

Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina. <http://www.gesig-proeg.com.ar> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 6, Número 6, 2014, Sección I: Artículos. pp. 176-200.

EVALUACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL A LA RED HOSPITALARIA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CONCEPCIÓN

Marcela Martínez Bascuñán¹² - Carolina Rojas Quezada²³

¹Magíster en Análisis Geográfico,

²Departamento de Geografía, Universidad de Concepción

³Centro de Desarrollo Urbano Sustentable CEDEUS

mamartinezb@udec.cl; crojasq@udec.cl

RESUMEN

El artículo evalúa la accesibilidad a la red hospitalaria pública del Área Metropolitana de Concepción (AMC), Chile, con la finalidad de analizar los desequilibrios territoriales que se generan en el acceso por las redes de transporte a los equipamientos sanitarios. La metodología propone el uso de dos indicadores de accesibilidad espacial, y la aplicación de Sistemas de Información Geográfica para el análisis de redes. Los resultados indican que los niveles de accesibilidad varían según el indicador utilizado, sin embargo en ambos escenarios se observó que las zonas más desfavorecidas están compuestas por las localidades rurales de Hualqui y Santa Juana, las que presentan tiempos de desplazamiento mayores a cien minutos para acceder al equipamiento hospitalario. La obtención de los índices estadísticos, indicó niveles de accesibilidad menos dispares en la utilización de un indicador gravitatorio.

Palabras clave: Accesibilidad, Equidad Territorial, Indicadores Espaciales, Equipamiento Hospitalario.

ABSTRACT

This article shows the accessibility evaluation to the public hospital network of the Concepción Metropolitan Area (CMA) in Chile. The aim is to analyze the spatial disequilibrium in accessibility to health facilities generated by the transport network. The method proposes the application of GIS for network analysis and the use of two spatial indicators of accessibility. The main results indicate that the accessibility levels vary depending on the indicator being used. Nevertheless, independent of the indicator, the most disadvantaged areas were the rural towns of Hualqui and Santa Juana, which have travel times greater than one hundred minutes to access to health facilities. Finally, statistical figures show that the gravity indicator provides the less uneven results regarding accessibility.

Key words: Accessibility, Spatial Equity, Spatial Indicators, Health Facilities

INTRODUCCIÓN

Los estudios geográficos desde un enfoque espacial y automatizado, en general aplicados a la planificación, localización y gestión territorial de los servicios sanitarios, han ofrecido importantes posibilidades para evaluar la distribución espacial de la oferta de los equipamientos hospitalarios, pudiéndose identificar áreas razonablemente servidas y/o marginadas, y cuáles son los grupos socio-espaciales beneficiados y/o desfavorecidos en cuanto a su accesibilidad (Fuenzalida, 2010). Entonces, el objetivo ha sido evaluar como se garantiza un acceso equitativo de la población a las prestaciones, tanto de atención primaria como especializada en un sistema de salud, cuya expresión espacial implica al mismo tiempo una distribución geográfica equitativa de los centros que prestan servicios de salud a la población.

La distribución espacial de los centros asistenciales, dependerá de la relación del servicio que ofrecen (en función de su complejidad y especialización) y su localización (Rodríguez, 2010), mientras que la accesibilidad, de la población que se desplaza y la localización de la red sanitaria (Gutierrez & Garcia Palomares, 2002). En este sentido es relevante cumplir con el principio de equidad espacial, el cual hace referencia a la justicia en la distribución geográfica de un equipamiento, relacionándose directamente con el concepto de igualdad, que es la medida que mejor valora las distribuciones. De esta forma, la equidad espacial depende de la facilidad de acceso y de la variabilidad de las distancias, tiempos y costos económicos que separan a cada individuo a los servicios o equipamientos más próximos (Ramírez, 2003; Bosque Sendra, 1992).

El cuestionamiento sobre la localización de equipamientos en el análisis de equidad y accesibilidad espacial a la salud ha sido una de las preguntas frecuentes en geografía, ultimamente han sido numerosas las contribuciones desde la geografía automatizada, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE), estos pueden brindar una gran cantidad de alternativas para su tratamiento. En este contexto, los SIG se destacan como potentes herramientas de apoyo en el análisis espacial, vigilancia, planeamiento y evaluación de intervenciones en el sector salud, haciéndose evidente el papel impulsor de los mapas y las nuevas herramientas de geoprocamiento, que se integran a las prioridades de investigación y acción (Íñiguez & Barcellos, 2003).

Los SIG específicamente permiten desarrollar aplicaciones de análisis cuantitativos relacionados con la Geografía de la Salud, tanto en los estudios de Geografía Médica como la Geografía de los Servicios. Esta última línea ha sido aplicada al análisis geográfico de la cobertura de equipamientos de salud, accesibilidad, rutas óptimas, áreas de influencia, evaluación multicriterio y análisis de localización-asignación (Barcellos & Buzai, 2006), destacándose los estudios de análisis de redes de Gutiérrez & Monzón (1993); Gutiérrez (1994); y Gutiérrez *et al.* (1998), donde se analizan los efectos de las actuaciones previstas en un plan de infraestructuras sobre la accesibilidad territorial, considerando diversos modos de transporte, además de la medición específica de la accesibilidad peatonal a la red sanitaria desarrollada en Gutierrez & García Palomares (2002); por otra parte los estudios de accesibilidad y localización de hospitales públicos, desarrollados por Ramírez & Bosque Sendra (2001); y Ramírez (2003), que evalúan tanto la equidad espacial en el acceso, como la eficiencia en la distribución del equipamiento hospitalario.

De esta manera, el objetivo de este artículo es evaluar la accesibilidad espacial de la red hospitalaria de salud pública de las localidades urbanas y rurales que conforman el Área Metropolitana de Concepción (AMC) por la red de transporte por carreteras, con la finalidad de analizar los desequilibrios territoriales que se generan en la dinámica del territorio y contribuir en la planificación inclusiva de los equipamientos asistenciales.

En el AMC existen 228 localidades urbanas y rurales distribuidas en las distintas comunas que la componen, con altas densidades de población en algunas localidades desprovistas de hospitales y centros de atención primaria. Muchas de estas localidades presentan al mismo tiempo una infraestructura vial deficiente, que impide la adecuada conectividad a las áreas urbanas, donde se localizan dichos equipamientos de salud.

ACCESIBILIDAD DESDE EL ENFOQUE DE LA GEOGRAFÍA DE LA SALUD

La evaluación de la accesibilidad, constituye una importante línea de investigación de la Geografía de la Salud, que ha sido recientemente explorada con el auge de las tecnologías de la información geográfica y la creciente preocupación por lograr equidad en el acceso a equipamientos públicos sanitarios.

El acceso a los servicios de salud implica considerar tanto su existencia como equipamiento, así como el hecho de que éstos resulten geográfica y económicamente alcanzables, de esta forma el transporte público tiene una influencia central en el acceso a las unidades de prestaciones sanitarias, siendo sus deficiencias un obstáculo a superar (Villanueva, 2010). Desde la perspectiva de la geografía, se han venido desarrollando índices de accesibilidad que permiten evaluar las condiciones existentes y futuras de eficiencia y/o equidad. La eficiencia se valora de tal forma que la distribución de la oferta (los recursos) permita alcanzar el máximo de accesibilidad espacial (Fuenzalida, 2010).

De esta forma, es importante la reflexión de la incidencia de la accesibilidad desde la perspectiva del transporte en los desequilibrios territoriales de determinados núcleos, principalmente asociada a los aspectos relevantes como la salud pública. Para este propósito, los modelos de accesibilidad, entendidos como los medios de superación de la distancia, se presentan como un importante instrumento para la determinación de las desigualdades existentes en el territorio, y buscar alternativas que las solucionen.

