

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA REALIZACIÓN DE MAPAS EPIDEMIOLÓGICOS Y SUS USOS

Susana Tenorio Ríos
Bachiller en Geología

Estudiante de la Maestría de Gestión del Riesgo en
Desastres y Atención de Emergencias
Universidad de Costa Rica

Resumen

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para crear mapas epidemiológicos ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad en el manejo de epidemias. Se hace una breve explicación de SIG y su importancia para la epidemiología, se presentan diferentes SIG digitales que permiten la creación de los diversos mapas epidemiológicos. Además, se explica brevemente el uso de mapas epidemiológicos en los casos de: Cólera en Broad Street en Londres, Malaria en Argentina, Carcinoma epidermoide bucal en Brasil y Dengue en México.

Se concluye que crear mapas georreferenciados es importante para la epidemiología, incluyendo la sección preventiva y la de atención a epidemias. Es muy útil para predecir, entre otras cosas: la dirección en la que podría viajar el patógeno, las zonas de cuarentena, evacuación y atención. Además, para establecer áreas de atención al público y el área de la sala de situación, conocer el origen del patógeno, identificar zonas de influencia, marcar las zonas de riesgo, crear una vigilancia más efectiva con indicadores en tiempo real de la situación y sus variaciones cada cierta cantidad de tiempo.

Palabras clave: Epidemias, Gestión del riesgo, Manejo de epidemias, Mapa epidemiológico, Sistemas de información geográfica.

Abstract

The use of Geographic Information System (GIS) for creating epidemiological maps has shown to be a very useful tool in management of epidemics. There is a brief explanation of GIS and its importance for epidemiology, different digital GIS presented that allow the creation of the various epidemiological maps. In addition, the use of epidemiological maps briefly explained in cases of: Cholera in Broad Street in London, Malaria in Argentina, Oral epidermoid carcinoma in Brazil, and Dengue in Mexico.

It is concluded that creating georeferenced maps is important for epidemiology, including the preventive section and the attention to epidemics. It is very useful to predict, among other things: the direction in which the pathogen could travel, quarantine areas, evacuation and attention. Also establish areas of attention to the public and the area of the situation room, know the origin of the pathogen, identify areas of influence, mark the risk areas, create a more effective monitoring with indicators in real time of the situation and its variations every certain amount of time

Keywords: Epidemics, Epidemiological maps, Geographic information system, Management of epidemics, Risk management.



Introducción

Los SIG permiten acumular, guardar, revisar y separar información de diferentes tipos y fuentes y plasmarla en un mapa con una o varias capas de datos. Se pueden realizar todo tipo de mapas, en especial, porque la información queda ubicada espacialmente siempre que se georreferencie.

Para la toma de decisiones es necesario contar con mapas que le permitan al encargado visualizar la situación que se está viviendo en el tiempo actual o se vivió indistintamente del tiempo transcurrido. Esto es fácil de comprender si se piensa en un mapa de amenazas de origen natural en el cual se visualicen fallas tectónicas, deslizamientos e incluso zonas de inundación.

Es por esta razón que se requiere el uso de mapas para el análisis de la amenaza epidemiológica. Los mapas epidemiológicos no sólo sirven para la atención de brotes de enfermedades sino también para tomar decisiones en la sección de prevención en gestión de riesgo.

Breve resumen ¿Qué es SIG?

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) manejan todo tipo de información geográfica y se utilizan para la realización de mapas que pueden contener diferentes tipos de información dependiendo del área para los cuales se desarrollan, por ejemplo, los mapas de amenazas desarrollados por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). Comúnmente se conocen los mapas ya mencionados de amenazas, también se conocen los geológicos, demográficos, biológicos, hidrogeológicos, entre otros. Asimismo, es usu-

al que estos se utilicen como capas para crear otros tipos de mapas con más información, por ejemplo, los de riesgos.

Para realizar un mapa mediante SIG se necesita georreferenciar, es decir, asignar coordenadas reales al mapa digital de forma que se puedan ubicar espacialmente las diferentes capas que pueden superponerse, con esta información geoespacial se pueden también medir distancias, estudiar diferencias en el nivel del terreno, entre otros.

Adicionalmente es importante saber que existen tres tipos de mapas: Puntuales (con puntos, como ubicaciones de lugares o cosas), Lineales (con líneas, como los de fallas geológicas), Poligonales (con polígonos, como distritos, áreas verdes). Todos estos son georreferenciables por lo que las capas se superpondrán sin problemas siempre que tengan el mismo set de coordenadas.

