. Spatial modeling of geographic inequalities in infant and child mortality across Nepal. *Health Place*. 2011 [Cited 2020 May 11]; 17(4):929-36. Available from: <https://bit.ly/3btDmcg>. DOI:10.1016/j.healthplace.2011.04.006.
  95. Paudel D, Shrestha IB, Siebeck M, Rehfuess EA. Neonatal health in Nepal: analysis of absolute and relative inequalities and impact of current efforts to reduce neonatal mortality. *BMC Public Health*. 2013 Dec [Cited 2020 May 11]; 13(1239):1-13. Available from: <https://bit.ly/2zoEhgB>. DOI:10.1186/1471-2458-13-1239.
  96. Adedini SA, Odimegwu C, Imasiku EN, Ononokpono DN, Ibisomi L. Regional variations in infant and child mortality in Nigeria: A multilevel analysis. *J Biosoc Sci*. 2015 Mar [Cited 2020 May 11]; 47(2):165-87. Available from: <https://bit.ly/2YX8a2f>. DOI: 10.1017/S0021932013000734.
  97. Antai D. Inequalities in under-5 mortality in Nigeria: do ethnicity and socioeconomic position matter? *J Epidemiol*. 2011 [Cited 2020 May 11]; 21(1):13-20. Available from: <https://bit.ly/2YZtFQd>. DOI: 10.2188/jea.JE20100049.
  98. Antai D, Moradi T. Urban area disadvantage and under-5 mortality in Nigeria: the effect of rapid urbanization. *Environ Health Perspect*. 2010 Jun [Cited 2020 May 11]; 118(6):877-83. Available from: <https://bit.ly/3brNcuR>. DOI:10.1289/ehp.0901306.
  99. Antai D. Regional inequalities in under-5 mortality in Nigeria: a population-based analysis of individual- and community-level determinants. *Popul Health Metr*. 2011 Mar [Cited 2020 May 11]; 9(6):1-12. Available from: <https://bit.ly/2YS7YRS>. DOI:10.1186/1478-7954-9-6.
  100. Olufunke F, Obafemi O. Ethnicity and child survival in Nigeria. *Afr Pop Stud*. 2011 [Cited 2020 May 11]; 25(1):92-112. Available from: <https://bit.ly/2WMSplE>. DOI:10.11564/25-1-258.
  101. Vos AA, Denктаş S, Borsboom GJ, Bonsel GJ, Steegers E. Differences in perinatal morbidity and mortality on the neighbourhood level in Dutch municipalities: a population based cohort study. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2015 Sep [Cited 2020 May 11]; 15(201):1-9. Available from: <https://bit.ly/35TVD1c>. DOI: 10.1186/s12884-015-0628-7.
  102. Poeran J, Denктаs S, Birnie E, Bonsel GJ, Steegers E. Urban perinatal health inequalities. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2011 [Cited 2020 May 11]; 24(4):643-646. Available from: <https://bit.ly/2AbEUkk>. DOI:10.3109/14767058.2010.511341.
  103. Bauze AE, Tran LN, Nguyen KH, Firth S, Jimenez-Soto E, Dwyer-Lindgren L, et al. Equity and geography: the case of child mortality in Papua New Guinea. *Plos one*. 2012 May [Cited 2020 May 11]; 7(5):e37861. Available from: <https://bit.ly/2YUwzpk>. DOI: 10.1371/journal.pone.0037861.
  104. Sartorius B, Kahn K, Collinson MA, Vounatsou P, Tollman SM. Survived infancy but still vulnerable: spatial-temporal trends and risk factors for child mortality in the Agincourt rural sub-district, South Africa, 1992-2007. *Geospat Health*. 2011 May [Cited 2020 May 11]; 5(2):285-295. Available from: <https://bit.ly/2AdILqI>. DOI:10.4081/gh.2011.181.
  105. Green TL, Peters AC. Region of birth and child mortality among black migrants to South Africa: Is there a foreign-born advantage? *Migrat*. 2016 Sep [Cited 2020 May 11]; 13(3):359-376. Available from: <https://bit.ly/2LikkRH>.
  106. Calling S, Li X, Sundquist J, Sundquist K. Socioeconomic inequalities and infant mortality of 46,470 preterm infants born in Sweden between 1992 and 2006. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2011 Jul [Cited 2020 May 11]; 25(4):357-65. Available from: <https://bit.ly/35Ri6Me>. DOI:10.1111/j.1365-3016.2011.01200.x.
  107. Nattey C, Masanja H, Klipstein-Grobusch K. Relationship between household socio-economic status and under-five mortality in Rufiji DSS, Tanzania. *Glob Health Action*. 2013 Jan [Cited 2020 May 11]; 6(19278):49-56. Available from: <https://bit.ly/2YSLNel>. DOI:10.3402/gha.v6i0.19278.
  108. Jewell RT, Martinez J, Triunfo P. Infant mortality in Uruguay: the effect of socioeconomic status on survival. *JDA*. 2014 [Cited 2020 May 11]; 48(2):307-28. Available from: <https://bit.ly/3fxFtyK>.
  109. Ortunio E. Tendencias y desigualdades territoriales de la mortalidad infantil y materna. Carabobo, 1990-2007. *Comunidad y Salud*. 2012 [Cited 2020 May 11]; 10(2):1-13. Available from: <https://bit.ly/2WmCGkn>.
  110. Mälqvist M, Sohel N, Do TT, Eriksson L, Persson LÅ. Distance decay in delivery care utilisation associated with neonatal mortality. A case referent study in northern Vietnam. *BMC Public Health*. 2010 Dec [Cited 2020 May 11]; 10(762):1-9. Available from: <https://bit.ly/2SPYSkT>. DOI:10.1186/1471-2458-10-762.
  111. Bado AR, Appunni SS. Decomposing Wealth-Based Inequalities in Under-Five Mortality in West Africa. *Iran J Public Health*. 2015 Jul [Cited 2020 May 11]; 44(7):920-30. Available from: <https://bit.ly/2SXZ8hP>.
  112. Bado AR, Sathiya-Susuman A. Women's Education and Health Inequalities in Under-Five Mortality in Selected Sub-Saharan African Countries, 1990-2015. *Plos one*. 2016 Jul [Cited 2020 May 11]; 11(7):e0159186. Available from: <https://bit.ly/3dF9CdB>. DOI:10.1371/journal.pone.0159186.
  113. Quentin W, Abosede O, Aka J, Akweongo P, Dinard K, Ezech A, et al. Inequalities in child mortality in ten major African cities. *BMC Med*. 2014 Jun [Cited 2020 May 11]; 12(95):2-11. Available from: <https://bit.ly/2zqaqFJ>. DOI:10.1186/1741-7015-12-95.
  114. Worku EB, Woldeesenbet SA. Poverty and inequality -but of what- as social determinants of health in Africa? *Afr Health Sci*. 2015 [Cited 2020 May 11]; 15(4):1330-8. Available from: <https://bit.ly/3fdkASQ>. DOI: 10.4314/ahs.v15i4.36.
  115. Van-Malderen C, Van-Oyen H, Speybroeck N. Contributing determinants of overall and wealth-related inequality in under-5 mortality in 13 African countries. *J Epidemiol Community Health*. 2013 [Cited 2020 May 11]; 67(8):667-76. Available from: DOI:10.1136/jech-2012-202195.

116. Mujica OJ, Vázquez E, Duarte EC, Cortez-Escalante JJ, Molina J, Barbosa da Silva J. Socioeconomic inequalities and mortality trends in BRICS, 1990–2010. *Bull World Health Organ*. 2014 Jul [Cited 2020 May 11]; 92(6):405–12. Available from: <https://bit.ly/3cq1dKS>. DOI:10.2471/BLT.13.127977.
117. Sefiddashti SE, Nakhae M, Karyani AK, Ghazanfari S. Decomposition Socioeconomic Inequality in Infant Mortality in EMRO Countries. *Int J Pediatr*. 2015 Jul [Cited 2020 May 11]; 3(4.1):749-56. Available from: <https://bit.ly/2xRNsWn>.
118. Muldoon KA, Galway LP, Nakajima M, Kanters S, Hogg RS, Bendavid E, et al. Health system determinants of infant, child and maternal mortality: A cross-sectional study of UN member countries. *Glob Health*. 2011 Oct [Cited 2020 May 11]; 7(42). Available from: <https://bit.ly/2Z0pUJY>. DOI:10.1186/1744-8603-7-42.
119. Avendano M. Correlation or causation? Income inequality and infant mortality in fixed effects models in the period 1960–2008 in 34 OECD countries. *Soc Sci Med*. 2012 Aug [Cited 2020 May 11]; 75(4):754–760. Available from: <https://bit.ly/2xXoepM>. DOI: 10.1016/j.socscimed.2012.04.017.
120. Nowatzki NR. Wealth inequality and health: a political economy perspective. *Int J Health Serv*. 2012 Jul [Cited 2020 May 11]; 42(3):403–24. Available from: <https://bit.ly/3dBNPDG>. DOI:10.2190/HS.42.3.c.
121. Li Z, Li M, Subramanian SV, Lu C. Assessing levels and trends of child health inequality in 88 developing countries: from 2000 to 2014. *Glob Health Action*. 2017 [Cited 2020 May 11]; 10(1):1-28. Available from: <https://bit.ly/2zwFliI>. DOI:10.1080/16549716.2017.1408385.
122. Hajizadeh M, Nandi A, Heymann J. Social inequality in infant mortality: What explains variation across low and middle income countries? *Soc Sci Med*. 2014 Jan [Cited 2020 May 11]; 101(1):36–46. Available from: <https://bit.ly/35SqYB2>. DOI:10.1016/j.socscimed.2013.11.019.
123. McKinnon B, Harper S, Kaufman JS. Do socioeconomic inequalities in neonatal mortality reflect inequalities in coverage of maternal health services? Evidence from 48 low and middle-income countries. *Matern Child Health J*. 2016 Feb [Cited 2020 May 11]; 20(2):434–446. Available from: <https://bit.ly/2YUJm0>. DOI:10.1007/s10995-015-1841-8.
124. Sarkar D, Sarkar J. Persistence of income inequality: does child mortality matter? *JDA*. 2012 [Cited 2020 May 11]; 46(2):105–23. Available from: <https://bit.ly/2SYg4Vr>.
125. Sosnaud B, Beckfield J. Trading equality for health? Evaluating the trade-off and institutional hypotheses on health inequalities in the Global South. *J Health Soc Behav*. 2017 Jul [Cited 2020 May 11]; 58(3):340–56. Available from: <https://bit.ly/3coEM8R>. DOI:10.1177/0022146517721950.
126. Garces-Ozanne A, Kalu EI, Audas R. The effect of empowerment and self-determination on health outcomes. *Health Educ Behav*. 2016 Sep [Cited 2020 May 11]; 43(6):623–31. Available from: <https://bit.ly/2YVAFgO>. DOI:10.1177/1090198116667665.
127. Bendavid E. Changes in child mortality over time across the wealth gradient in less-developed countries. *Pediatrics*. 2014 Dec [Cited 2020 May 11]; 134(6):e1551-1559. Available from: <https://bit.ly/2yMH3MK>. DOI:10.1542/peds.2014-2320.
128. Chuang KY, Sung PW, Chang CJ, Chuang YC. Political and economic characteristics as moderators of the relationship between health services and infant mortality in less-developed countries. *J Epidemiol Community Health*. 2013 [Cited 2020 May 11]; 67(12):1006–12. Available from: <https://bit.ly/35NBgme>.
129. Amouzou A, Kozuki N, Gwatkin DR. Where is the gap?: the contribution of disparities within developing countries to global inequalities in under-five mortality. *BMC Public Health*. 2014 Mar [Cited 2020 May 11]; 14(216):1-5. Available from: <https://bit.ly/3boymWj>. DOI:10.1186/1471-2458-14-216.
130. Gakidou E, Cowling K, Lozano R, Murray CJ. Increased educational attainment and its effect on child mortality in 175 countries between 1970 and 2009: a systematic analysis. *Lancet*. 2010 Sep [Cited 2020 May 11]; 376(9745):959–74. Available from: <https://bit.ly/2zxhWxC>. DOI:10.1016/S0140-6736(10)61257-3.
131. Brinda EM, Rajkumar AP, Enemark U. Association between gender inequality index and child mortality rates: a cross-national study of 138 countries. *BMC Public Health*. 2015 Mar [Cited 2020 May 11]; 15(97):1-6. Available from: <https://bit.ly/2Llga56>. DOI:10.1186/s12889-015-1449-3.
132. Ruiz JI, Nuhu K, McDaniel JT, Popoff F, Izcovich A, Criniti JM. Inequality as a powerful predictor of infant and maternal mortality around the world. *Plos one*. 2015 Oct [Cited 2020 May 11]; 10(10):e0140796. Available from: <https://bit.ly/3bqSPJQ>. DOI:10.1371/journal.pone.0140796
133. Almasi-Hashiani A, Ayubi E, Fahimfar N, Khosravi A, Karamzad N, Safiri S. Economic inequality and infant, under-5-year-old, maternal, and crude mortality rates. *J Arch Mil Med*. 2015 [Cited 2020 May 11]; 3(3). Available from: <https://bit.ly/2LITfGk>. DOI: 10.5812/jamm.28205.
134. Marphatia AA, Cole TJ, Grijalva-Eternod C, Wells JCK. Associations of gender inequality with child malnutrition and mortality across 96 countries. *Glob Health Epidemiol Genom*. 2016 [Cited 2020 May 11]; 1:1–8. Available from: <https://bit.ly/3boDWYo>. DOI:10.1017/ghg.2016.1.
135. Commission on Social Determinants of Health. A conceptual framework for action on the social determinants of health. Discussion paper for the Commission on Social Determinants of Health. World Health Organization; 2007.
136. Mosley WH, Chen LC. An analytical framework for the study of child survival in developing countries. *Population and Development Review*. 1984 [Cited 2020 May 11]; 10(1):25–45. Available from: <https://bit.ly/2xS0Cmf>.
137. Borrell C, Malmusi D. La investigación sobre los determinantes sociales y las desigualdades en salud: evidencias para la salud en todas las políticas. Informe SESPAS 2010. *Gac Sanit*. 2010 Dec [Cited 2020 May 11]; 24(1):101–108. Available from: <https://bit.ly/2ztNUdU>. DOI:10.1016/j.gaceta.2010.05.005.
138. Navarro V, Benach J. Las desigualdades sociales de la salud en España. Informe de la Comisión Científica de estudios de las desigualdades sociales de Salud en España. *Rev Esp Salud Pública*. 1996; 70(5–6):505–636. Available from: <https://bit.ly/2LIHm3O>.
139. Curtis S. Health and inequality: geographical perspectives. London; Thousand Oaks, Calif. SAGE; 2004.
140. Cepal, Naciones Unidas. La matriz de la desigualdad social en América Latina. Santiago de Chile: Cepal; 2016.
141. Jaramillo-Mejía M, Chernichovsky D, Jiménez-Moleón J. Determinantes de la mortalidad infantil en Colombia. *Path Análisis. Rev. Salud Pública (Bogotá)* 2018 [Cited 2020 May 11]; 20(1):3-9. Available from: <https://bit.ly/2WkFePY>. DOI:10.15446/rsap.V20n1.39247.

# Respuestas de salud pública para manejo de la COVID-19 en centros de reclusión. Revisión de literatura

## Public health responses for the management of COVID-19 in detention centers. Literature review

Víctor H. Piñeros-Báez

Recibido 24 abril 2020 / Enviado para modificación 27 abril 2020 / Aceptado 30 abril 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Identificar en la literatura las recomendaciones para la prevención y control de la COVID-19 en prisiones y centros de detención preventiva, con el fin de caracterizar las líneas de respuesta.

**Materiales y Métodos** Se identificaron 88 publicaciones en bases de datos y repositorios digitales usando términos clave. Luego de aplicar la metodología PRISMA, se seleccionaron 18 publicaciones para realizar el análisis cualitativo. Las publicaciones elegidas refieren a recomendaciones de académicos, investigadores y expertos. Para ilustrar el enfoque de la respuesta gubernamental, se analizaron seis publicaciones emitidas por autoridades gubernamentales de Canadá, Bélgica, Francia y Estados Unidos. Se excluyeron publicaciones relacionadas con centros de detención para menores o pacientes psiquiátricos.

**Resultados** Si bien hay poca literatura, se logró caracterizar las recomendaciones disponibles, agrupándolas en seis líneas de respuesta. En su caracterización resulta primordial el establecimiento de medidas físicas, administrativas, jurídicas, higiénicas y de salubridad. Asimismo, se plantea la necesidad de garantizar el manejo epidemiológico y la adecuación de los servicios de salud en concordancia con la carga de enfermedad y las vulnerabilidades de los detenidos.

