

Implementación de un sistema de georreferenciamiento de cáncer en la ciudad de Bahía Blanca y la zona

A. G. Stankevicius, M. Capobianco, N. Martinez,
M. Sepúlveda, M. Biaggioni y H. Romano

ags@cs.uns.edu.ar, mc@cs.uns.edu.ar,
nicolas.anibal.martinez@gmail.com, marcesepu@live.com,
martin_biaggioni@yahoo.com.ar, horaciojromano@gmail.com

Universidad Nacional del Sur – Bahía Blanca – Argentina

Resumen: El cáncer es una enfermedad que se presenta de diferentes formas y orígenes, con evidencias de ir en aumento su incidencia. La relación entre esta enfermedad y factores socio-ambientales es muy fuerte, por lo que la información sobre cáncer es de vital importancia para una comunidad.

Aunque existen varias maneras de abordar el tema, sin embargo es difícil desarrollar una modalidad que permita de manera rápida y efectiva relacionar en lugar y tiempo la aparición de nuevos pacientes, lo cual permitiría en el futuro realizar hipótesis de trabajo sobre factores sociales o ambientales relacionados con esta patología.

En consecuencia hemos trabajado en el desarrollo e implantación de un Sistema de Información Geográfico Integral en base a datos aportados por servicio de anatomía patológica y oncología de pacientes con cáncer, contando con datos espaciales y temporales de vivienda y trabajo. El objetivo final es que el sistema aporte datos útiles para realizar registro y detección de asociaciones de cáncer y posibles focos contaminantes.

Palabras Clave. Georreferenciamiento, Sistemas de información, Epidemiología ambiental.

1 Introducción

Los trabajos actuales sobre cáncer muestran sólo la incidencia de esta enfermedad, pero no la relación con el lugar de trabajo y residencia de las personas teniendo en cuenta la estrecha relación del cáncer con factores ambientales y de hábitos. Se debe considerar que hoy en día existen importantes desarrollos tecnológicos que permiten relacionar la epidemiología, la estadística y la informática. Los sistemas de información geográficos (SIG, por sus siglas [19]) son sistemas para la recopilación, almacenamiento, integración, análisis y presentación de datos referenciados en el espacio. Uno de los campos de mayor aplicación es la epidemiología ambiental.

Según López-Abente [1]: *“La representación gráfica de la distribución espacial de las enfermedades ha sido y es de un gran interés para:*

1. *mostrar geográficamente las tasas de incidencia o mortalidad con objetivos puramente descriptivos (mapas de enfermedades);*
2. *formular hipótesis relacionadas con la etiología de la enfermedad que se estudia (mediante su relación con fenómenos ambientales o locales que geográficamente conectados que puedan tener relación con la enfermedad);*
3. *documentar o establecer el marco de estudios de epidemiología ambiental y espacial.*

Las hipótesis derivadas de los estudios descriptivos han de ser comprobadas por métodos rigurosos como los estudios de casos y controles, de cohortes o de intervención”.

Existe hoy factibilidad de desarrollar herramientas que permitan realizar una localización precisa a partir de la recopilación de datos reales mediante una aplicación web que pueda ser accedida por los diferentes actores del sistema de salud público y privado de la ciudad. Este sistema debe permitir realizar en forma ágil y dinámica la carga de los datos y poseer un alto grado de usabilidad. En la información capturada debemos agregar elementos como el domicilio particular y laboral, lo cual permite el diseño de un mapa de vigilancia continua, que refleje en tiempo real la incidencia de tumores en las distintas aéreas de un dado municipio.

La importancia y originalidad de este estudio radica en la escasa experiencia mundial en cuanto a realizar la investigación de forma prospectiva utilizando los datos de anatomía patológica y no los datos de los certificados de defunción. Según Manterola en su tesis doctoral [2] las dificultades para la descripción de cáncer a partir de los certificados de defunción son los datos poco útiles que se pueden hallar, así como la dificultad para distinguir entre distintos tipos de cánceres y además la presencia importante sólo de los cánceres más graves y letales. Hoy en día se puede recopilar la información de forma tal que se incorporen los datos de manera continua en los diferentes centros (esto es, realizando un seguimiento de los pacientes por medio de los médicos, patólogos, especialistas en imágenes, etc), logrando así un sistema de actualización permanente en materia de tumores. Por medio de estos datos es factible identificar fuentes de contaminación u otros fenómenos que pudieran estar relacionados con las enfermedades y así establecer relaciones directas.

