

Desarrollo de servicios climáticos orientados hacia la salud pública, basados en aplicaciones móviles: OxyAlert

P. Fdez-Arroyabe¹, L. Lecha², F. Schmidt¹

¹ Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio- Geobiomet Research Group- Universidad de Cantabria. Avda. los Castros S/N 39005 Santander.

² Centro de Estudios Ambientales, CESAM - Villa Clara, Cuba.

fernandhp@unican.es, lecha@cesam.vcl.cu, falko.schmidt@unican.es

RESUMEN: El presente estudio integra aspectos meteorológicos y técnicos con el fin de ofrecer un servicio personalizado en el campo de la prevención de riesgos biometeorológicos en relación a la salud humana. El trabajo realizado responde al objetivo marco de crear una Infraestructura de Datos Biometeorológicos del grupo GEOBIOMET de la Universidad de Cantabria a partir de la cual ofrecer diferentes servicios climáticos como pueden ser, por ejemplo, la producción de cartografía biometeorológica global y regional o la elaboración de sistemas de alerta temprana en materia de salud a través de aplicaciones móviles como OxyAlert Beta.

Esta aplicación móvil se fundamenta en un modelo biometeorológico llamado PRONBIOMET que ha sido desarrollado por investigadores cubanos y posteriormente validado en Europa y otras regiones del mundo. Este modelo ofrece pronósticos biometeorológicos a escala global, anticipando las situaciones anómalas de hipoxia e hiperoxia atmosférica en diferentes intervalos temporales y en transformado este impacto meteorológico en niveles de riesgo para la salud de los seres humanos. Estos contextos meteorológicos tienen impactos serios sobre el confort y la salud de las personas, especialmente sobre aquellos individuos con edades elevadas o con patologías médicas crónicas.

Palabras-clave: Servicios Climáticos, Biometeorología, App, Hipoxia e Hiperoxia.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo presenta la aplicación móvil OxyAlert como el resultado de un trabajo de integración de aspectos conceptuales y técnicos. En primer lugar, se justifica el mismo en relación a la necesidad de generar servicios climáticos basados en el valor añadido de los datos meteorológicos tal como veremos más adelante. En segundo término, aparece dentro del estudio la dimensión biometeorológica, dando respuesta a la pregunta de cómo afectan la variabilidad meteorológica a los seres vivos en general y a la salud de las personas en particular. La tercera dimensión está vinculada al desarrollo de las tecnologías de la información al requerir este trabajo el desarrollo de una plataforma técnica compleja para poder ofrecer estos servicios a los ciudadanos en tiempo real y de forma personalizada.

1.1. El marco institucional de los servicios climáticos

Naciones Unidas ha instado a la comunidad científica internacional por medio de la Organización Meteorológica Mundial a potenciar el desarrollo de servicios científicos de valor añadido basados en información climática en los campos específicos de la salud, el agua, los riesgos naturales y la agricultura en el llamado Marco Mundial para los Servicios Climáticos (GFCS, 2013) <http://gfcs.wmo.int/>. Esta iniciativa tuvo lugar por parte de los jefes de estado y ministros gubernamentales durante la Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima en el año 2009. En ella se elaboró un informe por un equipo de expertos en el que aparece el concepto de *servicios climáticos*. El plan de ejecución para el desarrollo del MMSC trata de “ofrecer a la sociedad una mejor gestión de los riesgos y las oportunidades que plantea la variabilidad del clima y el cambio climático, especialmente porque afectan a quienes son más vulnerables a los peligros relacionados con el clima.” En este sentido, la primera de las metas propuestas en este documento incide en “reducir la vulnerabilidad de la sociedad a los peligros relacionados con el clima”. El trabajo presentado en este artículo quiere ser un ejemplo de un servicio climático en el campo de la salud pública.

1.2. Los Biometeorología como marco científico

La Biometeorología es una disciplina científica que estudia las relaciones existentes entre la atmosfera y los seres vivos, - animales plantas y seres humanos - en todos sus aspectos y dimensiones. La Sociedad Internacional de Biometeorología (SIB) <http://biometeorology.org> fue constituida en 1956 y agrupa a científicos que provienen de disciplinas muy diversas y que llevan trabajando de forma organizada en diferentes campos de acción desde aspectos relativos al mundo vegetal y a la fenología y la agricultura, pasando por la relación del clima con la las enfermedades del mundo animal y también respecto al ser humano (Tromp, 1964), (McGregor, 2011), (Fdez-Arroyabe 2013a). La creación de sistemas de alerta es uno de los principales objetivos de estudio de la SIB.

