

Fuenzalida Díaz, M. y Moreno Jiménez, A. (2010): Diseño con SIG de la localización óptima de centros de atención primaria de salud, discriminando según estatus socioeconómico. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 453-465. ISBN: 978-84-472-1294-1

## DISEÑO CON SIG DE LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE CENTROS DE ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD, DISCRIMINANDO SEGÚN ESTATUS SOCIOECONÓMICO

Manuel Fuenzalida Díaz<sup>1</sup> y Antonio Moreno Jiménez<sup>2</sup>

(1) Profesor Asociado, Instituto de Geografía, Facultad de Recursos Naturales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Av. Brasil, 2241, Valparaíso, Chile. [manuel.fuenzalida@ucv.cl](mailto:manuel.fuenzalida@ucv.cl)

(2) Catedrático de Geografía Humana, Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Madrid, C/ Tomás y Valiente, 1, 28049 Madrid, España. [antonio.moreno@uam.es](mailto:antonio.moreno@uam.es)

### RESUMEN

Las decisiones relativas a la localización de servicios colectivos a la población, en particular los de salud, han de ajustarse a principios tales como el de equidad, sin olvidar el de eficiencia, en términos espaciales. En esta contribución se aborda el problema de generar soluciones óptimas para la ampliación de la cifra de centros de atención primaria de salud (CAPS) en una zona de la región de Valparaíso (Chile), priorizando el principio de justicia territorial (atenta a las necesidades socio-espaciales). A tal fin, se formula y aplica un procedimiento para expresar la necesidad / demanda para pequeñas unidades espaciales estándar, basado en la morbilidad diferencial por niveles socio-económicos. Estimada aquélla mediante una ponderación de la población, se aplicó un modelo de localización óptima (COBEMAX) que maximiza la demanda cubierta dentro de un tiempo de trayecto de 20 minutos en autobús a los CAPS. La comparación de los resultados obtenidos (mediante indicadores de cobertura, mapas de ubicación y de áreas servidas) con los de la solución "eficiente" basada en la demanda sin ponderar permitió apreciar el efecto de priorizar la equidad como principio de decisión.

Palabras Clave: Modelos de localización óptima, justicia territorial, servicios de salud, métodos de apoyo a las decisiones espaciales

### GIS BASED OPTIMAL LOCATION DESIGN OF PRIMARY HEALTH FACILITIES, DISCRIMINATING BY SOCIO-ECONOMIC STATUS

#### ABSTRACT

*Decisions concerning collective services location, particularly health facilities, must obey to principles such as equity, in addition to efficiency, in spatial terms. In this contribution it is tackled the problem of generating optimal solutions to increase the number of primary health facilities (CAPS) in a zone of Valparaiso region (Chile), giving priority to territorial justice principle (based on socio-spatial needs). To this end, a procedure is proposed and applied to approximate the spatial need / demand for small standard spatial units, based on unequal morbidity across socio-economic levels. After estimating the need, using a weighting approach, an optimal location model (COBEMAX) was applied to maximize the demand covered within 20' travel time by bus. The comparison of these results (using coverage indicators, location facilities and area served maps) with the "efficient" solution, obtained using non weighted demand, allowed to appreciate the effect of prioritizing the equity principle in decision making.*

*Key Words: Optimal location models, territorial justice, health services, spatial decision support methods*

## INTRODUCCIÓN

Desde la óptica geográfica, debido a que sería muy difícil, si no imposible, construir algo (e. g. hospital o un centro de atención primaria de salud) en algún lugar que beneficiara por igual a todos los ciudadanos (Smith, 1980), se han venido desarrollando o aplicando modelos de localización óptima e índices de accesibilidad, que desde la eclosión de los SIG y el software de optimización espacial, permiten evaluar de manera ágil y efectiva las condiciones existentes y futuras desde algunos principios fundamentales que deberían orientar las decisiones de ordenación espacial. Entre ellos cabe reconocer la relevancia concedida al criterio de **equidad**, bien como *igualdad*, proporcional a la población o al territorio, bien como *justicia*, proporcional a la necesidad de cada demanda. Asimismo, la **eficiencia** se ha de valorar a la hora de abordar los problemas atinentes a la distribución espacial de los servicios para la población, entre ellos los sanitarios, de tal forma de que la distribución de la oferta permita alcanzar logros deseables en aspectos importantes tales como, por ejemplo, los desplazamientos totales ocasionados entre los lugares con demanda y los centros de oferta o el nivel de accesibilidad espacial (Moreno, 2007).

En los temas relacionados con la distribución de los servicios colectivos existe una influyente posición ideológica que subraya la primacía de la equidad e igualdad en la distribución, mientras que la eficiencia es vista como un objetivo secundario (Coates, 1977). Esta perspectiva, conocida como igualitarista, tiene entre sus principales ventajas que permite juzgar una situación existente, bien en relación con el grado de desigualdad observado, o bien por su tendencia a la reducción de la desigualdad: mientras más iguales las soluciones alternativas, mejor. La formulación operativa de esta perspectiva, en un contexto espacial, ha tendido a privilegiar algunas interpretaciones concretas como justicia territorial, la igualdad espacial o estándar mínimo (Hay, 1995) de cara a la evaluación de la (des) igualdad en la provisión de los servicios públicos colectivos.

De los anteriores conceptos espaciales, resulta oportuno en este trabajo inclinarse por el de justicia territorial, de cara a ensayar una aproximación nueva al diseño de esquemas de localización óptima de servicios de salud que se adecúe a la siguiente sentencia: “a cada cual según su necesidad”, para de este modo, avistar una provisión de los recursos de tal suerte que discrimine “justamente”, de acuerdo con alguna medida, directa o indirectamente, asociada con dicha necesidad, espacialmente representada. Esa interpretación de la justicia territorial (Davies, 1968) se basa, pues, en la idea de la igualdad proporcional (proporcional al nivel de necesidad) y postularía conseguir una distribución geográficamente bien ajustada entre los recursos asignados y las necesidades de los mismos.

El concepto de necesidad, que ha sido ampliamente analizado y procedimentalmente formulado por autores de diversas disciplinas (vid. por ejemplo Bennett, 1980, p. 85 y ss.; Rodríguez Cabrero, 1986; McKillip, 1987; Massam, 1993, p. 54 y ss.), debe considerarse lógicamente en el contexto de las condiciones existentes en una sociedad dada y en relación con alguna norma aceptada socialmente. Ello suele implicar, la mayor parte de las veces, que se debe dar prioridad a aquellos grupos poblacionales que son más vulnerables, desfavorecidos o excluidos, a la hora de prestar ciertos servicios, e. g. sociales, sanitarios, etc. ajustándose a una regla “equitativa”.

