

Modelo geoespacial automatizado para la regionalización operativa en planeación de redes de servicios de salud

Juan Eugenio Hernández-Ávila, D en C Epid,⁽¹⁾ René Santos-Luna, Ing Eléc,⁽¹⁾ Lina Sofía Palacio-Mejía, D en Est Pob,⁽¹⁾
Ana Lidia Salgado-Salgado, Ing en Sist Comp,⁽¹⁾ Víctor Hugo Ríos-Salgado, Ing en Sist Comp,⁽¹⁾
Mario Henry Rodríguez-López, D en Parasit Méd,⁽²⁾ Jaime Sepúlveda-Amor, D en Epid.⁽³⁾

Hernández-Ávila JE, Santos-Luna R, Palacio-Mejía LS,
Salgado-Salgado AL, Ríos-Salgado VH,
Rodríguez-López MH, Sepúlveda-Amor J.
Modelo geoespacial automatizado para la regionalización
operativa en planeación de redes de servicios de salud.
Salud Publica Mex 2010;52:432-446.

Resumen

Objetivo. Desarrollar un modelo automatizado de regionalización operativa para la planeación de las redes de servicios de salud propuestas en el Modelo Integrador de Atención a la Salud (MIDAS). **Material y métodos.** Con información disponible para México en 2005 y 2007 se realizó un modelo geoespacial para estimar el área potencial de influencia alrededor de cada unidad de atención médica, con base en el menor tiempo de viaje. Los resultados se compararon con un Estudio de Regionalización Operativa (ERO) para Oaxaca llevado a cabo en 2005. **Resultados.** Comparado con el modelo geoespacial, el ERO asignó 48% de las localidades a centros de salud más lejanos y 23% de los centros de salud a hospitales más lejanos. **Conclusiones.** El modelo calculado en este estudio generó una regionalización más eficiente que el ERO de Oaxaca, minimizando el tiempo de viaje para el acceso a los servicios de salud. Este modelo ha sido adoptado por la Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud para la instrumentación del Plan Maestro Sectorial de Recursos para la Atención de la Salud.

Palabras clave: accesibilidad a los servicios de salud; sistemas de salud, sistemas de información geográfica; México

Hernández-Ávila JE, Santos-Luna R, Palacio-Mejía LS,
Salgado-Salgado AL, Ríos-Salgado VH,
Rodríguez-López MH, Sepúlveda-Amor J.
Automated geospatial model for health services
strategic planning.
Salud Publica Mex 2010;52:432-446.

Abstract

Objective. To develop an automated model for the operational regionalization needed in the planning of the health service networks proposed by the new Mexican health care model (Modelo Integrador de Servicios de Salud MIDAS). **Material and Methods.** Using available data for México during 2005 and 2007, a geospatial model was developed to estimate potential catchment areas around health facilities based on access travel time. The results were compared with an operational regionalization (ERO) study manually carried out in Oaxaca with 2005 data. **Results.** The ERO assigned 48% of villages to health care centers further away than those assigned by the geospatial model, and 23% of these health centers referred patients to more distant hospitals. **Conclusions.** The model calculated by this study generated a more efficient regionalization than the ERO model, minimizing travel time to access health services. This model has been adopted by the General Department of Health Planning and Development of the Mexican Ministry of Health for the implementation of the Health Sector Infrastructure Master Plan.

Key words: health services accessibility; health systems; geographic information systems; Mexico

(1) Centro de Información para Decisiones en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.

(2) Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.

(3) Programa de Salud Global. Fundación Bill & Melinda Gates. Seattle, Washington, EU.

Fecha de recibido: 19 de febrero de 2009 • Fecha de aceptado: 8 de junio de 2010

Solicitud de sobretiros: Dr. Juan Eugenio Hernández Ávila, Centro de Información para Decisiones en Salud Pública.
Instituto Nacional de Salud Pública. Av. Universidad 655, Col. Santa María Ahuacatlán. 62100, Cuernavaca, Morelos, México.
Correo electrónico: juan_eugenio@insp.mx

El sector salud en México opera bajo la rectoría de la Secretaría de Salud (SSa) y está compuesto por un conjunto de instituciones públicas y un creciente mercado privado de servicios de salud. En el sector público, las instituciones de seguridad social brindan servicios de atención a la salud a 46% de la población,^{1,2} mientras que en la Secretaría de Salud, los Servicios Estatales de Salud (SESa) y el IMSS-Oportunidades atienden las necesidades de la población no derechohabiente (56 por ciento).

La Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud (DGPLADES) de la SSa coordina la planeación estratégica de la infraestructura para la atención a la salud en el sector, de acuerdo con el Plan Maestro Sectorial (PMS).³ La distribución geográfica de los servicios de salud, así como el acceso y cobertura de la población, han sido aspectos fundamentales que la DGPLADES ha tomado en cuenta en la planificación y formulación de políticas para el desarrollo de la infraestructura en el sector. En este sentido, algunos de los mayores retos que enfrentan los tomadores de decisiones y planificadores tiene que ver con el espacio geográfico en el que los servicios de salud y la población usuaria confluyen, así como con los diversos factores que propician o dificultan el acceso y utilización de los servicios de salud y, por lo tanto, afectan la capacidad resolutoria de los propios sistemas de salud.⁴⁻⁷

En el Programa Nacional de Salud 2001-2006⁸ (PNS01-06) se propuso optimizar el uso de la capacidad hospitalaria instalada y se sugirió en un futuro cercano explorar las posibilidades de utilización interinstitucional de los servicios de salud. Para atender a esta propuesta, la DGPLADES introdujo, en el año 2003, un nuevo modelo de atención a la salud denominado Modelo Integrador de Atención a la Salud (MIDAS),⁹ el cual está dirigido a resolver los retos en la atención a la salud de la población no derechohabiente. El MIDAS se basa en Redes de Servicios de Salud (REDESS) integradas por sistemas funcionales de articulación y elementos reguladores. Éste es un modelo de atención familiar y comunitaria que tiene un carácter preventivo además de curativo. Las REDESS prestan sus servicios en un concepto integral de atención que favorece la prevención y promoción de la salud y que asegura el acceso de toda la población a los servicios de atención necesarios, de acuerdo con los requerimientos específicos de cada padecimiento. En el MIDAS se contempla la utilización interinstitucional de la infraestructura y los servicios, con el propósito de romper barreras geográficas y organizacionales que limitan el acceso a los servicios de salud, tal y como se propone en el PNS01-06.

La planeación operativa de los servicios de salud para la población no derechohabiente de la seguridad

social ha sido responsabilidad de las áreas de planeación de los SESa y es coordinada por la DGPLADES, conforme al PMS, que funge como uno de los entes reguladores señalados en el MIDAS. Históricamente, los SESa han basado la planeación del desarrollo de su infraestructura en los Planes Estatales Maestros de Infraestructura de Salud de la Población Abierta (PEMISPA), para cuya formulación y adecuado dimensionamiento han sido elementos fundamentales los Estudios de Regionalización Operativa (ERO). Estos estudios han servido para poner en el contexto geográfico y demográfico la infraestructura de los servicios de atención a la salud. Generalmente, los ERO se construían manualmente, utilizando mapas impresos y con base en el conocimiento local de los responsables de planeación.

Aunque el MIDAS presenta un nuevo tipo de organización en REDESS, el concepto de regionalización operativa podría ser incorporado como un instrumento para su conformación. El concepto tendría que adecuarse a los requerimientos del MIDAS, optimizando los ERO para la identificación de las necesidades específicas de continuidad y de accesibilidad a los servicios, de tal forma que se conviertan en redes de servicios, en lugar de redes de infraestructura. La diversidad en las condiciones sociales, demográficas y ambientales en las que las REDESS operarán anticipa que cada una de ellas tendrá diferentes escenarios de regionalización, de acuerdo con el nivel de servicio (preventivo o curativo) y los requerimientos particulares de infraestructura y recursos para prestar dichos servicios. Esto obligaría al desarrollo de ERO específicos para cada REDESS, de acuerdo con el tipo y nivel de los servicios que presten. También, para dar sustento al desarrollo de las REDESS sería necesario estimar los niveles de accesibilidad y cobertura por tipo de servicio.

Los sistemas de información geográfica (SIG) se han utilizado para estimar coberturas y/o accesibilidad a los servicios de salud.^{10,11} Por ejemplo, Brabyn y Skelly emplearon estimaciones de velocidad sobre la red carretera y distancias euclidianas para determinar la unidad de salud más cercana.¹² Black y colaboradores generaron polígonos con base en distancias lineales alrededor de las unidades médicas y diagramas tipo "araña" para determinar la unidad más cercana y finalmente calcular un índice compuesto de accesibilidad y cobertura.¹³

En este trabajo se presenta el desarrollo de un modelo geoespacial para estimar el tiempo de viaje requerido para acceder a los servicios de salud en México, en el cual se incorpora la velocidad promedio a la cual se puede transitar por la red carretera y los caminos rurales, así como también por áreas que carecen de infraestructura carretera. En el modelo también se incluyó el relieve y la pendiente del terreno, así como la presencia de cuer-

pos de agua y otras barreras físicas, para la generación automatizada de un índice de accesibilidad basado en tiempos de viaje. Este modelo fue utilizado para la construcción automatizada de ERO que podrían ser empleados en la definición de REDESS, con base en la distribución de la población, la infraestructura de salud, su capacidad resolutoria y el tiempo de viaje requerido para llegar a ellos. Para ejemplificar la utilidad del modelo, se hizo una estimación de la cobertura geográfica de la infraestructura de atención a la salud, a nivel nacional, para los años 2005 y 2007. También se compararon los resultados del modelo para la regionalización operativa automatizada, con un estudio elaborado por el área de planeación del estado de Oaxaca con la infraestructura disponible en 2005.

