

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

**APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN SALUD
PÚBLICA**

MONOGRAFÍA

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
MÉDICAS DE LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Ana René Trabanino Pacheco

Elios Daniel Marroquín Motta

Médico y Cirujano

Guatemala, Octubre 2021



**COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN
COTRAG 2021**



El infrascrito Decano y la Coordinadora de la Coordinación de Trabajos de Graduación –COTRAG–, de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, hacen constar que los estudiantes:

1. ANA RENÉ TRABANINO PACHECO 201310077 2797195580501
2. ELIOS DANIEL MARROQUÍN MOTTA 201317846 2974845670101

Cumplieron con los requisitos solicitados por esta Facultad, previo a optar al título de Médico y Cirujano en el grado de licenciatura, habiendo presentado el trabajo de graduación, en modalidad de monografía titulado:

**APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA EN SALUD PÚBLICA**

Trabajo asesorado por el Dr. Jorge Humberto Polanco González y revisado por el Dr. Walter Arturo Pérez Rodas, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firma y sella la presente:

ORDEN DE IMPRESIÓN

En la Ciudad de Guatemala, el veintiocho de octubre del año dos mil veintiuno


Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom
Coordinadora


Vo.Bo.
Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva. PhD
Decano





COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN COTRAG 2021



La infrascrita Coordinadora de la COTRAG de la **Facultad de Ciencias Médicas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala**, HACE CONSTAR que los estudiantes:

1. ANA RENÉ TRABANINO PACHECO 201310077 2797195580501
2. ELIOS DANIEL MARROQUÍN MOTTA 201317846 2974845670101

Presentaron el trabajo de graduación en la modalidad de Monografía, titulado:

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN SALUD PÚBLICA

El cual ha sido revisado y aprobado por la **Dra. Zully Karin Lizette Slowing Umaña**, profesora de esta Coordinación, al establecer que cumplen con los requisitos solicitados, se les **AUTORIZA** continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala, el veintiocho de octubre del año dos mil veintiuno.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Magda Francisca Velásquez Tohom
Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom
Coordinadora



COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN COTRAG 2021



Guatemala, 28 de octubre del 2021

Doctora
Magda Francisca Velásquez Tohom
Coordinadora de la COTRAG
Presente

Dra. Velásquez:

Le informamos que nosotros:

1. ANA RENÉ TRABANINO PACHECO

2. ELIOS DANIEL MARROQUÍN MOTTA

Presentamos el trabajo de graduación en la modalidad de MONOGRAFÍA titulada:

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN SALUD PÚBLICA

Del cual la asesora y revisora se responsabilizan de la metodología, confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados obtenidos y de la pertinencia de las conclusiones y recomendaciones propuestas.

FIRMAS Y SELLOS PROFESIONALES

Asesor: Dr. Jorge Humberto Polanco González

Dr. Jorge Polanco
Médico y Cirujano
Col. 17257

Revisor: Dr. Walter Arturo Pérez Rodas

Dr. Walter A. Pérez Rodas
Médico y Cirujano
MSc. Salud Pública énfasis Epidemiología
Col. 15,689

Reg. de personal 20141399

Agradecimientos

A Dios por siempre estar presente en cada etapa de nuestras vidas y por brindarnos las fuerzas para culminar con esta primera parte de nuestra carrera. A nuestros padres por sus incontables sacrificios, amor y apoyo incondicional. A nuestros abuelos por enseñarnos que con trabajo y dedicación los sueños se hacen realidad. A nuestros amigos que nos acompañaron en cada etapa de esta hermosa carrera.

Dedicatoria

- A Dios** Por darnos vida, salud, su incondicional amor, por ser nuestra guía y por todas sus bendiciones. Nada hubiese sido posible sin Él.
- A nuestros padres:** Por su esfuerzo, esmero y apoyo incondicional, por sus oraciones y palabras de aliento. Por formarnos con valores, han sido nuestros maestros de vida y nuestra fuente de inspiración.
- Sergio y Ana
Elios y Lorena**
- A nuestra familia** A nuestras hermanas, abuelitos, tíos, primos por su apoyo y sus buenos deseos.
- A nuestros catedráticos** Por formarnos como profesionales, por compartir sus conocimientos, dedicar su tiempo para nuestro aprendizaje y ayudarnos a cumplir nuestra meta.
- A nuestros amigos e iglesia** Por su apoyo, sus oraciones y palabras de aliento en los momentos difíciles. A nuestros compañeros de medicina por los buenos momentos compartidos durante la carrera

Índice

Prólogo.....	i
Introducción	iii
Planteamiento del problema.....	v
Objetivos.....	vii
Métodos y técnicas.....	ix
CAPÍTULO 1. Génesis y evolución de los Sistemas de Información Geográfica -SIG-	10
CAPÍTULO 2. Procedimientos de análisis implementados en los SIG	27
CAPÍTULO 3: La aplicación de los SIG en la Salud Pública	36
CAPÍTULO 4: Análisis de los Sistemas de Información Geográfica -SIG- en la Salud Pública	54
Conclusiones	56
Recomendaciones	57
Referencias bibliográficas	58
Anexos.....	70
Síglario.....	74



FACULTAD DE
CIENCIAS MÉDICAS
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
REPOSITORIO

De la responsabilidad del trabajo de graduación:

El autor o autores es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresados en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación, la Facultad de Ciencias Médicas y la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala y, de las otras instancias competentes, que así lo requieran.

Prólogo

Los Sistemas de Información Geográfica han sido diseñados para representar grandes cantidades de datos, los cuales se obtienen de varias situaciones que acontecen en el mundo. Estos se posicionan geográficamente mediante coordenadas espaciales las cuales son almacenadas por la computadora para análisis y producción de información. La calidad de la información obtenida será directamente proporcional a la calidad de información que se le proporcione a la computadora.

Esta herramienta ha sido de gran ayuda en situaciones como el Sars-Cov-2, dengue, malaria, mortalidad materna; por lo que complementar el conocimiento en los estudiantes de la carrera de médico y cirujano es de vital importancia para el desarrollo de la epidemiología en Guatemala, es por esta razón que surge la inquietud de realizar esta monografía de compilación.

Ha sido de gran satisfacción acompañar a los estudiantes en el desarrollo de la monografía, además de ampliar los conocimientos en dicha materia. Por lo que agradezco la confianza depositada en mi persona para realizar el trabajo de asesoría.

Dr. Jorge Humberto Polanco González.

Introducción

La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la salud pública es el tópico abordado en los diversos apartados del presente trabajo. El poco uso de los SIG para el estudio, seguimiento y toma de decisiones respecto a la atención de enfermedades, afecta el correcto servicio prestado por los hospitales y demás centros de atención médica. Cabe mencionar que los SIG posibilitan aplicaciones técnicas y así también tiene un importante componente teórico-metodológico lo cual hacen posible mirar la realidad de una manera más específica.

La monografía tiene un diseño descriptivo y es una monografía por compilación. Las principales fuentes de información o unidades de análisis para el estudio fueron documentos científicos disponibles en la web. Es importante destacar que cada capítulo del trabajo fue sometido a un proceso de revisión bibliográfica, esto para garantizar datos fidedignos. Por otro lado, el objetivo principal establecido para la monografía fue describir la relación y utilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Salud Pública.

El contenido de la monografía está compuesto por los apartados introductorios al fenómeno entendidos como la descripción del problema, la pregunta general de investigación y los objetivos de la investigación. También cuenta con la sección metodológica en la que se especifican los métodos ocupados, el diseño desarrollado, las unidades de análisis establecidas y los procesos utilizados. Entre los capítulos del trabajo está el de génesis y evolución de los SIG, la forma como los SIG ayudan a realizar el análisis del problema a resolver y como los SIG ha ayudado a mejorar los servicios de salud en los países mencionados más adelante.

Planteamiento del problema

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas útiles para los diversos proyectos que necesitan información precisa acerca de determinadas localidades o comunidades, estas se basan en geotecnología y demás innovaciones científicas. La importancia de un Sistema de Información Geográfica (SIG) radica en que también puede ser utilizado para la vigilancia y monitoreo de la salud pública, atención de grupos de alto riesgo, indagación de la situación epidemiológica, valoración de intervenciones en el área sanitaria y calificación del sistema de salud en sus diversas áreas de funcionamiento.

Actualmente, en Guatemala es limitado el uso de los Sistema de Información Geográfica, asociado a la Salud Pública. Esto a pesar de que, en otras regiones del mundo su incorporación ha potenciado la atención médica en diversas poblaciones. El desaprovechamiento de dicha tecnología es preocupante, puesto que la información de tipo patrimonial, geográfica, medioambiental, urbanística y otras categorías esenciales de la salud pública son de difícil acceso tanto para los pacientes, como para las autoridades y profesionales de salud encargados de la correcta atención médica. La necesidad de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica no solo es para fortalecer la red hospitalaria; sino que también es para la identificación de áreas con altos índices de vulnerabilidad ambiental, evaluación de la situación epidemiológica, y el estudio regional o local de las enfermedades con mayor incidencia.

En resumen, los SIG permiten la realización de múltiples tareas que beneficiarían la salud pública de Guatemala. Es importante mencionar que dicho sistema es innovador y vanguardista, debido a que se apoya en herramientas tecnológicas, esto combinado con mapas antiguos y tradicionales. Debido a esto surge la pregunta ¿Cuál es la relación y utilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Salud Pública?

Objetivos

Objetivo general

1. Describir la relación y utilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Salud Pública.

Objetivos específicos

1. Describir los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
2. Describir los métodos de análisis que utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
3. Identificar la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los Sistemas de Salud Pública.

Métodos y técnicas

Se llevó a cabo una monografía de compilación y diseño descriptivo, empleando el método científico para responder la pregunta de investigación propuesta, a través de la revisión, análisis y síntesis de literatura publicada.

Con la búsqueda de información se procuró proporcionar la mejor evidencia disponible actualmente, por lo que se hizo uso de literatura publicada en los últimos 5 años. Los motores de búsqueda de las publicaciones a utilizar fueron: Google académico, Scielo, Dialnet, Redalyc, WorldWideScience y MedLine.

Las fuentes de información bibliográfica contempladas incluyeron artículos científicos, publicaciones oficiales de instituciones científicas de renombre, publicaciones oficiales de los países, censos y páginas oficiales.

Se realizó la búsqueda ejecutando principalmente los siguientes descriptores en ciencias de la salud (DeCS): “Sistemas de información geográfica”, “Mapeo geográfico” y “Salud Pública”. Estos descriptores se especificaron tanto en inglés como en español, así como en portugués, dependiendo el idioma principal de la base de datos en cuestión. Los DeCS se relacionan por medio de los operadores lógicos “AND”, “OR” y “NOT” para evitar los resultados no relacionados con los sistemas de información geográfica. (Tabla 1)

Asimismo, se hizo uso de calificadores con el objetivo de precisar los resultados requeridos. Los calificadores utilizados son los siguientes: “clasificación”, “estadística y datos numéricos”, “instrumentación”, “provisión y distribución”, “normas”, “ética”, “topografía médica”, “economía”, “historia”, “

La realización de esta monografía permitió sintetizar los datos obtenidos, buscando similitudes y discrepancias entre los diferentes resultados publicados; con lo que se llegó a la creación de argumentos y conclusiones sobre los Sistemas de Información Geográfica en la Salud Pública. (Tabla 2)

CAPÍTULO 1. Génesis y evolución de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

SUMARIO

- **Procedencia de los Sistemas de Información Geográfica**
- **Exposición de los componentes esenciales del Sistema de Información Geográfica**
- **Variaciones entre los Sistemas de Información Geográfica**
- **Advenimiento de los Sistemas de Información Geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica se han ido desarrollando a lo largo de la historia, desde el inicio de la cartografía hasta su utilización en conjunto con la geotecnología en la actualidad. Por lo que en este capítulo se exponen los inicios de los (SIG).

1.1. Procedencia de los Sistemas de Información Geográfica

A lo largo de la historia se han utilizado los mapas para representar el planeta Tierra y poder así gestionar la tomar decisiones sobre éste. Pero ¿qué ha sucedido en un par de décadas con el uso de los mapas de papel?

La mayor parte de la información que se maneja en cualquier tipo de materia está georreferenciada. Esto quiere decir, que a esta información se le asignan coordenadas geográficas permitiendo identificar un punto específico en la superficie de la tierra. Esto demuestra que la situación es adecuada para que se desarrollen aplicaciones que logren hacer uso de toda esta información combinado con las nuevas capacidades tecnológicas que se tienen en la actualidad.

Los (SIG) han revolucionado el mundo de la cartografía, análisis espacial, la planificación y gestión del territorio. Es por ello que en este apartado se exponen las múltiples definiciones que han aparecido con el paso de los años.

La creación del primer SIG data en el año 1966. Con el transcurso del tiempo y la acumulación de experiencia y tecnologías, éstos han experimentado, especialmente en los últimos quince años, un desarrollo sorprendente tanto en la administración como en los mundos académicos y profesionales. ³

Ya que se expuso una breve definición de los SIG, se examinará cada uno de sus componentes. Se entiende por información geográfica a la información obtenida sobre un elemento específico que se encuentra en la superficie de la Tierra. Siendo esta multidimensional, mediante dos coordenadas geográficas que se tengan se puede definir una posición para el objeto o elemento específico de interés (x, y o latitud, longitud). Dependiendo de la situación geográfica que se tenga del lugar, se pueden obtener características muy detalladas o brindar información muy general.¹⁰

Esta información se puede representar en múltiples formatos digitales gracias a los nuevos avances de la tecnología, y pueden influir en los análisis y resultados debido a la capacidad de dichos programas. Una vez abordada la definición de información geográfica se expondrá el concepto de “sistema”.

Se conoce como sistema de información a la unión de la información y herramientas informáticas, ya sea programas o softwares, utilizados para consultar, editar, analizar y visualizar de varias formas la información que se encuentra almacenada en una base de datos. Al añadir el término “geográfica”, se asume que la información es parcialmente explícita, es decir, que incluye una posición determinada en el espacio.²

A continuación, se mostrarán algunas definiciones de los (SIG) iniciando por la que se desarrolló por un consenso de especialistas en 1989: “Un sistema que está compuesto por datos, personas, hardware, software, organizaciones y convenios institucionales para la selección, almacenamiento, análisis y distribución de información de regiones de la Tierra”.

Según (Clarke, 1990) “es un sistema utilizado para la obtención, almacenamiento y análisis de datos espaciales”. De manera similar, Star & Estes (1990), definen un SIG como un “sistema diseñado para trabajar con información mediante coordenadas geográficas o espaciales”.

Rhind (1990) distinguía seis tipos de cuestiones a las que un (SIG) puede dar respuesta adecuada:

- **Localización directa:** Consiste en conocer los atributos que corresponden a una específica entidad geográfica.
- **Localización condicionada:** Parte del espacio que cumple una o varias condiciones relacionadas a un problema en específico.
- **Tendencias:** Compara las situaciones temporales distintas, ofreciendo respuestas que permitan conocer la evolución de fenómenos de carácter temporal.
- **Rutas:** Conoce las características del territorio de forma que se evalúe el camino más accesible.

- **Pautas:** Determinadas regularidades especiales que son posibles de reconocer en el tratamiento de la información geográfica con un (SIG).
- **Modelos:** Gestiona la información creando un prototipo que reproduzca el funcionamiento real permitiendo adelantar o deducir conclusiones. Este tipo de aplicaciones se viene utilizando con los (SIG), como herramienta de gestión y análisis, en la reproducción de múltiples fenómenos geográficos.

Sin embargo, Burrough (1998), basa su definición en tres categorías:

- 1) Caja de herramientas utilizada para obtener, almacenar, recuperar, modificar y plasmar datos del mundo real.
- 2) Sistema de base de datos en los cuales están indexados los datos geográficamente con los cuales se puede realizar distintos procedimientos con el objetivo de brindar respuesta a consultas sobre entidades espaciales en la base de datos.
- 3) Entidad institucional que tiene una estructura organizada que integra tecnología, bases de datos, expertos y ayuda económica.

Otra definición es la de (Jacobson, Booch, & Rumbaugh, 2000), para quien un SIG es un elemento que permite “analizar, representar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre”.

Los SIG se pueden definir también dependiendo de los grupos de personas que los utilizan (Longley y otros, 2001):

- Cajón de mapas digitales (personas en general).
- Conjunto de herramientas utilizadas para la resolución de problemas geográficos (gestores).
- Sistema geográfico que ayuda a la toma de decisiones espaciales (científicos e investigadores).
- Inventario de capas mecanizadas geográficamente (gestores de recursos, responsables de logísticas).
- Herramienta utilizada para la demostración de la información geográfica (científicos e investigadores).
- Herramienta para llevar a cabo operaciones con datos espaciales (gestores de recursos, planificadores, cartógrafos).

En Bolstad (2005), se define como un “sistema computacional que ayuda en la recolección, mantenimiento, almacenamiento, análisis, visualización y distribución de información y datos espaciales”.

Todas estas definiciones mencionadas con anterioridad recogen el concepto fundamental de lo que hoy en día se conoce como los (SIG), pero es necesario conocer otras ideas debido a la visión de otras disciplinas que han sido fundamentales para perfeccionar dichos sistemas. ⁴

La definición actual de un (SIG) se debe fundamentar en el concepto de sistema, que engloba un conjunto de componentes espaciales. Por todo lo antes expuesto, en esta investigación se asume la definición siguiente: un SIG es un sistema conformado por tecnología informática, personas e información geográfica, que está especialmente diseñado para la captura, análisis, almacenamiento, edición y representación de datos georreferenciados. ²

El acelerado desarrollo de los (SIG) los ha convertido en una herramienta indispensable para el análisis y resolución de problemas en diferentes ámbitos como lo son industrias e instituciones gubernamentales. Su versatilidad y facilidad de uso ha permitido que puedan ser empleados en una gran parte de las actividades que poseen una componente espacial.

1.2. Exposición de los componentes esenciales del Sistema de Información Geográfica

Los (SIG) son sistemas múltiples que agrupan una serie de elementos interrelacionados. Una forma de entender los (SIG) es como un todo, formado por una serie de subsistemas y que cada uno de ellos se encarga de funciones particulares.

Es importante mencionar los componentes fundamentales, ya que es una herramienta útil y válida con carácter general, el cual debe incorporar estos tres subsistemas: ¹⁶

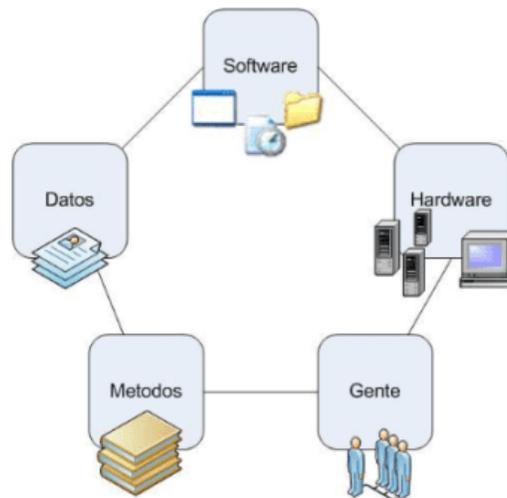
- **Subsistema de datos:** Es el encargado de operar la entrada y salida de datos, así como la gestión de estos dentro del (SIG).
- **Subsistema de visualización y creación cartográfica:** Este subsistema es el que permite crear representaciones a partir de mapas, leyendas, etc. lo cual tiene interacción con ellos. Además, es el encargado de poder editar la información y los trazos.
- **Subsistema de análisis:** Es quien se encarga de analizar los datos geográficos por medio de métodos y procesos.

