



Transiciones entre los estados de diagnóstico de personas con la COVID-19 en Colombia

Luis Carlos Manrique Ruiz¹, Guberney Muñetón Santa² y Osmar Leandro Loaiza Quintero³

Forma de citar

Manrique Ruiz LC, Muñetón Santa G y Loaiza Quintero OL. Transiciones entre los estados de diagnóstico de personas con la COVID-19 en Colombia. Rev Panam Salud Publica. 2020;44:e1711. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.171>

RESUMEN

Objetivo. Determinar las probabilidades de transición entre distintos tipos de atención y estados para la población infectada con la COVID-19 en Colombia, por grupos de edad.

Métodos. Con los reportes oficiales de los casos de COVID-19 en Colombia se calcularon las matrices de transición para los estados referentes a la ubicación de una persona contagiada durante la evolución de la enfermedad, a saber: casa, hospital o unidad de cuidados intensivos (UCI). Se calcularon asimismo las probabilidades que tienen las personas contagiadas de pasar a estados de recuperado o fallecido, en un periodo de 24 horas, para diferentes territorios.

Resultados. La población con 66 años o más tiene mayores probabilidades de transitar al estado de fallecido en un periodo de 24 horas; este hallazgo se confirmó en todos los territorios analizados con una probabilidad de entre 52% y 57%, excepto para el Valle de Aburrá donde la probabilidad fue de 25%. En Colombia, de cada 200 personas infectadas tratadas en casa, una requerirá ingresar a la UCI en las siguientes 24 horas. Si la persona infectada es mayor de 65 años, requerirá ingreso a la UCI uno de cada 53 casos. De los pacientes infectados hospitalizados, uno de cada 10 requerirá UCI en las siguientes 24 horas.

Conclusiones. Los resultados proporcionan información sobre la presión que el aumento de personas infectadas por la COVID-19 ejerce sobre la capacidad hospitalaria. Algunas personas fallecen sin pasar por una cama de cuidados intensivos. Los resultados de las probabilidades de transición evidencian tasas de letalidad bajas para los menores de 65 años.

Palabras clave

Betacoronavirus; pandemias; probabilidad; salud de grupos específicos; salud pública; Colombia.

El nuevo coronavirus causa una enfermedad infecciosa llamada COVID-19 que ha generado una pandemia. El primer brote ocurrió en Wuhan (China) en diciembre de 2019. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), al 13 de junio de 2020 la enfermedad estaba presente en 216 países, con más de 7,9 millones de casos confirmados y 427 630 muertes. Esta es una infección altamente contagiosa [1], a lo cual probablemente contribuye que entre el 40% y 50% de los infectados pueden ser asintomáticos [2,3] y por tanto tienen el potencial de transmitir la infección sin ser diagnosticados y puestos en cuarentena [4].

Al respecto, la mayoría de gobiernos han establecido medidas, como el distanciamiento social o el confinamiento, que han resultado efectivas para la reducción del contagio [5]. Sin embargo, las medidas de aislamiento obligatorio son cuestionadas por sus costos sociales—los cuales pueden exacerbar el riesgo de infección por COVID-19 o el desarrollo de otras enfermedades en la población socialmente vulnerable [6]— y porque se ha puesto en duda su efectividad general [1,7]. Al respecto, cierta evidencia sugiere que combinar estrategias de confinamiento con rastreo de contactos resulta más efectivo para reducir la transmisión que hacer pruebas masivas sin confinamiento [8,9].

¹ Universidad de la Sabana, Chía, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-5135-3760>

² Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia ✉ Guberney Muñetón Santa, guberney.muneton@udea.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-5194-1914>

³ Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia <https://orcid.org/0000-0003-2982-0646>

Respecto de la enfermedad, las estimaciones de letalidad han sido revisadas a la baja desde el inicio de la pandemia. El consenso actual la ubica alrededor del 0,6% [10], con un fuerte gradiente según la edad [11]. Mientras que la letalidad para personas menores de 50 años puede ser inferior al 0,4%, para las mayores de 80 años sobrepasa el 14% [12]. Desde el inicio de los síntomas hasta la muerte transcurren una mediana de 14 días, con rangos que van de 6 a 41 días; en población mayor a 70 años, considerada vulnerable, la mediana es 11,5 días [13].

Las tasas de hospitalización por la COVID-19 son de particular interés para gestionar la capacidad hospitalaria, las cuales también tienen un gradiente marcado según la edad. Por ejemplo, Verity et al. [11] estimaron tasas de hospitalización de 1,04% para personas infectadas entre 20 y 29 años, frente a 18,4% para personas mayores de 80 años. Sin embargo, la mayor información disponible acerca de la COVID-19 puede contribuir a mejorar la atención hospitalaria; Mahon Oke y Heneghan [14] reportaron que entre abril y junio en Inglaterra las tasas de mortalidad de pacientes hospitalizados declinaron desde 6% hasta 1,5%.

