

Trajectories of changing complexity: Inter-hospital inpatient transfer during the COVID-19 pandemic

Micaela Gonzalez Dardik¹, Tomás Cicchini¹, Silvia Kochen², Lisandro Otero²,
Inés Caridi¹, and Ariel Salgado³

¹ Instituto de Cálculo, FCEN, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Buenos Aires, Argentina

² Hospital de Alta Complejidad Néstor Kirchner *El Cruce*, Provincia de Buenos Aires, Argentina

³ Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), Buenos Aires, Argentina
aosalgado@itba.edu.ar

Resumen Patients attending health systems benefit from the interconnection of hospitals in a network fashion, as it facilitates their referral through hospitals of different levels of complexity. This is critical at moments of crisis like the COVID-19 pandemic. By considering data resulting from an informatics system built at the beginning of the pandemic to organize information on the use and availability of patient beds in the hospital network in the Red Sudeste, we study the interplay between hospital complexity level and patient survivability. This article presents preliminary results on the descriptive statistics of patient trajectories, and discusses future directions for trajectory modeling.

Keywords: Trajectories , Hospital , Inpatient , COVID-19 , Compartmental Models

Trayectorias de complejidad variable: transferencia interhospitalaria de pacientes durante la pandemia del COVID-19

Resumen Los pacientes que acuden a un sistema sanitario se benefician de la interconexión de los hospitales que pertenecen al mismo, ya que facilita su derivación entre diferentes niveles de complejidad. Esto es fundamental en momentos de crisis como la pandemia de COVID-19, donde la disponibilidad de recursos es escasa. Considerando datos recolectados por un sistema informático creado al inicio de la pandemia para gestionar el uso de camas en la Red hospitalaria Sudeste, estudiamos la interacción entre el nivel de complejidad hospitalaria y la supervivencia

del paciente. Este artículo presenta resultados preliminares sobre las estadísticas descriptivas de las trayectorias de los pacientes y analiza futuras líneas de investigación para el modelado de trayectorias individuales de pacientes.

Keywords: Trayectorias , Hospital , Paciente , COVID-19 , Modelos Compartimentales

1. Introducción

La coordinación del uso de los recursos, tanto físicos como humanos, entre los hospitales de una región es un aspecto fundamental para la salud pública, en particular en situaciones de crisis [1]. Al inicio de la pandemia de COVID-19 se construyó un sistema informático para registrar la información de la ocupación de camas de Los hospitales de la Red Sudeste de la Provincia de Buenos Aires. La caracterización retrospectiva del funcionamiento de la red supone la oportunidad de mejorar nuestro entendimiento sobre el comportamiento de una red de hospitales en la situación de la crisis y luego de ella ([2,3])⁴ y priorizar acciones tales como el mantenimiento de corredores interhospitalarios.

Un aspecto fundamental del funcionamiento de la red hospitalaria se manifiesta en la interrelación de sus centros en términos de los traslados de los pacientes. En [3], analizamos la evolución global de la red de hospitales a lo largo de las diferentes etapas, observando que la red se organiza en el tiempo. Sin embargo, la visión global provista por la red de traslados inter-hospitalarios pierde el rastro de las trayectorias individuales de los pacientes. En este trabajo abordamos una mirada complementaria, describiendo la dinámica de la Red Sudeste a partir de las trayectorias de sus pacientes, y haciendo foco en cómo estos se mueven a través del sistema hospitalario en términos de la complejidad de los hospitales que atraviesan. Nos preguntamos si hay trayectorias características, cuán representativas son, cuántos traslados involucran y el tipo de egreso que tienen asociado. Se presentan resultados descriptivos de las trayectorias que realizan los pacientes, y se discuten posibles líneas a seguir en términos del modelado de las mismas. A diferencia del análisis agregado de la red, el seguimiento de trayectorias individuales permite vincular los patrones de derivación con el desenlace clínico de cada paciente.