Otra forma distinta de verlos es conocer los elementos básicos que lo componen. En primer lugar, se destacan los elementos que forman parte de la tecnología informática. En

segundo lugar, los datos, información georreferenciada a partir de los cuales se pueda producir o elaborar un estudio sobre un territorio. Posterior, el componente humano, el personal que trabaja con los SIG y que es capaz de manejar todos los componentes antes mencionados. Como último punto, tenemos la metodología y los procedimientos de trabajo, ligados a la manera en que el personal pueda intervenir con los datos y la tecnología determinada en resolver un problema. A continuación, se detallan:

- **Software:** Es el encargado de implementar métodos para que la aplicación informática pueda utilizar los datos.
- **Hardware:** Es el equipo por medio del cual se ejecuta el software.

Figura 1. El sistema operativo, hardware y software.



Fuente: Granados Guevara. Estudio sobre uso y aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Sede Central. [en línea]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería; 2010. [citado 12 Oct 2021]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0493_CS.pdf

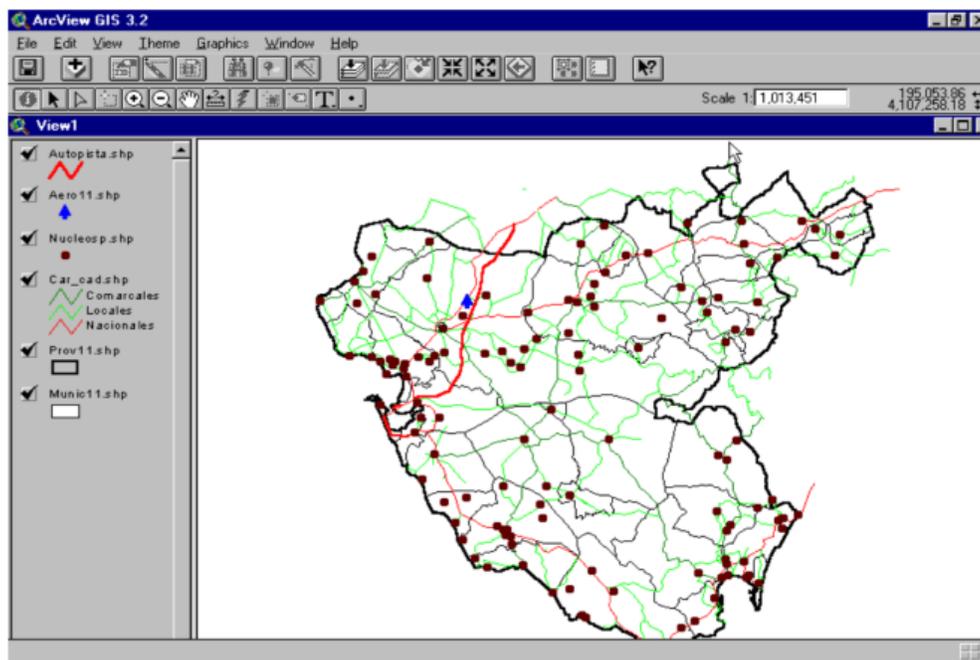
El sistema operativo realiza un conjunto de funciones que van dirigidas a la activación de los programas o al funcionamiento del sistema. En términos generales, estas funciones se pueden clasificar en cuatro: ³²

1. Ejecución de programas: Órdenes para cargar y descargar programas. Además, incluye las opciones de poder abortar los procesos, conocer y modificar sus atributos, establecer condiciones de espera, etc.
2. Operaciones de entrada/salida: Se debe poder modificar un periférico, enviarle órdenes de escritura, de lectura, de control, leer y modificar sus atributos, etc.

3. Operaciones en ficheros: Los ficheros son uno de los objetos primordiales de un sistema operativo; estos son, unidades básicas de información, relacionadas entre sí, manejables por el sistema informático en su conjunto. Su contenido es variado ya que puede ir desde datos hasta programas fuente, programas ejecutables, etc. Para su manipulación disponen de un nombre simbólico y una dirección en donde son almacenados. El sistema debe permitir las operaciones de crear, borrar, abrir, cerrar, escribir, leer, avanzar, etc.
4. Detección de errores: El sistema debe supervisar todas las operaciones para determinar posibles errores y así tratar de recuperar el sistema, y en todo caso, generar el aviso correspondiente.

El usuario, puede acceder a los programas que integran el software a través de un sistema operativo concreto, permitiendo una interfaz de relación con el sistema en general. Existen dos tipos menús y sistemas de comandos. El primero es el más habitual, ofrecen al usuario la posibilidad de elegir entre un conjunto de opciones. La figura 2, muestra la interfaz de relación del usuario con el (SIG) ArcView.

Figura 2. Interfaz de relación del programa ArcView con el usuario



Fuente: Pedregal B, Vallejo I. Introducción al programa ArcView. [en línea] Universidad de Sevilla. [citado 12 Oct 2021] p. 1-47. Disponible en: <http://www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/IntroduccionArcView32-BP-IV.pdf>

Las fuentes de información en formato digital son varias. La primera y fundamental es la que procede de la cartografía clásica: los mapas impresos. Sin embargo, no pueden ser utilizados de manera inmediata en un ordenador. Para ello, se requiere su transformación, mediante un modelo espacial determinado que permita su captación a través de dígitos, su estructura en una base de datos y su almacenamiento en uno o varios ficheros informáticos. El modelo de recogida de información podría ser en el formato ráster, consiste en una rejilla cuadrangular que habilita la identificación de cada celda del territorio y su traducción a un dígito.

Otra fuente de información georreferenciada es la técnica de la teledetección, constituye un procedimiento de obtención de la información de la superficie terrestre a partir de sensores localizados en satélites espaciales, que reciben la energía electromagnética emitida por los objetos en diferentes longitudes de onda. Captando la información y convirtiéndola en imágenes numéricas del territorio.

- **Personas:** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.
- **Métodos:** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- **Factor organizativo:** Engloba los elementos relativos a la coordinación entre personas, datos y tecnología, o la comunicación entre ellos, entre otros aspectos.³

El hardware no es un elemento especialmente particular en el caso de un (SIG), y las aplicaciones que se encuentran actualmente en el mercado en todas sus variedades se ejecutan en su mayoría sobre computadoras personales sin requerimientos altamente específicos. La expansión de las tecnologías ha alcanzado hoy en día otros ámbitos como las plataformas móviles. Por su parte, las personas tienen importancia tanto de forma individual como en conjunto, siendo diferentes las necesidades que plantean como usuarios y beneficiarios de un (SIG).²

En la sociedad actual, las tecnologías y planteamientos colaborativos han calado hondo en el ámbito SIG, y la información geográfica es, por su propia naturaleza, propensa a ser compartida y utilizada por diferentes personas con fines muy distintos. Es por ello que el aspecto de mayor relevancia respecto a las personas como partes del (SIG) es el de sus relaciones y su organización, siendo además en este campo donde se han producido en mayor medida los últimos avances, y donde ha tenido lugar un cambio más profundo, no ya solo dentro de los SIG, sino también en otras tecnologías de similar índole. Puede entenderse esto como un nuevo subsistema: el subsistema de gestión, que es responsable de gestionar la interacción de los restantes y definir y controlar el marco en que esta tiene lugar.

Las personas a su vez dan forma a los distintos ámbitos de trabajo, definiendo estos en función de sus necesidades. Puede tratarse el conjunto de campos de especialización como un nuevo elemento del sistema SIG, en lugar de incorporarlo dentro de otro.

1.3. Variaciones entre los Sistemas de Información Geográfica

Con el paso de los años se ha ido modificando el concepto de lo que es un (SIG), pese a que es obvio que desarrollan su actividad con información geográfica, existen otras tecnologías que también pueden hacer uso directo y utilizarla de formas alternativas. Sin embargo, estas tecnologías siguen existiendo de forma autónoma y cada una de ellas maneja sus propias herramientas; utilizando un sistema más complejo que los (SIG), pero con un enfoque diferente.

75

La diferencia entre estas tecnologías y los (SIG) es notable; por esta razón es necesario saber las definiciones de cada uno. Pese a que comparten caracteres comunes como lo es la utilización de información georreferenciada, existen otras diferencias que se mencionarán a continuación. Las principales soluciones que deben conocerse por su relación directa con el ámbito -SIG-: Diseño Asistido por Ordenador (CAD) y AM/FM.

Las aplicaciones (CAD) permiten la creación, modificación, análisis u optimización de un diseño informatizado de elementos diversos. Ambas herramientas se han nutrido una a la otra en cuanto a sus funciones; no obstante, siguen existiendo grandes diferencias que hacen que cada aplicación responda a necesidades concretas pese a la existencia de características comunes. Entre ellas cabe destacar las siguientes:

- En el (CAD) la creación es el elemento fundamental, mientras que la base del (SIG) es el estudio de una realidad ya creada.
- Diferencias en el almacenamiento de datos; ya que en los (SIG) se almacenan como un dato geográfico complejo, mientras que en un (CAD) se almacena como un dibujo.
- El volumen de datos de un (SIG) es de mayor magnitud, lo que implica una gestión de datos distinta y una necesidad más elevada en ese sentido. La escala de trabajo también alcanza dimensiones mayores, ya que, con ambas herramientas puede trabajarse en una extensión limitada, un (CAD) no está realizado para gestionar datos de una superficie geográfica.³

Por una parte, el (CAD) puede resultar suficiente para desarrollar algunas tareas propias de los (SIG), en particular las relacionadas con el diseño cartográfico. No obstante, algunas circunstancias demuestran las carencias de (CAD) como sustituto completamente de los (SIG) al tener los siguientes requerimientos para los que no puede ofrecer una solución:

- Análisis, modelización y gestión de datos espaciales.
- Trabajo con datos que cubren gran superficie geográfica.
- Necesidad de utilizar diversos sistemas de proyección.
- Edición de datos por usuarios de diferentes perfiles y de modo recurrente.

Las aplicaciones AM/FM por sus siglas (Automated Mapping/Facilities Management) son de uso poco habitual; ya que están diseñadas para la gestión de infraestructuras de carácter público generalmente, como redes de alcantarillado, conducciones de gas o vías de circulación, entre otras.

Las aplicaciones que se utilizan para estas tareas tienen dos bloques básicos: un bloque gráfico de visualización y otro de gestión de datos. Éste último almacena los atributos asociados a los elementos gráficos, que son de tipo lineal principalmente. Otro tipo de elementos son difíciles de manejar ya que su diseño obedece a las necesidades existentes en su ámbito de utilización, y éstas se sitúan mayoritariamente alrededor de las infraestructuras lineales. No obstante, con este tipo de elementos, las capacidades de una aplicación AM/FM no igualan a las de un (SIG), ya que no incorporan otro tipo de información como la topología. Esto sucede debido a que el subsistema de análisis, fundamental de un (SIG), no tiene presencia en estas herramientas y por tanto sus características no incluyen aquellos componentes que sean necesarios exclusivamente para procesos de tipo analítico. ³

Por lo tanto, se puede decir que estas aplicaciones representan un subconjunto de los -SIG-, ya que sus funcionalidades son más reducidas y su ámbito de aplicación es menos generalizado. En cierta medida, las aplicaciones AM/FM se asemejan también a las (CAD), haciendo énfasis especial en el componente geográfico, aunque con una mayor adaptación a la naturaleza geográfica de la información con la que se trabaja.

Totalmente contrario con lo que sucede con las aplicaciones (CAD), ya que en la actualidad las labores propias asociadas a los productos AM/FM se pueden llevar a cabo en un -SIG- genérico, o en una adaptación que tenga en consideración las características particulares del ámbito de trabajo. Respecto a esto, la gestión de servicios no es una aplicación más

específica que otras a la hora de emplear un (SIG), y este en la actualidad engloba de forma casi completa las funcionalidades de una herramienta AM/FM.

Se concluye que un (SIG) es una combinación de tecnología referencial y cartográfica que ayuda a la recolección, proceso y análisis de datos; conocer su definición y componentes facilita entender y aplicar adecuadamente su utilidad en las diferentes disciplinas.

1.4. Advenimiento de los Sistemas de Información Geográfica y sus componentes

La palabra cartografía se originó del vocablo “charta” del latín, que significa papel que sirve para comunicarse y “grapho” del griego, que significa descripción o estudio. La cartografía es la rama del grafismo que se encarga de los métodos e instrumentos utilizados para exponer y expresar ideas, formas y relaciones en un espacio bi o tridimensional, ósea, el estudio y elaboración de mapas. La cartografía parte del principio de que los seres vivos, los fenómenos físicos y sus interrelaciones ocurren en un contexto temporal y espacial y por lo tanto es posible colocarlos en un mapa. ^{1,2}

Los mapas más antiguos fueron encontrados en tablas de arcilla en el Valle de Tigris-Éufrates (2300 a.C.), realizados en Babilonia. Han sido realizados mapas en palos de caña (Samoa), maderas labradas (Esquimales), arena (Beduinos), cortezas de árbol y en pieles. Esta información se tiene ya que un pueblo, a la hora de desplazarse, debía emplear instrumentos para trazar caminos, calcular distancias, señalar lugares propicios y adversos, etc. Los primeros avances en el desarrollo de la cartografía provienen de Babilonia y Egipto, donde se usaban para regular el cultivo agrícola en áreas condicionadas por las crecidas de grandes ríos. ^{1,2,5}

Más tarde, el pueblo griego fortaleció los conocimientos matemáticos, astronómicos y, sobre todo, geodésicos. Fueron los primeros en intentar averiguar la forma de la Tierra. Al inicio dijeron que la Tierra era circular, como un disco (Anaximandro), o como un plano elíptico. Fueron las actividades comercial y marítima, las que propiciaron nuevos esfuerzos para determinar ubicación, topografía y distancia y el establecimiento de rutas de tránsito y navegación. Se puede decir que con ellos se crea o inicia la Cartografía científica. ^{4,5,3,3}

Pitágoras (532 a.C.), Parménides y Aristóteles (384-322 a.C.) creían que la Tierra era una esfera. El primer globo terráqueo del que se tiene noticias es el hecho por Crates de Mallos en el 145 a.C. Heródoto (S. V a.C.) había realizado un mapamundi, en el que estaban dibujadas las costas mediterráneas, pónicas y del Mar Rojo. Eratóstenes de Cirene (276 – 194 a.C.) fue uno de los primeros en sentar las bases de la cartografía, después de medir el tamaño de la Tierra. Sin embargo, fue Ptolomeo de Alejandría (120 – 180 d.C.) quien implantó los conceptos de la

cartografía que se usaron hasta los tiempos modernos. ^{1,2,4} Martin Behaim (1492) realizó, con base en ellas, los primeros globos terráqueos. Construyó un mapamundi, pero tenía errores importantes, los cuales hicieron que Cristóbal Colón en su viaje buscando una nueva ruta a las Indias no fuera el correcto, ya que sus mediciones de la tierra eran distintas a las reales. ^{6,7,9}

Luego inicia la Cartografía Romana, que era diferente a la griega. Los romanos usaron sus conocimientos cartográficos para el servicio militar y se guiaban por la Escuela Jónica (plano y forma de disco). Estrabón (58 a.C. a 25 d.C.) fue un importante autor romano que, con poca base matemática, fomentó la Geografía. ^{9,10}

No se puede olvidar la cultura China, ya que en cuando los europeos viajaron a China, ellos ya tenían mapas de los límites de su imperio. La primera información que se tiene de la cartografía china es del año 227 a.C. Pei Hsin, autor chino, implementó una serie de principios para la realización de mapas: a) divisiones cuadrículas para la localizar de una mejor manera, b) como medio direccional usar la orientación, c) altitudes y d) para definir los trayectos o rumbos de los caminos determinó direcciones. ^{12,10,12,14}

En general, la Cartografía antigua contenía ya ideas fundamentales de la moderna: esfericidad de la Tierra, concreción astronómica de las latitudes e, incluso, de las longitudes (mediante la explicación de eclipses), coordenadas terrestres, proyecciones. La Edad Media dedujo de la cartografía occidental. El deterioro del depósito marítimo, las invasiones bárbaras y el derrumbamiento del poderío romano, privaron a la cartografía de muchas de las motivaciones prácticas que hasta entonces la habían sostenido. Debido al cristianismo y a las creencias muy cerradas que tenían, las concepciones teológicas impusieron visiones no exactas de la manera y dimensiones de la Tierra. El mapamundi siguió siendo un libro que, en su manera más representativa, se le conoce con la consideración de planisferio de T en O (Orbis terrarum). ^{5,8}

Sin embargo, hay varias excepciones a este requisito de cartografía. Los árabes situados entre Oriente y Occidente, gracias al beneficio de las rutas marítimas alrededor de la India, Turkestán y China, junto a otros motivos culturales, los árabes usaron todo lo correspondiente a la herencia ptolemaica, enriquecida con conocimientos de la India y China. Idrisi (1099-1164), nombre que se le ha dado a un software de Sistemas de Información Geográfica (SIG), fue el más sobresaliente cartógrafo y conservó la Geografía Matemática tal y como había sido recibida de los griegos. Construyó en 1154 un gran mapamundi, en el que el Norte estaba acoplado en el inferior, como en los mapas chinos. ^{9,10,11}

En la Baja Edad Media, con base en las Cartas Portulanas, se crearon mapas que sobrepasaron en exactitud a los anteriores. Fueron realizados como nuevos por almirantes y marinos, la flota genovesa (segunda mitad del S. XIII). En 1300 los mapas se perfeccionaron de

forma comprensible y su uso perduró durante los tres siglos siguientes. Parece ser que estos mapas se basaban en mediciones hechas con brújula, en los rumbos de rosas de vientos divididas en 8, 16 ó 32 partes. Sin embargo, no se refería a ningún sistema de coordenadas. Dada su realización empírica, conducían necesariamente a una proyección conforme, es decir, conservadora de los ángulos, análoga a los mapas planos, cuyos meridianos eran los magnéticos, no los geográficos, por razones obvias. La rotulación se redujo casi nada más a los puertos, de ahí su denominación. ^{11,5,2}

En el siglo XV cuando comienzan los descubrimientos europeos por Colón, Vasco da Gama y Balboa, entre otros, hubo un avivamiento en el desarrollo de las técnicas de localización y medición. Entre los años 1400 y 1600, de una forma acelerada se desarrollaron las ciencias de la navegación y la cartografía. Se comenzó a usar nuevamente la obra de Ptolomeo, gracias a los manuscritos árabes, y se comenzó a usar nuevamente la idea de la esfericidad de la tierra. Los progresos favorecidos por la imprenta y el grabado impulsaron considerablemente la cartografía, sustituyéndose el lento trabajo manual. ^{10,11}