Material y métodos

Como base para la regionalización operativa automatizada, se construyó un SIG con cobertura nacional e información del sistema de salud en México de los años 2005 y 2007. Los SIG permiten organizar la información en capas en las que los objetos cartográficos representan la ubicación geográfica de los elementos que contienen y están ligados con información tabular almacenada en bases de datos.¹⁴ A partir del SIG se generó un modelo geoespacial para calcular el tiempo de viaje necesario para acceder a servicios de salud, desde cada localidad del país hasta la unidad médica más cercana. El modelo dio como resultado una propuesta de regionalización que minimiza el tiempo de viaje para acceder a los servicios de salud.

Información cartográfica y bases de datos. El desarrollo del modelo geoespacial utilizó como base la información cartográfica y tabular integrada por el Núcleo de Acopio y Análisis de Información en Salud (NAAIS).¹⁵ El modelo incluyó las siguientes capas de información: a) modelo digital de elevación (MDE) escala 1:250 000;¹⁶ b) ríos y cuerpos de agua superficial, de acuerdo con las cartas topográficas electrónicas en formato vectorial escala 1:250 000;¹⁶ c) red de carreteras (escala 1:250 000), de acuerdo con el tipo y número de carriles;¹⁶ d) distribución geográfica de unidades médicas de consulta externa, ambulatoria y de hospitalización de todo el sector salud, de acuerdo con su clasificación por nivel de atención y por institución;¹⁷ e) marco geoestadístico digital 2005;¹⁶ f) datos demográficos del II Censo de Población y Vivienda 2005 realizado por el INEGI¹⁶ y proyecciones poblacionales de CONAPO;¹⁸ g) estadísticas vitales de nacimientos para 2005;¹⁶ h) Registros de Egresos Hospitalarios del Subsistema Automatizado de Egresos Hospitalarios (SAEH) de la Dirección General de

Información en Salud (DGIS)¹⁷ 2005 y 2007, e i) datos de afiliación al Seguro Popular (SP) por localidad en 2005 y 2007, obtenidos de la base de datos de afiliación al SP.

Para verificar la calidad de la información sobre la red de comunicaciones se hicieron recorridos utilizando dispositivos de geoposicionamiento satelital (GPS, por sus siglas en inglés). En la medida de la escala a la cual fueron digitalizadas (1:250 000) las diferencias fluctuaron entre 100 y 150 mts. Estas diferencias no son relevantes para los tiempos de viaje, pues en el peor de los casos representan cuatro minutos caminando. Encontramos, sin embargo, dos tramos carreteros que no habían sido actualizados en la cartografía disponible en 2007; el tramo Valladolid, Yucatán-Cancún, Quintana Roo y el tramo Chalcatzingo, Morelos-Atlixco, Puebla. Estos tramos se inauguraron en 2007 y fueron incorporados al SIG para realizar el cálculo de tiempos de viaje y accesibilidad.

Modelo geoespacial para el cálculo de tiempo de viaje y delimitación de las zonas de influencia de las unidades médicas. El cálculo de tiempos de viaje se basó en el modelo digital de elevación, la distribución de ríos y cuerpos de agua superficial, las vías de comunicación y las unidades médicas. Se comenzó con la preparación de una superficie o malla rectangular de 90 metros de lado para representar la resistencia o dificultad para transitar a través de las celdas. La resistencia se expresó por el inverso de la velocidad a la que se puede transitar por cada celda y a la que se le asignó un valor inicial de ½ hora por kilómetro (esto es equivalente a una velocidad de 2km/h, aproximadamente la velocidad a la que puede caminar una persona en un terreno plano).

Posteriormente se determinó la existencia de barreras físicas ocasionadas por la presencia de ríos y cuerpos de agua. Esta información se utilizó para reclasificar el valor inicial de resistencia al tránsito, al multiplicar cada celda en la que existe un río o cuerpo de agua por un valor extremadamente alto (en este caso 9 999 999) y por 1 al resto de las celdas. A esta superficie se le superpuso la capa de caminos y carreteras, clasificadas de acuerdo con el inverso de la velocidad a la que se puede circular por ellas (cuadro I), con lo cual se modificaron los valores de resistencia al tránsito en donde existen caminos. A las veredas se les asignó un valor de 2 km/h. Los puentes fueron asumidos como facilitadores que permiten el cruce de ríos y cuerpos de agua. Después de este procedimiento, se aplicó un factor de corrección de acuerdo con la pendiente del terreno, derivada del modelo digital de elevación: para las celdas cuya pendiente fue cero, se asignó un factor de uno. El factor de corrección por la pendiente del terreno aumentó conforme el valor absoluto de la pendiente

Cuadro I
VÍAS DE COMUNICACIÓN TERRESTRE
Y VELOCIDAD PROMEDIO DE RECORRIDO

| Tipo de vía | [km/h] | h/km |
|------------------------------|--------|--------|
| Vereda | 2 | 0.5 |
| Brecha | 5 | 0.2 |
| Terracería | 10 | 0.1 |
| Calle | 20 | 0.05 |
| Puente | 20 | 0.05 |
| Túnel | 20 | 0.05 |
| Pavimentada 1 carril | 20 | 0.05 |
| Pavimentada 2 carriles | 50 | 0.02 |
| Pavimentada 4 carriles o más | 80 | 0.0125 |

de las celdas aumentó, lo cual ocasionó aumentos en la resistencia al tránsito. Las celdas cuya pendiente excedía 45° fueron clasificadas como intransitables. En esta fase se identificaron barrancas y zonas montañosas que actúan como barreras. El modelo, sin embargo, da precedencia a puentes y túneles. Cabe mencionar que aún cuando ir de bajada requiere de menor esfuerzo para desplazarse, en el modelo se asume que la dificultad para el desplazamiento es similar a la de subir, debido a que la pendiente generalmente se asocia con curvas en los caminos y veredas, lo que ocasiona que se tenga que transitar a menor velocidad o caminar despacio.

Finalmente, se incorporó una capa de información sobre la distribución geográfica de las unidades médicas y con ello se inició un proceso iterativo para el cálculo de los tiempos de viaje. Para cada ubicación puntual de localidades con servicios médicos, a la cual se denomina fuente, se calculó el tiempo de viaje necesario para transitar por las ocho celdas que la circundan. El cálculo del tiempo de viaje acumulado correspondió al tiempo tomado para transitar por todas las celdas de la malla del territorio nacional, con lo que fue posible establecer la fuente que quedaba a menor tiempo de viaje de cada celda. El resultado final del modelo fue una superficie en la que el valor de cada celda representó el tiempo de viaje a la unidad médica más cercana, con lo cual se definieron las isócronas de viaje. Una capa de información sobre la ubicación geográfica de las localidades del país fue superpuesta a la superficie de tiempos de viaje para determinar su relación con la infraestructura de salud; con ello se identificó la unidad médica más cercana a cada localidad, en términos del tiempo de viaje necesario para llegar a ella. Esta información hizo posible la definición de zonas de influencia en las que se aseguró que cada localidad estuviese asignada a la unidad médica más cercana. La superficie de tiempos de viaje se validó mediante el uso de GPS en recorridos alrededor de las unidades médicas en diferentes estados,

lo cual dio como resultado una variabilidad de $\pm 5.0\%$ con respecto al modelo automatizado.

Análisis de accesibilidad geográfica 2005-2007. La información demográfica fue incorporada al modelo con base en la ubicación geográfica de las localidades de todo el país. Las localidades rurales se incorporaron como puntos y las localidades urbanas fueron desagregadas a nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB) mediante su respectivo centroide (centro geográfico de un área determinada). Este ejercicio se realizó para 2005 y 2007. Este mismo tipo de análisis se aplicó específicamente en Oaxaca para estimar la accesibilidad geográfica.

Estimación de la derechohabencia a la seguridad social en la población Mexicana. Se utilizaron datos sobre seguridad social del INEGI. Debido a la derechohabencia múltiple se estimó el total de población asegurada por una o varias de las instituciones de la seguridad social, restando de la población total la población no derechohabiente y la afiliada al SP; se usó la misma técnica de cálculo para 2007.

Comparación con el ERO de Oaxaca. Se realizaron comparaciones con un ejercicio de regionalización operativa realizado por los SESa del Estado de Oaxaca con la infraestructura disponible en 2007. Los centros de salud se clasificaron de acuerdo a su concordancia entre los dos métodos para la asignación de la unidad hospitalaria (1=concordantes, si los dos modelos asignaron la misma unidad hospitalaria, y 0=discordantes en el caso contrario). En el grupo discordante, los tiempos de viaje requeridos para llegar a las unidades hospitalarias asignados por el modelo se compararon con los tiempos requeridos para llegar hasta las unidades asignados por el ERO, mediante una prueba de t para la comparación de medias en dos muestras con varianzas diferentes. Para poder realizar esta prueba fue necesario utilizar la raíz cuadrada del tiempo de viaje. Se seleccionó una muestra aleatoria de 340 centros de salud y se calculó el tiempo de viaje para llegar a ellos desde cada localidad asignada de acuerdo con cada método. Las localidades se clasificaron de acuerdo con su concordancia en la asignación a su respectivo centro de salud, según los dos métodos. De nueva cuenta, en el grupo de las discordantes, la comparación se llevó a cabo mediante una prueba de t obteniendo la raíz cuadrada de los tiempos de viaje de acuerdo al hospital asignado por cada método.

Adicionalmente, se hizo un análisis de la base de datos de egresos hospitalarios para determinar el origen de los pacientes atendidos en cada hospital de la SSa y calcular el porcentaje que provenía de su respectiva área de influencia, asignada por el modelo.

