

EVALUACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD A SERVICIOS DE DIÁLISIS PARA USUARIOS DEL SERVICIO DE SALUD METROPOLITANO SUR ORIENTE

ASSESSMENT OF ACCESSIBILITY TO DIALYSIS SERVICES FOR USERS OF THE SOUTH EASTERN METROPOLITAN HEALTH SERVICE.

Felipe Portales¹, Manuel Fuenzalida², Daniela Núñez¹, Francisco Suárez¹

RESUMEN

¹ Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente.

² Universidad Alberto Hurtado.

Correspondencia:
fportales.or@gmail.com

Introducción: El objetivo principal fue evaluar la accesibilidad a los servicios de diálisis en el área urbana del Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente de Chile (SSMSO), utilizando el modelo de acceso basado en agentes racionales (RAAM).

Materiales y métodos: Se calculó la oferta y demanda de servicios mediante un proceso de geocodificación de direcciones y posterior agregación territorial a nivel de unidades vecinales con ayuda de la librería de análisis espacial ‘Geopandas’ de Python. A continuación, se estimaron tiempos de transporte en automóvil a través del motor de ruteo R5py para finalmente ejecutar el modelo.

Resultados: Los valores estandarizados del modelo RAAM nos permitieron identificar ciertas unidades vecinales que presentan altos costos de accesibilidad, con valores entre un 13% y 19% sobre el promedio del área de estudio en los dos escenarios que se evaluaron (26 y 13 minutos, respectivamente).

Discusión: Los sectores con mayores dificultades para acceder a este tipo de servicio se encuentran distribuidos en las comunas de La Florida, San Ramón, La Granja y La Pintana. Por otro lado, la comuna de Puente Alto en general presenta mejores indicadores. Estos resultados pueden apoyar la toma decisiones en materia de acceso potencial a servicios de diálisis, las cuales se pueden sustentar en distintas configuraciones de oferta y demanda. El método empleado puede ser replicado para identificar brechas de accesibilidad a escala local en servicios de urgencias o especialidades médicas.

Palabras clave: Accesibilidad a Servicios de Salud, Análisis espacial, Diálisis, Desigualdades en Salud.

ABSTRACT

Introduction: The primary goal was to assess the accessibility of dialysis services in the urban area of the Metropolitan Health Service Southeast of Chile (SSMSO) using the rational agent-based access model (RAAM).

Materials and methods: The supply and demand for services were assessed by geocoding addresses and aggregating data at the neighborhood level, utilizing the Python spatial analysis library, Geopandas. Subsequently, transportation times by car were estimated using the R5py routing engine to execute the model.

Results: The standardized values of the RAAM model enabled us to identify specific neighborhood units that have high accessibility costs. These costs are between 13% and 19% higher than the average for the study area in both evaluated scenarios (26 minutes and 13 minutes, respectively).

Discussion: The sectors experiencing the greatest challenges in accessing this type of service are located in the La Florida, San Ramón, La Granja, and La Pintana communes. In contrast, the Puente Alto commune generally shows better access indicators. These findings can aid in decision-making related to potential access to dialysis services, which can be based on various configurations of supply and demand. This method can also be applied to identify accessibility gaps at the local level for emergency services or medical specialties or medical specialties.

Keywords: Health Services Accessibility, Spatial Analysis, Dialysis, Health Inequities.

Recibido: 21-06-2024

Aceptado: 17-04-2025

Publicado: octubre 2025

DOI: 10.5354/0719-5281.2025.75004

INTRODUCCIÓN

La importancia de la accesibilidad espacial a centros de salud depende del tipo y la severidad de la enfermedad que el paciente tiene. Si se comienza por la definición etimológica de la palabra “accesibilidad”, se encuentra que es definido como una forma de acercarse, alcanzar o entrar en un lugar, como el derecho u oportunidad para alcanzar, usar o visitar.^{1,2} Aquí se observan dos tendencias en las definiciones de “accesibilidad”, relacionadas con los planteamientos metodológicos. Primero, se piensa en términos del ajuste y articulación entre las características de los servicios y las características de la población. Segundo, se homologa a la “utilización” de los servicios.³ Para la primera tendencia, son importantes las dimensiones económicas, administrativas, culturales y de seguridad. Para la segunda, cobran relevancia las dimensiones territoriales y geográficas. Se utilizará esta última.

Para sustentar sus vidas, los pacientes que se someten a hemodiálisis deben desplazarse hacia los centros de diálisis tres veces a la semana.⁴ Existe una relación comprobada entre los tiempos de traslado de esos pacientes desde su domicilio hasta el centro de diálisis, sus tasas de mortalidad y estado de salud.^{5,6}

En Chile, se ha observado un crecimiento sostenido en la tasa de personas que requieren hemodiálisis en los últimos 20 años. En el año 2000 se registró una tasa de 473 personas por millón de población, subiendo a 1.217 personas por millón de población para el año 2022,⁷ lo que significa un aumento de 158,3% en el número de pacientes en hemodiálisis en este período de tiempo.