Sobre la base de tales premisas, en la presente investigación, se realiza una propuesta metodológica de diseño de esquemas de localización óptima, utilizando el conocido modelo de cobertura máxima (vid. Moreno Jiménez, 2004), para dos nuevos centros de atención primaria de salud (CAPS) a incorporar en la zona de estudio, que pertenece al Servicio de Salud de Viña del Mar-Quillota (región de Valparaíso, Chile). El objetivo concreto a optimizar en la solución radica en cubrir el máximo posible de demanda (población) dentro de 20 minutos de acceso al equipamiento más próximo. Las investigaciones sobre una organización de servicios de salud optimizada desde la perspectiva de la accesibilidad territorial cuentan con una reconocida tradición (vid. por ejemplo los trabajos de Rushton, 1984; Thouez, 1987, p. 123-134; Drezner, 1990; Serra, 1993 y 1999; Ramírez y Bosque, 2001; Prat et al. 2009). La singularidad metodológica aquí estriba en que, de cara a aplicar el principio de justicia territorial enunciado antes, se propondrá y desarrollará un procedimiento que no trata por igual a todos los ciudadanos, sino que avista una discriminación de ellos, expresiva de la necesidad diferencial entre grupos sociales, apoyada en el estatus socioeconómico como variable determinante de esas necesidades diferenciales de atención en salud.

Tras presentar el ámbito del trabajo, se describe la metodología, que detalla la representación de los datos de localización en un SIG (modelo de datos), la determinación del patrón espacial de estatus socio-económico de la población y la ponderación de la demanda potencial de servicios de salud basada en dicho estatus socio-económico. Una vez aplicado el modelo de optimización de la cobertura a los datos de población ponderada y sin ponderar, se interpretan y valoran los patrones espaciales obtenidos, conteniendo las propuestas de ampliación óptima de los centros de atención primaria de salud (CAPS), a fin de valorar en qué medida se mejoran/empeoran los objetivos de equidad espacial y eficiencia en el área de estudio.

## ZONA DE ESTUDIO

La zona analizada corresponde a los municipios que conforman la unidad territorial conocida como el eje Cuencas de Marga-Marga y Estero Limache, que está constituida por las ciudades de Con-Con, Quilpué, Villa Alemana y Viña del Mar (que junto a la ciudad de Valparaíso conforman el Área Metropolitana de Valparaíso -AMV-), a las que hay que agregar las ciudades intermedias de Limache y Olmué. La zona es considerada como el principal subsistema territorial central, con un área de influencia de alcance regional y un fuerte desarrollo costero, en donde la población tiende a organizarse en función de dos hechos principales: un elevado grado de concentración poblacional en Viña del Mar y una tendencia al descenso conforme se avanza hacia el interior (figura 1).

Es importante destacar que este sistema de poblamiento está fuertemente influenciado por las infraestructuras viales (camino público, autopistas concesionadas y ferrocarril) y el relieve (limitante de las diversas formas de ocupación), los cuales generaron en el pasado y consolidan hoy en día el continuo urbano definido como AMV que, en busca de suelo de menor costo, avanza en su proceso de difusión hacia Limache-Olmué.

En términos de organización sanitaria, la zona pertenece al Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota; en ella actualmente existen 18 Centros de Atención Primaria de Salud (ver figura 1), los cuales tienen por objeto satisfacer las necesidades de atención ambulatoria de nivel primario, que deben poseer un área de atracción idealmente de 20.000 hab. y no superior a 50.000 habitantes. Su reparto por comunas es de la siguiente manera: 1 para la comuna de Con Con (51.293), 1 para la comuna de Limache (44.962), 1 para la comuna de Olmué (15.611), 2 para la comuna de Quilpué (169.995), 2 para la comuna de Villa Alemana (109.995) y 11 para la comuna de Viña del Mar (316.267).

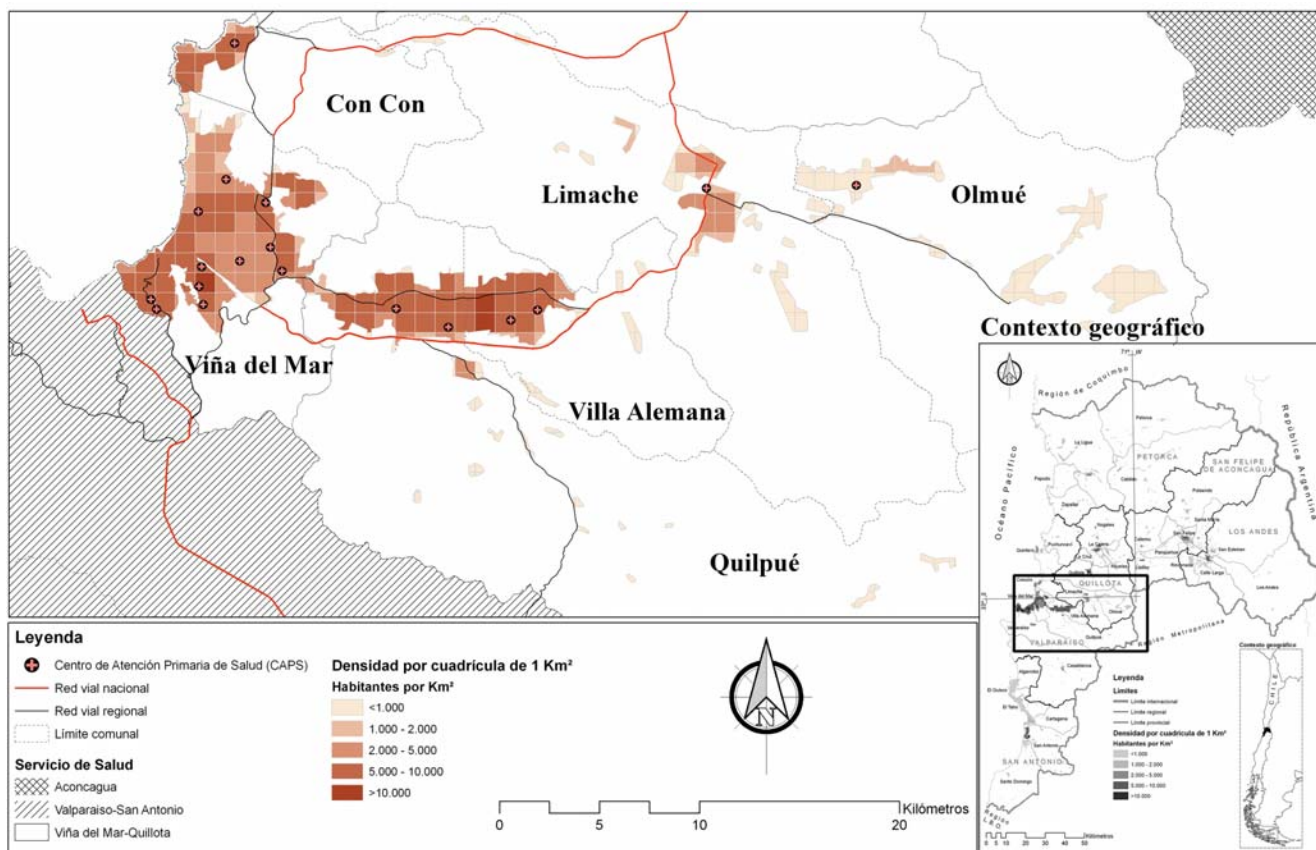


Figura 1. Zona de estudio en la región de Valparaíso, Chile.

Dado este contexto, y a partir de consideraciones previas, pareció conveniente asumir una ampliación razonable de la dotación actual de CAPS, que avistase por un lado, un incremento de la igualdad en los niveles de

accesibilidad espacial y por otro, la posibilidad de ser financiados en su implementación. La cifra que se optó como ampliación es menguada, pero realista: 2 centros nuevos.