Los sistemas de información geográfica se desarrollaron con ArcInfo y ArcGis desktop 9.3 de ESRI Corporation. Las aplicaciones de SIG para la consulta a través de internet se desarrollaron con ArcGis Server 9.3, también de ESRI Corporation; los análisis estadísticos para la comparación de medianas se hicieron en R versión 2.10.1.

Resultados

Se construyó un SIG con cobertura nacional, en el que se georreferenciaron 14 707 unidades de consulta externa existentes en 2005 y 14 991 en 2007. También se georreferenciaron 1 079 unidades de hospitalización disponibles en 2005 y 1 159 en 2007. En 2005 existían 11 663 localidades con servicios de consulta externa y 672 con servicios de hospitalización; mientras que en 2007 existían 11 873 localidades con servicios de consulta externa y 723 con servicios de hospitalización. Esto representó un aumento de la cobertura de 210 localidades con servicios de consulta externa y 51 con servicios de hospitalización en el

periodo de dos años.

Las unidades médicas se clasificaron en dos grandes grupos: las que atienden a la población asegurada (Instituto Mexicano del Seguro Social-IMSS, Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado-ISSSTE, Petróleos Mexicanos-Pemex, Secretaría de la Defensa Nacional-Sedena y Secretaría de Marina-Semar) y las que prestan sus servicios a la población no cubierta por la seguridad social o cubierta por el Seguro Popular (Secretaría de Salud, los SESa y el IMSS-Oportunidades). El modelo geoespacial se ejecutó para calcular el tiempo de viaje para acceder a la infraestructura de estos dos grupos, por separado, así como para toda la infraestructura del sector en 2005 y 2007; un ejemplo de los resultados se muestra en la figura 1a.* En esta figura se muestra la infraestructura disponible en Oaxaca en 2005 (21 unidades de hospitalización de los

* Los resultados en extenso pueden ser consultados en la siguiente URL: <https://kaab.insp.mx/tiempodeviaje>

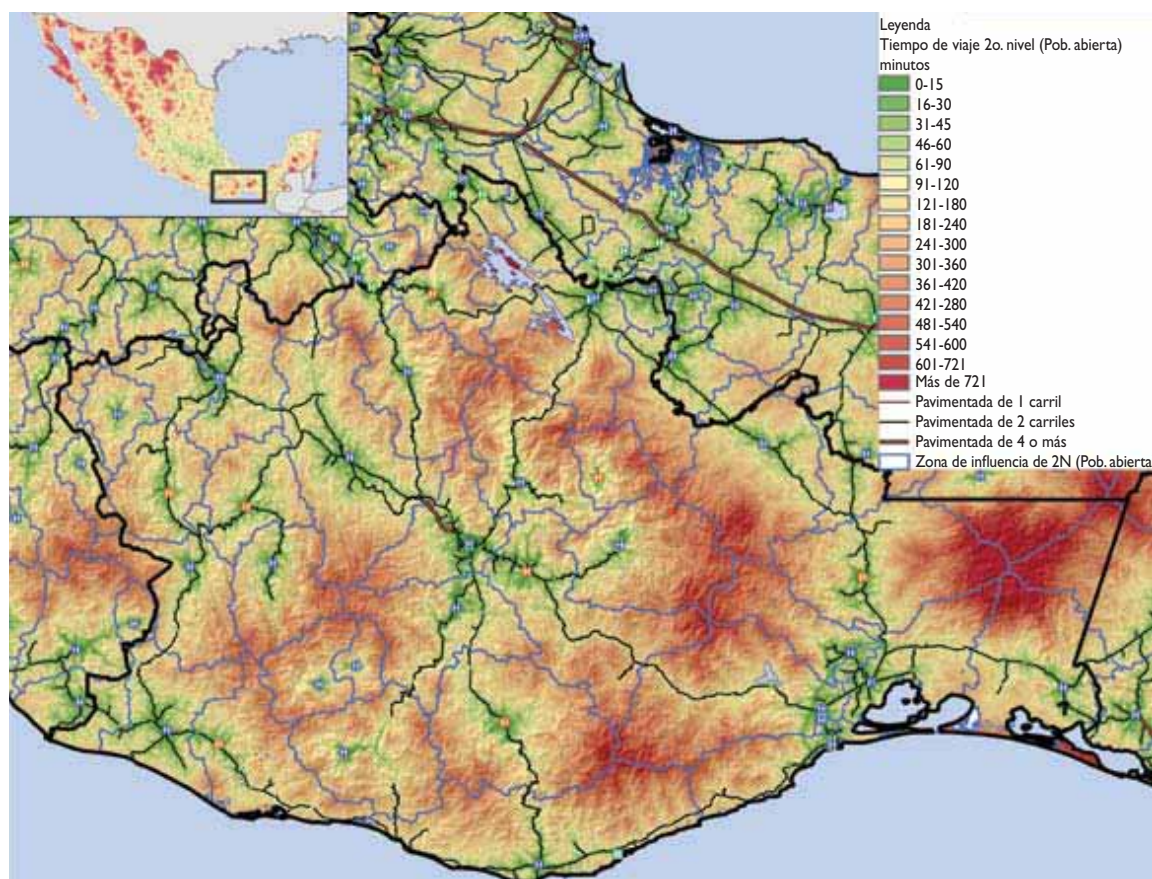


FIGURA 1A. TIEMPOS DE VIAJE A UNIDADES HOSPITALARIAS EN EL ESTADO DE OAXACA

SESa y ocho del IMSS-Oportunidades, así como las áreas de influencia estimadas por el modelo, representadas por las líneas azules a su alrededor). Los colores de la superficie del mapa indican las isócronas de tiempo de viaje necesario para llegar a la localidad más cercana con servicios de hospitalización (en incrementos de 15 minutos); los colores verdes y amarillos indican tiempos de viaje menores a 120 minutos y los colores anaranjados a rojos tiempos mayores, siendo el rojo oscuro el más prolongado (más de 600 minutos). La figura 1b muestra un acercamiento alrededor de la zona de Pochutla, Oaxaca, en la que también se muestran centros de salud y sus respectivas zonas de influencia, representadas por las líneas azul claro.

En el cuadro II se observa la distribución de la población no derechohabiente de la seguridad social a nivel nacional, de acuerdo con los tiempos de viaje requeridos para llegar a la localidad más cercana con servicios de hospitalización, tanto de la SSa como del IMSS-Oportunidades en 2005 y 2007. En 2007, 91.5% de la población total no derechohabiente de la seguridad social vivía a menos de dos horas de una unidad de ser-

vicios hospitalarios de la SSa o el IMSS-Oportunidades; casi un punto porcentual más que en 2005. En ese mismo año, y en relación con la infraestructura de todo el sector público (cuadro III), 95.2% de la población total y 92.9% de la población no derechohabiente se encontraba a menos de dos horas del hospital más cercano a su localidad.

Los cuadros IV y V muestran la distribución de la población con respecto a la localidad más cercana que contaba con servicios de consulta externa de la SSa/IMSS-Oportunidades y todo el sector, respectivamente. Con referencia a la infraestructura de la SSa e IMSS-Oportunidades, en 2007, 90.4% de la población no derechohabiente se encontraba a menos de 30 minutos de viaje de una localidad con servicios de consulta externa y más de 95.0% a menos de una hora de viaje. En relación con los servicios de consulta externa de todo el sector público, 93.6% de la población total se encontraba a menos de 30 minutos de viaje de una unidad de consulta externa. Por otra parte, la incorporación en el modelo de la infraestructura de las instituciones de la seguridad social no incrementó de manera significativa

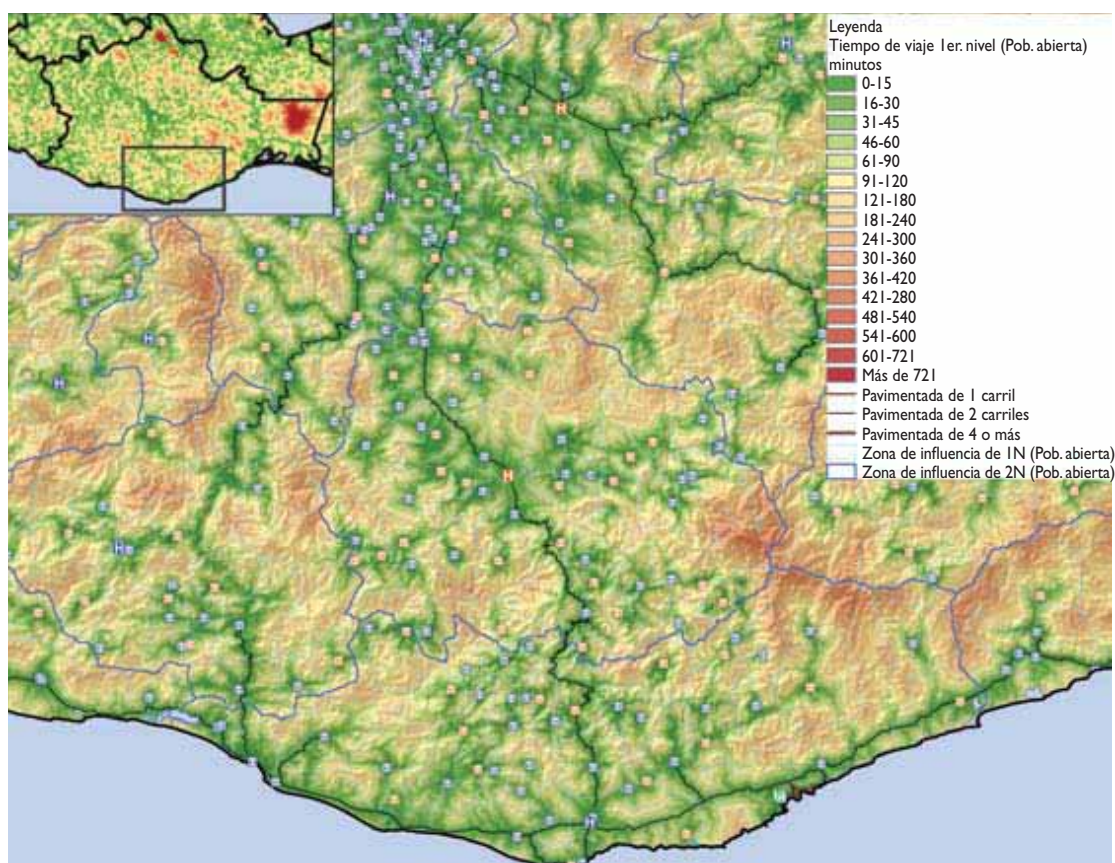


FIGURA 1b. TIEMPOS DE VIAJE A CENTROS DE SALUD EN EL ESTADO DE OAXACA

Cuadro II
POBLACIÓN OBJETIVO DE LA SECRETARÍA DE SALUD EN 2005 Y 2007 DE ACUERDO CON EL TIEMPO
DE VIAJE NECESARIO PARA EL ACCESO A LA LOCALIDAD MÁS CERCANA CON SERVICIOS DE HOSPITALIZACIÓN
DE LA SSA O IMSS RÉGIMEN OPORTUNIDADES