Con este impulso, gracias a la imprenta y el uso de las obras de Ptolomeo, aparece una “Nueva Cartografía”, en la que los maestros no eran navegantes, sino matemáticos y astrónomos, que plantearon algunas proyecciones originales para abarcar el conjunto de la Tierra. En 1569, el cosmógrafo flamenco Gerard Kremer (Mercator) publicó su famosa proyección, que fue más tarde refinada en 1599 por el matemático inglés Edward Wright para propósitos de navegación. El mapa de Mercator no dividía la superficie de su planisferio en dos mitades iguales, sino que, al desplazar considerablemente el ecuador hacia la parte inferior, utilizó dos tercios de la superficie de éste para representar el hemisferio norte y, en consecuencia, sólo un tercio para el hemisferio sur. Arno Peters explica con ejemplos claros el poder de la Cartografía en cuestiones geopolíticas, pues cataloga a este mapa como eurocéntrico. La astronomía moderna usa teorías de Copérnico (1473-1543), que argumentaban que existían más planetas y que los planetas, junto con la Tierra, giraban en órbitas circulares alrededor del Sol (visión heliocéntrica). ^{17,18,19,}

En el Siglo XVII se formaron las escuelas holandesa, francesa e inglesa de cartografía. Este siglo se considera de transición, ya que se perfeccionan y se lograron complementar las realizaciones de la “Nueva Cartografía”; así aparecen las primeras innovaciones de la “Cartografía Científica” contemporánea, que se afirmarán en el Siglo XVIII y se realizarán en el Siglo XIX. Junto con ello, la actividad y especialización de los cartógrafos va aumentando, conforme a las nuevas necesidades. ^{19,5,3}

Al finalizar el Siglo XVII y comienzos del Siglo XVIII se inició a usar la Cartografía Regional, caracterizada por la introducción de la Geodesia y de la Topografía, en el levantamiento de los

mapas. Hasta entonces, los mapas regionales se obtenían generalmente a partir de mapas de conjunto, bien de Ptolomeo o de los portulanos, acompañándose de informes terrestres muy resumidos. Así, la academia de ciencias francesa, fundada en 1666, fue la encargada de estudiar la posibilidad de levantar mapas más precisos y a mayor escala, y de dirigir su elaboración. Así se dieron los primeros pasos en lo que entonces se llamó Cartografía Geométrica que hoy en día se denomina Cartografía Topográfica.^{17,8,12}

Debido al perfeccionamiento de los instrumentos de medida, la Geodesia tuvo avances, sin embargo, se dudaba de la totalidad de la esfericidad de la tierra, ya que se comparaban datos, de los cuales se detectaron que había un ligero aumento de la longitud desde el polo hacia el ecuador, lo que implicaba que la tierra tenía un achatamiento. Los astrónomos le dieron prioridad a la verificación de esta hipótesis. En el Siglo XVIII, cuando comenzaron las expediciones a Laponia (1736 – 1737) y a lo que hoy en día se conoce como Perú (1735 – 1743), con objeto de contrastar los datos tenidos hasta entonces, se confirmó la teoría de la no esfericidad de la Tierra. Está pasaría a ser parte de un elipsoide de revolución aplanado por los polos. Desde entonces, los mapas de detalle se apoyaron en observaciones astronómicas reales y en triangulaciones cada vez más densas. En esta época los rusos destacaron al completar las líneas de costa, además de que fueron los descubridores del Ártico, para buscar el paso del Noreste entre el Atlántico y el Pacífico.^{19,5,10}

A mediados del S. XVIII, una vez que se había medido por triangulación el arco de meridiano, se comenzó a realizar el primer gran Mapa geométrico de Francia, a escala 1:86.400, llamado de Mapa de Cassini (apellido de una famosa familia de cartógrafos). Este hecho marcó una etapa fundamental en la Cartografía y constituyó el punto de partida del nacimiento de los mapas topográficos nacionales (Inglaterra, Dinamarca, Suecia, Austria, Rusia, etc.), apareciendo en los países más desarrollados de entonces los respectivos Servicios Geográficos Nacionales.

7

A finales del Siglo XVIII, cada país tuvo sus propias medidas y sistema propio de pesos, lo que provocaba dificultad y se necesitaba la conversión de escalas. Al pasar el tiempo, se llegó a un Sistema Internacional de Medidas, en el que la unidad de distancia básica sería el Metro, que fue definido como la 1/10.000.000 que era parte de lo que medía el arco entre el ecuador y el polo. Este sistema métrico proporcionó un tipo de unidad universal natural a la que ya pudo compararse cualquier otra unidad. A principios del S. XIX, los mapas y sus escalas comenzaron a quedar determinadas como fracciones o proporciones mediante las cuales una unidad en el mapa representa otras tantas de las mismas unidades sobre la Tierra, con escalas en números redondos.^{18, 15,2}

De esta manera, durante la Edad Contemporánea, la Cartografía comenzó a diferenciarse progresivamente en esas dos tendencias señaladas y que ya se venían perfilando desde siglos anteriores: la Cartografía Topográfica, por un lado, y la Cartografía Temática, por otro, que sustituyó a otras denominaciones (Cartografiar Aplicada, Cartografiar Especial, etc.). Esta Cartografía Temática surge como efecto del desarrollo de las diferentes disciplinas científicas a lo largo del S. XIX. Los temas que trata son sugeridos, lógicamente, por estas nuevas ciencias, las cuales se sirven en muchos casos de la Cartografía para representar, analizar, investigar e interpretar sus propios logros y avances. ^{12,10,4}

Un mapa temático es una especie de ensayo geográfico, ya que su objetivo principal es reflejar las relaciones geográficas relativas a distribuciones particulares (densidades, magnitudes relativas, gradientes, movimientos y diversos aspectos ambientales y geográficos de los fenómenos terrestres). Esos mapas temáticos se elaboran sobre una base (mapa básico o topográfico), pues contiene los datos generales de localización, que son necesarios para referir esos otros datos temáticos. ^{19,18}

En la segunda mitad del Siglo XIX, la cartografía temática tuvo avance gracias al desarrollo de las ciencias de la Tierra y de la Vida, que estaban interesadas en ciertas clases de geólogos, geógrafos, meteorólogos, biólogos e investigadores sociales, lo que tuvo un efecto en estos mapas que se caracterizaron por ser de pequeña escala. ^{16,17,18}

Cabe mencionar que el Siglo XIX fue también la época de la Revolución Industrial, esto influyó en gran manera en la cartografía, debido a que se hizo el levantamiento topográfico de presión en la red de ferrocarriles, lo que ayudó a que muchos países hicieran base para cubrirlos cartográficamente todo su territorio. ^(4,7)

Uno de los avances importantes en la cartografía fue la exploración de los fondos marinos, gracias a una gran tecnología e instrumentación. Challenger dio a conocer el primer estudio amplio de las condiciones físicas y biológicas de los océanos entre los años 1872 – 1876. La tecnología submarina ha tenido un gran progreso, ya que hoy en día se tiene un trazado más preciso de los mapas de los fondos marinos. ^{12,13,14}

La cartografía tuvo un mejor desarrollo a partir de la litografía, el fotograbado y las impresiones a color. Los símbolos artísticos sustituyeron de manera significativa la técnica del blanco y negro de los mapas antiguos; esto produjo que se hicieran más y salieran más baratos que antes. ¹⁵

En la Conferencia Geográfica de Berna (1891) se recibió una propuesta para elaborar un mapa preciso del mundo a escala uniforme; además, se estableció una comisión para seguir el proyecto, que informó en las Conferencias Geográficas siguientes. Finalmente, una conferencia

especial convocada en Londres, en 1909, adoptó las normas propuestas para el mapa y reglas para dirigir su elaboración. En 1913, en otra conferencia internacional en París, a la que asistieron treinta y cuatro países, se aceptó el proyecto de la “Carte du Monde au Millionième”. ^{4,5,6}

La Cartografía en el Siglo XX, tuvo un avance más marcado que en épocas anteriores. La producción de mapas realizados desde 1900 fue mayor que en todos los tiempos anteriores. Hay múltiples factores, los cuales explica Robinson et al. (1987):

La Aviación, su desarrollo funcionó como un catalizador al provocar la demanda de mapas; por medio del aeroplano se hizo posible la fotogrametría. La necesidad de cubrir áreas más grandes a pequeña escala, como las cartas aeronáuticas, motivó el cartografiado de mapas a gran escala de las zonas desconocidas. Además, la tierra vista desde un avión en vuelo se asemeja bastante a un mapa.

La Fotografía, tuvo grandes avances en la segunda mitad del Siglo XIX. Ha sido de gran importancia ya que por medio de las fotografías aéreas se produjeron grandes ventajas y sus usos fotogramétricos son evidentes, es por ello que son importantes para los mapas. Actualmente se usan de forma extensiva los métodos fotogramétricos para la preparación de mapas a gran escala. Fernandez (2000) y Schenk (2002) han sido grandes aportadores de la fotogrametría, fotografía aérea y su fotointerpretación. ^{7,10}

La unión de la impresión y la fotografía produjeron un método más económico de producción para las imágenes, esto ayudo a que los progresos de fotolitografía y el fotograbado se impulsaran y se redefinieran mejor los mapas por medio de impresiones multicolor de alta velocidad. ¹⁸

El desarrollo industrial, el aumento de la población mundial, y la creación de la tecnología han impactado grandemente a la cartografía; además, la protección al medio ambiente y la demanda de información ambiental ha aumentado la producción de mapas para la planificación y administración de recursos.

La creación de los satélites y la exploración espacial ha sido algo similar a la aviación, pero a mayor escala. La medición precisa de la Tierra y el uso de las posiciones realizadas a partir de observaciones orbitales, Global Positioning System (GPS) son progresos que ha tenido la cartografía.

El desarrollo de las técnicas electrónicas, en conjunto con las aplicaciones de computadoras, y las telecomunicaciones han cambiado la cartografía. Por medio de las computadoras, impresoras, digitalizadores, satélites, pantallas, más los programas informáticos han mejorado la realización de los mapas. ¹⁹ Así, el tradicional concepto de los mapas ha cambiado; en lugar de verlo en una hoja de papel, ahora se puede presentar como una imagen

visual en una pantalla a la que se le pueden añadir o adquirir datos de forma rápida y selecta.

12,16

En la década de 1960, cuando emergen las computadoras y los primeros conceptos de geografía cuantitativa y computacional, surge también el concepto de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los primeros trabajos de Sistemas de Información Geográfica aportaron investigaciones importantes en la comunidad académica. El Centro Nacional para Información Geográfica y Análisis dirigido por Michael Goodchild, dio un avance en la investigación en ciencias de la informática geográfica como el análisis espacial: esto impulsó al mundo de la ciencia geográfica y se formaron las bases del Sistema de Información Geográfica.

En 1963, gracias a Roger Tomlinson y sus investigaciones, se logró desarrollar el primer Sistema de Información Geográfica computarizado en Canadá, el cual consistió en un inventario de recursos naturales del país. Tomlinson utilizó computadoras para reunir datos de recursos naturales creando un diseño de computación para almacenar grandes cantidades de datos. ^{13,14}

En 1964, Howard Fisher creó unos los primeros programas de software de mapeo, SYMAP en la Universidad de NorthWestern. La Universidad de Harvard, en el año 1965, fundó el laboratorio Gráfico por Computadora; al mismo tiempo, se creaban softwares de realización de mapas y se convirtió en un centro de investigación para visualizaciones y análisis espacial. ^{15,17}

En 1969, un miembro del laboratorio de Harvard, Jack Dangermond, fundó el Instituto de Investigaciones Ambientales (Environmental Systems Research Institute, Inc – ESRI). Este instituto aplicaba el mapeo computarizado para ayudar a los planificadores territoriales con el análisis espacial, así como también a administrar el recurso tierra, lo que ayudaba a tomar decisiones. Por medio de esto, se dieron cuenta que los Sistemas de Información Geográfica servían para resolver problemas. ESRI desarrolló métodos de mapeo SIG que hoy en día están en uso.

En 1970 el uso de las computadoras tuvo un progreso rápido en el manejo de la cartografía, y se definieron muchos de los sistemas informáticos, debido a que estos sistemas aumentaban y se adquiría más experiencia para la elaboración automatizada de información espacial, utilizándolos, para fines generales, en sistemas de información geográfica. En 1981 comenzó la comercialización de los SIG, realizados por ESRI. ^{14,16,2}

La creación de bases de datos ha permitido que, por medio de ellas, se construyan los actuales mapas, de una formas sofisticada y creativa.

En el transcurso del tiempo, desde cómo se comenzaron a usar piedras hasta los modelos más actualizados en tiempo real, con la ayuda de la revolución geoespacial, se ha ido perfeccionando lo previo y cada día aprendiendo algo nuevo.

A principios de la década de los sesenta, creció el interés por la información de la cartografía y el estudio del medio. Además, nació la era de la informática; eso contribuyó a que se crearán los primeros SIG. Los SIG se han ido definiendo gracias a la revolución informática, la creación de bases de datos para el análisis geográfico, y el desarrollo de disciplinas que han ayudado a impulsar la creación y desarrollo propio de los SIG.

La creación de la base de datos ha permitido que, por medio de ella, se construyan los actuales mapas, de una forma sofisticada y creativa. Es por ello por lo que se crean los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que consisten en software, hardware y ayudan con los procedimientos para manipular, analizar, manejar, representar datos georreferenciados, para resolver problemas de planificación y gestión. En el siguiente capítulo se explican las herramientas de análisis implementadas en los SIG.

CAPÍTULO 2. Procedimientos de análisis implementados en los SIG

SUMARIO

- **Medición de distancias y áreas**
- **Análisis de proximidad**
- **Operaciones de disolución y función de polígonos**
- **Superposición**
- **Análisis de superficies y análisis de redes**

Las herramientas de análisis y medición de las áreas son muy importantes para desarrollar los Sistemas de Información Geográfica; por esto en el presente capítulo se describen los procedimientos empleados para recolectar la información y cómo éstos se realizan.

2.1. Medición de distancias y áreas

Los llamados (SIG) son mecanismos de datos que manejan información georreferenciada. En otras palabras, son herramientas que procesan fenómenos o sujetos de tipo geoespacial, con el objetivo de crear nuevas bases de información manipulables y analizables útiles en proyectos o decisiones.

Los (SIG) se apoyan en distintas herramientas para recolectar datos específicos y precisos. La creación de nueva información utiliza el análisis geoespacial, que maneja, controla y combina los datos obtenidos. Esta se ilustra a través de mapas, ubicaciones geográficas, registros, además del resumen de los resultados. El investigador debe estudiar los análisis de resultados y decidir el modelo que se utilizará para medir las distancias y áreas, análisis de superficie, el análisis de proximidad, operaciones de disolución y función de polígonos, y superposición. ¹⁸

El desarrollo y aplicación de las nuevas tecnologías estimula el proceso de la biogeografía, siendo ésta una disciplina que estudia la distribución de los seres vivos sobre la faz de la Tierra, su origen, y modificaciones que pueden contribuir a su desarrollo. Estos procesos son realizados en su mayoría en hardware y software que permite la integración correcta de nuevas herramientas, metodologías y recursos estadísticos. La biogeografía recalca el funcionamiento de la dimensión espacial con la finalidad de comprender a cabalidad los patrones y procesos

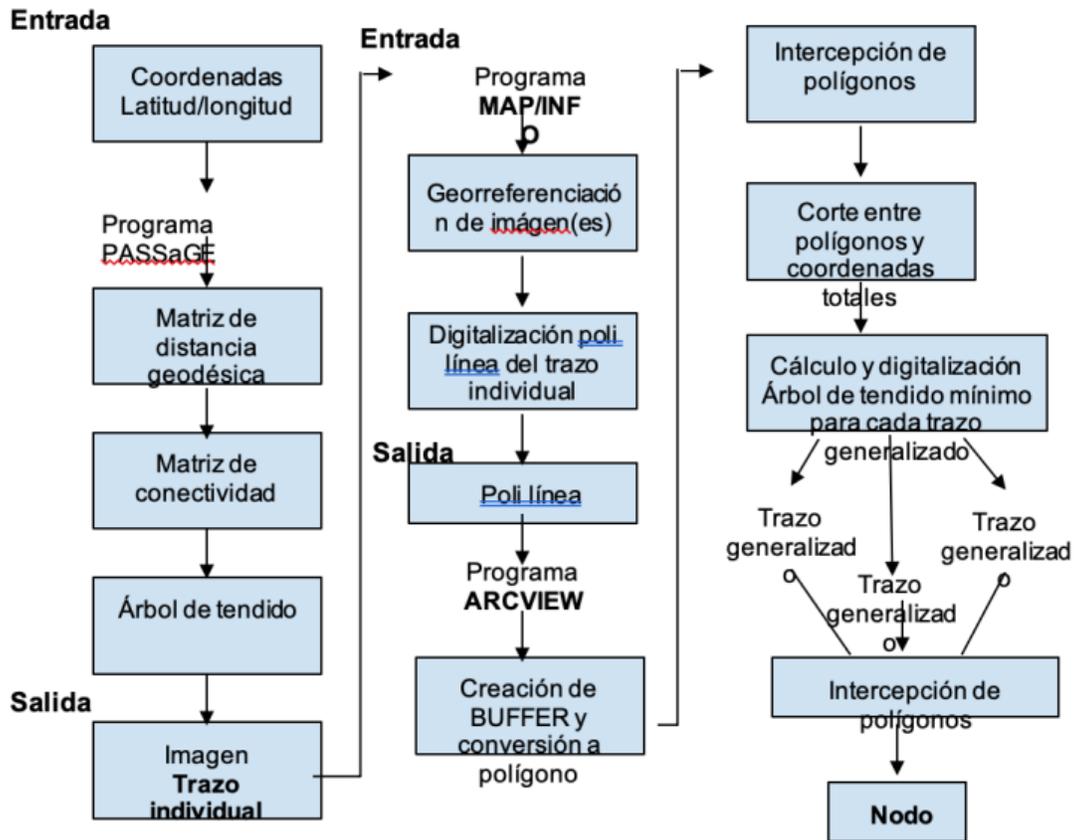
evolutivos. Este método está compuesto por tres fases: 1. La construcción de trazos individuales; 2. La superposición de trazos individuales, para obtener y explicar los trazos generales. 3. Determinar los nodos.

La biografía es la unidad básica del estudio y es de carácter individual, se realiza por medio de estructuras que conectan las localidades de una especie específica, de forma que la suma de los componentes que integran estas localidades sean la menor posible. El topológico es un trazo individual que para n localidades contiene $n-1$ conexiones. Después, los trazos generalizados se obtienen a partir de la superposición estadísticamente significativa de estos trazos, además de evaluar la congruencia con su topología, representando patrones de distribución de biotas ancestrales.

Estas conexiones fueron divididas por eventos geológicos o tectónicos. Los nodos hacen referencia a la superposición de dos o más trazos generalizados a las localidades de intersección de estos trazos. El método manual se incorpora para delimitar el mapa con apoyo de los trazos individuales de los distintos taxones y así superponerlos con la finalidad de decretar los trazos generalizados.

Actualmente se han realizado distintas combinaciones entre los métodos para mejorar su efectividad. El método manual se ha combinado con distintas herramientas SIG. En esta actividad se deben medir los puntos pares y así determinar la distancia de la casa y la más corta. Estos datos se digitalizan en las aplicaciones determinadas por el investigador de trazo individual. El implementar este método resulta sencillo por tener pocos registros, 80 y 82 registros, respectivamente.