En el contexto geográfico, la accesibilidad se entiende como la oportunidad relativa de interacción y contacto, y en el análisis regional la accesibilidad se refiere a la mayor o menor facilidad con que en un momento dado es posible alcanzar un lugar desde otro (Higueras, 2003). Sin embargo, como indican Monzón & Orellana (1996), cada autor suele proponer una definición de accesibilidad a su medida, en función de los objetivos de su trabajo y de los índices definidos para su análisis. Los múltiples enfoques utilizados para definir el concepto de accesibilidad han generado un aumento en las diferentes formulaciones para su medición, por ejemplo, en la utilización de diferentes indicadores de accesibilidad según su complejidad. Un ejemplo de esto son los indicadores de accesibilidad absoluta (locacional) y relativa (gravitatorio), aplicados recientemente a estudios de evaluación de infraestructuras de transporte.

El indicador de accesibilidad absoluta es sensible a la localización geográfica de los núcleos de población (Gutiérrez *et al.*, 1993), y proporciona información relevante sobre costes potenciales de transporte asociados a cada nodo en su relación con los demás, teniendo siempre en cuenta la importancia económica de los nodos. Se trata de calcular el promedio de las impedancias que separan a cada nodo con respecto a los diferentes centros

de actividad económica a través de la red (por el camino de mínima impedancia), considerando la renta de estos como factor de ponderación (Loyola & Albornoz, 2009).

El indicador de accesibilidad relativa, en cambio, neutraliza el efecto de la localización geográfica, con el objetivo de resaltar más los efectos de la oferta infraestructural sobre la accesibilidad. Refleja al mismo tiempo los índices de rodeo (estructura geométrica de la red) y el tipo de infraestructura en la accesibilidad a los principales centros de actividad (Gutiérrez *et al.*, 1993).

Como se ha señalado, existe una gran variedad de indicadores de accesibilidad, con formulaciones muy diversas, sin embargo, todos ellos permiten evaluar la calidad de las comunicaciones entre diversos puntos situados en la misma zona de estudio. Los múltiples enfoques utilizados para definir el concepto de accesibilidad han generado un aumento en las diferentes formulaciones para su medición, por ejemplo, en la utilización de diferentes indicadores de accesibilidad según su complejidad. La accesibilidad, por lo tanto, es una medida que presenta múltiples formas de obtención según los objetivos que se quieran alcanzar, y constituye un elemento clave para potenciar las regiones menos favorecidas en el acceso a diferentes niveles de servicios.

COHESIÓN TERRITORIAL Y DESEQUILIBRIOS EN LOS NIVELES DE ACCESIBILIDAD

El concepto de cohesión territorial se entiende comúnmente como la igualdad de acceso a servicios y a otros aspectos fundamentales de la vida humana (Thomopoulos *et al.*, 2009). La mayoría de los enfoques existentes para la medición de la cohesión, provienen de la literatura económica, donde la cohesión se define como el proceso de convergencia en los niveles de bienestar regional, a fin de lograr el progreso y la sostenibilidad (Peters, 2003). El concepto de cohesión está, por lo tanto, estrechamente relacionado con la definición de un conjunto de ideas referidas a la equidad y la justicia.

La metodología para evaluar la cohesión territorial consiste en el análisis de los cambios en la distribución territorial de los niveles de accesibilidad, mediante el cálculo de medidas de dispersión tal como se viene proponiendo en investigaciones recientes (Martín *et al.*, 2004; Gutiérrez *et al.*, 2006; López, 2007), siendo aplicados comúnmente en la evaluación de planes de inversión de infraestructuras de transporte. Existe una gran variedad de índices estadísticos capaces de caracterizar los niveles de dispersión de una variable dada, referidos a los índices de inequidad (López, 2007). La elección de los índices de inequidad puede presentar una fuerte influencia sobre los resultados. Los cuatro índices de inequidad comúnmente utilizados en la mayoría de los estudios sobre cohesión

regional corresponden a: coeficiente de variación, coeficiente de Gini, índice de Atkinson e índice de Theil.

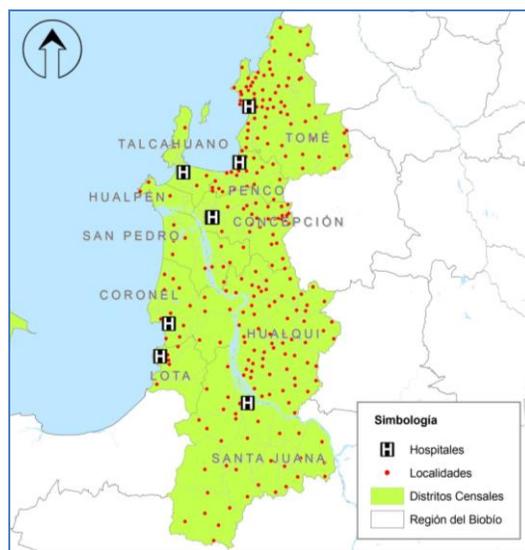
MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El AMC está conformada por once comunas, que corresponden a Concepción, Tomé, Penco, Talcahuano, Hualpén, San Pedro de la Paz, Chiguayante, Santa Juana, Hualqui, Coronel y Lota, las que representan el 9% del total de población regional (INE, 2002). Esta zona alberga 902.712 habitantes en las áreas urbanas, cifra que corresponde a más de la mitad de la población total de la Región del Biobío.

La población reside principalmente en zonas urbanas (97%), caracterizadas por ciudades emplazadas sobre las planicies a las riberas del río Biobío. Los centros de Concepción y Talcahuano destacan como los principales articuladores urbanos de este espacio eminentemente industrial, como lo demuestra la distribución de la población económicamente activa (277.327 habitantes). Su población se dedica principalmente al comercio (19,24%), industria (14,7%), actividades inmobiliarias y empresariales (8,8%), construcción (8,1%) y enseñanza o educación (7,9%) (Rojas *et al.*, 2009).

Figura 1: Localidades del AMC y distribución de hospitales



Fuente: Elaboración propia

Las once cabeceras comunales que conforman el área de estudio están compuestas por un total de 228 centros poblados urbanos y rurales, las cuales corresponden a

localidades y aldeas según el tamaño de sus habitantes (Figura 1). Estas localidades y aldeas son consideradas para evaluar la accesibilidad a la red de hospitales públicos. La red hospitalaria de salud pública del AMC, está conformada por 9 establecimientos pertenecientes a los servicios de salud de Concepción y Talcahuano (Tabla 1).

Tabla 1: Establecimientos pertenecientes a los Servicios de Salud de Concepción y Talcahuano

S.S. Concepción	S.S. Talcahuano
Hospital Regional G.G. Benavente	Hospital Las Higueras
Hospital Traumatológico de Concepción	Hospital Tomé
Hospital Coronel	Hospital Penco Lirquén
Hospital Lota	
Hospital Santa Juana	

Principales características demográficas y epidemiológicas de la población

Servicio de Salud Concepción (SSC)

El SSC atiende a una población de 638.646 habitantes, la que se concentra principalmente en las zonas urbanas, constituyendo el 95.6% del total del Servicio. Respecto a su estructura por edad, se caracteriza por ser una población en envejecimiento, fenómeno similar al observado a nivel país, con un Índice de dependencia (IDD) de 30,1% y edad media de 34,2 años.

