



De los datos a la acción: Lecciones de la COVID-19 (2020-2023) para una gobernanza sanitaria equitativa

Zulma M. Cucunubá, Jennifer Murillo, Ana M. Gil, Daniel Bonilla, Diego Veloza, Guido España

MENSAJES CLAVE

- ✓ La pandemia por COVID-19 en Colombia evidenció que responder bien no es solo una cuestión de velocidad, sino de comprensión. Los datos, cuando se integran y analizan de forma coherente, permiten ver patrones ocultos, anticipar crisis y tomar decisiones más justas.
- ✓ Este análisis multidimensional demuestra que el país cuenta con capacidades técnicas e institucionales valiosas, pero que las brechas estructurales y territoriales aún limitan su impacto. La ciencia de datos debe ser entendida no solo como una herramienta analítica, sino como una forma de gobernanza sanitaria orientada a la equidad.
- ✓ La pandemia por COVID-19 en Colombia presentó dinámicas epidémicas complejas, con cuatro olas diferenciadas en magnitud, duración, transmisibilidad, carga asistencial y severidad clínica. La tercera ola, impulsada por la variante Mu, fue la más letal y tensionó al máximo la capacidad hospitalaria del país.
- ✓ La integración de datos epidemiológicos, clínicos, genómicos, hospitalarios, de movilidad y vacunación permitió una reconstrucción retrospectiva detallada de la evolución de la pandemia a nivel nacional y regional. Este enfoque interconectado evidenció marcadas diferencias territoriales en la dinámica y el impacto de la emergencia sanitaria.
- ✓ Durante las fases iniciales, el virus presentó una transmisibilidad muy alta ($R_t > 3$) que, de no haberse intervenido, habría colapsado el sistema de salud. Las medidas de supresión iniciales lograron reducir el R_t a menos de 1, ganando tiempo para ampliar capacidades hospitalarias y organizar la respuesta. En la fase de mitigación, las tres primeras olas se enfrentaron con R_t máximos entre 1.1 y 1.5. La cuarta ola, marcada por la llegada de la variante Ómicron, mostró nuevamente una alta transmisibilidad ($R_t > 3$) y menor capacidad de control, pero afortunadamente menor letalidad.
- ✓ El programa de vacunación avanzó con rapidez, alcanzando el 70% de cobertura con primera dosis 10 meses después (en diciembre de 2021) y más del 90% al cierre de la emergencia. Sin embargo, persistieron profundas desigualdades territoriales. Departamentos como La Guajira, Chocó y Vichada —con población más joven y rezagos históricos en infraestructura— registraron coberturas considerablemente más bajas (30–50%) en comparación con regiones como Bogotá o Antioquia (100%) o departamentos priorizados como Amazonas (94%).
- ✓ Las brechas regionales se manifestaron también en la letalidad hospitalaria. La región Amazonía presentó la mayor letalidad hospitalaria en la primera ola, mientras que la Orinoquía presentó sistemáticamente mayores tasas de letalidad hospitalaria en las olas dos y tres. La región Andina, con la mejor infraestructura, presentó la menor letalidad hospitalaria en toda la pandemia.



“ Con un R_t inicial superior a 3 y apenas 5.000 camas UCI disponibles, el sistema habría colapsado de no haberse aplicado medidas de supresión tempranas ”

SOBRE EL ESTUDIO ★

Entre marzo de 2020 y junio de 2023, Colombia enfrentó cuatro olas de COVID-19 con características y retos distintos, acumulando más de 6 millones de casos y 143 mil muertes, especialmente en mayores de 60 años. La primera ola exigió medidas drásticas de contención; la segunda ocurrió en medio de la reapertura; la tercera fue la más letal, con alta mortalidad en adultos no vacunados y colapso hospitalario; y la cuarta, impulsada por la variante Ómicron, tuvo alta transmisión pero menor letalidad gracias a la vacunación y la inmunidad híbrida. Regionalmente, hubo importantes desigualdades en letalidad hospitalaria, expansión y ocupación de UCI, y cobertura de vacunación, afectando sobre todo a regiones periféricas como la Orinoquía y Chocó. Estas brechas reflejan desafíos estructurales y logísticos persistentes. Ante futuras emergencias sanitarias, se recomienda consolidar una plataforma nacional de datos en salud, establecer sistemas de alerta temprana, protocolos proactivos de recolección de datos, fortalecer la analítica territorial y alinear la respuesta con marcos internacionales como One Health.