Con el objetivo de disminuir los tiempos de traslado y mejorar la calidad del servicio provisto, la distribución de los centros de diálisis debería basarse principalmente en la necesidad actual de las zonas donde los pacientes residen.^{8–10} En ese sentido, es de interés para este estudio evaluar cuáles son las áreas que presentan más desventajas respecto del acceso a servicios de salud.

En estudios pasados, la accesibilidad a los servicios ha sido comúnmente medida a través de los tiempos de transporte entre la residencia de los pacientes y el centro más cercano,^{4,11,12} pero también se han empleado métodos más sofisticados como el de zonas de captación flotantes de dos etapas (2SFCA, acrónimo inglés) y sus mejoras (E2SFCA, acrónimo en inglés). Los tiempos de transporte se vinculan con una de las dimensiones geográficas de la accesibilidad espacial, siendo la otra la disponibilidad.¹ Por otro lado, están las dimensiones no geográficas que según la literatura corresponden a la acomodación, la asequibilidad y aceptabilidad.^{14–16} Dentro de estas distinciones también se encuentran dos enfoques que corresponden al acceso potencial y el acceso materializado.¹⁷ El primero es simplemente definido como la presencia de servicios sanitarios habilitantes, mientras que el segundo es el uso actual de estos servicios.¹⁸

Nos enfocaremos en el acceso espacial potencial, que normalmente se vincula a los esfuerzos que se realizan para identificar comunidades con bajos niveles de acceso e implementar políticas para mejorar la disponibilidad, los cuales se basan en la relación geográfica entre la población y los servicios esenciales de salud.¹⁹

Este trabajo se emplaza en el territorio del Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente (SSMSO) de Santiago, el cual comprende las comunas de San Ramón, La Granja, La Pintana, San José de Maipo, Pirque, La Florida y Puente Alto; siendo estas las últimas las que cuentan con una de las poblaciones más numerosas de Chile (366.916 y 568.106 personas respectivamente).²⁰ Con el fin de realizar un análisis a una escala local, examinaremos las unidades vecinales presentes en el área urbana, las cuales corresponden a la primera subdivisión comunal, para efectos de descentralizar asuntos comunitarios y promover la participación ciudadana y la gestión comunitaria, y en el cual se constituyen y desarrollan sus funciones las juntas de vecinos²¹.

La pregunta de investigación se centra en evaluar la accesibilidad espacial a los servicios de diálisis, mediante el modelo de acceso basado en agentes racionales (RAAM). Para ello se busca calcular los tiempos de desplazamiento entre cada origen y destino utilizando el modelo RAAM y analizar las desigualdades de acceso a los servicios de diálisis.

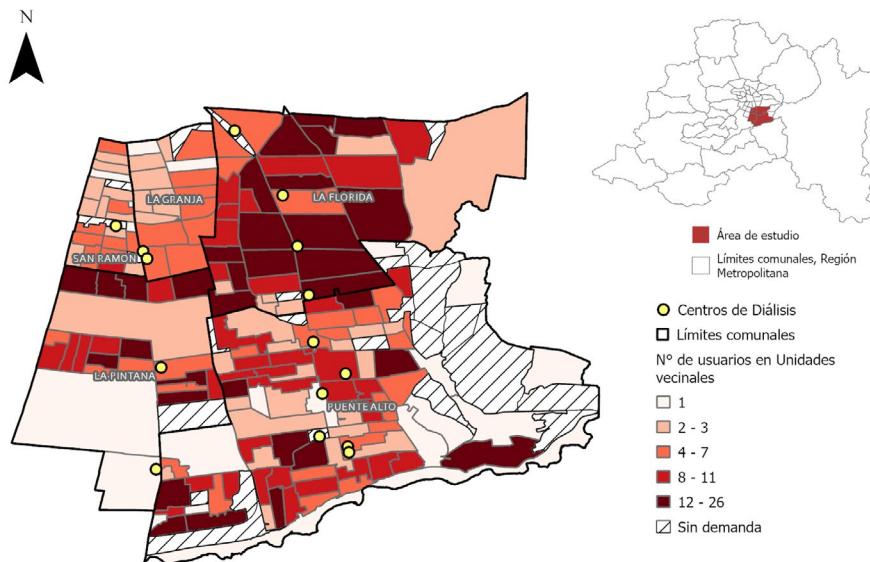
MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se consideraron las 201 unidades vecinales que integran el área urbana del SSMSO como territorios de estudio, sobre las cuales se localizaron los centros de diálisis y los usuarios que demandan servicios de diálisis (véase figura 1). Cabe mencionar que dos de estas unidades vecinales ubicadas al oriente de las comunas de La Florida y Puente Alto se redimensionaron mediante un geoprocесamiento de recorte espacial para ajustar a la superficie urbana, excluyendo áreas rurales. De este modo se evitaron sobreestimaciones en los posteriores cálculos de tiempos de transporte.