## METODOLOGÍA

### Representación digital de los datos de localización y de la red viaria

El análisis propositivo contemplado aquí, orientado a la identificación de una organización futura socio-espacialmente más justa de los servicios de salud, y que favorezca específicamente el acceso espacial a los CAPS por parte de la población más necesitada, requiere la individualización y representación digital de (1) CAPS, (2) usuarios potenciales y (3) sus interrelaciones, principalmente aquéllas que expresan la interacción entre los lugares en donde están situados los equipamientos y los de los destinatarios de los servicios, a fin de orientar el proceso de optimización hacia un resultado recomendable (Scaparra y Scutellà, 2001). En la praxis, ello lleva a considerar a los primeros como *lugares de destino*, a los segundos como *lugares de origen* y a los terceros como *distancias, tiempos o costes que implican los desplazamientos entre los lugares de orígenes y destinos*.

Operativamente se han utilizado para el análisis, (a) la localización de los CAPS georreferenciados por GPS, (b) los centroides de pequeñas unidades espaciales estándar de 1 Km<sup>2</sup> generadas “ad hoc” (PUEE)<sup>4</sup>, de cara a desvelar las pautas de las condiciones socio-económicas de la población, y (c) la red de transporte vial regional (carreteras y caminos) que conecta todos los lugares de orígenes con los de destino, diferenciando entre la red básica compuesta por caminos de clase A-B-C, que permiten una superior velocidad que la red comunal compuesta por caminos clase D-E (siendo D, levemente mejor)<sup>5</sup>.

### El establecimiento de diferencias socio-espaciales en las necesidades de servicios de salud

La metodología desarrollada aquí para discriminar la necesidad desigual entre grupos socio-espaciales se concreta en dos fases: 1) En primer lugar, asumiendo que un determinante decisivo de la conducta de la demanda (y uso) de servicios de salud es el estatus socioeconómico, se ha construido un indicador sintético de dichos estatus para las PUEE, sustentado en variables de carácter socio-demográfico. 2) A partir del conocimiento las diferencias en morbilidad según estatus socioeconómico se ha derivado una ponderación de la población, acorde con las categorías de estatus y para las PUEE. En los dos apartados siguientes se describen los procedimientos seguidos.

#### A) Determinación del patrón espacial de estatus socio-económico de la población<sup>6</sup>

Para la medición del estatus socio-económico (FSE) de la población en las PUEE, se ha optado, como fuente de información, el XII censo de Población y VI de Vivienda de 2002, considerado como el único instrumento estadístico disponible en Chile que cuenta con la conveniente cobertura, grado de desagregación y actualidad de los datos, referidos a personas y hogares.

A tal fin, hemos tenido en cuenta un número equilibrado de variables que reflejen tanto niveles positivos, como medios, pero también bajos de estatus, referentes a la posesión de bienes, nivel educacional, actividad laboral e instalaciones de la vivienda, de tal forma que resultase un factor de estatus socio-económico altamente discriminante, del cual se obtuviese una lectura integral de los patrones espaciales conformados por la población regional.

---

<sup>4</sup> Para consultar el procedimiento para definir las pequeñas unidades espaciales estándar (PUEE) véase Fuenzalida Díaz y Moreno Jiménez (2009).

<sup>5</sup> La clasificación de la infraestructura vial en Chile identifica para la Red Básica: Clase A, caminos nacionales, Clase B, caminos regionales principales, y Clase C, caminos regionales secundarios. Para la Red Comunal: Clase D, caminos comunales primarios y Clase E, caminos comunales secundarios. (Dirección Nacional de Vialidad, 2009). A partir de esa categorización se imputó a cada tipo una velocidad media (para autobuses públicos) y con ella se estimó el tiempo de trayecto para cada arco o segmento de la red. Luego se procedió a calcular la matriz de tiempos de viaje entre todos los orígenes y destinos potenciales (PUEE y CAPS).

<sup>6</sup> Una exposición más amplia de esta cuestión se puede consultar en Fuenzalida Díaz y Moreno Jiménez (2009).

Para la *tenencia de bienes* se consideró aspectos asociados al consumo de bienes duraderos (hogares con tenencia de automóvil y microondas) y el acceso a la sociedad de la información (hogares con tenencia de ordenador, telefonía de red fija y conexión a Internet). En el *nivel educacional*, se buscó representar el desarrollo intelectual, promoción/ascenso social y el nivel cultural alcanzado por la población  $\geq 24$  años de edad, para lo cual se extrajeron indicadores alusivos a grados o logros altos, medios y bajos. El *nivel laboral*, como es sabido, se relaciona con ingresos, posición y reconocimiento social, además de la capacidad de decisión económica. En Chile se refiere a la población activa  $\geq 15$  años de edad y se han usado indicadores de alta, media y baja la calidad del puesto de trabajo desempeñado. Finalmente, las *instalaciones en la vivienda*, están referidas a comodidades, bienestar y nivel de vida que goza la población que habita al interior de ellas, individualizadas en la tenencia de calentador de agua, la existencia de dos o más duchas y aquéllas que no presentan ducha.

Habiendo calculado las catorce variables socio-económicas correspondientes a las cuatro manifestaciones del estatus consideradas por Zona Censal, se procedió a construir un estadístico que sintetizara esta información. La técnica de análisis multivariante que goza de mayor aceptación para este tipo de estudio es el Análisis de Componentes Principales (ACP). El ACP es un método descriptivo y sintético que tipifica y ordena (jerárquicamente y en función de reglas de composición interna) las variables, sus interrelaciones y estructuras en un modo visual (vid. Mora, 1990; Moreno, 1994). Se utilizó el software estadístico SPSS para realizar el análisis factorial con el método de componentes principales.

Una vez obtenida la solución factorial final, se procedió a obtener una estimación de las puntuaciones referidas a las unidades estadísticas censales. Para tal efecto, se consideró sólo el primer factor resultante de la extracción (69,91% de la varianza explicada) a fin de valorar la situación relativa de cada unidad espacial en la dimensión “latente” que hemos denominado factor de estatus socio-económico (FSE), la cual es capaz de resumir en alto grado la información contenida en las catorce variables originales.

Para categorizar de manera significativa y representar cartográficamente el FSE en las PUEE se procedió previamente a inspeccionar la distribución univariada del mismo (ver figura 2). Por conveniencia interpretativa se ha clasificado el estatus socio-económico en cinco intervalos, resultado de una agrupación regular (o lo que es lo mismo aplica un criterio lineal), lo que facilitará apreciar luego cómo la aplicación de la ponderación no lineal (para discriminar la demanda potencial) afectará a cada intervalo (y sus ámbitos); finalmente quedaron como categorías que nos permitirán describir y valorar la distribución espacial del FSE las siguientes: (1) bajo, (2) medio-bajo, (3) medio, (4) medio-alto y (5) alto.