| Tiempo de viaje en minutos | Número de localidades | | Población no derechohabiente de la seguridad social* | | Porcentaje acumulativo de la población objetivo de la SSA* | |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| | 2005 | 2007 [‡] | 2005 | 2007 [‡] | 2005 | 2007 [‡] |
| Menos de 15 | 8 142 | 9 207 | 26 385 379 | 27 111 656 | 45.2 | 45.5 |
| 15 a 30 | 19 085 | 20 415 | 8 015 192 | 9 498 856 | 58.9 | 61.5 |
| 30 a 45 | 21 061 | 21 942 | 6 304 267 | 6 169 632 | 69.7 | 71.9 |
| 45 a 60 | 19 386 | 19 776 | 4 415 812 | 4 271 312 | 77.3 | 79.0 |
| 60 a 90 | 30 978 | 30 462 | 5 084 588 | 4 817 116 | 86.0 | 87.1 |
| 90 a 120 | 20 677 | 20 210 | 2 650 878 | 2 614 605 | 90.6 | 91.5 |
| 120 a 150 | 14 238 | 13 749 | 1 859 060 | 1 779 536 | 93.8 | 94.5 |
| 150 a 180 | 10 190 | 9 891 | 888 086 | 805 079 | 95.3 | 95.9 |
| 180 a 240 | 12 867 | 12 239 | 1 151 914 | 971 180 | 97.3 | 97.5 |
| 240 a 300 | 7 352 | 6 990 | 542 846 | 481 036 | 98.2 | 98.3 |
| 300 a 360 | 4 983 | 4 759 | 298 328 | 282 835 | 98.7 | 98.8 |
| 360 a 420 | 3 491 | 3 303 | 188 103 | 174 360 | 99.0 | 99.1 |
| 420 a 480 | 2 656 | 2 603 | 126 018 | 123 497 | 99.2 | 99.3 |
| 480 a 540 | 2 407 | 2 333 | 91 310 | 87 499 | 99.4 | 99.4 |
| 540 a 600 | 1 776 | 1 693 | 64 790 | 61 572 | 99.5 | 99.5 |
| Más de 600 | 8 649 | 8 366 | 292 330 | 282 022 | 100.0 | 100.0 |

* Incluye la población no asegurada y la afiliada al Sistema de Protección Social en Salud

‡ Incluye crecimiento poblacional según nuevas proyecciones publicadas por CONAPO, de acuerdo con la proporción de derechohabiencia reportada en el II Censo de Población y Vivienda 2005

la accesibilidad de la población no derechohabiente a cualquier unidad médica.

En 2007, en el estado de Oaxaca sólo 71.8% de la población no derechohabiente de la seguridad social se encontraba a menos de dos horas de viaje de la unidad de hospitalización más cercana. En ese mismo año, 79.5% de la población oaxaqueña no derechohabiente se encontraba a menos de 30 minutos de la unidad de consulta externa más cercana. En comparación con 2005, en ambos casos hubo un incremento de aproximadamente medio punto porcentual.

El grado de discordancia entre la forma en que la unidad de planeación del estado asignó las referencias entre las unidades de primer nivel y de segundo nivel (figura 2a) y los resultados del modelo fue de 23.0 por ciento. En el grupo de centros de salud discordantes, la media del tiempo de viaje requerido para llegar al hospital de referencia asignado de acuerdo con el ERO fue de 212 minutos (95.0% IC:194-232), mientras que al hospital asignado de acuerdo con el modelo fue de 179 minutos (95.0% IC:164-196). Esta diferencia fue significativa al 95.0% de confianza ($p < 0.01$). El porcentaje de discordancia en la asignación de localidades a sus respectivos centros de salud fue de 42.0% (figura 2b). La media en el tiempo de viaje al centro de salud asig-

nado en el grupo de localidades discordantes fue de 82 min (95.0% IC:78-87), mientras que en las que ambos modelos asignaron al mismo centro de salud fue de 43 minutos (95% IC:41-45). Esta diferencia fue significativa al 95.0% de confianza ($p < 0.01$). Una comparación gráfica de los tiempos de viaje (mediana) se muestra en las figuras 2a y 2b.

El análisis de la base de datos de egresos hospitalarios indicó que hubo 46 710 egresos hospitalarios producidos en los hospitales administrados por los SESa de Oaxaca durante 2007; de éstos, 35 168 (84.7%) eran pacientes que provenían de su respectiva zona de influencia, según el modelo calculado; los resultados por hospital se detallan en el cuadro VI. Los hospitales que más egresos produjeron fueron el hospital general de Oaxaca, Dr. Aurelio Valdivieso, con un total de 15 228 egresos, y el hospital general de San Pedro Pochutla, con 4 972. En el área de influencia del hospital general de Oaxaca hubo una demanda de 11 267 hospitalizaciones, de las cuales atendió 8 962, es decir 79.5 por ciento. Este hospital también atendió 6 266 hospitalizaciones que provenían de otras áreas en el estado, casi 40.0% de la demanda recibida. El hospital general de San Pedro Pochutla atendió casi 90.0% de la demanda que se generó en su respectiva área de

Cuadro III
POBLACIÓN EN 2005 Y 2007 DE ACUERDO CON EL TIEMPO DE VIAJE NECESARIO PARA ACCEDER A LA LOCALIDAD
MÁS CERCANA CON SERVICIOS DE HOSPITALIZACIÓN DE CUALQUIER INSTITUCIÓN DEL SECTOR PÚBLICO

| Año | Tiempo de viaje en minutos | Número de localidades | Población no derechohabiente de la Seguridad Social* | | Población derechohabiente | | Población total | |
|------|----------------------------|-----------------------|--|-------------|---------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | | N | % acumulado | N | % acumulado | N | % acumulado |
| 2005 | | | | | | | | |
| | Menos de 15 | 9 567 | 29 016 396 | 49.7 | 34 594 123 | 77.0 | 63 610 519 | 61.6 |
| | 15 a 30 | 21 832 | 8 069 525 | 63.5 | 4 717 195 | 87.5 | 12 786 720 | 74.0 |
| | 30 a 45 | 22 724 | 6 350 069 | 74.4 | 2 572 842 | 93.3 | 8 922 911 | 82.6 |
| | 45 a 60 | 19 752 | 4 024 842 | 81.3 | 1 120 843 | 95.8 | 5 145 685 | 87.6 |
| | 60 a 90 | 29 901 | 4 360 768 | 88.8 | 908 281 | 97.8 | 5 269 049 | 92.7 |
| | 90 a 120 | 19 519 | 2 207 678 | 92.6 | 346 913 | 98.6 | 2 554 591 | 95.2 |
| | 120 a 150 | 13 265 | 1 224 897 | 94.7 | 177 523 | 99.0 | 1 402 420 | 96.5 |
| | 150 a 180 | 9 468 | 734 345 | 95.9 | 102 022 | 99.2 | 836 367 | 97.4 |
| | 180 a 240 | 12 066 | 909 077 | 97.5 | 113 661 | 99.4 | 1 022 738 | 98.3 |
| | 240 a 300 | 6 945 | 461 484 | 98.3 | 63 034 | 99.6 | 524 518 | 98.8 |
| | 300 a 360 | 4 684 | 268 225 | 98.7 | 34 251 | 99.7 | 302 476 | 99.1 |
| | 360 a 420 | 3 361 | 177 661 | 99.1 | 29 014 | 99.7 | 206 675 | 99.3 |
| | 420 a 480 | 2 596 | 121 944 | 99.3 | 22 004 | 99.8 | 143 948 | 99.5 |
| | 480 a 540 | 2 316 | 83 571 | 99.4 | 20 427 | 99.8 | 103 998 | 99.6 |
| | 540 a 600 | 1 698 | 64 432 | 99.5 | 16 013 | 99.9 | 80 445 | 99.7 |
| | Más de 600 | 8 244 | 283 987 | 100.0 | 66 341 | 100.0 | 350 328 | 100.0 |
| 2007 | | | | | | | | |
| | Menos de 15 | 10 296 | 30 082 221 | 50.9 | 35 864 828 | 77.7 | 65 947 050 | 62.6 |
| | 15 a 30 | 22 794 | 8 338 074 | 65.0 | 4 874 180 | 88.2 | 13 212 254 | 75.1 |
| | 30 a 45 | 23 060 | 6 170 851 | 75.4 | 2 500 229 | 93.6 | 8 671 080 | 83.4 |
| | 45 a 60 | 19 803 | 3 940 745 | 82.0 | 1 097 424 | 96.0 | 5 038 169 | 88.2 |
| | 60 a 90 | 29 566 | 4 241 008 | 89.2 | 883 337 | 97.9 | 5 124 345 | 93.0 |
| | 90 a 120 | 19 151 | 2 153 965 | 92.9 | 338 473 | 98.6 | 2 492 438 | 95.4 |
| | 120 a 150 | 13 045 | 1 195 477 | 94.9 | 173 259 | 99.0 | 1 368 736 | 96.7 |
| | 150 a 180 | 9 314 | 717 637 | 96.1 | 99 701 | 99.2 | 817 338 | 97.5 |
| | 180 a 240 | 11 816 | 894 352 | 97.6 | 111 820 | 99.5 | 1 006 172 | 98.4 |
| | 240 a 300 | 6 756 | 433 563 | 98.3 | 59 220 | 99.6 | 492 784 | 98.9 |
| | 300 a 360 | 4 555 | 265 015 | 98.8 | 33 841 | 99.7 | 298 856 | 99.2 |
| | 360 a 420 | 3 270 | 170 099 | 99.1 | 27 779 | 99.7 | 197 878 | 99.4 |
| | 420 a 480 | 2 500 | 124 747 | 99.3 | 22 510 | 99.8 | 147 256 | 99.5 |
| | 480 a 540 | 2 273 | 82 347 | 99.4 | 20 128 | 99.8 | 102 475 | 99.6 |
| | 540 a 600 | 1 647 | 61 628 | 99.5 | 15 316 | 99.9 | 76 944 | 99.7 |
| | Más de 600 | 8 092 | 279 664 | 100.0 | 65 331 | 100.0 | 344 995 | 100.0 |