Problema

El desafío: entender para responder mejor

La pandemia por COVID-19 representó un reto sin precedentes que exigió una respuesta rápida del sistema de salud colombiano, que enfrentó dificultades para integrar datos clave de vigilancia, atención clínica y capacidad hospitalaria en tiempo real. A través de una reconstrucción cuantitativa apoyada en fuentes individualizadas e interconectadas de SIVIGILA, SEGCOVID, PAIWEB, estadísticas vitales (nacimientos y muertes). Adicionalmente se usaron fuentes de secuenciación genómica (GISAID), movilidad (Google mobility) y proyecciones poblacionales (DANE). Este análisis brinda una perspectiva amplia de las tendencias del COVID-19 en Colombia y sus diferencias territoriales y busca, más allá de documentar el curso de la epidemia, aportar a la reflexión y preparación institucional frente a emergencias sanitarias futuras.

Resultados

1. A nivel nacional: cuatro olas, cuatro historias distintas

El primer caso confirmado de COVID-19 en Colombia se reportó el 6 de marzo de 2020, en una persona que había viajado al exterior. Desde entonces, y hasta el fin oficial de la emergencia sanitaria en junio de 2023, el país registró más de 6 millones de casos confirmados y cerca de 143 mil muertes por esta enfermedad (Figura 1). El mayor aporte a las muertes se dio en las edades mayores de 60 años (Figura 2), pero hubo diferencias entre olas.

A lo largo de esos años de emergencia sanitaria, Colombia enfrentó cuatro grandes olas de contagio, cada una con comportamientos distintos y desafíos diferentes para el sistema de salud, las cuales se detallan a continuación:

Primera ola (febrero–septiembre 2020): Ingreso del virus al país con un número de reproducción (R_t) >3 en la mayoría del territorio durante las primeras semanas. Se implementaron medidas de supresión drásticas (aislamiento obligatorio, cierre escolar y restricciones de movilidad) que llevaron a una reducción del R_t por debajo de 1 en varias regiones, logrando un control temporal de la transmisión y un tiempo clave para la preparación del sistema. Con el comienzo de las aperturas progresivas, la estrategia se movió hacia un escenario de mitigación R cercano a 1 y hacia julio y agosto de 2020 se observó el primer gran pico nacional

de casos y muertes, con un registro máximo de aprox. 13000 casos y 360 muertes en un solo día. Doce departamentos superaron el 95% de ocupación de UCI en la primera ola y 10 llegaron al 100%.

Segunda ola (diciembre 2020–enero 2021): Se desarrolló en un contexto de reactivación social y económica, con un aumento sostenido de la movilidad y menor adherencia a las medidas preventivas pero aún bajo una estrategia de mitigación. El R_t máximo se mantuvo alrededor de 1.3, y se acompañó de una mortalidad moderada alcanzando un número máximo de aprox. 21000 y 420 muertes en un solo día. Dos departamentos superaron el $>95\%$ de ocupación de UCI en esta ola y sólo uno alcanzó el 100%.

Tercera ola (abril–agosto 2021): Fue la de mayor mortalidad de toda la pandemia en el contexto de esquema de mitigación con un R_t máximo alrededor de 1.5 en promedio a nivel nacional. Coincidió con la circulación dominante de la variante Mu y un periodo de protestas sociales a nivel nacional. Durante esta ola se registraron hasta 31000 casos, 660 muertes en un solo día en el pico del brote. Igualmente durante esta ola se alcanzó el máximo de capacidad de UCI en la historia del país con 13,000 camas UCI. Dieciséis departamentos superaron la ocupación de UCI del 95% y cinco llegaron al 100%. La letalidad hospitalaria de esta ola fue la más alta de toda la pandemia, principalmente en edades más jóvenes en comparación con las otras olas (Figura 3). Aunque la vacunación ya había comenzado, al inicio de esta ola (abril de 2021) la cobertura era inferior al 4% con la primera dosis. Para cuando se alcanzó el pico de casos (15 junio de 2021), se había logrado inmunizar con primeras dosis al 100% de los mayores de 80 años, al 89% de entre 70 y 79 años, al 72% de entre 60 y 69 años, al 38% de quienes tenían entre de 50-59 años y al 9% del grupo de 40 a 49 años. Se observó entonces un mayor control de la mortalidad en adultos mayores, mientras que la mayor mortalidad de toda la pandemia en adultos de edades media (entre 40 y 69 años) quienes en su mayoría aún no estaban vacunados se presentó durante ese período (Figura 2).

Cuarta ola (diciembre 2021–febrero 2022): Impulsada por la introducción de la variante Ómicron, con una alta transmisión (R_t máximo alrededor de 3, con el mayor número de casos de toda la pandemia -41,000 en un día), pero con menor mortalidad que las olas anteriores (con un máximo de 280 muertes en el pico). Esta menor letalidad se ha atribuido tanto al avance de cobertura vacunal para el momento antes de la ola (60% primera dosis y 46% esquema completo), a las características propias de la variante Omicron y al aporte de la inmunidad híbrida (por infección y por vacunación). En la cuarta ola sólo un departamento llegó al 95% y ninguno al 100%.