Para predecir el comportamiento de una epidemia se suelen emplear modelos epidemiológicos compartimentales, en concreto el modelo SIR (que divide a la población en los compartimentos Susceptible, Infectado y Recuperado). El modelo SIR pronostica la población en riesgo y las tasas de contagio de la enfermedad [15]. En la presente pandemia han surgido varios ejercicios de simulación del comportamiento de la infección por COVID-19 con base en este modelo. Por ejemplo, Karako et al. [16], con un modelo de transición estocástica, sugirieron un incremento del número de infectados por COVID-19 si no se reduce el tiempo de exposición en zonas congestionadas. Otro estudio llevado a cabo por Garibaldi et al. [17] demostró que cuando las decisiones de los agentes son óptimas la tasa de transición en los estados del modelo SIR retrasa la inmunidad de rebaño, dado que el número de personas infectadas es menor que el número proyectado. Sin embargo, son pocos los estudios que profundizan en el comportamiento de las personas infectadas, un tema relevante para planificar la capacidad hospitalaria.

Por consiguiente, el objetivo de este estudio es determinar las probabilidades de transición entre distintos tipos de atención y estados para la población infectada con la COVID-19 en Colombia, por grupos de edad. Asimismo, comparamos las diferencias de las probabilidades de tránsito en algunos territorios conurbados de Colombia con más casos acumulados desde el 14 de marzo hasta el 16 de junio. Con datos históricos de Colombia se estimó un modelo probabilístico de transición de los estados o lugares de atención de todas las personas reportadas como contagiadas por la COVID-19; el uso de matrices de transición que se propone es considerado una herramienta robusta para estimar la prevalencia y la letalidad del virus [18,19]. Así, se pretende proveer evidencia complementaria para la planificación de la respuesta de los distintos actores que componen el sistema de salud colombiano.

MÉTODOS

El estudio es observacional y descriptivo. Se siguió la evolución de la infección por COVID-19 de cada persona usando un panel de datos, compuesto por la trayectoria diaria de cada caso registrado por el Instituto Nacional de Salud (INS) en sus

boletines diarios [19]. En el estudio se empleó información comprendida entre el 14 de marzo y el 16 de junio de 2020.

Dada la heterogeneidad subnacional en el comportamiento de la epidemia, se analizaron los casos de algunas zonas relevantes: i) la conurbación de Bogotá y Soacha (Bogotá es la capital de Colombia y Soacha una ciudad contigua densamente poblada ubicada al suroeste); ii) la conurbación de Barranquilla y Soledad (Barranquilla es la ciudad principal de la costa atlántica colombiana y Soledad una ciudad contigua ubicada al sur), las cuales tienen el mayor número acumulado de casos en Colombia; iii) el municipio de Leticia, que tiene 4 200 casos por cada 100 mil habitantes (el más alto en el país), frente al promedio nacional de 63 casos por 100 mil habitantes; y iv) el área metropolitana del Valle de Aburrá, que reúne 10 municipalidades del departamento de Antioquia (Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüí, La Estrella, Medellín y Sabaneta), entre ellas la ciudad de Medellín, que ha sido presentada como ejemplo en la contención de la COVID-19 [20].

Como la severidad de la COVID-19 aumenta con la edad, se desagregó la evolución de las personas infectadas según los siguientes grupos de edad: 0 a 24, 25 a 65 y 66 años o más; los cortes de las edades se decidieron de acuerdo a la incidencia de los casos en Colombia.

Gestión de información

Para evitar los problemas de cambio de estructura de las bases de datos reportadas por el INS, se elaboró un sistema semiautomático que estandarizaba los archivos para integrarlos en una base de datos PostgreSQL v12.3.

Adicionalmente, se encontró en el 5,16% de los casos que el identificador usado por el INS era diferente. Al comparar un reporte de una fecha posterior a la publicación inicial del caso, la persona aparecía menos veces. Para solucionarlo, se asignó un nuevo identificador a los casos erróneos a través de la comparación de las variables: ciudad, departamento, edad, sexo, fecha de publicación, fecha de inicio de los síntomas y fecha de diagnóstico. Por tanto, no fue necesario hacer imputación de datos.

Matrices de transición

Las matrices estocásticas o de transición son matrices cuadradas que detallan los cambios o transiciones de un estado a otro. Estas transiciones son calculadas como probabilidades de pasar del estado i al estado j , en el siguiente día t .

$$P(j|i) = P(i, j) \quad [\text{eq.1}]$$

Siendo i el estado inicial y j el estado final. Donde

$$\sum_{i=n}^m P(i, j) = 1 \quad [\text{eq.2}]$$

El proceso markoviano que aquí se estudia está compuesto de cinco estados, referentes a la posible evolución en la atención de un paciente con la COVID-19. Estos son: atención en casa, hospital (u hospitalización general), UCI (unidad de cuidados intensivos), recuperado y fallecido. En estos procesos, existen estados absorbentes definidos como:

$$P(x_{t+1} = i, x_t = i) = 1 \quad [\text{eq.3}]$$

Es decir, una vez alcanzado dicho estado, la probabilidad de permanecer ahí en el periodo siguiente es de 100%. Para los estados referentes al proceso de contagio de la COVID-19 se reconoce “fallecido” como absorbente. En la literatura aún existe debate acerca de si quienes se recuperan desarrollan inmunidad duradera frente a la infección [22]. Sin embargo, la información publicada hasta la fecha por el INS no permite evidenciar casos de reinfección en Colombia. Por tanto, estar “recuperado” se asume como un estado absorbente.