2. Reconstrucción de las trayectorias de los pacientes

La red sudeste se ubica en el Area Metropolitana de Buenos Aires, distribuída entre los municipios de Florencio Varela, Quilmes, Berazategui y Almirante Brown, e incluye un total de 14 hospitales. Los hospitales públicos de la Red

⁴ <https://www.ic.fcen.uba.ar/institucional/herramientas/hospitales-en-red>

Sudeste presentan diferentes capacidades y niveles de complejidad. En particular, las UPAs (Unidades de Pronto Atención) son centros de atención primaria (nivel de complejidad 0), mientras que los Módulos Hospitalarios son centros de salud de alta complejidad (complejidad 3). La red también incluye Hospitales regionales de complejidad intermedia-baja (*Oller* y *Lucio Meléndez*, complejidad 1), e intermedia-alta (*Oñativia*, *Iriarte* y *Mi Pueblo*, complejidad 2), y un hospital central de máxima complejidad a nivel nacional (*El Cruce*, complejidad 4) ubicado en la intersección de los municipios involucrados. La estructura de la red y la dinámica global de traslados entre los hospitales se discute en [3]. El conjunto de datos considerado corresponde a los ingresos registrados mediante el sistema de coordinación de camas [4] durante el período comprendido entre el 01/06/2020 y 31/12/2022. De los 29.697 registros originales, quedan 24.866 dentro del período de estudio tras excluir registros con fechas o IDs faltantes (necesarios para reconstruir la secuencia temporal de cada paciente) y duplicados clínicos (múltiples registros correspondientes a una misma internación). Esta exclusión descarta aproximadamente el 16 % de los registros.

El período se divide en cuatro etapas definidas por el equipo médico que gestiona la red: Primera Ola (01/06/2020 al 31/10/2020, 5443 ingresos y 524 traslados), Intermedio (01/11/2020 al 28/02/2021, 2630 ingresos y 267 traslados), Segunda Ola (01/03/2021 al 31/07/2021, 5895 ingresos y 687 traslados) y Post Vacunación (01/08/2021 al 31/12/2022, 10.898 ingresos y 692 traslados). Con los registros del sistema se construye una base de datos, donde cada registro corresponde al ingreso a un hospital de la red, e indica el ID anonimizado del paciente, fechas de ingreso y egreso, el motivo de egreso y el hospital de destino si corresponde. Identificando entradas con un mismo ID y organizando las temporalmente, reconstruimos la trayectoria de cada paciente en el sistema hospitalario.

Definimos **trayectoria** como la secuencia ordenada de internaciones de un mismo paciente (asociado a un ID anonimizado), desde el ingreso inicial hasta el egreso final. Se retienen únicamente las trayectorias cuyo egreso final es *alta domiciliaria*, *muerte* o *traslado fuera de la red*, resultando en 22.528 trayectorias completas en el período de estudio: 4833 (Primera Ola), 2353 (Intermedia), 5183 (Segunda Ola) y 10.159 (Post-vacunación).

3. Resultados

Las trayectorias pueden involucrar ningún traslado o más de uno. La Fig. 1 muestra la distribución del número de traslados por paciente en cada etapa; en las cuatro etapas la gran mayoría de los pacientes no registra traslados, y la frecuencia decae rápidamente a medida que aumenta su número para las etapas Primera Ola (PO), Intermedio (I), Segunda Ola (SO) y Post Vacunación (PV). La probabilidad de que un paciente con n traslados tenga un traslado más bajo el modelo exponencial resulta $[1,5, 0,75, 3,0] \cdot 10^{-5}$ para PO, I y SO respectivamente, mientras que para la etapa PV se reduce a 10^{-9} , 4 órdenes de magnitud menor.

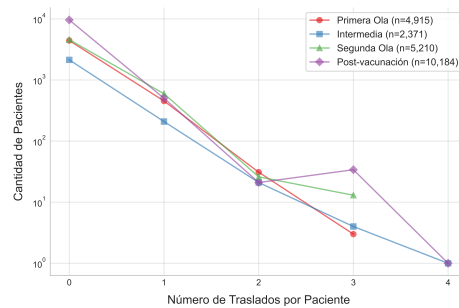


Figura 1. Número de traslados para las distintas etapas. Distribución del número de traslados por trayectoria en cada etapa epidemiológica (PO, I, SO, PV; ver Sección 2). Las cuatro etapas consideradas presentan una estructura cualitativamente similar en términos del número de traslados.

Consideramos cómo la complejidad se mezcla con la longitud de las trayectorias. Consideramos trayectorias con 0 y 1 traslado (más del 99 % del total). En las de 0 traslados (Fig. 2), predominan los niveles de complejidad 2 y 0; el alta es el egreso principal, salvo en los módulos hospitalarios (nivel 3), donde la mortalidad es el desenlace más frecuente.

En las trayectorias con traslados (Fig. 3), destaca el vínculo entre UPA (nivel 0) y Módulo (nivel 3). Los pacientes derivados siguiendo esta trayectoria tienen mayores tasas de alta que los que siguen la trayectoria opuesta Módulo (nivel 3) y luego UPA (nivel 0).

