

# LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EPIDEMIOLOGÍA

Ivette Molina Serpa

Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí", La Habana, Cuba

E-mail: [ims@ipk.sld.cu](mailto:ims@ipk.sld.cu)

## ***Introducción***



Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han venido desarrollando por más de 20 años y aplicando en diversas ramas de la ciencia. En el sector de la salud pública, en particular en la Epidemiología, los SIG ofrecen múltiples oportunidades, a la vez que brindan una perspectiva espacial de las enfermedades, constituyen una poderosa herramienta para facilitar los procesos de análisis de información y de toma de decisiones en los servicios de salud.

La utilización de los SIG permite ampliar las posibilidades en el monitoreo y control del fenómeno salud-enfermedad, siendo de gran utilidad para el análisis espacial y temporal de los eventos y para generar nuevas hipótesis de investigación.

En este artículo se realiza una revisión sobre aspectos conceptuales de los SIG y su estado actual de desarrollo. Se muestra la utilización de las novedosas tecnologías SIG en estudios epidemiológicos. Las tendencias futuras de su aplicación en salud pública son asimismo consideradas.

## ***Definiciones de SIG***

Los SIG comenzaron a utilizarse como herramienta de mapeo y análisis en Geografía en la década de los 60 en Canadá (1, 2). A partir de los 70 se produce una revolución de la tecnología SIG condicionada por diversos factores relacionados con el surgimiento, accesibilidad y bajo costo de las minicomputadoras, el desarrollo de softwares en sistema Windows y la amplia disponibilidad de bases de datos en mapas digitales (3). Los SIG se convierten en un campo multidisciplinario contribuyendo a la planificación territorial, al marketing y a las investigaciones geológicas y climáticas, entre otras.

Desde el surgimiento de los SIG se han propuesto diversas definiciones según su grado de desarrollo dado el momento histórico, las funciones que realizan y la aplicación específica a la que se destinan. Esencialmente los SIG constituyen un sistema automatizado capaz de almacenar, manipular, analizar y visualizar grandes volúmenes de información referenciada geográficamente.

Recientemente los SIG se consideran como el componente tecnológico de una nueva disciplina denominada "ciencia de la información geográfica", referida al estudio de los

aspectos genéricos relacionados con el uso de la tecnología SIG en cuanto a su implementación y capacidades potenciales (4, 5)

En el sector de la salud los SIG se consideran como un sistema de información con una variable geográfica que permite a los usuarios procesar, visualizar y analizar su información relacionada a coordenadas geográficas en el espacio, la cual puede ser una institución de salud, un laboratorio, un asentamiento poblacional, un país o un grupo de países. (6).

En el contexto de la salud pública se considera esencial la inclusión de la definición de la población y de los procedimientos en la definición de un SIG dada la necesidad de vincular los métodos epidemiológicos y la tecnología SIG (7). Además, el empleo de SIG en salud conlleva el desarrollo y utilización de herramientas de SIG para describir situaciones de salud, el análisis epidemiológico y la administración en salud pública (8).

### ***Funciones que ejecuta un SIG***

-Entrada de información: se refiere a los procedimientos para convertir la información geográfica de formato analógico a formato digital. La información almacenada en formato digital se clasifica en tipo vector y tipo raster. El formato vector posibilita tres tipos de objetos gráficos: puntos, que representan un par de coordenadas; líneas, que constituyen un segmento limitado por dos pares de coordenadas; y áreas o polígonos, constituidos por la unión de segmentos de líneas. Los archivos en formato vector se obtienen de la digitalización de los mapas. El formato raster representa imágenes gráficas como una matriz de celdas que contienen información de un atributo. Los archivos raster pueden ser obtenidos de mapas scaneados, de fotografías aéreas y de imágenes de satélite.

- Gestión de la información: permite realizar búsquedas de información en la base de datos de acuerdo a diferentes criterios temáticos y espaciales.
- Análisis de la información: es el elemento característico de un SIG; posibilita el procesamiento de la base de datos inicial para obtener mayor información.
- Salida y representación gráfica y cartográfica de la información: muestra los resultados de las operaciones analíticas en forma de gráficos, tablas y mapas.