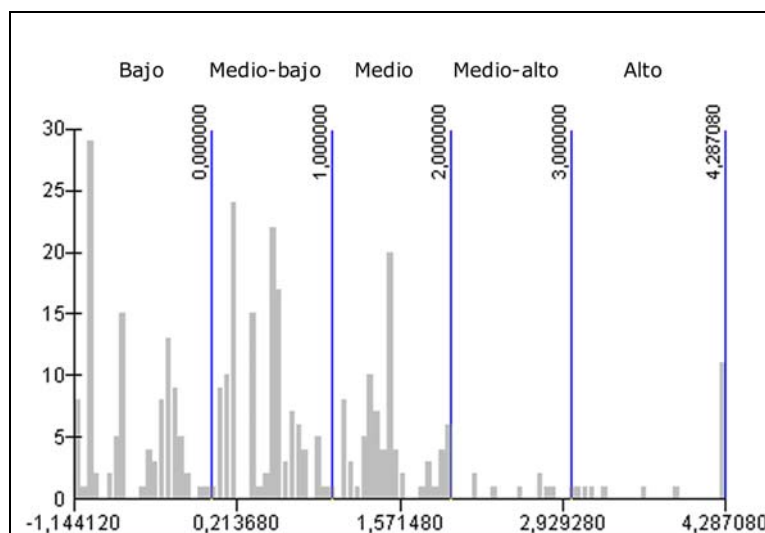


Figura 2. División de la distribución univariada del FSE por PUEE en cinco intervalos.

## B) Metodología de ponderación de la demanda potencial para discriminar según estatus socio-económico.

La premisa “a cada cual según su necesidad”, que guía el desarrollo del siguiente experimento, implica ineludiblemente establecer una fundamentación razonablemente sólida para aprehender algo tan complejo de medir

como es la necesidad de servicios de salud en un contexto geográfico-social dado, de tal suerte que las decisiones sobre ubicación de los nuevos recursos (CAPS) responda a dicha necesidad.

Al no disponer de estudios que traten de la realidad chilena se ha recurrido a consultar referencias para otros ámbitos. Las contribuciones sobre la determinación de las necesidades en salud y la asignación de recursos en concordancia con ellas conforman ya una amplia tradición no solo en Geografía, sino en Medicina, Economía (e.g. Monserrat y Murillo, 1990) y otras ciencias sociales. En alguna obra geográfica se proporcionan exposiciones sintéticas sobre ello (vid. Giggs, 1983, p. 213 y ss.). Por solo mencionar algunas referencias destacables cabe recordar el pionero artículo de Nelson (1976) quien abordó el asunto de una manera clarificadora, breve y directa en un trabajo donde relataba también la aplicación de modelos de localización óptima para ayudar en la toma de decisiones. En otra obra conocida, Labasse (1982, cap. 1) señalaba diversos criterios para establecer los equipamientos y recursos a proveer, acordes con la población existente. En el ámbito británico el asunto fue tratado largamente a partir de las propuestas seminales del Resource Allocation Working Party en 1976, buscando garantizar iguales oportunidades de acceso a los servicios de salud y usando una fórmula matemática (vid. Royston et al. 1992). En Canadá, Eyles et al. (1994) usaron un enfoque similar basado en las necesidades. Al respecto y de forma sumaria, Moreno (1995) individualizó para los servicios colectivos tres tradiciones metodológicas basadas en (1) instrumentos que especifican la necesidad localizada (e.g. estándares urbanísticos, de normativas sectoriales o de expertos, indicadores de desigualdad o desequilibrio, etc.), (2) técnicas de segmentación de la población o del mercado, principalmente las provenientes del marketing, e (3) instrumentos de tipo predictivo (v. gr. modelos de regresión lineal, logística, de interacción y elección espacial, etc.). Por su parte, Leal y Cortés (1995) recomendaron que las necesidades de equipamientos colectivos, específicamente el sanitario, debería hacerse en relación con las características de la población de la zona, pudiendo tener en cuenta la diferenciación del uso en relación con la edad, o siguiendo criterios que implican la proximidad de estas instalaciones y determinando los ámbitos de influencia en relación con el tamaño global de la población.

A tenor de lo expuesto, podemos colegir que sería aceptable para nuestro experimento “segmentar” la demanda potencial (global) en diferentes nichos de necesidad, de acuerdo con algún criterio significativo, para luego planificar “ad hoc” la provisión de servicios sanitarios. Por su propia enjundia, ello no constituye el foco central de este trabajo, en el que abordaremos el asunto no de forma exhaustiva, aunque sí realista. Como en marketing es sabido, la segmentación del mercado (aquí la población) y la estimación de la demanda puede hacerse según variables muy diversas, pero en general atingentes a atributos de dicha población. Descartado el relevante criterio de la edad, ya que no se disponía del mismo para 2009 en las pequeñas unidades estadísticas espaciales (PUEE), se recurrió al estatus socio-económico que poseen los residentes, como factor de discriminación de la necesidad.

Al respecto es conocida la propensión, a medida que se asciende en la escala estatus, y en particular de rentas personales, a consumir más servicios de salud y que la prestación privada encuentra en los segmentos de rentas altas un mercado más propicio (Moreno, 2003, cap. 5). Asumiendo esas tendencias, en esta investigación ha parecido plausible considerar que la necesidad o demanda efectiva ante los servicios de salud públicos pueda ser ponderada de acuerdo con el estatus socioeconómico. La premisa básica al respecto estriba en que los grupos de estatus alto (y ello sucede en Chile) satisfacen todas o parte de sus necesidades en el sector privado (reduciendo la presión sobre la oferta pública, Cid, 2001), en tanto que los grupos más desfavorecidos prácticamente proyectan toda su demanda sobre el sector público. Tal desfavorecimiento apoyaría además la premisa de conferirles más prioridad (por su situación multi-carencial) desde el Estado.

Teniendo en cuenta que nuestro enfoque se centra en la cuestión de la accesibilidad espacial y de cómo puede ser considerada para mejorar la organización espacial de la oferta, y que por otro lado no se pretende solventar un encargo político de planificación sanitaria real, ha parecido suficiente asumir como base para ponderar la demanda potencial, la probabilidad de que la población nacional presente al menos una de las enfermedades de mayor prevalencia en el país, medidas a través de la estimación del riesgo relativo (*odds ratio*) entre poblaciones de estatus socio-económico diferente (*proporción de desigualdades*), según los resultados de la última Encuesta Nacional de Salud, año 2003, elaborada por el departamento de epidemiología del Ministerio de Salud de Chile.

En la tabla 1 se muestran los valores resultantes (*odds ratio* o la probabilidad de que una cierta cosa sucederá) para el grupo de enfermedades que obtuvieron diferencias significativas entre los niveles de estatus socioeconómico. La obtención del ponderador para la demanda potencial que discrimine la necesidad de atención sanitaria pública, se llevó a cabo mediante el cálculo de la proporción de la sumatoria en cada nivel de estatus respecto al valor total (suma de los *odds ratio*) de los riesgos presentes en cada uno. De esta forma, los pesos relativos cumplen el requisito de sumar la unidad.

