

## Reporte 12: El impacto global de COVID-19 y estrategias para la mitigación y supresión

Patrick GT Walker\*, Charles Whittaker\*, Oliver Watson, Marc Baguelin, Kylie E C Ainslie, Sangeeta Bhatia, Samir Bhatt, Adhiratha Boonyasiri, Olivia Boyd, Lorenzo Cattarino, Zulma Cucunubá, Gina Cuomo-Dannenburg, Amy Dighe, Christl A Donnelly, Ilaria Dorigatti, Sabine van Elsland, Rich FitzJohn, Seth Flaxman, Han Fu, Katy Gaythorpe, Lily Geidelberg, Nicholas Grassly, Will Green, Arran Hamlet, Katharina Hauck, David Haw, Sarah Hayes, Wes Hinsley, Natsuko Imai, David Jorgensen, Edward Knock, Daniel Laydon, Swapnil Mishra, Gemma Nedjati-Gilani, Lucy C Okell, Steven Riley, Hayley Thompson, Juliette Unwin, Robert Verity, Michaela Vollmer, Caroline Walters, Hao Wei Wang, Yuanrong Wang, Peter Winskill, Xiaoyue Xi, Neil M Ferguson<sup>1</sup>, Azra C Ghani<sup>1</sup>

En nombre del Imperial College COVID-19 Response Team

WHO Collaborating Centre for Infectious Disease Modelling  
MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis  
Abdul Latif Jameel Institute for Disease and Emergency Analytics  
Imperial College London

\* Los dos autores contribuyeron igualmente

Correspondencia: [a.ghani@imperial.ac.uk](mailto:a.ghani@imperial.ac.uk), [neil.ferguson@imperial.ac.uk](mailto:neil.ferguson@imperial.ac.uk)

### Resumen

El mundo enfrenta una emergencia de salud pública grave debido a la actual pandemia mundial de COVID-19. La forma en que los países respondan en las próximas semanas será fundamental para influir en la trayectoria de las epidemias nacionales. Aquí combinamos datos sobre patrones de contacto específicos de la edad y la gravedad de COVID-19 para proyectar el impacto de la pandemia en la salud en 202 países. Comparamos los impactos pronosticados de mortalidad en ausencia de intervenciones o distanciamiento social espontáneo con lo que podría lograrse con políticas destinadas a mitigar o suprimir la transmisión. Nuestras estimaciones de la mortalidad y la demanda de atención médica se basan en datos de China y países de altos ingresos; las diferencias en las condiciones de salud subyacentes y la capacidad de cada sistema de salud probablemente darán lugar a patrones diferentes en entornos de bajos ingresos.

Estimamos que en ausencia de intervenciones, COVID-19 habría resultado en 7.000 millones de infecciones y 40 millones de muertes a nivel mundial este año. Las estrategias de mitigación que se centran en proteger a los ancianos (reducción del 60% en los contactos sociales) y ralentizar, pero no interrumpir la transmisión (reducción del 40% en los contactos sociales para una población más amplia) podrían reducir esta carga a la mitad, salvando 20 millones de vidas, pero predecimos que incluso en este escenario, los sistemas de salud en todos los países se verán rápidamente abrumados. Es probable que este efecto sea más severo en entornos de bajos ingresos donde la capacidad es más baja: nuestros escenarios de mitigación conducen a una demanda máxima de camas de cuidados críticos en un entorno típico de bajos ingresos que supera la oferta en un factor de 25, en contraste con un alto nivel típico, donde este factor es 7. Como resultado, anticipamos que la verdadera carga en entornos de bajos ingresos que persiguen

estrategias de mitigación podría ser sustancialmente mayor que la reflejada en estas estimaciones.

Por lo tanto, nuestro análisis sugiere que la demanda de atención médica solo puede mantenerse dentro de niveles manejables mediante la rápida adopción de medidas de salud pública (incluidas las pruebas y el aislamiento de casos y medidas más amplias de distanciamiento social) para suprimir la transmisión, similar a las que se están adoptando en muchos países en este momento. Si una estrategia de supresión se implementa temprano (con 0.2 muertes por 100,000 habitantes por semana) y sostenida, entonces se podrían salvar 38.7 millones de vidas, mientras que si se inicia cuando el número de muertes es mayor (1.6 muertes por 100,000 habitantes por semana), entonces 30.7 millones de vidas se podrían salvar. Los retrasos en la implementación de estrategias para suprimir la transmisión conducirán a peores resultados y menos vidas salvadas.

No consideramos los costos sociales y económicos más amplios de la supresión, que serán altos y pueden ser desproporcionadamente altos en entornos de bajos ingresos. Además, las estrategias de supresión deberán mantenerse de alguna manera hasta que las vacunas o los tratamientos efectivos estén disponibles para evitar el riesgo de epidemias posteriores. Nuestro análisis destaca las decisiones desafiantes que enfrentarán todos los gobiernos en las próximas semanas y meses, pero demuestra hasta qué punto la acción rápida, decisiva y colectiva ahora podría salvar millones de vidas.

#### CITACIÓN SUGERIDA

Patrick GT Walker, Charles Whittaker, Oliver Watson *et al.* The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression – Spanish translation. Imperial College London (26-03-2020), doi: <https://doi.org/10.25561/77735>.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

## 1. Introducción

La pandemia de COVID-19 es ahora una gran amenaza para la salud mundial, con 332.930 casos y 14.510 muertes confirmadas en todo el mundo hasta el 23 de marzo de 2020<sup>1</sup>. Desde la identificación inicial del virus en China, la propagación mundial ha sido rápida, con 182 de 202 países que han reportado al menos un caso. La experiencia en los países hasta la fecha ha enfatizado la intensa presión que una epidemia de COVID-19 ejerce sobre los sistemas nacionales de salud, con la demanda de camas de cuidados intensivos y ventiladores mecánicos que superan rápidamente su disponibilidad, incluso en entornos con recursos relativamente altos<sup>2</sup>. Esto tiene consecuencias potencialmente profundas para entornos de escasos recursos, donde la calidad y disponibilidad de la atención médica y los recursos relacionados (como el oxígeno) suelen ser más escasos<sup>3</sup>.

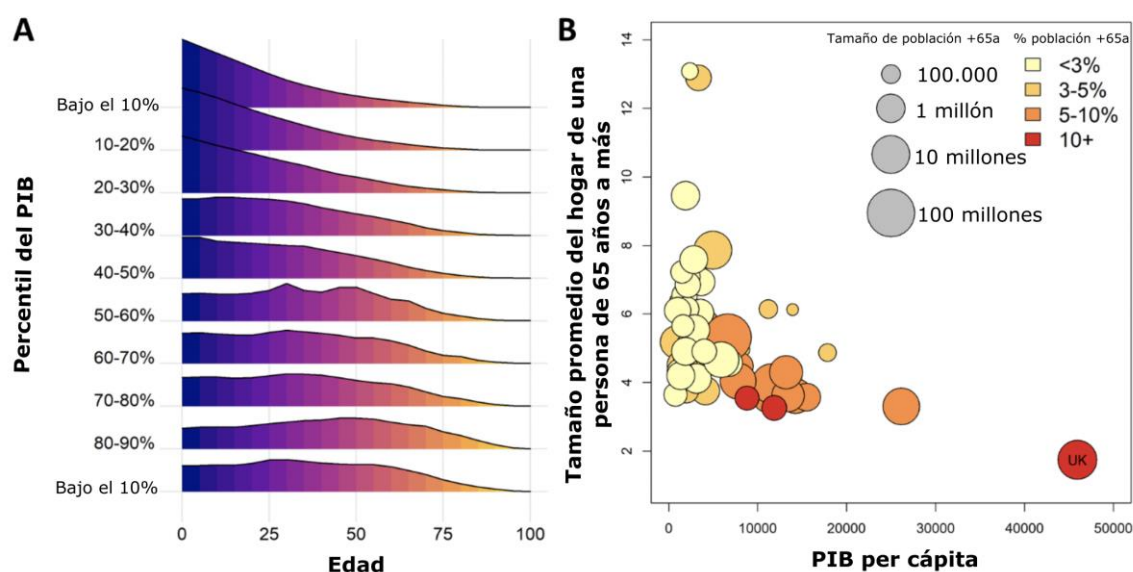
Sigue habiendo grandes incertidumbres en los determinantes subyacentes de la gravedad de la infección por COVID-19 y cómo estos se traducen a través de los entornos. Sin embargo, los factores de riesgo claros incluyen la edad, ya que las personas mayores tienen más probabilidades de requerir hospitalización y de morir posteriormente como resultado de una infección<sup>4</sup>, y las comorbilidades subyacentes que incluyen hipertensión, diabetes y enfermedad coronaria que contribuyen a exacerbar los síntomas<sup>5</sup>. Es probable que tanto el perfil de edad como la distribución de comorbilidades relevantes varíen sustancialmente según el país, la región y el estado económico, al igual que los patrones de contacto específicos de la edad y la mezcla social. La variación de estos factores entre países tendrá consecuencias materiales para la transmisión y la carga asociada de la enfermedad al modificar el grado en que la infección se propaga a los miembros de mayor edad y más vulnerables de la sociedad.