Con el fin de comparar diferencias significativas entre territorios y edades, se aplicaron anovas donde se sigue la convención que un p-valor inferior a 5% representa una diferencia significativa. Las matrices markovianas o de probabilidad y las anovas se estimaron con Python v.3.6.8.

El estudio siguió las normas de los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos [23] y la resolución colombiana 8430 de 1993. Las bases de datos descargadas del INS están anonimizadas, lo cual garantiza la protección de identidad de los individuos contagiados con la COVID-19.

RESULTADOS

Probabilidades de transición en Colombia

En Colombia, a la fecha de corte del estudio se habían diagnosticado con COVID-19 63 173 personas. El 51,6% estaba en la casa, el 6,05% en el hospital y el 1,05% estaba en una UCI. El 37,97% se había recuperado y el 3,23% había fallecido.

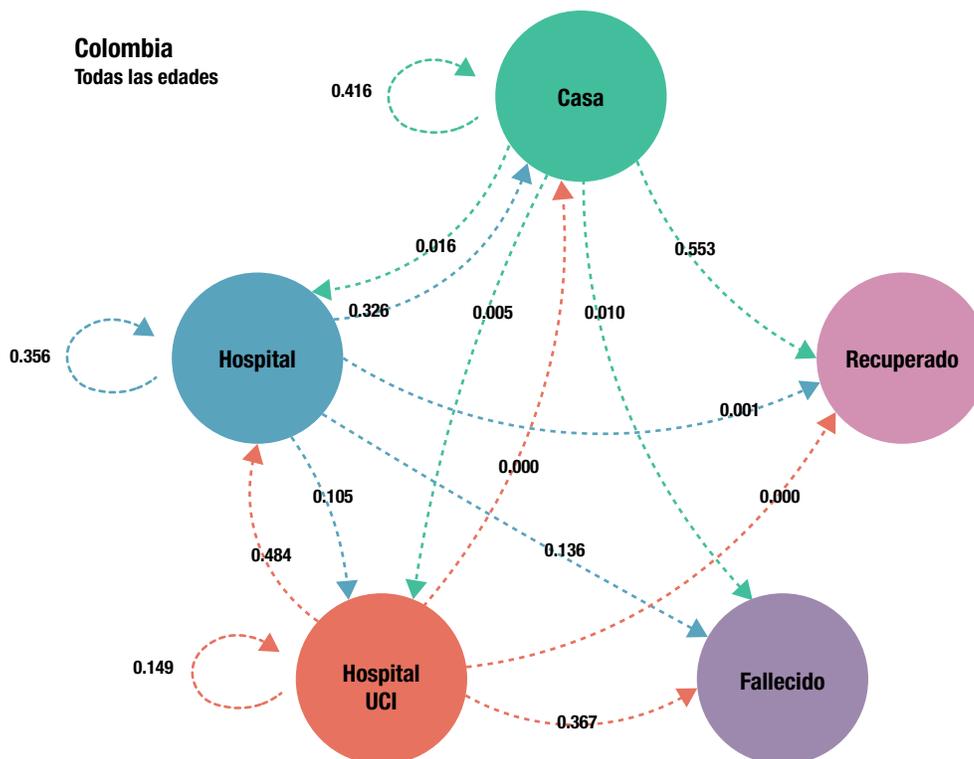
En la Figura 1 se presentan los resultados de las matrices de transición para el país. Una persona en tratamiento en su casa,

en el día siguiente tiene una probabilidad de 41,6% de permanecer allí, una de 55,3% de recuperarse, una de 1,6% de ir a un hospital y una de 0,5% de pasar a una UCI. Si la persona contagiada se encuentra en el hospital, la probabilidad, al día siguiente, de regresar a casa es de 32,2%, de permanecer en el hospital de 35,5%, de pasar a una UCI de 10,5%, de recuperarse de 7,6%, y de fallecer de 13,6%. Quienes se encuentran en una UCI tienen una probabilidad de 48,4% de pasar a una hospitalización general, de 36,7% de fallecer y de 14,9% de permanecer en la UCI (Figura 1).

En la figura 2 se muestra que los jóvenes entre 0 y 24 años que se encuentran en casa tienen una alta probabilidad (53,3%) de recuperarse o de permanecer en la casa con el tratamiento (46%); las probabilidades de fallecer, ingresar en el hospital o a la UCI están por debajo del 0,5% para este grupo de edad. Los jóvenes que se encuentran en el hospital tienen una probabilidad de 43,8% de regresar a la casa, y una de 39,5% de permanecer hospitalizados. Los jóvenes ingresados en una UCI tienen una probabilidad de 26,4% de seguir en ella, y una de 68,1% de pasar a una hospitalización general. La población de 25 a 65 años tratada en casa tiene probabilidades similares al grupo de edad más joven (0-24 años); sin embargo, las personas de 45 a 65 años que están en el hospital presentan una probabilidad de ir a la casa al día siguiente menor en 6,5 puntos porcentuales (37,3%) que las del grupo de 0-24 años, para la misma transición. El grupo de edad de 25 a 65 años tiene una mayor probabilidad de pasar del hospital a una UCI (10,5%) o de fallecer (7,9%), pero, 0,5% menor de permanecer en el hospital (Figura 2).