SIG en Epidemiología

Un tipo de mapa importante para gestión del riesgo es el epidemiológico, en él se puede encontrar información tanto de enfermedades (virus, bacterias, etc.) como de vectores y sus ambientes, vulnerabilidad de la población, facilidad de expansión del área afectada, facilidad de contagio, entre otros. El mapeo epidemiológico sirve tanto para prevención y mitigación de expansión epidémica como para respuesta ante un desastre y una epidemia ligada al mismo; además se pueden unificar tanto la prevención como la atención debido a que "Al equiparar dónde están ocurriendo los eventos, cuál es la población afectada y qué tan cercanos están, uno puede sugerir hipótesis para futuras investigaciones" (Pina et. al., 2010, p. 53) creando así una herramienta de gestión de riesgo importante para el desarrollo de comunidades, planificación urbana e inclusive explotación de recursos hídricos, entre otros.



El uso extensivo del mapeo de enfermedades inició a finales del siglo XVII, la razón de esto es que se pensaba que vivir cerca del miasma aumentaba la probabilidad de enfermarse (Pina et. al., 2010, p. 48). Estos mapas se utilizan para la ubicación de eventos y debe integrarse en el análisis, además el análisis espacial es primordial en este tipo de mapas ya que incluye los lugares de ocurrencia de eventos; también se usa mucho el índice de dependencia espacial que puede ir de lo local a lo mundial (Pina et. al., 2010, p. 51-52). Un problema común en estos mapas son los números pequeños ya que generan inestabilidad estadística. Ya que en poblaciones pequeñas suele ser difícil demostrarlo estadísticamente (Pina et. al., 2010, p. 52)

Mapas para Epidemiología

Hay diferentes tipos de mapas que se pueden realizar dentro del área epidemiológica, entre los que pueden realizarse se encuentran: distribución actual, analizar evolución espacial de un patógeno durante cierta cantidad de tiempo, riesgo epidemiológico, escenarios posibles, correlación de patógeno con ambiente, área de influencia, fluctuaciones y mejor lugar para puntos estratégicos (Pina et. al., 2010)

Ejemplos mundiales realizados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) incluyen: recomendaciones de vacunación contra la fiebre amarilla, poblaciones de riesgo de arbovirus, países y territorios con casos autóctonos confirmados de virus de zika, mapas de perfil de país de zika, países y territorios con transmisión autóctona, casos de cólera, distribución geográfica de chikungunya por semana epidemiológica, enfermedades transmitidas por vectores, entre otros muchos (OPS, 2019).

Herramientas

Se han creado diversas herramientas que permiten el uso de información epidemiológica para crear los mapas, a continuación, se hace un breve resumen de algunas herramientas que pueden ser utilizadas con este fin.

SIGepi: Desarrollado por el Área de Análisis de Salud y Sistemas de Información (AIS) de la OPS como parte del proyecto de cooperación técnica denominado “Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología y Salud Pública”. Es una compilación de técnicas, procedimientos y métodos para el análisis de datos epidemiológicos; simplificada, en un ambiente amigable y en múltiples idiomas. Incluye: funciones genéricas de los SIG, Geoprocesamiento, funciones cuantitativas en Epidemiología, para la detección de conglomerados (clusters), útiles en la Práctica de la Salud Pública (OPS, 2018).

Además forma parte del Proyecto de Cooperación entre SIG en Salud Pública y la Unidad de Análisis y Estadísticas en Salud (HDM/HA) de OPS para las Américas cuyos propósitos básicos se enfocan en fortalecer: las capacidades epidemiológicas nacionales incluyendo análisis de situación, vigilancia en salud, monitoreo y evaluación de actividades de prevención y promoción de la salud; la capacidad analítica y epidemiológica de tomadores de decisión de salud en el Secretariado de OPS para orientar la cooperación técnica; los abordajes metodológicos para el monitoreo de desigualdades e inequidades en salud y para la evaluación de impacto de intervenciones poblacionales (OPS, 2019)

Epidat 4.2: Es un software distribución libre desarrollado por instituciones públicas y dirigido a epidemiólogos y otros profesionales de la salud para el análisis de datos. Diseñado por el