**Conclusiones** La respuesta a la COVID-19 en centros de reclusión es compleja y desafiante. Por ende, las medidas convencionales del orden higiénico, sanitario, médico y epidemiológico no son suficientes. Estas deben ir acompañadas por un ajuste de las políticas criminal y penitenciaria, con el fin de reducir y controlar la densidad poblacional, además de la adaptación permanente de la administración de justicia en función de las medidas de contención, mitigación o supresión de la pandemia.

**Palabras Clave:** Prisiones; prisioneros; infecciones por coronavirus; control de infecciones; revisión; salud pública (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To identify in the literature the recommendations for the prevention and control of COVID-19 in prisons and other preventive detention centers, in order to characterize the response lines.

**Materials and Methods** 88 publications were identified in databases and digital repositories using key terms. After applying the PRISMA methodology, 18 publications were selected to carry out the qualitative analysis. The chosen publications refer to recommendations from academics, researchers and experts. 6 publications issued by the Governments of Canada, Belgium, France and United States of America were analyzed to make clear the government perspectives. Publications related to underage and psychiatric patients were not considered.

**Results** Although there isn't enough literature, it was possible to characterize the available recommendations, grouping them into 6 lines of action. Within these lines, the

VP: Ing. Industrial. M. Sc. Salud Pública. Ph. D. Salud Pública(C). Doctorado Interfacultades en Salud Pública, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. [vhpinerosb@unal.edu.co](mailto:vhpinerosb@unal.edu.co)

establishment of physical, administrative, legal, hygienic and health measures is considered essential. In addition, it is necessary to ensure the epidemiological management and adaptation of health services based on the burden of disease and susceptibility of the persons under arrest.

**Conclusions** The response to COVID-19 in detention centers is complex and challenging. Therefore, the conventional steps like hygienic, sanitary, medical and epidemiological care aren't enough. In fact, the adjustment of criminal and penitentiary policies and the transformation of the justice system are considered essential to reduce and control the residential density.

**Key Words:** Prisons; prisoners; coronavirus infections; infection control; review; public health (*source: MeSH, NLM*).

En el mundo, hay más de 10,7 millones de personas recluidas en instituciones penitenciarias y carcelarias (1). En Colombia, esta población contabiliza 192 871 personas. De ellas, el 98,2% (189 373) está a cargo del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC) bajo reclusión intramural, detención domiciliar o vigilancia electrónica, mientras que el 1,5% (2 834) está recluida en cárceles del orden municipal y un 0,3% (664) en cárceles para la fuerza pública (2).

Los centros de reclusión del país conforman espacios sociales donde suceden y convergen múltiples situaciones de la vida diaria. En efecto, allí las personas privadas de la libertad cumplen sus condenas, los niños y las niñas que conviven con sus madres desarrollan sus primeros años de vida, los funcionarios penitenciarios trabajan, las familias visitan a los detenidos y los visitantes realizan un apoyo sociojurídico.

A la par de esta realidad, los centros de reclusión se configuran como lugares de alto riesgo para la salud y la vida, ya que predomina la sobrepoblación, el hacinamiento y las condiciones insalubres; situación agravada por el precario servicio de salud, la deficiente gestión sanitaria y la elevada carga de enfermedad. Esta población tiene una mayor prevalencia de trastornos y enfermedades mentales, sufre de drogodependencias y toxicomanías o padece enfermedades crónicas o infecciosas tales como el VIH-SIDA, la hepatitis B o C y la tuberculosis (3). De ahí que estos lugares se constituyan como reservorios que podrían conducir al resurgimiento o amplificación de un problema de salud o una epidemia (4), como la COVID-19.

Los agentes patógenos causantes de estas infecciones pueden transmitirse entre los reclusos, los funcionarios y los visitantes. Asimismo, entre las cárceles a través de transferencias o interacciones físicas, y a su vez, hacia y desde la comunidad (5). Por ello, los centros de reclusión configuran escenarios que pueden facilitar o aumentar la transmisión comunitaria. De ahí que deban ser parte activa de la respuesta más amplia de salud pública, en especial, por su significativa vulnerabilidad a la COVID-19 (5,6).

Sobre este hecho, Lofgren (7), en una estimación epidemiológica desarrollada en un entorno de prisión, indica

que una limitada protección frente al riesgo de infección tendrá un impacto en la salud de los detenidos, el personal de prisiones, los trabajadores del sistema judicial y la población general. Según sus estimaciones, en ausencia de acciones de mitigación como el distanciamiento social, 30 días después de la introducción de la primera infección en la comunidad de estudio, se pueden esperar 2 566 infecciones entre las personas encarceladas, lo que puede resultar en 3 muertes relacionadas. De igual forma, agrega que cuando se compara con un modelo de referencia de población general sin interacción con una cárcel, la existencia de una dinámica de la enfermedad impulsada por la cárcel aumenta el número total de casos en la población y, con ello, el número total de muertes.

Es por ello que la respuesta más amplia de salud pública debe considerar la implementación de medidas conducentes a la prevención y control de la infección en los centros de reclusión. En especial, porque en estos espacios la respuesta puede ser compleja y desafiante y, por ende, obliga a una acción coordinada entre todos los niveles de gobierno y la sociedad en general (8).

En este marco, resulta fundamental identificar y mapear las respuestas de salud pública recomendadas por investigadores, académicos, expertos y organizaciones no gubernamentales, así como las implementadas por las autoridades de Gobierno responsables de la administración de los centros de reclusión, a fin de comprender su enfoque y alcance.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Siguiendo el estándar PRISMA de revisiones sistemáticas, entre el 1 de enero y el 23 de abril de 2020, se realizó una revisión de literatura relacionada con la emisión de recomendaciones para la prevención y control de la COVID-19 en centros de reclusión: prisiones, cárceles y otros centros de detención preventiva. Dada la poca literatura disponible, se procedió a conformar un banco de publicaciones en español, inglés y francés que incluyera artículos de revisión, artículos originales, cartas al editor, editoriales, notas, comentarios, guías, protocolos y procedimientos producidos por investigadores, académicos y expertos. Además,

para ilustrar el alcance de la respuesta gubernamental, se presentan algunos lineamientos emitidos por los gobiernos de Canadá, Bélgica, Francia y Estados Unidos.

No se tuvieron en cuenta informes de gestión gubernamental, tampoco noticias emitidas por medios de comunicación, ni publicaciones relacionadas con centros de detención para menores o pacientes psiquiátricos.

Para realizar la búsqueda, se emplean los descriptores prisión, cárcel, infección por coronavirus SARS-COV2, COVID-19, medidas de prevención y control de la infección. Además, se realizó una combinación de descriptores o palabras claves empleando el operador booleano AND.

Se exploraron las bases de datos Scopus, PubMed, Web Science, Science Direct, CISMEX y WHO COVID-19 database. De igual forma, se hicieron búsquedas en los repositorios digitales The International Corrections and Prisons Association (ICPA) y Worldwide Prison Health Research

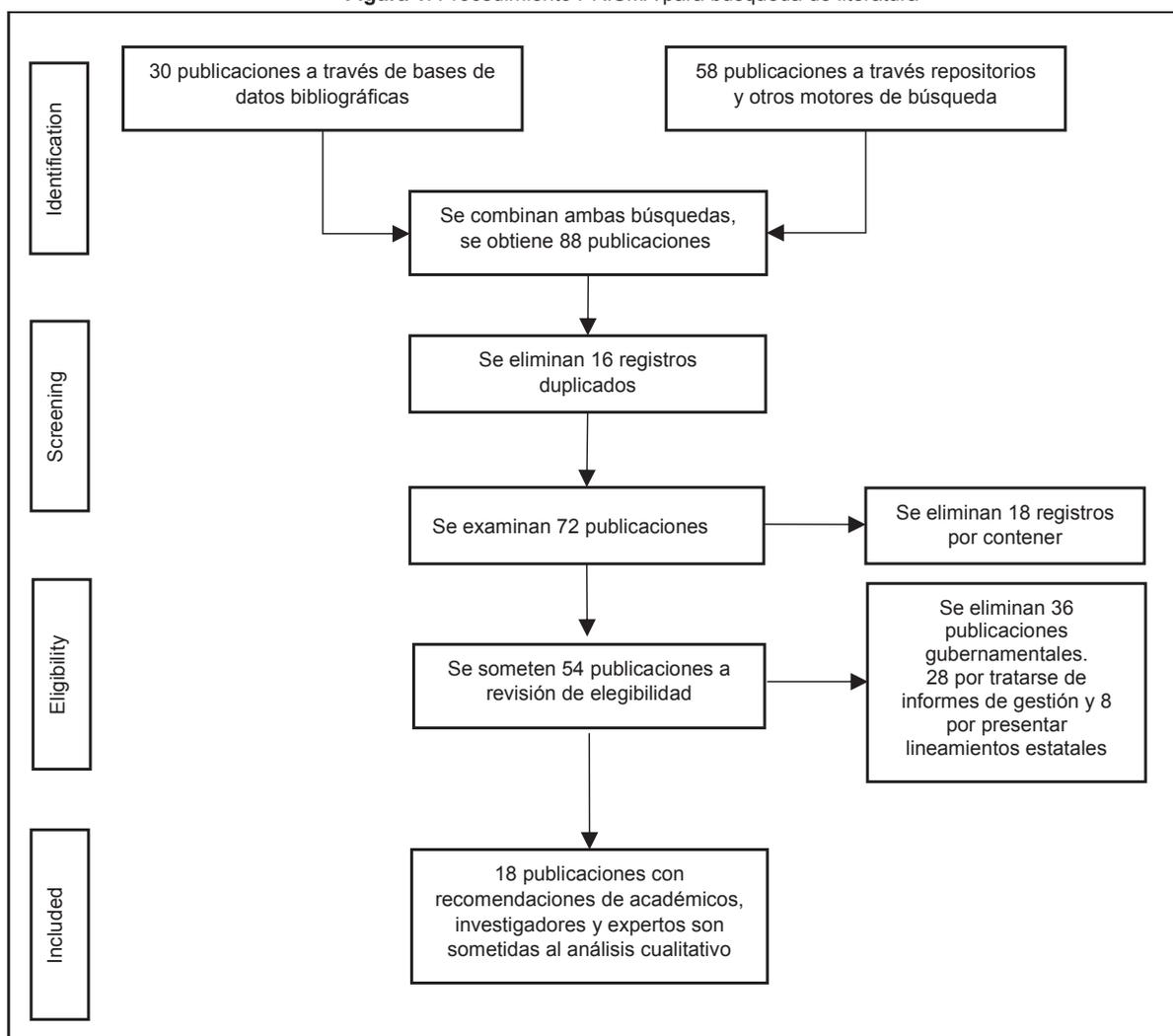
& Engagement Network (WEPHREN). Asimismo, se empleó el motor de búsqueda Google Scholar (Tabla 1).

**Tabla 1.** Caracterización de literatura por tipo de publicación sometida a screening

Tipo de publicación	No. por publicación	%
Artículo de revisión	3	4.2
Artículo original	2	2.8
Carta a editor	2	2.8
Editorial	4	5.6
Guía/protocolo/procedimiento/informe	45	62.5
Nota/comentario	16	22.2
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>100</b>

En total, se recopilaron 88 publicaciones. Luego de aplicar la metodología PRISMA (Figura 1), se seleccionaron 18 publicaciones que cumplían con los criterios de inclusión. Las recomendaciones fueron separadas en virtud de su enfoque. Luego del análisis de contenido, se

**Figura 1.** Procedimiento PRISMA para búsqueda de literatura



definieron seis categorías de agrupación que derivaron en las líneas de respuesta.

Para ajustar y limitar la búsqueda, se define como pregunta ¿qué medidas de intervención se han recomendado para prevenir y controlar la COVID-19 en centros de reclusión?

## RESULTADOS

### Identificación de las líneas recomendadas de respuesta

A partir de la valoración y el análisis cualitativo de la información contenida en las 18 publicaciones seleccionadas, se definieron seis líneas de respuesta (Tabla 2). Por cada línea, se definieron las estrategias operativas y las acciones más relevantes. Si bien esta relación de líneas no constituye una lista sistemática, podría aportar en la construcción y fortalecimiento de la respuesta gubernamental.

### Caracterización de las estrategias operativas y las acciones recomendadas de respuesta

#### Línea 1: Medidas físicas

Estas medidas se focalizan en dos estrategias operativas. Inicialmente, se aconseja el control de acceso, la restric-

ción de movimiento y la reorganización de los espacios de reclusión (4,5,8,10,11,13,15-18). Por otro lado, se plantea la necesidad de garantizar el control del distanciamiento y la limitación de la interacción social (4,7,8,11,18).

Para el control de acceso, la restricción de movimiento y la reorganización de los espacios de reclusión, se plantea realizar un control de ingreso y circulación con toma de temperatura e indagación de antecedentes y condiciones de salud aplicable a toda persona que ingrese al centro de reclusión (5,10,11,13,15,18). Además, se hace necesario reorganizar y controlar el uso de espacios intramurales, procurando la continuidad del proceso regular de encarcelamiento, el tratamiento penitenciario y la realización efectiva de los aislamientos y cuarentenas (5,16-18). Finalmente, se sugiere la reducción del ingreso de personal no esencial a las áreas internas o lugares críticos (4,5,8,10,18).

En cuanto al distanciamiento e interacción social, se aconseja la supervisión y regulación de la circulación del personal con toma preventiva de temperatura asegurando la distancia social (4,7,8,11,18). Asimismo, se plantea procurar la exposición controlada diaria al aire libre y el desarrollo regulado de actividades recreativas y de bienestar (18).

**Tabla 2.** Síntesis de las recomendaciones para organizar la respuesta de salud pública a COVID-19 en entornos de reclusión

Línea de respuesta recomendada	Síntesis del enfoque	Referencias consolidadas
Medidas físicas	Control de acceso, restricción de movimiento y reorganización del espacio de reclusión.	(4) (5) (8) (10) (11) (13) (15) (16) (17) (18)
	Control del distanciamiento y limitación de la interacción social.	(4) (7) (8) (11) (18)
Medidas de higiene y salubridad	Fomento de la higiene individual y colectiva	(5) (6) (7) (8) (11) (12) (18)
	Saneamiento del entorno intramural.	(5) (8) (18)
Manejo epidemiológico	Control y seguimiento preventivo de la población.	(4) (5) (6) (8) (10) (13) (16) (18) (19)
	Evaluación de sospechosos y control de la infección.	(4) (5) (6) (7) (8) (10) (11) (16) (18)
Carga de enfermedad y gestión de servicios de salud	Reorganización de los servicios de salud en función del riesgo y las vulnerabilidades.	(4) (5) (7) (9) (16) (18) (21)
	Gestión de la salud mental e intervención del contexto psicosocial.	(5) (11) (12) (16) (20) (21)
	Manejo de drogodependencias.	(13) (14)
Medidas administrativas	Gestión interinstitucional del riesgo.	(4) (5) (8) (9) (10) (11) (17) (18)
	Gestión del personal administrativo y de custodia en función del riesgo.	(11)
	Gestión de la información y las comunicaciones en función del riesgo y del desarrollo de la crisis.	(5) (8) (10) (18)
Medidas jurídicas	Medidas de reducción de la densidad poblacional.	(4) (6) (7) (11) (13) (15) (17) (18) (19)
	Medidas de control de la densidad poblacional.	(4) (9) (10) (13) (17) (18) (19)
	Adecuación o transformación tecnológica de las diligencias judiciales.	(4) (18) (20)
	Modulación del proceso judicial y fortalecimiento de la prevención del delito.	(4) (7) (10) (13)
	Garantía de los derechos humanos.	(13) (19)

*Línea 2: Medidas de higiene y salubridad*

En esta línea, se propone reforzar tanto las acciones de higiene individual y colectiva (5-8,11,12,18), como el saneamiento del entorno de reclusión (5,8,18).

Respecto a la higiene individual y colectiva, se recomienda el suministro de elementos y productos de aseo personal para uso en dormitorios y áreas comunes, tales como jabón, desinfectantes de manos, toallas de papel, entre otros (5-8,11). De igual forma, se enfatiza en la necesidad de suministrar alimentación adecuada en cuanto a cantidad y valor nutricional para mantener una buena salud y adecuadas defensas inmunológicas (18). Asimismo, se debe garantizar el suministro de elementos de protección personal, enfatizando en protección respiratoria, visual, facial, corporal y manual (8,11,12).

En cuanto al saneamiento del entorno, se sugiere garantizar que en los dormitorios exista espacio libre entre camas que posibilite el movimiento de personas (18). Además, se debe asegurar la permanente gestión de residuos sólidos con el respectivo suministro de canecas y bolsas (8,18). De igual modo, se aconseja facilitar la limpieza y la desinfección de todas las áreas, dormitorios, equipamientos, menajes, lozas y utensilios (5,6,8,18).

*Línea 3: Manejo epidemiológico*

Para el manejo epidemiológico se deben tener en cuenta dos estrategias: el control y seguimiento preventivo a la población que ingresa a los centros de reclusión y sus contactos (4-6,8,10,13,16,18,19) y la evaluación adecuada de sospechosos, junto con el control de la infección (4-8,10,11,16,18).

