

Patient transfer adaptation through a crisis: The dynamics of a Hospitals Network during the COVID-19 pandemic

Tomás Cicchini¹, Micaela Gonzalez Dardik¹, Ariel Salgado¹, Silvia Kochen², Lisandro Otero², Mariano Goldman³, Leonardo Boechi⁴, and Inés Caridi¹

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

`icaridi@ic.fcen.uba.ar`

`https://ic.fcen.uba.ar`

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

³ Desarrollador independiente

⁴ Aristas

Resumen The COVID-19 pandemic plunged healthcare systems worldwide into crisis, forcing pre-existing infrastructures to adapt new conditions. An information system built to organize information on bed availability within the hospital network assisted the Southeast Network, (located in Buenos Aires Province, Argentina) in managing the crisis. The information stored regarding patient transfers within the network allows us to reconstruct the behavior of the network as a whole. This paper studies the network dynamics of the network's operation through these transfers across four distinct stages of the pandemic.

Keywords: Complex Networks , Hospital , Crisis Management , COVID-19

Adaptación de la transferencia de pacientes durante una crisis: La dinámica de una red de hospitales durante la pandemia del COVID-19

Resumen La pandemia de COVID-19 puso en crisis a los sistemas de salud en todo el mundo. Muchas infraestructuras sanitarias preexistentes tuvieron que adaptarse a condiciones nuevas y que además, cambiarían continuamente. Un sistema informático construido al inicio de la pandemia para recolectar, organizar y visualizar información sobre el uso y la disponibilidad de camas en la red hospitalaria ayudó a la Red Sudeste (que involucra 14 hospitales del sudeste de la Provincia de Buenos Aires,

Argentina) en la gestión de la crisis [1,2]. Además, el sistema permitió almacenar información sobre los traslados de pacientes que ocurrieron dentro de la Red. Los traslados representan uno de los rastros digitales posibles para entender cómo se interrelacionaron los hospitales de la red. Este trabajo estudia la dinámica del funcionamiento de la red a través de los traslados a lo largo de cuatro etapas diferenciadas de la pandemia.

Keywords: hospitales en red, covid-19, redes complejas , manejo de crisis

1. Introducción

La pandemia de COVID-19 puso en crisis a los sistemas de salud a nivel mundial. La falta de personal sanitario, de insumos y la saturación de camas hospitalarias fueron algunos de los efectos observados al comienzo. El funcionamiento de hospitales en red es una práctica común que permite optimizar los recursos físicos y humanos en momentos críticos, facilitando la derivación de pacientes de mediana y alta complejidad entre los hospitales que conforman la red [3]. Sin embargo, la pandemia generó cambios abruptos en la coordinación de estas redes. La red Sudeste es una red de hospitales públicos del sudeste del Área Metropolitana de Buenos Aires, que abarca cuatro municipios e incluía originalmente siete hospitales. Crecería en poco tiempo con la construcción de tres Módulos Hospitalarios de alta complejidad y cuatro Unidades de Pronta Atención (UPAS). Se requería actuar rápido, por ejemplo, para organizar la información respecto a la ocupación y disponibilidad de camas de todos los hospitales de la red. Se necesitaba además que esa información estuviera disponible en forma actualizada para todos los hospitales. En este contexto, y a partir de una colaboración con directores y médicos de hospitales de la Red Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, investigadores del Instituto de Cálculo y desarrolladores free-lance, al inicio de la pandemia se implementó un sistema informático para facilitar el funcionamiento de esta red hospitalaria [2].

El sistema informático desarrollado permitió recolectar, organizar y visualizar información sobre el uso y la disponibilidad de camas en la red hospitalaria [1]. Un aspecto clave del funcionamiento en red de los hospitales fue la organización de la información sobre los traslados de pacientes entre los hospitales de la red, así como hacia otros centros preparados durante la pandemia.

Los rastros digitales de los traslados pueden ayudar a entender cómo se interrelacionaron los hospitales de la red y reflejar aspectos de su funcionamiento. En este trabajo se estudia la dinámica de los traslados a lo largo de cuatro etapas diferenciadas que caracterizaron la pandemia en Argentina de acuerdo a lo discutido con el equipo médico. Las etapas se denominan Primera Ola, Intermedia, Segunda Ola y Post-vacunación. La red de hospitales se formaliza en base a los traslados: los nodos representan los hospitales, y sus conexiones se construyen

a partir de la cantidad de traslados entre pares de hospitales. Se presentan resultados de la evolución global de la red a lo largo de las cuatro etapas. Este análisis muestra de forma empírica cómo la red se organizó a lo largo de las etapas, dando lugar a una estructura más ordenada.