Figura 1: resumen gráfico de las cuatro olas

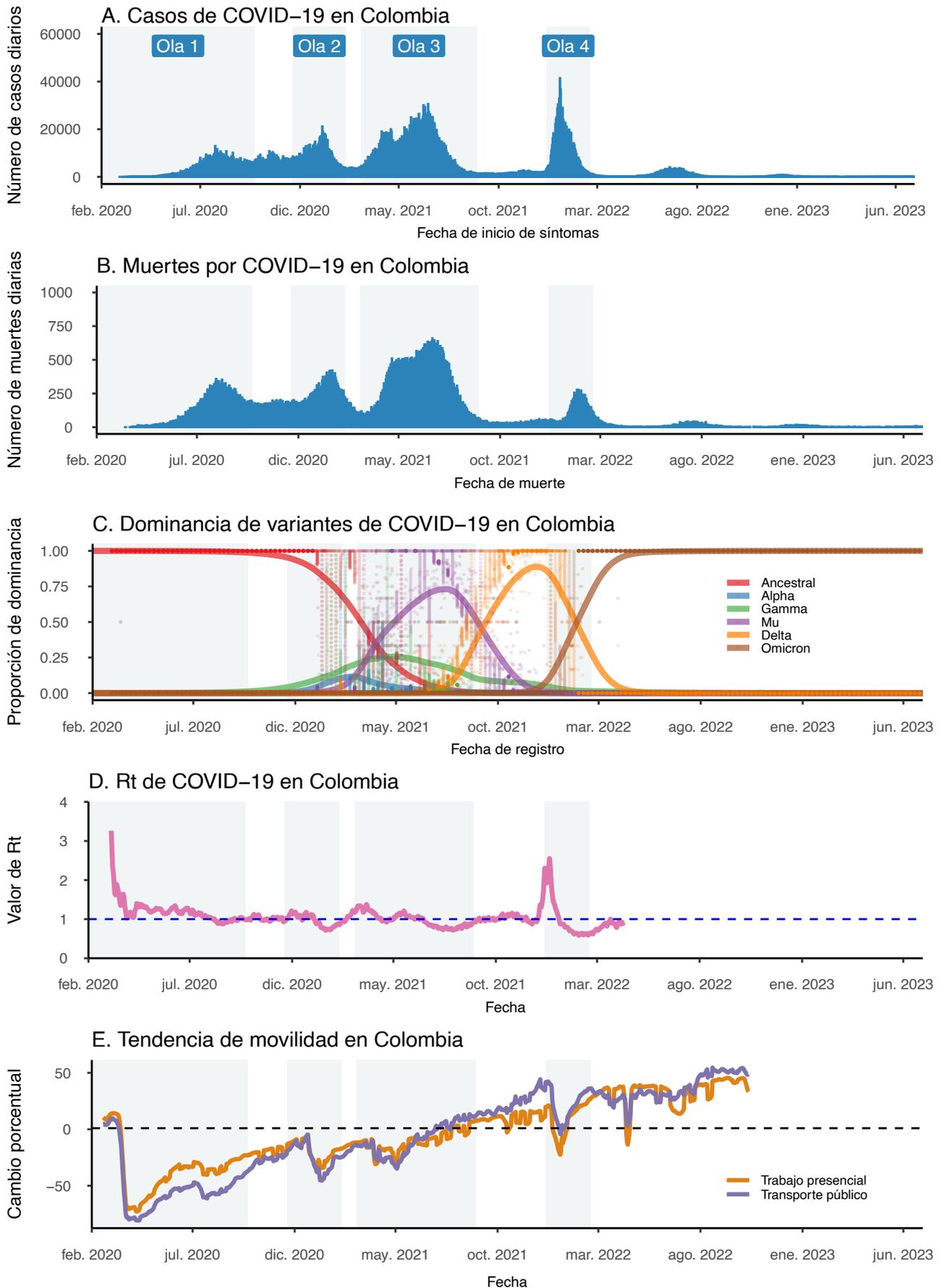


Figura 2: Distribución por grupo de edad de los fallecimientos semanales por Covid-19