Respecto al control y seguimiento preventivo, se recomienda implementar protocolos para limitar tanto la importación y exportación de casos como la transmisión y difusión intramural (5,8,13,16,19). De igual forma, se debe propender por desarrollar protocolos para la detección de casos sospechosos en el ingreso y el respectivo reporte a las autoridades sanitarias (5,6,10,18). En este aspecto, resulta fundamental el fortalecimiento de la inteligencia epidemiológica basada en el despliegue de una estrategia de vigilancia activa.

En lo referido a la evaluación de los sospechosos y el control de la infección, se recomienda la realización permanente de pruebas confirmatorias, procediendo al aislamiento y al rastreo de contactos aún por fuera del centro de reclusión en una estrecha colaboración con las autoridades sanitarias de la ciudad, la localidad o la región (4-6,8,10, 13,16,18). En lo concerniente a los casos confirmados, es un imperativo asegurar el manejo médico y el seguimiento epidemiológico bajo aislamiento y/o cuarentena. En caso de requerirse, debe brindarse la atención

médica especializada. De igual forma, es necesario recolectar, consolidar y analizar la información epidemiológica referente a los casos confirmados y a los mecanismos de contagio (4,5,7,8,10,16,18).

*Línea 4: Carga de enfermedad y gestión de servicios de salud*

Esta es una de las líneas que más preocupa a los expertos, ya que es frecuente que en los centros de reclusión se proporcione mala atención de salud a los detenidos. Por ello, se recomienda reorganizar los servicios en función de las vulnerabilidades y el riesgo de contagio (4,5,7,9,16,18,21). De igual modo, reforzar la gestión de la salud mental y la intervención del contexto psicosocial (5,11,12,16,20,21), además del manejo integral de las drogodependencias (13,14).

En cuanto a la prestación de los servicios de salud, se recomienda su organización en función del riesgo de infección, las comorbilidades y las vulnerabilidades de los detenidos. Asimismo, se precisa relevante adoptar protocolos para reducir el riesgo de infección en los centros de salud que reciben detenidos colocados bajo supervisión judicial, ya sea en hospitalización o servicios ambulatorios (4,7,9,16,18,21).

Frente a la salud mental, se recomienda capacitar al personal administrativo y de custodia para proporcionar apoyo de salud mental e identificar la agitación de los detenidos; asimismo, reorganizar sus cargas de trabajo y brindarles atención profesional de salud mental (11,21). De igual modo, se considera esencial asegurar la continuidad en la provisión de atención psiquiátrica y psicológica a la población detenida de forma intra- y extramural, así como a los detenidos que sufren de enfermedades mentales y que puedan estar infectados; en este sentido, la atención debe priorizar las enfermedades mentales preexistentes, el peligro propio y externo, la violencia y/o comportamiento agresivo, la negativa a comer, el intento o la idea suicida, entre otros (5,11,12,16,20,21). Complementariamente, se manifiesta la necesidad de dar seguimiento al consumo de medicamentos psiquiátricos, garantizando los tratamientos o limitando la ocurrencia de contingencias derivadas de la sobremedicación (12,16).

Respecto al manejo de drogodependencias, se aconseja dar atención profesional a drogodependientes y a los reclusos bajo síndrome de abstinencia, además de garantizar un manejo vigilado y controlado de los sustitutivos (13,14).

*Línea 5: Medidas administrativas*

El establecimiento de medidas administrativas debe orientarse a lograr una gestión del riesgo bajo una lógica interinstitucional que privilegie el trabajo colaborativo (4,5,8-11,17,18). A su vez, debe procurarse la gestión

del talento humano, administrativo y de custodia, en función del riesgo de infección y de sus vulnerabilidades (11). Asimismo, debe fomentar la gestión asertiva de la información y las comunicaciones bajo preceptos de ética, transparencia y veracidad (5,8,10,18).

En lo concerniente a la gestión del riesgo, se recomienda privilegiar la coordinación y el trabajo armonioso entre las autoridades administrativas, penitenciarias, judiciales y de salud pública. En especial, durante el control de la infección, el traslado de detenidos, el intercambio de información y la disponibilidad de recursos físicos y financieros (4,5,8,9, 11,18).

A su vez, se propone la articulación comunitaria durante el proceso de transición hacia la vida en libertad de los detenidos liberados, mediante la participación de las familias, las comunidades y las autoridades, para garantizar, en los casos requeridos, la continuidad del tratamiento y el seguimiento médico (8,17,18).

De igual forma, se aconseja garantizar la formación, educación y entrenamiento de toda la comunidad penitenciaria para la preparación, prevención y control de la COVID-19 (8,9,18). A su vez, se aconseja diseñar protocolos para el manejo de emergencias, tensiones, disturbios o motines en función del riesgo de contagio (18).

En cuanto a la gestión del staff administrativo y del cuerpo de custodia, se plantea la necesidad de controlar la exposición a través de la caracterización y aislamiento del personal susceptible, por edad y condición de salud, y la identificación de funciones críticas y trabajos cruzados. Además, es necesario suministrar elementos de protección personal y disponer de personal adicional para atender contingencias de salud o de orden público (11). En lo referido a la gestión de las comunicaciones y la información, es importante establecer un plan de comunicaciones para permitir el contacto entre los internos, las familias y los defensores; asimismo, permitir la difusión de información de forma clara y veraz desde y hacia la prisión (5,8,10,18).

#### *Línea 6: medidas jurídicas*

El establecimiento de medidas jurídicas resulta un asunto sensible ya que su acción se concentra en la descongestión del sistema de prisiones, lo que en algunos casos podría tener un impacto sobre la seguridad pública. En este orden, los expertos aconsejan emprender medidas de reducción (4,6,7,11,13,15,17-19) y control de la densidad poblacional (4,9,10,13, 17-19). De igual forma, consideran relevante la adecuación y/o transformación tecnológica de las diligencias judiciales (4,18,20) y la modulación del proceso de judicialización (4,7,10,13), sin olvidar el fortalecimiento de las acciones de respeto y garantía de los derechos humanos (13,19).

Inicialmente, las medidas de reducción de la densidad poblacional se deben concentrar en las excarcelaciones o libertades en función de la viabilidad jurídica, la seguridad pública, la vulnerabilidad del detenido y su riesgo de contagio. Para ello, se recomienda la libertad condicional o la detención transitoria en el hogar o en lugares alternativos al centro de reclusión (4,6,7,11,13,15,17-19). Por su parte, las medidas de control de la densidad poblacional deben enfocarse en el encarcelamiento transitorio en lugares alternativos a la prisión (17), la emisión de sentencias con medidas no privativas de la libertad por delitos menores (9,10,13,19), la suspensión de condenas o el retraso sentencias contra delitos menores (4,10,13) y la suspensión de traslados de internos entre centros de reclusión (4,18).

Respecto al proceso de judicialización del delito, se aconseja realizar audiencias virtuales o adecuar espacios bajo preceptos de bioseguridad, evitando la exposición de los funcionarios judiciales (18, 20). En cuanto a la modulación del proceso judicial, se debe fortalecer la prevención del delito y reducir en lo posible los arrestos en función de la gravedad de la conducta penal (4,7,10,13). Finalmente, se manifiesta la necesidad de adoptar mecanismos para garantizar los derechos fundamentales de los detenidos y demás integrantes de la comunidad penitenciaria, evitando la estigmatización de los infectados (13,19).

#### **Caracterización de respuestas nacionales**

Con el fin de ilustrar el enfoque de las medidas gubernamentales, a continuación, se reseñan algunos lineamientos implementados por autoridades de Canadá, Bélgica, Francia y Estados Unidos.

##### *Canadá*

El Ministerio de la Salud y Servicios Sociales de Quebec emite documento (22) orientado a la admisión, manejo de infectados y la gestión de contactos. Dentro de estos lineamientos pueden resaltarse:

- En el proceso de admisión, es un imperativo la higiene de manos y la aplicación de cuestionario de diagnóstico a fin de establecer la presencia de factores de riesgo asociados a la COVID-19.
- Para el manejo de casos sospechosos, se requiere el suministro de protección respiratoria, su aislamiento y la articulación del servicio de salud intramural con la agencia regional de salud para su manejo y diagnóstico.
- En caso de confirmación de casos, se precisa aislamiento estricto en celda y manejo médico.
- En la identificación de contactos de los casos confirmados, se contempla el seguimiento a todo el personal que interactúe con el infectado.

*Bélgica*

Algunas medidas, acciones y recomendaciones gubernamentales (23,24) se orientan a...

- Prohibir la salida y movilidad de los detenidos, por lo cual se revocan licencias y permisos especiales, incluidos los permisos concedidos para trabajar y capacitarse fuera de la prisión (los permisos humanitarios se mantienen).
- Fijar medidas de preparación con el objetivo de aumentar las capacidades locativas y de albergue. Además de identificar sitios de cuidado alternativo donde se pueda recibir a las personas que sufran problemas respiratorios y se puedan separar los detenidos enfermos de los sanos.
- Promocionar y reforzar las medidas de higiene personal.
- Disminuir el riesgo de introducción del virus, mediante la prohibición de visitas y la autorización exclusiva de ingresos considerados esenciales, tales como agentes de policía, servicios de inteligencia, abogados, autoridades judiciales y personal médico.
- Efectuar pruebas y test de diagnóstico COVID-19 con alcance al personal médico, de custodia y los detenidos.
- Proteger la población en riesgo, mediante la prohibición del trabajo y voluntariado, en especial el realizado por personas enfermas. También se considera el uso de protección respiratoria durante la duración de la jornada de exposición y la identificación de personas que pueden tener complicaciones derivadas de una posible infección por COVID-19.
- Establecer manejo de sospechosos o confirmados, donde se privilegie su aislamiento intra- o extramural y el manejo médico-clínico.

*Francia*

La organización de la respuesta se da en varios niveles e incluye los establecimientos penitenciarios, sus unidades sanitarias y las agencias sanitarias del nivel regional e interregional (25,26). La respuesta gubernamental incluye lineamientos para...

- La preparación de inventarios de materiales médicos y elementos de protección.
- La sensibilización y capacitación de la comunidad frente a la COVID-19.
- La identificación de vulnerabilidades relacionadas con morbilidades preexistentes y reforzamiento de la vigilancia a poblaciones de detenidos en riesgo.
- La vigilancia epidemiológica y médica de la población y manejo de sospechosos y confirmados.
- La preparación para la fase epidemiológica y control de la infección.
- La gestión y seguimiento a las salidas anticipadas de detenidos vulnerables.

- El manejo de detenidos con problemas psiquiátricos, priorizando continuidad de servicios, el seguimiento somático y la articulación con el servicio psiquiátrico.
- La precisión de medidas generales de higiene y saneamiento.
- La preparación y capacitación del personal penitenciario.

*Estados Unidos*

El Departamento de Salud y Servicios Humanos y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) han estructurado una guía (27) para garantizar la protección de la salud y seguridad de los detenidos, del personal del servicio penitenciario y los visitantes. Dentro de estas recomendaciones se hace énfasis en...

- Una respuesta en tres fases, definidas como de preparación operativa, prevención y manejo de la COVID-19.
- La fase de preparación operativa busca la planeación y el fortalecimiento de capacidades, incluyendo la disponibilidad de los suministros médicos, de limpieza e higiene.
- La fase de prevención busca retrasar, limitar o evitar el ingreso del virus a través de prácticas personales y colectivas bajo responsabilidad de los detenidos, del personal de prisiones y de los visitantes. Además, se contempla la realización de acciones continuas de higiene y saneamiento.
- La fase de manejo se concentra en la implementación de los protocolos médicos, de protección, de aislamiento y de cuarentenas aplicables a casos presuntos o confirmados de COVID-19, incluyendo sus contactos. De igual forma, se contemplan acciones para los detenidos en curso de liberación, tales como toma de temperatura y evaluación de síntomas. Además, se contemplan acciones de limpieza y desinfección para disminuir la carga viral presente en el ambiente.

## DISCUSIÓN

En la literatura disponible, se sugiere que la prevención y control de la COVID-19 en centros de reclusión debe contemplar tanto la implementación de medidas convencionales como medidas jurídicas y de seguridad pública. Sin duda, esto resulta complejo, ya que emprender la reducción y control de la densidad poblacional puede generar un rechazo social y político. Incluso, pueden requerir un debate más amplio respecto a su viabilidad y conveniencia.

A su vez, la adopción e implementación de estas medidas pueden enfrentar varias dificultades, entre ellas, la apatía social y política, la limitada articulación entre la sanidad penitenciaria y la salud pública más amplia, los deficientes servicios de salud, la insalubridad intramural, la falta de recursos, la corrupción, la fragmentación de los sistemas de prisiones, las asimetrías de poder, la reducida articulación

entre las políticas penal y penitenciaria, la limitada acción en materia de prevención del delito y la resistencia para trascender de una justicia retributiva a una restaurativa.

En las cuatro respuestas nacionales analizadas, se identificó que las respuestas iniciales privilegiaron la implementación de acciones de carácter higiénico, sanitario, médico y epidemiológico. Sin embargo, no se identificó la implementación de medidas jurídicas respecto a procesos de excarcelamiento masivo o modulación del proceso judicial.

En conclusión, esta pandemia se convierte en una oportunidad para humanizar la vida en prisión y repensar su utilidad social. La falta de control de la infección no solo acarrea efectos lesivos sobre las personas privadas de la libertad o los trabajadores de los centros de reclusión, sino que también se constituye como un problema con repercusiones para la salud pública de la sociedad. Sin duda, un fracaso en la prisión conducirá a un fracaso en la sociedad ❖

**Conflicto de intereses:** Ninguno.

## REFERENCIAS

- Institute for Criminal Policy Research. 12th World Prison Population List. [Internet]. 2018 [cited 2020 Apr 23]. Available from: <https://bit.ly/2BsDoVK>.
- Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario. No. 3 Informe estadístico población privada de la libertad, marzo 2020 [Internet]. Bogotá: INPEC; 2020 [cited 2020 Apr 23]. Available from: <https://bit.ly/3eVLFsm>.
- Gómez IT, Llerena CR, Zabaleta AP. Tuberculosis y tuberculosis farmacorresistente en personas privadas de la libertad. Colombia, 2010-2012. Rev. salud pública (Bogotá). 2015; 17(1):97-105. DOI:10.15446/rsap.v17n1.50937.
- Akiyama MJ, Spaulding AC, Rich JD. Flattening the Curve for Incarcerated Populations COVID-19 in Jails and Prisons. N Engl J Med. 2020; 382(22):2075-7. DOI:10.1056/NEJMp2005687.
- Kinner SA, Young JT, Snow K, Southalan L, Lopez-Acuña D, Ferreira-Borges C, et al. Prisons and custodial settings are part of a comprehensive response to COVID-19. Lancet Public Health. 2020; 5(4):e188-e189. DOI: 10.1016/S2468-2667(20)30058-X.
- Simpson Paul L, Butler Tony G. COVID-19, prison crowding, and release policies BMJ. 2020; 369:m1551. DOI:10.1136/bmj.m1551.
- Lofgren E, Lum K, Horowitz A, Madubuowu B, Fefferman N. The Epidemiological Implications of Incarceration Dynamics in Jails for Community, Corrections Officer, and Incarcerated Population Risks from COVID-19. Epidemiology. 2020. DOI:10.1101/2020.04.08.20058842.
- World Health Organization WHO. Preparedness, prevention and control of COVID-19 in prisons and other places of detention, Interim guidance. Geneva: WHO; 2020 [cited 2020 Apr 23]. Available from: <https://bit.ly/2CFPYI2>.
- Yang H, Thompson JR. Fighting COVID-19 outbreaks in prisons. BMJ; 2020 [citado 2020 24 abril]; m1362. Available from: DOI:10.1136/bmj.m1362.
- Akiyama MJ, Spaulding AC, Rich JD. Flattening the Curve for Incarcerated Populations — COVID-19 in Jails and Prisons. N Engl J Med. 2 de abril de 2020. DOI:10.1056/NEJMp2005687.
- Montoya-Barthelemy A, Lee CD, Cundiff D, Smith E. COVID-19 and the Correctional Environment: The American Prison as a Focal Point for Public Health. American Journal of Preventive Medicine. 2020; 58(6):P888-91. DOI:10.1016/j.amepre.2020.04.001.
- Liebrez M, Bhugra D, Buadze A, Schleifer R. Caring for persons in detention suffering with mental illness during the COVID-19 outbreak. Forensic Science International: Mind and Law. 2020; 1:100013. DOI:10.1016/j.fsml.2020.100013.
- Salisbury-Afshar EM, Rich JD, Adashi EY. Vulnerable Populations: Weathering the Pandemic Storm. American Journal of Preventive Medicine. 2020; 58(6):892-94. DOI:10.1016/j.amepre.2020.04.002.
- Fédération Addiction. Addiction au cannabis, confinement et détention. Fédération Addiction [Internet]. 2020 [cited 2020 Apr 26]. Available from: <https://bit.ly/2EdIZQO>.
- Rubin R. The Challenge of Preventing COVID-19 Spread in Correctional Facilities. JAMA. 2020. DOI:10.1001/jama.2020.5427.
- Gorman G, Ramaswamy M. Detained during a pandemic: A postcard from the Midwest. Public Health Nurs. 2020. DOI:10.1111/phn.12730.
- Comité Internacional de la Cruz Roja Internacional CICR. Recomendaciones para la Prevención y Control de La COVID-19 en Lugares de Detención [Internet]. 2020 [cited 2020 Apr 26]. Available from: <https://bit.ly/2EdKi2a>.
- European Prison Litigation Network. COVID-19 in prison: more than 50 European NGOs ask international organisations to take immediate action. European Prison Litigation Network; 2020 [cited 2020 Apr 26]. Available from: <https://bit.ly/2CFIN0q>.
- CGLPL. COVID-19: recommandations du CGLPL relatives aux établissements de santé mentale [Internet]. Site du Contrôleur Général des Lieux de Privation de Liberté; 2020 [cited 2020 Apr 26]. Available from: <https://bit.ly/2CWzcx1>.
- Chevanca A, Gourion D, Hoertel N, Llorca P-M, Thomas P, Bocher R, et al. Ensuring mental health care during the SARS-CoV-2 epidemic in France: A narrative review. L'Encéphale. 2020;46(3):193-201. DOI: 10.1016/j.encep.2020.04.005.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. Procédure pour le milieu carcéral - Admission des personnes incarcérées. Msss.gov.qc.ca [Internet]. 2020 [cited 2020 Apr 26]. Available from: <https://bit.ly/2C0zpzw>.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. COVID-19: Recommandations pour les populations en collectivités résidentielles. Prisons, centres d'accueils des demandeurs d'asile et sans-abris, ou équivalent. 2020 [cited 2020 Apr 24]. Available from: <https://bit.ly/32ohH4i>.
- MSPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement. Recommandations pour les populations en collectivités résidentielles. Prisons, centres d'accueils des demandeurs d'asile et sans-abris, ou équivalent. Covid-19.sciensano.be [Internet]. 2020 [citado 24 de abril de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3giUPqK>.
- Geens K. Mesures de protection du personnel pénitentiaire et des détenus, Vice-Premier ministre, ministre de la Justice et ministre des Affaires européennes [Internet]; 2020 [citado 25 de abril de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/33frCck>.
- Ministère des solidarités et la sante. Etablissements pénitentiaires : organisation de la réponse sanitaire par les Unités sanitaires en milieu pénitentiaire en collaboration avec les services pénitentiaires. [Internet]. Abril de 2020 [citado 26 de abril de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3gcotOx>.
- Ministère des solidarités et la sante. Organisation de la prise en charge sanitaire des patients détenus nécessitant des soins psychiatriques. [Internet]. Abril de 2020 [citado 26 de abril de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2Xf5kUR>.
- CDC. Enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19). Centers for Disease Control and Prevention [Internet]. 2020 [citado 26 de abril de 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/33jShW1>.