Servizo de Epidemioloxía de la Dirección Xeral de Innovación e Xestión da Saúde Pública de la Consellería de Sanidade (Xunta de Galicia) con el apoyo de la Organización Mundial de la Salud y la Universidad CES de Colombia. Dentro de sus características incluye: análisis descriptivo, muestreo, inferencia sobre parámetros, concordancia y consistencia, ajuste de tasas, demografía, estimación de la mortalidad atribuida, regresión logística, distribuciones de probabilidad, análisis bayesiano, índices de desarrollo o privación, medición de desigualdades en salud (Servizio Galego de Saúde, 2019)

Epi Info: Es un conjunto de herramientas de software, interoperables y de dominio público, creados por el Centers for Disease Control and Prevention (CDC, Centros para el Control y Prevención de Enfermedades), diseñadas para la comunidad global de profesionales e investigadores dedicados a la salud pública. Se elaboran formularios para el ingreso de datos y la construcción de bases de datos de un modo sencillo, además el análisis de datos se realiza con estadísticas, mapas y gráficos epidemiológicos. Se utiliza para investigar brotes; desarrollar sistemas pequeños o medianos de vigilancia de enfermedades; como componentes de análisis, visualización e informe de sistemas más grandes; y en la educación continua de la ciencia de la epidemiología y de los métodos analíticos en salud pública. Se puede utilizar en Windows, dispositivos móviles, y web/nube (CDC, 2019)

Qgis plugins: Qgis es un “sistema de información geográfica libre y de código abierto” (Qgis, 2019), además se puede utilizar con diferentes sistemas operativos, tales como Windows, Linux, Mac y BSD, también se está desarrollando para Android (Qgis, 2019). Por ser un software libre cualquier desarrollador puede contribuir con plugins que se le añaden al software para mejorar o agregar funciones. Actualmente hay dos que sirven para crear mapas epidemiológicos.

El primero se llama GeoHealth, tiene una interface simplificada para trabajadores de salud pública en donde se pueden ingresar datos, crear mapas de incidencia o densidad, revisar estadísticas y resultados, entre otros (Qgis, 2019). El segundo es denominado VetEpiGIS-tool y se desarrolló para veterinarios, maneja datos relacionados a enfermedades animales y permite manejar datos sencillamente (Qgis, 2019)

Kobo Toolbox: Dentro de sus características incluye: Diseño rápido de cuestionarios, Reutilización de preguntas y bloques de preguntas, Construye cuestionarios complejos con saltos lógicos, 20 diferentes tipos de preguntas, Comparte fácilmente con colegas, importa y exporta xls forms, recolección de datos online y offline, en teléfonos, tablets o cualquier browser, sincroniza vía ssl, protege contra pérdida de datos, datos accesibles inmediatamente después de recolectados, crea reportes y gráficos, visualiza datos en mapa, exporta datos en cualquier momento (KoboToolbox, 2018).

Este software es gratis y de código abierto, se puede utilizar en teléfonos celulares, tablets y cualquier buscador (KoboToolbox, 2018).

HealthMap Project: Es “un sistema basado en Internet y diseñado para recopilar y mostrar información sobre brotes epidémicos» (Clinic Cloud, 2019). Recopila datos de la localización geográfica, la fecha y el agente infeccioso responsable del brote, además de que agrega datos de «diferentes fuentes electrónicas como sitios de noticias, RSS, listas de mailing, informes de vigilancia epidemiológica y alertas oficiales.» (Clinic Cloud, 2019). Funciona de forma automatizada recogiendo datos cada hora y «utiliza text mining para determinar la categoría de la enfermedad y la localización del brote» (Clinic Cloud, 2019). Finalmente los datos se separan de acuerdo a procedencia, enfermedad y ubicación geográfica, se publican en el sitio web <https://healthmap.org/es/> (Clinic Cloud, 2019), de este modo es accesible por cualquier persona en cualquier parte del mundo.



Ejemplos mediante casos de estudio

Cólera en Broad Street, Londres: El uso de los mapas epidemiológicos se inicia en la época contemporánea de la humanidad, iniciando concretamente en 1854 con el doctor John Snow¹ en Londres, quien estaba convencido de que el brote de cólera que en ese momento se generaba en Broad Street se había esparcido mediante una de las fuentes de agua en particular. Para determinar esta fuente se trazó un mapa (figura 1) en el cual los puntos indican los casos de cólera y su relación con el ambiente y la proximidad de acuerdo a posibles fuentes de contaminación, de esta forma se implementa la epidemiología espacial (Pina et. al., 2010, p. 49).