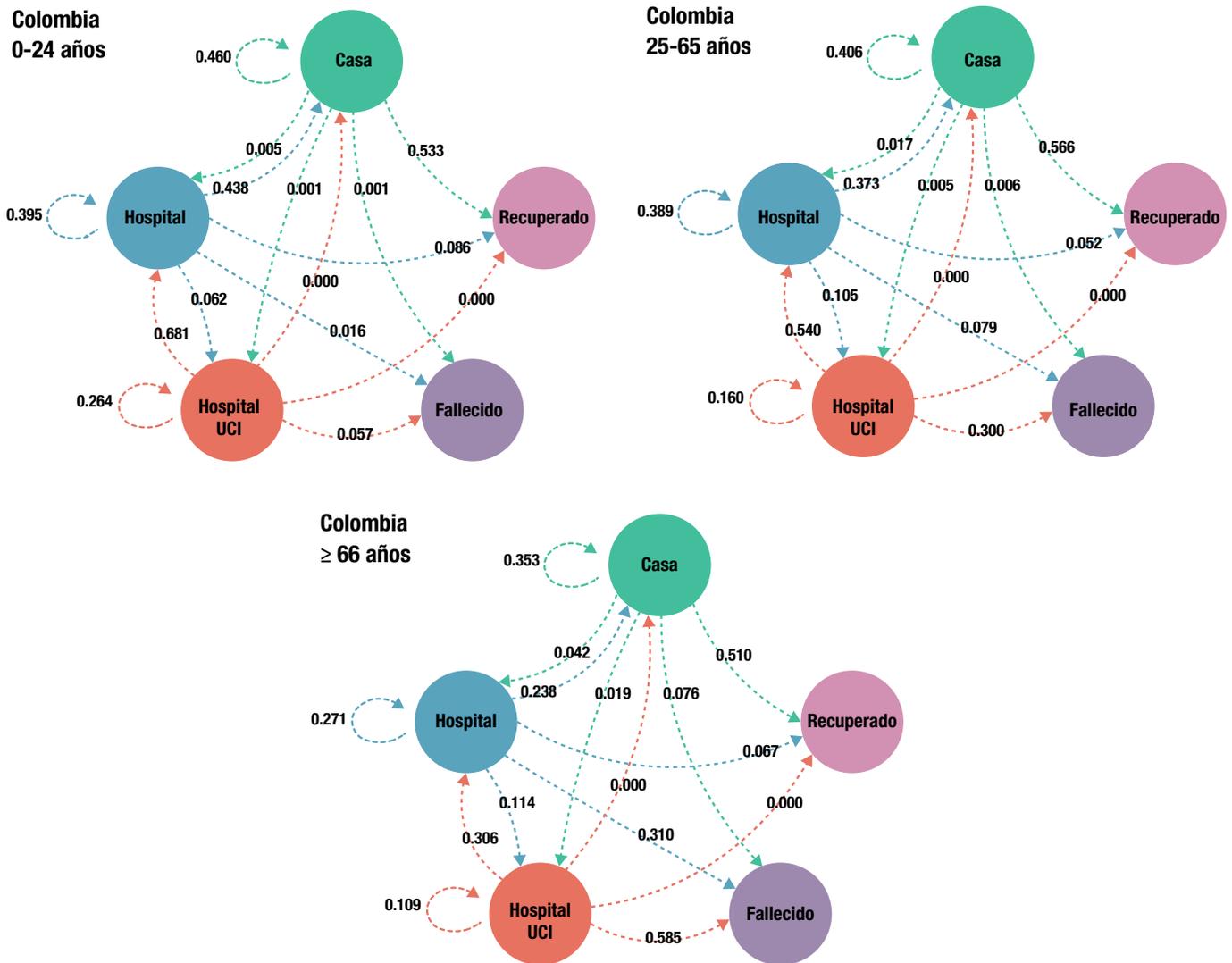
Por su parte, los adultos con 66 o más años tratados en casa tienen una probabilidad de 35,5% de permanecer allí pasadas

FIGURA 1. Probabilidades de transiciones en Colombia



Fuente: Realizada por los autores con base en datos del INS, Colombia.

FIGURA 2. Probabilidades de transiciones en Colombia por rangos de edad



Fuente: Realizada por los autores con base en datos del INS, Colombia.

24 horas. La probabilidad de pasar de la casa al estado de recuperado es de 51%; y la probabilidad de pasar de la casa al estado de fallecido, hospital o UCI es de 7,6%, 4,2% y 1,9%, respectivamente. Si los mayores de 66 años se encuentran en el hospital, tienen una probabilidad de 31% de fallecer al día siguiente, una probabilidad de 27,1% de permanecer en hospitalización general, una de 23,8% de ir a la casa y una de 11,4% de pasar a una UCI. Para los adultos mayores que lleguen a la UCI, la probabilidad de fallecer es de 58,5%, la de pasar a hospitalización general de 30%, y la de continuar en la UCI de 10,9%.