**Tabla 1.** Coeficientes expresando diferencias socio-económicas en prevalencia de enfermedades.

CONDICIÓN	ESTRATO SOCIO-ECONÓMICO			SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA
	Bajo	Medio	Alto	
				1,7 > 1,0
Prevalencia hipertensión	1,70	1,40	1,00	1,6 > 1,0
Obesidad	1,60	1,20	1,00	3,0 > 1,0
Diabetes	3,00	2,00	1,00	0,7 < 1,2
Tabaquismo	0,70	1,20	1,00	2,8 > 1,3 ; 2,8 > 1,0
Sedentarismo	2,80	1,30	1,00	2,97 > 1,0
Posible angina de pecho	2,97	2,02	1,00	1,56 > 1,0 ; 1,35 > 1,0
Trastornos musculoesqueléticos	1,56	1,35	1,00	2,24 > 1,0
Enfermedad respiratoria crónica	2,24	1,41	1,00	3,16 > 1,0 ; 1,85 > 1,0
Test susurro alterado	3,16	1,85	1,00	16,9 > 1,0
Deterioro cognitivo confirmado	16,90	2,07	1,00	1,7 > 1,0
<b>Sumatoria</b>	<b>36,63</b>	<b>15,80</b>	<b>10,00</b>	
<b>Pesos relativos</b>	<b>0,59</b>	<b>0,25</b>	<b>0,16</b>	

Nota: Los coeficientes miden el riesgo relativo ajustado por sexo y edad. Nivel de referencia: 1.0 estrato socioeconómico alto. Fte. Encuesta Nacional de Salud, año 2003. Ministerio de Salud, Chile.

La tabla 2 adjunta expresa las magnitudes de la población total y de la “necesidad” o demanda ponderada, según estatus socio-económico (demanda potencial). Ésta última corresponde al producto del peso relativo por los efectivos demográficos de cada nivel de estatus. Los niveles de FSE fueron ponderados así: 0,59 el bajo y el medio-bajo, 0,25 el medio y 0,16 el medio-alto y alto. El efecto de tal transformación se aprecia en la última columna de la derecha, en la que los grupos bajo y medio bajo se ven potenciados (como demanda), en detrimento de los tres superiores. De manera más concreta, la ponderación ocasiona que aumente el volumen de demanda (necesidad) en los estatus bajo (en un 1,8%), medio-bajo (en un 21,4%) y disminuya en los estatus medio (en un 15,1%), medio-alto (en un 3,6%) y alto (en un 4,5%).

**Tabla 2.** Magnitud de la demanda potencial y ponderada según factor de estatus socio-económico.

FSE	Población total (demanda potencial sin ponderar)		Demanda ponderada		Diferencia porcentual
	Nº	% (A)	Nº	% (B)	% (B-A)
<b>Total FSE</b>	<b>708.803</b>	<b>100,0</b>	<b>266.809</b>	<b>100,0</b>	<b>0,0</b>
Bajo	22.330	3,2	13.175	4,9	1,8
Medio bajo	267.967	37,8	158.101	59,3	21,4
Medio	318.745	45,0	79.686	29,9	-15,1
Medio alto	44.249	6,2	7.080	2,7	-3,6
Alto	54.792	7,7	8.767	3,3	-4,5

#### Identificación de la localización óptima de los nuevos CAPS basada en la necesidad espacial

El problema a resolver en esta fase se puede expresar de esta manera: asumiendo como inmutable la ubicación de los CAPS existentes en la zona de estudio, identificar qué dos lugares adicionales conseguirían maximizar la demanda ponderada dentro de un radio de 20 minutos de acceso al equipamiento más próximo. Como



lugares potenciales para ubicar los nuevos CAPS se han considerado los centroides de las PUEE. Se trata, pues, del clásico modelo conocido como COBEMAX<sup>7</sup> cuya función objetivo se puede escribir:

$$\text{Maximizar } F = \sum_{i=1}^m d_i x_{ij}$$

siendo  $d_i$  = demanda en el lugar  $i$ ,  $x_{ij}$  = variable de decisión (tomaría solo dos valores 1, si el lugar  $i$ , asignado al centro más próximo sito en  $j$ , está dentro del alcance de 20 min., y 0 en caso contrario) y  $m$  = número de centros de servicio.

Dado que la demanda ponderada traduce necesidades diferenciales según estatus, la búsqueda de la solución conllevaría un sesgo prioritario hacia las zonas con niveles de estatus más desfavorecidos. De esta forma se materializa operativamente aquí la aplicación del principio de justicia territorial, esperando que ello pueda influir de manera importante en los resultados.

Computacionalmente hablando, el problema se ha resuelto mediante el sistema *Flowmap*, que entre sus prestaciones permite tratar varios modelos de optimización espacial y con varios algoritmos heurísticos. En nuestro caso se ha aplicado el algoritmo que en la terminología del programa se llama “expansión y relocalización” (*expansion and relocation*), que en realidad es una combinación de dos heurísticas simples: la conocida como *greedy* o *add* y la denominada *interchange* (vid. Moreno Jiménez, 2004, p. 92-95, y 2008, p. 127-128).

De cara a valorar mejor la solución para las 2 nuevas localizaciones óptimas de CAPS obtenidas sobre la base de la “demanda ponderada” (expuesta en el apartado siguiente), se presentarán aquí los resultados experimentales (cuadros y cartografía temática) obtenidos usando la población total (sin ponderación alguna), a la que designaremos “demanda potencial sin ponderar”, para realizar una comparación con aquella.

## RESULTADOS

La aplicación del modelo de optimización, imputando como variable de peso la demanda ponderada, y considerando el alcance óptimo de servicio prefijado en 20 minutos de acceso, nos ofrece para la distribución espacial de los 18 CAPS existentes más los 2 óptimos en la zona de estudio los siguientes resultados.

Según los datos mostrados en la tabla 3, se “cubriría” una demanda ponderada de 517.345 habitantes, correspondiente al 73,1% del total de la zona de estudio, dejando sin cobertura a 190.738 personas que significa el 26,9%. Si se comparan con las de esquema óptimo resultante para la demanda potencial (no ponderada), al que llamaremos E0a, estas cifras son levemente inferiores en solo un 0,1% para los cubiertos. Por lo tanto, se puede afirmar que la discriminación de la demanda ponderada según estatus socio-económico acarrea una pérdida de eficiencia en el sistema que asciende a 1.304 personas.

Sin embargo, al examinar los niveles de cobertura entre los distintos grupos de estatus socio-económico, con y sin ponderación, se observan pocos cambios, y no de manera uniforme o de una sola tendencia, aunque en línea con lo esperado. Encontramos así que los valores de cobertura espacial para el estatus desfavorecido bajo y los estatus favorecidos medio-alto y alto no varían. Sí se puede apreciar una mejoría importante, desde el punto de vista de la equidad espacial, a favor del estatus desfavorecido medio-bajo, que logra ganar un 4,3% de cobertura respecto al E0a, a costa del empeoramiento del estatus medio que pierde un 4%. En el conjunto de la zona de estudio, por tanto, el resultado expresa un trasvase de cobertura algo menor para el ámbito de estatus medio y algo mayor para el

---

<sup>7</sup> El problema de localización de cobertura máxima (COBEMAX) restringe el número de equipamientos a localizar a un número finito de ubicaciones, maximizando la cantidad de demanda cubierta dentro de un alcance espacial prefijado. La primera formulación del modelo fue realizada por Church y ReVelle (1974), y aplicar el modelo requiere de la existencia de un alcance de distancia o tiempo de trayecto máximo (accesibilidad) a partir del cual se entiende que la prestación de servicio se degrada de sobremanera, asumiéndose además que las restricciones presupuestarias sólo posibilitan el establecimiento de un cierto número de centros de servicio, que no bastan para cubrir toda la demanda dentro de la distancia crítica (Moreno, 2004). El modelo COBEMAX es singularmente apto para planificar equipamientos públicos (sanitarios, educacionales, deportivos, asistenciales, áreas verdes, ocio, etc.), puesto que concilia objetivos de eficiencia (conseguir la máxima cobertura espacial de demanda con los recursos disponibles, e. g. centros) y equidad (preocupación porque la mayoría no esté demasiado lejos de los puntos de oferta, al intentar que las desigualdades en el acceso queden en gran medida limitadas al radio máximo establecido), lo que en definitiva nos permite configurar un escenario territorial, a escala de la zona de estudio, que facilita las oportunidades de acceso para que la población se sirva de los beneficios que brindan estos tipos de servicios.



grupo de estatus medio bajo. El resto de los niveles de estatus no ve modificada su cobertura por efecto de la ponderación aplicada.