# COVID-19 en Latinoamérica: una revisión sistemática de la literatura y análisis bibliométrico

## COVID-19 in Latin America: a systematic review and bibliometric analysis

David A. Forero-Peña, Fhabían Stevens Carrión-Nessi,  
Natasha A. Camejo-Ávila y Magda J. Forero-Peña

Recibido 30 abril 2020 / Enviado para modificación 8 mayo 2020 / Aceptado 15 mayo 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Describir y analizar la actividad científica sobre la COVID-19 en Latinoamérica. **Materiales y Métodos** Mediante una revisión sistemática de la literatura en PubMed, LILACS y los repositorios preimpresos BioRxiv y medRxiv, se recuperaron todos los documentos disponibles sobre la COVID-19 en Latinoamérica desde el primero de enero hasta el 24 de abril de 2020, para su análisis bibliométrico.

**Resultados** Un total de 29 publicaciones fueron incluidas en el análisis. El país con más producción científica fue Brasil (10/29; 34,4%), seguido de Colombia (6/29; 20,6%) y México (6/29; 20,6%). La universidad con más artículos fue la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia (5/29; 17,24%). El 41,3% de las publicaciones fueron documentos preimpresos. La mayoría de los estudios excluidos fueron comentarios editoriales u opiniones de expertos. Tres de cada cuatro investigaciones tenían un enfoque epidemiológico (21/29; 72,4%); limitados estudios sobre el diagnóstico (5/29; 17,2%), la fisiopatología (2/29; 2,8%) y los aspectos terapéuticos (1/29; 3,4%) fueron encontrados. **Conclusión** Pese al crecimiento exponencial de publicaciones en el mundo, existe una limitada cantidad de información sobre el comportamiento de esta infección en Latinoamérica. Se requiere la publicación de estudios con alta calidad metodológica, que aporten conocimiento sobre el impacto de la pandemia en la región.

**Palabras Clave:** Infecciones por coronavirus; América Latina; revisión sistemática; indicadores bibliométricos (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** Describe and analyze scientific activity on COVID-19 in Latin America.

**Materials and Methods** Through a systematic review of the literature in PubMed, LILACS, and the preprinted repositories BioRxiv and medRxiv, all available documents on COVID-19 in Latin America from January 1 to April 24, 2020, were retrieved for review and bibliometric analysis.

**Results** A total of 29 publications were included in the analysis. The country with the most scientific production was Brazil (10/29; 34,4%) followed by Colombia (6/29; 20,6%) and Mexico (6/29; 20,6%). The university with the most articles was the Technological University of Pereira, Colombia (5/29; 17,2%). 41,3% of the publications were preprinted documents. Most of the excluded studies were editorial comments or expert opinions. Three out of four investigations had an epidemiological focus (21/29; 72,4%); limited studies on diagnosis (5/29; 17,24%), pathophysiology (2/29, 2,8%) and therapeutic.

**Conclusion** Despite the exponential growth of publications in the world, there is a limited amount of information on the behavior of this infection in Latin America. The publication of studies with high methodological quality is required, which provide knowledge of the impact of the pandemic in the region.

DF: MD. Médico Internista. Residente de Infectología, Departamento de Enfermedades Infecciosas, Hospital Universitario de Caracas. Instituto de Investigación Biomédica y Vacunas Terapéuticas.

Ciudad Bolívar Caracas; Venezuela.

vacter.cv@gmail.com

FC: MD. Escuela de Ciencias de la Salud Dr. Francisco Battistini Casalta, Universidad de Oriente – Núcleo Bolívar. Instituto de Investigación Biomédica y Vacunas Terapéuticas.

Ciudad Bolívar, Venezuela.

fhabiancarrion@gmail.com

NC: Bioanalista. Escuela de Ciencias de la Salud Dr. Francisco Battistini Casalta, Universidad de Oriente – Núcleo Bolívar. Instituto de Investigación Biomédica y Vacunas Terapéuticas.

Ciudad Bolívar, Venezuela.

natashacamejo@gmail.com

MF: MD. Instituto de Investigación Biomédica y Vacunas Terapéuticas. Ciudad Bolívar, Venezuela.

julytweety16@hotmail.com

**Key Words:** COVID-19; Latin America; systematic review; bibliometrics (source: MeSH, NLM).

En diciembre de 2019 se detectó un grupo de casos de neumonía de etiología desconocida en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, China. El patógeno se identificó como un nuevo betacoronavirus de ARN, ahora llamado coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) (1). Para el 18 de febrero de 2020, la enfermedad por coronavirus (COVID-19) ya se había extendido por toda China y otros 26 países (2), siendo declarada pandemia el 11 de marzo por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (3). Pese a los esfuerzos de las autoridades sanitarias, la pandemia continúa con un rápido aumento en el número de casos y defunciones en más de 185 países de todo el mundo (4).

En Latinoamérica, el primer caso fue confirmado el 25 de febrero de 2020, en São Paulo, Brasil (5); rápidamente, otros casos comenzaron a reportarse en la región y, actualmente, todos los países latinoamericanos han reportado casos (4). A pesar del cierre prematuro de las fronteras efectuado en algunos países de la región, la preparación para una pandemia varía en cada uno de ellos, y varios son particularmente vulnerables dada la capacidad de su sistema sanitario. Adicionalmente, no todos los países latinoamericanos disponen de suficientes pruebas estandarizadas de reacción en cadena de la polimerasa de transcriptasa reversa en tiempo real (rRT-PCR), para hacer diagnósticos de COVID-19 (6).

La pandemia de COVID-19 ha dado lugar a un volumen de publicaciones científicas sin precedentes, en un breve lapso, poniendo a prueba la eficacia del sistema de comunicación, publicación científica y sus elementos (revistas, revisores, bases de datos, repositorios) (7). Por otro lado, los científicos están trabajando a una velocidad vertiginosa para comprender cómo diagnosticar, tratar y controlar eficazmente la enfermedad. Entre el 10 y 12 de febrero de 2020, la OMS reunió a casi 400 científicos en un foro de investigación e innovación sobre el nuevo coronavirus (8). El 16 de marzo ya había 564 publicaciones científicas relacionadas con la COVID-19 en todo el mundo; el 66% (377) producidas por China (9). El 12 de abril la cifra ascendió a 9 435 publicaciones (69% revisadas por pares y 2 677 preimpresas), creciendo de forma exponencial. El ritmo de crecimiento a nivel global es de aproximadamente 500 publicaciones diarias en los últimos días, y la producción se duplica cada 15 días (10).

Extraer información de la investigación básica y clínica relacionada con la enfermedad podría ser crucial para el desarrollo de protocolos de diagnóstico y tratamiento, así como de estrategias preventivas. Sin embargo, pese al progresivo aumento de los casos de COVID-19 en Latinoamérica, y su impacto en los precarios sistemas de

salud (11), la información disponible en la región es limitada. Es por ello que aquí realizamos un análisis de la producción científica en Latinoamérica, a través de una revisión sistemática de la literatura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de identificar las publicaciones relevantes y verificadas sobre la COVID-19 en Latinoamérica, se realizó una revisión sistemática de la literatura de acuerdo con la declaración PRISMA, para revisiones sistemáticas y metaanálisis. El motor de búsqueda PubMed y la base de datos LILACS se utilizaron para la consulta de contenidos. En vista del rápido crecimiento exponencial de las publicaciones, decidimos consultar las bases de datos de artículos preimpresos BioRxiv y medRxiv. Se incluyeron los artículos publicados desde el primero de enero hasta el 24 de abril de 2020, sin restricción de idioma. Se diseñó una estrategia de búsqueda avanzada utilizando los descriptores MeSH y DeCS (Apéndice suplementario).

Después de excluir los artículos duplicados, dos revisores (DAF, FSC) fueron asignados para seleccionar de forma independiente los títulos y resúmenes y, posteriormente, leer la totalidad de los textos. Las discrepancias se resolvieron mediante discusión y consenso, y de ser necesario se buscó la asistencia de un tercer revisor (MJF). A fin de identificar los estudios de mejor calidad, se definieron los siguientes criterios de inclusión: a) Investigaciones originales (reportes de casos, series de casos, estudios de corte trasversal, ensayos clínicos y metaanálisis) que incluyen información sobre cualquier tópico de COVID-19 en Latinoamérica; b) Autor de correspondencia procedente de Latinoamérica. Se excluyeron comentarios editoriales y de autores, comunicados, noticias, opiniones y recomendaciones clínicas. Al momento de la revisión completa de los documentos, reclasificamos el tipo de publicación de acuerdo al auténtico contenido del mismo, con el propósito de un análisis ajustado a la realidad.

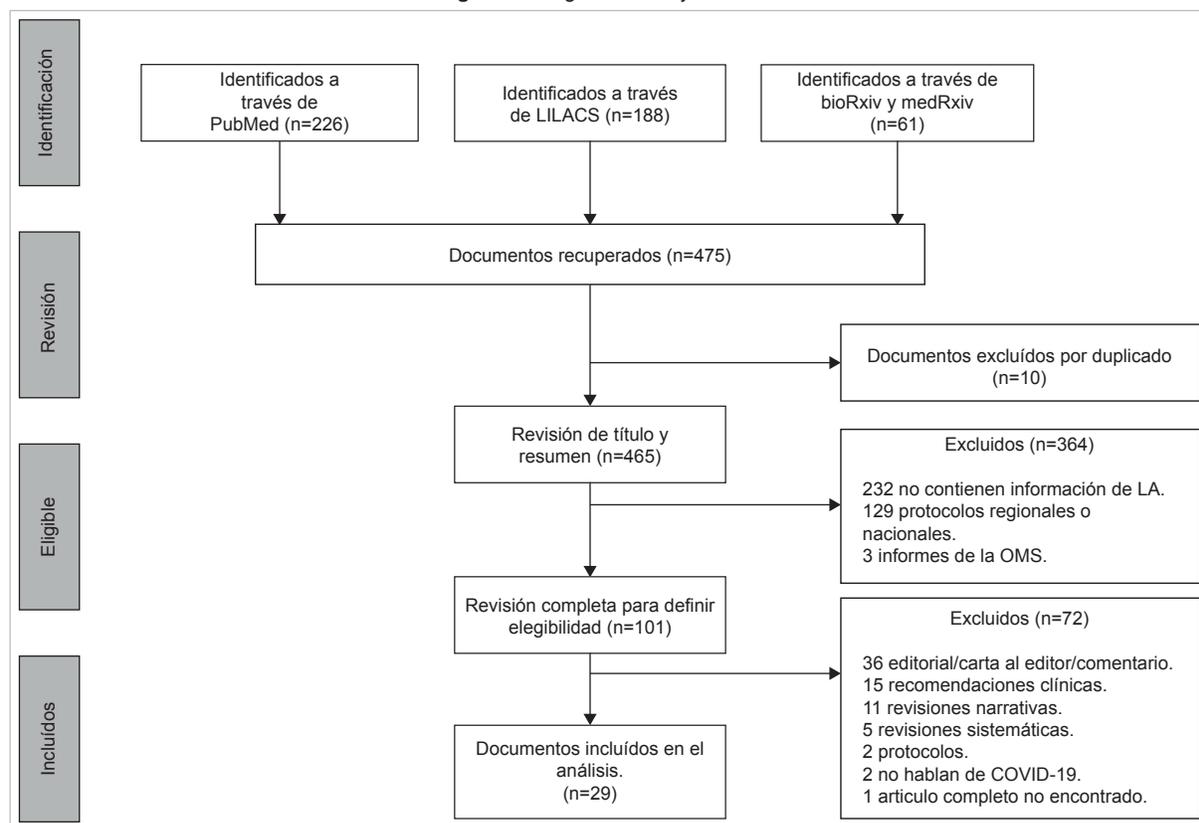
El 26 de abril obtuvimos información del número de casos y defunciones por cada país en Latinoamérica mediante el mapa interactivo del Centro de Ciencia e Ingeniería de Sistemas de la Universidad Johns Hopkins (4), a fin de evaluar la correlación entre el impacto de la pandemia y la producción científica de cada país.

## RESULTADOS

Un total de 468 artículos fueron recuperados en la búsqueda. Los documentos más frecuentemente excluidos incluyeron protocolos/planes de actuación de cada país

y estudios que no mencionaban ningún país latinoamericano (Figura 1). Un total de 101 documentos fueron revisados completamente; 72 fueron excluidos; de estos, la mayoría (51,3%) eran comentarios/opiniones, editoriales y perspectivas; y 15 (29,8%) recomendaciones clínicas. Finalmente, incluimos 29 estudios para el análisis. (Tabla 1).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA



### Análisis bibliométrico

El país con más producción científica fue Brasil (10/29; 34,4%), seguido de Colombia (6/29; 20,6%) y México (6/29; 20,6%). La universidad con más producción de artículos en Latinoamérica fue la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), en Colombia (5/29; 17,24%); seguida del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, en México (3/29; 10,3%); luego siguen la Universidad de São Paulo en Brasil (2/29; 6,8%) y la Universidad Nacional Autónoma de México (2/29; 6,8%). De los 29 documentos, solo 17 (41,3%) estaban publicados y el resto eran preimpresos. La mayoría de las publicaciones fueron encontradas en la revista *Travel Medicine and Infectious Disease* (6/16; 37,5%).

La mayoría de los estudios tenían un enfoque epidemiológico (21/29; 72,4%), seguido de un enfoque diagnóstico (5/29; 17,24%) y fisiopatogénico (2/29; 2,8%), y solo un estudio investigaba los aspectos terapéuticos (1/29; 3,4%). En la Figura 2 se muestra la correlación

entre la producción científica y el impacto de la pandemia, medida por casos reportados para el 26 de abril de 2020.