Probabilidades de transición en territorios seleccionados

Probabilidad del estado “casa”: En el Cuadro 1 se observa que una persona en tratamiento de la COVID-19 en la casa y que vive en Barranquilla y Soledad tiene una probabilidad de permanecer

en la casa al día siguiente entre 42% y 56%, y de entre 42% y 47% de recuperarse. Si la misma persona se encontrara en Bogotá o Soacha, la probabilidad de permanecer en casa al día siguiente está entre 31% y 47%, y la de pasar al estado recuperado de entre 53% y 58%, es decir, una probabilidad de recuperación 10% mayor que en Barranquilla y Soledad. En Leticia, las probabilidades promedio de pasar al estado de recuperado son las más altas (entre 58% y 74%) y las de permanecer en la casa con la enfermedad las más bajas (26% a 42%), aunque es la región que presenta mayor varianza en los resultados por edades. Una persona con la COVID-19 en el Valle de Aburrá, con tratamiento en casa, tiene una probabilidad de 29% a 37% de permanecer allí, y de 57% a 63% de recuperarse al día siguiente. En el Valle de Aburrá se observa una menor variabilidad en las probabilidades de transición entre los rangos de edades, en comparación con los demás territorios considerados. En todos los territorios y grupos de edades se observa que las probabilidades de transición desde el estado “casa” hacia hospital, UCI o fallecido no supera el 1%.

CUADRO 1. Probabilidades de transición desde el estado “casa”, por territorios y grupos de edad

Ciudad	Edad	Casa	Fallecido	Hospital	UCI	Recuperado
Barranquilla y Soledad	0-24	0,53	0	0	0	0,47
	25-65	0,56	0,01	0,01	0	0,42
	66-120	0,42	0,09	0,01	0,02	0,47
Bogotá y Soacha	0-24	0,47	0	0,01	0	0,53
	25-65	0,39	0	0,02	0,01	0,58
	66-120	0,31	0,06	0,07	0,02	0,55
Leticia	0-24	0,42	0	0	0	0,58
	25-65	0,24	0,01	0,01	0	0,74
	66-120	0,26	0,09	0,02	0	0,63
Valle de Aburrá	0-24	0,37	0	0	0	0,63
	25-65	0,37	0	0,02	0,01	0,61
	66-120	0,29	0	0,06	0,08	0,57

Los valores del cuadro deben leerse por fila; la sumatoria de las probabilidades de cada fila suma 1.
Fuente: Realizado por los autores con base en datos del INS, Colombia.

Se realizó una anova entre las diferentes ciudades y edades y se evidenció una diferencia significativa para este estado en las ciudades de Bogotá, Valle de Aburrá y Barranquilla en las edades de 0-24 años ($p = 0,03, 0,02$ y $0,02$, respectivamente).

Probabilidad del estado “hospital”: En el Cuadro 2 se observa que una persona en el hospital, con relación al estado inicial casa, tiene mayores probabilidades de pasar a una UCI o fallecer, y menores de recuperarse. Un adulto con 66 años o más tiene una probabilidad de 43% de fallecer (sin pasar por una UCI) si vive en Barranquilla o Soledad; en Leticia esta probabilidad es de 40%. En contraste, para los adultos mayores que viven en Bogotá o Soacha, la probabilidad de pasar del estado “hospital” al de “fallecido” (sin transitar por una UCI) es de 24,4%, y de 0% si vive en el Valle de Aburrá. La alta probabilidad de pasar al estado de “fallecido” al día siguiente también se observó en la población de 25 a 65 años que vive en Leticia (26,7%), y Barranquilla y Soledad (11,6%).

Las probabilidades de pasar del hospital a la UCI son más altas en el Valle de Aburrá, en Bogotá y Soacha; para el primero, la probabilidad está entre 12,9% y 16,7%, mientras que en Bogotá y Soacha entre 7% y 14,4%. Resalta la alta probabilidad (39%) de pasar al estado recuperado si la persona vive en el Valle de Aburrá y tiene una edad 66 años o más; en los demás territorios la probabilidad del pasar del hospital al estado recuperado al siguiente día es inferior a 11%.

Probabilidad del estado “UCI”: Las personas que llegan a las UCI tienen una probabilidad alta de morir al día siguiente, con diferencias entre los grupos de edades y en menor medida entre los territorios. Como se observa en el Cuadro 3, los adultos con 66 años o más que viven en Leticia tienen una probabilidad de 66,7% de fallecer al día siguiente, seguida por la probabilidad de las personas de la misma edad que viven en Barranquilla o Soledad (57,9%), y Bogotá o Soacha (52,5%). En el Valle de Aburrá, la probabilidad de fallecer de las personas con 66 años o más es la menor (25%).