**Tabla 3.** Nivel de cobertura de la población (2009) dentro de 20 minutos para el escenario de 20 CAPS (18 actuales y 2 nuevos maximizando la cobertura de la demanda potencial sin ponderar (EOa) y ponderada (EOb).

FSE	Demanda potencial sin ponderar (EOa)				Demanda ponderada (EOb)			
	Cubiertos		No cubiertos		Cubiertos		No cubiertos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>Total general</b>	<b>518.649</b>	<b>73,2</b>	<b>189.434</b>	<b>26,8</b>	<b>517.345</b>	<b>73,1</b>	<b>190.738</b>	<b>26,9</b>
Bajo	13.019	58,3	9.311	41,7	13.019	58,3	9.311	41,7
Medio bajo	198.864	74,2	69.103	25,8	210.327	78,5	57.640	21,5
Medio	255.642	80,2	63.103	19,8	242.875	76,2	75.870	23,8
Medio alto	22.170	50,1	22.079	49,9	22.170	50,1	22.079	49,9
Alto	28.954	52,8	25.838	47,2	28.954	52,8	25.838	47,2

Nota: en azul los aumentos, en rojo los descensos. Fte. Elaboración propia.

En relación a la distribución de la demanda ponderada según intervalos de tiempo a los CAPS más próximos (ver tabla 4), y para el conjunto de la zona de estudio, la cobertura se desagregaría en 189.810 para el rango de 0-10 minutos, lo cuál representa una mejora en 11.399 usuarios si se compara con EOa, y 327.535 en el de 10-20 min., lo que denota una pérdida de 12.703. También existen cambios en los intervalos superiores a 20 min. (i. e. no cubiertos), ascendiendo a 141.485 en el de 20-30 min. (disminución de 12.939 usuarios), 32.770 en el de 30-40 min. (incremento de 13.426 usuarios) y 16.483 en el de más de 40 min. (aumento de 817). Por niveles de estatus, el cambio de cobertura del escenario con la demanda ponderada (respecto al de no ponderada), que afecta a los grupos medio bajo y medio, tiene un signo coherente con la discriminación buscada: el nivel medio bajo incrementa sus efectivos en el tramo de 0-10 min. (disminuyendo en los mayores a él), en tanto que en el nivel medio de estatus sucede al revés. En definitiva, la solución favorece, en cuanto a cobertura, a un grupo de menor estatus, en detrimento de otro de estatus medio.

**Tabla 4.** Distribución de la población (2009) según intervalos de tiempo de acceso al CAPS más próximo (escenario con demanda potencial sin ponderar y ponderada).

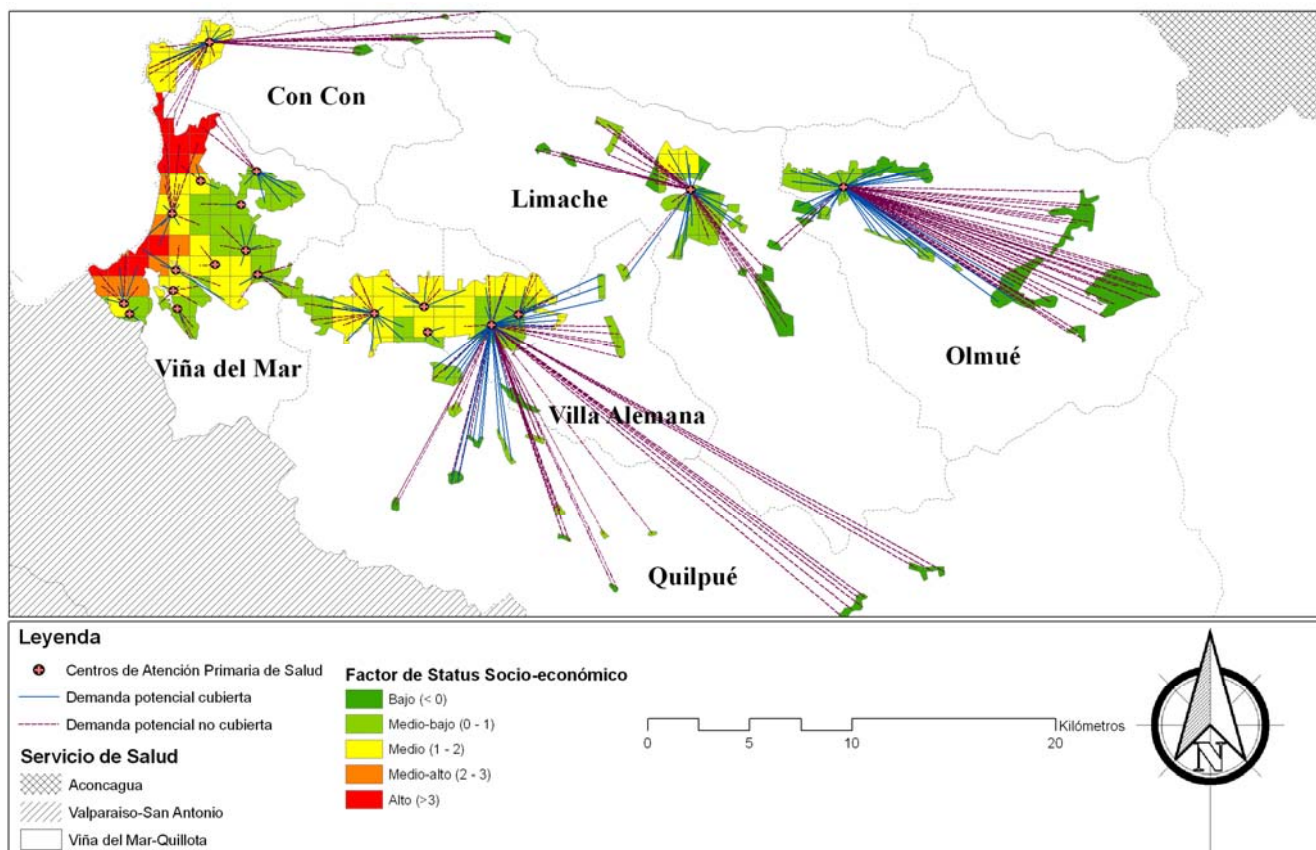
FSE	Demanda potencial sin ponderar (EOa)					Demanda ponderada (EOb)				
	Cubiertos		No cubiertos			Cubiertos		No cubiertos		
	0-10'	10-20'	20-30'	30-40'	40' y +	0-10'	10-20'	20-30'	30-40'	40' y +
<b>Total general</b>	<b>178.411</b>	<b>340.238</b>	<b>154.424</b>	<b>19.344</b>	<b>15.666</b>	<b>189.810</b>	<b>327.535</b>	<b>141.485</b>	<b>32.770</b>	<b>16.483</b>
Bajo	8.914	4.105	3.059	3.018	3.234	8.914	4.105	3.059	2.201	4.051
Medio bajo	85.370	113.494	59.468	5.596	4.039	104.209	106.118	48.097	5.504	4.039
Medio	76.818	178.824	56.466	3.211	3.426	69.378	173.497	54.904	17.540	3.426
Medio alto	7.309	14.861	22.079	0	0	7.309	14.861	22.079	0	0
Alto	0	28.954	13.352	7.519	4.967	0	28.954	13.346	7.525	4.967

Nota: en azul los aumentos, en rojo los descensos. Fte. Elaboración propia.