* Incluye la población no asegurada y la afiliada al Sistema de Protección Social en Salud

† Incluye crecimiento poblacional según nuevas proyecciones publicadas por CONAPO, de acuerdo con la proporción de derechohabencia reportada en el II Censo de Población y Vivienda 2005

influencia y solamente atendió 42 hospitalizaciones provenientes de otras áreas en el estado, que constituían poco menos de 1.0% de la demanda que recibió. En general, los hospitales integrales atendieron bajos porcentajes de la demanda que se generó en sus respectivas áreas de influencia. El Hospital Integral de San Pedro Tapanatepec solamente atendió 21.7% de la demanda que se generó en su área de influencia y el Hospital Integral de Aguascalientes de Mazatán 23.0 por ciento. Diez por ciento de los pacientes atendidos

en unidades de los SESa de Oaxaca (4 698) provenían de áreas potenciales de influencia de unidades administradas por el IMSS-Oportunidades.

Discusión

El modelo geoespacial para el cálculo de tiempos de viaje para acceder a las instalaciones de salud fue utilizado para hacer una estimación objetiva de la cobertura de los servicios de salud en México en 2005 y 2007. Estos

Cuadro IV
POBLACIÓN OBJETIVO DE LA SECRETARÍA DE SALUD EN 2005 Y 2007 DE ACUERDO CON EL TIEMPO
DE VIAJE NECESARIO PARA ACCEDER A LA LOCALIDAD MÁS CERCANA CON SERVICIOS DE CONSULTA EXTERNA
DE LA SSA O IMSS RÉGIMEN OPORTUNIDADES

| Tiempo de viaje en minutos | Número de localidades | | Población no derechohabiente de la seguridad social* | | Porcentaje acumulativo | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------|---|-------------------|------------------------|-------------------|
| | 2005 | 2007 [†] | 2005 | 2007 [†] | 2005 | 2007 [†] |
| Menos de 15 | 49 103 | 51 084 | 48 065 971 | 49 204 989 | 82.4 | 82.9 |
| 15 a 30 | 36 003 | 35 317 | 4 470 047 | 4 414 803 | 90.0 | 90.4 |
| 30 a 45 | 22 185 | 21 716 | 1 810 014 | 1 758 155 | 93.1 | 93.3 |
| 45 a 60 | 15 059 | 14 941 | 1 043 404 | 1 015 526 | 94.9 | 95.1 |
| 60 a 90 | 20 202 | 19 960 | 1 136 550 | 1 127 990 | 96.9 | 97.0 |
| 90 a 120 | 12 043 | 12 002 | 649 962 | 645 819 | 98.0 | 98.0 |
| 120 a 150 | 7 815 | 7 729 | 367 054 | 360 479 | 98.6 | 98.7 |
| 150 a 180 | 5 398 | 5 377 | 225 114 | 221 775 | 99.0 | 99.0 |
| 180 a 240 | 6 884 | 6 826 | 233 204 | 231 524 | 99.4 | 99.4 |
| 240 a 300 | 4 190 | 4 153 | 130 660 | 129 327 | 99.6 | 99.6 |
| 300 a 360 | 2 765 | 2 740 | 76 362 | 70 429 | 99.7 | 99.8 |
| 360 a 420 | 1 826 | 1 796 | 44 203 | 44 744 | 99.8 | 99.8 |
| 420 a 480 | 1 264 | 1 256 | 32 139 | 31 439 | 99.9 | 99.9 |
| 480 a 540 | 1 056 | 1 015 | 18 468 | 17 988 | 99.9 | 99.9 |
| 540 a 600 | 643 | 609 | 17 191 | 16 026 | 99.9 | 99.9 |
| Más de 600 | 1 502 | 1 417 | 38 558 | 37 323 | 100.0 | 100.0 |

* Incluye la población no asegurada y la afiliada al Sistema de Protección Social en Salud

† Incluye crecimiento poblacional según nuevas proyecciones publicadas por CONAPO, de acuerdo con la proporción de derechohabiencia reportada en el II Censo de Población y Vivienda 2005

resultados muestran que la regionalización automatizada, además de factible, fue más eficiente y proporciona elementos básicos para la planeación de las REDESS en el marco de la integración sectorial propuesta en el MIDAS. El modelo es un insumo para el desarrollo de herramientas de planeación sectorial basadas en sistemas de información geográfica y aplicaciones web, de acuerdo con las estrategias contenidas en el Plan Nacional de Salud 2007-2012.¹⁹

Dado que modelo geoespacial desarrollado en este trabajo funciona basado en parámetros, es posible incorporar diversos factores que permitan responder a las necesidades específicas de accesibilidad a las redes de servicios de salud, de acuerdo con el MIDAS. Con este modelo sería posible incorporar un factor o conjunto de factores para la selección exclusiva de unidades médicas que tengan capacidades resolutorias específicas para algún servicio y determinar así el nivel de accesibilidad a dicho servicio, detectar áreas de baja cobertura e identificar necesidades específicas para guiar la planeación y el desarrollo de REDESS.

El modelo está sujeto a una serie de limitaciones que es necesario considerar. En primer lugar, la cartografía digital disponible podría no incluir los constantes cambios que ocurren en la infraestructura carretera

del país. Esta limitación podría solventarse mediante la comunicación con los responsables de la planeación operativa en los estados para alertar sobre cambios importantes a fin de actualizar la cartografía, ya sea adquiriendo mapas digitales o recabando información en campo. El diseño y construcción del modelo permite que versiones posteriores incluyan bases cartográficas de mayor resolución, como por ejemplo las cartas topográficas escala 1:100 000 que son generadas por la Sedena, las cuales incluyen, además del modelo digital de elevación, la red carretera, y tienen un ciclo de actualización de cuatro años.

El modelo no incluye variables introducidas por la diversidad en los medios de transporte. Sin embargo, las observaciones en campo indican que la mayoría de las personas que viven en comunidades alejadas viajan a pie o en animales de carga hasta el punto más cercano, en donde existe transporte público que los traslada a los servicios de salud, cuyo horario aproximado conocen. En el caso de urgencias médicas, el modelo asume la existencia de redes sociales locales que brindan apoyo para estas contingencias, pero para establecer la disponibilidad y variabilidad de estas redes y su incorporación al modelo se requiere de mayor información, lo cual podría ser llevado a cabo por las unidades de planeación

Cuadro V
POBLACIÓN EN 2005 Y 2007 DE ACUERDO CON EL TIEMPO DE VIAJE NECESARIO PARA EL ACCESO A LA LOCALIDAD MÁS CERCANA CON SERVICIOS DE CONSULTA EXTERNA DE CUALQUIER INSTITUCIÓN DEL SECTOR PÚBLICO