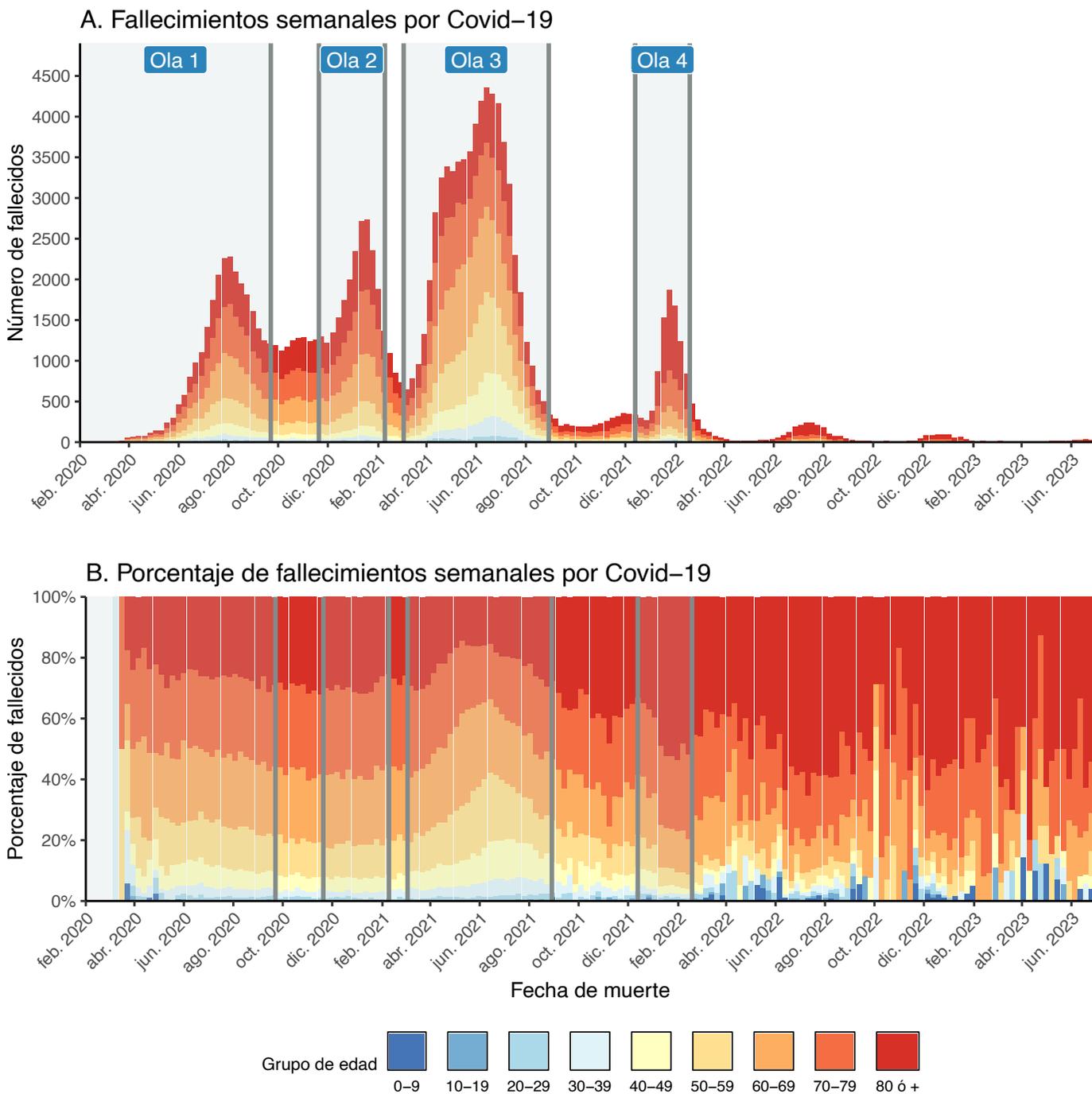
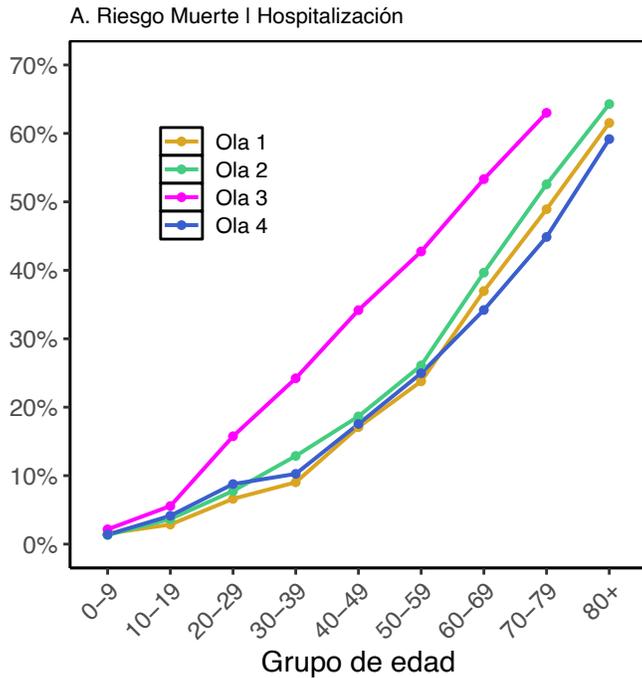