### Conocimiento de la COVID-19 en Latinoamérica

La mayoría de los estudios analizados plantean modelos epidemiológicos que proyectan la evolución de la pandemia de COVID-19 en diferentes países de Latinoamérica (12-18); otros analizaron los casos reportados de COVID-19 en ProMED (19) y en diferentes motores de búsqueda (20,21). Diversos estudios reportaron que el estricto control sanitario en aeropuertos y buques de carga latinoamericanos ayudaría a contener la propagación del virus (22-24). Por otro lado, un estudio documentó que los trabajadores de la salud en Latinoamérica tienen acceso limitado a los equipos de protección personal esenciales y al apoyo de las autoridades sanitarias durante la pandemia (25). Otros describieron el comportamiento y las creencias (26), la angustia mental (27) y las ideas fatalistas (28), entre la población ante la pandemia.

**Tabla 1.** Características generales de las publicaciones científicas incluidas en la revisión

Fecha	Primer autor	Revista	País*	Institución**	Tópico	Citaciones‡
Feb 6	Bonilla-Aldana DK	Travel Med Infect Dis	Colombia	Universidad Tecnológica de Pereira	Epidemiológico	9
Marzo 13	Rodríguez-Morales AJ	Travel Med Infect Dis	Colombia	Universidad Tecnológica de Pereira	Diagnostico	83
Marzo 17	Ortega JT	EXCLI J	Venezuela	IVIC	Patogenia	3
Marzo 23	Candido DDS	Travel Med Infect Dis	Brasil	Universidad de São Paulo	Epidemiológico	4
Marzo 25	Zambrano LI	Travel Med Infect Dis	Colombia	Universidad Tecnológica de Pereira	Epidemiológico	9
Marzo 27	Córdova-Lepe F	Medwave	Chile	Universidad Católica del Maule	Epidemiológico	2
Marzo 30	Fernandes EG	Rev Saúde Pública	Brasil	Departamento de Salud del Est. de SP	Epidemiológico	0
Marzo 31	Alvarez MM	medRxiv	México	Tecnológico de Monterrey	Epidemiológico	1
Marzo 31	Acuña-Zegarra MA	medRxiv	México	Universidad Nacional Autónoma de México	Epidemiológico	2
Marzo 31	Amariles P	Res Social Adm Pharm	Colombia	Universidad de Antioquia	Epidemiológico	2
Abril 2	Escalera-Antezana JP	Travel Med Infect Dis	Colombia	Universidad Tecnológica de Pereira	Epidemiológico	0
Abril 4	Mejía CR	Kasmera	Perú	Universidad Continental	Epidemiológico	0
Abril 9	Bastos SB	arXiv	Brasil	Universidad de Brasilia	Epidemiológico	6
Abril 9	Lima DLF	Ciência & Saúde Coletiva	Brasil	Universidad de Fortaleza	Epidemiológico	1
Abril 9	Chate RC	J Bras Pneumol	Brasil	Hospital Israelita Albert Einstein	Diagnostico	1
Abril 9	Cuan-Baltazar JY	JMIR Public Health Surveill	México	Universidad Anáhuac Puebla	Epidemiológico	1
Abril 10	Giron CC	bioRxiv	Brasil	Universidad de São Paulo	Patogenia	0
Abril 14	de Moraes Batista AF	medRxiv	Brasil	Hospital Israelita Albert Einstein	Epidemiológico	0
Abril 14	Gonzalez-Gonzalez E	medRxiv	México	Tecnológico de Monterrey	Diagnostico	0
Abril 16	De Leo S	medRxiv	Brasil	Universidad Estatal de Campinas	Epidemiológico	0
Abril 16	Borba MGS	medRxiv	Brasil	Fundación de MT Dr. Heitor Vieira Dourado	Terapéutico	3
Abril 16	Gonzalez-Gonzalez E	medRxiv	México	Tecnológico de Monterrey	Diagnostico	0
Abril 18	Alzamora MC	Am J Perinatol	Perú	Clínica Angloamericana	Epidemiológico	0
Abril 18	Rodríguez-Morales AJ	Curr Trop Med Rep	Colombia	Universidad Tecnológica de Pereira	Diagnostico	0
Abril 18	Delgado D	Int J Environ Res Salud Pub	Canadá	Red de Salud Universitaria	Epidemiológico	0
Abril 20	Elachola H	Travel Med Infect Dis	Perú	Universidad Peruana Cayetano Heredia	Epidemiológico	0
Abril 23	Berumen J	medRxiv	México	Universidad Nacional Autónoma de México	Epidemiológico	0
Abril 23	Zhang SX	medRxiv	Australia	Universidad de Adelaide	Epidemiológico	0
Abril 24	Ribeiro SP	medRxiv	Brasil	Universidad Federal de Ouro Preto	Epidemiológico	0

\* El país corresponde al país de origen del autor de correspondencia;\*\*La institución corresponde a la filiación del autor de correspondencia; ‡ La información sobre el número de citas fue tomada de Google Académico para el día 28 de abril, 2020.

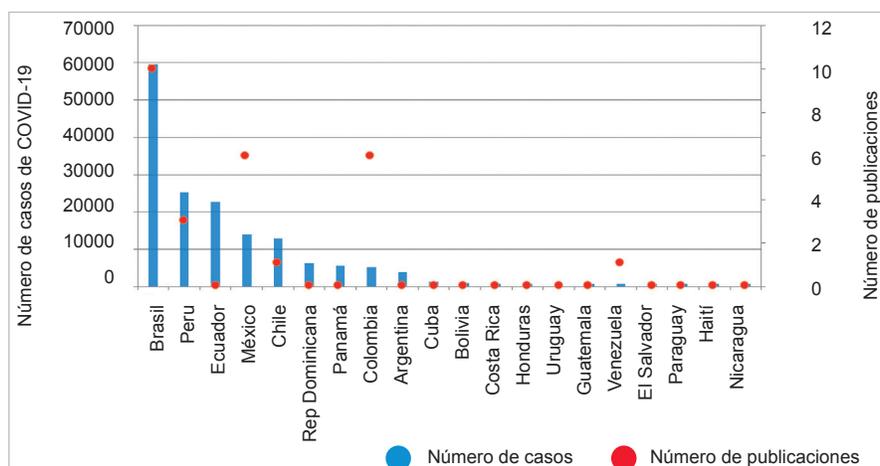
Adicionalmente, se encontró un reporte de caso que describió un neonato con prueba rRT-PCR positiva en el primer día de vida, lo que sugiere que la transmisión vertical es posible (29), y otro que reporta a una mujer embarazada con COVID-19 en Centroamérica (30). Algunos estudios describieron las características clínicas, de laboratorio e imagen (31-34), así como la predicción diagnóstica (35). Solo se encontró un estudio que abordó los aspectos terapéuticos de la de la enfermedad y, además, aportaba, el mayor nivel de evidencia (ensayo clínico aleatorizado, doble-ciego) de todos los reportados en esta

revisión (36). Cuatro investigaciones de ciencias básicas fueron publicadas en la región (37-40).

## DISCUSIÓN

El ritmo de crecimiento diario de los documentos científicos sobre COVID-19 en el mundo no tiene precedentes (10). En esta revisión sistemática de la literatura identificamos 29 documentos científicos en Latinoamérica, de 101 documentos publicados. La mayoría de los documentos excluidos fueron comentarios editoriales o de autores;

**Figura 2.** Número de casos confirmados por país en Latinoamérica para el 26 de abril y su correlación con las publicaciones científicas



recomendaciones clínicas y revisiones narrativas que no aportaban más allá de una opinión, síntesis o recomendación sobre el impacto de la pandemia en la región. Nuestros hallazgos fueron similares a un reciente análisis bibliométrico de la producción científica sobre COVID-19 a nivel mundial (9), donde el país con mayor producción científica fue el más afectado de la región (Brasil). Sin embargo, Ecuador aún no publica estudios científicos, a pesar de ser el tercer país más afectado de Latinoamérica; esto puede ser explicado porque tradicionalmente ha tenido una baja producción científica (41).

Históricamente, la contribución científica de Latinoamérica representa un bajo porcentaje de la producción mundial, debido no solo a la limitada inversión en investigación y desarrollo por instituciones públicas y privadas, sino por un bajo número de profesionales dedicados a la investigación y desarrollo tecnológico, un mayor costo de materiales y equipos científicos (en su mayoría importados), y una disminución relativa en la colaboración con baja visibilidad de las investigaciones (42,43). No obstante, en esta revisión encontramos que la UTP fue la universidad con más artículos científicos publicados en Latinoamérica, y Colombia fue el segundo país con más producción científica de la región hasta esta fase de la epidemia. Apenas han transcurrido dos meses desde la confirmación del primer caso en la región (5), y es muy probable que gran parte de los investigadores se estén preparando para presentar sus resultados.

Desde el comienzo de la epidemia se han registrado numerosos estudios en el mundo. En Latinoamérica, los principales aportes científicos han sido en el ámbito epidemiológico, sobre todo modelajes de la epidemia en los respectivos países. Existe una limitada cantidad de estudios respecto a la patogenia, el diagnóstico y la terapéutica

de esta enfermedad. Asimismo, nuestros resultados ponen en evidencia los vacíos de conocimiento en la región; no encontramos estudios que describan las características clínicas de la infección en los pacientes infectados, con número de casos representativo. La identificación de vacíos de conocimiento es una herramienta valiosa para priorizar y dirigir los esfuerzos de la investigación.

Diferentes estudios bibliométricos sobre COVID-19 han analizado el comportamiento de la producción científica en el mundo; sin embargo, consideramos que algunos de esos abordajes pueden tener sesgos en el contexto de esta pandemia, debido a que la caracterización de la productividad debe incluir los estudios que realmente aporten conocimiento sobre el tópico tratado (9,44,45), y excluyen así opiniones, comentarios, editoriales y recomendaciones clínicas. En vista del importante impacto que ha provocado la pandemia en la salud pública, se requiere que la información se comparta de forma rápida; a su vez, se debe garantizar su calidad e identificar los posibles sesgos y limitaciones de los datos publicados. Pese a ello, se ha visto un incremento en el número de preimpresiones (publicaciones en línea de resultados sin controles externos, escrutinio o validación). Un reciente análisis escaneó material en Google Académico y en tres servidores de preimpresión: bioRxiv, medRxiv y ChemRxiv; de los 153 estudios identificados, alrededor del 60% eran preimpresiones (46). En vista de la importante demanda a las revistas científicas para revisar manuscritos y su limitado espacio de publicación, los investigadores se han visto forzados a publicar estudios relevantes como cartas al editor. Por el contrario, revistas con bajo índice de impacto publican opiniones de expertos o comentarios como artículos originales, motivo por el cual en este trabajo utilizamos la metodología de revisión sistemática

de la literatura, a fin de identificar la producción real de conocimiento, y además, decidimos reclasificar el tipo de publicación de acuerdo al contenido de las mismas.

Este estudio tiene importantes limitantes: en primer lugar, la inaccesibilidad a las bases de datos pagas para realizar la búsqueda, lo que hace inevitable perder algunos estudios significativos sobre COVID-19 en Latinoamérica; segundo, el crecimiento exponencial de publicaciones sobre COVID-19 hace muy difícil extender los hallazgos y generalizar los resultados. Sin embargo, pese a la limitada producción científica en Latinoamérica durante la pandemia, consideramos que la carrera por publicar o perecer no es aceptable. Actualmente, una gran cantidad de artículos científicos se difunden rápidamente en diferentes redes sociales, incluso los de baja calidad, y pocas veces los resultados son verificados. La disputa por publicar o perecer está llevando a las revistas a aceptar resultados de mala calidad y dudosa credibilidad, y es en este momento cuando se hace más necesario que la información de los resultados sea veraz y transparente.

En conclusión, encontramos una cantidad limitada de publicaciones científicas en la región. A pesar de que en la fase inicial de la epidemia en Latinoamérica el desarrollo de intervenciones clínicas y la planificación de contingencias son la prioridad, a medida que avanza la pandemia el esfuerzo por publicar investigaciones de calidad debe pasar a un primer plano. Los futuros brotes de coronavirus en humanos no solo dependerán del desarrollo de estrategias eficientes para la prevención y tratamiento, sino también de la adecuada comprensión del comportamiento del virus a través de investigaciones de alta calidad ♣

**Conflicto de intereses:** Ninguno.

**Agradecimientos:** A la Dra. María Victoria Marcano por la revisión objetiva de este manuscrito.

## REFERENCIAS

- World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) outbreak situation. WHO; 2020 [cited 2020 Apr 24]. Available from: <https://bit.ly/2TRT9LO>.
- Centers for Disease Control and Prevention. Locations with Confirmed COVID-19 Cases, by WHO Region. United States: CDC; 2020 [cited 2020 Apr 24]. Available from: <https://bit.ly/3eHrtS1>.
- World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Situation Report—51. WHO; 2020 [cited 2020 Apr 24]. Available from: <https://bit.ly/2ZVqn0O>.
- Dong E, Du H, Gardner L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *Lancet Infect Dis.* 2020; S1473-3099(20):30120-1. DOI:10.1016/S1473-3099(20)30120-1.
- Rodriguez-Morales AJ, Gallego V, Escalera-Antezana JP, Méndez CA, Zambrano LI, Franco-Paredes C, et al. COVID-19 in Latin America: The implications of the first confirmed case in Brazil. *Travel Med Infect Dis.* 2020;101613. DOI:10.1016/j.tmaid.2020.101613.
- Burki T. COVID-19 in Latin America. *Lancet Infect Dis.* 2020; S1473-3099(20):30303-0. DOI:10.1016/S1473-3099(20)30303-0.
- Kupferschmidt K. Preprints bring 'firehose' of outbreak data. *Science.* 2020;367(6481):963-964. DOI:10.1126/science.367.6481.963.
- World Health Organization. World experts and funders set priorities for COVID-19 research. WHO. 2020 [cited 2020 Apr 24]. Available from: <https://bit.ly/3dnfAjJ>.
- Chahrour M, Assi S, Bejjani M, Nasrallah AA, Salhab H, Fares M, et al. A Bibliometric Analysis of COVID-19 Research Activity: A Call for Increased Output. *Cureus.* 2020; 12(3):e7357. DOI:10.7759/cureus.7357.
- Torres-Salinas D. Ritmo de crecimiento diario de la producción científica sobre Covid-19. Análisis en bases de datos y repositorios en acceso abierto. *El profesional de la información.* 2020;29( 2):e29021. DOI:10.3145/epi.2020.mar.15.
- Litewka SG, Heitman E. Latin American healthcare systems in times of pandemic. *Dev World Bioeth.* 2020; 00:1-5. DOI:10.1111/dewb.12262.
- Amariles P, Granados J, Ceballos M, Montoya CJ. COVID-19 in Colombia endpoints. Are we different, like Europe? *Res Social Adm Pharm.* 2020;S1551-7411(20)30287-4. DOI:10.1016/j.sapharm.2020.03.013.
- Córdova-Lepe F, Gutiérrez-Aguilar R, Gutiérrez-Jara JP. Number of COVID-19 cases in Chile at 120 days with data at 21/03/2020 and threshold of daily effort to flatten the epi-curve. *Medwave.* 2020;20(2):e7861. DOI: 10.5867/medwave.2020.02.7861.
- Acuna-Zegarra MA, Comas-García A, Hernández-Vargas E, Santana-Cibrian M, Velasco-Hernández JX. The SARS-CoV-2 epidemic outbreak: a review of plausible scenarios of containment and mitigation for Mexico [in print]. *medRxiv.* 2020. DOI:10.1101/2020.03.28.20046276.
- Berumen J, Schmulson M, Guerrero G, Barrera E, Larriba-Sahd J, Olaiz G, et al. Trends of SARS-Cov-2 infection in 67 countries: Role of climate zone, temperature, humidity and curve behavior of cumulative frequency on duplication time [in print]. *medRxiv.* 2020. DOI:10.1101/2020.04.18.20070920.
- Candido DDS, Watts A, Abade L, Kraemer MUG, Pybus OG, Croda J, et al. Routes for COVID-19 importation in Brazil. *J Travel Med.* 2020 [en prensa]. DOI:10.1093/jtm/taaa042.
- Alvarez MM, Gonzalez-Gonzalez E, Trujillo-de Santiago G. Modeling COVID-19 epidemics in an Excel spreadsheet: Democratizing the access to first-hand accurate predictions of epidemic outbreaks [in print]. *medRxiv.* 2020. DOI: 10.1101/2020.03.23.20041590.
- Bastos SB, Cajueiro DO. Modeling and forecasting the early evolution of the Covid-19 pandemic in Brazil [in print]. *arXiv.* 2020. DOI: 10.1101/2020.03.23.20041590.
- Bonilla-Aldana DK, Holguin-Rivera Y, Cortes-Bonilla I, Cardona-Trujillo MC, García-Barco A, Bedoya-Arias HA, et al. Coronavirus infections reported by ProMED, February 2000-January 2020. *Travel Med Infect Dis.* 2020;101575. DOI: 10.1016/j.tmaid.2020.101575.
- Cuan-Baltazar JY, Muñoz-Pérez MJ, Robledo-Vega C, Pérez-Zepeda MF, Soto-Vega E. Misinformation of COVID-19 on the Internet: Infodemiology Study. *JMIR Public Health Surveill.* 2020;6(2):e18444. DOI:10.2196/18444.
- De Leo S, Maia GG, Solidoro L. Analysing and comparing the COVID-19 data: The closed cases of Hubei and South Korea, the dark March in Europe, the beginning of the outbreak in South America [in print]. *medRxiv.* 2020. DOI: 10.1101/2020.04.06.20055327.
- Elachola H, Ebrahim SH, Gozzer E. COVID-19: Facemask use prevalence in international airports in Asia, Europe and the Americas, March 2020. *Travel Med Infect Dis.* 2020; 101637. DOI: 10.1016/j.tmaid.2020.101637.
- Fernandes EG, Santos JDS, Sato HK. Outbreak investigation in cargo ship in times of COVID-19 crisis, Port of Santos, Brazil. *Rev Saude Publica.* 2020; 54:34. DOI: 10.11606/s1518-8787.2020054002461.
- Ribeiro SP, Dattilo W, e Silva AC, Reis AB, Goes-Neto A, Alcantara L, et al. Severe airport sanitarian control could slow down the spreading of COVID-19 pandemics in Brazil [in print]. *medRxiv.* 2020.