1.3. Los Tecnologías de la Información y de la Comunicación

El desarrollo de servicios climáticos en el campo de la salud requiere disponer de un amplio conjunto de habilidades y competencias técnicas relacionadas con el uso de las TICs con el fin de realizar tareas como la descarga de datos entre servidores, la realización de cálculos de modelos aplicados o la gestión y el almacenamiento masivo de información de forma optimizada con el fin de para poder ofrecer resultados interpretados a los usuarios que demanden un servicio específico (Fdez-Arroyabe, 2013b) relativo a su salud. En este sentido, es también necesario tener la capacidad para diseñar y programar una aplicación móvil que comunique la posición del usuario al servidor de pronósticos y consulte a través de una infraestructura de datos, los valores de impacto biometeorológico para dichas coordenadas generando una respuesta al dispositivo móvil en un lenguaje que sea comprensible por el usuario, consiguiendo que todo ello funcione de forma autónoma. Se trata de un proceso de una elevada complejidad desde un punto de vista técnico.

La Figura 1 muestra las dimensiones que se integran en el proyecto que ha permitido realizar este trabajo. Una dimensión institucional relativa a las decisiones de ciertos organismos internacionales en cuando a los marcos de actuación futuros; otra más científica en cuando a la disciplina de estudio que tiene como fondo la investigación realizada; una tercera, claramente técnica, que muestra la importancia de la tecnología digitales en este tipo de trabajos.

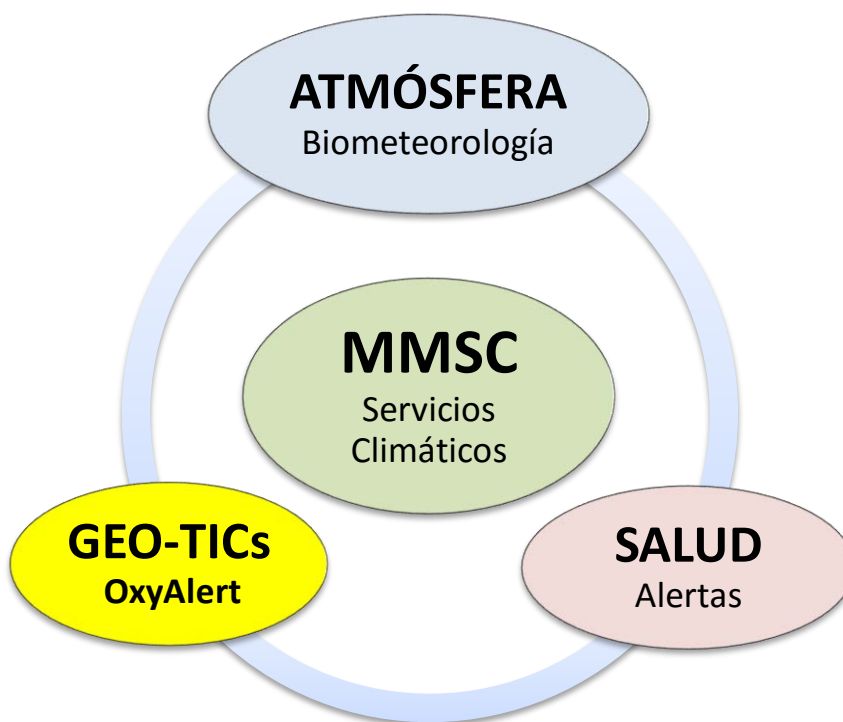


Figura 1. Entorno relativo al Marco Mundial para el desarrollo de Servicios Climáticos (MMSC) basados en la Geo-información en el ámbito de la salud pública

El resultado más visible de esta investigación es OxyAlert, una herramienta técnica basada en un modelo biometeorológico que funciona como un sistema de alerta y ofrece un servicio personalizado a nivel mundial. La herramienta puede descargarse de forma gratuita desde el siguiente enlace <https://play.google.com/store/apps/details?id=es.geobiomet.oxyalert> siempre que se disponga de un teléfono móvil con el sistema operativo Android.