Tabla 2: Distribución porcentual de la población por grupos etarios

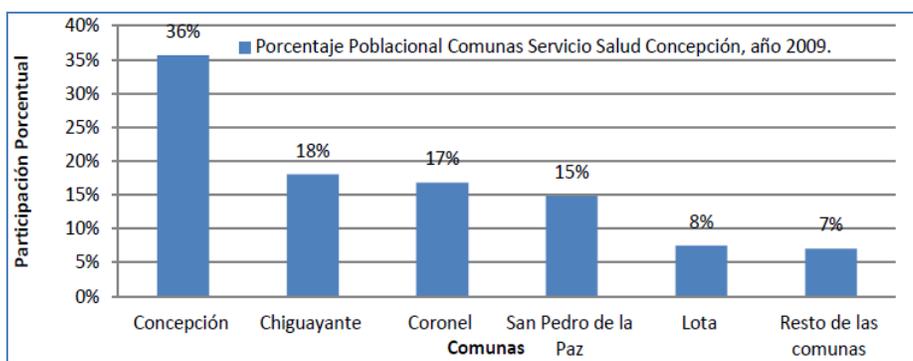
Distribución Porcentual	Chile		SS Concepción	
	2009	2012	2009	2012
Total Población	16.928.873	17.402.630	638.646	660.778
0-9	14.78	14.33	14.08	13.66
10-19	16.8	15.61	17.55	16.26
20-64	59.61	60.52	60.25	61.2
65 y más	8.81	9.54	8.13	8.88

Fuente: Estadísticas SS Concepción

De acuerdo al sexo, el 48,3% de la población son hombres y el 51,7% mujeres. En la Tabla 2 se observan los pesos porcentuales de los grupos de edad del SSC y su comparación con el país en los años 2009 y 2012. Se puede apreciar la disminución porcentual de los grupos de menores de 10 años y menores de 20 años, con aumento de los grupos mayores de 20 años y de 65 años y más.

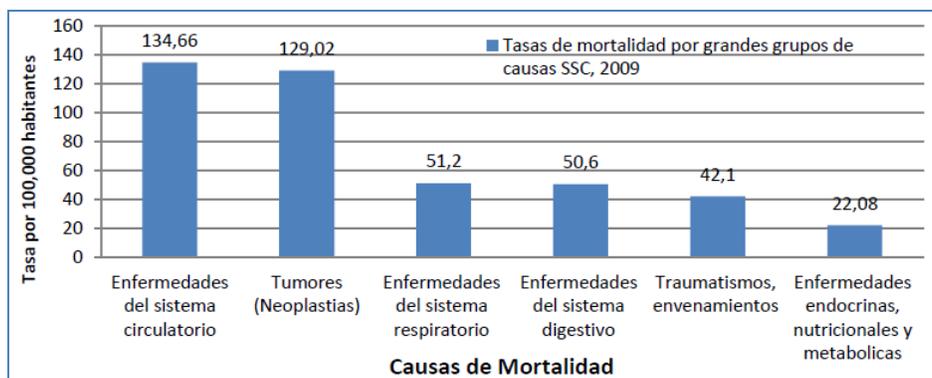
La Figura 2, muestra la concentración poblacional de las comunas del Servicio Salud Concepción. La mayor concentración se encuentra en la comuna de Concepción (35,6 %), le siguen Chiguayante (18,0%), Coronel (16,8%), y San Pedro de la Paz (14,8 %). En relación a las características epidemiológicas, durante los últimos 25 años, las tasas de natalidad en Chile y Regiones han ido disminuyendo progresivamente. En el año 2009, las cifras oficiales muestran para el País y la Región descensos, con tasas de 15,0 por mil habitantes y 13,8 por mil habitantes respectivamente. En relación a la población que atiende el SSC, se observa una coincidencia en la disminución progresiva de la tasa del País y la Región.

Figura 2: Porcentaje Poblacional de las comunas del SSC, año 2009



Fuente: Estadísticas SS Concepción, 2009.

Figura 3: Tasas de mortalidad por grandes grupos causas SSC, 2009



Fuente: MINSAL, 2009

Según la Figura 3, en el SSC las causas de muerte según grandes grupos de causa fueron, en primer lugar, las Enfermedades del Sistema Circulatorio, seguidas por los Tumores; en tercer lugar las Enfermedades del Sistema Respiratorio; en cuarto lugar las Enfermedades del Sistema Digestivo y en quinto lugar los Traumatismos, Envenenamientos y algunas otras consecuencias de causas externas.

Servicio de Salud Talcahuano (SST)

El SST abarca las comunas de Talcahuano, Hualpén, Penco y Tomé, con una población total al año 2012 de 368.290 habitantes, de la cual el 49.2% corresponde a población masculina y un 50.8% a población femenina. Esta población es predominantemente urbana (97.5%), mientras que la población rural se ubica principalmente en la comuna de Tomé, alcanzando aproximadamente el 14% de la población total de esa comuna. Esta población presenta una distribución etaria, en general, similar al del resto del país. Sin embargo, pese a que el porcentaje de mayores de 65 años es de 9,7%, un punto mayor que el nacional, el 8.8% presenta un envejecimiento mayor especialmente en la comuna de Hualpén, que llega a 11,3%.

Respecto a los indicadores de situación de salud en la jurisdicción del Servicio, la Esperanza da Vida al Nacer al año 2006 en Hualpén es de 69,7 años, menor al promedio nacional (75,5 años), mientras que Talcahuano presenta una esperanza de vida de 76,9 años, marcadamente superior al promedio nacional (Tabla 3).

Tabla 3: Esperanza de Vida al Nacer SST, 2006

Comuna	Esperanza de vida al nacer total	Esperanza de vida al nacer hombres	Esperanza de vida al nacer mujeres
Tomé	75,49	72,14	78,97
Penco	75,26	71,59	79,07
Talcahuano	76,94	73,51	80,50
Hualpén	69,71	66,17	73,40
País	75,52	72,89	78,25

Fuente: DEIS - INE/CELADE - SEREMI VIII

En relación a las cifras de pobreza de la población que atiende el SST, se presenta una proporción significativamente mayor de pobreza (15,7%) e indigencia (5,6%) respecto a los valores promedio del país (10,5% y 3,2% respectivamente), siendo la comuna de Tomé la que posee las cifras más elevadas en ambos indicadores. A ello se agregan

porcentajes con mujeres jefas de hogar en las comunas de Penco, Hualpén y Tomé, con valores superiores al promedio nacional.

Respecto de los datos de Mortalidad y Morbilidad, es posible destacar que las causas específicas de muerte en ambos sexos al año 2008 son iguales que en el SSC. En los últimos 15 años la Mortalidad General ha declinado sistemáticamente, siendo en el período 1990-2005 el descenso a nivel nacional de 11.6%, y en el Servicio de Salud Talcahuano en menor grado con 8.6 %.

METODOLOGÍA

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) facilita la integración y análisis de distintas dimensiones de realidad urbana (estadísticas demográficas y resultados espacializados de encuestas de movilidad, características del viario, cálculo de distancias a través de la red de calles, cálculo de rutas óptimas, etc.).

En la presente investigación, se utilizan las funcionalidades de análisis de redes de los SIG para el cálculo de los índices de accesibilidad locacional y de eficiencia de la red. En primer lugar se presentan los indicadores, y posteriormente se muestra la metodología utilizada en el cálculo de dichos índices utilizando la extensión de ArcGIS 10.1 *Network Analyst*.

SELECCIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD

- **Indicador de Localización**

Este indicador es sensible a la localización geográfica de los núcleos de población, primando en las regiones centrales, lo que resulta fundamental desde el punto de vista del desarrollo regional, en el cual la base territorial no puede obviarse (Gutiérrez *et al.*, 1993). Se consideró para este trabajo el indicador propuesto por Rodríguez (2010), que mide la accesibilidad geográfica de la población a la red de hospitales de Andalucía, en unidad de tiempo de desplazamiento, representando el promedio de las impedancias (restricciones) que separan cada localidad con respecto a los diferentes recintos hospitalarios a través de la red, considerando el número de habitantes de cada localidad de origen como factor de ponderación. Su formulación es la siguiente:

$$L_i = \frac{\sum_{j=1}^n I_{ij} \cdot P_j}{\sum_{j=1}^n P_j}$$

Donde L_i es la accesibilidad locacional del nodo i ; I_{ij} es la impedancia, definida como el tiempo de viaje por la ruta mínima a través de la red entre el nodo de origen i y el nodo de destino j ; y P_j es la población en el origen j .