Figura 3: Riesgo muerte en hospitalizados por Covid-19 en Colombia

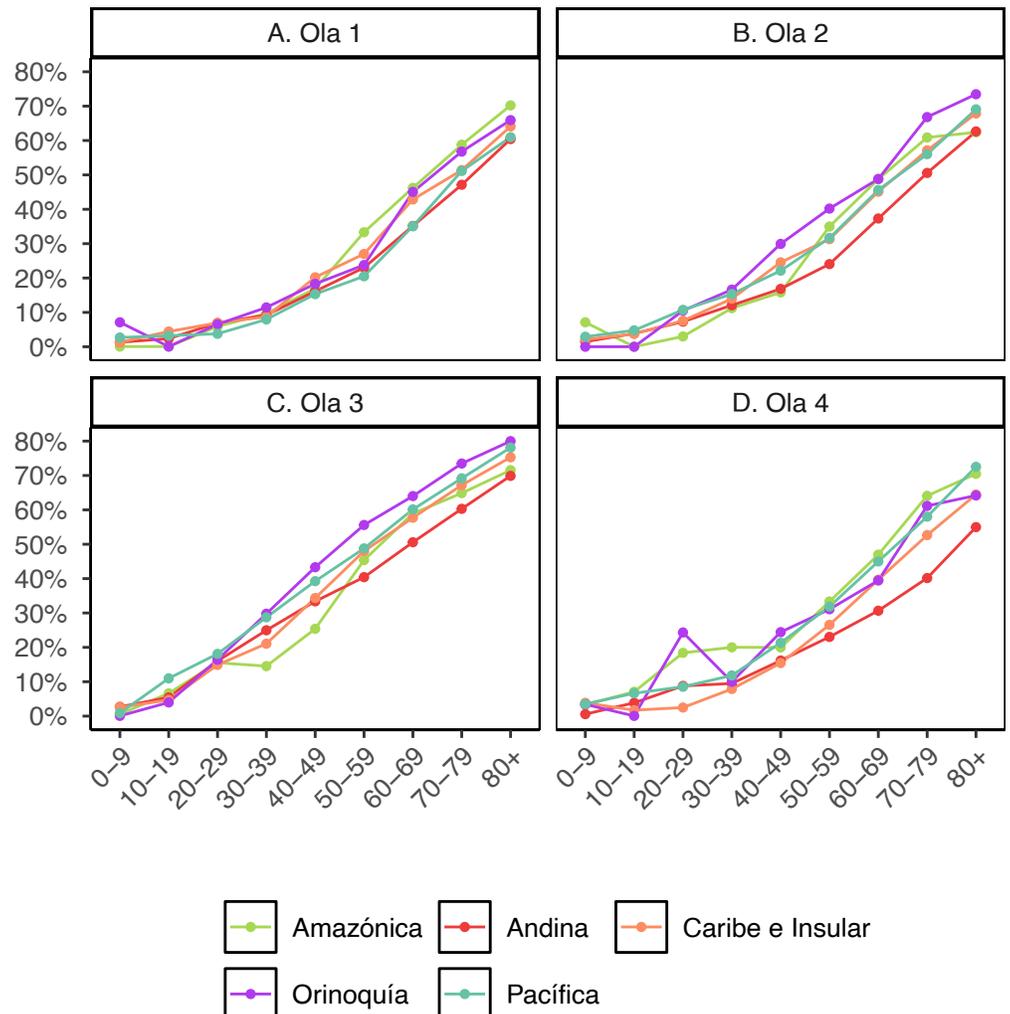


2. A nivel regional: una mirada a las diferencias y brechas

Diferencias regionales en letalidad hospitalaria

La mayor letalidad hospitalaria ocurrió en la tercera ola en todas las regiones (Figura 3). Sin embargo, esta fue siempre consistentemente menor en la región Andina durante todas las olas de la pandemia. En contraste, la región Amazónica presentó la mayor letalidad hospitalaria durante la primera ola (línea verde, panel A, Figura 4), mientras que la región Orinoquía (línea morada, Figura 4) registró las cifras más altas de letalidad hospitalaria en la segunda, y tercera olas. De manera llamativa, la letalidad hospitalaria en la Orinoquía fue entre un 1% y un 70% superior a la de la región Andina en todas las olas. Las diferencias entre regiones se acentuaron progresivamente a partir de la segunda ola, especialmente en los grupos de adultos mayores (ver Figura 4).