Para utilizar el modelo de accesibilidad se generaron tres entradas de información. Una entrada indica la oferta (distribución geográfica de los servicios y su capacidad) y demanda (distribución geográfica de la población que necesita un servicio). Por otro lado, se generó una matriz con los tiempos de desplazamiento entre todas las áreas de análisis.

Figura 1: Área de estudio. Distribución territorial de la oferta (Centros de Diálisis) y demanda (Usuarios en unidades vecinales)



Fuente: Elaboración propia. Valores clasificados en quintiles.

Datos de oferta y demanda

Los datos de usuarios que demandan servicios de diálisis fueron obtenidos desde el repositorio de datos del Departamento de Estadísticas, Análisis y Gestión de la Información en Salud del SSMSO, con previa aprobación ejecutiva del Comité de Evaluación Ético Científico. Se identificaron 1.392 usuarios que demandaban servicios de diálisis para el periodo de abril del 2023. Las direcciones residenciales se estandarizaron y estructuraron a través de la librería 'Pandas'²² de Python. Luego se geocodificaron estos datos mediante consultas a las APIs de Google Maps y Tomtom. Finalmente, cada ubicación particular fue asociada a una unidad vecinal mediante el geoprocreso 'spatial join' de la librería de Python 'Geopandas'.²³

Por otro lado, la Seremi de Salud Metropolitana dispone públicamente en su Geoportal el catastro georreferenciado de centros de diálisis con datos de dirección y el número de unidades de diálisis que tiene cada uno. Desde esta fuente se descargó el catastro vigente para el año 2023, el que cuenta con 15 centros de diálisis en el área de estudio.

Cálculos de tiempos de desplazamiento

Generamos la matriz de tiempos de desplazamiento con la ayuda de R5py,²⁴ una librería de Python que permite calcular tiempos de desplazamiento a gran escala y en distintas modalidades (automóvil privado, bicicleta, a pie y transporte público). Para todos los cálculos R5Py requiere un maestro de redes viales proveniente de Open Street Maps (OSM) en formato pbf (Protocol buffay binary). El motor de enrutamiento de R5py, en

primer lugar, crea una red según el tipo de transporte indicado. En nuestro caso el automóvil fue seleccionado, por lo tanto, sólo las redes viales aptas para este medio de transporte fueron consideradas. Luego el modo de optimización "tiempo de viaje" (la otra opción es distancia) fue escogido para obtener las rutas más rápidas entre cada origen y destino, que en nuestro caso corresponden a los centros geométricos de las unidades vecinales. Asimismo, las ubicaciones de los centros de diálisis fueron reemplazadas por el centro geométrico de la unidad vecinal en donde están situados.

A partir de la información de OSM y las definiciones descritas anteriormente, el algoritmo toma en cuenta las rutas viales, restricciones (tales como el sentido único o límites de velocidad), conexiones entre nodos y velocidades predeterminadas por tipo de red vial para determinar las rutas más efectivas. Más detalles se pueden encontrar en los trabajos de Conway *et al.* 2017²⁵ y 2018²⁶.

Este estudio considera únicamente el automóvil como medio de transporte, asumiendo que los centros de diálisis proporcionan un servicio de transporte privado, dado que una proporción importante de los usuarios presenta dificultades de movilidad. No obstante, para traslados más rutinarios o de menor urgencia –por ejemplo, viajes con destino a centros de atención primaria– los usuarios adicionalmente podrían utilizar otros medios de transporte, tales como el transporte público, y sería necesario considerar esta opción para estimar los tiempos de viaje.

Modelado de la accesibilidad

Utilizamos el modelo de acceso basado en agentes racionales,²⁷

el cual ofrece varias ventajas con respecto al método E2SFCA, considerando el estado del arte para estos propósitos. El principal aporte de RAAM es que permite las interacciones entre usuarios (agentes), los que evitan los centros congestionados o prefieren los disponibles. Se modelan los agentes como aquellos que buscan atención en el servicio con el menor costo combinado de tiempo de viaje más la congestión existente en el punto de atención²⁷. Los centros congestionados podrían ser menos valorados, pero no son evitados. Tener en cuenta las preferencias de los usuarios permite “efectos en cascada”, donde las elecciones de algunos aliviarán la congestión de otros.²⁸

El modelo de acceso basado en agentes racionales se define mediante la siguiente fórmula matemática:

$$RAAM(r, l) \equiv \frac{\sum_r d_{rl}/s_l}{\rho} + \frac{t_{rl}}{\tau}$$

Donde la demanda de los residentes de r en l es representada por d_{rl} y el suministro o capacidad de los servicios de diálisis en la ubicación l se define mediante s_l . Por otro lado, los tiempos de desplazamiento (costo de viaje) se expresan en t_{rl} .