En aquel momento el cólera era una de las enfermedades con más muertes y junto con otras se pensaba que se originaba por un miasma, esto era ampliamente aceptado por los doctores de la época y su relación con el cólera se debía al mal olor; esta hipótesis era tan aceptada que a pesar de que Filippo Pacini² descubrió el patógeno de la enfermedad, fue totalmente descartado (Mellville et. al., 2007, p. 42).

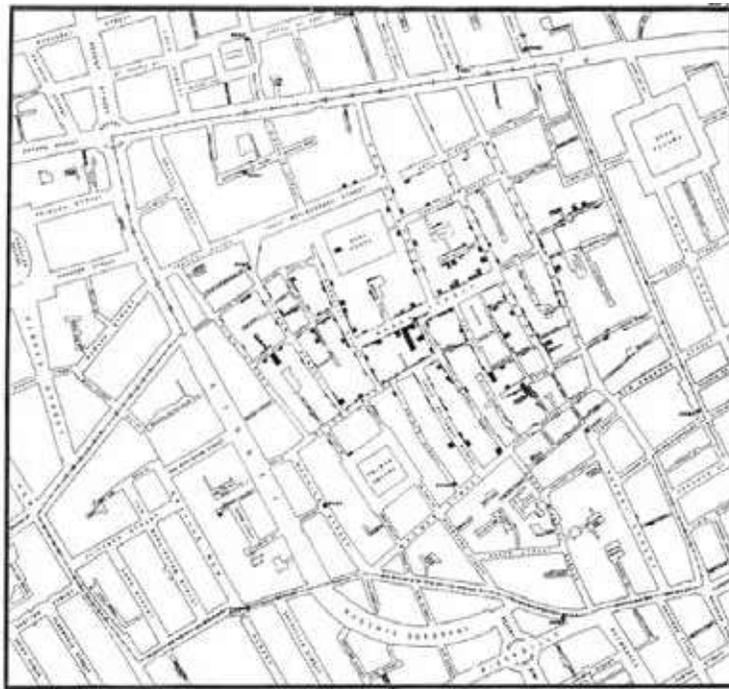


Figura 1. Mapa de John Snow (Snow J., 1855 en Pina et. al., 2010, p. 49)

-
- 1 Médico inglés precursor de la epidemiología (vivió entre 1813-1858)
 - 2 Investigador, médico y anatomista italiano (vivió entre 1812-1883)

A pesar de esto, el concepto de que vivir cerca del miasma era lo que ocasionaba la enfermedad no estaba del todo incorrecto, lo necesario era comprender que en vez de ser el miasma el que ocasionaba la enfermedad, esta podía generarse por contaminación de patógenos en distintas fuentes, en el caso concreto de Broad Street, contaminación de aguas subterráneas.

Es por esto que el Dr. John Snow se dedicó a buscar la fuente del cólera, manteniendo en su mente la hipótesis de que la contaminación provenía de una fuente de agua y consiguió identificar el origen, que efectivamente, fue en un pozo de agua subterránea de una compañía en particular (Pina et. al., 2010, p. 48).

Malaria en Argentina: Se realiza un estudio en el que "las localidades positivas se tabularon por año calendario (enero- diciembre) desde 1894 hasta 1950 y por periodo de transmisión (julio-junio) la serie 1970-2001" (Curto, et. al., 2003, p. 2), tanto los lugares como los vectores fueron georreferenciados (Curto, et. al., 2003, p. 2), de esta forma se pudieron mapear.

Dentro de los resultados se obtuvo que hay afectación al centro y norte del país y se localizan áreas endémicas en toda la zona norte y parte del norte-central de Argentina (Curto, et. al., 2003, p. 2). En cuanto a la distribución de los vectores, se describe que a lo largo de la cordillera de los Andes hay una distribución definida, el vector más peligroso, *Anopheles (N) darlingi* se comporta de forma irregular y aún no se ha explicado, su distribución se amplía al norte de Argentina y se asocia a las epidemias del noreste y centro del país (Curto, et. al., 2003, p. 3).

La relación área y vector en un solo mapa demuestra y explica el comportamiento endémico al noroeste por presencia permanente del vector y el epidémico al noreste. Se comparan las zonas de los años 1970, 1980 y 1990 determinando que hay casos en los años 1980 debido a la expansión de la frontera agropecuaria siendo la mayoría de casos autóctonos, mientras que en los años 1990 se amplían las áreas endémicas (Curto, et. al., 2003, p. 4).