Debido a importantes avances en los sistemas de información en varios lugares del mundo se han desarrollado o se encuentran en desarrollo estudios de georreferenciamiento. Algunas de estas experiencias se pueden observar en los documentos técnicos de salud pública de la ciudad de Madrid [1]. Este documento reseña la experiencia de una aplicación técnica de análisis espacial a la mortalidad de cáncer en Madrid concluyendo en la localización en determinadas aéreas de la ciudad de dos tipos diferentes de cáncer (mesotelioma y linfomas). Esto es de suma importancia dado que la epidemiología descriptiva del cáncer caracteriza la incidencia y mortalidad por persona, lugar y tiempo. Al monitorear en función de características demográficas (edad, sexo, status socioeconómico), localización y tendencias en el tiempo, las estadísticas proveen pistas o hipótesis sobre causas del cáncer, y colaboran en la definición de prioridades y en la toma de decisiones, así como en la evaluación de la efectividad de los esfuerzos de control del cáncer. Conocer la ubicación exacta de los focos conta-

minantes es esencial para obtener información fiable y válida conclusiones en un estudio donde la distancia al foco es un factor decisivo. Además, el estudio de la morbilidad y mortalidad por cáncer pudiendo asociarlos geográficamente permitiría descubrir, de existir un agrupamiento de datos, los posibles focos contaminantes, por lo cual es una herramienta útil para la vigilancia del medio ambiente, y sirve para destacar las áreas de interés susceptibles de ser investigadas. Permite además contar con una valiosa información para monitorizar las tendencias temporales y la distribución geográfica del cáncer en nuestra región y desarrollar futuras investigaciones sobre las causas posibles de cáncer de origen ambiental.

Según Feja Solana en el trabajo Desigualdades geográficas en mortalidad e incidencia por cáncer de laringe en varones: factores socioeconómicos y ambientales [4] la relación entre las variables socioeconómicas y ambientales como factores de riesgo para cáncer es muy clara. Esta afirmación coincide con lo expresado por varios autores: Morera Salas [5]; Benedetti [7]; Signorino [8]; Dai y Oyana [9] quienes en distintos lugares del mundo concluyen de forma similar en cuanto al factor de riesgo de donde se vive. Se evidencia entonces que mundialmente se comienza a estudiar el desplazamiento de los trabajadores y la incidencia de cáncer asociada a su actividad laboral.

En resumen, la investigación sobre cáncer es una necesidad que tanto la ciencia como la comunidad están requiriendo. La aparición de conceptos de riesgo e incertidumbre lleva a buscar nuevas maneras de investigar desde el punto de vista epidemiológico cuanto, a quien y donde viven y trabajan aquellos que presentan esta patología [9]. El enfoque de estudio de tipo sistémico es estudiar la salud en un contexto ambiental, que permita tener más allá del individuo la visión como grupo. La importancia justamente reside en la posible prevención de esta enfermedad que es la tercera causa de muerte y de una alta incidencia de sufrimiento y discapacidad.

En esta publicación reseñamos la experiencia del desarrollo y la implantación de un sistema de georreferenciamiento de cáncer en la ciudad de Bahía Blanca y la zona. En la sección 2 comunicamos brevemente cómo se realizó el desarrollo del sistema y cuáles son las principales características del producto obtenido. En la sección 3 hacemos énfasis en las decisiones que se tomaron para salvaguardar la seguridad de los datos, algo fundamental en este tipo de aplicaciones que manejan datos sensibles. La sección 4 cuenta brevemente como fue la etapa de carga de datos realizada hasta el momento y la puesta en práctica del sistema. Finalmente la sección 5 presenta las conclusiones obtenidas con este proyecto.

2 Desarrollo del sistema

El objetivo principal de nuestro trabajo consistió en desarrollar un sistema de georreferenciamiento de incidencia del cáncer en la ciudad de Bahía Blanca. Para ello se formó un grupo de trabajo interdisciplinario compuesto por profesionales e investigadores de las áreas de ciencias de la salud, informática, geografía y estadística. Por otra parte otro de los objetivos fue lograr que el sistema fuera puesto en práctica en la

ciudad de Bahía Blanca, de forma tal que los distintos profesionales involucrados con la problemática de salud abordada cargaran datos en el sistema de forma rutinaria, reflejando los distintos casos y permitiendo que se pudiera realizar un seguimiento de los mismos. En sentido se involucró desde el comienzo a los distintos actores en el proceso de obtención de requerimientos del sistema, concertándose reuniones con médicos oncólogos, patólogos y directores de los principales hospitales de la ciudad. Se utilizó una metodología ágil, en particular Scrum [10], con una gran colaboración por parte de los usuarios dentro del proceso de desarrollo. De esta forma fue posible identificar los requerimientos del sistema de manera efectiva.