τ o tau, representa un parámetro normalizado para los costos de viaje, que en nuestro caso se definirá como el tiempo máximo (en minutos) que los usuarios están dispuestos a emplear para llegar a la ubicación del centro de atención (ejemplo: 60

minutos en automóvil). ρ representa la proporción -general, de toda el área de estudio- de usuarios por unidades de diálisis. En la fórmula, la congestión corresponde a la tasa de oferta y demanda, y se escala según el promedio del punto de origen para la oferta y la demanda de un servicio, que es esencialmente el promedio normalizado para un área.²⁷

Respecto de la demanda, se asume que los usuarios buscarán atención en el centro que representa menos costo, entonces, la elección de un agente en r se puede expresar mediante la siguiente regla de decisión:²⁹

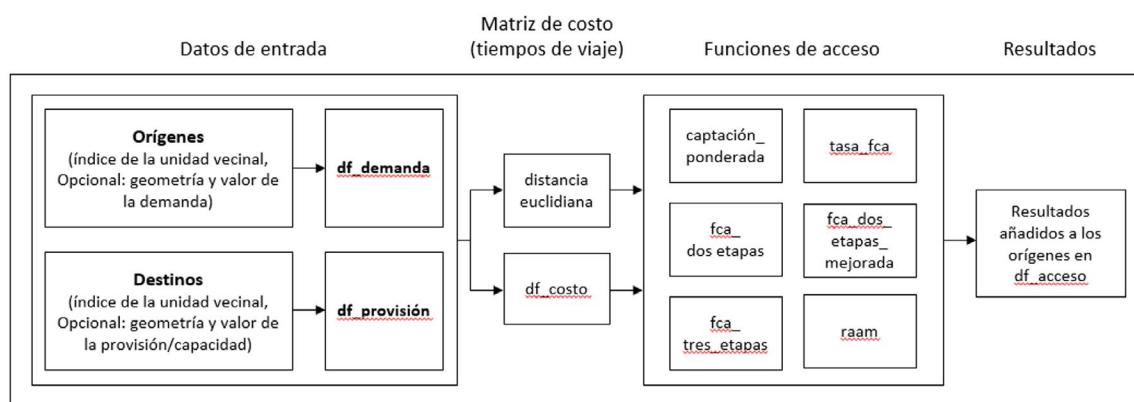
$$\operatorname{argmin}_l [RAAM(r, l)]$$

Los resultados del modelo representan un valor de costo respecto del acceso a los servicios de salud, por lo tanto, valores altos de RAAM significan menores niveles de acceso.

Ejecución del modelo

RAAM fue ejecutado a través de la librería Access (esquema de ejecución en figura 2), desarrollada en Python por Saxon et al. (2022). Cabe mencionar que para este estudio no estimamos las distancias euclidianas dentro de la matriz de costo y utilizamos sólo la función de acceso del modelo RAAM.

Figura 2: Arquitectura librería PySAL Access



* df: corresponde al objeto en Python que almacena los datos
 * fca: modelo de áreas de captación flotante

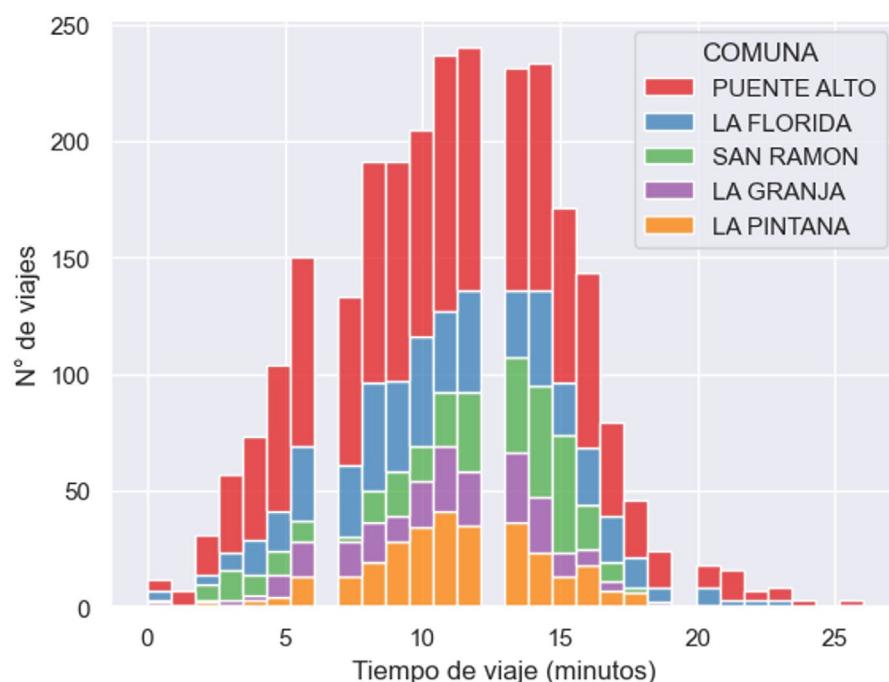
Fuente: Adaptado de²⁷.