Para ayudar a informar las estrategias de los países en las próximas semanas, proporcionamos aquí estadísticas resumidas del impacto potencial de las estrategias de mitigación y supresión en todos los países del mundo. Estos ilustran la necesidad de actuar temprano, y el impacto que podría tener el no actuar temprano sobre los sistemas de salud locales. Es importante tener en cuenta que estas no son predicciones de lo que es probable que suceda; esto estará determinado por la acción que los gobiernos y los países tomen en las próximas semanas y los cambios de comportamiento que ocurran como resultado de esas acciones.

## 2. Demografía y Estatus de Ingreso

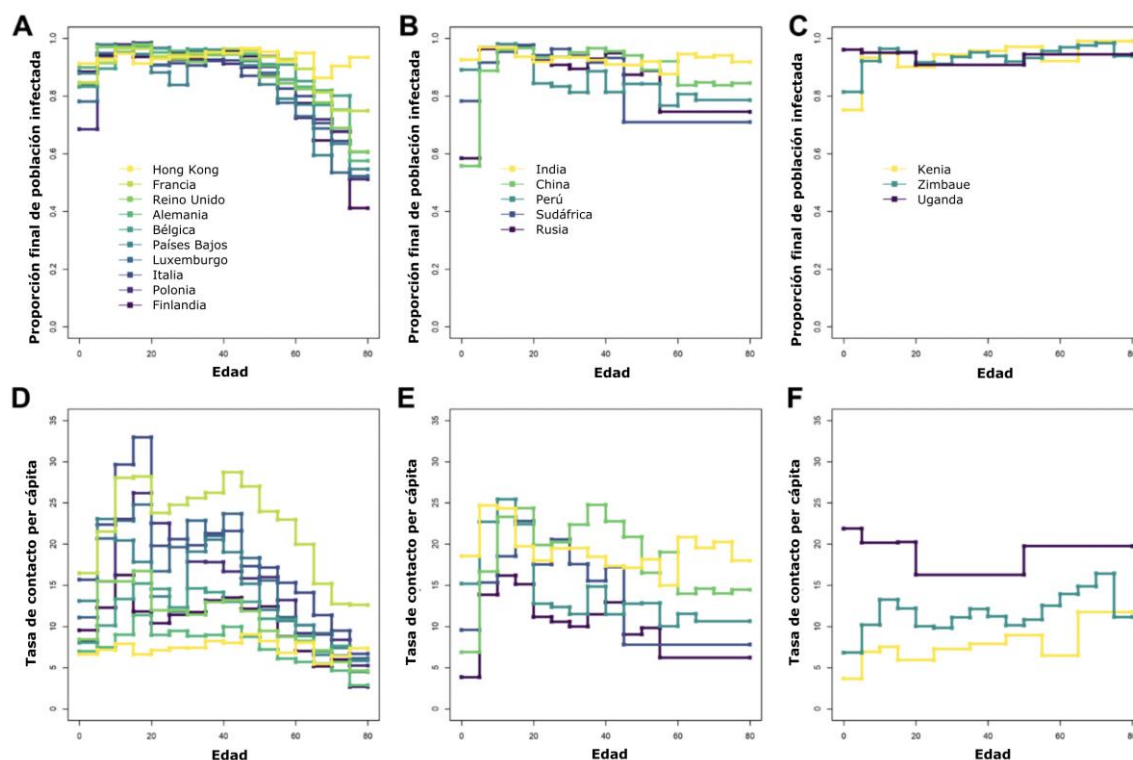
La Figura 1 resume dos de los factores demográficos y sociales que pueden determinar la carga del COVID-19 en distintos países. En primer lugar, existe una clara correlación entre el Producto Interno Bruto (PIB, una medida de la fortaleza de la economía) de un país y su demografía (Figura 1A). Los países de mayores ingresos con frecuencia tienen una población más vieja, mientras que, en países de bajos ingresos la proporción de la población que está por encima de los 65 años es mucho menor, y por ende, dentro del intervalo de edades que se ha observado poseen un alto riesgo de mortalidad por COVID-19<sup>4</sup>. Sin embargo, se ha observado que dicha población posee también comorbilidades subyacentes muy diferentes, incluyendo una alta carga de enfermedades infecciosas en países de ingresos bajos (PIB) y medio bajos (PIMB), así como, enfermedades crónicas e infecciosas en países de ingresos medios (PIM). Además, la carga de muchas enfermedades infecciosas recae en niños y jóvenes, quienes podrían por lo tanto estar sujetos a un mayor riesgo del observado en China o Europa. El perfil de riesgo por COVID-19 podría

entonces ser distinto en países o entornos de bajos ingresos, comparado con el observado hasta la fecha en China, Europa y América del Norte



**Figura 1: Patrones demográficos, sociales y mixtos relevantes para la transmisión y carga del COVID-19 en distintos países. A. Patrones demográficos agregados dentro de las proyecciones de Perspectivas de Población Mundial (PPM) para 2020, en todos los países dentro de cada decil del PBI per cápita en 2018, según el Banco Mundial (BM). B. Tamaño promedio de los hogares en las Encuestas Demográficas y de Salud (ENDES) de personas de 65 años a más según el PBI per cápita del BM en 2018. Como referencia, también se proporciona el tamaño promedio de los contactos en el hogar en el Reino Unido**