| Año | Tiempo de viaje en minutos | Número de localidades | Población no derechohabiente de la Seguridad Social* | | Población derechohabiente | | Población total | |
|------|----------------------------|-----------------------|--|-------------|---------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | | N | % acumulado | N | % acumulado | N | % acumulado |
| 2005 | | | | | | | | |
| | Menos de 15 | 50,224 | 48,866,247 | 83.7 | 42,746,592 | 95.19 | 91,612,839 | 88.72 |
| | 15 a 30 | 35,772 | 3,886,994 | 90.4 | 1,186,415 | 97.84 | 5073409 | 93.63 |
| | 30 a 45 | 21,927 | 1,739,132 | 93.4 | 360,533 | 98.64 | 2099665 | 95.66 |
| | 45 a 60 | 14,857 | 980,604 | 95.1 | 165,109 | 99.01 | 1145713 | 96.77 |
| | 60 a 90 | 20,024 | 1,119,194 | 97.0 | 157,039 | 99.36 | 1276233 | 98.01 |
| | 90 a 120 | 11,957 | 591,692 | 98.0 | 79,384 | 99.53 | 671076 | 98.66 |
| | 120 a 150 | 7,780 | 363,339 | 98.6 | 54,932 | 99.66 | 418271 | 99.06 |
| | 150 a 180 | 5,379 | 224,303 | 99.0 | 35,850 | 99.74 | 260153 | 99.32 |
| | 180 a 240 | 6,887 | 232,758 | 99.4 | 38,405 | 99.82 | 271163 | 99.58 |
| | 240 a 300 | 4,182 | 130,690 | 99.6 | 23,826 | 99.87 | 154516 | 99.73 |
| | 300 a 360 | 2,737 | 76,011 | 99.7 | 18,426 | 99.92 | 94437 | 99.82 |
| | 360 a 420 | 1,811 | 42,588 | 99.8 | 9,189 | 99.94 | 51777 | 99.87 |
| | 420 a 480 | 1,235 | 32,799 | 99.9 | 9,738 | 99.96 | 42537 | 99.91 |
| | 480 a 540 | 1,042 | 18,357 | 99.9 | 5,548 | 99.97 | 23905 | 99.93 |
| | 540 a 600 | 629 | 21,734 | 99.9 | 3,608 | 99.98 | 25342 | 99.96 |
| | Más de 600 | 1,495 | 32,459 | 100.0 | 9,893 | 100.00 | 42352 | 100.00 |
| 2007 | | | | | | | | |
| | Menos de 15 | 50,635 | 49,936,844 | 83.9 | 43,683,115 | 95.27 | 93,619,959 | 88.88 |
| | 15 a 30 | 35,698 | 3,892,932 | 90.5 | 1,188,228 | 97.86 | 5,081,160 | 93.70 |
| | 30 a 45 | 21,804 | 1,751,070 | 93.4 | 363,008 | 98.65 | 2,114,077 | 95.71 |
| | 45 a 60 | 14,817 | 985,223 | 95.1 | 165,887 | 99.01 | 1,151,110 | 96.80 |
| | 60 a 90 | 19,981 | 1,127,838 | 97.0 | 158,252 | 99.36 | 1,286,089 | 98.02 |
| | 90 a 120 | 11,936 | 601,466 | 98.0 | 80,695 | 99.54 | 682,161 | 98.67 |
| | 120 a 150 | 7,768 | 370,196 | 98.6 | 55,969 | 99.66 | 426,164 | 99.07 |
| | 150 a 180 | 5,371 | 227,670 | 99.0 | 36,388 | 99.74 | 264,058 | 99.32 |
| | 180 a 240 | 6,856 | 234,861 | 99.4 | 38,752 | 99.82 | 273,613 | 99.58 |
| | 240 a 300 | 4,161 | 130,726 | 99.6 | 23,832 | 99.87 | 154,558 | 99.73 |
| | 300 a 360 | 2,713 | 77,101 | 99.7 | 18,690 | 99.91 | 95,791 | 99.82 |
| | 360 a 420 | 1,811 | 43,436 | 99.8 | 9,372 | 99.93 | 52,807 | 99.87 |
| | 420 a 480 | 1,236 | 32,760 | 99.9 | 9,726 | 99.96 | 42,486 | 99.91 |
| | 480 a 540 | 1,029 | 18,412 | 99.9 | 5,565 | 99.97 | 23,976 | 99.93 |
| | 540 a 600 | 626 | 17,803 | 99.9 | 2,956 | 99.97 | 20,759 | 99.95 |
| | Más de 600 | 1,496 | 38,319 | 100.0 | 11,679 | 100.00 | 49,998 | 100.00 |

* Incluye la población no asegurada y la afiliada al Sistema de Protección Social en Salud

† Incluye crecimiento poblacional según nuevas proyecciones publicadas por CONAPO, de acuerdo con la proporción de derechohabencia reportada en el II Censo de Población y Vivienda 2005

estatales; sin embargo, en su versión actual, es posible que en casos de urgencia el modelo pueda subestimar los tiempos de viaje. La constante actualización del modelo, la incorporación de rutas de transporte público y el uso de bases de datos cartográficas a menores escalas permitirán indicar con mayor precisión los tiempos de traslado y asignar de forma más precisa las comunidades a los servicios de salud.

El modelo se basa en datos producidos por los sistemas de información rutinaria en salud, los censos

y las proyecciones poblacionales; esto es a la vez una ventaja y una limitación. Es una ventaja porque garantiza la sustentabilidad y actualización de los datos que alimentan el modelo; sin embargo, la información está sujeta a la calidad de los datos que estos sistemas de información producen. En este sentido, la DGIS ha asumido el compromiso de mejorar en forma continua la calidad de los datos que producen sus sistemas de información y se han hecho ya varios diagnósticos (aún sin publicar) en los que se constata que la precisión

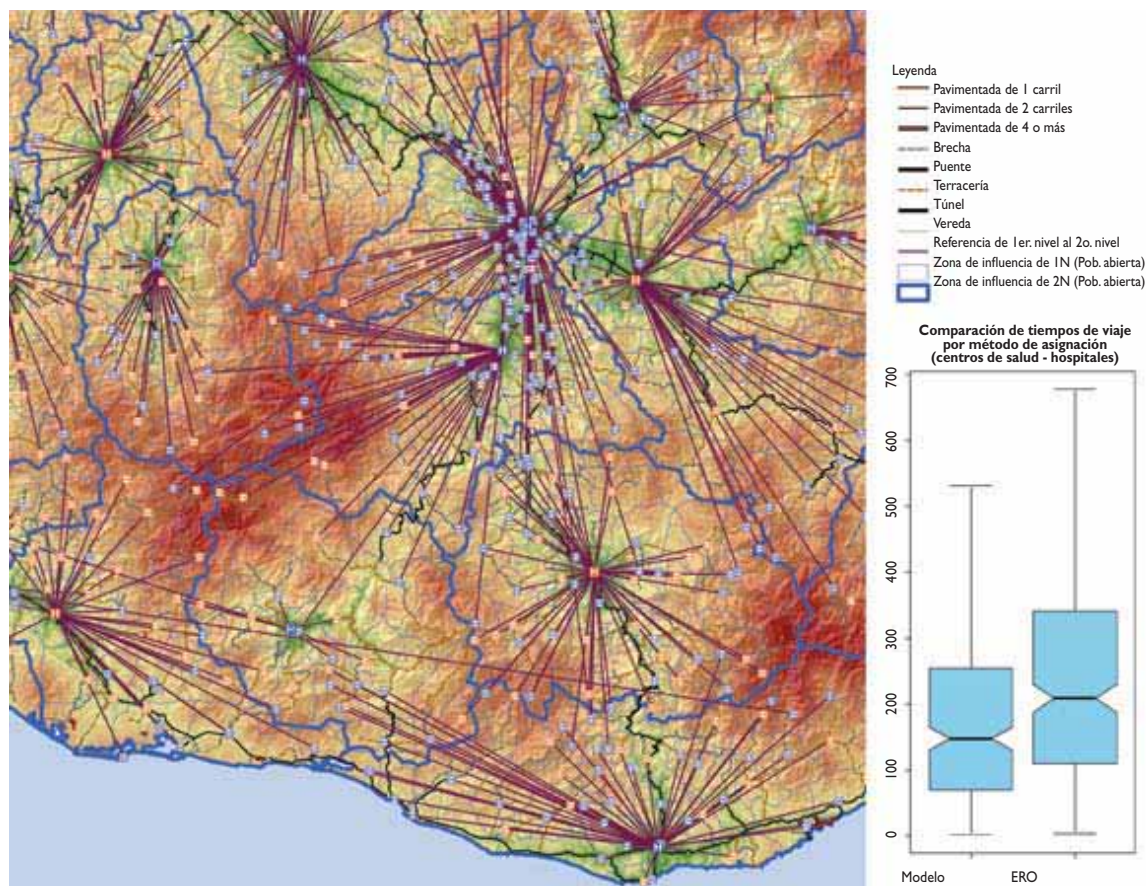


FIGURA 2A. DETALLE DE ASIGNACIÓN DE LA REFERENCIA A HOSPITALIZACIÓN. EL GRÁFICO DE CAJA EN ESTA FIGURA MUESTRA UN RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE DESDE LOS CENTROS DE SALUD HACIA LOS HOSPITALES DE REFERENCIA Y PERMITE COMPARAR LAS DIFERENCIAS EN LA ASIGNACIÓN A HOSPITALES REALIZADA POR EL ERO CON RESPECTO A LA ASIGNACIÓN DETERMINADA POR EL MODELO AUTOMATIZADO. LA MUESCA EN LAS CAJAS REPRESENTA UNA MEDIDA DEL INTERVALO DE CONFIANZA DE LA MEDIANA.

de los datos es superior a 90 por ciento. No obstante, la exhaustividad y la oportunidad de los mismos aún requieren mejorarse.

Pese a estas limitaciones, en su presente versión, la regionalización obtenida por medio del modelo maximizó la accesibilidad a la infraestructura de atención a la salud, al asegurar que cada localidad estuviese asignada al centro de salud más cercano y que cada centro de salud refiriera sus pacientes al hospital más cercano. En contraste, la dependencia de los ERO respecto de información contenida en mapas impresos (que tienen periodos de actualización más largos) y en criterios variables de asignación, basados en el conocimiento del personal sobre la geografía local, los hacen subjetivos y no reproducibles. Una de las principales ventajas que el modelo tiene sobre los ERO tradicionales es precisamen-

te la estandarización del proceso y la reproducibilidad de sus resultados, que se basan en parámetros definidos. Adicionalmente, como es un proceso automatizado, susceptible de actualizaciones e incorporación de nuevas bases de datos, es posible ejecutarlo cada vez que se registren cambios en la distribución de la población, en las vías de comunicación, en la infraestructura de atención a la salud o en cualquiera de los parámetros incluidos o añadidos al modelo.