Figura 3. Diagrama de flujo y programas computacionales utilizados en las fases del método combinado



Fuente:ERDAS Guide Field. Sistemas de Información Geográfica. [en línea] En: ERDAS Field Guide. ERDAS Field Guide. Sistemas de Información Geográfica.5ta ed. Georgia, Atlanta. 1999. Capítulo 11. [citando 12 Oct 2021]p. 383-416. Disponible en: [http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica(2).pdf)

En el ingreso de datos en figuras tipo coordenadas geográficas por taxón es utilizado el método combinado, debido a que con éstas se logra calcular la distancia geodésica exacta entre los distintos puntos. Con esto se crea un rectángulo simétrico principal con diagonal cero. Seguidamente se elabora una matriz rectangular de conectividad con los datos de distancia, desde la unión de un par de puntos que se representan por "1" y la no unión por "0". Posteriormente, se realizan las gestiones para obtener el MST con apoyo de la matriz de conectividad. El Mountain Standard Time suele pasar por procesos de exportación de imagen y georreferenciación, los cuales cuentan con monitoreos en determinados puntos. Los resultados

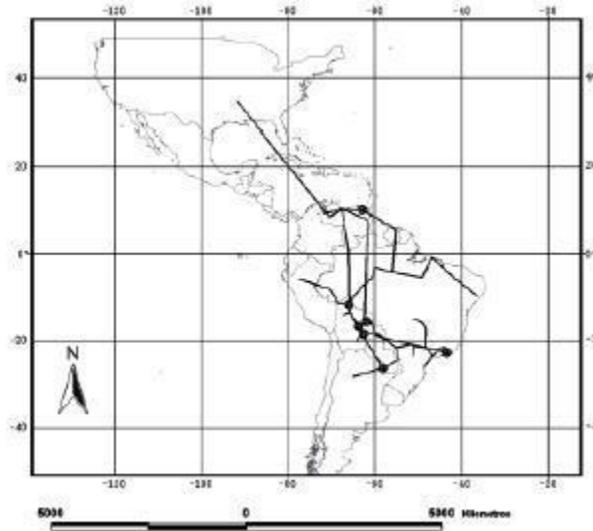
son útiles en el área espacial de los SIG. Es necesario digitalizar el MST siguiendo una polilínea y se almacena como formato shapefile de ESRI. ¹⁹

A continuación, es necesario ejecutar el llamado cálculo del buffer, esto mediante la definición del radio, el cual está a cargo del usuario; también es preciso disolver barreras que posibiliten la conversión a polígono. Los pasos indicados anteriormente son aplicables a todos los taxones, con la finalidad de establecer cuáles son los polígonos de origen individual. La similitud tipológica es inspeccionada visualmente considerando los trazos individuales, esto conforma el siguiente paso. Esto debe estar conectado a través de la superposición espacial booleana de carácter “Y”. La operación espacial de polígonos y coordenadas de los taxones se utiliza para obtener la zona geográfica de varios temas, además, dicta los puntos de los trazos generalizados. La digitalización y el cálculo del MST de los trazos generales son el siguiente paso, se debe tomar en cuenta los pasos anteriores. Para establecer los nodos se debe interrumpir el proceso de dos o más temas generales, esto para finalizar la secuencia.

Existen diversos programas de análisis espacial y Sistemas de Información Geográfica para utilizar el método combinado. Por otra parte, el método posee un aspecto muy importante llamado cálculo de la distancia geodésica, esta muestra el punto inicial en la edificación de árboles detenido mínimo, el uso tradicional de distintas euclidianas. Esta distancia geodésica considera aspectos como la curvatura de la tierra plasmado en coordenadas espaciadas en el globo. Esto permite crear mayor rigor, precisión y será viable para analizar de forma correcta los SIG. ^{16,17}

El método combinado es empleado mediante una mezcla de 675 registros. Estos son de material del museo Smithsonian de Historia Natural–USA, colecciones de Venezuela, y recursos bibliográficos, para 35 especies de Psorophora de los subgéneros: Psorophora, Janthinosoma y Grabhamia. Encontrando que los trazos y nodos obtenidos son congruentes con otros estudios; por ejemplo, los análisis realizados en especies de Muscidae, así como los que incluyen plantas, mamíferos, aves e insectos.

Figura 4. Trazos generalizados y nodos encontrados en especies de Psorophora.



Fuente: ERDAS Guide Field. Sistemas de Información Geográfica. [en línea] En: ERDAS Field Guide. ERDAS Field Guide. Sistemas de Información Geográfica. 5ta ed. Georgia, Atlanta. 1999. Capítulo 11. [citando 12 Oct 2021]p. 383-416. Disponible en: [http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica(2).pdf)

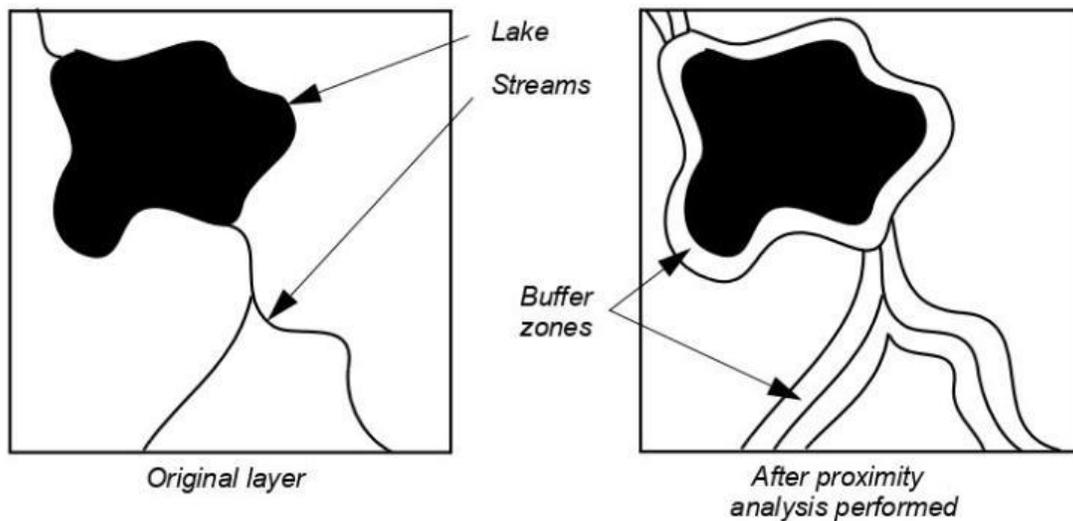
El desarrollo de un script en lenguaje Avenue para ArcView 3.x, denominado Trazos 2004, que permite calcular MST. Sin embargo, se desconoce la dirección de internet donde está disponible esta aplicación. El programa Software Asset Management contiene diversos análisis espaciales, además permite edificar MST tomando en cuenta un conjunto de coordenadas; no obstante, el método combinado no ha sido probado con este programa. Los Sistemas de Información Geográficos implementan este método debido a que les facilita la recolección de datos y el manejo de las etapas del panbiogeográfico. También se integran nuevos procedimientos de tipo cuantitativo en la toma de decisiones de los trazos (individuales, generales y nodos). Estos trazos deben ser coherentes con las descripciones conceptuales y el método. Los expertos esperan que futuros ensayos e investigaciones logren integrar el método con programas SIG de libre acceso para mejorar la obtención de resultados y datos más precisos. ¹⁹

2.2. Análisis de proximidad

El análisis de proximidad es la función que detalla las diferencias entre las zonas de determinada ubicación. El uso de este tipo de análisis es fundamental durante la planificación y ejecución de acciones de los proyectos, ejemplo de esto es cuando se necesita averiguar la distancia que existe entre una zona afectada y el epicentro de un brote epidemiológico. Es preciso mencionar que existen otras aplicaciones de geotecnología que se ocupan en el análisis de proximidad, pero los SIG son aquellos sistemas que mejor la adaptan.

El funcionamiento de este análisis es a través de píxeles, los cuales representan el espacio ocupado por la zona estudiada. Entonces, durante el análisis se establece la distancia entre los píxeles de cierta capa con los píxeles de determinada capa. Para la acción antes mencionada se necesita la creación de una capa nueva, la cual suele estar en formato “.img”. Estos nuevos elementos que se integran a los mapas son de alto beneficio para la base de datos, puesto que brinda la famosa zona de influencia. La utilidad de los buffers radica en que los estudios próximos tendrán la información necesaria para identificar los factores que se encuentran fuera o dentro de la zona de influencia. A continuación, se ejemplifica como el análisis de proximidad crea el buffer de agrupaciones de agua. ¹⁹

Figura 5. Análisis de proximidad en cuerpos de agua

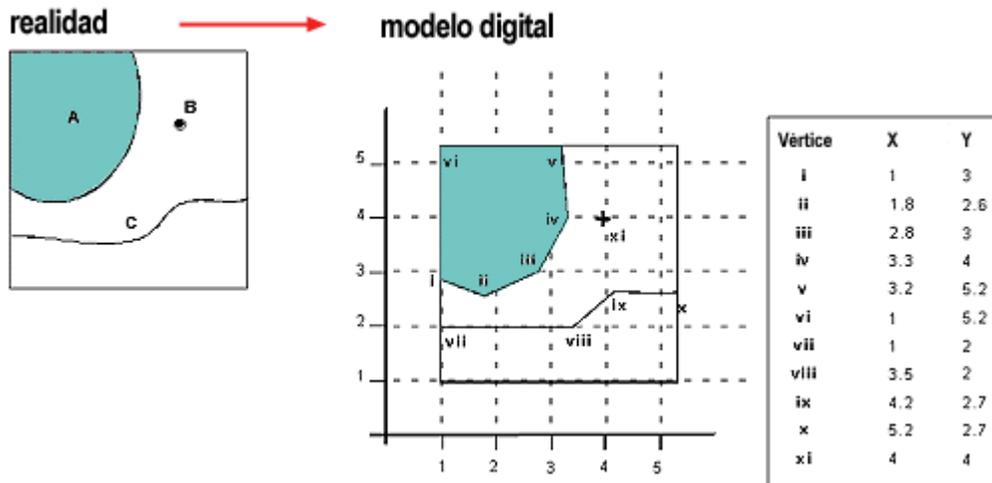


Fuente: ERDAS Guide Field. Sistemas de Información Geográfica. [en línea] En: ERDAS Field Guide. ERDAS Field Guide. Sistemas de Información Geográfica. 5ta ed. Georgia, Atlanta. 1999. Capítulo 11. [citando 12 Oct 2021]p. 383-416. Disponible en: [http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica(2).pdf)

2.3. Operaciones de disolución y fusión de polígonos

Las operaciones de disolución se encargan de combinar las capas de los distintos mapas que se estén utilizando en la investigación. Estas combinaciones permiten tener un análisis amplio sobre que se observa. Existen diferentes tipos de operaciones, las cuales son, recorte, diferencia, intersección y unión. Por otro lado, está la función de los polígonos es la distribución de los datos geográficos recolectados, estas se realizan a través de figuras, líneas o arcos. Estas líneas definen los puntos de objetos y el espacio, consiste en dos formas estas son: espacial y temática. Estos datos se muestran con coordenadas para identificarlos rápidamente.¹⁹

Figura 6. Disolución y superposición de polígonos



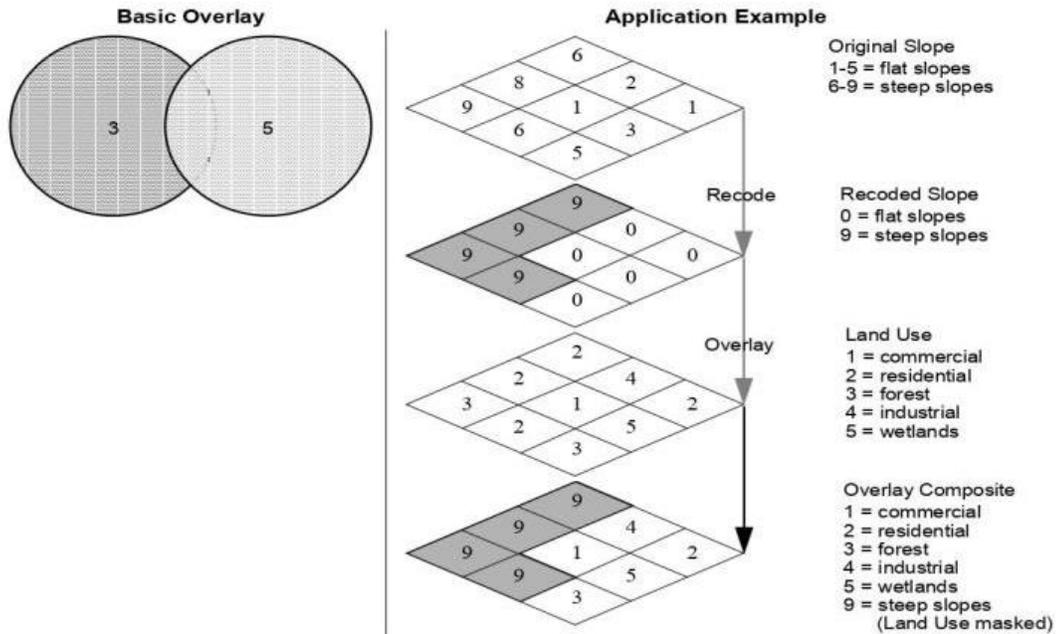
Fuente: ERDAS Guide Field. Sistemas de Información Geográfica. [en línea] En: ERDAS Field Guide. ERDAS Field Guide. Sistemas de Información Geográfica. 5ta ed. Georgia, Atlanta. 1999. Capítulo 11. [citando 12 Oct 2021]p. 383-416. Disponible en: [http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica(2).pdf)

2.4. Superposición

Es el proceso mediante el cual se combinan capas con información temática para la creación de capas compuestas. Esta combinación se logra mediante la superposición de estas. En este procedimiento, la capa de salida es la encargada de condensar los datos y contener los valores de clase mínimo o máximo de las capas de entrada. Para ejemplificar esta función se puede decir que una zona se encontrara en clase tipo 5 en una capa y en clase tipo 3 en otra, en este caso el dominante es el valor más alto, se dice que la propia zona es codificada y modificada a la clase máxima (5), esto específicamente en la capa de salida. Esto se ejemplifica visualmente mediante la siguiente imagen. ¹⁹

Figura 6. Superposición

Sistemas de Información Geográfica



Fuente: ERDAS Guide Field. Sistemas de Información Geográfica. [en línea] En: ERDAS Field Guide. ERDAS Field Guide. Sistemas de Información Geográfica. 5ta ed. Georgia, Atlanta. 1999. Capítulo 11. [citando 12 Oct 2021]p. 383-416. Disponible en: [http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica(2).pdf)

2.5. Análisis de superficies y análisis de redes

El análisis de superficies realizado en los sistemas de información geográfica se refiere a utilizar elementos físicos de la tierra donde se está ejecutando la investigación. Esto permite tener datos más exactos para realizar mapas orientaciones, estudios de iluminación, mapas pendientes entre otras cosas. Y el análisis de redes hace referencia al diseño del modelo estratégico para implementar transportes dependiendo de las necesidades de la investigación. Este modelo se compone de diversos componentes, tales como, Control de flotas, viajes, operaciones de cálculo. Estos dos tipos de análisis hacen que la investigación sea más profunda y certera en los resultados. ¹

CAPÍTULO 3: La aplicación de los SIG en la Salud Pública

SUMARIO

- **Antecedentes de la implementación SIG**
- **Criterios conexos a la aplicación SIG en salud pública**
- **Aplicación de los SIG en enfermedades transmisibles**
- **Aplicación de los SIG en enfermedades no transmisibles**

Los Sistemas de Información Geográfica son utilizados para administrar y gestionar información geográfica. Este sistema, en la salud pública, permite establecer datos para detectar enfermedades y su propagación. En este capítulo se ilustrará el funcionamiento, aplicación y evaluación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Salud Pública de América, Brasil, Europa y El Salvador.

3.1. Antecedentes

La investigación titulada: “Ronda clínica y epidemiológica: sistemas de información geográfica (SIG) en salud”, realizada por Ascuntar y Jaimes en el año 2016, ha brindado la oportunidad de distribuir los eventos y la toma de decisiones médicas en el sector público. Así como también, determinar la información geográfica disponible en el sector de salud, con el objetivo de organizar y visualizar los datos, producir mapas, crear modelos, actividades de prevención, análisis y consultas en determinados lugares.¹⁹

Dicha investigación de Ascuntar y Jaimes, radica en la importancia de conocer la distribución de la mortalidad de diversas enfermedades y diferentes características. El análisis geográfico realizado permite realizar diagnósticos en el entorno de salud a partir de un punto de vista territorial. Las zonas geográficas y la cultura se han fortalecido con estos sistemas que proveen apoyo para el sistema de salud en beneficio de la población que lo demande.²⁰

El estudio titulado “Los sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta para el ordenamiento territorial y la salud pública”, realizado por los investigadores Ruttler y Gudiño (2017) describe la importancia que tiene el agua para el pleno desarrollo de los seres humanos, así como, cómo que, a través de ella, algunas enfermedades se propagan fácilmente. El objetivo del estudio fue hacer conciencia en las autoridades médicas de la importancia de vigilar y monitorear las enfermedades. El estudio de campo analizó la situación del área Metropolitana de Mendoza (AMM), donde se observó que existen deficiencias en el servicio de agua potable de

estas regiones. Esto provoca que las enfermedades como la diarrea afecten a la población frecuentemente.²¹

Dicho análisis arrojó como resultado que la falta de datos exactos con respecto a la cantidad de pacientes afectados, la región en la que habitan, estudio clínico, acciones médicas, entre otros, evita que las autoridades médicas detecten la magnitud de los eventos epidemiológicos por departamentos y poder aplicar las medidas correspondientes para prevenir a la población.^{23,24}

La Sociedad Española de Sanidad Ambiental, a través de los investigadores Aránguez, Arribas, Aránguez y Ordoñez, presentaron el estudio titulado “Salud y Territorio. Aplicaciones prácticas de los Sistemas de Información Geográfica para la Salud Ambiental”, investigación que expone el valor de conocer el recorrido del agua que las personas consumen diariamente. Esto debido a que diversos estudios médicos y ambientales arrojan como resultado que por el mal saneamiento del agua las personas son más susceptibles a contraer enfermedades. El objetivo de este estudio fue conocer la relación que existe entre la salud de las personas y el territorio en el que habitan. El resultado final de la indagación fue que la implementación de herramientas geográficas beneficia al monitoreo constante de las enfermedades. El Ministerio de Salud es el encargado de controlar el crecimiento de casos de enfermedades emergentes, mantener actualizado al personal médico sobre las nuevas enfermedades. Dichas herramientas deben ir de la mano con la salud pública para mejorar los sistemas de salud en las distintas comunidades afectadas.²⁵

En el 2009, Pickenhayn presentó la compilación titulada “Sistemas de información geográfica en geografía de la salud”, con el objetivo de crear conciencia sobre la importancia de incluir la geografía de la salud en el monitoreo de las enfermedades. El método que se utilizó para realizar el estudio fue el punto de vista deductivo. Se analizaron diversos aspectos del sistema de salud, como el funcionamiento de los centros de salud, utilización de estudios geográficos aplicados a la medicina, exploratorio de datos espaciales, entre otras cosas.²⁴ El estudio concluyó que la geografía juega un papel importante para el control y seguimiento del desarrollo de las enfermedades. Los servicios de salud en las comunidades deben ser monitoreados constantemente para lograr clasificar las medidas que se deben tomar para evitar los contagios. La tecnología facilita la recolección de los datos del estudio, además de ser accesible para todas las personas.^{26,27}

El científico Córdoba (2015) desarrolló el trabajo titulado: “Uso de los sistemas de información geográfica en estudios de salud ocupacional y ambiental”, en San José Costa Rica. En el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional, a

través del Laboratorio de Estudios Espaciales Aplicados a la Contaminación (SIGIRET), se han utilizado los SIG en varios proyectos de investigación, en procura de identificar sitios de aplicación de plaguicidas, sitios contaminados, sitios de muestreo, análisis de escorrentía, entre otros.