### ***Aplicaciones de los SIG a la Epidemiología***

Los SIG han sido utilizados tradicionalmente por los epidemiólogos para analizar la asociación entre medioambiente y enfermedad. En la década de los 90 se amplían las aplicaciones de los SIG en el análisis epidemiológico dada la necesidad de incrementar la eficiencia de los programas de salud en su toma de decisiones debido a la limitación de recursos y al proceso de descentralización de los servicios de salud en la mayoría de los países (9).

Los SIG son capaces de simplificar grandes tareas como la localización de eventos de salud en espacio y tiempo, el monitoreo de eventos de salud y el comportamiento de factores de riesgo en un período de tiempo dado, la identificación de áreas geográficas y grupos de población con grandes necesidades de salud y contribuye a la solución de

tales necesidades mediante el análisis de múltiples variables y la evaluación del impacto de intervenciones en salud (10)

En el estudio de la distribución en espacio y tiempo de las enfermedades en epidemiología se han utilizado patrones de puntos, de líneas y de áreas.

La capacidad de superponer la localización de los casos de una enfermedad como puntos con información espacial relacionada es una herramienta de considerable poder. Los SIG se han utilizado en la generación de mapas de puntos, que constituye el método más simple de análisis espacial (11) para examinar la distribución de casos de toxoplasma gondii asociados con un brote en la Columbia Británica, Canadá y estudiar su relación con el sistema de suministro de agua municipal (12)

Los patrones lineales se han utilizado en la generación de mapas de flujo representando el origen y destino de diferentes fenómenos que contribuyen al análisis de la difusión de una enfermedad como, por ejemplo, para evaluar patrones referidos a pacientes con cáncer en el extremo noroeste del estado de Washington. Además, han sido utilizados para describir la difusión de epidemias, tales como la de SIDA a nivel internacional (13).

En relación con los patrones de área, los datos se presentan divididos en clases, referidos a regiones político-administrativas como países, municipios o áreas de salud. La variable representada más comúnmente es la tasa de incidencia de una enfermedad.

Otra aplicación de los SIG constituye la identificación de clusters en espacio y tiempo, como, por ejemplo, en el estudio de los patrones geográficos de transmisión de tuberculosis en la ciudad de Baltimore, USA (14).

El SIG constituye la plataforma común de convergencia de actividades de vigilancia de múltiples enfermedades, porque pueden almacenar y manipular información de diferentes fuentes y softwares, así como también puede incluir el total de la población e información ambiental para el análisis (15).

Mediante el SIG se pueden generar mapas temáticos de símbolos proporcionales que denoten la intensidad de una variable, como se hizo en la identificación de focos de trypanosomiasis en Africa (16)

El departamento de Vigilancia de Enfermedades Transmisibles de la OMS y el UNICEF han diseñado un SIG denominado Health Mapper, aplicado en 1993 al Programa de Erradicación del Gusano de Guinea, que actualmente ya incluye la aplicación a otras enfermedades y a otros programas de salud pública en general (17)

En un estudio para concebir un nuevo sistema integrado de vigilancia de la tuberculosis en la ciudad de Olinda del estado de Pernambuco, Brasil, se utilizó un SIG para estratificar el espacio urbano y se investigó la relación entre el gradiente de riesgo de tuberculosis y la incidencia media de la enfermedad en el período 1991-1996. Como resultado se señalan grupos y zonas prioritarias con necesidad de intervención (18)

El incremento de la utilización de las imágenes de satélite y los GPS contribuyen al mejoramiento de la vigilancia de las enfermedades, así como al mayor conocimiento de las asociaciones entre estas y el medioambiente.

Se utilizó la tecnología GPS asociada a un SIG en un estudio de accesibilidad a los servicios de salud en la aplicación del programa para el tratamiento directamente observado de la tuberculosis en la comunidad de Hlabisa, Sudáfrica (19).

