

## Aplicaciones en salud para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. RALERGO. Rutas alergo-saludables

Rafael R. Temes Cordovez<sup>a1</sup>, Alfonso Moya Fuego<sup>ab</sup>

<sup>a</sup>*Universitat Politècnica de València*

<sup>b</sup>*Instituto Cartográfico Valenciano*

---

### **Resumen.**

Con la ayuda obtenida en convocatoria pública para actividades preparatorias de proyectos coordinados entre investigadores de la Universitat Politècnica de València e investigadores del Hospital Universitario de La Fe se ha llevado a cabo el proyecto RALERGO, cuyo objetivo es crear una aplicación móvil que permita al usuario seleccionar rutas alergo-saludables dentro de la ciudad en función de sus condiciones personales. La manera de abordar este objetivo se basa en el uso del análisis espacial apoyado en tecnología de redes e implementado dentro de un software SIG. A partir de un modelo piloto de la aplicación se valoran nuevas posibilidades de mejorar la obtención de datos meteorológicos y la necesidad de testear el aplicativo con pacientes reales para comprobar su bondad.

Palabras clave: SIG; network analysis; allergies; urbanism; mobile applications

---

### **1. Antecedentes del proyecto.**

En este año 2014 la población mundial ha llegado a alcanzar la cifra de 7 mil doscientos millones de habitantes según estimaciones del Fondo Alemán de la Población de la Tierra (2014). La mayor parte de dicha población vivirá en ciudades sobre todo de países desarrollados de Norteamérica y Europa y en un porcentaje

---

<sup>1</sup> E-mail: moya\_alf@gva.es

no despreciable en otros países en vías de desarrollo. Por su parte, los expertos indican que en los próximos años el 50 por ciento de la población padecerá algún tipo de alergia y esta será potenciada tanto por factores genéticos como por factores medioambientales. En los entornos urbanos, estas cifras serán posiblemente mayores ya que según informes de la Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica (Seaic) dirigido por Zubeldia, J., Senent, C. y Baeza, I. (2012), los habitantes de ciudades padecen más alergias que los habitantes del campo. La mayor exposición a especies alergénicas, contaminación y calentamiento global que acelera la polinización de plantas y árboles, hacen que las ciudades sean un ambiente especialmente propicio para el desarrollo y potenciación de dichas enfermedades.

Como vemos, la influencia e importancia de los entornos físico, económico y social que conforman nuestras ciudades es enorme en relación al bienestar y la salud. No sólo supone un factor que influye directamente en la salud de las personas, sino que se presenta también como una oportunidad para desarrollar hábitos o estilos de vida saludables. En ese sentido, el modelo de ciudad o las políticas urbanas que cada municipio lleva a cabo, son determinantes en el desarrollo de un modo de vida saludable.

Las relaciones entre el urbanismo y la salud no son nuevas. Sin remontarnos muy atrás en la historia, los trabajos de Friedrich Engels (1844) en "The conditions of the working-class in England" o los trabajos de Ildefonso Cerdá (1856) en "Monografía estadística de la clase obrera" son precedentes de estas preocupaciones higienistas que contribuirán a consolidar una corriente de pensamiento durante el siglo XIX muy preocupada por mejorar las condiciones de vida y salubridad de las personas en la ciudad. Dos siglos después, el interés por mejorar las condiciones de vida de las personas en los espacios urbanos sigue siendo una preocupación importante. El uso de tecnologías móviles en el abordaje de problemas de salud ha abierto un campo de trabajo denominado *Health Apps* que puede transformar la manera en la que se prestan los servicios sanitarios en el mundo. En un escenario de presiones presupuestarias y mayor cronicidad, la *Health Apps* abre oportunidades a nuevas y más eficientes formas de trabajo. El proyecto "RALERGO. Rutas alergo-saludables", queda enmarcado dentro de estas preocupaciones y pretende aportar una mejora de en la calidad de vida de los usuarios que empleen dicha herramienta.