Carcinoma epidermoide bucal en Brasil: Se realizó un estudio comparativo y descriptivo con documentos y geoprocésamiento, en la localidad de Mato Grosso en Brasil y demuestra la distribución de casos de carcinoma bucal en un periodo 2005-2011 de acuerdo al año de diagnóstico (figura 2) diagnosticados en un laboratorio público (Castro, 2016, p. 125). Parte de los resultados muestra que el mayor número de diagnósticos se dio en el 2007 (Castro, 2016, p. 126).

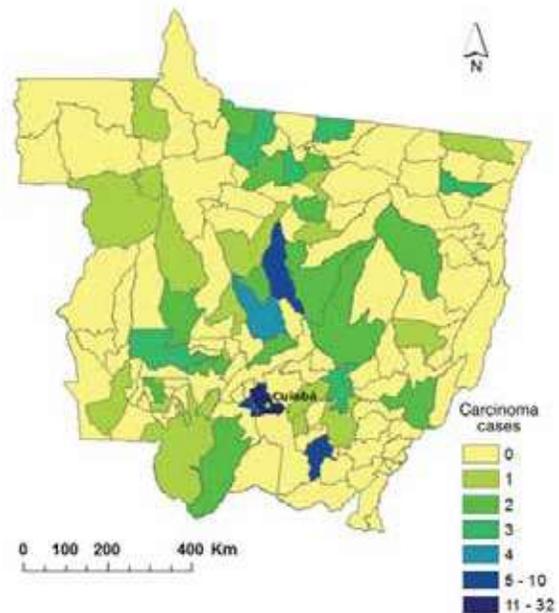


Figura 2. Mapa muestra casos en un periodo de 2011-2015 en Mato Grosso, Brasil (Castro, 2016, p. 127)

Con este estudio se pretendía buscar la relación entre los casos de carcinoma con los municipios en donde las plantaciones de algodón, maíz y soja se concentran, específicamente en donde se encontraron niveles elevados de pesticidas con efectos cancerígenos en aguas, ríos y leche materna. Sin embargo, los mayores casos se dieron en localidades con características distintas y grandes ciudades en donde los factores de exposición son alcoholismo y tabaquismo. Es por esto que se enfatiza en el análisis profundo de factores ambientales, además del uso de mapas para analizar eventos sanitarios (Castro, 2016, p. 129).

Dengue en México: Para este caso en particular lo que se propone es crear un sistema de vigilancia y posible vacuna contra el dengue en México. Para



esto se realizaron tres mapas para el periodo 2013-2015, en estos se puede observar cómo evolucionan los casos en los diferentes lugares del país, más concretamente en las zonas costeras cerca de ambos océanos y al sur del país (González, 2015, p. 14-16). Se toman en cuenta factores como el cambio climático, participación de autoridades municipales, crear material de divulgación, entre otros. También, se toman en consideración casos de Chikungunya en América Latina para mostrar la importancia de implementar el sistema de vigilancia.

Conclusiones

La georreferenciación permite que se acomoden capas con los mismos pares de coordenadas de forma que se puede observar detalladamente un área y sus características particulares. Esto es relevante al momento de realizar mapas tan exactos como sea posible sobre riesgos y los diferentes tipos de amenazas.

Existen muchos tipos de mapas epidemiológicos y muchas formas de realizar el análisis de los datos dependiendo de la información que se desee mostrar en cada mapa. La importancia de los mapas epidemiológicos se recalca para evitar brotes nuevos o extensión de brotes conocidos.

Crear mapas georreferenciados es importante para el estudio de diferentes áreas de la epidemiología, incluyendo la sección preventiva y la de atención a epidemias, es muy útil para predecir la dirección en la que podría viajar el patógeno (independientemente de si es por el ambiente en el que sobrevive o en el que se moviliza), indicar las zonas de cuarentena, evacuación y atención, establecer las áreas de atención al público y el área de la sala de situación, conocer el lugar de origen del patógeno, identificar las zonas de influencia (independientemente de si es el patógeno o el vector), marcar las zonas de riesgo a modo semáforo, entre otros. Además, se puede crear una vigilancia más efectiva con indicadores en tiempo real de la situación y sus variaciones cada cierta cantidad de tiempo.