- DOI:10.1101/2020.03.26.20044370.
25. Delgado D, Quintana FW, Perez G, Liprandi AS, Ponte-Negretti C, Mendoza I, et al. Personal Safety during the COVID-19 Pandemic: Realities and Perspectives of Healthcare Workers in Latin America. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(8):e2798. DOI:10.3390/ijerph17082798.
  26. Lima DLF, Dias AA, Rabelo RS, Cruz ID, Costa SC, Nigri FMN, et al. COVID-19 no Estado do Ceará: Comportamentos e crenças na chegada da pandemia [in print]. *Cien Saude Colet*. 2020. DOI:10.1590/1413-81232020255.07192020.
  27. Zhang SX, Wang Y, Jahanshahi AA, Jia J, Schmitt VGH. First study on mental distress in Brazil during the COVID-19 crisis [in print]. *medRxiv*. 2020. DOI: 10.1101/2020.04.18.20070896.
  28. Mejia CR, Rodríguez-Alarcón JF, Carbajal M, Pérez-Espinoza P, Porrás-Carhuamaca LA, Sifuentes-Rosales J, et al. Fatalismo ante la posibilidad de contagio por el coronavirus: Generación y validación de un instrumento (F-COVID-19). *Kasmera*. 2020 [cited 2020 May 31];47(2):e48118032020. Available from: <https://bit.ly/2TQN967>.
  29. Alzamora MC, Paredes T, Caceres D, Webb CM, Valdez LM, La Rosa M. Severe COVID-19 during Pregnancy and Possible Vertical Transmission [in print]. *Am J Perinatol*. 2020. DOI:10.1055/s-0040-1710050.
  30. Zambrano LI, Fuentes-Barahona IC, Bejarano-Torres DA, Bustillo C, Gonzales G, Vallecillo-Chinchilla G, et al. A pregnant woman with COVID-19 in Central America [in print]. *Travel Med Infect Dis*. 2020. DOI:10.1016/j.tmaid.2020.101653.
  31. Chate RC, Fonseca EKUN, Passos RBD, Teles GBDS, Shoji H, Szarf G. Presentation of pulmonary infection on CT in COVID-19: initial experience in Brazil. *J Bras Pneumol*. 2020;46(2):e20200121. DOI:10.36416/1806-3756/e20200121.
  32. Escalera-Antezana JP, Lizon-Ferrufino NF, Maldonado-Alanoca A, Alarcón-De-la-Vega G, Alvarado-Amez LE, Balderrama-Saavedra MA, et al. Clinical features of the first cases and a cluster of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Bolivia imported from Italy and Spain. *Travel Med Infect Dis*. 2020;101653. DOI:10.1016/j.tmaid.2020.101653.
  33. Rodríguez-Morales AJ, Cardona-Ospina JA, Gutiérrez-Ocampo E, Villamizar-Peña R, Holguin-Rivera Y, Escalera-Antezana JP, et al. Clinical, laboratory and imaging features of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Travel Med Infect Dis*. 2020;101623. DOI: 10.1016/j.tmaid.2020.101623.
  34. Rodríguez-Morales AJ, Rodríguez-Morales AG, Méndez CA, Hernández-Botero S. Tracing New Clinical Manifestations in Patients with COVID-19 in Chile and Its Potential Relationship with the SARS-CoV-2 Divergence. *Curr Trop Med Rep*. 2020;1-4. DOI:10.1007/s40475-020-00205-2.
  35. Batista AFM, Miraglia JL, Donato THR, Filho ADPC. COVID-19 diagnosis prediction in emergency care patients: a machine learning approach [in print]. *medRxiv*. 2020. DOI:10.1101/2020.04.04.20052092.
  36. Borba MGS, Val FA, Sampaio VS, Alexandre MAA, Melo GC, Brito M, et al. Chloroquine diphosphate in two different dosages as adjunctive therapy of hospitalized patients with severe respiratory syndrome in the context of coronavirus (SARS-CoV-2) infection: Preliminary safety results of a randomized, double-blinded, phase IIb clinical trial (Cloro-Covid-19 Study) [in print]. *medRxiv*. 2020. DOI: 10.1101/2020.04.07.20056424.
  37. Giron CC, Laaksonen A, da Silva FLB. On the interactions of the receptor-binding domain of SARS-CoV-1 and SARS-CoV-2 spike proteins with monoclonal antibodies and the receptor ACE2 [en prensa]. *BioRxiv*. 2020. DOI: 10.1101/2020.04.05.026377.
  38. Gonzalez-Gonzalez E, Lara-Mayorga IM, Garcia-Rubio A, Garciamendez-Mijares CE, Guerra-Alvarez GE, Garcia-Martinez G, et al. Scaling diagnostics in times of COVID-19: Rapid prototyping of 3D-printed water circulators for Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) and detection of SARS-CoV-2 virus [in print]. *medRxiv*. 2020. DOI:10.1101/2020.04.09.20058651.
  39. Gonzalez-Gonzalez E, Trujillo-de Santiago G, Lara-Mayorga IM, Martinez-Chapa SO, Alvarez MM. Portable and accurate diagnostics for COVID-19: Combined use of the miniPCR thermocycler and a well-plate reader for SARS-CoV-2 virus detection [en prensa]. *medRxiv*. 2020. DOI:10.1101/2020.04.03.20052860.
  40. Ortega JT, Serrano ML, Pujol FH, Rangel HR. Unrevealing sequence and structural features of novel coronavirus using in silico approaches: The main protease as molecular target. *EXCLI J*. 2020;19:400-409. DOI: 10.17179/excli2020-1189.
  41. Calahorrano L, Monge-Nájera J, Wang MH, Ho YS. Ecuador publications in the Science Citation Index Expanded: institutions, subjects, citation and collaboration patterns [in print]. *Rev Biol Trop*. 2020; 68(1):98-107.
  42. Ciocca DR, Delgado G. The reality of scientific research in Latin America; an insider's perspective. *Cell Stress Chaperones*. 2017 [cited 2020 May 31];22(6):847-852. Available from: <https://bit.ly/2XIHxmt>.
  43. Zacca-González G, Chinchilla-Rodríguez Z, Vargas-Quesada B, de Moya-Anegón F. Bibliometric analysis of regional Latin America's scientific output in Public Health through SCImago Journal & Country Rank. *BMC Public Health*. 2014 [cited 2020 May 31];14:632. Available from: <https://bit.ly/2TYuvJo>.
  44. Hossain MM. Current Status of Global Research on Novel Coronavirus Disease (COVID-19): A Bibliometric Analysis and Knowledge Mapping. *SSRN Electronic Journal*. 2020. DOI: 10.2139/ssrn.3547824.
  45. Alba-Ruiz R. COVID-19, CORONAVIRUS PANDEMIC: aproximación bibliométrica y revisión de los resultados. *Zenodo*. 2020 [cited 2020 May 31]. Available from: <https://bit.ly/2TUvkTN>.
  46. Kelland K. ANALYSIS-Speed science: The risks of swiftly spreading coronavirus research. *Reuters*. 2020 [cited 2020 Apr 25]. Available from: <https://bit.ly/3eCafVS>.

# Health workers as hate crimes targets during COVID-19 outbreak in the Americas

## Trabajadores de la salud como objetivos de crímenes de odio durante el brote de COVID-19 en las Américas

Carlos I. Orellana

Received 13<sup>th</sup> April 2020 / Send for modification 20<sup>th</sup> April 2020 / Accepted 28<sup>th</sup> April 2020

### ABSTRACT

Many health workers in the Americas, especially women, have been victims of discrimination and different types of grievances during the COVID-19 pandemic. These brief reflections aim to make the problem visible, offer theoretical explanations and some recommendations. The pandemic constitutes a massive crisis that triggers fears and reassuring of diffuse anxieties, which often includes someone to blame. Healthcare workers have become circumstantial scapegoating targets. The inflicted attacks can be understood as reactive hate crimes since they are originated from an allegedly healthy person to an allegedly contaminated person. People seems to incur in a sanitary profiling process based on the health worker's uniform. However, these expressions of hatred are fueled by pre-pandemic circumstances such as the precariousness of health systems and deficient medical equipment, misogyny, or the pervasiveness of authoritarian tendencies. Understanding this situation as a human rights issue, it is suggested to consider measures in order to discourage these attacks, such as: guaranteeing the appropriate conditions of hospitals and the personal protective equipment of workers; development of recognition campaigns of the healthcare staff and the work they carry out (in particular female nurses); and implementing transitory regulations that sanction any hate crime type attack to health workers or the scientific community. Furthermore, educational advocacy efforts should reiterate basic hygiene measures for the people, but also focus on refuting false and pseudoscientific beliefs that contribute to the fear-induced construction of the health worker as a threat of contagion.

CO: Psicólogo. Ph. D. Ciencias Sociales. Dirección de postgrado en Ciencias Sociales. Universidad Don Bosco, El Salvador. Campus Antiguo Cuscatlán. Colonia Jardines de Guadalupe. La Libertad, El Salvador. [ivan.orellana@udb.edu.sv](mailto:ivan.orellana@udb.edu.sv)

**Key Words:** Prejudice; hate; health personnel; Americas; pandemics; coronavirus (source: MeSH, NLM).

### RESUMEN

Muchos trabajadores sanitarios de las Américas, especialmente mujeres, han sido víctimas de discriminación y diferentes tipos de agravios durante la pandemia de COVID-19. Estas breves reflexiones tienen por objetivo visibilizar el problema, ofrecer algunas explicaciones teóricas y algunas recomendaciones. La pandemia constituye una situación de crisis generalizada que detona miedos y necesidad de calmar ansiedades difusas, lo que incluye buscar culpables. Los trabajadores de la salud se han convertido en chivos expiatorios circunstanciales. Los ataques sufridos pueden ser comprendidos como crímenes de odio reactivos en cuanto que se dirigen de una persona supuestamente sana a otra supuestamente contaminada. Las personas parecen incurrir en un proceso de perfilamiento sanitario basado en el uniforme del personal de salud. No obstante, estas expresiones de odio se alimentan de circunstancias previas a la pandemia como la precariedad de los sistemas de salud y del equipamiento de los trabajadores, la misoginia o la existencia de tendencias autoritarias. Comprendiendo la situación como un asunto de derechos humanos, para contrarrestar estos ataques se sugiere considerar medidas como: garantizar condiciones hospitalarias apropiadas y de equipamiento protector de los trabajadores; campañas de reconocimiento de la

labor que desempeñan (en particular las enfermeras); y el establecimiento de normativas transitorias que sancionen cualquier ataque de odio contra trabajadores sanitarios o la comunidad científica. Adicionalmente, se sugiere implementar campañas educativas que, además de reiterar las medias higiénicas básicas, se enfoquen en desmentir creencias falsas o pseudocientíficas que contribuyen a la construcción, inducida por el miedo, del trabajador de la salud como una amenaza de contagio.

**Palabras Clave:** Prejuicio; odio; personal de salud; Américas; pandemias, coronavirus (*fuentes: DeCS, BIREME*).

**A**mong the harsh effects of the COVID-19 pandemic, healthcare workers are suffering assault and mistreatment in different parts of the Americas. There are reports from the United States, Mexico, El Salvador, Panama, Colombia, Argentina and Chile (1-5), regarding cases of health workers who have endured physical (e.g., doused in bleach, hot coffee, disinfectant) and psychological violence (e.g., threats, pressure to leave homes, obstacles to access to the hospitals), stigmatization (e.g., derogatory insults such as “virus”, “infected” or using the word COVID as a pejorative adjective) and discriminatory behaviors (e.g., impediment to use public transportation, signs of repulsion). The pandemic reveals one of its most perverse faces by exerting even more pressure on the already overwhelmed health workers, while also evidencing long-standing psychosocial, cultural and political vices that plague different countries of the American continent.

#### Crisis, scapegoating and reactive hate crimes

A pandemic constitutes a circumstance loaded with collective uncertainty, overexposure to stress and fear (6). Currently, these aspects are articulated around a diffuse and “invisible” threat (virus) that anyone can carry. The need to reduce the ongoing uncertainties and regain control leads to operating a convenient perceptual scission in the social world between an ingroup (i.e., “us”, or the alleged non-infected people) and an outgroup (i.e., “them”, the alleged prone to or infected people). Precisely, evoking life-threatening conditions prompts ingroup bias, making individuals cling to their own defensive worldviews and to resort to outgroup stereotypes (7,8). In other words, threatening contextual conditions which are adverse and signal uncertainty may encourage prejudice and discrimination toward others who are considered anomalous, such minorities or disadvantaged groups (9,10). Stigmatized groups, those that become –or rather, are construed as– a real or symbolic threat to the ingroup, can work as a sort of lightning rod during periods of frustration and turmoil (10).

Within the sudden harsh living conditions propitiated by the pandemic, it is quite possible that health workers have become scapegoats and are experiencing hate aggressions. Scapegoating, a term derived from religious rituals

(11), currently implies either blaming a group for misfortunes or disasters occurring in a social environment, or portraying outgroup members as a threat to the ingroup’s circumstances, advantages and resources (10-13). According to Girard (13), a scapegoating persecution occurs during crisis periods signaled by institutional breakdown. The collective reaction when facing a crisis can transform otherwise civilized social mobilization in a mob, a spontaneous popular mass that pressures a weakened institutional environment seeking to soothe its diffuse anxieties with hostility and violence.

The aggressions targeted at health workers respond to a scapegoating logic, but constitute hate crimes, since the attacks are directed at others based on their actual or attributed group or categorical membership (i.e., health workers allegedly exposed to or carrying the virus). A conceptual precision must be established: According to Sullaway (14), hate crimes can be more or less instrumental. The more instrumental a hate crime is, the more it seeks to influence government policies (e.g., terrorist attack, a hostage situation). Less instrumentality leads to more reactivity or spontaneity, such as retaliatory behavior that would not have taken place if the circumstances were different (e.g., a xenophobic insult following a frustrating service provision). In this sense, attacking health workers would qualify as **reactive hate crimes** since these attacks are fueled by the encompassing situation of uncertainty and the situational impossibility to know for sure who is infected or not.

The health workers uniforms would signal the basic categorical symbol that instigates the attack. Hence, some health workers are choosing to go out on the street in civilian clothes (1-5). Likewise, it is possible that others experience this *sanitary profiling*: The construction process of every look-a-like healthcare worker as a threat, relying on amplifying attributed risk of contagion of COVID-19. Any hospital-related appearance (e.g., veterinarians, pharmacists) could eventually face some hatred or animosity from the general public. The irrefutable proof of this reactive condition lies in the fact that, before the pandemic, there was not any systematic and reiterative hate attack against health workers, in different parts of the planet and following the same pattern of aggression.

However, if these attacks find their explanation in the situation of diffuse threat, and in the obvious target that the health worker constitutes, it must be stated that these attacks are fueled by pre-pandemic sociocultural, political and institutional conditions. The pandemic has exposed disparities in access to health in vulnerable groups (e.g., migrants) and has triggered racist and discriminatory tendencies toward specific groups, such Chinese people (or people with Asian traits) and older people, as they are considered special sources of contagion (15). In fact, in the United States, right-wing mentality groups have intentionally spread fake news to instigate hatred towards Asian people, creating racialized conspiracy theories (e.g., the "Chinese virus", the virus as a biological weapon of the Chinese government) and promoting false cures based on racial immunological superiority. Within anti-lockdown protests in the United States is possible to identify unprotected crowds (i.e., without masks or not keeping enough physical distance), far-right individuals dressed in militia suits, carrying large-caliber firearms as an alleged demand for the "freedom" lost as well as religious denial messages of the pandemic or the reality of the virus (4,16,17). The protests, in addition to being opportunities to vilify health workers on the street, increase the risk of new and massive contagions and of reversing any disease containment achieved so far.