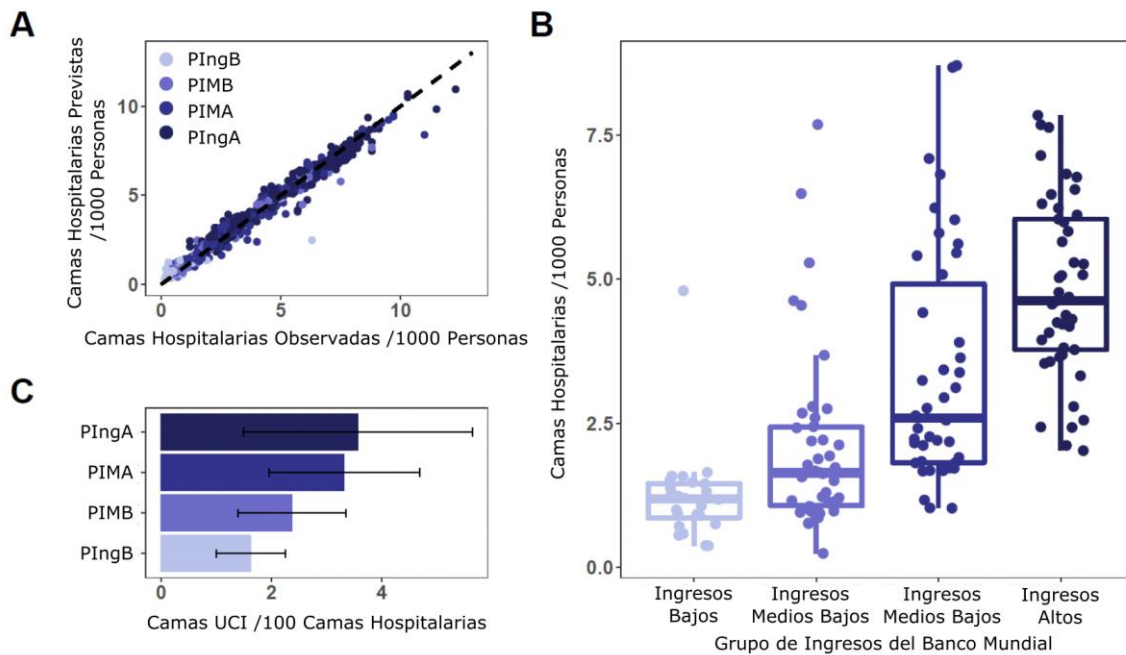
El hogar es un contexto clave para la transmisión de COVID-19<sup>6</sup>. El tamaño promedio de los hogares que tienen un residente mayor de 65 años es sustancialmente mayor en los países con ingresos más bajos (Figura 1B) comparado con países de ingresos medios y altos, lo que aumenta el potencial de propagación en general, pero también específicamente a este grupo etario vulnerable en particular. Los patrones de contacto entre grupos etarios también difieren según el país; en entornos de altos ingresos, los patrones de contacto tienden a disminuir abruptamente con la edad. Este efecto es más moderado en entornos de ingresos medios y desaparece en entornos de bajos ingresos (Figura 2), lo que indica que las personas mayores en estos entornos (PIngB y PIMB) mantienen tasas de contacto más altas con una amplia escala de grupos etarios en comparación con las personas mayores en países de ingresos altos (PIngA por su traducción al español). Estos patrones de contacto influyen en la tasa de ataque de infección por COVID-19 pronosticada en todos los grupos etarios (Figura 2) con tasas de ataque más altas en los adultos mayores predichas en entornos de bajos ingresos en comparación con entornos de altos ingresos y entornos de ingresos medios que muestran patrones intermedios.



**Figura 2: Tasas de ataque de COVID-19 estratificadas por edad basadas en encuestas de patrones de contacto estratificados por edad en muestras de todas las edades. A-C muestran estimaciones de la tasa de ataque final (proporción de infectados) por edad para los patrones de contacto de las encuestas de ingresos altos, ingresos medios altos e ingresos medios bajos/ingresos bajos, respectivamente. D-F muestra las tasas estimadas de contacto per cápita dentro de estas encuestas ajustadas para la demografía a nivel nacional.**

### 3. Disponibilidad de atención médica

La Figura 3 resume nuestras estimaciones de la capacidad de atención médica en diferentes entornos. La capacidad de camas hospitalarias está fuertemente correlacionada con el estado de ingresos de los países (Figura 3B); los PIngB tienen la menor cantidad de camas hospitalarias por cada 1000 habitantes (1.24 camas por cada 1000 habitantes en promedio) y los PIngA son los más altos (4.82 camas por cada 1000 habitantes en promedio). Los países de ingresos medios bajos y altos (PIMB/PIMA) se encuentran entre estos dos extremos (2.08 y 3.41 camas en promedio por cada 1000 habitantes, respectivamente). Encontramos que el porcentaje de camas hospitalarias que están en unidades de cuidados intensivos (UCI) es más bajo en PIngB (1.63 en promedio) y más alto en PIngA (3.57) con PIMB y PIMA en el medio (2.38 y 3.32, respectivamente) (Figura 3C). Es necesario considerar que nuestras estimaciones de la capacidad de UCI en los PIngA se basan casi exclusivamente en una revisión reciente de la capacidad de las UCI en los países asiáticos<sup>7</sup> y no reflejan necesariamente la capacidad de las UCI en los PIngA de todo el mundo.



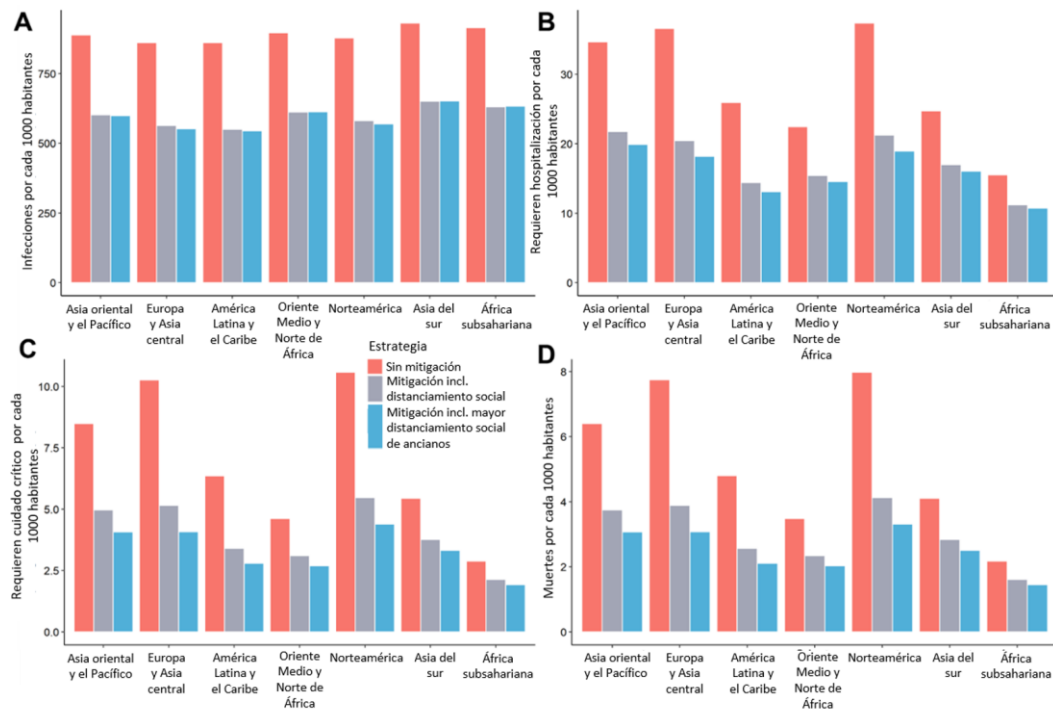
**Figura 3: Estimaciones de capacidad de Camas Hospitalarias y UCI, estratificadas por el Grupo de Ingresos del Banco Mundial.** Los datos de camas hospitalarias por 1000 habitantes se modelaron utilizando covariables del Banco Mundial, y los datos sobre la capacidad de la UCI se cotejaron mediante una revisión sistemática. (A) Comparación de la predicción del modelo y los números observados empíricamente de camas hospitalarias por 1000 habitantes. Cada punto representa un país, con el eje x que indica el número observado de camas hospitalarias por 1000 habitantes para ese país, y el eje y que indica el número previsto de modelo de camas hospitalarias por 1000 habitantes. La coloración de los puntos indica a qué estratos de ingresos del Banco Mundial pertenece el país. (B) Diagramas de caja del número de camas hospitalarias por 1000 habitantes, estratificados por grupo de ingresos del Banco Mundial. Los puntos aquí son las estimaciones modeladas de camas hospitalarias por 1000 habitantes obtenidas del modelo de árbol de regresión impulsado. (C) Resultados de una revisión sistemática que describe el porcentaje de todas las camas hospitalarias que están en UCI, estratificadas por el grupo de ingresos del Banco Mundial. Las barras de error indican el intervalo de confianza del 95% de la media.