Si la persona vivía en el Valle de Aburrá y tenía entre 25 y 65 años, la probabilidad de fallecer era de cero a la fecha de corte de la investigación; no se presentaron decesos para dicho

CUADRO 2. Probabilidades de transición desde el estado “hospital” por territorios y grupos de edad

Ciudad	Edad	Casa	Fallecido	Hospital	UCI	Recuperado
Barranquilla y Soledad	0-24	0,6	0,04	0,26	0,08	0,01
	25-65	0,36	0,12	0,41	0,08	0,03
	66-120	0,21	0,43	0,25	0,09	0,01
Bogotá y Soacha	0-24	0,55	0	0,33	0,07	0,05
	25-65	0,4	0,05	0,35	0,12	0,09
	66-120	0,29	0,24	0,21	0,14	0,11
Leticia	0-24	0,14	0	0,86	0	0
	25-65	0,09	0,23	0,61	0,02	0,04
	66-120	0,05	0,4	0,45	0,1	0
Valle de Aburrá	0-24	0,5	0	0,5	0	0
	25-65	0,52	0	0,15	0,13	0,19
	66-120	0,33	0	0,11	0,17	0,39

Los valores del cuadro deben leerse por fila; la sumatoria de las probabilidades de cada fila suma 1.
Fuente: Realizada por los autores con base en datos del INS, Colombia.

CUADRO 3. Probabilidades de transición desde el estado “UCI” por territorio y grupo de edad

Ciudad	Edad	Fallecido	Hospital	UCI
Barranquilla y Soledad	0-24	0,06	0,81	0,13
	25-65	0,33	0,48	0,19
	66-120	0,58	0,3	0,12
Bogotá y Soacha	0-24	0	0,67	0,33
	25-65	0,31	0,66	0,03
	66-120	0,53	0,43	0,05
Leticia	0-24	0	0	1
	25-65	0,25	0,25	0,5
	66-120	0,67	0	0,33
Valle de Aburrá	0-24	0	0	0
	25-65	0	0,84	0,16
	66-120	0,25	0,63	0,13

Los valores del cuadro deben leerse por fila; la sumatoria de las probabilidades de cada fila suma 1.
Fuente: Realizada por los autores con base en datos del INS, Colombia.

territorio en ese rango de edad. Esto contrasta con los valores relativamente altos encontrados si la persona vivía en Barranquilla o Soledad (32,8%), en Bogotá o Soacha (31,1%), y en Leticia (25%). En cuanto a los más jóvenes, no se espera que una persona entre 0-24 años de edad que ingrese a la UCI fallezca al día siguiente; para todos los territorios el valor de la probabilidad fue igual a cero, excepto para quienes viven en Barranquilla o Soledad (6,3%).

DISCUSIÓN

En Colombia, los autores no han encontrado información referente a probabilidades de transición de pacientes contagiados con COVID-19. Sin embargo, Bhatia et al. [26] calcularon las probabilidades de infección, hospitalización y muerte en los diferentes condados de Estados Unidos a través del método markoviano. Igualmente, Arumugam y Rajathi [27] elaboraron un modelo de predicción del contagio en India por medio de matrices de transición y simulaciones de Monte Carlo. En línea con el método de Wu et al. [28] para China y de Djogbenou et al. [26]

para Canadá, nuestro enfoque avanza en considerar estados intermedios entre fallecido y recuperado para comprender el tránsito del paciente según los lugares de tratamiento (casa, hospital y UCI). Los estudios ilustran la flexibilidad de las matrices de transición markovianas porque permiten agregar más estados sin añadir parámetros Chen et al. [19]

Para Colombia, estimamos la probabilidad de morir de los pacientes con COVID-19 en una UCI en 36,7%. En contraste, el estudio de Hazard et al. [30] la estimó en 51% para pacientes de Seattle, EE.UU. El estudio de Ruiz et al. [31] estimó la probabilidad de morir de paciente oncológicos con COVID-19 entre 18,5% y 30,4% en Latinoamérica. Estos estudios basan sus estimaciones en modelos markovianos. Nuestros resultados muestran que hay personas que fallecen sin pasar por una UCI, lo cual puede sugerir fallas en el sistema de salud a la hora de atender a pacientes con COVID-19, una situación que merece especial cuidado por las autoridades. En este sentido, se requieren investigaciones sobre las relaciones causales de los resultados de las transiciones asociadas, por ejemplo, a la infraestructura y los comportamientos ciudadanos.

Los resultados evidenciados en el presente artículo, en conjunto con las cifras disponibles acerca del tiempo de recuperación [29] desde la fecha de diagnóstico (para Colombia, 18 días según el INS), informan sobre la presión que el aumento de las personas infectadas por la COVID-19 ejerce en la capacidad hospitalaria, como ilustra Chen et al. [19] para el hospital Jinyintan en Wuhan.

Al evaluar los resultados para Colombia, una persona infectada con COVID-19 atendida en casa tiene una probabilidad de 1,6% de requerir hospitalización general al día siguiente. Esto significa que de cada 63 personas infectadas en un período de 24 horas, una requerirá hospitalización general, cifra que es más alta para las personas de 66 años o más, para quienes uno de cada 23 pacientes en casa podría requerirla. Asimismo, de cada 200 personas infectadas en casa una requerirá ingresar en una UCI (una probabilidad de 0,5%), una situación más probable para aquellas de 66 años o más, para quienes esto ocurriría en uno cada 53 casos. Es importante destacar que por cada 10 personas infectadas en hospitalización general, una requerirá una UCI al día siguiente. Para las personas hospitalizados de 0 a 24 años, una de cada 16 requerirá ingresar a una UCI en las siguiente 24 horas, mientras que en pacientes con 66 años o más esto ocurriría en uno de cada nueve.