También se realizó el monitoreo en tiempo y espacio de las características biológicas de los vectores de trypanosomiasis en el Oeste de Africa mediante datos de las series NOAA de satélites meteorológicos (20).

En epidemiología ambiental los SIG pueden ser utilizados para generar hipótesis que expliquen las causas de la enfermedades a través de estudios ecológicos llevados a cabo en un corto período de tiempo y a bajo costo utilizando bases de datos computarizadas. Por ejemplo, en el estudio de la variación de las tasas de las enfermedades a través de regiones geográficas en el tiempo (21)

En el SIG también se pueden integrar y modelar bases de datos de múltiples fuentes para estimar niveles de exposición. La tecnología SIG puede asimismo ser utilizada para probar hipótesis relacionadas con factores ambientales de riesgo para las enfermedades en estudios a nivel individual (estudios de caso-control, de cohorte y transversales) para integrarlos a la información sobre la exposición de cada región geográfica (22).

El uso de la modelación geográfica es relativamente nuevo en epidemiología ambiental. El propósito de este método es la utilización de datos disponibles para estimar la exposición a través del medioambiente externo para localidades geográficas específicas en un período de tiempo dado (23). La modelación geográfica convierte los datos del SIG en cantidades que permiten la estimación de la exposición con gran precisión individual dependiendo del nivel de información disponible sobre la historia residencial y la actividad personal (24). Se utilizó un SIG en combinación con el análisis de regresión logística para generar un modelo de riesgo en ambiente doméstico para la enfermedad de Lyme en la ciudad de Baltimore (25 ) y para crear un modelo de predicción del riesgo de transmisión de esta enfermedad (26).

Evaluando el desarrollo de la utilización actual de los SIG en salud, según la bibliografía consultada, se prevé que en los próximos años se incrementará la aplicación de esta tecnología por parte de los investigadores y decisores en este sector para el análisis de las enfermedades. Algunos autores consideran que debería integrarse el entrenamiento en SIG a la enseñanza en salud pública, así como fortalecer los vínculos entre los investigadores que utilizan esta tecnología a nivel internacional(27). Además se entiende que el intercambio de experiencias de la utilización de los SIG entre la Epidemiología y otras ciencias como la Ecología y la Arqueología, pudiera proporcionar sustanciales beneficios al conocimiento científico (28).

Algunos aspectos que se pronostican desarrollar a más corto plazo están relacionados con el incremento de los métodos estadísticos espaciales vinculados a los SIG para la detección de clusters y en el análisis espacial a diferentes niveles. Además se prevé la producción de nuevos materiales para el entrenamiento en SIG a distancia a través de CD-ROM y vía Internet (29) y la producción de softwares de bajo costo y de uso

público para facilitar su utilización en entidades de salud y programas con recursos limitados. Aún con estas expectativas uno de los principales retos en el futuro será la inclusión de los métodos y principios epidemiológicos en el análisis espacial dentro de los SIG (30). El desarrollo futuro de la tecnología SIG se considera importante, pero todavía se entiende necesario incrementar los vínculos a nivel local, regional e internacional entre las entidades e investigadores del sector de la salud pública para lograr estos resultados.

## **Conclusiones**

Los SIG se han desarrollado ampliamente en el sector de la salud pública especialmente en la década de los 90, contribuyendo a la eficiencia en los procesos de análisis de información y de toma de decisiones en los servicios de salud. El empleo de los SIG ha contribuido a la integración del estudio epidemiológico de tipo individual a las características de las distintas regiones geográficas.

Se han introducido nuevas tecnologías SIG como los sensores remotos y los GPS que constituyen poderosas herramientas que han permitido profundizar en el análisis espacial en los estudios epidemiológicos con la inclusión de variables ambientales como por ejemplo de tipo climático en su asociación con las enfermedades transmitidas por vectores. Asimismo se han creado nuevos SIG adaptados a las necesidades de investigación concretas en diferentes regiones y se ha introducido la posibilidad de la predicción del riesgo a distintas enfermedades a nivel espacial.