En el área de Salud del IRET han utilizado los SIG para examinar la exposición por plaguicidas en comunidades cercanas en plantaciones agrícolas, realizando la medición de distancias desde las fuentes de contaminación hacia las viviendas, evaluando la distribución de viviendas en los pueblos y verificando patrones ambientales de exposición como el aire.

El uso de los SIG se ha agregado en estudios de salud ambiental y ocupaciones. El Programa Saltra, por medio del proyecto “Caracterización de las condiciones de trabajo y salud de los recuperadores de residuos sólidos valorizables en Costa Rica”, por medio de los SIG realizaron mapas de ruidos de los centros de acopio.

Conforme a salud ambiental, realizaron un muestro de aire pasivo en varios puntos del cantón de Matina, esto a través del Programa Infantes y Salud Ambiental de Iret, en el cual por medio de los SIG fueron creadas líneas de igual valores de concentración del plaguicida presente en el aire, el cual permite tener idea de la contaminación de plaguicidas presentes en el cantón.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sido aplicados en América tanto en la parte norte como en el centro y el sur, lo cual posiciona al continente como una parte del mundo altamente beneficiada por dicha tecnología. A pesar de que los SIG han sido aplicados en diversos ámbitos como las ciencias sociales y naturales, la gestión y planificación de proyectos, las actividades empresariales, entre otros; la salud pública (ámbito de gestión) ha sido el área que más destaca por la implementación. Este realce se debe a que los sistemas de salud pública suelen aprovechar los -SIG- en la modalidad de cartografía automática, información pública, estudios epidemiológicos, estrategias de distribución de hospitales y otros. ^{35,34}

La institución encargada del seguimiento, estudio, evaluación y registro de los (SIG) aplicados a salud pública en América son la Organización Panamericana de la Salud. En su informe “Sistemas de Información Geográfica en Salud” la OPS/OMS explica la situación de los SIG en el continente americano. Esto comprende desde el funcionamiento específico (entrada, almacenamiento, procesos y resultados), hasta ejemplos o modelos aptos para las condiciones de la región. Es por este contenido que se puede conocer acerca de los -SIG- implementados en América.

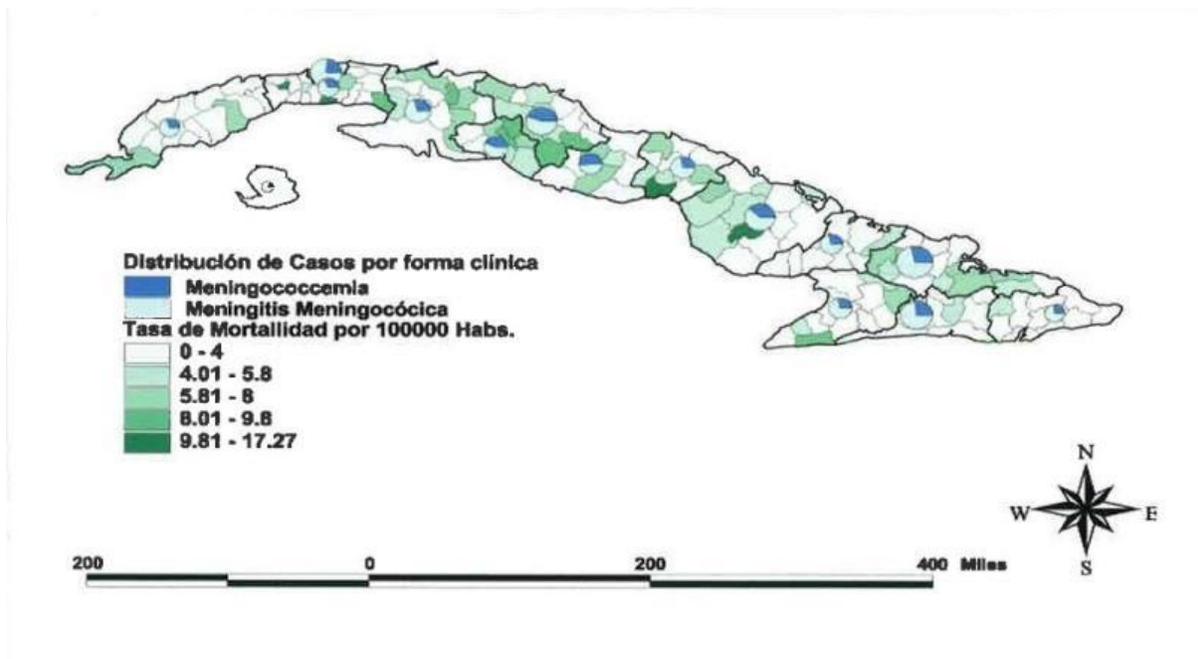
Casos concretos de la aplicación de los -SIG- son: Haití, que en 2010 puso en marcha el Programa de Servicios Infantiles Gratuitos. Este aporte al sistema de salud surge debido a la deficiente capacidad para atender niños de 5 años o menos. El proyecto estaba basado en la tecnología SIG y fue llevado a cabo gracias al financiamiento realizado por el Fondo de Apoyo

Humanitario. Los hospitales beneficiados del territorio haitiano fueron 8 privados y 19 públicos, lo cual suma 27 entidades de salud que ahora disponen de condiciones aptas para la atención de alrededor de 15,000 mil niños. La incorporación de este sistema es parte de los esfuerzos del gobierno para la renovación y fortalecimiento del sistema de salud pública.

Otro caso interesante de la aplicación de Sistemas de Información Geográfica en América es el suscitado en Cuba para el monitoreo y control de enfermedades relacionadas con las bacterias en las meninges o en el torrente sanguíneo (enfermedades meningocócicas). La tecnología SIG fue vital para la identificación y determinación de las áreas nacionales con mayores índices de mortalidad a causa de dichas enfermedades. Otras funciones del SIG cubano son la estimación de incidencia de enfermedades (tipo específico) y la apreciación del impacto o magnitud del brote epidemiológico dentro del país.^{36,37}

Los beneficios obtenidos del SIG fueron posibles gracias a la elaboración de un mapa específico de mortalidad que se orientó al área municipal, el cual se sustenta en bases de datos individuales y bases de datos poblacionales. Este mapa fue complementado con un cartograma acerca de la distribución epidemiológica de la enfermedad (basado en provincias) y con otro cartograma que detalla el número de casos registrado en el país. Este caso de implementación se llevó a cabo durante 1989 y 1993. A continuación, se visualiza el resultado del (SIG) aplicado.

Figura 7. Reporte del SIG implementado en Cuba

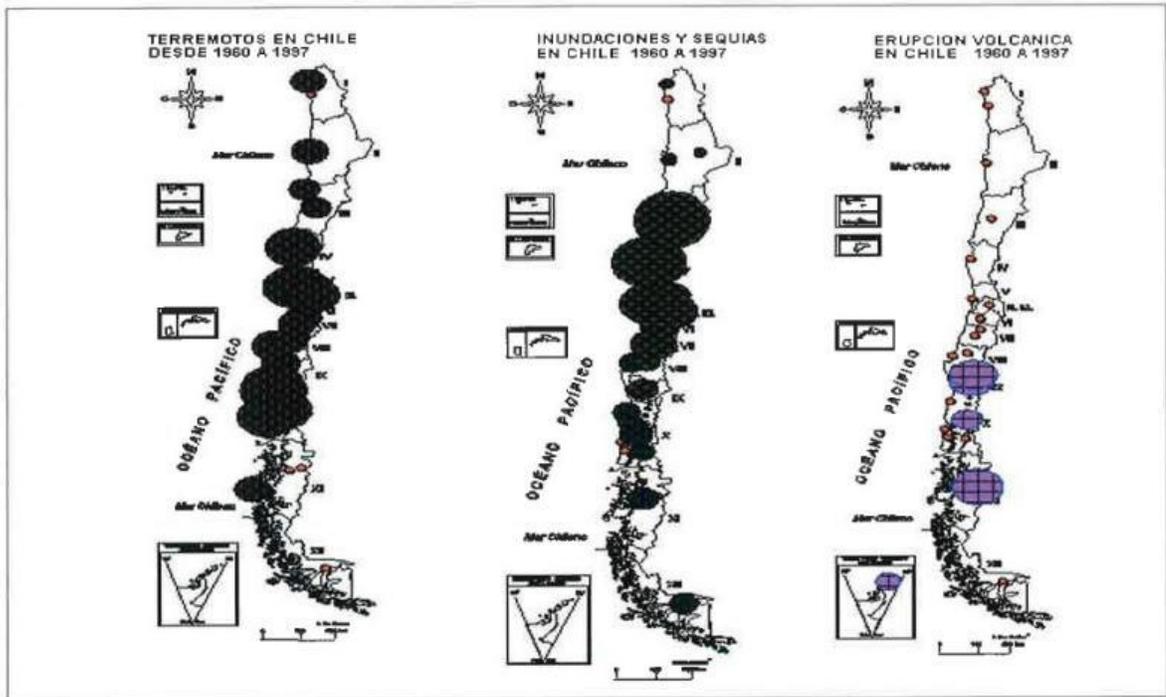


Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Sistemas de Información Geográfica en Salud, Conceptos Básicos. [en línea]. Washington DC; 2002. [citado 10 Septiembre 2021]. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/40000/9275323429_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

La adaptación de los (SIG) es tan efectiva en la salud y seguridad pública que en Chile se ha utilizado para el control de desastres naturales. En este caso, el (SIG) permitió la identificación de zonas con mayor vulnerabilidad a desastres ambientales como terremotos, sismos, erupciones volcánicas, inundaciones. Este monitoreo y control es posible gracias al mapa de eventos de desastre natural, creado con datos y procesos del SIG. Es importante mencionar que, para dicha implementación fue necesario recurrir a informes y registros de las catástrofes naturales suscitadas de 1960 a 1997. La georreferenciación también fue útil para el correcto desarrollo del (SIG), esta se realizó considerando las regiones de Chile.^{41, 34}

La aplicación del (SIG) también permitió la determinación de zonas con mayor riesgo ocupacional derivado de las nuevas industrias y tecnologías implementadas. Esta función del -SIG- mantiene la línea del bienestar ciudadano, también brinda diversidad y multifuncionalidad al sistema. Entre las curiosidades del (SIG) de Chile está que el mapa elaborado son los distintos puntos geográficos, coincide en la manifestación de diversos fenómenos naturales. Es preciso mencionar que la cantidad de información recolectada por el (SIG) permite la realización de varios mapas, los cuales se orientan a un riesgo en específico. A continuación, se muestran los mapas posibles por parte del (SIG) de Chile.

Figura 09. SIG de Chile



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Sistemas de Información Geográfica en Salud, Conceptos Básicos. [en línea]. Washington DC; 2002. [citado 10 Septiembre 2021]. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/40000/9275323429_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

El Instituto Panamericano de Geografía e Historia, destina investigadores para el estudio del actual estado de procesos y métodos empleados para la evaluación de la información geográfica en América Latina. Es decir, los (SIG) obtienen información precisa y actualizada que deriva de este seguimiento realizado. El estado de la Información Geográfica (IG) es de gran importancia para los proyectos realizados por múltiples organizaciones o países. Esta relevancia ha sido reconocida constantemente por las Naciones Unidas, la cual detalla que la IG es parte esencial de las actividades orientadas al desarrollo de las personas.

Europa es otro lugar del mundo que aprovecha al máximo la geotecnología, la cual ha sufrido una apresurada evolución y experimentación en los países de dicho continente. En la actualidad los SIG son considerados eje primordial de las formas de comunicación e información utilizados dentro de la sociedad, lo cual ha impulsado la implementación de dichos sistemas. Incluso el progreso científico relacionado a los (SIG) ha propiciado que la geo informática comience a ser considerada parte de las disciplinas de las ciencias sociales. Es decir, el avance

tecnológico ha generado que los Sistemas de Información Geográfica evolucionen de simples instrumentos a pilares científicos.^{44,45,46}

Los niveles de actualidad, integridad, accesibilidad y sobre todo precisión en los datos geoespaciales forman parte del mayor problema que enfrenta el continente europeo para el desarrollo de SIG. Por otro lado, el avance tecnológico ha innovado la forma en que se realizan los SIG (ahora existen formas digitales de almacenamiento), sin embargo, varios de los sistemas desarrollados en Europa son con base a mapas e informes antiguos e incluso confusos.

La situación de políticas acerca de la información disponible en el continente europeo es compleja, puesto que cada nación o estado posee normas rigurosas y especiales para el uso, recolección, distribución y acceso a datos útiles en la creación de SIG. Esta contradicción o complicación entre regiones es derivada de que en Europa conviven culturas, idiomas y costumbres muy distintas. Las prohibiciones o existencia de complicados procesos burocráticos para acceder a dicha información suele ser parte de la seguridad implementada para proteger los mapas y datos geoespaciales (sumamente precisos) de usos indebidos o incluso delictivos.

En 1996 se llevó a cabo el programa GISDATA compuesto por varias juntas profesionales en las que participaron alrededor de 250 científicos de distintas partes de Europa. En estas charlas el tema principal fue el Sistema de Información Geográfica y los elementos que lo componen. Específicamente se conversó acerca de la diversidad en bases de datos geográficas, es decir, la posibilidad de aumentar la resolución e incrementar las formas en que puede ser visualizada la información. Otro punto importante fue el problema de los elementos que geográficamente no pueden ser limitados, tal como los campos continuos y objetos demasiado exactos para ser tratados en programas básicos.^{46,47}

Por otro lado, la diseminación de los Sistemas de Información Geográfica también estuvo en las pláticas de los científicos, estos analizaron cómo algunos países europeos han incorporado los -SIG- y cómo han funcionado. Las sesiones fueron altamente productivas, al punto de que se plantearon realizar la declaración GIS DATA, la cual llevaría por nombre “Construyendo la base de datos de recursos para las ciencias sociales de Europa: la dimensión geográfica”.^{48,49,50}

Por otro lado, el origen de la geografía en salud que alimenta los SIG se remonta a 1843 en Francia. En este país europeo se usó por primera vez el término Geografía Médica. Esta innovación en la salud no tardó mucho en esparcirse por todo el continente; el enfoque que tuvo durante esta expansión fue higienista. El fenómeno tecnológico incluso fue llamado paleografía médica y/o topografía médica. Estos múltiples términos estaban enfocados a la agrupación de rasgos médicos en territorios específicos. Es preciso hacer énfasis en que, durante esta época

de surgimiento, únicamente los profesionales en salud podían trabajar y publicar en dicha área.

58,59,60

Este dato es curioso bajo la consideración de que en la actualidad cualquier persona puede desarrollar tecnología y usarla en proyectos de salud. Tal como lo es el caso de ESRI, una empresa dedicada a la investigación, desarrollo y lucro de servicios de cartografía, sistemas de información geográfica, teledetección y muchas más herramientas útiles en los proyectos de tecnología en salud. Así como esta empresa existen muchas más compañías, asociaciones y entes que experimentan y aportan nuevos conocimientos en análisis espacial y ciencia de datos, visualización en tiempo real, administración de datos, uso de plataformas, entre otros.

La conexión entre la geotecnología dirigida a población/territorio y la salud sucede hasta que en 1933 el científico francés Maximilian Score desarrolló la obra titulada: "Complexes pathogènes et Géographie Médicale". En esa obra, el científico presentó las bases primordiales de la geografía médica y la vinculó con la propagación de patógenos o enfermedades. Por otro lado, la geografía médica tuvo un duro proceso de estancamiento, debido a que no había tenido el proceso de innovación y actualización tecnológica. Sin embargo, esta disciplina continuó su avance y en 1949 fue reconocida oficialmente como parte de la rama médica; este evento se suscitó en el Congreso Internacional de Geografía de Lisboa. Este reconocimiento suele ser vinculado con que en 1948, la Organización Mundial de la Salud definió a la salud como la situación en que un individuo goza de bienestar mental, físico y social dentro de la sociedad.

60,61,62

Brasil cuenta con un Sistema de Salud Pública muy amplio que es el Sistema Único de Salud (SUS). Este sistema da cobertura al 75% de la población; atienden desde casos menores hasta la transferencia de órganos. Posee diversas instalaciones médicas que prestan servicios de manera descentralizada a través de sus redes de clínicas, hospitales y otro tipo de instalaciones federales, estatales y municipales, así como en establecimientos privados.

El (SUS) es el encargado de monitorear el funcionamiento del sector público y privado de Brasil, estas entidades proponen acuerdos, contratos, convenios, para acordar pagos. Además, se cuenta con otras instituciones de salud como universidades, unidades de atención, puestos de salud, las fuerzas armadas. El Sistema de Salud Pública ha sufrido distintos cambios con el paso del tiempo en la forma de administrar, organizar, capacitaciones a los médicos para combatir las nuevas enfermedades, entre otras circunstancias.^{63,64,65}

Durante el mandato de José Sarney, quien gobernó del 15 de mayo de 1985 al 15 de marzo de 1990, ocurrió la descentralización del Sistema Único de Salud; concretamente, en el

año de 1988. El encargado de conservar los valores y principios del SUS es el gobierno federal, ellos establecen las normas, prioridades y monitorean los resultados de los programas de salud, además de los programas políticos y prioridades de la nación. ^{66,67,68}

En el año de 1998 se diseñó el Sistema Nacional de Vigilancia Sanitaria. El objetivo de este sistema es promover la protección de la salud de la población mediante el control de los diversos componentes. La secretaria de Vigilancia en Salud, en el 2003, decidió encargarse de la gestión del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental de Salud, esto quedó reglamentado desde el 2005 y en el mismo año se estableció el Subsistema Nacional de Vigilancia enfocado en el consumo de agua por las personas.

Otro acontecimiento importante se presentó en el 2006 cuando las autoridades del Sistema de Salud reestructuraron las áreas prioritarias del Sistema Único de Salud de Brasil. Poniendo como prioridad atender a las regiones con menos recursos, consolidar los procesos de programas, fondos de inversión y la planeación de instrumentos de apoyo, entre otras. Los cambios de estructura crearon la necesidad de implementar políticas de salud, tales como, Política Nacional de Regulación, Control de Sistemas, Departamentos Específicos. Estas políticas son necesarias para administrar de forma correcta los sistemas de salud y proteger la salud de la población. ^{69, 70, 71, 72.}

DataSUS es un centro tecnológico de soporte técnico y normativo en el cual se forman los sistemas de informática e información en salud. Es el encargado de mantener las bases de datos naciones del SUS; da a conocer la información para la gestión, la investigación y el control social del SUS; dispone de bases tecnológicas de información y finalmente sustenta la formación de la Red Nacional de Informaciones en Salud en internet.