Dentro de los requerimientos relevados se destacan los siguientes:

- El sistema debe ser un accedido por la web a fin de que pueda estar disponible online para los distintos usuarios que se encargarán de la carga de datos.
- Se debe permitir una visualización de los casos registrados en el mapa de la ciudad, mostrando diferentes barrios o zonas de la misma y la incidencia de casos correspondientes.
- El sistema debe posibilitar separar la información en diferentes capas temáticas y almacenarlas independientemente, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente por medio de una visualización efectiva de la misma.
- Se debe permitir el acceso desde diferentes plataformas y navegadores.
- Debido a que se almacenarán datos de suma sensibilidad, el sistema debe brindar especial énfasis a la seguridad de los datos y a salvaguardar la privacidad de los pacientes involucrados.
- Se debe elegir un conjunto interesante de consultas que puedan posibilitar el posterior análisis de los datos por parte de los profesionales de la salud involucrados.
- Se busca optimizar la usabilidad del sistema sobre todo en lo concerniente a la carga de los datos por parte de los diferentes profesionales de la salud para favorecer su adopción.
- Es importante que el sistema sea modificable para poder con el tiempo irlo adaptando a nuevos tipos de consultar o a nuevos requerimientos por parte de sus usuarios.

2.1 Arquitectura del sistema

Considerando los requerimientos del sistema resultó natural modelarlo mediante una arquitectura cliente servidor. Se decidió además usar el lenguaje de programación PHP [14], el framework `cakePHP` [13], las librerías de georreferenciamiento de `Google Maps` [15], el motor de base de datos `MySQL` [16] y el servidor web `Apache` [17].

Cabe aclarar que desde el comienzo del proyecto se optó por usar herramientas estándares, y en su mayoría de código abierto, dado que esto favorece varias propiedades interesantes como son la interoperabilidad, la auditabilidad, la seguridad y la flexibilidad. Por otra parte accedemos además al soporte que la comunidad de usuarios y desarrolladores brinda a cada uno de estos productos, los cuales poseen una

excelente documentación y además foros de soporte, wikis y/o newsgroups especializados.

Tanto PHP como el servidor web Apache y el motor de base de datos MySQL son productos de excelente desempeño y probada trayectoria. En el caso de las librerías de georreferenciamiento se decidió usar las provistas por Google Maps junto con los mapas digitalizados provistos por Google que se han convertido en una opción estándar para gran número de aplicaciones.

El framework CakePHP fue elegido por ser un producto concebido para el desarrollo rápido de aplicaciones mediante PHP que pone a disposición de los desarrolladores un conjunto interesante de herramientas y les permite concentrarse rápidamente en la lógica de la aplicación. Posee además un equipo de desarrollo y una comunidad muy activa. Usar CakePHP significa que el núcleo de la aplicación será sumamente confiable y estará siendo constantemente mejorado y corregido. Además las aplicaciones desarrolladas usando este framework siguen el patrón de diseño *Model-View-Controller* [11], lo cual nos brinda la ventaja de trabajar con un patrón ampliamente aceptado y verificado.

A continuación reseñamos las principales consideraciones que se realizaron en el ámbito del modelo, la vista y el controlador para esta aplicación en particular:

- **Modelo:** es el encargado de realizar todas las validaciones de los datos de entrada, brindando así mayor seguridad. La forma en que está desarrollado permite además que la aplicación sea fácilmente extensible para que pueda ser ofrecida y consumida desde otras aplicaciones en futuros proyectos.
- **Vista:** en este ámbito se puso especial atención sobre dos problemáticas recurrentes en el desarrollo Web, como permitir la correcta visualización de la aplicación en los distintos navegadores y respetar los estándares del W3C en lo concerniente a HTML y CSS [12]. Se prestó especial atención con respecto a las validaciones del lado del cliente, minimizando cualquier tipo de validación que pudiera poner en riesgo el sistema. En el cliente se realizan sólo validaciones que permitan asistir al usuario al momento de completar los datos en los formularios.
- **Controlador:** en este componente se siguieron recomendaciones de desarrollo propugnadas por CakePHP, tales como la utilización de consultas generadas a partir del framework, uso de funciones predefinidas y convenciones en el mismo. Se utilizaron los beneficios de CakePHP, usando métodos predefinidos para la protección con respecto de ataques del tipo SQL injection.

Finalmente, se muestra a continuación la principal vista arquitectónica del sistema desarrollado (ver Fig. 1), para brindar así una perspectiva general de los componentes y conectores que conforman al sistema desarrollado, que se denominó **GeoCan**.