La valoración de accesibilidad geográfica locacional se realiza mediante la identificación de estándares que toman como nivel base el criterio de accesibilidad marcado en la planificación sectorial. Es decir, tomando como tiempo de acceso límite los 30 minutos al hospital de referencia (Consejería de Salud, 2004). De esta forma se consideran intervalos o categorías de accesibilidad según los siguientes criterios (Rodríguez Díaz, 2010):

- Crona municipal menor o igual a 15 minutos: accesibilidad óptima.
- Crona municipal entre 15 y 30 minutos: accesibilidad favorable.
- Crona municipal entre 30 y 45 minutos: accesibilidad desfavorable.
- Crona municipal mayor de 45 minutos: accesibilidad muy desfavorable.

- **Indicador de Eficiencia**

El indicador gravitatorio mide la accesibilidad en términos de eficiencia de la red en las conexiones de cada nodo con los distintos destinos (Hospitales), adoptando un enfoque gravitatorio en la ponderación de las distintas relaciones. Para neutralizar el efecto de la localización geográfica de los nodos, y resaltar el efecto de la infraestructura, la noción habitual de distancia (longitud, tiempo, coste) se sustituye por otra que expresa la facilidad de acceso en términos relativos. El indicador de eficiencia de la red relaciona los tiempos de acceso reales con los ideales para conseguir ese efecto (Gutiérrez *et al.*, 1998). Este indicador se expresa de la siguiente manera:

$$A_i = \sum_j^n \frac{R_{ij}}{I_{ij}} w_{ij}$$

$$w_{ij} = \frac{\frac{M_j}{R_{ij}}}{\sum_j^n \frac{M_j}{R_{ij}}}$$

donde,

A_i es el indicador gravitatorio de eficiencia de la red; R_{ij}/I_{ij} es el ratio entre la impedancia real e ideal, definida como el tiempo de viaje en línea recta entre el nodo de origen i y el nodo de destino j ; y W_{ij} es el peso relativo del destino j para el origen i . La relación M_j/R_{ij} representa el ratio entre la población de las localidades y el tiempo real de viaje.

Si bien este indicador no ha sido aplicado en la evaluación de accesibilidad a equipamientos sanitarios, resulta interesante de analizar desde el punto de vista de las características de la infraestructura de transporte existente para el desplazamiento, poniendo énfasis en la eficiencia de la red (en qué medida las impedancias reales se acercan a las ideales), más que en la localización geográfica de las localidades de origen.

Índices de dispersión de los valores de accesibilidad

Es fundamental evaluar si las disparidades en la accesibilidad se incrementan o disminuyen con los indicadores utilizados, reduciendo o incrementando la cohesión respectivamente. Esto se traduce en la necesidad de evaluar la equidad territorial de la accesibilidad, mediante la aplicación metodológica de medidas de dispersión para el análisis de la distribución de sus valores, a través de una selección de índices estadísticos capaces de caracterizar los niveles de dispersión de una variable dada.

Existe una variedad de índices estadísticos utilizados para este propósito. A continuación se presentan tres de los índices de dispersión frecuentemente utilizados en los análisis de las disparidades en accesibilidad.

- **Coefficiente de variación**

El Coeficiente de Variación permite comparar el grado de dispersión que presenta una variable, en este caso, se utilizan las medidas de accesibilidad según los indicadores de localización y eficiencia de la red. Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar.

- **Coefficiente de GINI**

Mide el doble del área entre la distribución acumulada de valores ordenados de los indicadores de accesibilidad (de mayor a menor). Corresponde a un resumen estadístico de la Curva de Lorenz, asociado a una curva de frecuencias acumuladas que compara la distribución de una variable específica con la distribución uniforme que representa la

equidad. El coeficiente de GINI presenta un rango de valores que varía entre 0 (cuando la distribución es muy igualitaria) y 1 (cuando la distribución es muy concentrada).

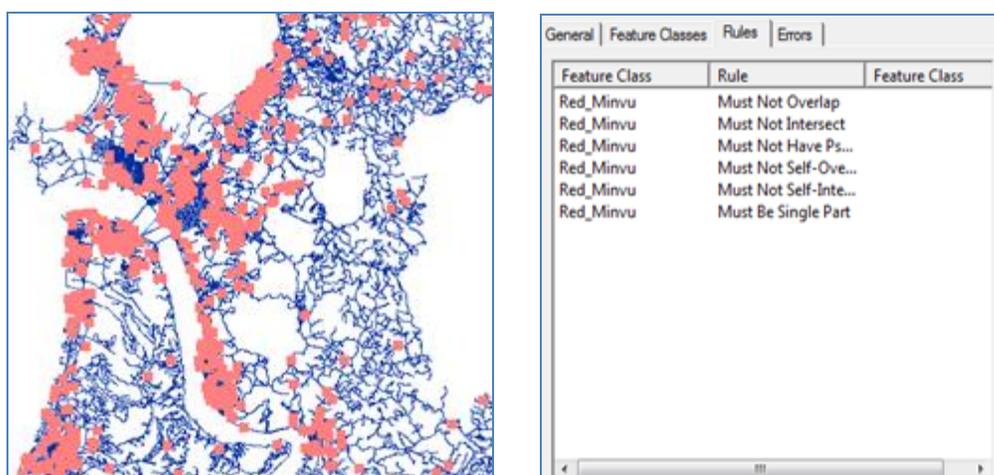
- **Índice de Theil**

Corresponde a una medida de desigualdad utilizada para medir y comparar comúnmente la distribución de la renta (en este caso los valores de accesibilidad). El valor resultante varía entre 0 y 1. Cuanto más cercano sea el valor a 1, peor será la distribución de los valores de accesibilidad.

Modelación de la red

La red seleccionada para la obtención de los indicadores de accesibilidad, incluye todas las carreteras estatales, concesionadas y urbanas de las comunas que conforman el Área Metropolitana de Concepción, a escala 1:10.000, actualizadas al año 2013 por la Secretaria Regional Ministerial Seremi MINVU. Posteriormente a través de la aplicación de un conjunto de reglas topológicas se corrigieron los errores de la red vial almacenada en una *Personal Geodatabase* para la modelación en análisis de redes (Figura 4).

Figura 4: Errores topológicos de la red del MINVU y reglas para la corrección



Fuente: Elaboración propia

Las redes se catastran como un elemento geométrico lineal y las localidades y aldeas como elementos georreferenciados, con propiedades y atributos específicos. El dato de redes necesita las características básicas para la modelación como medidas de longitud por tramos, velocidades máximas, y tipo de vía; los centros incorporan características

demográficas asociadas a su tamaño de población. La creación de un *Network Dataset* implica la transformación de la red en un sistema de nodos (*Junctions*) y ejes (*Edges*), con la finalidad de utilizar las funcionalidades de la herramienta Network Analyst. Para fue necesario completar la tabla de atributos de la red vial con los atributos de Longitud, Velocidad y Tiempo, para este caso se utilizan valores estimados para el transporte privado.