In Latin America, most of the attacks reported have been directed at female nurses on the streets. The overlapped vulnerability based on gender and social class, which forces this sector of health workers to use public transport and expose themselves to the cultural permissiveness of the misogynistic attack in the public space, should not be discarded. Misogyny also constitutes an expression of hatred that the context of crisis and threat of the pandemic have triggered (9,14,18), judging by the increase in violence against women that is taking place around the world (19). In short, prejudices exacerbate and they take center stage when link up with cultures where authoritarianism is instigated by power groups or is deeply rooted in culture (4,16,17). This is the case of El Salvador (18), where, as journalist Carlos Dada (20) declares, there is currently a triple crisis: health-wise, economic and democratic. It is a sanitary crisis due to the pandemic; economic due to poverty and the informal jobs of most of the population; and democratic, because the government has not hesitated to resort to fear, confront other state powers, or the militarization of the streets, while any expression of dissent or disagreement is reviled, including those of specialists and academics.

The Salvadoran case illustrates that victims of the virus are treated as victimizers and health workers are treated

as responsible for the contagion. For instance, a female nurse who contracted the virus during her work was rejected along with her family by her community, and, like many other health workers, she lives in poverty and without access to water public service (20). Hatred against the healthcare workers can be reactive, but it is rooted in psychosocial and cultural infrastructures marked by authoritarianism, ignorance, precarious living conditions and weak health systems, as well as government actions that strain democracy and, with that, jeopardize human dignity.

As an invitation to optimism, it must be said that attacks on health workers should disappear as the pandemic gets controlled. But the fate of the physical and psychological integrity of health workers, whose strengths are already at their limits and whose effective work depends on their general well-being, cannot wait for the unpredictable progress of the pandemic. Especially since, despite systematic efforts to predict the pandemic evolution (21), a slow and gradual return to "normality" has been announced, new waves of infection are possible or simply because something can go wrong (e.g., an increase in infections due to violations of confinement and physical distance measures).

Building on the previous reflections, and on the well-being of health workers as a matter of human rights concern (22), the governments, other decision and policy makers, and the general public should consider, at least, the following recommendations:

- a. Guarantee adequate hospital resources and facilities, training and every day sanitary supplies for the health personnel (e.g., protective equipment). The care and real respect on the part of governments towards health workers is related to the provision of the necessary tools to carry out their work. Neglecting proper equipment and implementation of health protocols can endanger the staff and therefore their families. While this scenario would increase emotional distress on the workers, it also could instigate social mistrust and hate attacks upon the confirmation that –not even– the health specialist can prevent infection and spread of COVID-19.
- b. Sustained implementation of respect and recognition campaigns of the work of health personnel in the media, highlighting health professions as respectable and highly valuable social activities. It is necessary to highlight the special value of nurses, and female nurses in particular. In different parts of Latin America, female nurses are culturally and materially undervalued personnel, whose care work does not stop at home and who, as women, are at greater risk of suffering violence during the confinement dynamics caused by the pandemic (18).

- c. In the same way that rapid laws to restrict some civil rights or to implement household quarantines are enacted, it is possible to promulgate transitory regulations that actively and explicitly sanction any form of discrimination or hate attacks against health workers in those countries that need it. Special attention should be put on any group or person with extremist ideas that spread fake news, rumors, or real or virtual attacks against health personnel, the work they carry out, or against scientific opinions that contravene the criteria of official instances.
- d. In addition to the implementation of educational campaigns aimed at the general population on sanitary measures to prevent contagion, it is essential to include awareness campaigns to debunk misinformation or demonstrate that health personnel do follow strict hygienic protocols, in order to dispel unfounded beliefs about them. In times of uncertainty and fear, ignorance, credulity and unscientific nonsense held by the general population or endorsed by politicians are risk factors for alarmism and violence.

It has been said that the pandemic is a battle that we all win, or no one wins. The fight against expressions of hatred against health workers must be a permanent effort if there is not a minimum and clear control over the pandemic. In that sense, one of the fundamental lessons for the future that the pandemic leaves us is the perennial need to promote and give the value that scientific education deserves. Ultimately, this constitutes an essential antidote against ignorance, credulity, prejudice and any proclivity to hate. Coronavirus is bulletproof. It is transmitted by cough droplets but also by mental narrowness and pseudoscientific beliefs. We need antiviral tests, not assault rifles, evidence-based decisions and amplify the voice of the experts. Humanistic aspirations of science and its values—promotion of well-being and human rights, transparency, peer review, public discussion, self-correcting aspiration—can serve as an ethical ventilator for regimens and democratic fabrics infected and swollen by the pervasive virus of authoritarianism.

In the same way, evidence shows that health workers in normal conditions in different parts of the Americas (and the world), already faced precariousness, discrimination and adverse and strenuous working conditions. We cannot afford to make their job even more difficult. Neither fear, frivolous consumption urgencies, supremacist worldviews or the desire for political revenues should expose to contagion, demoralize or erode the sense of pride for the first—and only and most crucial—battle line we have against this gigantic microscopic global threat. At the end of this nightmare, the only marks that should be

left on health workers are those of their (suitable) protective equipment on their faces after a job well done, and the memory of society's deep gratitude. Never the long-lasting ungrateful marks of stigma and hate ♦

*Conflict of interest:* None.

## REFERENCES

- González-Días M. Coronavirus: el preocupante aumento de agresiones en México contra personal médico que combate el covid-19 [Internet]. Londres: BBC; 2020 April 17 [Cited 2020 April 12]. Available from: <https://bbc.in/2LFPv7o>.
- Paz ME. Discriminación, el enemigo del personal médico que atiende a pacientes con covid-19 en El Salvador. La Prensa Gráfica [Internet]. 2020 Apr 15 [Cited 2020 April 16]: El Salvador. Available from: <https://bit.ly/3gaR33n>.
- Ola de ataques contra personal de salud en América Latina empeora crisis por COVID-19. Periódico digital 102nueve [Internet]. 2020 Apr 16 [Cited 2020 May 22]. Available from: <https://bit.ly/3c2j4H7>.
- NowThis News. Anti-Lockdown Protesters Harass COVID-19 Nurses [Video on the Internet]. YouTube; 2020 Apr 13 [Cited 2020 April 12]. Available from: <https://bit.ly/3bV5ogT>.
- Los vergonzosos casos de médicos y enfermeras discriminados en el país. El Tiempo [Internet]. 2020 Apr 12 [Cited 2020 April 12]. Available from: <https://bit.ly/3edHwGC>.
- Taylor S. The psychology of pandemics: preparing for the next global outbreak of infectious disease [Internet]. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing; 2019 [Cited 2020 April 12]. Available from: <https://bit.ly/2THB2rY>.
- Greenberg J, Kosloff S. Terror management theory: Implications for understanding prejudice, stereotyping, intergroup conflict, and political attitudes. *Soc Personal Psychol Compass*. 2008 Sep [Cited 2020 April 12]; 2(5):1881–1894. Available from: <https://bit.ly/2ZAA3xg>. DOI:10.1111/j.1751-9004.2008.00144.x.
- Southern Poverty Law Center. The Trump Effect: The impact of the 2016 presidential election on our nation's schools [Internet]. [Estados Unidos]: Southern Poverty Law Center; 2016 Nov 18 [Cited 2020 April 12]. Available from: <https://bit.ly/2Zt87vn>.
- Jackson JC, van-Egmond M, Choi VK, Ember CR, Halberstadt J, Balanovic J, et al. Ecological and cultural factors underlying the global distribution of prejudice. *PLoS ONE*. 2019 Sep 6 [Cited 2020 April 12]; 14(9): e0221953. Available from: <https://bit.ly/3bYAJz8>. DOI:10.1371/journal.pone.0221953.
- Allport GW. La naturaleza del prejuicio. 4th ed. Buenos Aires: EUDEBA; 1971.
- O'Flynn M, Monaghan LF, Power MJ. Scapegoating during a time of crisis: A critique of Post-Celtic Tiger Ireland. *Sociology*. 2014 Oct [Cited 2020 April 12]; 48(5):921-937. Available from: <https://doi.org/10.1177/0038038514539059>. DOI: 10.1177/0038038514539059.
- Foster DM, Keller JW. Rallies and the "First Image": Leadership psychology, scapegoating proclivity, and the diversionary use of force. *Conflict Management and Peace Science*. 2010 [Cited 2020 April 12]; 27(5): 417-441. Available from: <https://bit.ly/36seXTh>. DOI:10.1177/0738894210379327.
- Girard R. El Chivo expiatorio. Barcelona: Editorial Anagrama; 1986.
- Sullaway M. Hate crime, violent extremism, domestic terrorism—distinctions without difference? In: Dumbare E, Blanco A, Crèvecoeur-MacPhail DA, Editors. *The psychology of hate crimes as domestic terrorism: U.S and global issues (Vol. I)*. Santa Barbara (CA): Praeger Publishers; 2017. p. 89-121.
- Devakumar D, Shannon G, Bhopal SS, Abubakar I. Racism and discrimination in COVID-19 responses. *Lancet*. 2020 Apr 1 [Cited 2020

- April 12]; 395(10231):1194. Available from: <https://bit.ly/3cRwC9o>. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30792-3.
16. Gai H. Hate groups and racist pundits spew COVID-19 misinformation on social media despite companies' pledges to combat it [Internet]. [Estados Unidos]; Southern Poverty Law Center; 2020 Apr 17 [Cited 2020 April 12]. Available from: <https://bit.ly/2LOVNxu>.
  17. Stanley-Becker I, Romm T. Pro-gun activists using Facebook groups to push anti-quarantine protests. *The Washington Post* [Internet]. 2020 Apr 19 [Cited 2020 April 12]: Tech Policy. Available from: <https://wapo.st/2zeMeW9>.
  18. Orellana CI. Proclivity to hate: violence, group targeting, and authoritarianism in El Salvador. In: Dumbar E, Blanco A, Crèvecoeur-MacPhail DA, Editors. *The psychology of hate crimes as domestic terrorism: U.S and global issues* (Vol. I). Santa Barbara (CA): Praeger Publishers; 2017. p. 239-281.
  19. Haneef C, Kalyanpur A. Global Rapid Gender Analysis for COVID-19. [Internet]. [place unknown]: CARE + IRC; 2020 Mar 31 [Cited 2020 April 12]. Available from: <https://bit.ly/2XkO3sl>.
  20. Dada C. ¿Quién teme al coronavirus? [Internet]. *El Salvador: El Faro*; 2020 April 14 [Cited 2020 April 15]. Available from: <https://bit.ly/3g9sMdX>.
  21. González-Jaramillo V, González-Jaramillo N, Gómez-Restrepo C, Palacio-Acosta CA, Gómez-López A, Franco OH. Proyecciones de impacto de la pandemia COVID-19 en la población colombiana, según medidas de mitigación. Datos preliminares de modelos epidemiológicos para el periodo del 18 de marzo al 18 de abril de 2020. *Rev. Salud Pública (Bogotá)*. 2020 [Cited 2020 April 12]; 22(1):1-6. Available from: <https://bit.ly/3eaOQTv>. DOI:10.15446/rsap.v22.85789.
  22. Human Rights Watch. Human rights dimensions of COVID-19 response [Internet]. [place unknown]: Human Rights Watch; 2020 Mar 19 [Cited 2020 Apr 12]. Available from: <https://bit.ly/2TwTh35>.

# Práctica clínica, ámbito laboral y riesgos de la fisioterapia ante el COVID-19

## Clinical practice, work and risks of physical therapy in the face of COVID-19

Alejandra Valenzuela-Cazés y Luisa F. Becerra-Ostos

Recibido 20 abril 2020 / Enviado para Modificación 23 abril 2020 / Aceptado 30 abril 2020

### RESUMEN

En este artículo reflexivo se analiza el papel que juega la fisioterapia frente al COVID-19 en la fisioterapia respiratoria y la seguridad y salud en el trabajo, campos importantes y a su vez álgidos porque, ante la situación actual de pandemia, los profesionales de salud en general son sometidos a inadecuadas condiciones laborales que impactan su alta posibilidad de contagio en su ámbito social y económico. De igual forma, se especifica la relación del quehacer profesional de la fisioterapia con cada fase de intervención según la manifestación de los signos y síntomas que presenta el paciente, basados en procesos y procedimientos sustentados en experiencias de otros países, en especial de China. Finalmente se discuten las medidas seguras y la descripción del proceso acelerado para desarrollar la telerehabilitación como consecuencia del COVID-19.

**Palabras Clave:** Servicio de fisioterapia en el hospital; rehabilitación, infección por coronavirus; salud laboral; protección personal (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

This paper discusses the function of the physiotherapy against COVID-19: how does it work in the chest physiotherapy and workplace health and safety. These fields are considered leading and decisive to take care of health professionals. In general, they work under unsuitable conditions that raise the likelihood of virus transmission in the social and economic context. Likewise, it specifies the relationship between the function of the physiotherapy and every intervention phase, according to exhibiting signs and symptoms on the patient. It is based on processes and procedures that are underpinned by experiences from other countries, specifically China. Finally, there is a discussion about safety measures and a description of the accelerated process to promote remote physical therapy due to COVID-19.

**Key Words:** Physical therapy department; hospital; rehabilitation; coronavirus infections; occupational health; personal protection (*source: MeSH, NLM*).

Aunque no se tiene mucha información sobre el COVID-19 y sus respectivas secuelas en los diferentes sistemas del cuerpo humano, la información existente se sustenta en experiencias del manejo, basadas en evidencia aplicada a una población que inicialmente presenta un síndrome de dificultad respiratoria, que posteriormente se comporta como un virus y actualmente es catalogado como una Pandemia.

Con respecto a lo anterior, se relaciona el COVID-19 con la fisioterapia desde el área clínica y la Seguridad y Salud en el Trabajo, donde se tendrán en cuenta las condiciones laborales y el análisis de riesgo.

Por lo tanto, se comienza esta reflexión con la identificación de los signos y síntomas que el paciente presenta una vez haya adquirido el virus como fiebre, infección en

AV: Ft. Esp. Docencia Universitaria. M. Sc. Salud Pública. Independiente.  
avalenzuelac@unal.edu.co  
LB: FT. Esp. Rehabilitación Cardíaca y Pulmonar. Esp. Gerencia Salud Ocupacional. M. Sc. Salud Pública y Desarrollo social, Corporación Universitaria Minuto de Dios. Bogotá. Colombia.  
luijer85@hotmail.com

vía área superior, disnea, hipoxemia y dificultad respiratoria; además se describen los procesos y procedimientos que se realizan dentro de la fisioterapia respiratoria.

### Intervención del fisioterapeuta

En la fisioterapia respiratoria se trabaja en diferentes fases de intervención frente al COVID-19, que son importantes diferenciarlas y relacionarlas con el paciente, para así, posteriormente, poder vincular la relación con el ámbito laboral de la fisioterapia.

En la primera fase o fase aguda, la fisioterapia actúa con la detección temprana de los signos y síntomas anteriormente nombrados; la cual comienza realizando procesos de rehabilitación y procedimientos como: toma de muestra (Hisopado), hidratación, coordinación de la respiración (respiración diafragmática) y prescripción del ejercicio físico. Para la aplicación del ejercicio, se debe tener en cuenta que hay que estar acorde con la intensidad, frecuencia, duración y sintomatología, para así poder evitar largos periodos de sedentarismo e inactividad física.

En la segunda fase, que es la hospitalaria, el paciente presenta una exacerbación de su cuadro clínico y, además, muestra una sintomatología más agresiva; lo cual conlleva la utilización de la oxigenoterapia (para el manejo de la hipoxemia), con los diferentes sistemas como son: de bajo flujo (cánula nasal y una bolsa de reservorio) y de alto flujo (cánula de alto flujo, Ventilación No Invasiva o la intubación orotraqueal para ventilación mecánica). En concordancia con la toma de gases arteriales, se debe determinar la relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno (PAFI), catalogados como procesos y procedimientos básicos en la atención. Y, además, deben ser analizados por el fisioterapeuta con el apoyo de un equipo interdisciplinario para la escogencia del modo ventilatorio más adecuado a las necesidades del paciente (1).

Y la última fase es la extrahospitalaria, donde se desarrolla un programa de promoción y prevención de nuevos contagios, enfocado al manejo de hábitos alimenticios, el uso de elementos de protección personal (EPP), y una precisa prescripción del ejercicio donde se especifique intensidad, frecuencia y duración del mismo. Es aquí donde hacemos la diferencia con otras profesiones en especial con los terapeutas respiratorios y enfermeras; porque ellos pueden dar la educación y manejar la vía aérea, pero nuestro quehacer en la fisioterapia se enfoca en la rehabilitación del movimiento corporal humano, involucrando todos los sistemas que conllevan una adecuada prescripción del ejercicio para su pronta y efectiva recuperación.