RESULTADOS

En primera instancia, se obtuvieron los tiempos de transporte entre los centroides de las unidades vecinales y los centros de

diálisis. En la figura 3 se observa la distribución de los tiempos de cada viaje según la comuna de origen.

Figura 3: Frecuencia de los tiempos de transporte entre orígenes y destinos



Fuente: Elaboración propia. Se considera como origen el centroide de cada unidad vecinal y los destinos corresponden a los 15 centros de diálisis presentes en el área de estudio.

En promedio, un viaje demora 12 minutos, mientras el viaje más extenso demoraría 26 minutos aproximadamente.

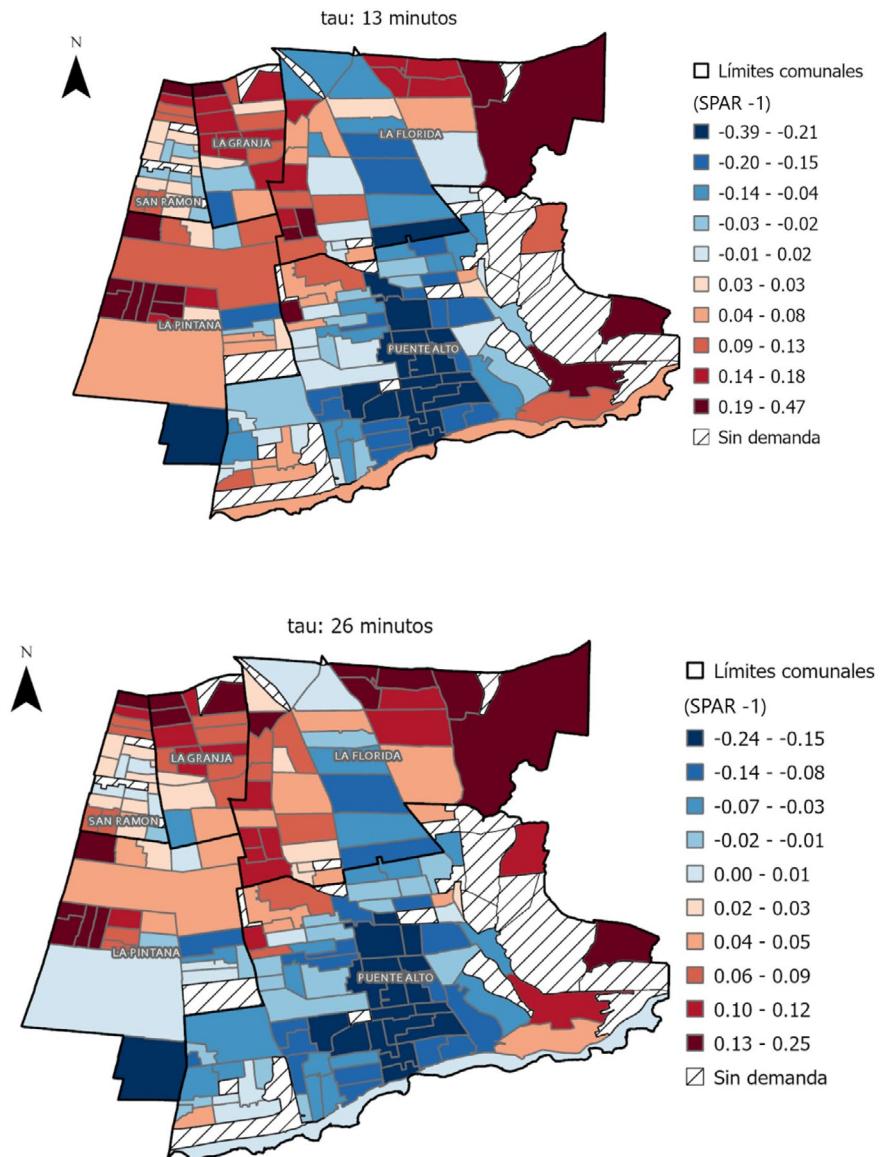
Teniendo estos resultados en consideración, modelamos la accesibilidad espacial mediante dos escenarios: uno en el cual los usuarios están dispuestos y se pueden desplazar a cualquiera de los centros presentes en el área de estudio ($\tau_{\text{au}}=26$ minutos, que corresponde al viaje más largo), y otro en el cual viajarán como máximo 13 minutos, lo que reduciría sus opciones para obtener un servicio.

Los resultados de la accesibilidad espacial estimada se estandarizaron mediante la razón de acceso espacial (SPAR en la literatura anglosajona)³⁰ menos uno para obtener una medida que indica la desviación fraccional respecto del costo de

accesibilidad promedio obtenido en toda el área de estudio ($RAAM(r)/RAAM - 1$). A modo de ejemplo, un valor 0.3 nos indicará que esa unidad vecinal presenta un costo de accesibilidad que es un 30% más alto que el promedio del SSMSO.