Con estos antecedentes, el objetivo del proyecto "RALERGO" se define de una manera muy simple: crear una aplicación móvil que permita al usuario calcular la ruta más saludable desde el punto de vista alérgico, evitando la potencial exposición a los factores que empeoran su estado de salud, al desplazarse dentro de la ciudad. Este proyecto es fruto de la colaboración entre un Grupo de Investigación perteneciente al Departamento de Urbanismo de la Universitat Politècnica de València y el Grupo de Investigación en Alergología (GIA) del Hospital Universitario y Policlínico La Fe, y ha sido posible gracias a una ayuda obtenida en convocatoria pública para la realización de "Nuevas actividades preparatorias de proyectos coordinados entre investigadores de la UPV e investigadores del Hospital Universitari i Politècnic/ IIS La Fe".

## **2. Objetivo del proyecto**

El objetivo es desarrollar una aplicación para dispositivos móviles que permita ayudar a un ciudadano a que su desplazamiento por la ciudad fuese compatible con su situación respecto a las alergias. Para ello la aplicación debía recopilar previamente una serie de datos relacionados con las condiciones físicas del usuario (sexo, edad, relación de masa corporal, tipo de alergias, intolerancias, medicación habitual...). Estos datos serían complementados con el origen-destino del usuario apoyándose en la geolocalización del dispositivo móvil. Se entenderá como la ruta más favorable, aquella menos propensa a reproducir episodios alérgicos atendiendo a las condiciones personales, ambientales y urbanas. De esta manera se pretende que el paciente

descienda un escalón terapéutico en la afección alérgica que padece, mejorando de esta manera la calidad de vida del ciudadano.

### 3. Metodología y sistema empleado

La manera de abordar este objetivo se basa en el uso del análisis espacial apoyado en tecnología de redes. En este caso, se trata de resolver el problema de un análisis de red de transporte pero con modificaciones. Si para una red de transportes el cálculo se basa solo en la red de carreteras y sus características (velocidad, sentido, paradas...) en este caso, se han de tener en cuenta más variables que modelizan la red y representan al individuo que por ella se desplaza. Esta modelización se realiza basándose en el cálculo de impedancias que más adelante describiremos.

#### 3.1.1. Datos y cartografía empleada

Para la modelización de la red se ha utilizado la cartografía "CARTOCIUDAD"<sup>1</sup> elaborada por el Instituto Cartográfico Valenciano en el ámbito de la ciudad de Valencia y coordinada con el resto del territorio por el Instituto Geográfico Nacional. Dicha cartografía se ha complementado con los tramos peatonales de la base de datos de *OpenStreetMap* y una delineación sobre la última ortofotografía de la ciudad. En conjunto se ha elaborado una red topológica con más de 15.000 tramos.

Para modelizar el arbolado de la ciudad se ha utilizado la cartografía del Ayuntamiento de Valencia, disponible en el portal "Valencia datos abiertos" (2014), en donde es posible disponer de la posición de todo el arbolado de la ciudad dividido por especies.

Los datos meteorológicos de predicción necesarios para la aplicación se obtienen de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2014). La predicción meteorológica nos informa de los datos de temperatura, dirección del viento y humedad relativa, necesarios para modelizar las impedancias asociadas a los tramos. Esta información se complementa con los datos obtenidos a través de la cartografía del Instituto Geográfico Nacional (2011) y de la Dirección General de Catastro (2014) de la que se obtienen contornos de áreas potenciales del agravamiento de la alergia, principalente: solares, descampados, zonas verdes y láminas de agua.

Por su parte, los datos de contaminación provienen de los datos estadísticos de las intensidades medias diarias (IME) del Ayuntamiento de Valencia (2014). Dichos datos han sido tratados en función de la relación de confinamiento (alto/ancho) de cada calle.