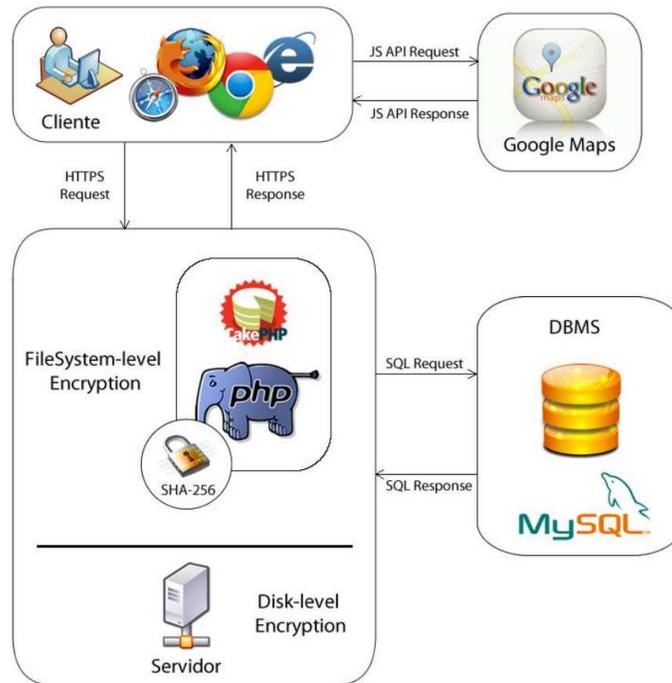


Fig. 1. Vista arquitectónica de componentes y conectores del sistema **GeoCan**

2.2 Características del programa desarrollado

La solución propuesta consiste entonces en un sistema cliente servidor en el cual los distintos usuarios del sistema pueden interactuar de manera remota para cargar/ recuperar datos y/o realizar consultas.

Con respecto a los datos almacenados, por cada paciente se eligió registrar:

- Numero de documento (DNI)
- Edad de diagnostico
- Genero
- Dirección de vivienda (de los últimos 5 años)
- Dirección de Trabajo (de los últimos 5 años)
- Diagnósticos de cánceres con codificación OMS
- Antecedentes (personales y familiares de cáncer, tabaquismo, consumo de alcohol, nivel de actividad física)
- Evolución del caso

La base de datos del programa (en la **Fig. 2.** Modelo de datos de **GeoCan**, se puede apreciar el modelo de datos utilizado) almacena entonces los registros de los pacien-

tes, y permite dar de alta un paciente, consultar y/o modificar sus datos y diagnósticos (OMS) asociados.

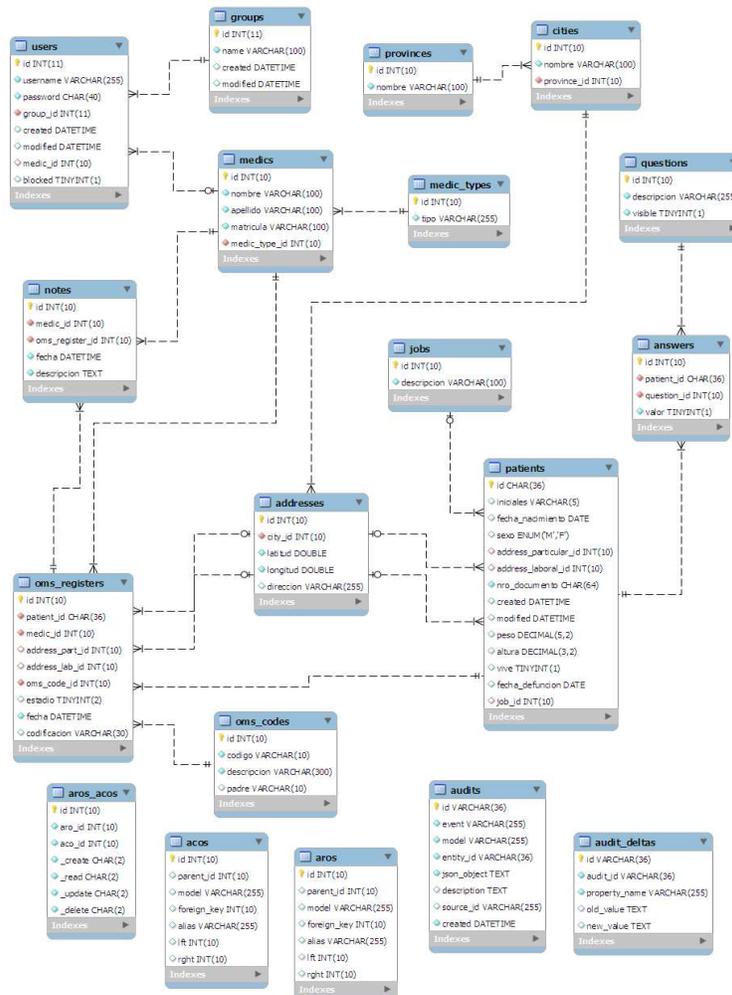


Fig. 2. Modelo de datos de GeoCan

Antes de poder ingresar al sistema los usuarios deben autenticarse de la manera usual. Los usuarios en **GeoCan** se dividen en tres grupos con diferentes privilegios (administradores, médicos y ayudantes). Una vez que el usuario ingresa se visualiza una pantalla con opciones amigables para el acceso a las principales funcionalidades del sistema (ver Fig. 3):