Figura 4: Riesgo de muerte en hospitalizados por ola epidémica y región

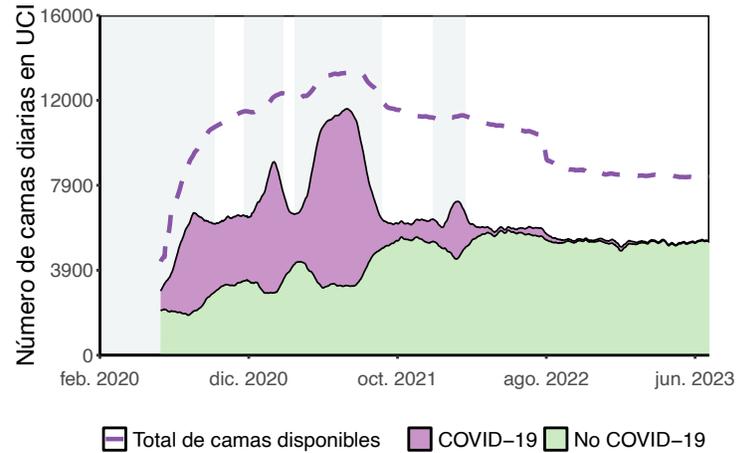


Diferencias regionales en expansión de capacidad y ocupación de UCI

Expansión de capacidad: Colombia pasó de contar con aproximadamente 5.000 camas UCI antes de la pandemia a más de 13.000 a mediados de 2021. Las mayores expansiones en número absoluto se registraron en Bogotá, Antioquia y Atlántico (Figura X). Pero departamentos como el Amazonas no registraron capacidad de UCI en ninguna etapa de la pandemia.

Ocupación de camas UCI: Aunque a nivel nacional no se alcanzó una saturación total del sistema (Figura 5), a nivel subnacional sí se reportaron momentos críticos. En la tercera ola —la más letal de la pandemia— 16 departamentos superaron el 95% de ocupación y por la mayor cantidad de días.

Figura 5: Ocupación, disponibilidad y expansión de camas de Unidad de Cuidado Intensivo adulto (UCI) en Colombia.



Diferencias regionales en coberturas de vacunación

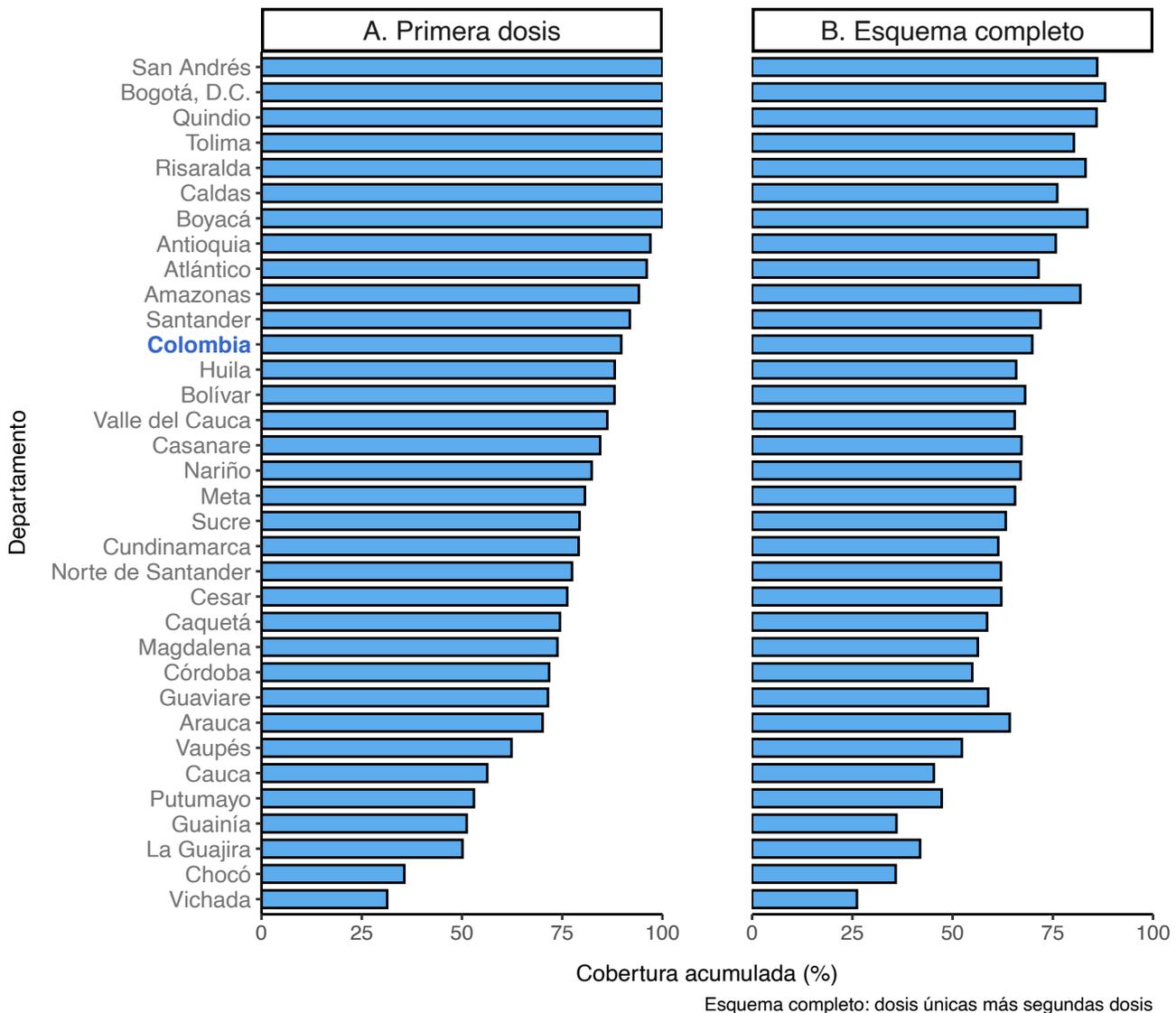
A nivel nacional, el programa de vacunación contra la COVID-19 inició el 17 de febrero de 2021, alcanzando una cobertura del 70% con al menos una dosis en los primeros diez meses (diciembre de 2021) y superando el 90% hacia mediados de 2022. No obstante, a nivel departamental persistieron brechas significativas tanto en cobertura de primeras dosis como de esquemas completos (ver Figura 6).