#### 4. Carga de la enfermedad

Consideramos la escala probable de cuatro escenarios potenciales:

- A) Una epidemia sin mitigación – un escenario en el que no se toman medidas.
- B) Mitigación incluyendo distanciamiento social a nivel poblacional – evaluamos la reducción máxima en la escala final de la epidemia que se puede lograr a través de una reducción uniforme en la tasa a la cual los individuos tienen contacto entre sí, por debajo de la supresión completa.
- C) Mitigación incluyendo un mayor distanciamiento social de los adultos mayores – al igual que (B) pero con los individuos de 70 años o más reduciendo sus tasas de contacto social en un 60%.
- D) Supresión – exploramos diferentes desencadenantes epidemiológicos (muertes por cada 100,000 habitantes) para la implementación de un distanciamiento social intensivo a gran escala (modelado como una reducción del 75% en las tasas de contacto interpersonal) con el objetivo de suprimir rápidamente la transmisión y minimizar casos a corto plazo y muertes. Para estos escenarios no producimos estimaciones de tamaño final, sino que ilustramos su impacto en entornos representativos.

Señalamos que cada una de estas estrategias estaría, en práctica, acompañada de vigilancia para evaluar y aislar todos los casos identificados junto con los miembros de su hogar lo más rápido posible para reducir transmisiones posteriores.



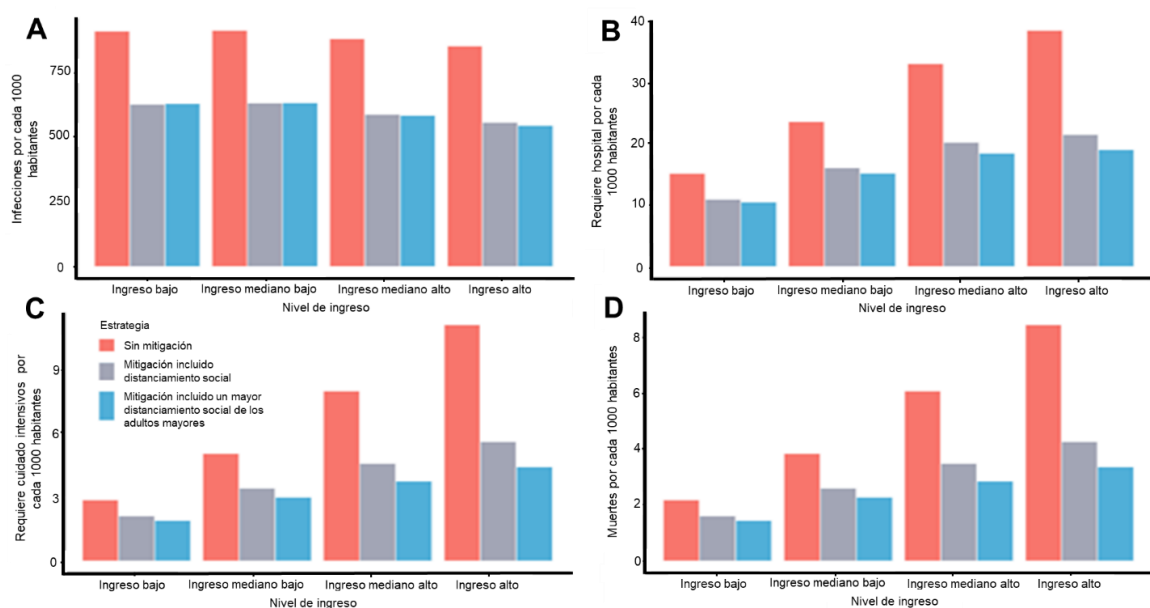
**Figura 4. Número total estimado de infecciones (A), individuos que requieren hospitalización (B) y cuidado crítico (C) y muertes (D) en escenarios sin mitigación y con mitigación por región del Banco Mundial.**

Las Figuras 4 y 5 resumen los resultados encontrados por regiones geográficas del Banco Mundial, así como por ingresos. La hoja de cálculo de Excel que acompaña este documento, contiene los resultados por país. El impacto estimado en un escenario de no mitigación, para el Reino Unido y los Estados Unidos de América, en cuanto a un número reproductivo básico,  $R_0$ , de 2,4 (490.000 y 2.180.000 muertes, respectivamente) es muy similar a lo mostrado por escenarios equivalentes en microsimulaciones más sofisticadas (510.000 y 2.200.000 muertes respectivamente)<sup>8</sup>. Basados en la duplicación de la incidencia de las muertes observada cada tres días a lo largo de Europa, en este reporte usamos un estimado central de  $R_0$  de 3,0 y se investigan escenarios con valores de  $R_0$  entre 2,4 y 3,3. Globalmente, estimamos que un escenario epidémico por COVID-19 sin ninguna estrategia de mitigación podría resultar en 7.000 (rango 6.400-7.200) millones de infecciones para un número reproductivo básico,  $R_0$ , de 3,0 (rango 2,4-3,3). Aplicando estimaciones del índice de mortalidad por infección (IMF) específico por edades, según el IMF de China<sup>4</sup>, esta epidemia podría resultar en 40 (rango 35-42) millones de muertes.

A pesar de tasas de contacto más altas en grupos de edades mayores, predecimos una incidencia de casos severos, hospitalización y muerte, más baja en escenarios de ingresos más bajos. Esto se atribuye principalmente al menor promedio de edad que presentan estas poblaciones. Sin embargo, es importante señalar, que estas estimaciones asumen que no hay diferencias sustanciales en la prevalencia de salud/comorbilidad entre la población China y otras poblaciones.

Además, el estándar de los tratamientos médicos es muy probable que varíe significativamente en los diferentes escenarios y que sea sustancialmente menor en PInGB (Figura 3). Es probable que ninguna de estas suposiciones corresponda a la realidad y que de esta manera esta mortalidad calculada en escenarios epidémicos con y sin mitigación en PIMB y PInGB sea sustancialmente mayor.

Si se aplicaran escenarios de mitigación que incluyen medidas de distanciamiento social, para un  $R_0$  de 3,0, se estima un máximo de reducción de infecciones entre el 30 y el 38% (mediana 33%) y un rango en la reducción de la mortalidad entre el 19 y el 55% (mediana 39%) lo que representan 16 millones de vidas salvadas para un  $R_0=3$  (asumiendo los patrones de mortalidad observados en China). Estas reducciones óptimas en la transmisión y en la carga se alcanzaron con un rango de reducciones en la tasa global de contacto social entre 40.0-44.9% (mediana 43.9%), incrementando el rango de 42.9-47.9% (mediana 46.9%) para un  $R_0$  de 3.3 y disminuyendo el rango a 34.3-37.3% (mediana 36.9%) para un  $R_0$  de 2.4.



**Figura 5. Número total estimado de infecciones (A), individuos que requieren hospitalización (B) y de cuidados intensivos (c) y muertes (D) en escenarios sin mitigación y mitigados por grupo de ingresos de acuerdo con la clasificación del Banco Mundial.**