Fig. 3. Pantalla principal del sistema GeoCan

- **Búsqueda:** permite realizar la búsqueda de un paciente por su DNI. Si el paciente existe se da la opción de visualizar su ficha (pudiendo luego editar los datos si se desea) o agregar un nuevo OMS (esto es cargar un nuevo diagnóstico, dado que un paciente puede tener más de un diagnóstico de cáncer asociado). Si el paciente no existe da la opción de realizar un alta de ese paciente.
- **Alta Paciente:** permite ingresar al sistema un nuevo paciente. Para esto se solicitan los datos mediante un formulario. Algunos datos son obligatorios para poder realizar el alta mientras que otros son opcionales. En la figura que se muestra a continuación se puede apreciar el formulario de alta de pacientes. Merece especial mención el ingreso de las direcciones (particular y laboral) dado que se deberán ingresar por provincia, ciudad, calle y altura, y luego presionar un botón para realizar una verificación de la misma. Luego el sistema informa si la dirección pudo ser geolocalizada o no. La geolocalización se realiza por medio de la API de Google y se guarda en la base de datos. En caso de que la dirección exista, nos aparecerá un nuevo icono, con el cual podemos observar en el mapa la ubicación de la dirección ingresada simplemente desplazando el cursor del ratón encima de dicho icono (ver Fig. 4. Alta de un paciente). También se diseñaron dos tipos de ayuda para hacer mejorar la usabilidad del sistema en el caso de ingreso de los códigos OMS asociados a los pacientes, mediante autocompletamiento o selección en forma jerárquica.
- **Contacto:** permite enviar un mensaje al soporte técnico del sistema.
- **Estadísticas:** permite realizar consultas estadísticas sobre los datos almacenados en el sistema. A continuación tallaremos esta funcionalidad, que es una de las más interesantes del sistema.

En la sección “*Estadísticas*” el usuario puede visualizar en un mapa los datos de los pacientes ingresados en el sistema. Adicionalmente se podrán observar estadísticas referidas a las edades de los pacientes, géneros y demás información. Por defecto el sistema realiza una búsqueda sin filtros. Para realizar una búsqueda específica de Visualizaciones deberá completar algunos de los filtros mediante la opción “*Filtrado*”.

Información Básica

Número De Documento*

Iniciales*

Fecha De Nacimiento*

Sexo* Masculino Femenino

Peso (Kg.)

Altura (Mts.)

Ocupación

Fallecido* No Si

Fecha De Defunción

Dirección Particular

Buenos Aires

Dirección Laboral

Buenos Aires

Información Adicional

¿Fumó en los últimos diez años? Si No No Contesta

¿Bebe más de 50gr. de alcohol por día? Si No No Contesta

¿Realiza al menos una hora y media de ejercicio por semana? Si No No Contesta

¿Tiene antecedentes personales de cáncer? Si No No Contesta

¿Tiene antecedentes familiares de cáncer? Si No No Contesta

Bebe frecuentemente u ocasionalmente 40g de alcohol/día? Si No No Contesta



Fig. 4. Alta de un paciente

Para representar en el mapa los pacientes ingresados, el sistema presenta distintas opciones de visualización. La primera corresponde al estilo con agrupamiento, en el cual los puntos que se encuentren dentro de un radio cercano serán agrupados en un único marcador con un indicador numérico (ver Fig. 5). El agrupamiento se ve afectado por el nivel de zoom del mapa, es decir, si se realiza un acercamiento los puntos se irán desagrupando y si se realiza un alejamiento, los mismos se irán juntando.