#### 3.1.2. Redes

Como hemos comentado, para responder a la pregunta de cuál es el camino más saludable desde el punto de vista alérgico, según el perfil de cada usuario, se utiliza la metodología de cálculo de redes. Esta es capaz de modelizar dos tipos de redes. Para el cálculo del camino óptimo en dicha red (teniendo en cuenta que todas las rutas son peatonales y que no se tiene en cuenta los sentidos de circulación, reduciendo considerablemente el elenco de posibilidades y de complejidad) se utiliza el algoritmo de Dijkstra, (1959) implementado en el

---

<sup>1</sup> Cartografía de red viaria continua y ámbito nacional que discurre por los núcleos de población de España e incorpora las delimitaciones postales y censales de todo el territorio

software que resuelve el problema de ruteo. Ese impedimento para nosotros será el coste o impedancia que modelizaremos mediante fórmulas matemáticas que añaden dificultad de tránsito en cada tramo según sus circunstancias.

### 3.1.3. Impedancia

Definimos impedancia como la dificultad que tiene un tramo de calle a la hora de transitarlo. La impedancia más utilizada habitualmente en cálculo de rutas es la distancia y el tiempo. En nuestro caso, el cálculo de las rutas se basa en el concepto de impedancia e incrementar la longitud del tramo en función de las variables que afectan al mismo.

En este proyecto, los desplazamientos que estamos analizando son siempre a pie, por lo que no se tendrán en cuenta factores distintos a la distancia de cada tramo. Dicha longitud la emplearemos para moldear las diferentes impedancias haciendo que aumente según un conjunto de variables (p.e. temperatura, humedad, densidad de árboles, tráfico, tangencia a parques,...) y que se aplicará en función del perfil alérgico de cada usuario. De esta manera cuanto más desfavorables sean las variables respecto a la alergia mayor será la impedancia (mayor longitud de tramo).

#### 3.1.3.1. Variables

Para el cálculo hay que considerar dos tipos de variables que afectan al cálculo de las impedancias: las ambientales y las de perfil de usuario. Las ambientales se traducirán en las fórmulas como valores de ponderación, aumentando o atenuando las impedancias según sean las condiciones (dirección del viento, humedad relativa y estación del año). Por su parte las de perfil de usuario se tendrán en cuenta en las impedancias de los tramos atendiendo al tipo de alergia que padezca el usuario de la aplicación. Para la obtención de estos criterios, datos y ponderaciones se ha usado el método de sondeo a experto o método Delphi entre los miembros del Servicio de Alergia del Hospital La Fe.

A continuación, en la Tabla 1 se detallan las diferentes alergias tenidas en cuenta para modelizar la red:

Tabla 1. Tipos de alergias tenidos en cuenta para el diseño de la aplicación

Alergia.	Descripción
Epitelios	Transitar por calles en las que exista proximidad o tangencia con solares o zonas donde exista polvo en suspensión y residuos (solares, descampados). Por su parte tampoco es recomendable el paso por parques, huertas y jardines en los que con frecuencia se reúnen animales. Evitaremos el paso por calles donde existan "pipican". Evitaremos pasar por zonas donde existan acumulación de animales: perreras, zoo, clínicas veterinarias, cuerdas...
Insectos	Transitar por calles en las que existan árboles de una determinada especie. Por su parte la humedad disminuye la presencia de polen en el ambiente . El viento de Poniente aumenta dicha presencia. Se tendrá en cuenta la estación del año en la que se está para saber si se encuentra en época de floración o no la especie en cuestión que afecta al paciente.
Hongos	Transitar por calles en las que exista árboles en general o tangente a zonas verdes, huertas,... Tampoco será conveniente pasar por zonas especialmente húmedas donde exista agua constante como láminas de agua, huertas,... El viento del Levante mejora la situación respecto a la alergia y la humedad emporra la situación.
Pólenes	Transitar por calles en las que existan árboles de una determinada especie. Por su parte la humedad disminuye la presencia de polen en el ambiente . El viento de Poniente aumenta dicha presencia. Se tendrá en cuenta la estación del año en la que se está para saber si se encuentra en época de floración o no la especie en cuestión que afecta al paciente.
Ácaros	Transitar por calles en las que exista proximidad o tangencia con solares o zonas donde exista polvo en suspensión y residuos (solares, descampados). Por su parte la humedad aumenta o favorece la presencia de ácaros. El viento de Levante disminuye dicha presencia.
Contaminación	Transitar por calles por donde exista mucha contaminación. Para determinar este datos vamos a emplear un método indirecto relacionado con: la intensidad media de tráfico diaria (IMD) y el facto de forma de la calle (relación ancho/alto).