En cuanto a la cobertura territorial, el esquema de localización, tras la adición de los 2 nuevos CAPS óptimos con demanda potencial no ponderada (ver figura 3) tiende a favorecer, como era de esperar, mayoritariamente a los ámbitos de expansión urbana y localidades rururbanas cercanos a ellos, en el eje Viña del Mar-Quilpué, con población más densa y de estatus medio. No obstante, persistirían con pobre acceso las localidades rurales del Este-interior (status bajo) y la urbana denominada Reñaca (litoral norte de Viña del Mar) con estatus alto.

El esquema territorial, tras la adición de los nuevos CAPS óptimos, usando la demanda ponderada, si bien mantiene *grossa modo* el mismo patrón de cobertura que el anterior, reubica los dos nuevos equipamientos (figura

4), incorporando más demanda de estatus medio-bajo en el oeste de la ciudad de Quilpué (11.463 personas). Por tanto, esta solución objetivamente, y a la luz de los resultados alcanzados, tendería a ser un poco más equitativa a favor de un grupo menos favorecido (estatus medio-bajo) y en detrimento de otro más favorecido (estatus medio); y ello sacrificando apenas la eficiencia del sistema.

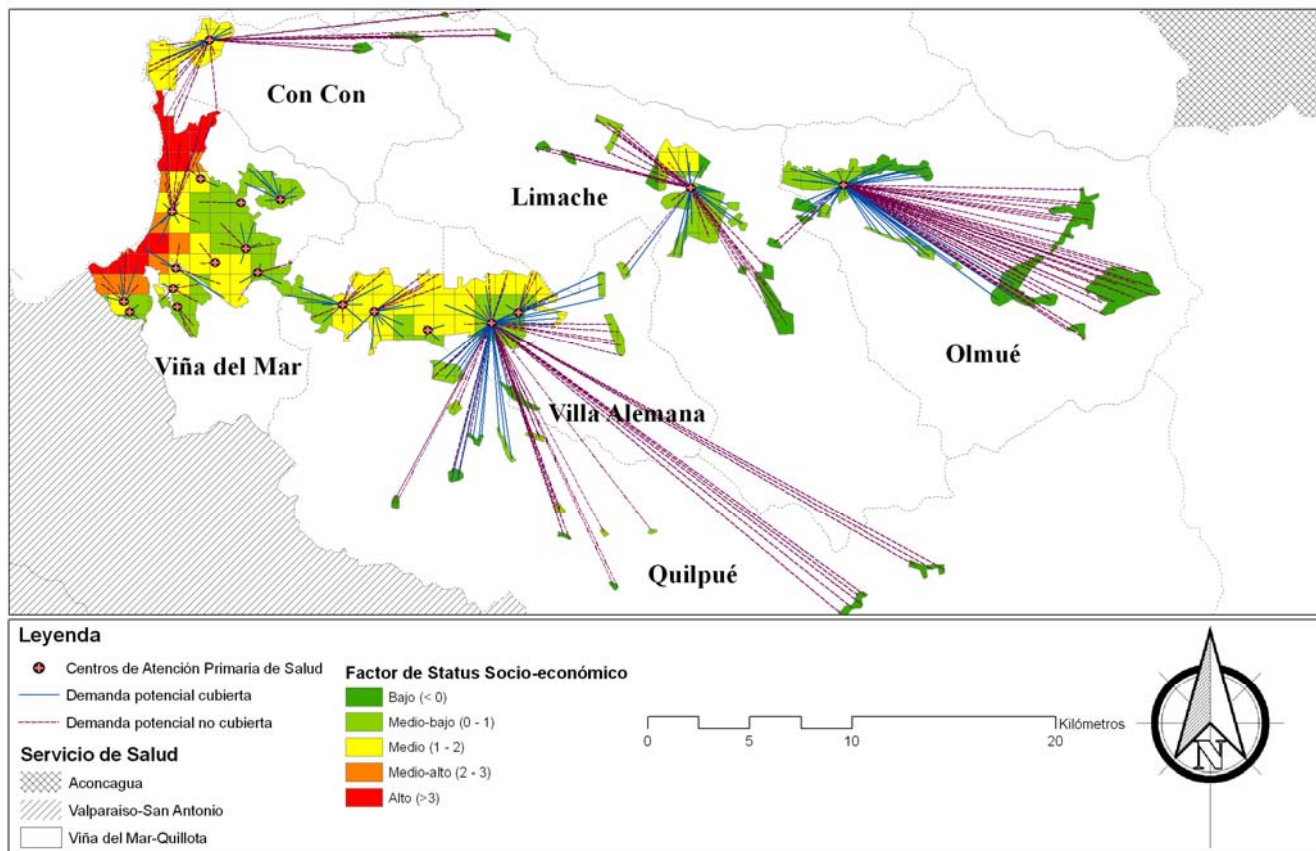


**Figura 3.** Localización de los 20 CAPS (2 nuevos óptimos) y áreas asignadas, usando la demanda potencial sin ponderar (población total).

## BALANCE Y CONCLUSIONES

Como es bien sabido, los estudios geográficos aplicados a la planificación y gestión territorial de los servicios sanitarios ofrecen unas posibilidades notables de cara a evaluar las condiciones espaciales futuras, singularmente a través de la generación de escenarios de incrementos dotacionales óptimos, utilizando modelos de localización-asignación, como aquí se ha hecho con el llamado COBEMAX, a fin de estimar las ganancias y pérdidas en eficiencia y equidad espacial.

El ensayo realizado en esta contribución ha pretendido explorar una vía metodológica para diseñar alternativas atentas sobre todo al principio de justicia territorial. El foco del trabajo ha recaído en sacrificar justificadamente algo de eficiencia espacial en el sistema de provisión de la atención primaria de salud y priorizar el principio de equidad, introduciendo una ponderación de la demanda acorde con uno de los factores que generan morbilidad desigual, el estatus socioeconómico. Sobre la base de aportar fundamentos para otros ponderadores, sería factible redimensionar ágilmente las cifras de necesidad y obtener luego soluciones óptimas, cuya comparación con la correspondiente al escenario con demanda no ponderada, permitiría apreciar la merma en eficiencia, es decir el "trade off" o relación de sustitución entre esos dos principios fundamentales en toda planificación espacial.