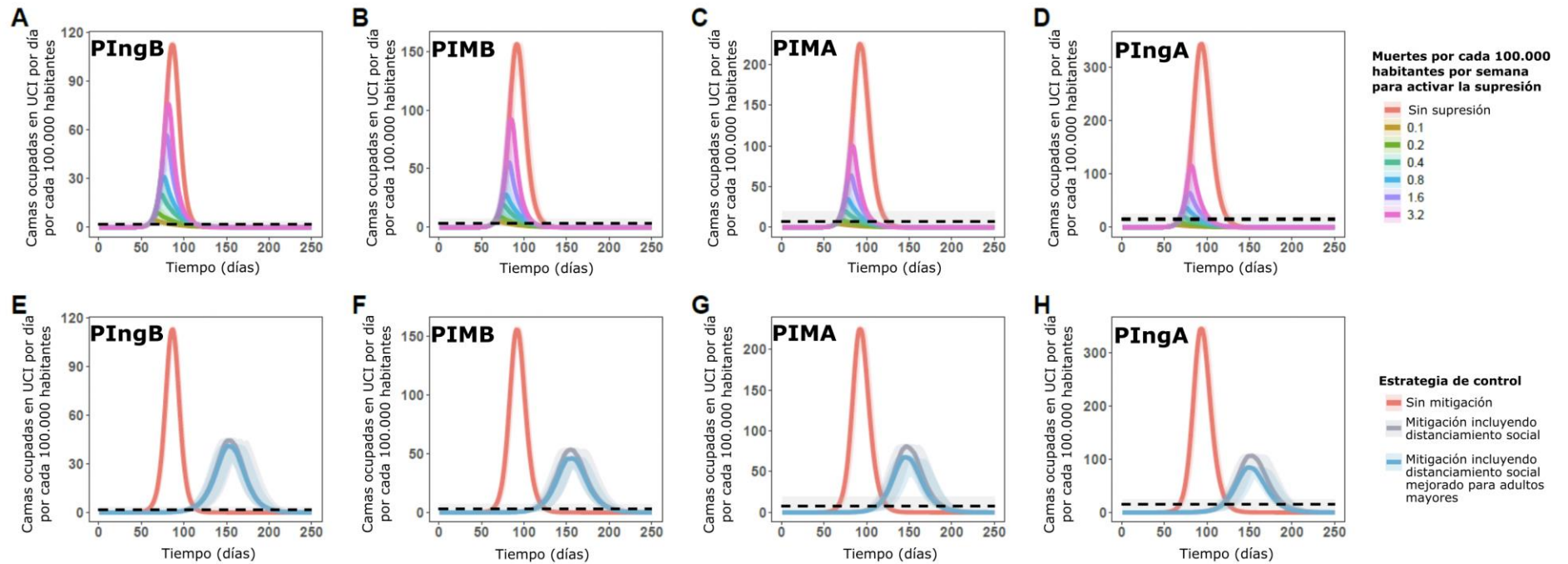
Se prevé que la combinación de mitigación con un mayor distanciamiento social de los adultos mayores dará como resultado una mayor reducción de la mortalidad de un 23% - 67% (mediana 49%), lo que representa 20 millones de vidas salvadas para un  $R_0=3$ . Sin embargo, se predice que estas estrategias tendrán un impacto proporcional más bajo en entornos de ingresos más bajos en comparación con entornos de ingresos más altos debido principalmente a que los entornos de ingresos más bajos poseen una proporción mucho menor de personas mayores (Figura 1B y Figura 2).



Se prevé que la reducción resultante de la carga bajo una mitigación óptima reduzca sustancialmente la brecha entre la demanda de camas del hospital y de su capacidad (Figuras 6E-H). Sin embargo, se predice que la demanda de cuidados intensivos supere ampliamente la capacidad en todos los países (en este estudio, se modeló utilizando patrones demográficos y de contacto para representar PIB, PIMB, PIMA, PIA) en todos los escenarios de mitigación considerados.

A pesar de que predecimos una menor demanda de cuidados intensivos en entornos de bajos ingresos debido a su población más joven, es probable que esto se vea compensado por un nivel de suministros más bajo: para nuestro escenario de mitigación incluyendo distanciamiento social, la demanda máxima de cuidados intensivos en nuestra simulación para un PInGB típico supera la demanda en un factor de 25.4, mientras que para un PInGA típico ese factor fue 7.0 (los factores de sobre demanda típicos producidos por PIMB y PIM fueron 16.4 y 10.86, respectivamente).

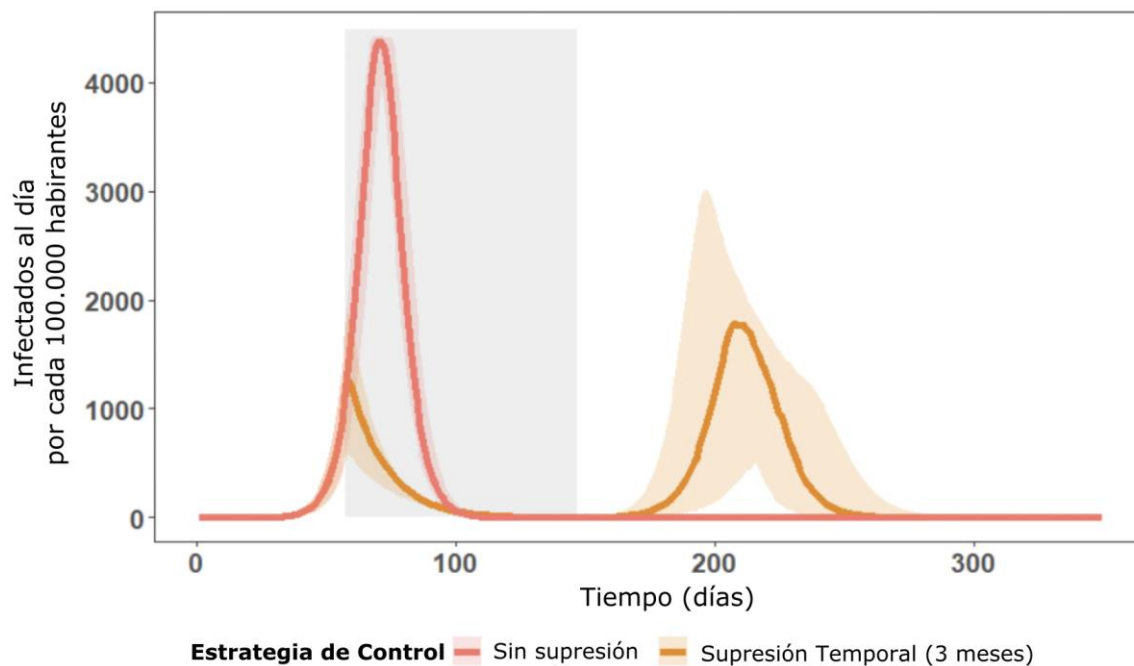
El impacto debido a la falta de atención adecuada para los casos más severos por COVID-19 en estos escenarios es difícil de cuantificar, pero es probable que aumente significativamente la mortalidad promedio. Como resultado, anticipamos que aquellos países que buscan mitigación, es probable que los entornos de bajos ingresos experimenten mayor mortalidad debido a las fallas en el sistema de salud; este es un factor que actualmente no se refleja en nuestras proyecciones de muertes totales.



**Figura 6: Impacto de diversas estrategias de control en entornos representativos.** Utilizando un modelo compartimental SEIR (con estados Susceptible, Expuesto, Infeccioso y Recuperado) estructurado por edad junto con demografías y patrones de contacto representativos de los países PIngB, PIBM, PIMA y PIngA (columnas de izquierda a derecha), el impacto de las diferentes estrategias de control fue la ocupación de camas en la UCI por día por cada 100.000 habitantes, como se muestra en todas las figuras. La fila superior muestra el impacto de la supresión (activada en momentos dependientes de cuando la tasa de muertes por semana aumenta más allá de ciertos umbrales definidos), y la fila inferior muestra la mitigación (que implica ya sea la mitigación por distanciamiento social general en toda la población o la mitigación por distanciamiento social con un mayor distanciamiento social en personas de tercera edad).

**Tabla 1: Impacto estimado de las estrategias de supresión. En la tabla se muestra el impacto en las infecciones y muertes a lo largo de 250 días para las dos estrategias de supresión diferentes, activadas a distintos umbrales de incidencia de la mortalidad (0.2 y 1.6 muertes por cada 100.000 habitantes por semana).**

	Escenario sin mitigación		Supresión a 0.2 muertes por cada 100.000 habitantes por semana		Supresión a 1.6 muertes por cada 100.000 habitantes por semana	
	Infecciones	Muertes	Infecciones	Muertes	Infecciones	Muertes
Asia oriental & Pacífico	2,117,131,000	15,303,000	92,544,000	442,000	632,619,000	3,315,000
Europa central & Asia central	801,770,000	7,276,000	61,578,000	279,000	257,706,000	1,397,000
Latinoamérica & el Caribe	566,993,000	3,194,000	45,346,000	158,000	186,595,000	729,000
Medio oriente & África del norte	419,138,000	1,700,000	30,459,000	113,000	152,262,000	594,000
Norte América	326,079,000	2,981,000	17,730,000	92,000	90,529,000	520,000
Sur de Asia	1,737,766,000	7,687,000	111,703,000	475,000	629,164,000	2,693,000
África subsahariana	1,044,858,000	2,483,000	110,164,000	298,000	454,968,000	1,204,000
Total	7,013,734,000	40,624,000	469,523,000	1,858,000	2,403,843,000	10,452,000