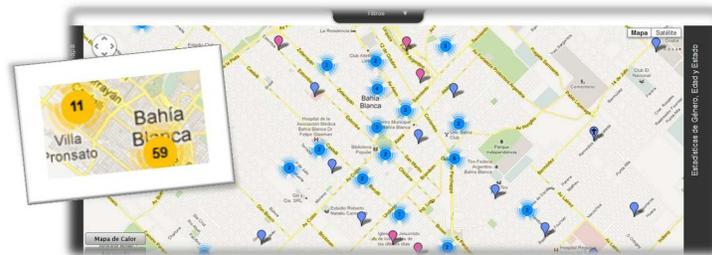


Fig. 5. Visualización con agrupamiento

La segunda opción de visualización es el mapa de densidad, o de concentración de casos, que transforma los marcadores en zonas de calor. Esto permite rápidamente

observar zonas problemáticas de la ciudad o zona que está siendo analizada. La intensidad de calor va acompañada del nivel de zoom del mapa, es decir, si se realiza un acercamiento los puntos se irán dispersando y el calor disminuirá (de tonos rojos a tonos verdes) pero si en cambio se realiza un alejamiento, los puntos se acercarán y se podrán observar zonas cálidas en tonos amarillos y rojos (ver **Fig. 6**).



Fig. 6. Visualización como mapa de densidad

La tercera opción es el modo caracol, en el cual se cancela el agrupamiento de los puntos cercanos. Esta opción fue especialmente diseñada para poder ver marcadores que se encuentren geográficamente muy cercanos o incluso en el mismo lugar. De esta forma, se podrán ver todos los marcadores y acceder a la información individual de cada uno. Para utilizar este modo, no debe estar activado ni el mapa de calor ni el agrupamiento.

Por otra parte el sistema permite visualizar información detallada sobre los marcadores mostrados en el mapa. Simplemente con un clic sobre el mismo, se desplegará una ventana conteniendo la información del paciente en cuestión. La información se presenta en dos solapas, la de “*Información Básica*” y la de “*Información Adicional*” (ver **Fig. 7**). En la figura se puede observar que algunos datos del paciente no se muestran de manera intencional para proteger la privacidad, o se muestran modificados como es el caso de la dirección.



Fig. 7. Detalle de cada paciente en el mapa

La visualización de los pacientes en el mapa, en cualquiera de sus alternativas, puede ser previamente afectada por opciones de filtrado que se ingresan al sistema mediante una plantilla con la cual se puede realizar búsquedas más específicas sobre los datos cargados en la base de datos. Otra opción que exploraremos en el futuro consiste en usar diferentes colores para la gravedad del tipo de cáncer registrado (es decir el estadio del cáncer). No es posible usar diferentes colores para los distintos tipos de cáncer dado que la categorización de los mismos mediante los códigos OMS es muy extensa. Existen distintos filtros que se pueden además combinar:

- Estado: permite especificar si se desea filtrar por personas que hayan fallecido, se encuentren con vida o ambas. Por defecto muestra pacientes de ambas categorías.
- Género: permite seleccionar pacientes masculinos, femeninos o ambos. Por defecto muestra pacientes de ambos sexos.
- Domicilio: hace posible indicar si se desea contemplar la dirección particular o laboral del paciente. Por defecto: con prioridad por la dirección particular, esto es, si el paciente cuenta con las dos direcciones cargadas, se tendrá en cuenta la dirección particular.
- Edad de Diagnostico: filtra por rango de edades de pacientes. Por defecto no se realiza ninguna restricción con respecto a la edad.
- Fecha de Diagnostico: filtra por fecha de diagnostico (puede ingresarse un rango de fechas, a partir de una fecha o hasta una fecha). Por defecto no se realiza ninguna restricción con respecto a la fecha de diagnostico.
- OMS: este filtro permite seleccionar uno o más códigos OMS para poder refinar la búsqueda a un tipo de diagnóstico en particular. Existen dos formas de ingresar los datos: escribiendo parte del código, o de la descripción del mismo, en la caja de texto o presionando un botón para invocar al asistente de búsqueda.

Por otra parte en la solapa de “*Estadísticas de Género, Edad y Estado*” el programa presenta gráficos de referidos al género, rango de edad y estado de mortalidad de los pacientes y en la solapa “*Estadísticas de Información de Pacientes*” presenta gráficos de torta referidos a la información adicional que fue completada en las fichas de los pacientes, como por caso estadísticas de alcoholismo, tabaquismo, sobrepeso, etc. Estos gráficos y estadísticas (tal como la visualización de los pacientes en el mapa) son afectados por los filtros establecidos en la pantalla “*Filtrado*”.