DataSUS clasifica la información que es generada por varios sistemas de temas específicos: Información de Atención Básica, Informaciones hospitalarias del SUS, Gestión de implementación junto a el Instituto Brasil de Geografía (IBGE) el uso de los SIG, Información de índices como por ejemplo mortalidad, entre otros.

En el año 2014 ante el aumento de enfermedades desconocidas en la población de Brasil. El Ministerio de Salud de Brasil aplicó la Política Nacional de Atención Integral a las Personas con Enfermedades Raras. En el documento titulado: "Estrategia de Cooperación" menciona datos importantes, y menciona el seguimiento de la implementación del Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Salud Pública.

La institución encargada de establecer y verificar la base de datos cartográficos de las enfermedades es el Instituto Brasil de Geografía y Estadística (IBGE). Estos datos sirven para

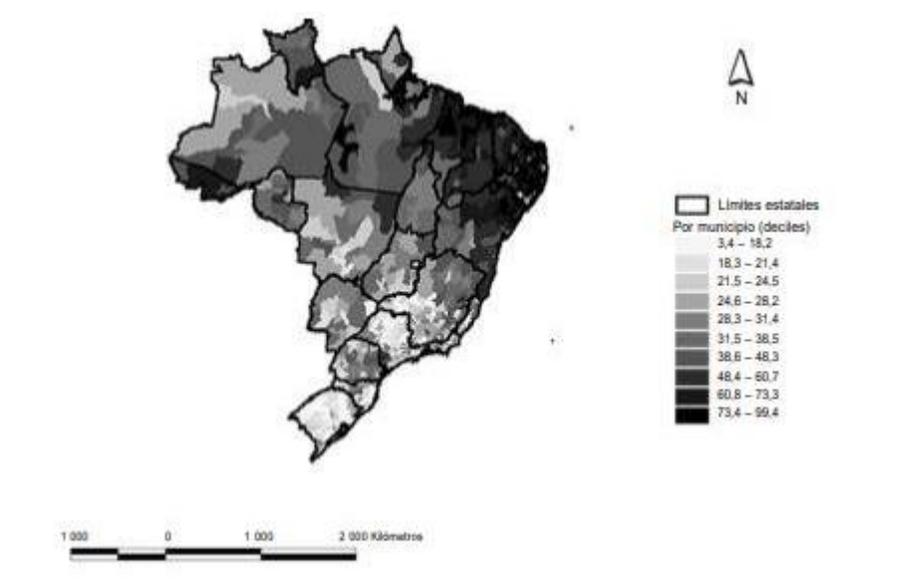
medir la situación de salud de los pobladores del país. El análisis, tratamiento y seguimiento de las enfermedades es determinante para salvar las vidas de los pobladores de Brasil. El tratamiento debe darse de forma adecuada debido a que este proceso es vital para mejorar o empeorar la crisis de salud del paciente. Por esto, es importante implementar sistemas de información geográfica para monitorear las enfermedades, tiempo, de donde proviene la enfermedad y el canal de tratamiento. Estos estudios se realizan por área, sector o región, además de tomar en cuenta características como la edad, sexo, clase social, estatura, historial médico previo, entre otras cosas. ^{73,74,75}

El Sistema de Información Geográfica (SIG) contiene características importantes para llevarse a cabo, tales como identificación, localización, condiciones, tendencia, rutas, pautas, modelos. La identificación se trata de establecer el caso o la enfermedad que se estudiará. La localización se refiere a la ubicación geográfica donde se realizará el estudio. Las condiciones que se evalúan son el funcionamiento y cumplimiento del sector de la salud en la ubicación que se escogió. La tendencia es el aumento de las enfermedades, comparado con otros casos, tiempo en el que se presentan los síntomas. Las rutas son las posibles soluciones o tratamientos que se pueden implementar para salvar la vida. Las pautas son los patrones, interacciones, combinaciones entre la información recopilada que permiten evidenciar donde deben realizarse las mejoras. ^{77,78,79}

En el estudio titulado: Los sistemas de información geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud. Esta investigación fue realizada en Brasil y Ecuador en 1998, por Loyola, Castillo, Nájera, Vidaurre, Mujica y Martínez, los datos fueron obtenidos a través de DataSUS, Centro Nacional de Epidemiología (CENEPI) e IBGE fueron los responsables de procesar, reunir, y dar a conocer la información. Este estudio muestra que existe desigualdad en el sistema de salud, por medio del uso de los Sistemas de Información Geográfica. El estudio presenta los resultados del monitoreo de las desigualdades de la mortalidad infantil en el ámbito subnacional de los países Brasil y Ecuador, habiéndose identificado así diversos estratos epidemiológicos, por medio del uso de SIG, conformados por conglomerados de unidades geográficas poblacionales con niveles de riesgo y factores determinantes similares. (Figura 11)

El haber encontrado conglomerados de unidades geográficas municipales con un mayor riesgo epidemiológico, tiene implicaciones importantes para formular políticas dirigidas a grupos vulnerables. Al centrar las intervenciones de salud más eficaces en dichas áreas se resolverá la mayor parte del problema.

Figura 10. Mortalidad infantil (por 1 000 nacidos vivos) en Brasil, por unidades geográficas subnacionales de segundo nivel, 1998



Fuente: Loyola E, Castillo C, Nájera P, Vidaurre M, Mujica O, Martínez R. Los Sistemas de Información Geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud. Pan Am J Public Health. [en línea]. 2002. [citado 10 Septiembre 2021] 12(6) p. 415-428. Disponible en: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/9954/a09v12n6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

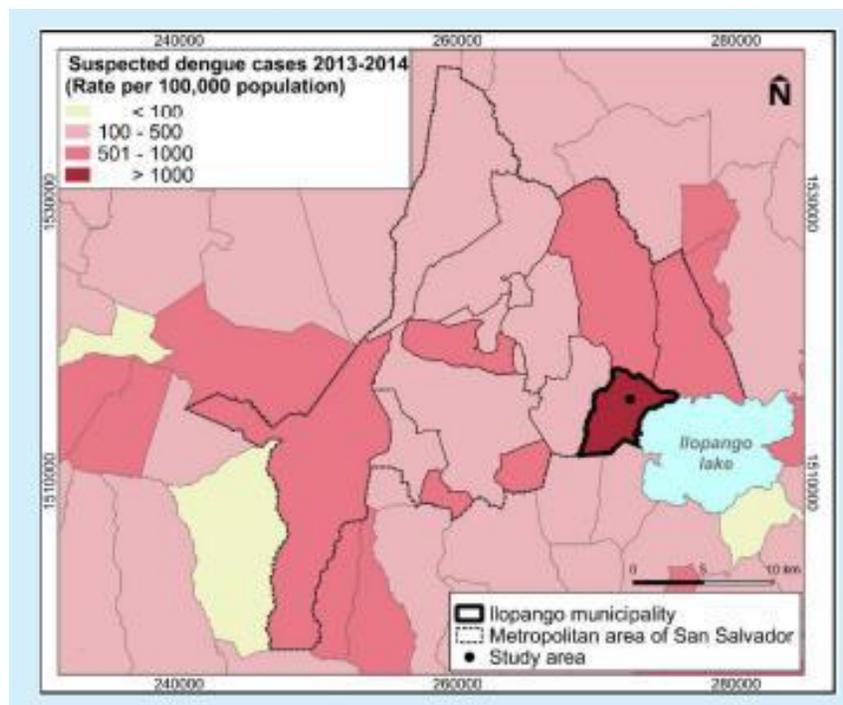
El sistema de información geográfica dentro del sector salud se utiliza como herramienta de medición o monitoreo a las enfermedades que se presentan día con día. Además de mostrar cómo el sistema de salud se comporta ante las nuevas enfermedades y contagios masivos. Las autoridades de salud deben implementar nuevos programas, estrategias, sistemas para mejorar la atención de los pacientes. Los estudios epidemiológicos y seguimiento a los pacientes deben realizarse en todos los contextos médicos para mejorar el sistema de salud. La evaluación epidemiológica es importante para detectar los síntomas de una enfermedad y poder estudiarla. La epidemiología y la Salud Pública requieren de apoyo de otras ciencias.

El Salvador implementó los (SIG) en los sistemas de salud para lograr avanzar en el monitoreo de enfermedades. En el 2009 el Sistema Único de Información en Salud, añadió a su programa el uso de los SIG con la finalidad de adquirir nuevas tecnologías, métodos, estrategias de investigación. Sin embargo, hasta tiempo después se implementó por primera vez este sistema con la plataforma Geominsal, esto era un mapa que contenía la planificación y priorizar territorios vulnerables.

Para determinar los territorios o sectores a investigar se toman distintas características, tales como, enfermedad, riesgos, contextos sociales, edad, servicios, entre otros. Esta etapa es la principal para continuar con los estudios epidemiológicos, debido a que determina el punto de partida. Estos procesos facilitan la investigación, observación, control y monitoreo de las enfermedades transmisibles y no transmisibles. El (SUIS) ha facilitado la actualización del historial médico de los pacientes y la realización de artículos científicos e información para alertar a la población sobre las medidas que debe tomar.

El Salvador pretende seguir utilizando el Sistema de Información Geográfica debido a que se han obtenido resultados beneficiosos para el sector de la salud, ya que la geolocalización de los registros y casos de las enfermedades trae consigo ventajas al describir los problemas de salud y tomar decisiones. La vigilancia, atención, prevención y análisis de riesgo se han fortalecido con su uso. La vigilancia y monitoreo de los síntomas permite al personal médico brindar un mejor diagnóstico, además del tratamiento. Por esto, este sistema ha mejorado la atención a los pacientes y el Sistema de Salud. Entre algunos ejemplos se pueden citar la distribución de casos sospechosos de dengue en el municipio de Ilopango en los años 2013-2014 (Figura 12).

Figura 11. Mapa de casos de dengue de San Salvador



Fuente: Mejía R. Sistemas de Información Geográfica y su aporte a la salud pública en El Salvador. ALERTA [en línea]. 2019. [citado 12 Oct 2021] Vol. 2 N 1. P. 71-74. Disponible en:

<https://alerta.salud.gob.sv/wp-content/uploads/2019/04/Revista-ALERTA-An%CC%83o-2019-Vol.-2-N-1-vf-71-74.pdf>

La implementación de nuevas técnicas, tecnologías y estrategias permitirán que el Sistema de Salud pueda mejorar. La finalidad de esto es garantizar a la población salvadoreña la mejor atención, tratamiento y seguimiento a sus problemas de salud.

3.2. Criterios vinculados de los SIG con la aplicación en la salud pública (a nivel mundial) y el impacto que se tendría en Guatemala

El artículo titulado “Los sistemas de información geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud” escrito por Loyola, Salgado, Nájera, Vidaurre, Mujica y Martínez. El artículo tiene como objetivo mostrar la aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) como instrumento tecnológico para apoyar las actividades en las áreas de política sanitaria y salud pública. Los métodos que se utilizaron durante el desarrollo de la investigación fueron datos previos sobre la mortalidad infantil y diversos factores determinantes de carácter socioeconómico y geográfico, estos datos se analizaron y con ellos se crearon gráficas que evidencian el aumento de mortalidad infantil.⁶⁰

Los resultados obtenidos de la investigación mostraron la tasa de mortalidad infantil en diversas regiones provocadas por las desigualdades y la falta de atención médica. Cabe indicar que la mayor población afectada se ubica en los países que poseen menos recursos económicos o priorizan otros programas de salud. El artículo concluye que las autoridades deben simplificar y sistematizar los procedimientos que utilizan para monitorear la información de las enfermedades, sobre todo al tratarse de niños y adolescentes, debido a que están propensos a contagiarse y fallecer. Por otro lado, menciona que al implementar sistemas de análisis epidemiológicos mejoran los servicios de salud para las comunidades afectadas.

En el 2009 Cuéllar, Concepción, Ramírez y Álvarez presentaron la investigación titulada: “Los sistemas de información geográfica y su empleo en un sistema de vigilancia integrado para la prevención del dengue en un municipio de la ciudad de La Habana, Cuba”. La investigación fue de tipo descriptivo y analítico, además contiene el apartado de resultados y discusión donde explica a detalle los acontecimientos más importantes de la investigación. La unidad geográfica que se utilizó para la investigación fueron manzanas del Municipio de Cotorro de Cuba. Esto facilitó la recolección de datos, análisis y conclusión de la investigación.

Los investigadores Ramírez y Choperena presentaron el boletín titulado: “Importancia de los Sistemas de Información Geográfica en el Sistema Nacional de Salud en México”, avalado

por el Gobierno de México. Los SIG brindan a las autoridades de salud herramientas importantes para monitorear las enfermedades y fortalecer los procesos de los centros de salud en la atención a los pacientes. Es importante mencionar que los SIG pueden aplicarse también en Guatemala, esto se debe a la similitud económica y geográfica que existe entre los países ⁶³

El investigador Garzón presentó la monografía titulada: “La actual geografía de la salud, los sistemas de información geográfica y su aplicación teórico-práctica en el manejo de la pandemia a causa del COVID-19” en Bogotá, (2021) para optar por el título de ingeniero geógrafo y ambiental. Esta monografía se realizó con la finalidad de “Analizar cómo la Geografía de la Salud y su enfoque geo tecnológico han sido de ayuda para la comunicación, entendimiento y gestión de un brote epidémico o pandémico como el COVID-19”. El estudio concluyó que la geografía aplicada a la salud mejora los procesos de monitoreo, además de permitir visualizar cuales son las áreas que necesitan apoyo.

La Organización Panamericana de la Salud en el 2003 presentó el Manual de Usuario titulado: “Sistema de Información Geográfica en Epidemiología y Salud Pública. Este manual contiene distintos apartados que hablan sobre el procedimiento de aplicación de los SIG de forma general, es decir que cualquier país puede aplicarlo dependiendo de las necesidades que presente. Los apartados más importantes que incluye son: procedimientos analíticos, obtención de resultados y que son los SIG.

Ahora bien, en el ámbito nacional también se han realizado estudios sobre sistemas de información geográfica; tal como es el caso de Granados (2010) con la investigación titulada: “Estudio sobre uso y aplicación de sistemas de información geográfica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede central”. Este estudio surgió a partir de que los sistemas de información geográfica son herramientas tecnológicas que potencian múltiples áreas profesionales. Granados señaló la alta funcionalidad e importancia de los SIG, por lo cual propuso como objetivo general, la identificación de uso de los SIG por parte de las facultades de la USAC.

Es importante mencionar que, el proyecto de egreso superó todas las etapas de gabinete. La recopilación de datos fue a través de la entrevista como técnica y una boleta estructurada como instrumento de investigación. Las conclusiones del estudio fueron que, de todas las facultades de la USAC, únicamente cuenta con un sistema de información geográfica la Facultad de Agronomía. Las recomendaciones del estudio fueron que, se debe crear el software y hardware de un SIG que aplique a toda la universidad, es decir, un SIG central. Esto para posteriormente unir esfuerzos con otros sistemas de información geográfica (internacionales) y así ampliar el alcance espacial.³¹

En Guatemala se puede observar la aplicación de los (SIG) en otras instituciones como lo es la Coordinadora Nacional para la Destrucción de Desastres (CONRED) que tiene un departamento encargado en crear herramientas para la toma de decisiones. Cabe destacar la elaboración de mapas que permiten identificar amenazas, realizar análisis predictivos y monitorizar eventos de forma gráfica y actualizada.⁵⁴

Lo más cercano de los (SIG) y su aplicación en la Salud Pública de los guatemaltecos es el uso del Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA) Este se define como el conjunto de funciones o componentes (recurso humano, insumos, equipo, infraestructura) que se interrelacionan para mejorar la calidad de gestión y la atención. Se encarga de obtener, procesar, almacenar y distribuir la información captada en los servicios de salud y apoyar en la toma de decisiones. El (SIGSA) fue creado a través de la resolución No. 5095, con fecha 15 de octubre de 1997, constituyéndolo el único Sistema de Información del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.⁵⁶

En Guatemala también se realizó el proyecto titulado: Dirección de Información Geográfica Municipal (DIGM), el cual fue desarrollado por la Municipalidad de Guatemala (2020). El proyecto es parte de los esfuerzos por actualizar tecnológicamente a la municipalidad. El documento presentado es el informe de cómo se logró la concreción del Sistema de Información Geográfica Municipal; así como de los motivos y criterios que impulsaron su realización. Es importante destacar que, el sistema municipal es parte de un conjunto de logros tecnológicos presentados.

El nombre de la intervención fue “mantenimiento actualización tecnológica”; debido a que no solo se creó el sistema de información geográfica municipal, sino que también se respaldó con infraestructura y recursos suficientes para su funcionamiento. Tras todos los procedimientos realizados la Municipalidad de Guatemala asegura que el funcionamiento de un SIG va más allá de recursos software como plataformas y medios hardware como equipo tecnológico; es decir que se necesitan estudios sobre la materia, diagnósticos de riesgos, creación de políticas o leyes que normen el uso y otras actividades complejas como el monitoreo.³²

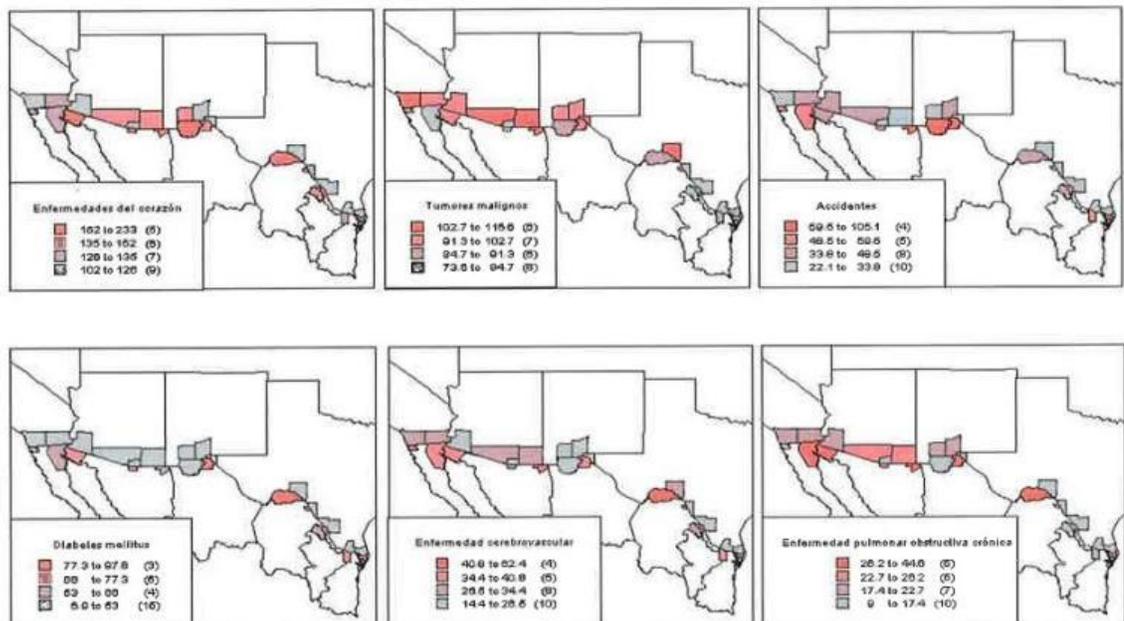
El proyecto contó con el apoyo de los recursos municipales y, por ende, logró realizar más de una intervención significativa en el avance tecnológico. Entre sus intervenciones se puede mencionar el mantenimiento y actualización de tecnologías, la incorporación de datos provenientes de investigaciones geo tecnológicas realizadas por las dependencias municipales, creación y monitoreo de programas informativos y desarrollo/promoción de mapas.