Actualmente se han creado muchas herramientas informáticas que permiten recolectar, almacenar y

mostrar información y datos de diferentes fuentes, ya sea mediante minería de datos como el caso de HealthMap Project o mediante entrevistas en tiempo real durante una emergencia o brote epidémico como en el caso de Kobo Toolbox. Además, se encuentran las herramientas oficiales de la OPS y el CDC que permiten enfocarse en brotes comunes y constantes alrededor del mundo.

Cabe resaltar la importancia del Dr. John Snow en la creación e implementación de los mapas epidemiológicos y la georreferenciación de los casos de afectación permitiendo así localizar en dónde se encontraba el foco de infección. Es debido a esto que actualmente se tienen las herramientas ya mencionadas y es más sencillo durante una epidemia determinar el origen del brote y posibles patrones de movimiento.

En el caso de Argentina se demuestra la importancia del análisis histórico de las epidemias en la determinación de cambios ambientales que pueden afectar la etnicidad de un vector y su zona de afectación. Además, de implementar el SIG para proporcionar datos visuales de movimiento anual.

Para el caso de Brasil, la utilización de SIG junto con la afectación del carcinoma y la mezcla con la capa de los municipios que tienen las zonas agrícolas con los trazos de pesticidas contaminantes permiten encontrar la relación del cáncer con respecto a su ambiente de afectación. Para este estudio se comprobó que la hipótesis original de trabajo fue refutada al encontrar más casos en zonas urbanas que en zonas agrícolas.

Finalmente, el caso de México permite comprender la importancia de utilizar mapas para conocer zonas de afectación y mediante este conocimiento realizar campañas de vacunación y conciencia sobre un vector, asimismo considerar utilizarlo como una herramienta más en el sistema de vigilancia para evitar más brotes o el aumento del área de algún brote.



Referencias Bibliográficas

- Castro, P.; Araújo, N.; Carvalhosa, A.; Arieira, J. y Volpato, L. (2016). Epidemiology and georeferencing of squamous cell carcinoma cases and their relationship with pesticides. – RGO. Rev Gaúch Odontol, Porto Alegre, 64(2), p. 124-131.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2019). Epi Info. Centers for Disease Control and Prevention. Recuperado de: <https://www.cdc.gov/epiinfo/index.html>
- Clinic Cloud. (2019). HealthMap Project: mapas epidemiológicos a tiempo real. Recuperado de: <https://clinic-cloud.com/blog/healthmap-project-mapas-epidemiologicos-tiempo-real/>
- Curto, S.; Carabajo A. y Boffi, R. (2003). Aplicación de sistemas de información geográfica en epidemiología. Caso de estudio: Malaria en la Argentina (1902-2000). En: GAEA y Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Contribuciones Científicas. pp. 193-206.
- González, R. (2015). El Programa nacional de México para prevención y control de enfermedades transmitidas por vector y la probabilidad de incorporación de una vacuna contra el dengue. México: Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades.
- Kobo Toolbox. (2018). Kobo Toolbox. Recuperado de: <https://www.kobotoolbox.org/>
- MeVillie, W. y Fazio, X. (2007). The life and work of John Snow. Science Teacher.
- Organización Panamericana de la Salud. (2018). Sistema de información geográfica en epidemiología y salud pública. Recuperado de: <http://ais.paho.org/sigepi/index.asp?xml=sigepi/index.htm>
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). Sistemas de información geográfica en salud pública (SIG-SP). Recuperado de: <http://ais.paho.org/sigepi/index.asp>
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). Atlas y Mapas Interactivos de Emergencias de Salud de la OPS. Recuperado de: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=13224:paho-health-emergencies-interactive-atlas-and-maps&Itemid=39332&lang=es
- Pina, M.; Ferreira, S.; Correia, A. y Castro, A. (2010). Epidemiología espacial: nuevos enfoques para viejas preguntas. Univ Odontol, 29(63), 47-65.
- Qgis. (2019). QGIS. Recuperado de: <https://qgis.org/es/site/>
- Qgis. (2019). GeoHealth. QGIS Python Plugins Repository. Recuperado de: <https://plugins.qgis.org/plugins/GeoHealth/>
- Qgis. (2019). VetEpiGISTool. QGIS Python Plugins Repository. Recuperado de: <https://plugins.qgis.org/plugins/VetEpiGIS-Tool/>
- Servizio Galego de Saúde. (2019). Epidat 4.2. Dirección Xeral de Saúde Pública, Xunta de Galicia. Recuperado de: <https://www.sergas.es/Saude-publica/EPIDAT-4-2>