Departamentos como La Guajira, Chocó y Vichada registraron las coberturas más bajas con primeras dosis (50%, 35% y 31%, respectivamente), valores muy por debajo del promedio nacional (90%) y de lo observado en departamentos como San Andrés (100%), Bogotá (100%), Quindío (100%) e incluso Amazonas (94%). Estas diferencias pueden explicarse, en parte, por la estructura demográfica: territorios con mayor

proporción de población joven tendieron a presentar coberturas más bajas, dado que el plan de vacunación prioriza a los grupos de mayor edad. Sin embargo, también reflejan decisiones de priorización diferenciada desde el nivel central. Por ejemplo, el departamento de Amazonas fue priorizado tempranamente en vacunación debido al potencial impacto de la variante Gamma y la alta letalidad observada durante la primera ola.

Más allá de estos casos específicos, las brechas en cobertura evidencian desigualdades estructurales persistentes. Los departamentos históricamente afectados por fallas en infraestructura y servicios básicos, como los de la periferia en todas las regiones enfrentaron mayores barreras logísticas, de conectividad y acceso territorial, que posiblemente llevaron a obtener menores coberturas.

Figura 6: Cobertura acumulada alcanzada para 1a y 2a de vacuna COVID-19 departamentos en Colombia hasta 31 de diciembre de 2023.



Recomendaciones

- 1. Crear y consolidar una Plataforma Nacional de Datos en Salud en tiempo real** —interoperable, segura y de cobertura nacional— que integre vigilancia epidemiológica, datos clínicos, secuenciación genómica, vacunación, movilidad y ocupación hospitalaria, garantizando decisiones basadas en evidencia durante emergencias sanitarias.
Detalle: Capitalizar la infraestructura instalada en la pandemia para unificar fuentes en tiempo real, robustecer la capacidad analítica y computacional y delimitar claramente las funciones de los niveles nacional y territorial.
- 2. Implementar un Sistema Territorial de Alerta Temprana para Epidemias** sustentado en indicadores críticos (Rt, ocupación UCI, letalidad hospitalaria y coberturas vacunales), con umbrales graduales que disparen acciones diferenciadas—refuerzo de personal, traslado de pacientes y medidas de contención focalizadas.
Detalle: Definir umbrales por tipologías territoriales y entrenar a los equipos locales mediante simulacros periódicos, asegurando la operatividad de los sistemas analíticos y una respuesta ágil.
- 3. Establecer protocolos proactivos para recolectar datos clave que no figuran en la vigilancia rutinaria**—movilidad, adherencia y aceptación de medidas, patrones de contacto social, intención de vacunarse—de modo que estén listos para activarse al inicio de cualquier emergencia.
Detalle: Desarrollar instrumentos estandarizados, validar su levantamiento en pruebas piloto y asignar responsables institucionales para su activación inmediata.
- 4. Reforzar la analítica territorial para visibilizar desigualdades en tiempo real** mediante paneles desagregados y equipos locales de ciencia de datos capaces de detectar brechas, priorizar recursos y activar intervenciones donde la transmisión o la mortalidad crezcan más rápido.
Detalle: Formar y contratar analistas en cada departamento, dotándolos de herramientas estandarizadas y paneles que guíen la asignación equitativa de recursos.
- 5. Alinear la respuesta sanitaria con los marcos internacionales de preparación pandémica**—One Health y Acuerdo Pandémico de la OMS—para armonizar estándares y potenciar la cooperación global.
Detalle: Incorporar la analítica de datos como eje transversal de dichos marcos, garantizando interoperabilidad y coordinación entre los niveles nacional, territorial e internacional.