Para determinar el atributo velocidad, se definió previamente el tipo de vía según la función de la ruta para diseño, cuyos criterios están contenidos en el Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas. Se incorporó además la vialidad urbana establecida en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, considerando únicamente la red primaria. La clasificación de la red vial y velocidades asignadas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Clasificación y velocidades de diseño de la red vial

Categoría	Tipo de Vía	Velocidad Km/h
Carreteras	Autopistas	120
	Primarias	80
Caminos	Locales y de Desarrollo	40
Urbanas	Red Primaria	60

Fuente: Elaboración propia en base a Manual de Carreteras, MOP

Para la obtención del atributo Tiempo de desplazamiento, se utilizan los valores de velocidad de la vía y la longitud de los tramos previamente calculados en la tabla de atributos de la red. Posteriormente se ingresa a la tabla de atributos con el nombre *Minutes*. Su formulación se expresa en la siguiente ecuación:

$$T = \frac{L * k}{V}$$

Donde,

L = Longitud del segmento

K = Constante de velocidad

V= Velocidad

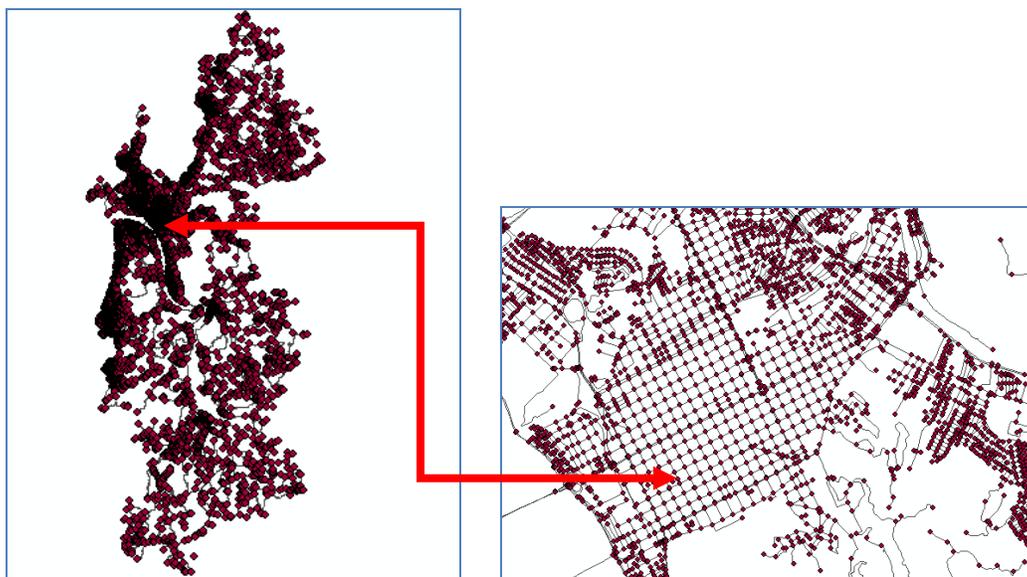
Tabla 4: Tabla de atributos (velocidad, longitud, tiempo)

CLASIFICAC	PRMC	NOMBRE	Shape Length	Longitud	Jerarquia	Vel Auto	Minutos
PAVIMENTADO	URBAN	AV. GENERAL OSCAR	24.50512	0.024505	Autopista	120	0.012253
PAVIMENTADO	RURAL		231.201715	0.231202	Autopista	120	0.115601
PAVIMENTADO	URBAN	CAMINO A PENCO	418.951622	0.418952	Autopista	120	0.209476
PAVIMENTADO	URBAN	CARRETERA A TOME	308.77191	0.308772	Autopista	120	0.154386
PAVIMENTADO	URBAN	CARRETERA A TOME	128.174306	0.128174	Autopista	120	0.064087
PAVIMENTADO	URBAN	AV. GENERAL OSCAR	23.783318	0.023783	Autopista	120	0.011892
PAVIMENTADO	URBAN	IRARRAZAVAL	77.890749	0.077891	Autopista	120	0.038945
PAVIMENTADO	URBAN	CAMINO A PENCO	231.203328	0.231203	Autopista	120	0.115602
PAVIMENTADO	URBAN	CAMINO A PENCO	219.09787	0.219098	Autopista	120	0.109549
PAVIMENTADO	URBAN	ruta 152	626.875958	0.626876	Autopista	120	0.313438
PAVIMENTADO	URBAN	AV. GENERAL OSCAR	103.044239	0.103044	Autopista	120	0.051522
PAVIMENTADO	URBAN	CAMINO A PENCO	386.398513	0.386399	Autopista	120	0.193199
PAVIMENTADO	URBAN	CAMINO A PENCO	724.658667	0.724659	Autopista	120	0.362329
PAVIMENTADO	URBAN	AV. GENERAL OSCAR	10.071034	0.010071	Autopista	120	0.005036
PAVIMENTADO	URBAN	LAS ACACIAS	76.461745	0.076462	Autopista	120	0.038231
PAVIMENTADO	URBAN	IRARRAZAVAL	78.18194	0.078182	Autopista	120	0.039091
NO PAVIMENTADO	RURAL		20.106798	0.020107	Locales y de Desarrollo	40	0.03016
NO PAVIMENTADO	RURAL		5.79242	0.005792	Locales y de Desarrollo	40	0.008689
NO PAVIMENTADO	RURAL		1619.211246	1.619211	Locales y de Desarrollo	40	2.428817
NO PAVIMENTADO	RURAL	ruta 0-680	28.895413	0.028895	Locales y de Desarrollo	40	0.043343
NO PAVIMENTADO	RURAL	ruta 0-680	392.057244	0.392057	Locales y de Desarrollo	40	0.588086
NO PAVIMENTADO	RURAL		775.073455	0.775073	Locales y de Desarrollo	40	1.16261
NO PAVIMENTADO	RURAL		27.8167	0.027817	Locales y de Desarrollo	40	0.041725
NO PAVIMENTADO	RURAL		111.102905	0.111103	Locales y de Desarrollo	40	0.166654
NO PAVIMENTADO	RURAL		210.003996	0.210004	Locales y de Desarrollo	40	0.315006
NO PAVIMENTADO	RURAL		385.462541	0.385463	Locales y de Desarrollo	40	0.578194

Fuente: Elaboración propia

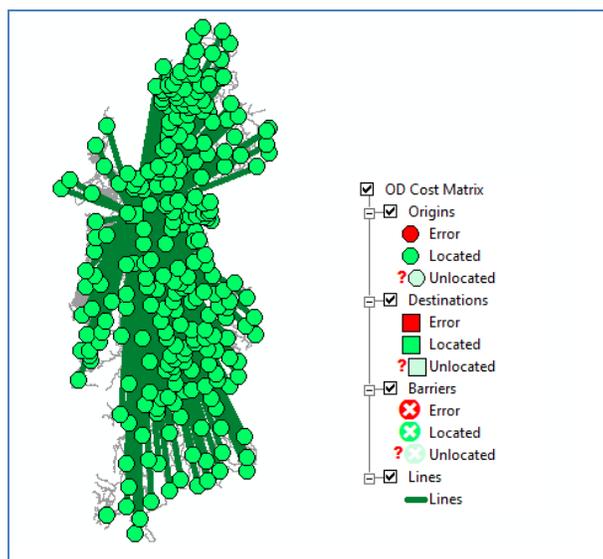
El *Network Dataset* requiere de dos campos: un campo de distancia llamado *Meters* y otro de tiempo llamado *Minutes*, debido a que estos permiten que pueda ser reconocido por la aplicación. Por lo tanto, se traspasaron los datos de longitud a *Meters* y Tiempo a *Minutes*. Posteriormente, en ArcCatalog se seleccionó la cobertura de red vial del área de estudio, creándose un *New Network Dataset*, compuesto por nodos (*junctions*) y ejes (*edges*).