3.3. SIG en enfermedades no transmisibles

Estados Unidos de Norteamérica y México también implementaron un Sistema de Información Geográfica para el estudio de los factores que provocan la muerte en los municipios vecinos de la frontera norteamericana entre los países antes mencionados. Este proyecto de tecnología geográfica aplicado en materia de salud fue llevado a cabo para el período de 1995 a 1997. Los resultados del (SIG) fueron publicados por las autoridades correspondientes de cada país y la utilidad primordial fue el aporte para la clasificación de las causas de muerte y la jerarquización de estas. Es preciso mencionar que el censo realizado en 1990 proporcionó datos que posteriormente fueron contrastados con los resultados del -SIG- para determinar la mortalidad en grupos específicos (edad, sexo y lugar de nacimiento).^{38,39,40}

Los datos que permitió conocer el trabajo realizado con el (SIG) fue que alrededor del 19% (en el territorio mexicano) y cerca del 30% (en tierras estadounidenses) de las muertes son producidas por enfermedades que afectan al corazón. La enfermedad que registró 65% de incidencia fue la cardiopatía isquémica, el nivel de incidencia la posicionó como la enfermedad número 1. Mientras que el segundo puesto fue ocupado por los tumores malignos (12% en México y 23% en Estados Unidos de América). El tercer puesto está compuesto por efectos adversos y accidentes. Esta información fue presentada por categorías específicas como edad, sitio geográfico, entre otras. Los siguientes mapas muestran la precisión del -SIG- utilizado.

Figura 12. Causas de mortalidad (descripción espacial)



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Sistemas de Información Geográfica en Salud, Conceptos Básicos. [en línea]. Washington DC; 2002. [citado 10 Septiembre 2021]. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/40000/9275323429_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

3.4. SIGS en enfermedades transmisibles

Entre los casos de implementación de (SIG) en Europa, está España que ha desarrollado un Sistema de Información Geográfica especializado en control epidemiológico, el cual fue llamado: “COVID-19RISK”. Este sistema considera cada municipio de España y posee una plataforma de consulta abierta al público, la cual es sumamente precisa e intuitiva. Actualmente, ha sido adoptado para monitorear el avance del COVID-19 por toda la nación. Este sistema brinda como resultado final un mapa de riesgos acerca de la propagación de dicha enfermedad por cada comunidad de España.

El resultado del (SIG) son varios mapas que detallan la situación epidemiológica de España ante la pandemia mundial COVID-19. Los datos de estos mapas son indicadores municipales acerca de los pobladores considerados en estado de contagio. Los puntos de flagelo de estos mapas son principalmente la cobertura, puesto que, a pesar de cubrir la mayor parte del país, aún quedan zonas de las que no se lleva monitoreo debido a la falta de datos. El siguiente enlace: <https://covid-19-risk.github.io/map/spain/es/> redirige a la plataforma que posibilita la consulta de la situación epidemiológica de cada localidad española. A continuación, se muestran algunas fotos de la plataforma de mapas antes descrita. ^{51, 52,34}

Figura 13. Mapa de riesgos ante COVID-19



CAPÍTULO 4: Análisis de los Sistemas de Información Geográfica - SIG- en la Salud Pública

La forma en cómo se afrontan los problemas de salud a nivel mundial debe de incluir el uso de tecnologías que ayuden a la prevención de enfermedades que suelen afectar a millones de personas año con año. Es importante saber el comportamiento epidemiológico, distribución geográfica y factores de riesgo que se encuentran relacionados con la enfermedad, así como su aparición, es por ello que es implícito diseñar un sistema que ayude a la toma de decisiones sobre medidas de prevención y así disminuir el impacto negativo a la salud. Alrededor del mundo, el uso de Sistemas de Información Geográfica ha tenido un impacto fundamental para el abordaje de los problemas de salud pública, ya que son herramientas que unen la informática y la cartografía con el fin de recolectar, almacenar, transformar y analizar datos para poder comprender los patrones de comportamiento de distribución espacial de un problema de salud.

Con el paso de los años, el avance de la tecnología ha ido fortaleciendo el desarrollo de los SIG en múltiples disciplinas incluyendo la salud pública. Existe un antecedente histórico que en el Siglo XVIII se muestra por primera vez el uso de la cartografía en conjunto con la salud pública para la representación de hospitales y centros de atención utilizados en esa época para atender enfermos. No obstante, hasta en el año de 1854, el Dr. John Snow, demostró a través de un análisis de distribución geográfica la ubicación de muertes relacionadas con el cólera, asociado a pozos contaminados en una región de Londres, Inglaterra; esto hizo posible la intervención de las autoridades de salud para la disminución de incidencia de estos casos. Posterior a esto, lograron que se volviera frecuente el uso de cartografía para representación de factores de riesgo, datos demográficos y servicios de salud.⁷⁶

En la actualidad la utilización de los (SIG) en salud pública ofrece varias ventajas que ayudan a facilitar el manejo de la información a la hora de la toma de decisiones. Estas herramientas son indispensables en múltiples países para afrontar la problemática que se tiene con las diversas enfermedades ya sean transmisibles o no transmisibles. La vigilancia epidemiológica, atención oportuna y análisis de riesgo han servido para reforzar el uso de los (SIG). Su relación permite facilitar el manejo y análisis de la información junto con otras herramientas informáticas.

Los Sistemas de Información Geográfica poseen grandes cantidades de elementos adaptables a los sistemas de salud. Sin embargo, lo más destacable de estos sistemas es el largo proceso de evolución que sufrieron desde su propuesta y validación hasta la autonomía como disciplina científica. Dicho progreso garantiza que puede ser aplicado en áreas de alto interés social y con riesgos invaluable como lo es la vida/salud de las personas. Es por esto por lo que los (SIG) actualmente son ampliamente aceptados en el ámbito médico y salud pública.

A lo largo del presente trabajo se expuso la evidencia suficiente sobre los beneficios obtenidos en varios países de Europa y América acerca de la aplicación de los sistemas de información geográfica en la salud pública demostrando así que son herramientas necesarias para la detección y trato oportuno de las diferentes enfermedades. En Centroamérica, uno de los países que ha introducido recientemente el uso de los SIG y ha aprovechado su potencial es El Salvador, tratando de ampliar el uso de estos en el proceso de investigación y vigilancia epidemiológica para permitir la sostenibilidad a largo plazo y así, de esta manera se fortificarán las acciones de prevención de la problemática en salud.

Guatemala también es parte de los países que se beneficia del uso de los Sistemas de Información Geográfica en otras disciplinas como lo es CONRED ya que la encargada de identificar amenazas, realizar análisis predictivos y monitorizar eventos naturales. Sin embargo, hay muy poca evidencia sobre su utilización en la Salud Pública.

Además, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social utiliza un Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA) que es la encargada de obtener, procesar, almacenar y distribuir la información obtenida en los distintos centros de salud y así apoyar en la toma de decisiones. Se tiene un reto principal para el avance de la aplicación de los (SIG) es lograr que las autoridades correspondientes conozcan acerca de los beneficios que se pueden llegar a obtener para el sistema de salud obteniendo provecho de la tecnología espacial.

Ahora bien, en el panorama científico es evidente que se necesita realizar estudios acerca del tema, puesto que durante la investigación fue complicado la obtención de datos nacionales. Esta escasez de estudios sobre el funcionamiento de los SIG y los elementos utilizados para la correcta implementación evidencia la desinformación que existe en el país. Es por esto que se alienta a las autoridades y entidades correspondientes al estudio y promoción de los SIG en la salud pública de Guatemala.

Conclusiones

La relación que mantienen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Salud Pública, es de alto impacto en el estudio, atención o tratamiento de enfermedades y otras problemáticas ambientales que generan riesgos para la salud. Ahora bien, los SIG son de alta utilidad en el sector salud, debido a su viable implementación y a su práctica adaptación en el registro de datos fundamentales para el funcionamiento del sistema de salud pública. Además, los SIG pueden atender el sector salud en su manifestación hospitalaria, ambiental y otros derivados; lo cual amplía su utilidad e impacto.

Los Sistemas de Información Geográfica están basados en herramientas tecnológicas innovadoras; y su principal tipo de exposición de datos es a través de estadísticas, cifras o datos numéricos que garantizan precisión. Mientras que sus características generales son la integración de interfaz interactivas e intuitivas para los usuarios; así como funcionan bajo programación. Por otro lado, los métodos de análisis ocupados por los Sistemas de Información Geográfica son los métodos manuales como las matrices de conectividad, así como ocupa métodos combinados como los programas de análisis espacial. Todo esto a través de nodos que permiten el correcto y sistemático funcionamiento.

Los sistemas del georreferencia también proporcionan la captación de una gran cantidad de información que de otra forma no sería posible. La representación de la información, en la forma de mapas temáticos, facilita el proceso de la captura de un nuevo conocimiento por estar compuesta por los conocimientos del usuario, los cuales son utilizados para realizar los procesos de análisis, de síntesis y de entendimiento de la nueva información que le es presentada.

La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica puede llevarse a cabo en la Salud Pública, en Guatemala lo más cercano a un SIG que se ha implementado, es el Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA), así como también el uso en la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado (CONRED).

Recomendaciones

El presente estudio se basa en las conclusiones obtenidas para recomendar la promoción del estudio e investigación de los Sistemas de Información Geográfica aplicados al sector de Salud Pública. Esta promoción debe realizarse en los centros de educación superior que realizan investigaciones en pro de la salud. Dicha promoción puede realizarse con charlas informativas, así como con la facilitación de datos de la Salud Pública.

También, se recomienda la creación de herramientas y plataformas que puedan ocuparse en los Sistemas de Información Geográfica destinados a la Salud Pública. Estas herramientas deben ser diseñadas de forma estratégica para cubrir las necesidades específicas según la demografía del país. Y las plataformas deben caracterizarse por ser visualmente atractivas, presentar un manejo intuitivo, contar con secuencias interactivas y debe ser de fácil actualización. Todo esto debe ser planificado y enfocado a mantener secuencias o patrones de datos que permitan la rápida identificación; así como la fácil toma de decisiones.

Se recomienda aprovechar el potencial que se ha desarrollado hasta ahora, ampliando la utilización, en los procesos de vigilancia epidemiológica e investigación. De esta forma se fortalecerán las acciones de prevención e intervención de los problemas de Salud Pública.

Referencias bibliográficas

1. Falla J. SIG y Geodatos [en línea]. San José, Costa Rica: Universidad para la Cooperación Internacional; 2012 [citado 12 Jul 2021]. Disponible en: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-3/complementarias/sig_y_geodatos_2012.pdf
2. Rodríguez J, Olivella R. Introducción a los sistemas de información geográfica conceptos y operaciones fundamentales [en línea]. España: Universitat Oberta de Catalunya; 2009 [citado 12 Jul 2021]. Disponible en: <https://1library.co/document/zx573nwq-introduccion-sistemas-informacion-geografica-septiembre.html>
3. Organización Panamericana de la Salud. Sistemas de información geográfica en salud, conceptos básicos [en línea]. Washington, DC: OPS; 2002. [citado 10 Ago 2021]. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/40000/9275323429_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. Buzai G, Baxendale C, Caloni N, Cruz M, Delfino H, Mora G, Principi N. Sistemas de información geográficas aplicados en salud. Líneas de investigación. Revista de Ciencias Espaciales [en línea]. 2015 [citado 12 Jul 2021]; 8(1):395. doi:10.5377/ce.v8i1.2058
5. Garrido M, López J. La cartografía cultural como instrumento para la planificación y gestión cultural. Una perspectiva geográfica [en línea]. España: Universidad de Cádiz; 2011 [citado 12 Jul 2021]. Disponible en: https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/15297/0/15_036.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Parellada C. Los mapas históricos como instrumentos para la enseñanza de la historia. Revista Tempo e Argumento [en línea]. 2017 [citado 12 Jul 2021]; 9(21): 312-337. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=338152732013>

7. Aguilar C. Los Sistemas de información geográfica como instrumento conceptual y dialógico en el mundo de las ciencias Sociales. *Revista Analéctica* [en línea]. 2018 [citado 12 Jul 2021]; 5(31):9 – 17. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/251/2511805002>
8. Geotecnologias.com, Historia del SIG [en línea]. Costa Rica: ArcSIGs [citado 28 Jul 2021]. [aprox. 6 pant.]. Disponible en: <https://www.geotecnologias.com/es-cr/productos/que-son-los-sig/historia-del-sig>
9. Siabato W. Sobre la evolución de la información geográfica: las bodas de oro de los sig. *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr* [en línea]. 2018 [citado 12 Jul 2021]; 27 (1): 1-9. doi: 10.15446/rcdg.v27n1.69500.
10. Santos J, editor. *Sistemas de información geográfica* [en línea]. Madrid: UNED; 2020 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xjbeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=historia+de+los+sistemas+de+información+geográfica+pdf+&ots=wrn6mEtEdh&sig=Zhlb3Spvpo3BA8JLz0q6sU5Pr0#v=onepage&q&f=false>
11. Buzai G, Baxendale C. Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica marco conceptual basado en la teoría de la geografía. *Ciencias espaciales* [en línea]. 2015 [citado 12 Jul 2021]; 8(2):391-408. doi: 10.5377/ce.v8i2.2089
12. Flórez D, Fernández D. Los sistemas de información geográfica. Una revisión. *Revista fagropec* [en línea]. 2017 [citado 28 Jul 2021]; 9(1):11-6. Disponible en: <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/34>
13. Giraldo J. La cartografía en el ámbito de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Revista DIM: Didáctica, innovación y multimedia* [en línea]. 2015 [citado 28 Jul 2021]; 31(1): 1-18. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/291533>

14. González F. La definición del Meridiano Cero en la cartografía histórica. España: Real Instituto y Observatorio de la Armada [en línea]. 2017 [citado 28 Jul 2021]; 9(1):11-6. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/335986083/La-Definicion-Del-Meridiano-Cero-en-La-Cartografia-Historica>
15. Buzai G. Geografía de la salud con sistemas de información geográfica. Aplicaciones en el núcleo conceptual del análisis espacial. Anuario de la división geográfica [en línea]. 2019 [citado 28 Jul 2021] 13 (1): 140-151 Disponible en: <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/644/Gustavo%20D.%20Buzai.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Sarría F. Sistemas de Información Geográfica. España: Universidad de Murcia [en línea]. 2006 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
17. Buzai G, Baxendale C. Análisis espacial con sistemas de información geográfica aportes de la geografía para la elaboración del diagnóstico en el ordenamiento territorial. Argentina: Universidad Nacional de Luján; 2010 [en línea]. [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Buzai/publication/341297868_Analisis_espacial_con_Sistemas_de_Informacion_Geografica_Aportes_de_la_Geografia_para_la_elaboracion_del_diagnostico_en_el_Ordenamiento_Territorial/links/5eb9bd79299bf1287f7fb2f6/Analisis-espacial-con-Sistemas-de-Informacion-Geografica-Aportes-de-la-Geografia-para-la-elaboracion-del-diagnostico-en-el-Ordenamiento-Territorial.pdf
18. Olaya V, editor. Sistemas de Información Geográfica [en línea]. España: CreateSpace; 2014 [citado 10 Ago 2021]. Disponible en: https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
19. ERDAS Guide Field. Sistemas de Información Geográfica. [en línea] Georgia, Atlanta: ERDAS; 1999 [citado 12 Oct 2021]. Disponible en: [http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica(2).pdf)

20. geogra.uah.es, Introducción a los SIG [en línea]. España: Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente. España: Universidad de Alcalá; 2001 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: https://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm#top
21. Díez J, Rocha E, Munsberg G, Peixoto J, dos Santos A, Jaime S, et al. Desarrollo de un sistema georreferenciado para la gestión, movilidad y monitoreo de atención primaria de la salud comunitaria. *Salud Colectiva* [en línea]. 2018 [citado 28 Jul 2021]; 14 (1): 121-137. doi: 10.18294/sc.2018.1210
22. Buzai G, Lanzelotti S, Humacata L, Montes E, Principi N, editores. Teoría y métodos de la geografía cuantitativa. Libro 2: Por una geografía empírica [en línea] Argentina: Instituto de Investigaciones Geográficas; 2019 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Gustavo_Buzai/publication/333917557_Teoria_y_metodos_de_la_Geografia_Cuantitativa_Libro_2_Por_una_Geografia_empirica/links/5d0c968692851cf4403e592e/Teoria-y-metodos-de-la-Geografia-Cuantitativa-Libro-2-Por-una-Geografia-empirica.pdf#page=60
23. Mejía R. Sistemas de información geográfica y su aporte a la salud pública en El Salvador. *Rev ALERTA* [en línea] 2019 [citado 28 Jul 2021]; 2(1):71-74. doi: 10.5377/alerta.v2i1.7533
24. Myrie Sánchez D. Opciones para gestionar alternativas que rindan información de causas de muertes con ayuda de los sistemas de información geográfica en el distrito de Arraiján durante el período 2015-2017 [tesis de Maestría en línea]. Panamá: Centro Regional Universitario de Panamá Oeste, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado; 2019 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: <http://up-rid.up.ac.pa/1776/1/dumas%20myrie.pdf>
25. Barrera S. Reflexiones sobre Sistemas de Información Geográfica Participativos (SIGP) y cartografía social. *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr* [en línea]. 2009 [citado 28 Jul 2021]; 18 (1): 9-23. Disponible en: http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/357/Barrera%20Lobaton_SIGP%20y%20Cartog%20social.pdf?sequence=1&isAllowed=y