Autores del informe



Zulma
Cucunubá

Médica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC); magister en Salud Pública de la Universidad Nacional de Colombia; PhD en Epidemiología de enfermedades infecciosas del Imperial College London donde también realizó su posdoctorado en modelamiento de infecciones globales y vacunas. Ha sido profesora del Departamento de Epidemiología Clínica y Bioestadística y profesora Honoraria en el Centro MRC para el Análisis de Enfermedades Infecciosas Globales en el Imperial College London. Su investigación se centra en aplicar modelos estadísticos y matemáticos para estudiar la propagación de enfermedades infecciosas y evaluar la efectividad de intervenciones, con un interés particular en América Latina. Actualmente es la Directora del Instituto de Salud Pública de la Pontificia Universidad Javeriana.



Jennifer
Murillo Alvarado

Estadística y magíster en epidemiología de la Universidad del Valle. Desde el Instituto de Salud Pública de la Pontificia Universidad Javeriana, aplica su experiencia en la investigación de enfermedades infecciosas, el análisis de resultados en salud, el desarrollo de modelos matemáticos adaptados a Colombia en su comprensión de la dinámica entre el cambio climático y el dengue, para la generación de evidencia y su contribución en el análisis para la generación de evidencia sobre COVID-19 su Respuesta y Lecciones Aprendidas para la Post-Pandemia y Futuras Epidemias.



Ana M
Gil Quijano

Fonoaudióloga de la Universidad Nacional de Colombia, con título de maestría en Salud y Seguridad en el Trabajo de la misma institución y estudios completos de maestría en Epidemiología de la Universidad de los Andes. Cuenta con amplia experiencia en investigación en salud, con énfasis en síntesis de evidencia y procesos participativos, vigilancia epidemiológica, análisis de datos y redacción científica. Ha sido miembro de diversos grupos desarrolladores de Guías de Práctica Clínica, Protocolos y Libros situacionales de salud de referencia para el país. En el marco del proyecto AGORA, se desempeñó como Coordinadora de Síntesis de Evidencia, liderando el diseño, ejecución y asesoría de procesos de síntesis. También apoyo la búsqueda y definición de parámetros para el modelo de agentes, y el análisis y redacción de diferentes resultados de investigación.



Daniel
Bonilla

Ingeniero mecatrónico de la Universidad Nacional de Colombia; magíster en ingeniería electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Su trayectoria académica se complementa con una amplia experiencia docente en el Departamento de Electrónica de la PUJ. Su campo de acción abarca el diseño y control de sistemas robóticos, el procesamiento avanzado de imágenes y señales biomédicas, y el desarrollo de algoritmos de optimización y aprendizaje de máquina para aplicaciones en salud y neurociencias. Actualmente, combina su labor docente, investigativa y de liderazgo en proyectos académicos e interdisciplinarios que aplican la ciencia de datos en medicina.



Diego
Veloza Díaz

Doctorando en Física en la Johannes Gutenberg University Mainz, donde desarrolla modelos teóricos y simulaciones avanzadas para comprender el transporte de carga en interfaces electroquímicas. Paralelamente, colabora en el Max Planck Institute for Polymer Research, enfocándose en la física estadística de materia blanda. Además, cuenta con experiencia en el campo de la epidemiología computacional, implementando y validando escenarios con el modelo FRED (Framework for Reconstructing Epidemiological Dynamics), lo que le ha permitido diseñar estrategias de mitigación basadas en datos sintéticos y parametrizaciones realistas de poblaciones.



Guido
Camargo España

PhD en ingeniería eléctrica y un MsC en ingeniería - automatización industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Lidera el grupo de "Community Mitigation and Economics Impact" en el Centro para Predicción y análisis de brotes (CFA) en el CDC de EEUU y ha trabajado como profesor de investigación en la Universidad de Notre Dame. Su investigación se enfoca en el uso de modelos matemáticos y computacionales para apoyar la toma de decisiones en salud pública, incluyendo la evaluación del impacto de vacunas y de control vectorial en enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue, chikunguña, y Zika. También ha trabajado en evaluar el impacto en la dinámica de COVID-19 del uso de intervenciones farmacéuticas y no farmacéuticas. Las opiniones expresadas en este trabajo son propias del autor y no reflejan la opinión del CDC.

Proyecto ÁGORA

ÁGORA: "Alianza para la Generación de evidencia sobre Covid-19, su respuesta y lecciones Aprendidas para la postpandemia y futuras epidemias", financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia. El proyecto fue ejecutado por la Pontificia Universidad Javeriana en colaboración con la Universidad de los Andes, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad del Rosario, el Instituto de Evaluaciones Tecnológicas en Salud y la Cuenta de Alto Costo.

FINANCIACIÓN



EJECUCIÓN



COLABORACIÓN