Figura 5: New Network Dataset (nodos y ejes de la red)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Matriz O-D de las localidades de origen a los centros hospitalarios



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se generó una matriz de costos de origen-destino (Figura 6), para la cual se consideraron 228 localidades pertenecientes a las comunas de Concepción, Talcahuano, Chiguayante, San Pedro de la Paz, Hualpén, Penco, Tomé, Hualqui, Lota, Coronel y Santa Juana. Mediante una matriz de Origen-Destino, se obtienen los valores de los tiempos mínimos de acceso de las 228 localidades estudiadas a los hospitales públicos del AMC, que finalmente se utilizan para el cálculo de los indicadores de accesibilidad.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos del cálculo de los indicadores de accesibilidad de tipo locacional y gravitatorio (eficiencia), y sus niveles de disparidad de acuerdo de tres índices estadísticos seleccionados. Los resultados permiten cumplir los siguientes objetivos propuestos: en primer lugar identificar los tiempos de viaje de todas las localidades al Hospital Regional Guillermo Grant Benavente, de la comuna de Concepción; en segundo lugar obtener el indicador locacional de las localidades respecto a la totalidad de los hospitales evaluados; en tercer lugar obtener el indicador de eficiencia para la totalidad de los hospitales evaluados; y finalmente analizar las disparidades y desequilibrios territoriales que se producen en la accesibilidad a través de tres índices de dispersión.

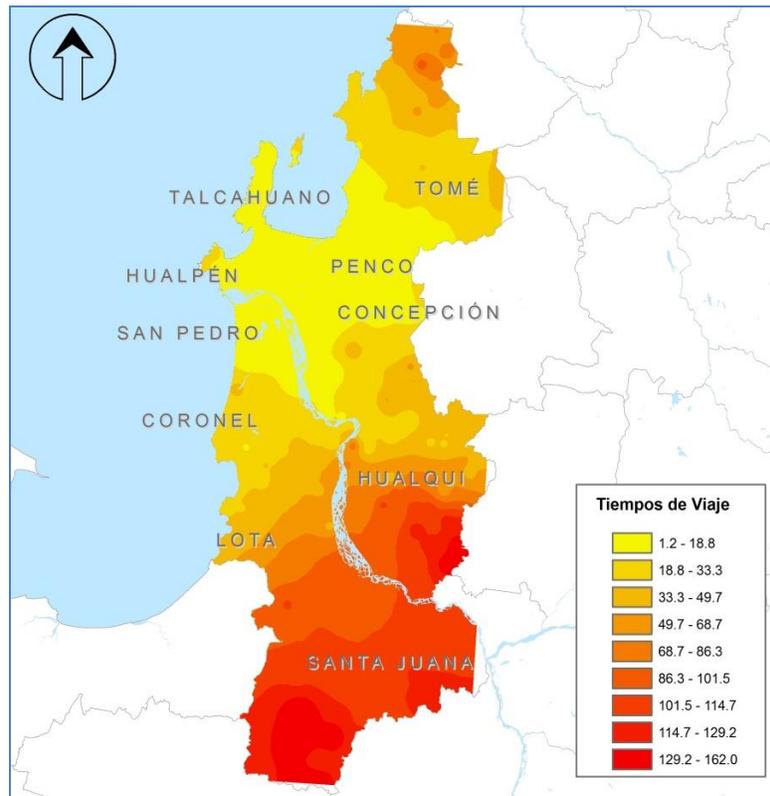
Tiempos de viaje en transporte privado desde las localidades al Hospital Regional

La Figura 7, representa los tiempos de viaje en transporte privado desde cada una de las 228 localidades evaluadas al Hospital Regional Guillermo Grant Benavente. Se seleccionó esta instalación para el análisis debido a que se constituye como el principal establecimiento de salud a nivel Regional, que concentra la mayor cantidad de población atendida y el mayor número de derivaciones desde otros establecimientos de salud primaria y secundaria, al mismo tiempo presenta un mayor número de especialidades médicas.

Se observa que los mejores tiempos de viaje se concentran entre las comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano, Penco y San Pedro de la Paz, las cuales presentan una mayor cercanía geográfica respecto al centro de Concepción. Esta zona se caracteriza por presentar una buena conectividad urbana desde el punto de vista de la topología de la red y baja proporción de población rural la cual estaría más desfavorecida en termino de accesibilidad.

Las localidades de la comuna de Tomé, pese a ser eminentemente rurales y distribuirse de forma dispersa en el territorio, presentan valores que varían entre 18 y 50 minutos, incrementándose hacia el norte en la localidad costera de Dichato. Sin embargo, si el motivo del desplazamiento se trata de una prestación de urgencia, la comuna cuenta con un hospital público al cual recurrir. Por otra parte, los principales problemas se localizan al Sur del AMC, específicamente en las localidades de la comuna de Santa Juana. Aquí se registran los tiempos de viaje más altos al Hospital Regional, debido a que existe una importante concentración de localidades rurales con condiciones de infraestructura vial deficientes (presencia de huellas y caminos de tierra). Los tiempos de viaje alcanzan hasta 162 minutos, tiempo excesivo de viaje para la población si el motivo se tratase de una urgencia, considerando que esta comuna no cuenta con equipamiento hospitalario propio.

Figura 7: Tiempos de viaje en transporte privado



Fuente: Elaboración propia

Indicador de accesibilidad locacional considerando todos los recintos hospitalarios

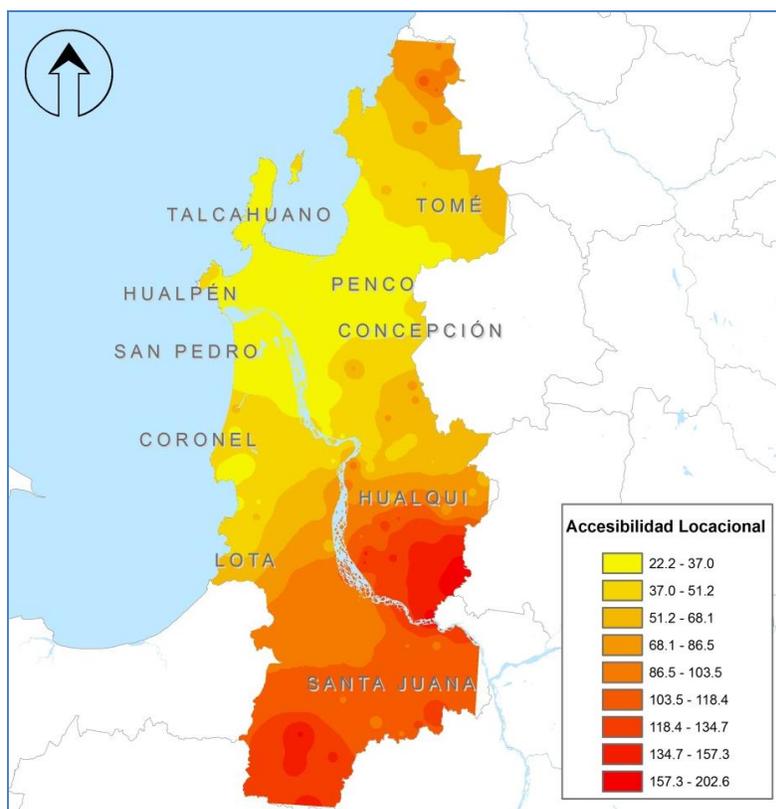
Como se observa en la Figura 8, la accesibilidad según el indicador de localización a la red hospitalaria presenta notables diferencias en valores de accesibilidad en las distintas comunas que componen el AMC. Como se indicó en la metodología de este trabajo, este indicador otorga un mayor peso a la localización geográfica de las localidades, considerando como factor de ponderación la población de origen, es decir, a las localidades.

Este indicador presenta una distribución espacial de los niveles de accesibilidad similar al comportamiento de los tiempos de viaje al Hospital Regional, sin embargo se incrementan los valores máximos y mínimos de forma considerable, al incorporar toda la red hospitalaria de salud pública. Es decir, se evalúa la facilidad que tiene cada localidad para alcanzar cada uno de los hospitales.