**Figura 4.** Localización de los 20 CAPS (2 nuevos óptimos) y áreas asignadas, usando la demanda ponderada.

El modelo elegido, COBEMAX, ha operado eficazmente identificando una solución óptima que redistribuye las oportunidades de acceso entre los distintos grupos socio-espaciales existentes en la zona de estudio. Interesantemente, el escenario modelado con la demanda ponderada exhibió unos resultados mejores en equidad a los mostrados por el esquema óptimo con demanda potencial no ponderada. De forma más concreta, la solución alcanzada, que prioriza el principio de justicia territorial, reporta un sugerente cambio de CAPS de la parte este (status medio) a la oeste (status medio-bajo) en la ciudad de Quilpué, lo cual supone una alternativa que, sacrificando apenas la eficiencia del sistema, propicia algo más de equidad, y ello en favor de los menos favorecidos en la zona de estudio.

Entendemos que la aproximación ensayada aquí supone una aportación novedosa, que abre una vía interesante para ser aplicada en los procesos de formación y toma de decisiones relativas a dotación de nuevos servicios públicos de salud (sean en planificación territorial o en sectorial), dando una prioridad mayor a metas de justicia territorial. Ello naturalmente exigiría una determinación rigurosa de las ponderaciones y recabar el debido respaldo político y social, cuestión ésta que aquí no se ha abordado.

El planteamiento metodológico adoptado y la representación visual de los flujos previsibles mediante cartografía temática del tipo "araña" (que relaciona con líneas los puntos de oferta y demanda asignados a cada uno de ellos) han evidenciado su efectividad para individualizar los puntos de demanda potencial que se encuentran a una distancia menor o mayor que la prefijada a los CAPS. Desde el punto de vista de las políticas futuras referidas a la construcción de equipamiento sanitario, aportaciones como la aquí realizada posibilitarían priorizar los sitios candidatos propuestos, considerando sobre todo la demanda de los grupos más desfavorecidos en salud.

## AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación “Métodos de apoyo a las decisiones, basados en geotecnologías, para la planificación y el desarrollo territorial sostenible: Aplicaciones en Argentina, Chile y España”, financiado por la 6ª Convocatoria de Proyectos de Cooperación Interuniversitaria UAM-Santander con América Latina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bennett, R. J. (1980): *The geography of public finance*. Londres, Methuen.
- Cid, C. (2001): Algunas consideraciones sobre la situación actual de la seguridad social de salud en Chile. *Visiones Económicas*. Escuela de Ingeniería Comercial, Universidad ARCIS. <http://cep.cl/Arcis/Visiones/Visiones0112/Visiones0112.html>
- Coates, B., Johnston, R. y Knox, P. (1977): *Geography and inequality*. Oxford University Press, Oxford.
- Church, R. y ReVelle, C. (1974): The Maximal Covering Location Problem. *Papers of the Regional Science Association*, 32, pp.101-118.
- Davies, B. (1968): *Social needs and resources in local services*. Michael Joseph, London.
- Drezner, Z. (1990): A note on the location of medical facilities. *Journal of Regional Science*, 30, 2, pp. 281-286.
- Eyles, J. et al. (1994): Fair share for the zone: allocating health-care resources for the native populations of the Sioux lookout zone, Northern Ontario. *The Canadian Geographer*, 38, 2, pp. 134-150.
- Fuenzalida Díaz, M. y Moreno Jiménez, A. (2009): Propuesta metodológica para establecer el patrón territorial de status socio-económico de la población, basada en pequeñas unidades espaciales estándar. Aplicación a la Región de Valparaíso (Chile). *Conferencia Iberoamericana en Sistemas de Información Geográfica (12º, San José, Costa Rica)*. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Giggs, J. (1983): Health. En: Pacione, M. (ed.), *Progress in urban geography*. Croom Helm, Londres, pp. 193-222.
- Labasse, J. (1982): *La ciudad y el hospital: Geografía hospitalaria*. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- Leal, J. y Cortés, L. (1995): *La dimensión de la ciudad*. CIS/SIGLO XXI, Madrid.
- Massam, B. (1993): *The right place. Shared responsibility and the location of public services*. Harlow, Longman.
- McKillip, J. (1987): *Need analysis for the human services and education*. Newbury Park, Ca., Sage Publications.
- Monserrat, J. y Murillo, C. (1990, Coord.): *Salud y equidad. VIII Jornadas de Economía de la salud*. Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid.
- Mora, J. (1990): Poblamiento y medio físico-natural en Extremadura. Aplicación de la técnica factorial, *Revista de Estudios Agro-Sociales*, nº153, pp. 219-239.
- Moreno Jiménez, A. (1994): Clasificación multivariante. En: Bosque, J. y Moreno, A. (Eds.), *Prácticas de análisis exploratorio y multivariante de datos*. Oikos-Tau, Vilassar de Mar (Barcelona) pp. 133-214.
- Moreno Jiménez, A. (1995): Planificación y gestión de servicios a la población desde la perspectiva territorial: algunas propuestas metodológicas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº20, pp. 115-134.
- Moreno Jiménez, A. (2003): Modelado y representación cartográfica de la competencia espacial entre establecimientos minoristas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº35, pp. 55-78.
- Moreno Jiménez, A. (2004): Modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos. En: Bosque, J. y Moreno, A. (Eds.), *Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Editorial RA-MA, Madrid.
- Moreno Jiménez, A. (2007): Justicia y eficiencia espacial como principios para la planificación: aplicación en la provisión de servicios colectivos con SIG. En: Buzai, G. (Ed.), *Memorias XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Luján, Universidad Nacional de Luján, Departamento de Ciencias Sociales, p.197-231.

- Moreno Jiménez, A. (2008): Resolución de problemas de localización óptima de equipamientos con Flowmap, en: Moreno Jiménez, A. y Buzai, G. D. (coord.): *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*. Madrid, Universidad Autónoma de Madrid y Universidad Nacional de Luján, p. 117-146.
- Prat, E., Pesquer, Ll., Olivet, M., Aloy, J., Fuste, J. y Pons, X. (2009): "Metodología para el análisis de accesibilidad a los recursos sanitarios: el caso de Cataluña", *GeoFocus (Artículos)*, 9, p. 250-269.
- Ramírez, L. y Bosque, 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, p. 53-79.
- Rodríguez Cabrero, G. (1986): La medición de la necesidad: precisiones conceptuales. *Economistas*, 18, p. 13- 16.
- Royston, G. et al. (1992): Modelling the use of health services by populations of small areas to inform the allocation of central resources to larger regions. *Socio-Economic Planning Sciences*. 26, 3, p. 169-180.
- Rushton, G. (1984): Use of location-allocation models for improving the geographical accessibility of rural services in developing countries. *International Regional Science Review*, 9, 3, p. 217-240.
- Serra D. (1993): La organización de los servicios de salud: una aproximación cuantitativa a la división territorial sanitaria de Barcelona". *Hacienda Pública Española* 1, serie monografías, p. 81-100.
- Serra D. (1999): *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones; con aplicaciones en el ámbito sanitario*. Madrid: Documenta, Fundación BBV.
- Scaparra, M. y Scutellà, M. (2001): *Facilities, locations, customers: building block of location models*. Technical Report TR-01-18, Università de Pisa, Pisa.
- Smith, D. (1980): *Geografía humana*. Oikos-tau, Barcelona.