2. Materiales y métodos

2.1. Red Sudeste de la Provincia de Buenos Aires

La red sudeste se ubica en el Area Metropolitana de Buenos Aires, distribuída entre los municipios de Florencio Varela (FV), Quilmes (QU), Berazategui (BE) y Almirante Brown (AB), como puede verse en la Fig. 1. Los hospitales públicos de la Red Sudeste presentan diferentes capacidades y niveles de complejidad. En particular, las UPAs (Unidades de Pronta Atención) son centros de atención primaria, mientras que los Módulos Hospitalarios son centros de salud de alta complejidad, funcionando en el mismo predio que las UPAS.

La red involucra también hospitales regionales de complejidad intermedia, como (*Oller, Oñativia, Lucio Meléndez, Mi Pueblo*), así como un hospital central de máxima complejidad a nivel nacional (Hospital El Cruce Néstor Kirchner), conocido como *El Cruce*, ubicado en la intersección entre los municipios, dentro de FV. La red completa entonces involucra 14 centros hospitalarios distribuidos entre once ubicaciones.

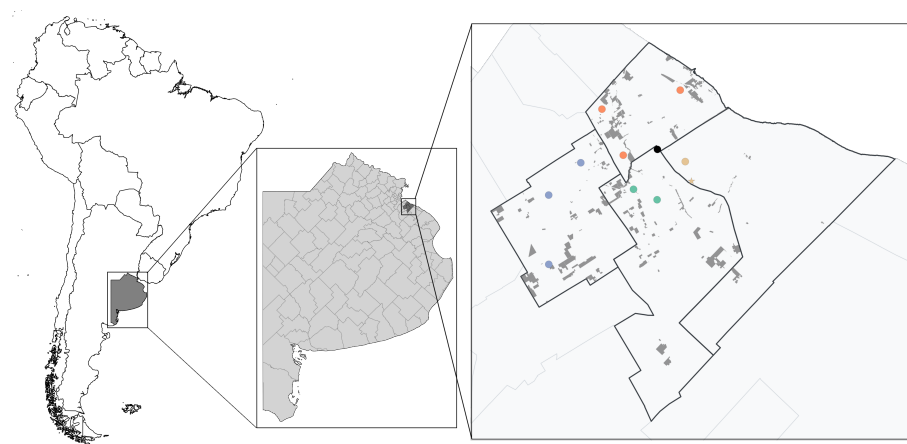


Figura 1. Ubicación de la red sudeste en el noreste de la provincia de Buenos Aires y su posición relativa en Argentina y Sudamérica. Se indican con puntos de colores los distintos hospitales y con polígonos rojos a los barrios populares que se encuentran en la cercanía de la red.

El conjunto de datos corresponde a todos los pacientes ingresados en el sistema y registrados mediante el sistema de coordinación de camas [2] durante el período comprendido entre el 01/06/2020 y 31/12/2022. De los 29.697 episodios registrados en el sistema, se obtuvieron 24.866 episodios válidos (22.661 pacientes únicos) tras aplicar criterios de depuración (identificadores faltantes, fechas inválidas, estadías negativas y duplicados exactos). De estos, se identificaron 2.170 traslados confirmados entre hospitales de la red. Dentro de este período, se identifican las etapas Primera Ola (01/06/2020 al 31/10/2020), Intermedia (01/11/2020 al 28/02/2021), Segunda Ola (01/03/2021 al 31/07/2021) y Post-vacunación (01/08/2021 al 31/12/2022). La evolución semanal de la cantidad de ingresos y traslados puede verse en la Fig. 2.