En la Tabla 2 se detallan las fórmulas empleadas en el cálculo de las impedancias, donde el valor "L" hace referencia a la longitud del tramo en metros. A este valor se le suman las diferentes impedancias en función del perfil alérgico de cada caso. Se tendrán en cuenta también la posibilidad de combinación entre ellas:

Tabla 2. Fórmulas para el cálculo de la impedancia de cada tramo

Alergia.	Fórmula de la impedancia
Epitelios	$L + L(\text{solares}) + L(\text{parques}) + L(\text{pipican}) + \text{contaminación}$
Insectos	$L + L(\text{árbol}) * (\text{Factor insecto}) + L(\text{agua}) * (\text{Factor insecto}) + L(\text{parques}) * (\text{Factor insecto}) + \text{contaminación}$
Hongos	Hongos: $L + L(\text{árbol}) * (\text{Factor humedad}) * (\text{Factor Levante}) + L(\text{parques}) * (\text{Factor humedad}) * (\text{factor levante}) + L(\text{agua}) * (\text{factor humedad}) * (\text{Factor Levante}) + \text{contaminación}$
Pólenes	$L + L(\text{árbol}) * (\text{Factor polen}) * (\text{Factor especie}) * (\text{Factor Poniente}) + \text{contaminación}$
Ácaros	$L + L(\text{solares}) * (\text{Factor Levante}) * (\text{Factor humedad}) + \text{contaminación}$
Contaminación	$L * (\text{factor forma-intensidad})$

Donde:

- L(árbol)=longitud de tramo afectado según la copa de la especie
- L(parques)= Longitud de calle afectada por huerta, parques y jardines.
- L(agua)= Tramo afectado por masa de agua con buffer de 15 metros.
- L(pípican)= Tramos afectado por buffer de 30 metros del pípican.
- L(solares))= Longitud de calle afectada por un solar.
- Factor estación: 1 (otoño, invierno), 1,5 (primavera, verano).
- Factor insecto: 1 (otoño, invierno), 2 (primavera, verano).
- Factor forma-intensidad: (Factor IMD)/(Longitud/sección).
- Factor levante:0,9 si sopla predominantemene viento de Levante.
- Factor poniente: 1,1 si sopla predominantemene viento de Poniente.
- Factor humedad: 1 (<65%), 1,1 (65-75%), 1,2 (> 75%) humedad relativa en %
- Factor polen: 1 (<65%), 0,9 (65-75%), 0,8 (> 75%) humedad relativa en %.
- Factor especie: 1 sin floración, 1,5 con floración. (Según el calendario de floración)
- Factor IMD: 1,1 (bajo), 1,2(medio), 1,3(alto).
- Contaminación: impedancia de contaminación para ese tramo.

### 3.1.4. Arcgis Server (Network Analyst)

Para el cálculo de las rutas óptimas se dispone como apoyo de la infraestructura del Instituto Cartográfico Valenciano que aloja en sus servidores los datos cartográficos y procesa las peticiones de la aplicación. La aplicación se ha implementado sobre Arcgis Server 10.2 y la extensión Network Analyst. Este cálculo se ha programado de manera que todas las noches se actualiza la información y se obtienen nuevos valores de impedancia para cada tramo de calle en función de los datos de predicción meteorológica que se reciben de la AEMET. De esta manera podemos obtener *un modelo geométrico deformado* intencionadamente en función de las impedancias tenidas en cuenta para la valoración de cada ruta. Las peticiones de los datos se realizan vía URL utilizando el protocolo HTTP y servicios REST a un servicio NAServer (servicio de análisis de red de ArcGIS for Server), devolviendo el servidor el resultado que la aplicación cliente dibuja en la pantalla del terminal del usuario. Este servicio REST recibe la petición de punto de inicio y de salida así como los perfiles alérgicos del usuario (los parámetros van embebidos en la URL utilizando el método POST) y desencadena en el servidor un geoproceso que resuelve la ruta, devolviendo la misma en el estándar GeoJSON.