Las unidades vecinales que están dentro del decil con mayores costos de accesibilidad (color rojo oscuro en la figura 4) tienen desde un 19% más de costo con respecto al promedio del SSMSO para el primer escenario ($\tau_{\text{au}}=13$ minutos) y desde un 13% más de costo para el segundo ($\tau_{\text{au}}=26$ minutos).

Figura 4: Comparativa de los costos de accesibilidad en unidades vecinales

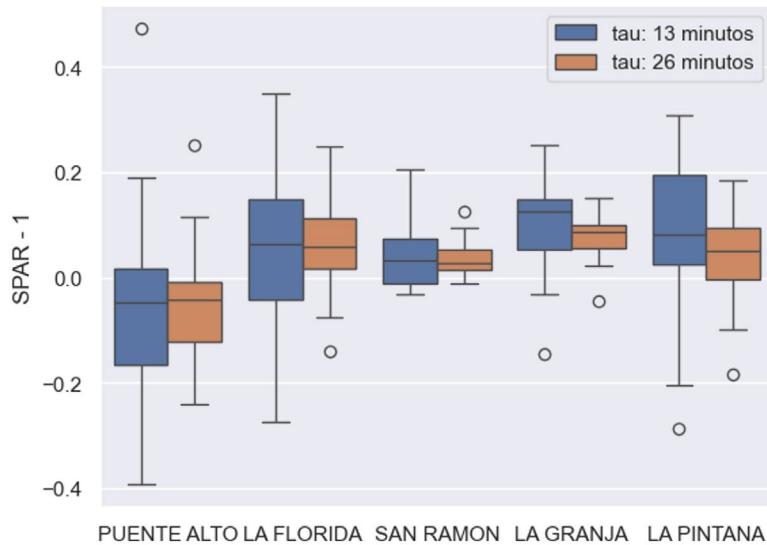


Fuente: Elaboración propia. Valores expresados como la desviación fraccionaria con respecto al promedio del Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente (SPAR-1). Valores clasificados en deciles.

Las áreas que presentarían mayor dificultad para acceder a un servicio de diálisis se encuentran principalmente al norte de las comunas de San Ramón y La Granja, mientras en La Florida están situadas al nor-oriente de la comuna y en La Pintana al poniente de su territorio. Finalmente, Puente Alto cuenta con costos de accesibilidad considerablemente más bajos en la mayoría de su territorio, lo que la convierte en la comuna con mejor accesibilidad a centros de diálisis.

La figura 5 evidencia la distribución de los valores SPAR-1 según la comuna a la que pertenece cada unidad vecinal. Tal como se mencionó anteriormente, Puente Alto presenta la mediana de costos más baja en los dos supuestos evaluados, estando incluso bajo el promedio. Por otro lado, las otras comunas presentan una mediana superior al promedio del SSMO.

Figura 5: Distribución del costo relativo de la accesibilidad, agrupado por comuna



Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los dos escenarios, resulta evidente que la simulación con $\tau=26$ presenta costos de accesibilidad más bajos comparados al parámetro $\tau=13$, ya que en dicho contexto los usuarios tendrían más opciones para atenderse. Puente Alto es la excepción, ya que es la comuna que con mayor oferta en su territorio y podría recibir más demanda proveniente de comunas más alejadas que tienen centros más congestionados.

DISCUSIÓN

El modelo RAAM de cuantificación de la accesibilidad espacial, al tener como soporte tecnológico una infraestructura abierta, permite realizar investigaciones detalladas del efecto de la accesibilidad en una variedad de fenómenos sociales, como el de la salud.²⁷ También, tienen amplia aplicación en la investigación de desigualdades geográficas en salud.³¹

Nuestro caso de estudio indica que el modelo RAAM puede ayudar a distinguir aquellas zonas que se encuentran en desventaja bajo distintos supuestos (en términos del tiempo de transporte que los usuarios de los servicios están dispuestos a utilizar). Estos supuestos son los que nos permiten evaluar distintos niveles de congestión de los servicios, por tanto, en el futuro se podrían evaluar distintas configuraciones asumiendo un posible aumento en la oferta de servicios en los centros que ya están presentes, la construcción de nuevos centros de diálisis o el aumento de la demanda.

La preocupación sobre la apertura o cierre de instalaciones y la distancia recorrida para recibir atención de diálisis es un asunto vigente en diversas partes del mundo. Así, encontramos trabajos en EEUU,³² Europa³³⁻³⁵ y Latinoamérica.^{36,37} Es im-

portante aclarar que nuestro análisis se enfocó en las unidades vecinales situadas en la zona urbana del área de estudio. Esta decisión se basó principalmente en que prácticamente toda la demanda proviene de esta zona. Según los datos disponibles, los usuarios que residen en áreas rurales representan sólo el 2,8% de la demanda de los servicios que estamos considerando en este estudio. Por tanto, aunque se pudiera encontrar una brecha de accesibilidad en áreas rurales debido a tiempos de transporte extensos, en muchos casos no se justificaría una ampliación de la oferta debido a la baja demanda que existe.³⁸

Por otro lado, sería ideal realizar un análisis de accesibilidad de este tipo a nivel regional, para evitar el “problema de la unidad espacial modificable”,^{39,40} ya que no estamos considerando la demanda de usuarios que residen fuera del territorio del SSMSO. De esa manera podríamos estimar un promedio de costo de accesibilidad ajustado a nivel regional, lo que sería óptimo para evidenciar las desigualdades de acceso bajo una perspectiva global.