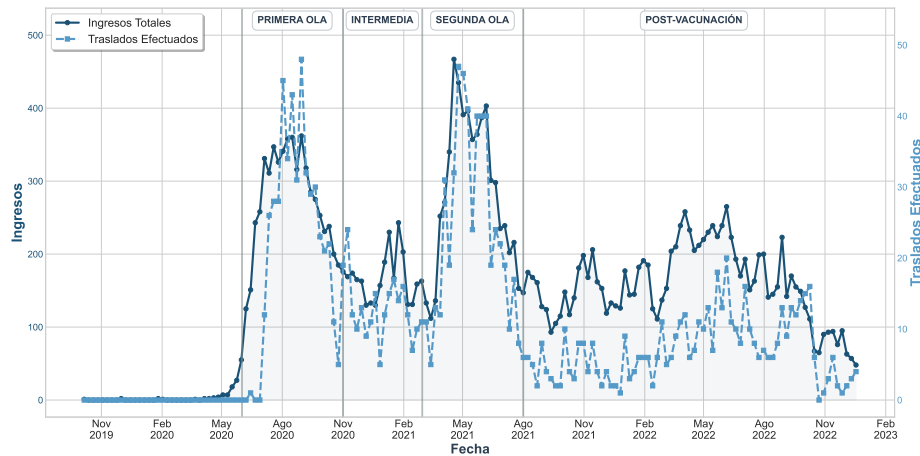


Figura 2. Ingresos totales y traslados efectuados en la red hospitalaria a nivel global desglosados según las diferentes etapas. Se aprecian los picos asociados a las dos olas así como un valle asociado al periodo intermedio. La baja en el número de traslados durante el período post-vacunación representa a su vez una baja en la proporción relativa al número de ingresos.

A partir de la información registrada por el sistema, se puede construir una base de datos que organiza la información de los ingresos a cada centro hospitalario. Cada registro de la base de datos contiene la información de un ingreso a un hospital y contiene los campos: *ID*, que es un identificador anonimizado único asociado al paciente, *fecha y hospital del ingreso*, *tipo de cama al ingreso* (críticas, intermedias o generales), *riesgo clínico* (bien, intermedio o grave), que es el nivel de gravedad del paciente, *riesgo social* (sí o no), *fecha de egreso*, *motivo de egreso* (traslado a otro hospital de la red, a otro hospital externo, alta domiciliaria, traslado a hotel o defunción) y *hospital de destino* si este pertenece a la red Sudeste. El riesgo social es una variable interna definida por el equipo

médico, asociada a la condición socioeconómica del paciente y relevante en un contexto de alto nivel de contagio para las decisiones que los médicos debían tomar, por ejemplo, en relación al alta del paciente.

3. Resultados

3.1. Red de traslados global

Los datos fueron agrupados por identificador de paciente y ordenados cronológicamente según sus fechas de ingreso. Para que un traslado entre dos instituciones sea considerado formalmente como un enlace en la red se exigió que cumpla estos dos criterios: a) el egreso del paciente fue a *otro hospital de la red* y b) la secuencia temporal era razonable (fecha de ingreso al nuevo hospital era posterior o igual al egreso del primer hospital). A partir de los datos registrados, se construyó una matriz origen-destino que captura la cantidad de traslados de pacientes entre los distintos centros de salud. Esta información, junto con la red espacial que representa la matriz se muestran en la Fig. 3.

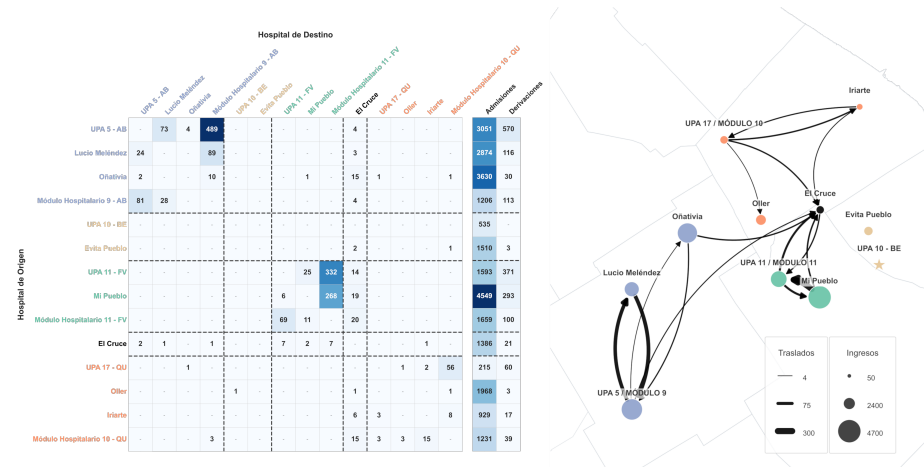


Figura 3. Red global de traslados. (Izquierda) matriz origen-destino de traslados entre centros de salud organizada por municipios, para todo el periodo considerado. (Derecha) red espacial construida usando la misma información que la matriz. Los nodos representan los hospitales y las conexiones el número de traslados. Para facilitar la visualización se descartan conexiones con 3 o menos traslados. Los hospitales del mismo municipio se representan con un mismo color. El Cruce se deja en negro por ser un hospital de máxima complejidad a nivel nacional.