Se identifican zonas más favorables en las comunas de Penco, Concepción, Talcahuano, Hualpén y San Pedro de la Paz debido a que constituyen la mayor

concentración de hospitales del área de estudio (H. Regional, H. Traumatólogo, H. de Penco y H. Higuera). En este anillo concéntrico los valores de accesibilidad varían entre 22 y 37 minutos. Se observan claramente dos núcleos de bajos niveles de accesibilidad locacional: Hualqui y Santa Juana, ambas comunas desprovistas de Hospitales.

Figura 8: Indicador de Accesibilidad Locacional



Fuente: Elaboración propia

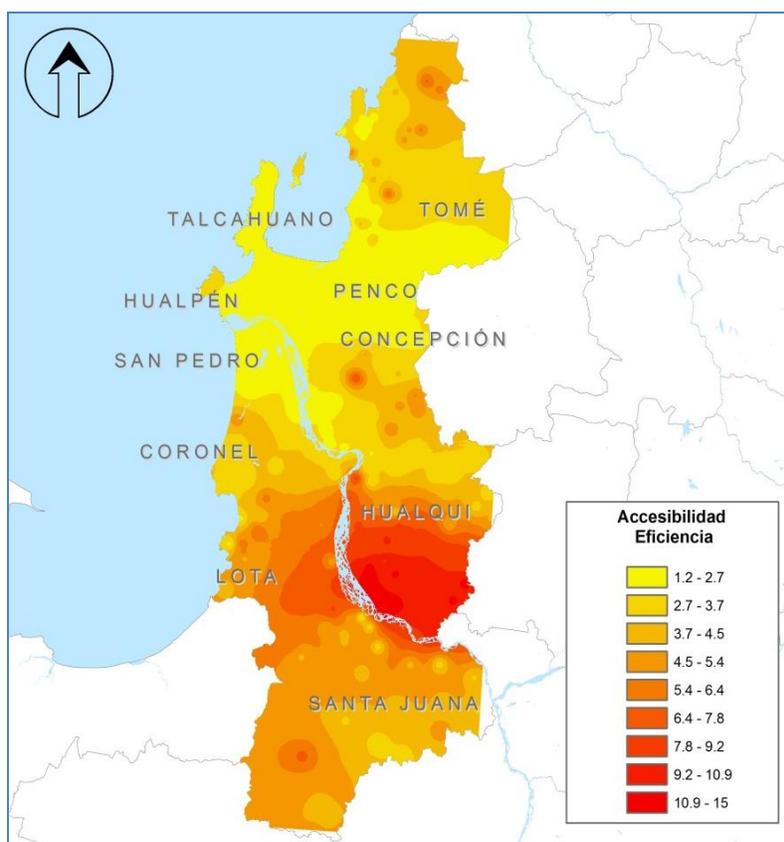
Las localidades rurales pertenecientes a Hualqui, principalmente Quilacoya, Talcamávida y Gomero, presentan un mayor problema, debido a que son centros poblados con alta densidad de población, y al mismo tiempo, las condiciones geográficas del territorio asociadas a las altas pendientes y riesgos de remoción en masa, han dificultado disponer de una red vial eficiente para el desplazamiento, principalmente al Hospital Regional de Concepción.

En Santa Juana la situación es similar para las localidades ubicadas al Sur de la comuna, donde la accesibilidad varía entre 100 y 200 minutos aproximadamente, con altas densidades de población en zonas rurales. Estas localidades presentan una alta accesibilidad al Hospital de Lota y una baja accesibilidad al Hospital Regional y al resto de las comunas.

Indicador de accesibilidad gravitatorio (eficiencia) considerando todos los recintos hospitalarios

El indicador de eficiencia de la red, a diferencia del locacional, otorga mayor importancia a las características topológicas de la red, específicamente a la relación entre tiempos reales y tiempos ideales, es decir, que tanto la infraestructura real se acerca a una infraestructura ideal o euclidiana, considerando además el factor población, en este caso, de los orígenes o localidades. Mientras más bajos se muestran los valores, se considerará una buena accesibilidad (más cercana a la impedancia ideal), y por el contrario, mientras más altos los valores se consideran como una baja accesibilidad.

Figura 9: Indicador de Accesibilidad Gravitatorio



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 9, se observa que los mejores niveles de accesibilidad a los hospitales, al igual que indicador anterior, se distribuyen entre las comunas de Concepción, Penco, San Pedro de la Paz, Hualpén y Talcahuano (valores menores a 4,5). Le siguen con una

accesibilidad media las comunas de Tomé, Coronel y Chiguayante (rangos entre 4,5 – 7,8), mientras que los valores más bajos se localizan en la comuna de Hualqui principalmente, siguiéndole Lota y Santa Juana con valores superiores a 7,8.

En general, este indicador responde a las facilidades para alcanzar el equipamiento hospitalario considerando la morfología de la red, aspecto útil para identificar dónde se concentran los problemas de infraestructura, con altos niveles de rodeo y al mismo tiempo bajas velocidades determinadas por la tipología de la vialidad. En estas zonas, el tipo de vialidad corresponde a caminos rurales de tierra y huellas que en algunos casos no permiten en transporte motorizado, por lo que la población en algunos segmentos debe utilizar como medio de transporte la caminata, como es el caso de algunas localidades rurales de Hualqui.

Índices de dispersión de los indicadores de accesibilidad seleccionados

La Tabla 5 muestra los resultados de los índices estadísticos utilizados para evaluar la distribución espacial de los valores de accesibilidad en los dos indicadores calculados. Lo primero que se debe considerar para el análisis de los índices estadísticos, es que los valores más bajos implican que los niveles de accesibilidad a Hospitales serían menos dispares, encontrándose por lo tanto una mayor cohesión territorial.

Tabla 5: Índices de dispersión para evaluar los indicadores de accesibilidad

<i>Índice Estadístico/ Indicador de Accesibilidad</i>	<i>Localización</i>	<i>Eficiencia de la red</i>
<i>Desviación estándar</i>	38,8	2,6
<i>Media</i>	61,3	4,1
<i>Coefficiente de Variación</i>	60,4	63,5
<i>media</i>	64,35	4,19
<i>n</i>	228	228
<i>n2</i>	51984	51984
<i>Índice de Gini</i>	0,25	0,22
<i>Media Geométrica</i>	54.65	3.59
<i>Índice de Theil</i>	0,07	0,06

Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de interpretar correctamente estos índices, se debe tener en cuenta que cada uno de los indicadores de accesibilidad seleccionados proveen información diferente y complementaria entre sí, por lo tanto, cada uno muestra diferentes contrastes en la accesibilidad espacial (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Este análisis permite evaluar qué indicador involucra una mejor distribución de los niveles de accesibilidad, y como se observa, el índice de eficiencia de red presenta los valores más bajos en dos de los tres estadísticos analizados. En este indicador, los índices más bajos de accesibilidad se concentran en la comuna de Hualqui, mientras incrementan los valores de accesibilidad en las comunas donde el indicador locacional muestra valores más deficientes (Santa Juana y Tomé).

CONCLUSIONES

Este trabajo analiza el comportamiento de la accesibilidad a la red de salud hospitalaria en las diferentes localidades que componen el Área Metropolitana de Concepción, a través de dos indicadores espaciales que utilizan distancias y tiempos de viaje por redes de transporte privado. Mediante la aplicación de los indicadores de accesibilidad seleccionados se identifican claramente las zonas mayormente beneficiadas en el acceso espacial a la salud, correspondientes principalmente a las comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano, Penco y San Pedro de la Paz o conurbación central, donde existe una mayor dotación de redes de transporte. Mientras que los valores más bajos se identifican principalmente al Sur, en las comunas de Santa Juana y Hualqui, ambas desprovistas de hospitales públicos y con una menor densidad de redes.

En profundidad, el análisis de los índices estadísticos permite inferir que el indicador gravitatorio de eficiencia de la red presenta una mejor distribución de los valores de accesibilidad. Sin embargo, el indicador locacional ha sido mayormente utilizado en los estudios de accesibilidad a equipamientos de salud, debido a que su evaluación se concentra en la posición geográfica de las localidades o puntos desde donde se desplaza la población hacia los centros de salud, más que en la disposición geométrica de la red de transporte.