Según nuestro conocimiento, es primera vez que se aplica esta metodología para analizar brechas de accesibilidad en salud en Latinoamérica. Resultaría interesante aplicar este modelo con otra clase de servicios sanitarios como urgencias o acceso a distintas especialidades en los establecimientos de la red. De esta forma se convertiría en una herramienta útil al momento de determinar una nueva prestación o aumento en la cartera de servicio de un hospital.

Por último, cobra relevancia destacar la posibilidad de contar con datos geolocalizados al menor nivel de desagregación (ubicación residencial de usuarios). En muchos casos, los investigadores sólo cuentan con información agregada en áreas

que no permiten evaluar necesidades específicas de oferta de servicios sanitarios. En ese sentido, el SSMSO ha elaborado un proceso metodológico de geolocalización con el fin de discernir las brechas territoriales que existen respecto de las necesidades y el estado de salud de sus usuarios.

Fuente de apoyo económico: Ninguna

Declaración conflicto de intereses: Informamos la inexistencia de cualquier tipo de conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Báscolo E, Houghton N, Del Riego A. Lógicas de transformación de los sistemas de salud en América Latina y resultados en acceso y cobertura de salud. *Rev Panam Salud Pública*. 2018;42. doi: 10.26633/rpsp.2018.126.
2. Rivera O, Rivera I, Bonilla C. Determinantes del acceso a los servicios de salud y adherencia al tratamiento de la tuberculosis. *Rev Cuba Salud Pública*. 2020;46(4).
3. Fuentes Reverón S. El acceso a los servicios de salud: consideraciones teóricas generales y reflexiones para Cuba. *Rev Cuba Salud Pública*. 2017;43(2).
4. Matsumoto M, Kashima S, Ogawa T, et al. Do rural and remote areas really have limited accessibility to health care? Geographic analysis of dialysis patients in Hiroshima, Japan. *Rural Remote Health*. 2013;13(3). doi: 10.22605/rhh2507.
5. Moist LM, Bragg-Gresham JL, Pisoni RL, et al. Travel Time to Dialysis as a Predictor of Health-Related Quality of Life, Adherence, and Mortality: The Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). *Am J Kidney Dis*. 2008;51(4). doi: 10.1053/j.ajkd.2007.12.021.
6. McDonald SP, Ullah S, Dansie K, et al. The Burden of Travel-Time and Distance Traveled for Hemodialysis Patients in Australian Major City Areas. *Kidney Int Rep*. 2023;8(5). doi: 10.1016/j.ekir.2023.02.1077.
7. Poblete Badal H, Ortiz MAM. XLII Cuenta de Hemodiálisis Crónica (HDC) en Chile (Al 31 de Agosto de 2022). Cuenta de Diálisis Peritoneal (PDC) en Chile (Diciembre 2021). 2022.
8. Azar AT. The influence of maintenance quality of hemodialysis machines on hemodialysis efficiency. *Saudi J Kidney Dis Transplant Off Publ Saudi Cent Organ Transplant Saudi Arab*. 2009;20(1).
9. Rucker D, Hemmelgarn BR, Lin M, et al. Quality of care and mortality are worse in chronic kidney disease patients living in remote areas. *Kidney Int*. 2011;79(2). doi: 10.1038/ki.2010.376.
10. Thompson S, Gill J, Wang X, et al. Higher mortality among remote compared to rural or urban dwelling hemodialysis patients in the United States. *Kidney Int*. 2012;82(3). doi: 10.1038/ki.2012.167.
11. Casas I, Delmelle E, Delmelle EC. Potential versus revealed access to care during a dengue fever outbreak. *J Transp Health*. 2017;4. doi: 10.1016/j.jth.2016.08.001.
12. Stephens JM, Brotherton S, Dunning SC, et al. Geographic disparities in patient travel for dialysis in the United States. *J Rural Health*. 2013;29(4). doi: 10.1111/jrh.12022.
13. Mao L, Nekorchuk D. Measuring spatial accessibility to healthcare for populations with multiple transportation modes. *Health Place*. 2013;24. doi: 10.1016/j.healthplace.2013.08.008.
14. Levesque JF, Harris MF, Russell G. Patient-centred access to health care: Conceptualising access at the interface of health systems and populations. *Int J Equity Health*. 2013;12(1). doi: 10.1186/1475-9276-12-18.
15. Russell DJ, Humphreys JS, Ward B, et al. Helping policy-makers address rural health access problems. *Aust J Rural Health*. 2013;21(2). doi: 10.1111/ajr.12023.
16. Saurman E. Improving access: Modifying penchansky and thomas's theory of access. *J Health Serv Res Policy*. 2016;21(1). doi: 10.1177/1355819615600001.
17. Khan AA, Bhardwaj SM. Access to Health Care: A Conceptual Framework and its Relevance to Health Care Planning. *Eval Health Prof*. 1994;17(1). doi: 10.1177/016327879401700104.
18. Andersen RM. Revisiting the behavioral model and access to medical care: does it matter? *J Health Soc Behav*. 1995;36(1). doi: 10.2307/2137284.
19. Cromley E, McLafferty S. *Gis and Public Health*; 2007.
20. INE (Chile). Resultados CENSO 2017. Santiago: INE; 2018.
21. Chile. Ministerio del Interior. Establece normas sobre juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias. Ley no. 19.418 oct 9, 1996..
22. McKinney W, Team PD. Pandas - Powerful Python Data Analysis Toolkit. Pandas - Powerful Python Data Anal Toolkit; 2015. p.1625
23. Jordahl K, Bossche JV den, Fleischmann M, et al. geopandas/ geopandas: v0.8.1. Zenodo 2020.
24. Fink C, Klumpenhouwer W, Saraiva M, et al. R5py: Rapid Realistic Routing with R5 in Python. 2022.
25. Conway MW, Byrd A, van der Linden M. Evidence-Based Transit and Land Use Sketch Planning Using Interactive Accessibility Methods on Combined Schedule and Headway-Based Networks. *Transp Res Rec*. 2017;2653(1):45–53. doi: 10.3141/2653-06.
26. Conway MW, Byrd A, Eggermond M van. Accounting for uncertainty and variation in accessibility metrics for public transport sketch planning. *J Transp Land Use*. 2018;11(1). doi: 10.5198/jtlu.2018.1074.