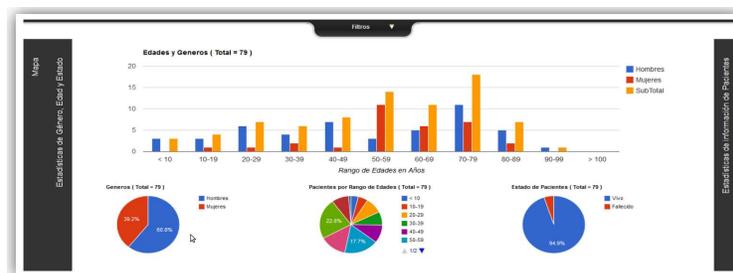


Fig. 8. Algunas de las estadísticas provistas por GeoCan

El sistema provee además tareas de administración que permiten personalizar varias de las opciones, realizar altas, bajas y modificaciones de los usuarios, cambiar o agregar nuevas opciones para el ingreso de los datos y revisar registros de auditoría, entre otras funcionalidades. Por cuestiones de espacio no podemos reseñarlas en este trabajo pero referimos al lector interesado al manual del sistema **GeoCan** para más detalle.

3 Soluciones de seguridad

Dado que el sistema maneja datos sumamente sensibles, se debe poner especial énfasis en la seguridad de la información almacenada en el sistema. En consecuencia se implementaron una serie de controles: mecanismos de autenticación y autorización de usuarios, listas de control de acceso, algoritmos de encriptación para protección de datos sensibles, comunicación mediante el protocolo HTTPS y distintos tipos de cifrado de datos para el servidor, tanto a nivel de file system como de disco. También se consideró lo establecido por la ley de protección de datos en la Argentina, haciendo especial hincapié en lo que nos concierne, esto es, el manejo de datos personales sensibles dentro de un sistema informático.

Con respecto al mecanismo de autenticación de usuarios en **GeoCan** se realiza de la forma usual (usuario y contraseña) pero a fin de fortalecer el proceso de autenticación el usuario debe completar además un código CAPTCHA para evitar ataques por fuerza bruta sobre el mecanismo de autenticación.

Las políticas de seguridad en **GeoCan** están especificadas mediante un modelo de listas de control de acceso (ACLs). El sistema cuenta con tres perfiles de acceso diferente, (1) los administradores, que tienen acceso total a todas las funcionalidades e información del sistema y pueden además revisar los logs de auditoría, (2) los médicos, que tienen acceso limitado a funcionalidades e información del sistema, y (3) los ayudantes, que tienen permisos temporales y limitados a funcionalidades e información del sistema. Cada usuario cuenta con un único perfil, el cual determina las acciones que el mismo puede realizar según las ACL asociadas al perfil.

Para proteger la información sensible almacenada en el sistema se utilizó el algoritmo SHA-2 [18], en su variante SHA-256, para el cifrado de contraseñas de usuarios y del DNI de los pacientes. Por otra parte, se usó el estándar de identificación UUID (Universally Unique Identifier) para crear identificadores aleatorios, lo cual previene que un atacante o algún usuario mal intencionado pueda iterar sobre los registros de la base de datos probando identificadores que siguen un determinado patrón.

Se realizaron además pruebas de con herramientas de seguridad informática para corroborar el funcionamiento del sistema ante ataques del tipo *Cross side scripting* y *SQL injection*, en las cuales se obtuvieron resultados satisfactorios.

4 Deployment y carga de datos

Una vez que el sistema **GeoCan** llegó a un nivel de evolución aceptable sus primeras versiones fueron implantadas en un servidor provisto por un servicio de hosting, en el cual se lo puede acceder en la actualidad (<http://beta.geocan.com.ar>).

Cabe destacar además que el desarrollo e implantación del sistema contó con el respaldo de un proyecto de grupo de investigación (PGI) de la Universidad Nacional del Sur que se desarrolló principalmente en el seno del Departamento de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Sur, con la colaboración de algunos integrantes que revisten filiación en el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación. **GeoCan** contó también con la colaboración del Hospital Municipal de agudos Leonidas Lucero de Bahía Blanca, en donde el proyecto fue aprobado por el Comité de Ética y de Investigación.

A partir de la implantación del sistema comenzó la etapa de carga de datos, en la que colaboraron distintos profesionales y estudiantes del área de Ciencias de la Salud de Bahía Blanca. Se obtuvo información de bases de datos e historias clínicas de pacientes provenientes de hospitales públicos o efectores privados, los cuales recopilan documentación de centros de anatomía patológica que luego se completan con datos de la historia clínica de internación o de consulta ambulatoria en los servicios de oncología y onco-hematología de la ciudad de Bahía Blanca y otras localidades de ese mismo partido. Actualmente nos encontramos todavía agregando información al sistema, pero afortunadamente **GeoCan** cuenta ya con gran cantidad de datos reales en su base de datos.