Una limitación del estudio es la ausencia de las comorbilidades para calcular las transiciones. Aunque la edad es un claro factor de riesgo [11] frente a la COVID-19, esto se debe en parte a la coexistencia de otras enfermedades en personas mayores [21,24,25]. Empero, el INS no publica las comorbilidades de

las personas diagnosticadas. Por consiguiente, se recomienda analizar datos públicos de los perfiles epidemiológicos para futuros trabajos. Además, no se considera la dependencia en el tiempo como en Djogbenou et al. [26], un factor que puede ser relevante pues es posible que algunas transiciones dependan del tiempo de permanencia en los distintos estados.

Los resultados presentados tienen validez externa en los territorios analizados porque se usa toda la información de infectados a la fecha corte de la investigación. Igualmente, se debe considerar que las matrices de transición cambian con el tiempo. Por consiguiente, consideramos que el tiempo que ha transcurrido desde el inicio de la epidemia es corto para observar reincidencia en la infección y, en ese sentido, la presente estimación debe interpretarse como referente al corto plazo.

En conclusión, los resultados de las probabilidades de transición en Colombia concuerdan con los descritos en la literatura internacional, con tasas de letalidad bajas para los menores de 65 años –especialmente para los menores de 25 años–, pero muy altas para las personas con 66 años o más, quienes presentan más factores de riesgo [24]. Esta tendencia se observó en todos los territorios analizados. Sin embargo, se encontró para las personas mayores de 66 años una variabilidad alta entre territorios en la probabilidad de fallecer al día siguiente; particularmente, en el Valle de Aburrá la probabilidad de fallecer para este grupo de edad es la mitad con respecto a las otras zonas analizadas. Las diferencias territoriales de las matrices de transición permiten predecir la capacidad del sistema hospitalario para mejorar la atención de los pacientes, lo que convierte al método en una herramienta robusta para analizar el comportamiento de la pandemia y, por tanto, sería pertinente evaluar cada territorio con actualizaciones frecuentes.

Contribución de los autores. Todos los autores concibieron el estudio original, planificaron los experimentos, analizaron los datos, interpretaron los resultados y escribieron el manuscrito final. Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final.

Agradecimientos. A la profesora Sandra Puentes por sus comentarios referentes a la situación y atención hospitalaria, y por sus ideas y reflexiones para la escritura y elaboración de este artículo.

Conflicto de intereses. Ninguno declarado.

Declaración. Las opiniones expresadas en este manuscrito son únicamente responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente los de la *Revista Panamericana de Salud Pública* o la Organización Panamericana de la Salud.

REFERENCIAS

- Giesecke J. The invisible pandemic. *Lancet*. 2020;395(10238):e98.
- Lavezzo E, Franchin E, Ciavarella C, Cuomo-Dannenburg G, Barzon L, Del Vecchio C, et al. Suppression of a SARS-CoV-2 outbreak in the Italian municipality of Vo'. *Nature* [Internet]. Acceso el 30 de junio de 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2488-1>
- NIID. Field Briefing: Diamond Princess COVID-19 Cases. Tokyo: NIID [Internet]. National Institute of Infectious Diseases. 2020. Disponible en: <https://www.niid.go.jp/niid/en/2019-ncov-e/9417-covid-dp-fe-02.html>
- 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. *N Engl J Med*. 2020;382:1199-1207.
- Davies NG, Kucharski AJ, Eggo RM, Gimma A, Edmunds WJ, Jombart T, et al. Effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 cases, deaths, and demand for hospital services in the UK: a modelling study. *Lancet Public Health*. 2020;5(7):e375-e385.
- Abrams EM, Szefer SJ. COVID-19 and the impact of social determinants of health. *Lancet Respir Med*. 2020;8(7):659-661.