-
27. Saxon J, Koschinsky J, Acosta K, et al. An open software environment to make spatial access metrics more accessible. *J Comput Soc Sci.* 2022;5(1). doi: 10.1007/s42001-021-00126-8.
28. Li Z, Serban N, Swann JL. An optimization framework for measuring spatial access over healthcare networks. *BMC Health Serv Res.* 2015;15(1). doi: 10.1186/s12913-015-0919-8.
29. Saxon J, Snow D. A Rational Agent Model for the Spatial Accessibility of Primary Health Care. *Ann Am Assoc Geogr.* 2020;110(1). doi: 10.1080/24694452.2019.1629870.
30. Wan N, Zou B, Sternberg T. A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. *Int J Geogr Inf Sci.* 2012;26(6). doi: 10.1080/13658816.2011.624987.
31. Dumedah G, Iddrisu S, Asare C, et al. Inequities in spatial access to health services in Ghanaian cities. *Health Policy Plan.* 2023;38(10). doi: 10.1093/heapol/czad084.
32. Niu J, Worsley M, Rosales O, et al. Facility Closures and Distance Traveled to Receive Dialysis Care in the United States. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2023;18(12). doi: 10.2215/CJN.0000000000000274.
33. Terliesner N, Lesniowski D, Krasnikova A, et al. Geographical Accessibility of Pediatric Inpatient, Nephrology, and Urology Services in Europe. *Front Pediatr.* 2020;8. doi: 10.3389/fped.2020.00395.
34. Fernandez-Prado R, Gonzalez-Parra E, Ortiz A. Often forgotten, transport modality to dialysis may be life-saving. *Clin Kidney J.* 2020;13(4). doi: 10.1093/CKJ/SFAA163.
35. De Jong RW, Jager KJ, Broens THF, et al. European nephrologists' views on remote patient management for end-stage kidney disease. *Nephrol Dial Transplant.* 2022;37(1). doi: 10.1093/ndt/gfab206.
36. Sosa R, Garcia P, Cipriano EO, et al. Coronavirus Disease 2019 in Patients With End-Stage Kidney Disease on Hemodialysis in Guatemala. *Kidney Int Rep.* 2021;6(4). doi: 10.1016/j.kir.2021.01.028.
37. Cuervo LG, Jaramillo C, Cuervo D, et al. Dynamic geographical accessibility assessments to improve health equity: protocol for a test case in Cali, Colombia. *F1000Research.* 2022;11:1394. doi: 10.12688/f1000research.127294.1.
38. Klein MG, Verter V, Moses BG. Designing a rural network of dialysis facilities. *Eur J Oper Res.* 2020;282(3). doi: 10.1016/j.ejor.2019.10.024.
39. Griffith DA. The Boundary value problem in spatial statistical analysis. *J Reg Sci.* 1983;23(3). doi: 10.1111/j.1467-9787.1983.tb00996.x.
40. Chen X, Ye X, Widener MJ, et al. A systematic review of the modifiable areal unit problem (MAUP) in community food environmental research. *Urban Inform.* 2022;1(1). doi: 10.1007/s44212-022-00021-1.