Los resultados presentados en los cuadros II a V son ejemplos de la utilización del modelo en la estimación de cobertura y accesibilidad geográfica a los servicios de salud. Inicialmente, el modelo puede utilizarse para determinar la cobertura y accesibilidad a servicios específicos de atención a la salud que ya existan, para así encontrar las necesidades de infraestructura y mejorar

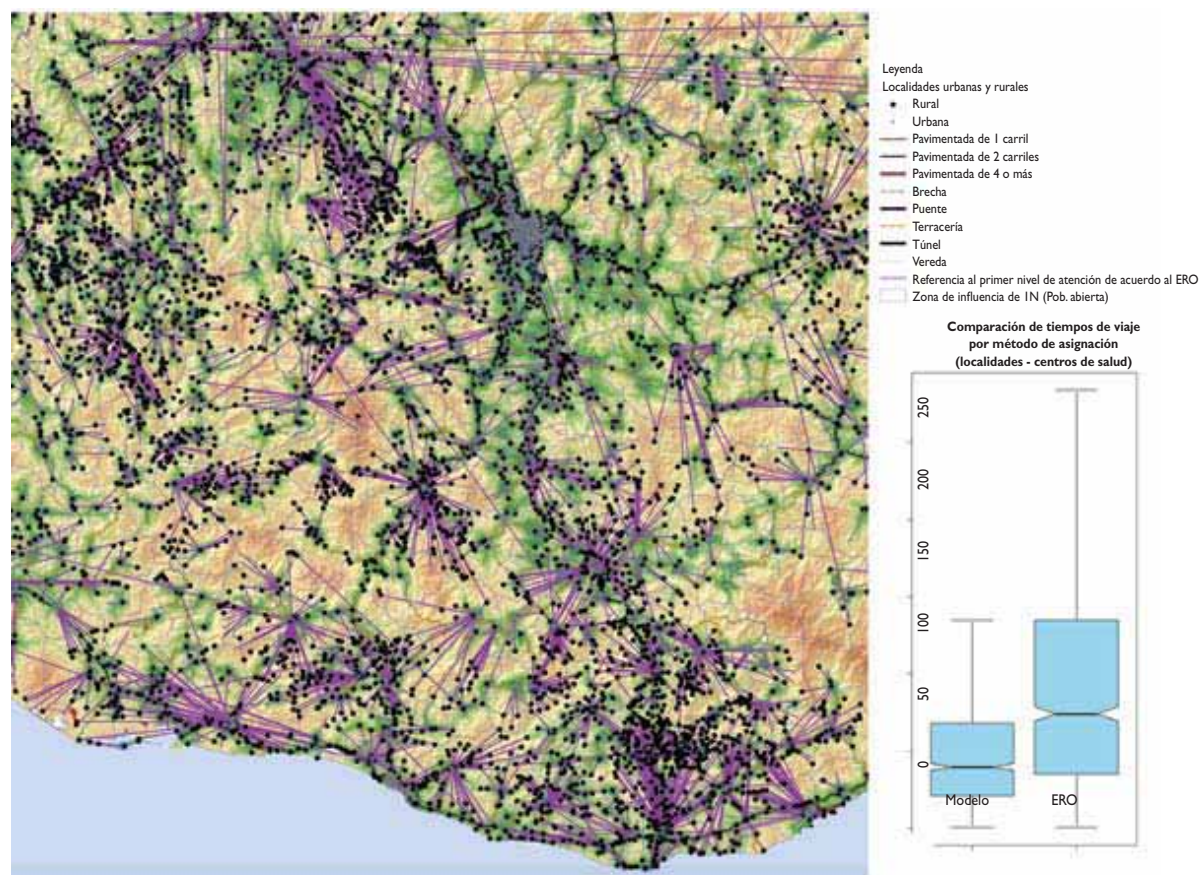


FIGURA 2B. DETALLE DE ASIGNACIÓN DE LOCALIDADES A CENTROS DE SALUD EN EL ESTADO DE OAXACA. EL GRÁFICO DE CAJA EN ESTA FIGURA MUESTRA UN RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE DESDE LAS LOCALIDADES HACIA LOS CENTROS DE SALUD Y PERMITE COMPARAR LAS DIFERENCIAS EN LA ASIGNACIÓN A CENTROS DE SALUD REALIZADA POR EL ERO CON RESPECTO A LA ASIGNACIÓN DETERMINADA POR EL MODELO AUTOMATIZADO. LA MUESCA EN LAS CAJAS REPRESENTA UNA MEDIDA DEL INTERVALO DE CONFIANZA DE LA MEDIANA.

la operación de las REDESS. El modelo puede estimar la accesibilidad para cada tipo de servicio (atención de la diabetes, insuficiencia renal, enfermedades infecciosas, urgencias quirúrgicas y obstétricas, por ejemplo) y en cada caso se pueden añadir parámetros para estimar la regionalización, que utilicen exclusivamente las unidades de salud con la capacidad resolutoria para dichos servicios. Los resultados servirían también para determinar las ubicaciones geográficas en donde se requiera inversión en infraestructura o el fortalecimiento de unidades ya existentes para asegurar la cobertura deseada. Este proceso automatizado puede emplearse para la planeación de los servicios de salud y la identificación de necesidades futuras mediante el análisis de escenarios, utilizando proyecciones poblacionales o simulando la construcción de nueva infraestructura,

tanto de comunicaciones como de atención de la salud. El modelo puede ser utilizado adicionalmente para documentar los cambios en la cobertura y medir el impacto que las inversiones en infraestructura física (vías de comunicación y unidades de salud) tienen sobre la accesibilidad geográfica a los servicios de salud.

La distribución geográfica del lugar de residencia de la población que demandó servicios a las unidades hospitalarias de Oaxaca en 2007 fue analizada con respecto a la distribución de la población asignada a cada hospital de acuerdo al modelo desarrollado. Con este análisis se identificaron diferentes patrones: la mayoría de los hospitales generales cubrieron más de 80% de la demanda generada en sus respectivas áreas de influencia; sin embargo el Hospital General de Huixtepec solo atendió 41.6% de la demanda y el Hospital General de Ciudad

Cuadro VI
EGRESOS PRODUCIDOS POR LOS HOSPITALES ADMINISTRADOS POR LOS SESA DEL ESTADO DE OAXACA, PROCEDENCIA DE LOS
PACIENTES EN RELACIÓN CON EL ÁREA DE INFLUENCIA ESTIMADA POR EL MODELO

| Tipo de hospital | Localidad | Egresos | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|---|--|--|--|--|
| | | Total de egresos producidos por el hospital | Egresos producidos por el hospital provenientes de la zona de influencia | Porcentaje de egresos producidos por el hospital provenientes de la zona de influencia | Total de egresos en la zona de influencia del hospital | Porcentaje de los egresos en la zona de influencia atendidos por el hospital |
| Hospital general | Heroica Ciudad de Huajuapán de León | 2 304 | 1 181 | 51.26 | 1 437 | 82.19 |
| Hospital general | Oaxaca de Juárez | 15 228 | 8 962 | 58.85 | 11 267 | 79.54 |
| Hospital general | Salina Cruz | 3 740 | 2 518 | 67.33 | 2 675 | 94.13 |
| Hospital general | Juchitán de Zaragoza | 3 734 | 2 623 | 70.25 | 3 021 | 86.83 |
| Hospital general | San Juan Bautista Tuxtepec | 3 039 | 2 165 | 71.24 | 2 483 | 87.19 |
| Hospital general | Santiago Pinotepa Nacional | 3 006 | 2 382 | 79.24 | 2 526 | 94.30 |
| Hospital general | Maria Lombardo de Caso | 911 | 768 | 84.30 | 898 | 85.52 |
| Hospital general | San Pablo Huiustepec | 2 000 | 1 694 | 84.70 | 4 070 | 41.62 |
| Hospital general | Putla Villa de Guerrero | 1 699 | 1 511 | 88.93 | 1 748 | 86.44 |
| Hospital general | Ciudad Ixtepec | 499 | 444 | 88.98 | 715 | 62.10 |
| Hospital integral (comunitario) | Santa Catarina Juquila | 575 | 517 | 89.91 | 781 | 66.20 |
| Hospital general | San Juan Bautista Cuicatlán | 1 916 | 1 724 | 89.98 | 1 956 | 88.14 |
| Hospital general | San Pedro Pochutla | 4 972 | 4 730 | 95.13 | 5 262 | 89.89 |
| Hospital integral (comunitario) | Chalcatongo de Hidalgo | 460 | 441 | 95.87 | 620 | 71.13 |
| Hospital integral (comunitario) | San Pedro Tapanatepec | 209 | 202 | 96.65 | 932 | 21.67 |
| Hospital integral (comunitario) | Tamazulapam del Espíritu Santo | 906 | 888 | 98.01 | 1 249 | 71.10 |
| Hospital integral (comunitario) | Ixtlán de Juárez | 197 | 195 | 98.98 | 551 | 35.39 |
| Hospital integral (comunitario) | Aguascalientes de Mazatán | 474 | 471 | 99.37 | 2 008 | 23.46 |
| Hospital integral (comunitario) | Asunción Nochixtlán | 841 | 837 | 99.52 | 1 600 | 52.31 |

Ixtepec atendió 62 por ciento. Estos hospitales no están respondiendo a la demanda generada en sus respectivas zonas de influencia, pues un porcentaje importante de las personas que habita en ellas está siendo atendido en otras unidades, más lejanas en el estado o fuera de éste. Lo mismo ocurre con la mayoría de los hospitales comunitarios; sin embargo este comportamiento pudiera ser normal debido a que su capacidad resolutoria es más limitada y se espera que tengan que referir pacientes a hospitales generales. Con este análisis fue posible identificar los flujos poblacionales en la demanda de servicios de hospitalización y la manera en que los hospitales están respondiendo a la demanda que se genera en sus respectivas áreas de influencia. Estos datos podrían ayudar a plantear acciones específicas que permitan mejorar los procesos de atención hospitalaria en general y responder de manera más adecuada a la demanda de servicios.