7. Gibson J. Government Mandated Lockdowns Do Not Reduce Covid-19 Deaths: Implications for Evaluating the Stringent New Zealand Response. University of Waikato; 2020.
8. 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.
9. Chinazzi M, Davis JT, Ajelli M, Gioannini C, Litvinova M, Merler S, et al. The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak. *Science*. 2020;368(6489):395–400.
10. McNeil D. The Pandemic's Big Mystery: How Deadly Is the Coronavirus? [Internet]. *New York Times*; 2020. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2020/07/04/health/coronavirus-death-rate.html>
11. Verity R, Okell LC, Dorigatti I, Winskill P, Whittaker C, Imai N, et al. Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis. *Lancet Infect Dis*. 2020;20(6):669–677.
12. Russell TW, Hellewell J, Jarvis CI, van-Zandvoort K, Abbott S, Ratnayake R, et al. Estimating the infection and case fatality ratio for COVID-19 using age-adjusted data from the outbreak on the Diamond Princess cruise ship. medRxiv [Internet]; 2020. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/03/09/2020.03.05.20031773>
13. Wang W, Tang J, Wei F. Updated understanding of the outbreak of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) in Wuhan, China. *J Med Virol*. 2020;92(4):441–447.
14. Mahon J, Oke J, Heneghan C. Declining Death Rate from Covid-19 in Hospitals in England. Acceso el 9 de julio de 2020. Disponible en: <https://www.cebm.net/covid-19/declining-death-rate-from-covid-19-in-hospitals-in-england>.
15. Weiss HH. The SIR model and the foundations of public health. *Mater Mat*. 2013;0001–17.
16. Karako K, Song P, Chen Y, Tang W. Analysis of COVID-19 infection spread in Japan based on stochastic transition model. *Biosci Trends*. 2020;14(2):134–8.
17. Garibaldi P, Moen ER, Pissarides CA. Modelling contacts and transitions in the SIR epidemics model. *Covid Economics: Vetted and Real-Time Papers*. CEPR. 2020;5.
18. Liu Y. Estimating the case fatality rate for COVID-19: a Markov model application. Disponible en: 10.2139/ssrn.3558612.
19. Chen J, Fu MC, Zhang W, Zheng J. Supporting Real-Time COVID-19 Medical Management Decisions: The Transition Matrix Model Approach. 2020. Disponible en: arxiv.org/pdf/2007.01201.pdf.
20. Boletines de casos [Internet]. Boletines de casos. [citado el 12 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Paginas/Boletines-casos-COVID-19-Colombia.aspx>
21. Colombia's Medellín Emerges as Surprise COVID-19 Pioneer [Internet]. Colombia's Medellín Emerges as Surprise COVID-19 Pioneer. [citado el 21 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.nytimes.com/aponline/2020/06/13/world/americas/ap-It-virus-outbreak-trailblazing-medellin.html>
22. Edridge AW, Kaczorowska JM, Hoste AC, Bakker M, Klein M, Jebbink ME, et al. Coronavirus protective immunity is short-lasting. medRxiv [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/06/16/2020.05.11.20086439>
23. Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos; 2019.
24. Rezende LF, Thome B, Schweitzer MC, Souza-Júnior PRB de, Szwarcwald CL. Adults at high-risk of severe coronavirus disease-2019 (Covid-19) in Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2020;54:50.
25. Deiana G, Azara A, Dettori M, Delogu F, Vargiu G, Gessa I, et al. Deaths in SARS-Cov-2 Positive Patients in Italy: The Influence of Underlying Health Conditions on Lethality. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):4450.
26. Djogbenou A, Gourieroux C, Jasiak J, Rilstone P, Bandehali M. Transition Model for Corona Virus Management; 2020. Disponible en: <https://www.institutlouisbachelier.org/wp-content/uploads/2020/06/transition-model-for-corona-virus-management-christian-gourieroux.pdf>
27. Bhatia R, Klausner J. Estimation of Individual Probabilities of COVID-19 Infection, Hospitalization, and Death From A County-level Contact of Unknown infection Status. medRxiv [Internet]; 2020. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/06/24/2020.06.06.20124446>
28. Arumugam R, Rajathi M. A Markov Model for Prediction of Corona Virus COVID-19 in India-A Statistical Study. *J Xidian Univ*. 2020;14(4):1422–1426.
29. Wu K, Zheng J, Chen J. Utilize State Transition Matrix Model to Predict the Novel Corona Virus Infection Peak and Patient Distribution. medRxiv [Internet]; 2020. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/02/19/2020.02.16.20023614>
30. Hazard D, Kaier K, Maja von C, Grodd M, Bugiera L, Lambert J, et al. Joint analysis of duration of ventilation, length of intensive care, and mortality of COVID-19 patients: a multistate approach. *BMC Med Res Methodol* [Internet]. 2020. Disponible en: <https://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12874-020-01082-z#citeas>
31. Ruiz-Patiño A, Arrieta O, Pino LE, Rolfo C, Ricaurte L, Recondo G, et al. Mortality and Advanced Support Requirement for Patients With Cancer With COVID-19: A Mathematical Dynamic Model for Latin America. *JCO Glob Oncol*. 2020;6:752–60.
32. WHO. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>

Manuscrito recibido el 1 de agosto de 2020. Aceptado para publicación, tras revisión, el 13 de octubre de 2020.

Transitions between diagnostic states in people with COVID-19 in Colombia

ABSTRACT

Objective. To determine the probabilities of transition between different types of care and diagnostic states for the population infected with COVID-19 in Colombia, by age group.

Methods. Using the official reports of COVID-19 cases in Colombia, transition matrices were calculated for the states according to the location of an infected person during the evolution of the disease, i.e. home, hospital or intensive care unit (ICU). The probabilities that infected persons will move to a state of “recovery” or “death” within a 24-hour period were also calculated for different territories.

Results. The population aged 66 or older had a higher probability of moving to the state of “death” in a period of 24 hours; this finding was confirmed for all the territories analyzed, with a probability between 52% and 57%, except for the Aburrá Valley where the probability was 25%. In Colombia, out of every 200 infected persons treated at home, one will require admission to the ICU within 24 hours. If the infected person is older than 65, one of every 53 cases will require admission to the ICU. Of infected hospital patients, one in 10 will require ICU admission within 24 hours.

Conclusions. The results provide information about the pressure that the increase of people infected by COVID-19 exerts on hospital capacity. Some people die without ever having been in an intensive care bed. The results of the transition probabilities show low case fatality rates for those under 65.

Keywords

Betacoronavirus; pandemics; probability; health of specific groups; public health; Colombia.