**Figura 7: Impacto de la supresión temporal en la afectación de la infección dentro de un entorno de menores casos. En este ejemplo, la supresión se mantiene durante 3 meses y posteriormente se detiene, se asume que los patrones de contacto retornan a los niveles anteriores.**

Incluso para el caso de Supresión Extensiva (Figuras 6A-D y Tabla 1), la cual se activa cuando la tasa semanal de fallecidos por cada 100,000 habitantes alcance los límites establecidos, se prevé que se exceda la capacidad de unidades de cuidados intensivos, esto a menos que la etapa de Supresión se active en un estado inicial de la epidemia en un país determinado. Además, el impacto de una activación basada en el número de fallecidos bajo un escenario de supresión y su capacidad para prevenir que la epidemia exceda la capacidad de las UCI presentará una variación entre diferentes escenarios. Activar la etapa de Supresión basada en número de fallecidos o en tasas de mortalidad será menos sensible en los países PIngB y PIMB – para las poblaciones más jóvenes dentro de estos escenarios, se plantea que el momento en el que se alcance un determinado umbral de tasa de mortalidad, este grupo, generalmente, ya habrá acumulado un mayor número de casos (y por ende la capacidad de las UCI's ya habrá sido sobrepasada).

Con estos resultados, las posibles medidas que podrían evitar el colapso del sistema de salud en los próximos meses son principalmente el distanciamiento social intensivo el cual ya se está implementando actualmente en muchos de los países más afectados, preferiblemente acompañado con alto número de pruebas. Es de esperar que estas medidas presenten mejores resultados y un mayor impacto cuando sean implementadas de manera temprana (Figura 6, Tabla 1). Sin embargo, es necesario considerar la sostenibilidad de dichas medidas. Como se presenta en la Figura 7, es probable que estas medidas deban mantenerse en el tiempo y de alguna manera intercalarse con temporadas de vigilancia y un pronto aislamiento de casos positivos para evitar la posibilidad del resurgimiento de la epidemia.

Es importante destacar que los efectos sociales y económicos de las acciones intensivas de supresión no han sido cuantificados en este estudio, y se espera que sean sustanciales. De igual manera los impactos sociales y económicos de las estrategias de mitigación tampoco fueron cuantificados. Sin embargo, en países que no cuentan con la infraestructura para estrategias de mantenimiento de la supresión soportadas en tecnología como aquellas implementadas en Asia<sup>6,9</sup>, y en ausencia de una vacuna u otro tipo de terapia efectiva (además de la posibilidad de resurgimiento), se debe tener especial cuidado al momento de aplicar este tipo de estrategias de manera que se evite el alto riesgo de colapso del sistema de salud en el futuro una vez que las medidas de supresión sean levantadas.

Los resultados presentados aquí ilustran el impacto potencial de la pandemia por COVID-19 a nivel global. Nuestro análisis brinda una visión sobre las posibles trayectorias y el impacto de las medidas que pueden ayudar a reducir la propagación del virus, tomando como base la experiencia de los países afectados en etapas tempranas del brote. Sin embargo, a este momento, no es posible predecir con certeza el número exacto de casos para un país en particular o la mortalidad y la carga de enfermedad que resultará. Entender plenamente estas variables solo estará disponible de manera retrospectiva.

Este análisis resalta las decisiones desafiantes enfrentadas por todos los gobiernos en las próximas semanas y meses. Sin embargo, nuestro escenario de una pandemia no mitigada claramente demuestra el alcance de las acciones rápidas, decisivas y colectivas para prevenir miles de millones de infecciones y salvar millones de vidas a nivel global.

## 5. Métodos

### Patrones de contacto, demografía y tamaño de hogares por vivienda alrededor del mundo

Los tamaños de la población y las distribuciones de edad por país fueron tomados de las Perspectivas de Población Mundial 2020 (2020 World Population Prospects). Las estimaciones de la versión 27 de la rueda oficial de población de las Naciones Unidas fueron realizadas por la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (disponible aquí: <https://population.un.org/wpp/>). Las estimaciones del número de ocupantes por vivienda y edad de los miembros de cada hogar ocupante de vivienda fueron extraídas del programa de encuestas demográficas y de salud (DHS) usando el paquete *rDHS*<sup>10</sup>; fueron extraídos datos de un total de 59 países PIMB con encuestas realizadas desde 2010. Adicionalmente, extrajimos información de hogares equivalente en el Reino Unido como referente de PIA<sup>11</sup>.

Los patrones de contacto en diferentes poblaciones y países se obtuvieron de diferentes fuentes, incluyendo las estimaciones publicadas previamente de la combinación de una serie de PIngA<sup>12</sup> y una revisión sistemática reciente de encuestas de contacto social que incluyen PIngM y PIMB<sup>13</sup>. Se obtuvieron datos adicionales de las encuestas incluidas en el paquete *socialmixR* (<https://github.com/sbfnk/socialmixr>), así como referencias identificadas a través de las listas de referencias de las encuestas incluidas, o mediante búsquedas informales en Web of Science y PubMed. Identificamos datos de 18 países. Diez eran de entornos PIngA, con 8 (Bélgica, Finlandia, Alemania, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia y el Reino Unido) del estudio de contacto social POLYMOD<sup>12</sup>, y dos encuestas adicionales de Francia<sup>14</sup> y Hong Kong<sup>15</sup>. Se identificaron cinco encuestas en entornos PIMA: China<sup>16</sup>, India<sup>17</sup>, Perú<sup>18</sup>, Rusia<sup>19</sup> y Sudáfrica<sup>20</sup>. Se identificaron dos encuestas en entornos de PIMB: Kenia<sup>21</sup> y Zimbabwe<sup>22</sup>. Se identificó una encuesta en un PIngB: Uganda<sup>23</sup>. Las matrices de contacto se ajustaron para proporcionar tasas de contacto simétricas específicas por edad para cada país.

La Figura 2 muestra los patrones de contacto medidos en Europa occidental, estos sugieren que las tasas de ataque probablemente disminuyan sustancialmente con la edad. Para Hong Kong, el único entorno PIngA no europeo para el que se identificaron datos, las tasas de contacto no disminuyeron lo suficiente en edades mayores para producir una disminución similar, lo que puede sugerir que este no es un rasgo consistente en todos los países de altos ingresos. Sin embargo, identificamos encuestas adicionales en la literatura de Hong Kong<sup>24</sup> y Japón<sup>25</sup> donde las tasas de contacto parecían disminuir sustancialmente con la edad, pero no estaban disponibles en un formato fácilmente descargable. Nuestras proyecciones para la configuración de PIMA mostraron disminuciones en las tasas de ataque proyectadas por edad, aunque en menor medida que la configuración de PIngA. Mientras tanto, los datos limitados de PIMB no resultaron en disminuciones sustanciales en la tasa de ataque por edad.

Dada la escasa disponibilidad de datos de contacto social, utilizamos patrones representativos para países que no tienen datos de encuestas. Para Estados Unidos y Canadá utilizamos los datos de la encuesta del Reino Unido. Para otros países de Europa y Asia Central (con datos disponibles de Rusia que también indican disminuciones sustanciales en las tasas de ataque en edades más avanzadas - Figura 2B), así como países previamente clasificados como economías avanzadas por el Fondo Monetario Internacional<sup>26</sup>, se utilizaron los patrones de la encuesta que produce la tasa media de ataque final en individuos de 70 años o más (encuesta POLYMOD de los Países Bajos<sup>12</sup>).