Teniendo en cuenta las fases, es claro que un paciente sometido a un tratamiento de dos o tres semanas con procesos y procedimientos bastantes invasivos, sobre todo

en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) donde, por lo general, la gran mayoría de pacientes presentan graves problemas respiratorios y desacondicionamiento físico, puede presentar desnutrición, pérdida de la masa corporal entre 10 y 15% de su peso, disminución de la capacidad aeróbica, además de trastornos de la deglución relacionados con la intubación. Adicionalmente, se conoce que tan solo con una semana de inmovilización los pacientes pueden presentar un dolor intenso, aspecto que es relevante para la prescripción del ejercicio, acorde con las características del paciente (2).

La Fisioterapia laboral tiene en cuenta aspectos como condiciones laborales y análisis del riesgo, que se han asumido abruptamente en la reorganización de los espacios de trabajo, en las medidas de higiene, en el distanciamiento social y en la incertidumbre de no saber con exactitud si una vez recuperado se puede seguir una vida normal o en cuánto tiempo el cuerpo puede desarrollar una inmunidad.

Por lo tanto, hay que desarrollar un programa de rehabilitación integral, donde se tenga en cuenta no solo la infraestructura, sino también la manera de abordar la evaluación neuromusculoesquelética, respiratoria, tegumentaria y la independencia en las actividades de la vida diaria y básicas cotidianas con respecto a la COVID-19.

A consecuencia de lo anterior, los fisioterapeutas deben readaptar sus actividades para continuar con las sesiones de rehabilitación, hasta donde el contexto de la salud lo permita; o acudir al teletrabajo, con el fin de brindar una educación y darle un manejo preciso y coordinado al paciente según su necesidad.

Un ejemplo de ello son la gran mayoría de los países de América Latina incluido Colombia, los cuales se encuentran ante determinantes sociales como la inequidad social y sistemas de salud inestables que no han garantizado las medidas mínimas de protección personal; sumando, además, la carencia de inversión financiera para la construcción de espacios adecuados para otorgar una prestación de servicios favorables, de acuerdo a las normas de confinamiento y desconfinamiento que actualmente exige el Ministerio de Salud de cada país.

Otra cara de las condiciones y riesgos laborales es cuando el fisioterapeuta debe realizar atención domiciliaria; dado que, visita un número determinado de casas diarias sin las medidas de seguridad adecuadas para ellos y para sus pacientes. Adicionalmente, deben costearse ellos mismos los elementos de protección personal estandarizados para no convertirse en vectores de la enfermedad en su entorno familiar y social. También debe contemplarse la atención en consulta externa, donde en promedio se atiende ocho pacientes por hora y se carece de la infraestructura y de los medios necesarios para evitar el contagio.

Al hablar de la Seguridad y la Salud en el Trabajo, se debe tener presente los posibles riesgos y condiciones laborales en que se encuentran inmersos los y las fisioterapeutas; donde es importante orientar los procesos políticos enfocados a un trabajo seguro, y contemplar horarios saludables de trabajo y la identificación temprana de los peligros a los que se está expuesto para así poder mitigar la pandemia.

Otros aspectos importantes en un ambiente de trabajo seguro y confortable son una comunicación asertiva con nuestro equipo y la realización de pausas activas; resaltando que estas van más allá de un cambio de posición y movilidad de segmentos corporales, y que se debe hacer un pare y cambiar por unos cuantos minutos la actividad que se está realizando para trabajar el cuerpo y la mente, una pausa mental que ayuda a una terapia de relajación muscular guiada.

Como resultado de lo anterior, se evita los accidentes de trabajo, ya sea por desconcentración o por desorganización en la labor desempeñada. Y, además, ayudan a retomar las labores con mayor atención, concentración y organización, sin afectar la producción y el ritmo de trabajo de las empresas.

Finalmente, hay que tener en cuenta la inclusión de capacitaciones y procesos de inducción y reinducción a los y las fisioterapeutas, y en general, a todos los profesionales de la salud, con respecto al uso correcto e incorrecto de los elementos de protección personal y su adecuado retiro, para evitar que el trabajador no solo sea contaminado, sino que pueda contagiar a sus pacientes. Y de esta manera, no caer en errores que como humanos no estamos exentos de cometer, evitando así las enfermedades laborales (3).

## DISCUSIÓN

Para apostar a un cambio en el ámbito laboral de la fisioterapia, es importante tener en cuenta el material reciente de los primeros países que fueron impactados por la COVID-19, entre ellos China; quien expresa en uno de sus artículos cuál es el área de desempeño de la fisioterapia respiratoria las fases que se presentan en el periodo de incubación y en el proceso de rehabilitación; a su vez, resalta que es importante evitar el contacto con el paciente, desinfectar dos veces al día e intervenir dos sesiones todos los días más una sesión de gimnasia (trabajo aeróbico, fortalecimiento de extremidades inferiores y superiores); ya que esto reduce el grado de hipoxemia que presente el paciente y a su recuperación con la ayuda del ejercicio (4,5).

Quizás, esta sea una oportunidad para acogernos a una rehabilitación a distancia donde se haga sesiones filmadas, o quizás, los pacientes sigan su tratamiento por me-

dio de sus teléfonos móviles, y a su vez, poder realizar seguimiento de las sesiones a través de WhatsApp. (6)

Esto se convierte en una excelente oportunidad de forzar la fisioterapia a desarrollar la telemedicina y de tomar las medidas de protección que están en armonía con las recomendaciones dadas la por la OMS y OIT, teniendo en cuenta las medidas de distanciamiento social. Y es por medio de la telerehabilitación que se darían las pautas de educación para el control del paciente a través de un familiar, evitando así las infecciones; lo anterior, teniendo presente que la rehabilitación es un tratamiento multidisciplinar donde nosotros somos parte fundamental para la recuperación de la funcionalidad del paciente y ayudar a su recuperación (7).

Finalmente, estas medidas evitarán la aparición de nuevos casos, la mitigación de casos hallados y la detección de casos asintomáticos. El marco legal juega un papel importante para impartir las mismas, que en el caso de Colombia se está retomando con más fuerza la aplicación de la Ley 1419 de 2010 y con mayor preponderancia la Resolución 2654 de 2019, que contempla la buena práctica clínica para ofrecer servicios de salud acordes con las medidas de habilitación reglamentaria. Ya que cuando existe una Pandemia, el primer ente que es impactado son los hospitales, específicamente, la Unidad de Cuidados Intensivos, que en este momento son considerados uno de los espacios más propicios para contraer el virus (8,9).

Con estas medidas se busca prevenir el contagio de la población más susceptible; sin embargo, es un gran reto para los y las fisioterapeutas crear y aplicar programas de actividad física frente a una sociedad que es muy sedentaria y susceptible a sufrir diferentes enfermedades. Consecuentemente, con el fomento de esta práctica se fortalece la importancia de impartir estilos de vida saludable para así contribuir a una mejor calidad de vida de los pacientes con COVID-19 y de la población en general ♣

## REFERENCIAS

1. Chica-Meza C, Peña-López L, Villamarín-Guerrero H, Moreno-Collazos J, Rodríguez-Corredor L, Lozano W, et al. P. Cuidado Respiratorio en Covid 19. Rev Acta colombiana de cuidado intensivo. 2020 Apr [Cited 2020 May 21]; 2491-10. Available from: <https://bit.ly/36lqOiy>. DOI:10.1016/j.acti.2020.04.001.
2. Hertzog P. Coronavirus: des mois de rééducation pour reconstruire les patients "depuis les fondations" [Internet]. Francia: Sciences et avenir; 2020 Apr [Cited 2020 May 21]. Available from: <https://bit.ly/3g9tCHR>.
3. Redacción Médica. Coronavirus: 8 errores comunes de médicos y enfermeros al quitarse los EPI [Internet]. España: Redacción médica; 2020 Mar 23 [Cited 2020 May 21]. Available from: <https://bit.ly/3e9m4CW>.
4. Piette P. Covid-19: Recommandation Chinoise pour la Kinésithérapie respiratoire des patients atteints du coronavirus [Internet]. Francia: AK; 2020 Mar 22 [Cited 2020 May 21]. Available from: <https://bit.ly/3bRWjFD>.
5. Yang F1, Liu N, Hu JY, Wu LL, Su GS, Zhong NS, et al. [Pulmonary Rehabilitation Guidelines in the Principle of 4S for Patients Infected With 2019 Novel Coronavirus (2019-CoV) ]. Rev china de tuberculo-

- sis y enfermedades respiratorias. 2020 Mar 12 [Cited 2020 May 21]; 43(3):180-182. Available from: <https://bit.ly/2TJh3JB>. DOI:10.3760/cm a.j.issn.1001-0939.2020.03.007.
6. Handicap international, humanité & inclusion. Covid-19: Les kinés de Handicap International sensibilisent au sujet des mesures d'hygiène à respecter [Internet]. Luxemburgo: Handicap international: humanité & inclusion; 2020 [Cited 2020 May 21]. Available from: <https://bit.ly/2LNn1Ey>.
  7. Longoni M. Recomendaciones de la SERMEF, sobre el impacto de la pandemia del coronavirus COVID-19 sobre los servicios de rehabilitación [Internet]. [place unknown]: Asociación médica latinoamericana de rehabilitación; 2020 Mar 17 [Cited 2020 May 21]. Available from: <https://bit.ly/2LOG3ur>.
  8. Ley 1419 del 2010 (CO). Available from: <https://bit.ly/3cUKsrJ>.
  9. Resolución 2654 de 2019 (CO). Available from: <https://bit.ly/2ALKK5P>.

# Revista de Salud Pública

## INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

### Guía abreviada

La Revista de Salud Pública de la Universidad Nacional de Colombia se publica con una frecuencia bimestral y circula en el ámbito internacional. Antes de elaborar y enviar su artículo asegúrese de leer las Instrucciones para autores/as disponibles en: <https://goo.gl/UrcSkp>. Información adicional para la preparación de manuscritos la encuentra en [www.paho.org/spanish/DBI/authors.htm](http://www.paho.org/spanish/DBI/authors.htm) y [www.icmje.org](http://www.icmje.org). Los manuscritos que no sigan las directrices no se considerarán para publicación. La carta remitosa firmada por todos los autores y el artículo, cuando es necesario, deben describir la manera como se han aplicado las normas nacionales e internacionales de ética e indicar si hay o no conflictos de interés por parte de los autores.

**Evaluación por pares:** los Editores de la revista evalúan el mérito científico de los artículos y luego son sometidos a la revisión por pares. La revista admite comentarios y opiniones que disientan con el material publicado, acepta las retractaciones argumentadas de los autores y corregirá oportunamente los errores tipográficos o de otros tipos que se puedan haber cometido al publicar un artículo.

**Secciones:** Editorial, Artículos, Ensayos, Educación, Políticas, Sección Especial, Reseñas y Cartas al editor

**Especificaciones:** todo el manuscrito, incluyendo referencias y tablas, debe ser presentado en un documento compatible con Microsoft Word con las siguientes especificaciones: tamaño carta, con márgenes de 3 cm, numerado consecutivamente, en color negro, a doble espacio y letra Arial en 11 puntos. *Tablas:* cada una será citada en el texto con un número según el orden en que aparezcan. Se deben presentar en una hoja aparte identificada con el mismo número. Emplee únicamente líneas horizontales para elaborar la tabla. *Figuras:* serán citadas en el texto en el orden en que aparezcan. Las fotos (sólo en blanco y negro), dibujos y figuras generadas por medio de computador deben ser de alta resolución y alta calidad.

**Envío de artículos:** se realiza únicamente a través de la plataforma OJS (ver: <https://goo.gl/UrcSkp>), proporcionando el original del manuscrito en un documento compatible con Microsoft Word.

Los artículos deberán organizarse con las siguientes secciones: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Referencias, Tablas y leyendas de tablas, y Figuras y leyendas de figuras. Las comunicaciones cortas, los artículos de opinión y de debate podrán presentar sustanciales modificaciones con respecto a este esquema general.

**Referencias:** se indicarán en el texto numeradas consecutivamente en el orden en que aparezcan por medio de números arábigos puestos entre paréntesis siguiendo el estilo Vancouver. La lista de referencias se iniciará en una hoja aparte al final del artículo.

*Ejemplos de citación de artículos de revistas:* Soberón GA, Naro J. Equidad y atención de salud en América Latina. Principios y dilemas. Bol Of Sanit Panam 1985; 99(1):1-9.

*Ejemplos de citación de libros:* Monson RR. Occupational epidemiology. 2nd Edition. Boca Ratón, FL: CRC Press; 1990.

Ver instrucciones a los autores en <https://goo.gl/xdMdkp>

# Journal of Public Health

## INSTRUCTIONS TO AUTHORS FOR THE SUBMISSION OF ARTICLES

### Short guide

The Revista de Salud Pública journal of the Universidad Nacional is a bimonthly publication free to access all over the world. Before preparing and submitting your article, please read and take into account the Instructions to Authors for the Submission of Articles, which are available at: <https://goo.gl/UrcSkp>. Additional information for preparing your article can be found at [www.paho.org/spanish/DBI/authors.htm](http://www.paho.org/spanish/DBI/authors.htm) and [www.icmje.org](http://www.icmje.org). Papers not following these guidelines will not be considered for publication. When necessary, the cover letter, signed by all the authors of the article, must provide a full description on how national and international ethical standards were applied, as well as inform whether there is any Competing interests or not.

**Peer review:** The editors of the journal first assess the scientific merits of each article and then sent them to be evaluated by peer reviewers. The journal accepts comments and opinions disagreeing with the contents the journal has published. It also accepts authors' retractions, provided such retraction are valid and justified, and will timely correct typographical or other errors that may have taken place during the publishing process of any article.

**Sections:** Editorial, Articles, Essays, Education, Politics, Special Section, Book Reviews and Letters to the Editor

**Specifications:** The paper, including references and tables, must be submitted in a Microsoft Word compatible document with the following specifications: pages: letter-size sheets, 3 cm margins (superior, inferior, left and right margins), pages must be consecutively numbered; font: Arial 11 pt., black and double spaced.

**Tables:** All tables must be included in the paper and they must be numbered according to the order in which they appear. Tables must be included on a separate sheet and they must be labeled with the same number they were given in the text. Please, use only horizontal lines when making tables.

**Figures:** All figures must be included in the paper and they must be numbered according to the order in which they appear. The resolution and quality of photographs (black and white only), drawings and computer generated figures submitted must be high.

**Submission of articles:** articles shall only be submitted through the OJS website of the journal (see: <https://goo.gl/UrcSkp>), where the original document, in a Microsoft Word compatible file, must be sent. Articles shall have the following structure: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgments, References, Tables and Legends of Tables, and Figures and Legends of Figures. The structure of articles such as short communications and opinion and debating articles may be substantially different with the general structure mentioned above.

**References:** in text references must be adjusted to the Vancouver Referencing Style, i.e., they must be numbered consecutively (in Arabic numerals) according to the order in which they are mentioned in the text. The list of references shall be included on a separate sheet at the end of the article.

*Citation example of an article published in a journal:* Soberón GA, Naro J. Equity and health care in Latin America. Principles and dilemmas. Bol Of Sanit Panam. 1985;99(1):1-9.

*Citation example of a book:* Monson RR. Occupational epidemiology. 2nd Edition. Boca Raton, FL: CRC Press; 1990.

Please, see the Instructions to Authors for the Submission of Articles at <https://goo.gl/xdMdkp>

<b>SUSCRIPCION</b>
<i>Revista de Salud Pública</i>
<i>Journal of Public Health</i>

Región	1 año / 1 year	2 años / 2 years
Colombia	\$ 40.000	\$ 70.000
America Latina y el Caribe Latin America and Caribbean	US\$ 30	US\$ 55
EUA y Canadá / U.S. and Canada	US\$ 50	US\$ 90
Otras Regiones	US\$ 65	US\$ 120

Nombre y apellidos/  
Name : \_\_\_\_\_

Institución/Organization: \_\_\_\_\_

Dirección/ Address: \_\_\_\_\_

Ciudad/City: \_\_\_\_\_

Departamento, Estado o Provincia/State: \_\_\_\_\_

Codigo Postal/Zip code: \_\_\_\_\_

País/Country: \_\_\_\_\_ Apartado Aéreo-P.O. Box: \_\_\_\_\_

Tel: \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Diligenciar el formato de suscripción y enviarlo por correo o fax junto con la copia del recibo de consignación a: Instituto de Salud Pública, Facultad de Medicina, Oficina 318, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. TEL. 3165000 Ext. 15036. Fax 3165405. Consignación nacional en el Banco Popular, a nombre del Fondo Especial Facultad de Medicina. U. Nacional. Renta ahorro Cta. No. 012720058, Ciudad Universitaria.

E-mail: [caagudoloc@unal.edu.co](mailto:caagudoloc@unal.edu.co)  
<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/index>  
<http://www.scielo.org.co> - <http://www.scielosp.org>