La matriz de origen destino está organizada por Municipios, con los colores de los hospitales indicando el municipio al cual pertenecen. Del análisis de la matriz

se evidencia que los traslados ocurren principalmente dentro de cada municipio y hacia o desde el hospital El Cruce. Específicamente, 2035 movimientos fueron de carácter intramunicipal y 129 involucraron a El Cruce, mientras que apenas 6 traslados ocurrieron entre municipios distintos (ver Fig. 3, panel izquierdo). En la matriz de transición también se puede observar como dentro de cada bloque (municipio) la diagonal superior tiende a ser mayor que la inferior. Esto indica que los traslados tienen a mover a los pacientes a hospitales de mayor complejidad, siempre manteniéndose dentro del municipio.

Por esta razón, y con el fin de reducir el ruido generado por derivaciones excepcionales, se aplicó un umbral eliminando de la red global las conexiones que involucran 3 traslados o menos, que representan el 3,8 % de los traslados totales. Con esta información filtrada, se construyó una red dirigida y pesada, donde los nodos representan a los hospitales y el peso de los enlaces corresponde al número de traslados entre dos hospitales (Fig. 3, panel derecho)

La Fig. 3 muestra que la Red Sudeste funcionó principalmente a nivel intramunicipios, conectados a través del hospital El Cruce. La red obtenida se presenta en la Fig. 3 para el período completo considerado. Como los *Módulos Hospitalarios* y las UPAs pertenecen al mismo espacio físico, decidimos en esta red global representarlos con un mismo nodo para priorizar la representación geográfica. Sin embargo, como en la práctica funcionan como centros de salud distintos (incluso de diferente complejidad), se consideraron nodos diferentes de la red. En las redes de traslados por etapas los representamos como nodos separados y ligeramente desplazados lo que permite observar la gran cantidad de traslados entre ellos. Por estar en un mismo predio, asumimos que estos traslados se realizaron sin necesidad de usar ambulancias.

La cantidad diaria de admisiones de pacientes y de traslados entre centros de salud varió a lo largo de la pandemia, junto a la dinámica del funcionamiento de la red. Para visualizar este cambio, construimos las redes para cada etapa, dividiendo los datos en Primera Ola, Intermedia, Segunda Ola y Etapa post vacunación (Fig. 4).

Esta representación permite estudiar propiedades estructurales de la red global desde una perspectiva sistémica, abstrayéndose de los ingresos y traslados particulares [4]. En el Cuadro 1 se presentan medidas que resumen ciertas características de la red en las diferentes etapas. En primer lugar, si bien los primeros tres períodos abarcan una cantidad similar de días, la cantidad de admisiones varía significativamente, siendo la Primera y Segunda Ola donde mayor promedio diario de ingresos y traslados se observa. Por otro lado, un dato relevante para dar cuenta del funcionamiento cada vez más concentrado de la red es la evolución del porcentaje de traslados en ambulancia: 53,1 % en la Primera Ola, 54,3 % en la Intermedia, 30,7 % en la Segunda Ola y 17,5 % en la etapa Post-vacunación, con una tendencia decreciente.

En este mismo sentido, el marcado aumento de la cantidad de traslados por ruta o enlace (de 15.4 a 38.4 entre la Primera Ola y la etapa Post-vacunación) muestra cómo el funcionamiento de la red se volvió más concentrado y ordenado.