A los países de América Latina y el Caribe se les asignaron patrones de mezcla de la encuesta peruana; los del sur de Asia, patrones de mezcla de la encuesta india; los de Asia oriental, patrones de mezcla de la encuesta china; los del África subsahariana, que patrones de mezcla de la encuesta de Zimbabue (con la excepción de Sudáfrica, a la que se asignaron patrones de la encuesta china); mientras que en el Medio Oriente y África del Norte se les asignaron patrones de la encuesta china si eran de ingresos altos o medios altos y de la encuesta de Zimbabue si eran de ingresos bajos o medios bajos. Estos patrones de contacto, junto con la demografía específica del país, se utilizaron para proporcionar una estimación del número de infecciones y muertes, la demanda de atención médica en una pandemia no mitigada y el impacto de las medidas de control para un dado número reproductivo básico.

Calculamos el tamaño final de la epidemia generado a partir de un modelo estructurado por edad-Susceptible - Expuesto - Infectado – Recuperado (SEIR), incorporando tanto la estructura demográfica de la población como las tasas de contacto entre diferentes individuos en diversos etarios<sup>27</sup>. Esta solución numérica replica el número total de individuos infectados derivados de nuestros modelos de simulación para el Reino Unido y Estados Unidos<sup>8</sup>. Los tamaños finales de la epidemia por edad se generaron utilizando un valor  $R_0$  central de 3.0, con un rango de incertidumbre entre 2.4 y 3.3. Se eligió este valor de  $R_0$  porque da como resultado un tiempo de duplicación de 3 días, consistente con las observaciones actuales en Europa.

Para estimar la demanda de servicios de salud y la mortalidad general, usamos estimaciones específicas por edad de la tasa de hospitalización y del índice de mortalidad por infección (IMF) obtenidas de nuestro análisis previo de datos de China<sup>4</sup>. Por lo tanto, asumimos firmemente que niveles similares de atención médica a los que se brindan en China están disponibles en otros lugares. También asumimos implícitamente que los patrones de mortalidad no varían dadas las diferentes comorbilidades. Estas suposiciones pueden significar que nuestros resultados pueden sobreestimar la mortalidad en algunos PInG A y subestimarla en algunos PInG B.

Para cada país estimamos los beneficios potenciales máximos de la mitigación a través de una política de distanciamiento social en la población general. Identificamos el tamaño final mínimo de la epidemia, producido por una reducción uniforme y proporcional del contacto social en todas las categorías de edad, con la condición de que, este tamaño final logra un nivel de inmunidad colectiva que sería suficiente para prevenir una segunda ola de contagios, luego de la flexibilización de la política y el posterior retorno a los niveles de contacto social previos a la pandemia. De manera similar, evaluamos el impacto máximo de una política donde, además del distanciamiento social general, las personas de 70 años o más reducen su contacto social en una proporción sustancialmente mayor, modelada aquí como 60% (“protección”).

Para modelar el impacto de estos escenarios en la dinámica de demanda probable de asistencia sanitaria a lo largo del tiempo, utilizamos un modelo estocástico estructurado por edades Susceptible-Expuesto-Infectado-Recuperado (SEIR), parametrizado para que coincida con las mejores estimaciones de las variables clave que determinan la dinámica de propagación del COVID-19. El grupo expuesto se modeló como dos compartimentos separados para generar un período de incubación con distribución gamma, con un promedio de 4.58 días y desviación estándar de 3.24 días. Se utilizó un solo compartimento para el grupo contagiado, resultando en un período de contagio exponencialmente distribuido con un promedio de 2.09 días. Se utilizó un  $R_0$  de 3.0 para todos los escenarios explorados y presentados en este reporte.

La integración con demografías específicas por país y patrones de contacto entre los grupos etarios permitieron la estimación específica de la incidencia de nuevas infecciones en el tiempo. Esta incidencia de nuevas infecciones en el tiempo es entonces convertida en la incidencia de infecciones que requieren hospitalización y/o cuidados intensivos. Ambas, la probabilidad de que una persona infectada requiera hospitalización y la probabilidad de que también requiera cuidados intensivos incrementa con la edad, ajustando las estimaciones dadas en <sup>8</sup>. Asumimos un retraso de 5 días entre la aparición de síntomas (asumidos que aquí suceden cuando los individuos progresan del compartimento de Expuestos al de Infectados) y la hospitalización, y que los individuos hospitalizados requieren una cama de hospital por 8 días. Si también se requieren cuidados intensivos, asumimos que los individuos permanecen en el hospital y ocupan una cama de cuidados intensivos por 8 días adicionales, resultando en una estadía en el hospital de 16 días. Cualquier mortalidad asociada con COVID-19 es asumida que ocurre 21 días luego de la aparición de síntomas. Estos parámetros están basados en el mejor conocimiento que tenemos actualmente del progreso y severidad más probables de COVID-19.

Usando este modelo, replicamos los escenarios “sin mitigación”, “mitigación incluyendo distanciamiento social”, y “mitigación incluyendo distanciamiento social mayor de los adultos mayores” del análisis de tamaño final. Para el escenario de “mitigación incluyendo distanciamiento social”, las tasas de contacto fueron reducidas por un factor determinado a través de nuestros cálculos de tamaño final mínimos descritos arriba. Para el escenario de “mitigación incluyendo distanciamiento social mayor de los adultos mayores”, las tasas de contacto fueron reducidas uniformemente a través de los grupos etarios menores a 70 y luego una reducción mayor, más extrema, (60%) fue aplicada para los grupos etarios de 70–75 y mayores de 75 años.

También exploramos el impacto de enfoques más rigurosos de distanciamiento social destinados a la supresión inmediata de la transmisión. Observamos 6 escenarios de supresión en los cuales el inicio de la implementación de la política varió *según el momento en el que* el índice de mortalidad semanal por cada 100,000 habitantes excede cierto umbral (aquí, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 o 3.2 muertes por semana por cada 100,000 habitantes) - los efectos de la supresión de transmisión generalizada se modelaron como una reducción uniforme en las tasas de contacto en un 75%, aplicada en todos los grupos etarios.

### **Estimación de capacidad de camas hospitalarias**

Los datos sobre el número de camas de hospital por cada 1,000 habitantes fueron obtenidos del Banco Mundial (<https://data.worldbank.org/indicador?tab=all>) para 201 países (66 de altos ingresos, 58 de ingresos medios altos, 47 de ingresos medios bajos y 30 de bajos ingresos). Sin embargo, muchos de estos registros no eran recientes (anteriores a 2015). Por lo tanto, utilizamos un enfoque de modelamiento de aprendizaje basado en árboles de regresión para generar estimaciones contemporáneas de camas de hospital por 1,000 habitantes usando las siguientes covariables: mortalidad materna (por 100,000 nacimientos vivos), acceso a la electricidad (% de la población), población de 0 a 14 años (% de la población), proporción alumno-maestro en la escuela secundaria, población rural (% de la población), gasto público del gobierno en salud (% del PIB), mortalidad infantil (por cada 1,000 nacidos vivos), la proporción de niños matriculados en la escuela secundaria, región geográfica y grupos por niveles de remuneraciones (con las dos



últimas covariables clasificadas según las definiciones del Banco Mundial). El modelo se ajustó utilizando el software estadístico R y el paquete *dismo*, con una complejidad de árbol de 12, una fracción de submuestreo 0,65 y una tasa de aprendizaje de 0,001. Se implementó la validación cruzada 10 veces para verificar el sobreajuste, y se encontró que el modelo predecía adecuadamente tanto los conjuntos de datos de entrenamiento como los que se dejan por fuera (prueba).