### 3.1.5. Desarrollo de la App

La aplicación está programada con SENCHIA y EXTJS embebido dentro de HTML para obtener la ventaja de ser multiplataforma. Esta página, a su vez, se embebe dentro un desarrollo ligero (para Android y para IOS), que se encarga de gestionar los perfiles de usuario y lanzar las peticiones al servidor. Este desarrollo contiene una interfaz personalizada desde la cual se realizan todas las funcionalidades. Las funciones principales son las de almacenar el perfil alérgico del usuario y pregunta los puntos de origen y destino para el cálculo. Toda esta información se embebe dentro de una URL utilizando el método POST y se envía al servidor. Este recibe el perfil y calcula una impedancia final resultado de sumar todas las impedancias por las que se ve afectado. Una vez cada tramo tiene una impedancia asignada se calcula la ruta como “aquella de menor coste”, es decir, que la suma de todas las impedancias de los tramos es la menor posible, entre el origen y el destino.

Para el diseño de la interfaz de usuario, se definió una estructura básica atendiendo a cuatro categorías que constituyen el cuerpo principal del programa. Dichos apartados servirán para navegar a través de la aplicación y para suministrar a la misma toda la información necesaria para realizar sus funciones de cálculo de rutas y consulta de recomendaciones. En la Figura 1 se ofrece un diagrama de funcionalidad de la misma.