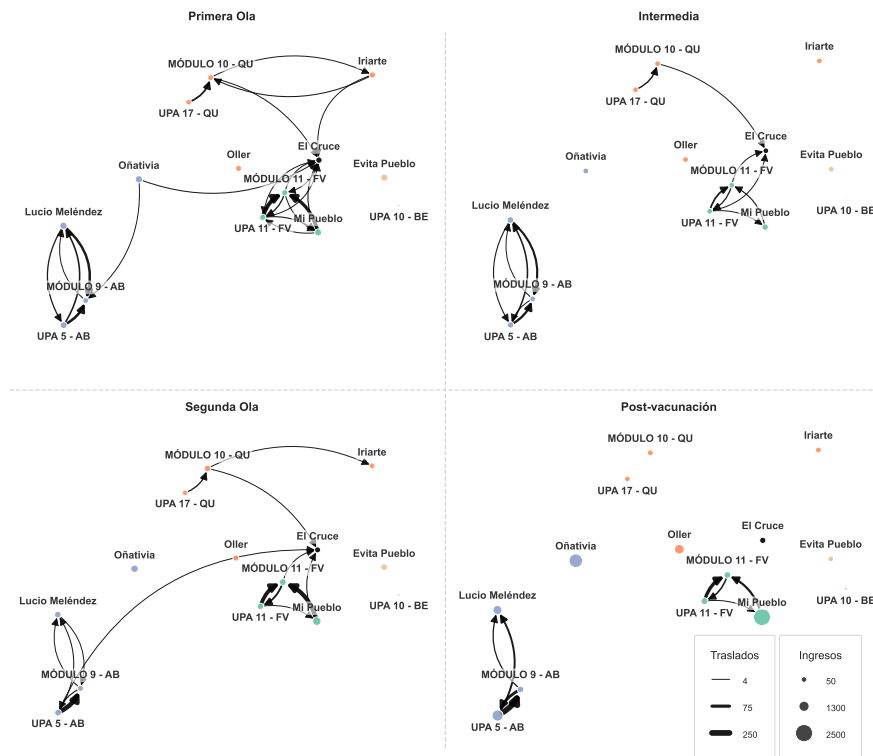


Figura 4. Red de hospitales separada por períodos, utilizando el mismo filtrado de aristas que en la red global. Se observa cómo los enlaces tienden a concentrarse localmente a nivel municipal a medida que avanza el tiempo, salvo para aquellas conexiones con *El Cruce*, que se mantienen salvo para el período de Post-vacunación.

Discusión y pasos a futuro

La metodología propuesta permite construir una red entre hospitales para analizar aspectos del funcionamiento de la Red Sudeste a través de sus traslados. Además, al utilizar la caracterización temporal de los traslados, podemos estudiar la evolución de la red a lo largo del tiempo. Estos resultados preliminares contribuyen a una mejor comprensión del comportamiento de la Red Sudeste a lo largo de la pandemia de COVID-19 y luego de ella. En particular, el análisis de la red agregada muestra que el sistema está fragmentado por Municipios, siendo *El Cruce* el nodo que conecta los centros de salud de diferentes municipios. Esto tiene sentido, ya que el hospital *El Cruce* presenta el mayor nivel de complejidad de la Red Sudeste, al recibir pacientes de alto riesgo procedentes de múltiples centros de salud. Además, el análisis por etapas confirma que los traslados se hicieron más eficientes, ya que el uso de ambulancias se redujo a lo largo de las etapas.

Métrica	Primera Ola	Intermedia	Segunda Ola	Post-vacunación
Días totales	153	120	153	518
Admisiones (Prom/día)	5443 (35.6)	2630 (21.9)	5895 (38.5)	10898 (21.0)
Pacientes únicos	4915	2371	5210	10184
Traslados (% admisiones)	524 (9.6 %)	267 (10.2 %)	687 (11.7 %)	692 (6.3 %)
Pacientes trasladados	487	235	635	566
Traslados/día	3.4	2.2	4.5	1.3
Traslados en ambulancia (% total)	278 (53.1 %)	145 (54.3 %)	211 (30.7 %)	121 (17.5 %)
Traslados UPA-Módulos	246	122	476	571
Rutas UPA-Módulos	6	5	6	6
Enlaces Ambulancia	34 28	26 21	29 23	18 12
Traslados/enlace Ambulancia	15.4 9.9	10.3 6.9	23.7 9.2	38.4 10.1

Cuadro 1. Resumen estadístico de admisiones y traslados hospitalarios por período. Se observa cómo el funcionamiento de la red tiende a concentrarse espacialmente, por ejemplo en la disminución del porcentaje de traslados en ambulancia a lo largo de las etapas, con diferencias entre períodos.

Actualmente, nuestro trabajo se centra caracterizar cómo las trayectorias de los pacientes desde su ingreso hasta su egreso de la red se ven afectadas por el nivel de complejidad de los hospitales que atraviesan [5]. El objetivo final es producir un modelo de la red hospitalaria y su dinámica de transferencia de pacientes que permita planificar de la mejor manera acciones frente a futuras crisis sanitarias.

Referencias

1. 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.
2. I. de Cálculo, Herramientas: Hospitales en red, <https://www.ic.fcen.uba.ar/institucional/herramientas/hospitales-en-red>, accedido: 2026 (2020).
3. D. Alvarez, M. Turkenich, Redes y Territorios: aportes para planificar la política de salud en nuestra región, Universidad Nacional Arturo Jauretche, 2020.
4. K. Kohler, M. D. Jankowski, T. Bashford, et al., Using network analysis to model the effects of the sars-cov-2 pandemic on acute patient care within a healthcare system, Scientific Reports 12 (2022) 10050.
5. M. Gonzalez Dardik, T. Cicchini, S. Kochen, L. Otero, M. Goldman, L. Boechi, I. Caridi, A. Salgado, Trayectorias de complejidad variable: transferencia interhospitalaria de pacientes durante la pandemia del COVID-19, in: Anales de las 55 JAIIO - Jornadas Argentinas de Informática, 2026, enviado para publicación.