26. Ramírez A, Choperana D. Importancia de los sistemas de información geográfica en el Sistema Nacional de Salud en México. Boletín Conamed [en línea]. 2019 [citado 28 Jul 2021]. 5: 150-155. Disponible en: http://www.conamed.gob.mx/gobmx/boletin/pdf/boletin26/Besp26_18.pdf
27. Betancourt Y, González L, Morales R, Torres Y. Estratificación de territorios basada en indicadores de salud sobre el Sistema de Información Geográfica QGIS. Revista Cubana de Ciencias Informáticas [en línea]. 2016 [citado 28 Jul 2021]; 10 (1): 163-175. Disponible en: http://scielo.sld.cu/sciFelo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000600013
28. Cuello L, Gudiño M. Los sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta para el ordenamiento territorial y la salud pública. Seminario internacional de ordenamiento territorial [en línea]. 2010 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10881/01e3cuello-gudio.pdf
29. Aránguez E, García A, Gilarranz J, Ordoñez J, editores. Salud y territorio. Aplicaciones prácticas de los sistemas de información geográfica para la salud ambiental [en línea]. España: Sociedad Española de Sanidad Ambiental; 2012 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/232724423_Salud_y_Territorio_Aplicaciones_practicas_de_los_Sistemas_de_Informacion_Geografica_para_la_Salud_Ambiental
30. Rodríguez Pérez J. Sistemas de información geográfica (SIG) en salud como estrategia de seguimiento en maternidad saludable. Secretaria de Salud. Soacha, Cundinamarca [tesis de Maestría en línea]. Colombia: Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería; 2017. [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3126/rodriguez_juan_gabriel_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
31. Córdoba L. Uso de los sistemas de información geográfica en estudios de salud ocupacional y ambiental. Revista salud, trabajo y ambiente [en línea]. 2015 [citado 28 Jul 2021] 13. Disponible en:

<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/11472/17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

32. Granados J. Estudio sobre uso y aplicación de sistemas de información geográfica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, sede central [tesis Ingeniería en línea]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería; 2010 [citado 12 Jul 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0493_CS.pdf
33. Municipalidad de Guatemala. Memoria de labores 2020: Guatemala. Municipalidad de Guatemala; 2020 [en línea]. [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: http://docs.muniguate.com/2021/memoria/arch/Direcci%C3%B3n_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica_Municipal.pdf
34. Calderón E, Álvarez E, Axpucac J. Utilización de los sistemas de información geográficos (SIG) para la propuesta del manejo de los recursos naturales renovables de la parcialidad Chipucac del municipio de Totonicapán [tesis de Maestría en línea]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería; 2011 [citado 12 Jul 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0213_MT.pdf
35. Cúellar L, Concepción M, Ramírez B, Álvarez Valdez A, Díaz C. Los sistemas de información geográfica y su empleo en un sistema de vigilancia integrado para la prevención del dengue en un municipio de Ciudad de la Habana. Geofocus [en línea]. 2009 [citado 10 Ago 2021]; 9 (1): 166-183. Disponible en: <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional-emergencias/files/documentos/publicaciones/Los%2BSIG%2By%2Bsu%2Bempleo%2Ben%2Bun%2BSistema%2Bde%2BVigilancia%2BIntegrado%2Bpara%2Bla%2BPrevenci%C3%B3n%2Bdel%2BDengue.pdf>
36. Molina I. Los sistemas de información geográfica en epidemiología. RESPYN [en línea]. 2001 [citado 28 Jul 2021]; 2 (2): 1-6. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2001/spn012f.pdf>
37. Garzón Paz J. La actual geografía de la salud, los sistemas de información geográfica y su aplicación teórico-práctica en el manejo de la pandemia a causa del COVID-19. [tesis

- de Ingeniería en línea]. Colombia: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ciencias Ambientales y de la Sostenibilidad; 2021 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/3960/Monograf%c3%ada%20GE O%20SALUD%20SIG%20COVID19_JORGE%20GARZON_Rp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
38. Organización Panamericana de la Salud. Sistema de Información Geográfica en epidemiología y salud pública [en línea]. Washington: AIS/OPS; 2003 [citado 10 Ago 2021]. Disponible en: <https://ais.paho.org/sigepi/sp/sigepi/download/Manual%20de%20Usuario.pdf>
39. Covid-19-risk. Mapa de riesgo de propagación de COVID-19 por contagio comunitario en España. [en línea]. España: [s.e.]; 2020 [citado 09 Ago 2021]. Disponible en: <https://covid-19-risk.github.io/map/spain/es/>
40. Ehlers M. El desarrollo de los SIG en Europa [en línea]. Alemania: Universidad de Vechta; [s.f.]. [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/15800/GMENTS.DOC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
41. Garcia C, Olivella R. SIG y epidemiología en tiempos del COVID-19. [en línea]. España: UNIGIS Girona; 2020 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: <https://www.unigis.es/sig-y-epidemiologia-en-tiempos-del-covid-19/>
42. ERDAS Guide Field. Sistemas de información geográfica. [en línea] Georgia, Atlanta: 1999. [citado 12 Oct 2021]. Disponible en: [http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4023/11%20sistemas%20de%20informacion%20geografica(2).pdf)
43. Loyola E, Castillo C, Nájera P, Vidaurre M, Mujica O, Martínez, R. Los sistemas de información geográfica como herramienta para monitorear las desigualdades de salud. RPSP [en línea]. 2002 [citado 10 Ago 2021]; 12 (6): 415-428. Disponible en:

<https://iris.lopaho.org/bitstream/handle/10665.2/9954/a09v12n6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

44. De Elia E, Elorza C, Horlent N, Lamaro A, Lanfri M, Lanfri S, et al, editores. Epidemiología panorámica, introducción al uso de herramientas geoespaciales aplicadas a la salud pública [en línea]. Argentina: Ministerio de Salud de la Nación; 2014 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: https://regionsanitaria1.com/datos epidemio/Epidemiologia_Panormica.pdf
45. La calidad de la información geográfica en América Latina [en línea]. 2016 [citado 28 Jul 2021]. España: nosolosig.com; 2016. Disponible en: <https://www.nosolosig.com/noticias/713-la-calidad-de-la-informacion-geografica-en-america-latina>.
46. Organización Mundial de la Salud. Estrategia de cooperación [en línea]. Brasil. Ginebra: OMS; 2017 [citado 12 Oct 2021] Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255637/ccsbrief_bra_es.pdf;jsessionid=9DC5357C39297C5BDB07232093A629CA?sequence=1
47. Organización Panamericana de la Salud. Desarrollo de sistemas y servicios de salud [en línea]. Brasil: OPS; 2006 [citado 10 Ago 2021]. Disponible en: http://189.28.128.100/dab/docs/publicacoes/geral/serie_tecnica_11_esp.pdf
48. Ramírez M. La moderna geografía de la salud y las tecnologías de la información geográfica. FERMOZA [en línea]. 2006 [citado 10 Ago 2021]; 4 (1): 53-64. Disponible en: <https://hum.unne.edu.ar/investigacion/geografia/labtig/publicaciones/public17.pdf>
49. Organización Panamericana de la Salud. Sistemas de salud y protección social en salud. [en línea]. Washington, DC. OPS; 2017 [citado 15 Ago 2021]. Disponible en: https://www3.paho.org/salud-en-las-americas-2012/index.php?option=com_content&view=article&id=59:health-systems-and-social-protection-in-health&Itemid=164&lang=es.

50. Aránguez E, Soto M, Iriso A, de Paz C, García J. Sistemas de información geográfica y salud pública en la comunidad de Madrid. CORE [en línea]. 2005 [citado 10 Ago 2021]; 12 (1): 197-146. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/58902406.pdf>
51. Cerda J, Valdivia G. John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna. REVINF [en línea]. 2007 [citado 30 Ago 2021]. Disponible en: [http://www.ph.ucla.edu/epi/snow/revchilenainfectol24\(4\)_331_4_2007.pdf](http://www.ph.ucla.edu/epi/snow/revchilenainfectol24(4)_331_4_2007.pdf)
52. Pedregal B, Vallejo I. Introducción al programa ArcView [en línea]. España: Universidad de Sevilla; 2021 [citado 12 Oct 2021]. Disponible en: <http://www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/IntroduccionArcView32-BP-IV.pdf>
53. CONRED. Funcionamiento del Departamento de Sistemas de Información Geográfica - SIG- Notas de Prensa [en línea] Guatemala: Conred; 2021 [citado 12 Oct 2021]. Disponible en: <https://conred.gob.gt/funcionamiento-del-departamento-de-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>
54. Erba D, editor. Sistemas de información geográfica aplicados a estudios urbanos, experiencias latinoamericanas [en línea] Brasil: Instituto Lincoln; 2006 [citado 12 Oct 2021]. Disponible en: https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/sistemas-de-informacion-geografica-estudios-urbanos-full_0.pdf
55. Guatemala. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Sistema de Información Gerencial de Salud [en línea]. Guatemala: MSPAS; 2020 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: <https://sigsa.mspas.gob.gt/sigsa/que-es-sigsa>
56. Sistemas de información geográfica [en línea]. México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; 2015 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: <https://www.uacj.mx/ICB/UEB/documentos/8.%20SIG.pdf>
57. gisandbeers.com, Aplicaciones de los SIG en la salud pública [en línea]. [s.l.]: ArcGirs; 2016 [citado 28 Jul 2021]. Disponible en: <http://www.gisandbeers.com/aplicaciones-de-los-sig-en-la-salud-publica/>

58. Bustein T. Sistemas de información geográfica y su aplicación en la salud pública. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [en línea]. 2002 [citado 28 Jul 2021]; 19 (3): 107. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342002000300001
59. Aránguez E, Arribas M, Estirado A, Abad I, Soto M. Sistemas de información geográfica en salud pública: Su aplicación al programa de vigilancia de la legionelosis. *Rev Salud de Ambiente* [en línea]. 2006 [citado 28 Jul 2021]; 6 (1): 11-16 . Disponible en: <https://ojs.diffundit.com/index.php/ras/article/view/288/248>
60. Gutiérrez M. Geosalud, Desarrollo y aplicación de sistemas de información geográfica en salud pública *Espacios* [en línea]. 2009 [citado 30 Ago 2021]; 22(1): 44-47. Disponible en: https://archivo.estepais.com/inicio/historicos/220/11_espacios_sistemas.pdf
- Londoño L, Horfan D, Arroyave J, Longas D. Sistemas de información geográfica (SIG) y teoría de percolación aplicados al estudio de fenómenos de propagación en epidemiología. *DYNA* [en línea]. 2007 [citado 30 Ago 2021]; 4 (1): 23-32. Disponible en: [https://revistas.unal.edu.co > article > download](https://revistas.unal.edu.co/article/download)
62. Hino P, Scatena T, Sasaki C, Nogueira J, dos Santos C. Geoprocesamiento aplicado en el área de salud. *Rev Latino-am Enfermagem* [en línea]. 2006 [citado 30 Ago 2021]; 14 (6):1-6. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/XwwGhR3rDb7BG4GjFMq3JFh/?format=pdf&lang=es>
63. Araujo G, Echeverry J, Rios A. Propuesta metodológica para la implementación del sistema de georreferenciación de la vigilancia en salud pública en el municipio de Neiva. [tesis de Maestría en línea]. Colombia: Universidad Surcolombiana, Facultad de Salud; 2007 [citado 30 Ago 2021]. Disponible en: <https://contenidos.usco.edu.co/salud/images/documentos/grados/T.G.Epidemiologia/27.T.G-Gloria-Esperanza-Araujo-Coronado-Jorge-Enrique-Echeverry-Salamanca-Astrid-Rios-Varon-2007.pdf>

- de Pina M, Ferreira S, Correira A, Castro A. Epidemiología espacial: nuevos enfoques para viejas preguntas. *Rev Univ Odontol* [en línea]. 2010 [citado 30 Ago 2021]; 29 (63): 47. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es> › descarga › artículo
65. Fernández H. Sistema de Información Geográfica para la gestión de la estadística de salud de Cuba. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* [en línea]. 2006 [citado 30 Ago 2021]; 44 (3): [9]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2232/223220189006.pdf>
66. Becerril V, Medina G, Aquino R. Sistema de salud de Brasil. *Salud Publica Mex* [en línea]. 2011 [citado 20 Oct 2021]; 53 (2): s120-s131. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000800008
67. Oriundo W. Uso del sistema de información geográfica (SIG) para la vigilancia y monitoreo del Aedes Aegypti en el distrito de Santa Anita – Lima Perú. [tesis de Maestría en Línea]. Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal, Escuela universitaria de Posgrado; 2018 [citado 20 Oct 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3062>
68. Perú. Dirección General de Gestión del Riesgo de Desastres y Defensa Nacional en Salud. El centro de operaciones de emergencia en salud implementa sistema de información geográfica [en línea]. Perú: DIGERD; 2018 [citado 20 Oct 2021]. Disponible en: <http://www.minsa.gob.pe/digerd/?op=61¬=238>
69. Hernández A, Azañedo D, Bendezú G, Pacheco J, Chaparro M. Sistemas de información geográfica. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [en línea]. 2016 [citado 20 Oct 2021]; 33 (4): 735-731. doi: 10.17843/rpmesp.2016.334.2558
70. Londoño L, Restrepo C, Marulanda E. Distribución espacial del dengue basado en herramientas del sistema de información geográfica, Valle de Aburrá, Colombia. *Rev Fac Nac Salud Pública* [en línea]. 2014 [citado 20 Oct 2021]; 32 (1): 7-15. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/15464>

71. Iñigo L, Barcellos C. Geografía y salud en América Latina: evolución y tendencias. RCSP [en línea]. 2003 [citado 20 Oct 2021]; 29 (4). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662003000400007
72. Puppim L, Guerra A, Magalhães D, Sanchez M. Sistemas de información geográfica (SIG) aplicados a la vigilancia zoonositaria. Unidad Técnica de Epidemiología, PANAFTOSA – OPS/OMS [en línea]. 2016 [citado 20 Oct 2021]. Disponible en: <http://www.panaftosa.org/cosalfa43/dmdocuments/8SEMINARIO%20PRE%20COSALFA%2043%20Poster.pdf>
73. Cuéllar L, Gutiérrez T. Desarrollo de la geografía médica o de la salud en Cuba. Rev Cubana Hig Epidemiol [en línea]. 2014 [citado 30 Ago 2021]; 52 (3): 388-401. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300011
74. Buzai G, Robinson D. Sistemas de información geográfica en América Latina (1987-2010). Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG) [en línea]. 2010 [citado 30 Ago 2021]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/eventos/2011/infogeo/MagistralBuzai_Robinson.pdf

Anexos

Tabla 1. Términos de búsqueda

Tipo	Término utilizado	Número de artículos
Todos los artículos	(sin filtro)	907
Ensayo clínico controlado	Ensayo clínico controlado usando Sistema de información Geográfica (SIG's) [DeCS]	50
Estudio de cohorte	Estudios de Cohorte y Sistema de información Geográfica (SIG's) [DeCS]	37
Estudio de casos y controles	Estudios de Casos y Controles del uso Sistema de información Geográfica (SIG's) [DeCS]	25
Guía práctica clínica	Guía práctica clínica y Sistema de información Geográfica (SIG's) [DeCS]	18
Revisión sistemática	Sistema de información Geográfica (SIG's) [DeCS]	30

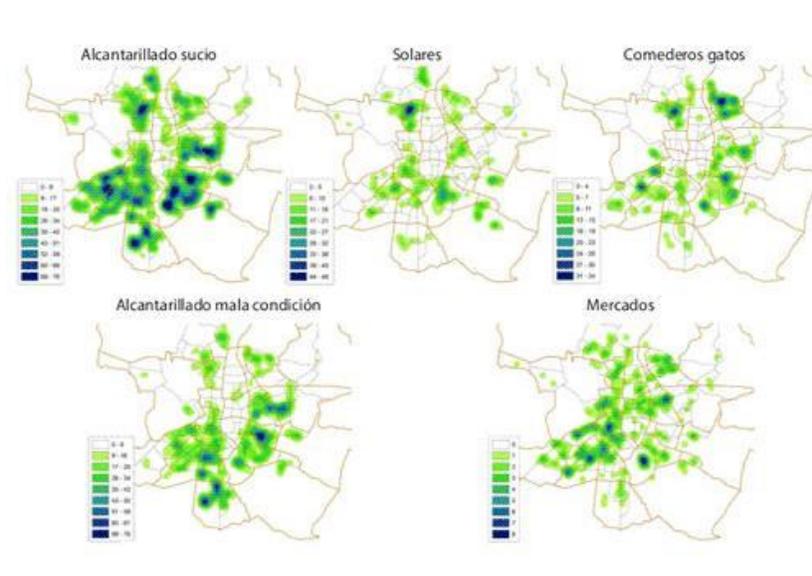
Fuente: elaboración propia según los resultados de la base de datos de Descriptores en Ciencias de la Salud de la Biblioteca Virtual en Salud

Tabla 2. Matriz del tipo de artículos utilizados según tipo de estudio.

Descriptor (DeCs)	Calificadores permitidos	Operadores Lógicos
“Sistemas de información geográfica”	Clasificación Estadística y datos numéricos Instrumentación Normas Provisión & distribución Ética Topografía médica	Se utilizará el Operador NOT
“Mapeo geográfico”	Economía Historia Legislación y jurisprudencia Organización y administración Tendencias Topografía médica	“Sistemas de información geográfica” AND “Salud Pública”
“Salud Pública”	Clasificación Educación Historia Estadística y datos numéricos Normas Ética Economía	“Guatemala” AND “Sistemas de Información Geográfica”

Fuente: elaboración propia según los resultados de la base de datos de Descriptores en Ciencias de la Salud de la Biblioteca Virtual en Salud

Anexo No. 1 Álgebra de mapas/proliferación de ratas



Fuente: Gis&Beers. Aplicaciones de los SIG en la salud pública [Internet]. 2016 [citado 12 julio 2021]. Disponible en: <http://www.gisandbeers.com/aplicaciones-de-los-sig-en-la-salud-publica/>

Anexo No. 2 Componentes de SIG



Fuente: Cidead. Geografía e historia [Internet]. S.f. [citado 12 julio 2021]. Disponible en: <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3eso/historia/quincena1/imagenes1/1b-sig/index.htm>

Índice de tablas

Tabla 1. Términos de búsqueda	70
Tabla 2. Matriz del tipo de artículos utilizados según tipo de estudio.....	71

Índice de figuras

Figura 1. El sistema operativo, hardware y software.....	14
Figura 2. Interface de relación del programa ArcView con el usuario	15
Figura 3. Diagrama de flujo y programas computacionales utilizados en las fases del método combinado	29
Figura 4. Trazos generalizados y nodos encontrados en especies de Psorophora.	31
Figura 5. Análisis de proximidad en cuerpos de agua	33
Figura 7. Superposición	35
Figura 8. Reporte del SIG implementado en Cuba	39
Figura 09. SIG de Chile	41
Figura 10. Mortalidad infantil (por 1 000 nacidos vivos) en Brasil, por unidades geográficas subnacionales de segundo nivel, 1998.....	46
Figura 11. Mapa de casos de dengue de San Salvador.....	51
Figura 12. Causas de mortalidad (descripción espacial)	51
Figura 13. Mapa de riesgos ante COVID-19	52
Figura 14. Sobrecarga del sistema sanitario en España	53

Siglarlo

No.	Sigla	Significado
1	SIG	Sistema de Información Geográfica
2	DeCS	Descriptores en Ciencias de la Salud
3	SIGP	Sistema Integrado de Gestión de Personal
4	ISSN	International Standard Serial Number
5	CAD	Diseño Asistido por Computadora
6	AM	Amplitud Modulada
7	FM	Frecuencia Modulada
8	AM/FM	Automated Mapping/Facilities Management
9	VIH	Virus de la Inmunodeficiencia Humana
10	SIDA	Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida
11	INCAN	Liga Nacional Contra el Cáncer
12	IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
13	SIGSA	Sistema de Información Gerencial de Salud