Vemos que los módulos (nivel 3) reciben pacientes de los niveles 0, 2 y 1, sin registrarse flujo entre niveles 1 y 2. Finalmente, los traslados decrecientes hacia el nivel 0 terminan casi exclusivamente en alta, lo que refleja una lógica de derivación por baja gravedad.

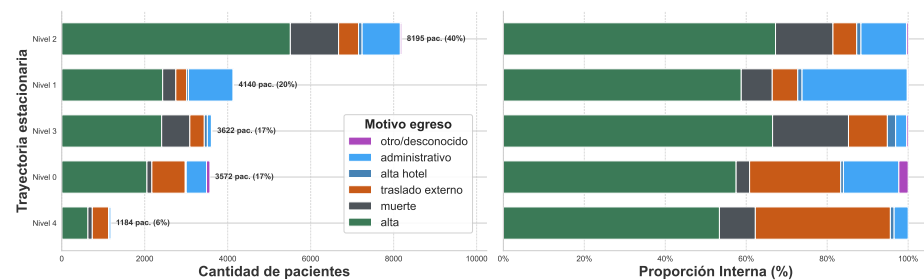


Figura 2. Motivos de alta para trayectorias sin traslados según nivel de complejidad. (Niveles 0-4 definidos en la Sección 2). Cantidad de trayectorias (izquierda) y proporción por motivo de egreso (derecha).

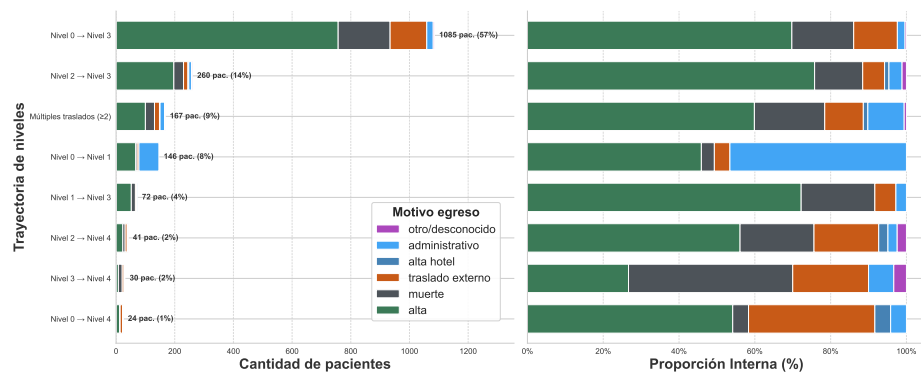


Figura 3. Motivos de alta para trayectorias con traslados según nivel de complejidad. (Niveles 0-4 definidos en la Sección 2). Cantidad de trayectorias (izquierda) y proporción por motivo de egreso (derecha).

4. Proximos pasos

Este análisis preliminar muestra que la mayoría de las trayectorias involucran 0 o un traslado, con el número de traslados distribuido exponencialmente. La complejidad de los centros hospitalarios involucrados distingue distintos tipos de trayectorias típicas, siendo en general un aumento de la complejidad asociado a un aumento en la mortalidad.

Como etapa siguiente, consideraremos la descripción de las distintas trayectorias mediante el uso de modelos compartimentales. En este modelo, el paciente será descrito a través de variables de estado que involucren su riesgo clínico y la complejidad del lugar en el que se encuentra. Contar con un modelo probabilístico de las trayectorias en términos de sus individuos puede ayudar a identificar mejor el rol de los distintos centros hospitalarios en el destino final del paciente y representa un primer paso hacia un modelo dinámico de la red de hospitales, útil para la preparación ante futuros escenarios de crisis.

Referencias

1. D. Alvarez, M. Turkenich, Redes y Territorios: aportes para planificar la política de salud en nuestra región, Universidad Nacional Arturo Jauretche, 2020.
2. A. Yacobitti, et al., Clinical characteristics of vulnerable populations hospitalized and diagnosed with covid-19 in buenos aires, argentina, Scientific Reports 11 (1) (2021) 9679. doi:10.1038/s41598-021-87552-w.
3. T. Cicchini, M. Gonzalez Dardik, A. Salgado, S. Kochen, L. Otero, M. Goldman, L. Boechi, I. Caridi, Patient transfer adaptation through a crisis: The dynamics of a Hospitals Network during the COVID-19 pandemic, in: Anales de las 55 JAHIO - Jornadas Argentinas de Informática, 2026.

4. I. de Cálculo, Herramientas: Hospitales en red, <https://www.ic.fcen.uba.ar/institucional/herramientas/hospitales-en-red>, accedido: 2026 (2020).