Cabe destacar que en la obtención de los indicadores de accesibilidad se consideró como modo de transporte solamente al vehículo privado, si bien se evalúa un solo modo de transporte, el estudio es un avance metodológico, respecto de las aportaciones clásicas en geografía que utilizan el concepto de accesibilidad desde el área de servicio o cobertura de un equipamiento hospitalario, considerando como variable fundamental la localización del equipamiento a servir. Este trabajo es una primera aproximación de la cobertura de la red de salud en el área de estudio, la cual considera además de la posición geográfica de los

centros, la disposición de la red de transporte privado, para una pronta investigación, incorporar el transporte público y sus limitantes, como la asignación de rutas fijas y la caminata como modo complementario. Así mismo, serán relevantes los aspectos ligados a la movilidad desde la experiencia del viaje en relación a las presentaciones de los servicios sanitarios, en este sentido serán de mucha utilidad los nuevos datos de la próxima Encuesta Origen Destino de Concepción, más aún cuando en el estudio de las desigualdades socioespaciales las relaciones entre movilidad, salud e inclusión social aún son poco conocidas (Gutiérrez, 2008).

Finalmente, los estudios geográficos desde esta perspectiva espacial y cuantitativa como el aquí desarrollado, aplicados a la planificación y gestión territorial de los servicios sanitarios, ofrecen posibilidades notables para evaluar tanto la accesibilidad espacial a los equipamientos, como la distribución de la oferta actual de servicios hospitalarios, en las que se pueden reconocer desigualdades, detalladas en la identificación de las áreas razonablemente servidas y/o marginadas, y cuáles son los grupos socio-espaciales beneficiados y/o penalizados en accesibilidad (Fuenzalida, 2010). Esto de forma directa permite valorar en qué medida los objetivos de eficiencia y equidad espacial se logran en cada territorio o región.

BIBLIOGRAFÍA

BARCELLOS, C.; BUZAI, G.D. 2006. La dimensión espacial de las desigualdades sociales en salud: aspectos de su evolución conceptual y metodológica. *Anuario de la División Geografía*, 275-92.

BOSQUE SENDRA, J. 1992. *Sistemas de Información Geográfica*. Rialp. Madrid.

CONSERJERÍA DE SALUD. 2004. *Libro Blanco de la Atención Especializada en Andalucía*. Desarrollo de los Centros Hospitalarios de Alta Resolución. Consejería de Salud, Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 52 (inédito).

FUENZALIDA, M. 2010. Análisis de desigualdades territoriales en la oferta de equipamientos públicos: el caso de los hospitales en la red asistencial del sistema público de salud en Chile. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. 2(2):111-125.

GUTIÉRREZ, A. 2008. Geografía, transporte y movilidad. *Revista Espacios*. 100-107.

GUTIÉRREZ, J.; MONZÓN, A. 1993. Accesibilidad a los Centros de Actividad Económica antes y después del Plan Director de Infraestructuras. *Ciudad y Territorio*. 1(97):385-395.

GUTIÉRREZ, J. 1994. Accesibilidad a los Centros de Actividad Económica en España. *Revista de Obras Públicas*. 3331:39-42.

GUTIÉRREZ, J.; MONZÓN, A.; PINÉRO, J. M. 1998. Accessibility, network efficiency, and transport infrastructure planning. *Environment and Planning A*. 30(8):1337-1350.

GUTIÉRREZ, J.; GARCÍA PALOMARES, J. 2002. Accesibilidad peatonal a la red sanitaria de asistencia primaria en Madrid. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 269-280.

GUTIÉRREZ, J.; CONDEÇO, A. 2006. Medición de efectos de desbordamiento de las infraestructuras de transporte a partir de indicadores de accesibilidad. *XIV Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte*. Las Palmas de Gran Canaria.

GUTIÉRREZ, J.; CONDEÇO, A.; MARTÍN, J. 2007. Using accessibility indicators and GIS to assess and monetarize spatial spillovers of transport infrastructure. *47th Congress of ERSA (European Association of Regional Science)*. Paris. 4-32.

HIGUERAS, A. 2003. *Teoría y Método de la Geografía. Introducción al Análisis geográfico regional*. Prensas Universitarias de Zaragoza. Colección Textos Docentes, n° 99. pp. 447.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). 2002. *División político administrativa y censal*. Santiago, Chile.

IÑIGUEZ, L.; BARCELLOS, C. 2003. Geografía y Salud en América Latina: Evolución y Tendencias. *Revista Cubana de Salud Pública*. 29(4):330-43.

LÓPEZ, E. 2007. *Assessment of transport infrastructure plans: a strategic approach integrating efficiency, cohesion and environmental aspects*. Doctoral Thesis. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 69-179.

LOYOLA, C.; ALBORNOZ, E. 2009. Flujo, movilidad y niveles de accesibilidad en el centro de Chillán, año 2007: Propuesta de mejoramiento mediante SIG. *Urbano*. 12(19):17-27.

MARTÍN, J.; GUTIÉRREZ, J.; ROMÁN, C. 2004. Data envelopment analysis (DEA) index to measure the accessibility impacts of new infrastructure investments: the case of high-speed train corridor Madrid-Barcelona-French border. *Regional Studies*. 38(6):697-712.

MONZÓN, A.; ORELLANA, H. 1996. La accesibilidad como instrumento de evaluación de las infraestructuras de transporte. Análisis de las actuaciones del P.D.I. *Estudios de Transporte y Comunicaciones*. 73:35-52.

PETERS, D. 2003. Cohesion, policentricity, missing links and bottlenecks: conflicting spatial storylines for Pan-European transport investments. *European Planning Studies*, 11(3): 317-339.

RAMÍREZ, M. L.; BOSQUE SENDRA, J. 2001. Localización de hospitales: analogías y diferencias del uso del modelo P-mediano en Sig raster y vectorial. *Anales de Geografía de la Universidad complutense*, 21, pp. 53.

RAMÍREZ, M.L. 2003. Cálculo de medidas de accesibilidad geográfica, temporal y económica generadas mediante Sistemas de Información Geográfica. *I Congreso de la Ciencia Cartográfica y VIII Semana Nacional de Cartografía*.

RODRÍGUEZ, V. 2010. Medición de la accesibilidad geográfica de la población a la red de hospitales de alta resolución de Andalucía mediante sistemas de información geográfica. *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 549-564.

ROJAS, C.; MUÑIZ, I.; GARCÍA-LÓPEZ, M. 2009. Estructura urbana y policentrismo en el Área Metropolitana de Concepción. *Revista Estudios latinoamericanos urbanos regionales EURE*, 47-70.

THOMOPOULOS, N.; GRANT-MULLER, S.; TIGHT, M. 2009. Incorporating equity considerations in transport infrastructure evaluation: Current practice and a proposed methodology. *Evaluation and Program Planning*. 32:351-359.

VILLANUEBA, A. 2010. Accesibilidad geográfica a los sistemas de salud y educación. Análisis espacial de las localidades de Necochea y Quequén. *Revista Transporte y Territorio*. 2:136-157.

Agradecimientos: Fondap CEDEUS N°15110020 / IBB GESITRAN N° 11-PC.S2.1116

© Marcela Martínez Bascuñán y Carolina Rojas Quezada

Martínez Bascuñán, M.; Rojas Quezada, C. 2014. Evaluación de la accesibilidad espacial a la red hospitalaria en el área metropolitana de Concepción. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). Año 6, N° 6, Sección I: 176-200. On-line: www.gesig-proeg.com.ar

Recibido: 10 de octubre de 2014 / Aprobado: 27 de noviembre de 2014