### **Revisión de la Capacidad de Unidades de Cuidados Intensivos**

Estos datos fueron obtenidos de 3 fuentes. Extrajimos los datos de una revisión sistemática realizada previamente sobre la capacidad de las UCI en países de bajos ingresos<sup>28</sup>, así como de una revisión recientemente publicada sobre la capacidad de las UCI en Asia<sup>7</sup>. Además, llevamos a cabo una revisión sistemática para identificar referencias adicionales que incluyeran información sobre la capacidad de camas en las UCI de países de bajos y medianos ingresos. Se realizó una búsqueda en la base de datos Web of Science el día viernes 13 de marzo utilizando los términos de búsqueda (“cuidados críticos” ó “cuidados intensivos” ó “UCI” ó “UCC”) y capacidad y (nombre del país) en la cual el nombre del país se refirió a 1 de los 138 países clasificados como PIMB (“Países de bajos y medianos ingresos”) por el Banco Mundial. Esta búsqueda produjo 174 resultados, con 30 artículos que fueron seleccionados luego de la revisión de sus resúmenes, y 20 de estos fueron conservados después de la revisión del texto completo. En vista de que se requieren estimaciones actuales, balanceadas por la escasez de datos relacionados con la capacidad de las UCI comparada con el número de camas en hospitales, nosotros excluimos aquellos artículos científicos que fueron publicados antes del año 2000.

Estos recursos proporcionaron un total de 57 puntos de datos que describen el número de camas en UCI por cada 100 camas de hospital en los países que pertenecen a los 4 estratos de ingresos definidos por el Banco Mundial (PIB, PIMB, PIMA y PIA).

## **6. Datos suplementarios**

Datos sobre escenarios globales sin mitigación, con mitigación y con supresión: [Imperial-College-COVID19-Global-unmitigated-mitigated-suppression-scenarios.xlsx](#)

## **7. Agradecimientos**

La traducción del inglés al español de este documento fue un trabajo conjunto realizado voluntariamente por miembros de la Asociación Latinoamericana de Imperial College London y por la Asociación de Exalumnos de Imperial College London (Jerusa Brignardello, Jorge Avalos, Juan-Carlos Bibao-Ludena, Karina Corada, Dámaris P. Intriago-Baldeón, Daniela Linero-Triana, Harold Mantilla, Erika Martínez, Camilo A. Mesa, Diego Moya, Diego Najera-Saltos, Boris F. Ochoa-Tocachi, Verónica Ordoñez, David Pedreros-Bastidas, Paola Sáenz, Paulina Quintanilla, Santiago Quinteros, Santiago Vélez, María Eugenia Villafañe). Agradecemos al equipo por este esfuerzo.

## 8. References

- 1 WHO. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 63. 2020. [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200323-sitrep-63-covid-19.pdf?sfvrsn=b617302d\\_4](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200323-sitrep-63-covid-19.pdf?sfvrsn=b617302d_4)
- 2 Remuzzi A, Remuzzi G. COVID-19 and Italy: what next? *Lancet* 2020; **0**. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30627-9.
- 3 Ginsburg AS, Van Cleve WC, Thompson MIW, English M. Oxygen and pulse oximetry in childhood pneumonia: a survey of healthcare providers in resource-limited settings. *J Trop Pediatr* 2012; **58**: 389–93.
- 4 Verity R, Okell LC, Dorigatti I, *et al.* Estimates of the severity of COVID-19 disease. *Lancet Infect Dis* 2020; **In Press**: 2020.03.09.20033357.
- 5 Zhou F, Yu T, Du R, *et al.* Articles Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan , China : a retrospective cohort study. *Lancet* 2020; **6736**: 1–9.
- 6 WHO. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). 2020. [https://www.who.int/publications-detail/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-\(covid-19\)](https://www.who.int/publications-detail/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-(covid-19)) (accessed March 22, 2020).
- 7 Phua J, Faruq MO, Kulkarni AP, *et al.* Critical Care Bed Capacity in Asian Countries and Regions. *Crit Care Med* 2020; : 1.
- 8 Ferguson NM, Laydon D, Nedjati-Gilani G, *et al.* Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. 2020. DOI:10.25561/77482.
- 9 COVID-19 National Emergency Response Center, Epidemiology & Case Management Team, Korea Centers for Disease Control & Prevention. Contact Transmission of COVID-19 in South Korea: Novel Investigation Techniques for Tracing Contacts. *Osong public Heal Res Perspect* 2020; **11**: 60–3.
- 10 Watson OJ, FitzJohn R, Eaton JW. rdhs: an R package to interact with The Demographic and Health Surveys (DHS) Program datasets. *Wellcome Open Res* 2019; **4**: 103.
- 11 Office for National Statistics. 2011 Census - household type, household size and age of usual residents (people) - England and Wales -. 2018. <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/housing/adhocs/008635ct08202011censushouseholdtypehouseholdsizeandageofusualresidentspeopleenglandandwales?uri=peoplepopulationandcommunity/housing/adhocs/008635ct08202011censushouseholdtypehouseholdsize> (accessed March 18, 2020).
- 12 Mossong J, Hens N, Jit M, *et al.* Social Contacts and Mixing Patterns Relevant to the Spread of Infectious Diseases. *PLoS Med* 2008; **5**: e74.
- 13 Hoang T, Coletti P, Melegaro A, *et al.* A Systematic Review of Social Contact Surveys to Inform Transmission Models of Close-contact Infections. *Epidemiology* 2019; **30**: 723–36.
- 14 Béraud G, Kazmerczak S, Beutels P, *et al.* The French Connection: The First Large Population-Based Contact Survey in France Relevant for the Spread of Infectious Diseases. *PLoS One* 2015; **10**: e0133203.
- 15 Leung K, Jit M, Lau EHY, Wu JT. Social contact patterns relevant to the spread of respiratory

- infectious diseases in Hong Kong. *Sci Rep* 2017; **7**: 1–12.
- 16 Zhang J, Klepac P, Read JM, *et al.* Patterns of human social contact and contact with animals in Shanghai, China. *Sci Rep* 2019; **9**: 1–11.
- 17 Kumarid S, Gosain M, Sharma H, *et al.* Who interacts with whom? Social mixing insights from a rural population in India. 2018. DOI:10.1371/journal.pone.0209039.
- 18 Grijalva CG, Goeyvaerts N, Verastegui H, *et al.* A household-based study of contact networks relevant for the spread of infectious diseases in the highlands of peru. *PLoS One* 2015; **10**. DOI:10.1371/journal.pone.0118457.
- 19 Ajelli M, Litvinova M. Estimating contact patterns relevant to the spread of infectious diseases in Russia. *J Theor Biol* 2017; **419**: 1–7.
- 20 Johnstone-Robertson SP, Mark D, Morrow C, *et al.* Social mixing patterns within a South African township community: implications for respiratory disease transmission and control. *Am J Epidemiol* 2011; **174**: 1246–55.
- 21 Kiti MC, Kinyanjui TM, Koech DC, Munywoki PK, Medley GF, Nokes DJ. Quantifying Age-Related Rates of Social Contact Using Diaries in a Rural Coastal Population of Kenya. *PLoS One* 2014; **9**: e104786.
- 22 Melegaro A, Del Fava E, Poletti P, *et al.* Social Contact Structures and Time Use Patterns in the Manicaland Province of Zimbabwe. *PLoS One* 2017; **12**: e0170459.
- 23 le Polain de Waroux O, Cohuet S, Ndazima D, *et al.* Characteristics of human encounters and social mixing patterns relevant to infectious diseases spread by close contact: A survey in Southwest Uganda. *BMC Infect Dis* 2018; **18**: 172.
- 24 Kwok KO, Cowling B, Wei V, Riley S, Read JM. Temporal variation of human encounters and the number of locations in which they occur: A longitudinal study of Hong Kong residents. *J R Soc Interface* 2018; **15**. DOI:10.1098/rsif.2017.0838.
- 25 Ibuka Y, Ohkusa Y, Sugawara T, *et al.* Social contacts, vaccination decisions and influenza in Japan. *J Epidemiol Community Health* 2016; **70**: 162–7.
- 26 International Monetary Fund. World Economic Outlook. 2016. <https://web.archive.org/web/20160421023851/http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2016/01/pdf/text.pdf>.
- 27 Cui J, Zhang Y, Feng Z. Influence of non-homogeneous mixing on final epidemic size in a meta-population model. *J Biol Dyn* 2019; **13**: 31–46.
- 28 Murthy S, Leligdowicz A, Adhikari NKJ. Intensive Care Unit Capacity in Low-Income Countries: A Systematic Review. *PLoS One* 2015; **10**: e0116949.