El modelo ya es utilizado en la planeación, el desarrollo y la evaluación de las REDESS propuestas en el Modelo Integrador de Atención de la Salud mediante una aplicación desarrollada para el manejo geomático de la información a través de internet.²⁰ La aplicación

presenta una interfaz gráfica que permite interactuar con los datos y el mapa (figura 3)²¹ e incluye las acciones contempladas en el Plan Maestro Sectorial de Infraestructura.²⁰ La figura 3 detalla todas las capas de información contenidas en la aplicación, que se considera la base para el desarrollo de un Sistema de Inteligencia para el PMS. Este sistema permitirá la planeación y desarrollo de las REDESS, mediante la incorporación de la infraestructura, los recursos humanos y el equipamiento de todas las instituciones del sector público. Con este sistema será posible evaluar la cobertura de los servicios prestados a través de las REDESS, identificar necesidades de infraestructura y planear su desarrollo en el marco de integración funcional planteado en el MIDAS.*

* La herramienta se encuentra a disposición del personal de planeación autorizado en la siguiente dirección de internet: <https://kaab.insp.mx/planeacion3>. Actualmente existe una versión de dominio público que permite a la población obtener información sobre la infraestructura y recursos del sector salud en <https://kaab.insp.mx/tiempodeviaje>.

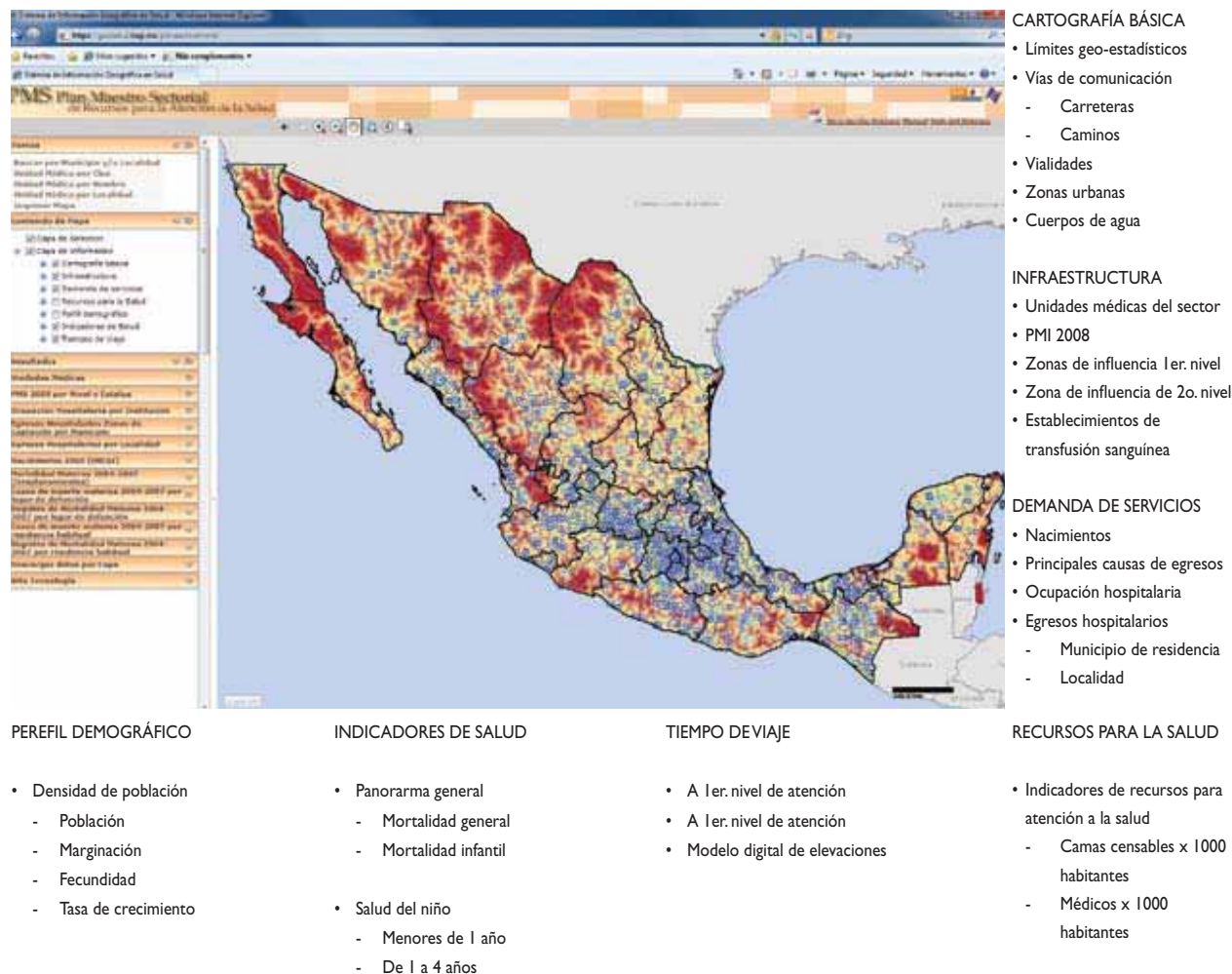


FIGURA 3. DETALLES DE LA APLICACIÓN PARA LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DE LAS VARIABLES QUE CONTIENE

Declaración de conflicto de intereses

Declaramos no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Secretaría de Salud. Dirección General de Información en Salud (DGIS) [sitio en internet]. México: Dirección General de información en Salud [consultado 2010 oct 30]. Disponible en: <http://www.dgis.salud.gob.mx/index.html>
2. II Censo de Población y Vivienda 2005 [sitio de internet]. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía [consultado 2010 ene 19]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=16806>
3. Plan Maestro de Infraestructura Física en Salud, Red de Servicios de Atención a la Salud. [Monografía en formato PDF]. México: Secretaría de Salud, 2003. [consultado 2010 ene 19]. Disponible en: http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/pmi_otros/PMIFS_completo.pdf
4. Garrocho C. Localización geográfica de los servicios de salud en un subsistema de asentamientos rurales del Estado de México: Un intento de evaluación. *Estudios Demográficos y Urbanos* 1990;13:127-148.
5. García JC, Quintero C. Barreras geográficas y económicas para el acceso a los servicios oncológicos del Instituto Nacional de Cancerología en Bogotá. *Rev salud pública* 2008;10(4):583-592.
6. The opportunity agenda. Eliminating geographic barriers to good health for women and children. [Monografía en formato PDF] New York: The Opportunity Agenda, 2005. [consultado 2010 abr 01] Disponible en: http://www.issuelab.org/research/eliminating_geographic_barriers_to_good_health_care_for_women_and_children
7. Phillips R, Kinman E, Schnitzer P, Lindbloom EJ, Ewigman B. Using geographic information systems to understand health care access. *Arch Fam Med* 2000; 9:971-978.
8. Secretaría de Salud. Programa Nacional de Salud 2001-2006. Primera edición. México, DF: Secretaría de Salud, 2001.
9. Secretaría de Salud. Modelo Integrador de Atención a la Salud (MIDAS), segunda edición. [Monografía en formato PDF]. México: Secretaría

- de Salud, 2006. [consultado 2010 ene 19]. Disponible en: <http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/biblio/MIDAS.pdf>
10. Pang TT, Lee SS. Measuring the geographic coverage of methadone maintenance programme in Hong Kong by using geographic information system (GIS). *Int J Health Geogr* 2008;7(5):1-9.
11. Hernández JE, Rodríguez MH, Rodríguez NE, Santos R, Morales E, Cruz C et al. Cobertura geográfica del sistema mexicano de salud y análisis espacial de la utilización de hospitales generales de la Secretaría de Salud en 1998. *Salud Publica Mex* 2002 [serie en internet] [consultado 2010 ene 19]; 44(6):519-532. Disponible en: <http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo.php?id=001516>
12. Brabyn L, Skelly C. Modeling population access to New Zealand public hospitals. *International Journal of Health Geographics* 2002;1(3):1-9.
13. Black M, Ebener S, Najera P, Vidaurre M, El- Morjani Z. Using GIS to measure physical accessibility to health care. World Health Organization, 2004 [serie en internet] [consultado 2010 abr 12]; Paper presented during the 2004 International Health Users Conference, Washington DC. Disponible en: http://www.who.int/kms/initiatives/Ebener_et_al_2004a.pdf
14. Star J, Estes J. *Geographic Information Systems: An introduction*. New York: Prentice Hall, 1990:14-148.
15. Núcleo de Acopio y Análisis de Información en Salud (NAAIS) [sitio de internet]. México: Instituto Nacional de Salud Pública [consultado 2010 ene 19]. Disponible en: <http://naais.insp.mx>
16. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) [sitio de internet]. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía [consultado 2010 ene 19]. Disponible en: http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/prodyserv/prods-geograficos/sombreados_est/sombras.cfm?c=256
17. Secretaría de Salud. Dirección General de Información en Salud (DGIS) [sitio de internet]. México: Dirección General de información en Salud [consultado 2010 oct 30]. Disponible en: <http://www.dgis.salud.gob.mx/index.html>
18. Consejo Nacional de Población (CONAPO). *Proyecciones de la población de México 2005-2050*. [Monografía en formato PDF] México CONAPO 2006. [consultado 2010 ene 19] Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx/00cifras/proy/Proy05-50.pdf>
19. Secretaría de Salud. Programa Nacional de Salud 2007-2012. Por un México sano: Construyendo alianzas para una mejor salud. [Monografía en formato PDF]. México: Secretaría de Salud, 2007. [consultado 2010 ene 19]. Disponible en: http://alianza.salud.gob.mx/descargas/pdf/pns_version_completa.pdf
20. Instituto Nacional de Salud Pública. *Plan Maestro de Recursos para la Atención en Salud. Manual del Usuario*. Segunda edición. México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2009.
21. Corner CM. Public Health, GIS, and the internet. *Annu Rev Public Health* 2003;24:57-82.