5 Conclusiones

Hemos desarrollado y puesto en funcionamiento un sistema original en nuestro país, dado que no se registran hasta la actualidad sistemas de georreferenciamiento aplicados a la problemática del cáncer u otras enfermedades. Además **GeoCan** no sólo fue desarrollado sino que está actualmente siendo usado por profesionales de Bahía Blanca y a la brevedad contaremos con años de registros sobre tumores en la ciudad de Bahía Blanca y la zona de influencia almacenados en el sistema. Esto posibilitará sin duda alguna que los profesionales de Ciencias de la Salud que participan en el proyecto puedan obtener valiosas conclusiones a partir del uso de esta herramienta informática, permitiendo por caso determinar la incidencia del cáncer en períodos de tiempos cortos, medianos y largos.

Otra de las ventajas de **GeoCan** es que posibilita hacer un seguimiento de los pacientes, ya que al momento del diagnóstico se ingresan las coordenadas de su vivienda y su trabajo, lo que se traduce en conocimiento en tiempo real de la ubicación de los pacientes y de su evolución (siempre resguardando la privacidad y respetando el secreto profesional). Los servicios de oncología y radioterapia ingresarán también nuevos datos dándole continuidad al proceso y haciéndolo dinámico, incluso si el paciente cambiara de profesional. Además el programa es capaz de informar datos estadísticos, estableciendo distintas combinaciones (por tipo de cáncer, por edad,

género, primer cáncer o no, evolución, mortalidad) y permite superponer mapas con datos ambientales y localización de fuentes potencialmente oncogénicas, además de correlacionar los hallazgos con la densidad poblacional estableciendo tasas relativas.

Es también importante destacar que el sistema es fácilmente adaptable para ser aplicado a otras problemáticas de salud que puedan verse afectadas por cuestiones ambientales, lo que permite ampliar esta investigación hacia otras enfermedades en el futuro cercano.

6 Referencias

1. Gonzalo López-Abente Ortega. Aplicación de técnicas de análisis espacial a la mortalidad por cáncer en Madrid. Documentos Técnicos de Salud Pública, Consejería de Sanidad. Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. 2001.
2. Aitiana Lerxtundi Manterola . “Método de estadística espacial para evaluar la influencia de factores medioambientales sobre la incidencia y mortalidad por Cáncer”. Tesis Doctoral, Universidad de Girona Noviembre 2006.
3. Javier García-Pérez . “Validation of the geographic position of EPER-Spain industries”. *International Journal of Health Geographic* 2008, 7:1
4. Cristina Feja Solana . “Desigualdades geográficas en mortalidad e incidencia por cáncer de laringe en varones: factores socioeconómicos y ambientales”. *Revista Española de Salud Pública* 2010; 84: 745-756
5. Melvin Morera Salas. Análisis comparativo de patrones geográficos de contaminación del aire e incidencia por cáncer de tráquea, bronquio y pulmón. *Gestión* Vol. 14 No 2 Segundo Semestre 2006.
6. William Richard. Environmental and Occupational Causes of Cancer: New Evidence, 2005–2007. *Environmental Health*. 2008 Jan–Mar; 23(1): 1–37
7. Benedetti M, Iavarone I, Comba P, Iavarone, I. “Cancer risk associated with residential proximity to industrial sites: a review”. *Environmental Health* 2001; 56: 342-349.
8. Guido Signorino. “Gravity models to classify commuting vs. resident workers. An application to the analysis of residential risk in a contaminated area”. *Int. Journal of Health Geography* 2011; 10: 11. Published online 2011 January 27. doi: 10.1186/1476
9. Dai, D y Oyana, T. Spacial Variations in the incidence of breast cancer and potential risk associated with soil dioxin contamination. *Environmental Health* 2008; 49:7
10. Sutherland, J.; Schwaber, K. Business object design and implementation: OOPSLA '95 Workshop Proceedings. The University of Michigan. p. 118. 1995.
11. Richard N. Taylor, Nenad Medvidovic, Eric Dashofy. *Software Architecture: Foundations, Theory, and Practice*. Willey. 2009.
12. Estándares y recomendaciones del W3C. <https://www.w3.org/TR/#Recommendations>.
13. Página web con la documentación oficial del framework CakePHP. <http://book.cakephp.org/3.0/en/index.html>.
14. Página web con la documentación oficial del lenguaje PHP. <http://php.net/documentation>.
15. Google maps API. <https://developers.google.com/maps/>
16. Documentación del motor de base de datos MySQL. <http://dev.mysql.com/doc/>
17. Apache HTTP server project. <https://httpd.apache.org/>
18. Documentación sobre el algoritmo SHA-2. National Institute of Standards (NIST). <http://web.archive.org/web/20150209025803/http://csrc.nist.gov/groups/STM/cavp/documents/shs/sha256-384-512.pdf>
19. D. Maguire, M. Goodchild, D. Rhind (editors). *Geographic information systems: principles and applications*. Longman-Willey, 1991.