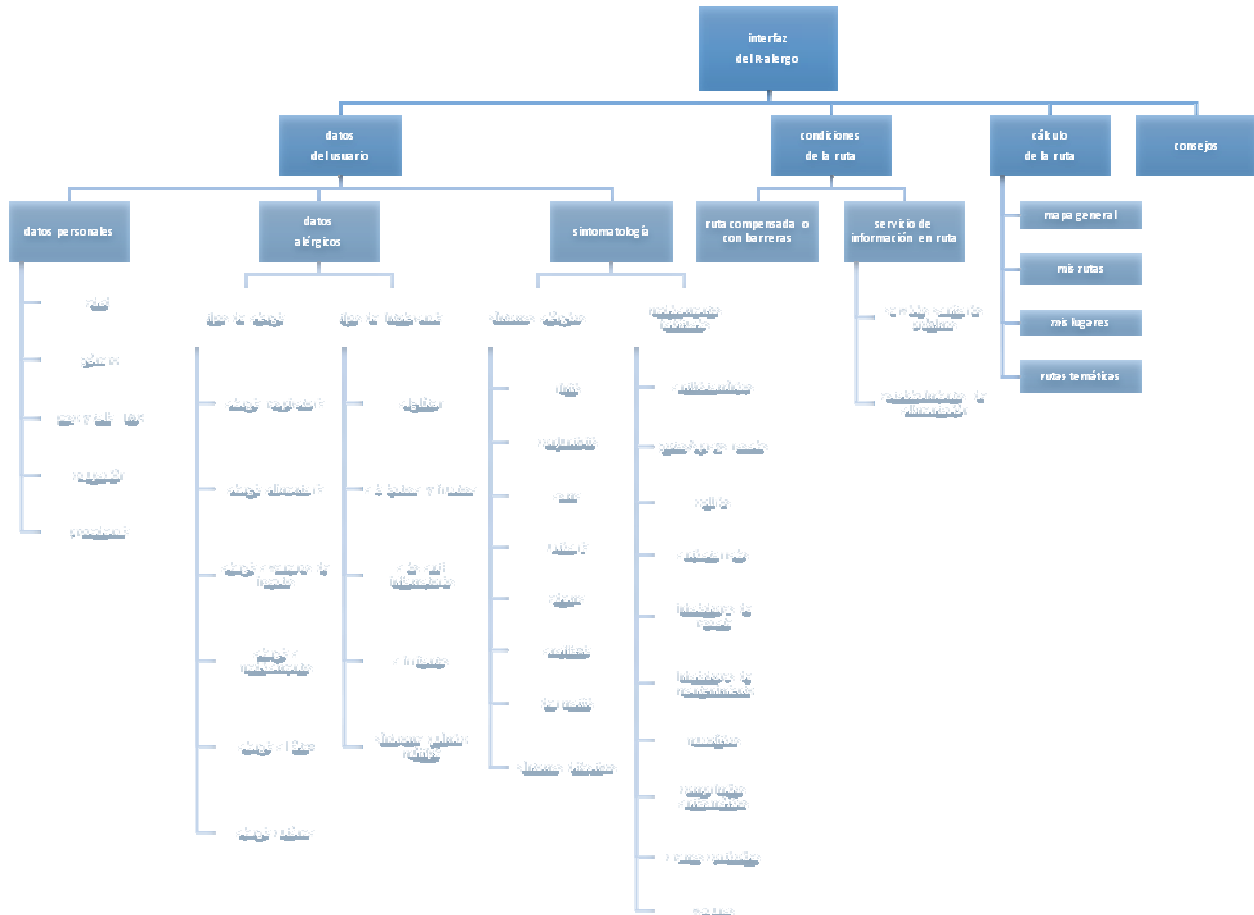


Fig. 1. Diagrama de funciones de la aplicación

Una vez que se ha resuelto la ruta, se presenta en pantalla el resultado (modelizado mediante GeoJSON) utilizando la API de Openlayers. Como capas base sobre las que se muestra está la ortofoto del año 2012 del Instituto Cartográfico Valenciano o el mapa topográfico base del mismo organismo, servidos mediante WMS a través de su portal Terrasit (Instituto Cartográfico Valenciano, 2009).

En la siguiente figura se representa el diagrama de flujo del proceso:

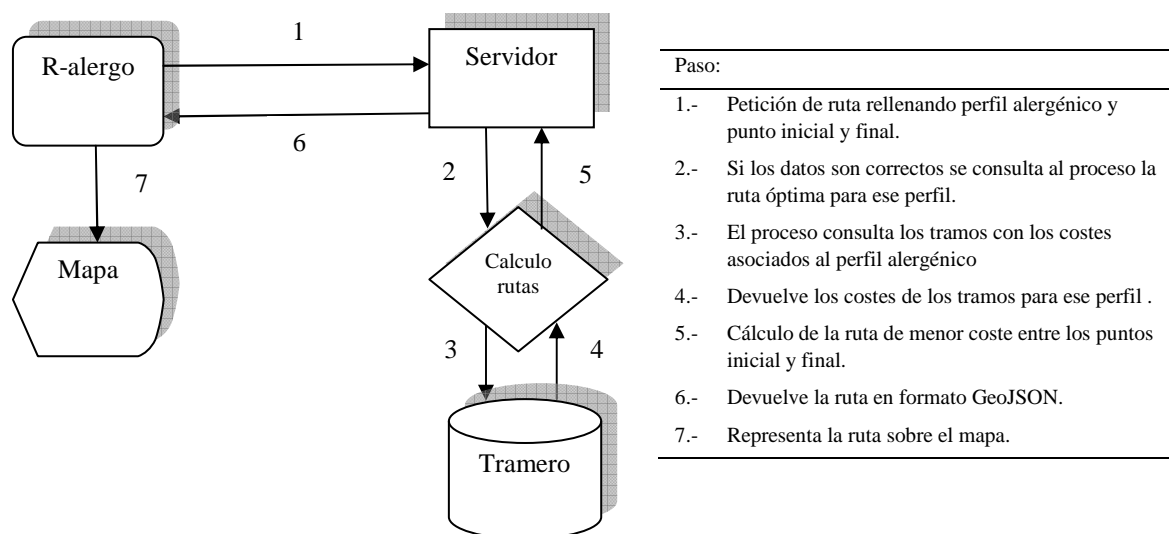


Fig. 2. Diagrama de flujo de la aplicación

#### 4. Discusión y resultados

El proyecto se encuentra en fase de realización de un modelo piloto tanto del servidor de aplicaciones como del aplicativo de los dispositivos móviles. El servidor de aplicaciones actualmente calcula las impedancias de los tramos una vez al día considerando un único dato meteorológico general para cada día, es decir, que se estima la humedad relativa, la dirección del viento y la estación de año con un único valor. A partir de aquí este valor se traslada a cada tramo de la ciudad según su posición y situación geométrica. Cabe mejorar esta estimación de las impedancias con mayor precisión horaria, pero el cálculo de más de 15.000 tramos con seis impedancias diferentes tiene un coste de procesamiento que hay que valorar.

Así mismo estamos trabajando para poder obtener el Distintivo “AppSaludable” otorgado por la Agencia de Calidad Sanitaria de Andalucía. Se trata del primer distintivo en español que reconoce la calidad y seguridad de las apps de salud. Es un distintivo gratuito y abierto a todas las aplicaciones de iniciativas públicas y privadas, tanto españolas como de cualquier otro país.

Por su parte, los resultados obtenidos una vez realizado el modelo piloto, serán testeados con pacientes de la Unidad de Alergología del Hospital La Fe para reajustar factores, valorar el funcionamiento y comprobar si el efecto que el cambio de ruta en los desplazamientos habituales produce en el paciente puede producir la bajada de un escalón terapéutico mejorando su calidad de vida.

#### 5. Conclusiones

El uso de tecnologías móviles en el abordaje de problemas de salud puede transformar la manera en la que se prestan los servicios sanitarios en el mundo. Las aplicaciones de salud representan una herramienta



tecnológica para ayudar a informar y apoyar a los ciudadanos en la autogestión de su salud y bienestar, aportando información y recomendaciones. Los SIG, en este caso se presentan como una herramienta fundamental para dar dimensión espacial al conjunto de variables que se demuestran como prioritarias para las afecciones alérgicas. Se ha dado forma a una línea de trabajo que ha abierto la puerta a nuevas colaboraciones de base tecnológicas entre los dos Grupos de Investigación, basadas en la mejora de la calidad de vida de las personas dentro de la ciudad.

## Agradecimientos

Queremos agradecer al Servicio de Alergia del Hospital La Fe de Valencia, encabezado por la Dr. Dolores Hernández Fernandez de Rojas su gran predisposición para el desarrollo de este proyecto y el posterior diseño del proceso de testeo con pacientes para verificar la bondad del aplicativo.

## Referencias

- AEMET. (2014). *Agencia Estatal de Metereologia. AEMET*. Obtenido de [www.aemet.es](http://www.aemet.es)
- Ayuntamiento de Valencia. (2014). *Laboratorio Municipal del Ayuntamiento de Valencia*. Obtenido de [www.valencia.es](http://www.valencia.es)
- Ayuntamiento de Valencia. (Febrero de 2014). *Valencia. Datos Abiertos*. Obtenido de <http://www.ayto-valencia.es/ayuntamiento/datosabiertos.nsf>
- Cerdà, I. (1897). *Monografía estadística de la clase obrera de Barcelona en 1856. Teoría general de la urbanización. Reforma y Ensanche de Barcelona*.
- Dirección General de Catastro. (2014). *Portal de la Dirección General de Catastro*. Obtenido de <http://www.catastro.meh.es/>
- Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 269-271.
- Engels, F. (1987). *The condition of the working class in England*. Penguin UK.
- Fondo Alemán de la Población de la Tierra (DSW). (28 de Marzo de 2014). *Fondo Alemán de la Población de la Tierra*. Obtenido de <http://www.dsw.org/home.html>
- Instituto Cartográfico Valenciano. (2009). *Terrasit*. Obtenido de <http://terrasit.gva.es>
- Instituto Geográfico Nacional. (2011). *Sistema de Ocupación del Suelo en España*. Obtenido de [www.siose.es](http://www.siose.es)
- Zubeldia, J. M., Senent, C. J., & Baeza, i. (2012). *Libro de las enfermedades alérgicas de la Fundación BBVA*. Fundación BBVA.