Aún cuando los avances en el desarrollo de los SIG se consideran importantes, queda mucho por hacer en algunos aspectos como en lo referente a la enseñanza de esta tecnología en el sector de la salud pública, así como su disponibilidad en programas de salud con limitados recursos. Una contribución importante se considera el fortalecimiento del intercambio científico entre investigadores a nivel internacional, para el logro de muchos aspectos aún por mejorar en el aprovechamiento de la tecnología SIG en el campo de la Epidemiología.

## **Referencias**

1. Clarke KC, LS Mc Lafferty, and BJ Tempalski 1996. On Epidemiology and Geographic Information Systems: a review and discussion of future directions. *Emerg Infect Dis.* Apr-Jun; 2(2):85-92
2. Richards TB, CM Croner, G Rushton, CK Brown and L Fowler 1999. Geographic Information Systems and public health: mapping the future. *Public Health Rep.* Jul-Aug;114(4):359-60
3. Clarke KC, *et al*, *op cit*
4. *Idem*.
5. Richards TB, *et al*, *op cit*
6. World Health Organization 1999. Geographical Information Systems (GIS). Mapping for epidemiological surveillance. *Weekly Epidemiological Record*; 74(34):281-5

7. Richards TB, *et al, op cit*
8. Pan American Health organization, Special Program for Health Analysis 2000. Geographic Information Systems in health, basic concepts, Washington, DC:OPS, 92 p.
9. Organización Panamericana de la Salud 1996 Uso de los Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología (SIG-EPI). Boletín Epidemiológico; 17(1):1-6
10. Pan American Health Organization, *op cit*
11. Fonseca F, and MS Carvalho 1996. Spatial and Temporal Analysis of Epidemiological Data. Disponible en: <http://www.idrc.ca/books/focus/766/nobre.html>
12. Eng SB, DH Werker, AS King, SA Marion, A Bell, JL Issac-Renton, GS Irwin, and WR Bowie 1999. Computer-generated dot maps as an epidemiologic tool: investigating an outbreak of toxoplasmosis. Emerg Infect Dis. Nov-Dec; 5(6):815-19
13. Fonseca F, and MS Carvalho *op cit*
14. Bishai WR, NM Graham, S Harrington, DS Pope, N Hooper, J Astemborski, L Sheely, D Vlahov, GE Glass and RE Chaisson 1998. Molecular and geographic patterns of tuberculosis transmission after 15 years of directly observed therapy. JAMA. Nov 18;280(19):1679-84
15. Clarke KC, *et al, op cit*
16. *Idem*
17. World Health Organization 2001. Geographical Information Systems. Disponible en: <http://www.who.int/emc/healthmap/healthmap.html>
18. Souza WV, R Ximenes, MFM Albuquerque, TM Lapa, JL Portugal, MLC Lima, and CMT Martelli 2000. The use of socioeconomic factors in mapping tuberculosis risk areas in a city of northeastern Brazil. Pan Am J Public Health;8(6):403-10
19. Wilkinson D and F Tanser 1999. GIS/GPS to document increased access to community-based treatment for tuberculosis in Africa. Lancet;354(9176):394-6
20. Rogers DJ and BG Williams 1993. Monitoring trypanosomiasis in space and time. Parasitology;106 Suppl:77-92
21. Vine MF and D Degnan (1998). Geographic Information Systems. J Environ Health. Oct;61(3):7-10
22. *Idem*
23. Beyea J, and M Hatch 1999. Geographic exposure modeling: a valuable extension of geographic information systems for use in environmental epidemiology. Environ Health Perspect, Suppl; 107(1):181-90

24 *Idem*

25. Glass GE, BS Schwartz, JM Morgan III, DT Johnson, PM Noy and E Israel 1995. Environmental risk factors for Lyme disease identified with geographic information systems. *Am J Public Health*. Jul;85(7):944-8

26. Nicholson MC and TN Mather 1996. Methods for evaluating Lyme disease risks using geographic information systems and geospatial analysis. *J Med Entomol*. Sep;33(5):711-20

27. Clarke KC, *et al, op cit*

28. *Idem.*

29. Richards TB, *et al, op cit*

30. *Idem.*