Uno de los objetivos perseguidos por el grupo de investigación GEOBIOMET con este trabajo ha sido la puesta en marcha de un servidor informático propio sobre el que construir una infraestructura de datos biometeorológicos que nos permitiera ofrecer pronósticos biometeorológicos globales y regionales basados en modelos cartográficos de forma periódica y automática. Igualmente, es un objetivo fundamental, la emisión de alertas relativas a morbilidad anómala para los servicios de urgencias de los hospitales españoles y la prestación de un servicio personalizado a través del desarrollo de una aplicación móvil.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Las fuentes de datos

El modelo Pronbiomet emplea como fuentes de datos las variables meteorológicas generadas por el Centro Nacional para los Pronósticos Ambientales de los Estados Unidos adscrito a la NOAA. Los datos necesarios son obtenidos cada seis horas a través de su Global Forecast System (GFS). Estos modelos realizan pronósticos de numerosas variables meteorológicas para todo el mundo. Los datos se facilitan en formato GRIB2 para una resolución espacial de 0,25° según estándares de la WMO (2014) y tras el proceso de descarga son descifrados mediante un código de elaboración propia siendo almacenados los mismos temporalmente en el servidor el tiempo que dura el proceso de cálculo del modelo biometeorológico Pronbiomet.

2.2. Metodología

El desarrollo de índices y modelos biometeorológicos tiene una larga historia. Desde el reconocido índice universal UCI del profesor Jendritzky (2000) hasta los sistemas de alerta relativos a las olas de calor más modernos basado en clasificaciones de las masas de aire que afectan a una zona determinada (Kalkstein et al., 1995), (Sheridan, 2002). Algunos autores como Matzarakis et al. (2010) modelizan los flujos radiantes de diferentes ambientes en relación al impacto que estos tienen en el bienestar humano. Otros como Scott et al. (1989) relacionaron la presión atmosférica con enfermedades respiratorias. Sulman et al. (1974) analizaron el efecto de los vientos cálidos del desierto en la salud de los individuos. Lecha y Méndez, (1981) ya estudiaban hace años la ocurrencia de infartos de miocardios en Cuba y su relación con parámetros meteorológicos. En todos los casos, la creación de indicadores (Rodríguez et al. 1985) y el monitoreo del impacto de los efectos del tiempo en la salud (Lecha et al., 2011) han sido una constante.

Las bases conceptuales del modelo empleado en este estudio son atribuibles inicialmente a la científica Ocharova (1987). El modelo conceptual de la relación entre la atmósfera y aspectos fisiológicos de los seres vivos fue mejorado posteriormente por investigadores cubanos en relación a los impactos que en la salud pública tienen los cambios del tiempo (Lecha y Delgado, 1996), (Lecha, 1999 y 2007), (Lecha et al., 2008) dando lugar a un sistema de pronósticos Pronbiomet asociado a niveles de riesgo en materia de salud pública. Este modelo se ha validado en diferentes lugares del mundo a través de diferentes miembros de la Comisión de Clima y Salud de la SIB (Fdez-Arroyabe et al., 2008). El modelo se basa en la idea de que la variabilidad meteorológica, por encima y debajo de ciertos umbrales críticos, tiene capacidad para generar estrés biometeorológico lo que provoca efectos meteoro-patológicos en la salud de las personas (Fdez-Arroyabe et al., 2011). Cuando el impacto aparece, el organismo comienza procesos de auto regulación (vasodilatación o vasoconstricción...) que actúen de forma eficiente. Si no hay una gestión correctamente del estrés biometeorológico, el estado de confort y la salud se alteran

En esta ocasión, el cambio viene dado por la variación de la densidad parcial del oxígeno en la atmósfera mediante la definición de contextos de hipoxia (disminución) e hiperoxia atmosférica (aumento del contenido de oxígeno). A partir de aquí, Pronbiomet trabaja con los pronósticos meteorológicos con una antelación de hasta 180 horas para calcular los valores de la densidad parcial del oxígeno atmosférico (OA) en el planeta y crear así un Sistema de Alerta Temprana (SAT) que anticipa los efectos meteoro-trópicos sobre los ciudadanos en forma de niveles de riesgo.

A partir de los resultados del cálculo se ha desarrollado un modelo cartográfico del contenido de oxígeno atmosférico planetario con una resolución espacial de 0,25° y una resolución temporal de seis horas que constituyen la base del desarrollo del servicio biometeorológico que aquí se presenta.

Posteriormente, con los resultados del modelo, se deducen las diferencias inter-diarias, para un intervalo de 24 horas, del contenido de oxígeno atmosférico como base del cálculo del índice DOA (Diferencia de Oxígeno Atmosférico). Este intervalo de 24 horas se justifica en que el cálculo del modelo es global, reservándose los intervalos temporales menores (6, y 12 horas) para otros fenómenos de meso-escala.

En cualquier caso, el desarrollo de un SAT con la idea de anticipar los impactos que produce la variabilidad meteorológica sobre la salud de las personas es un problema de una gran complejidad en donde se debe huir del determinismo atmosférico a la hora de explicar las razones por las que una persona va al servicio de urgencias de un hospital al poder existir múltiples aspectos ajenos a la atmósfera, de mayor relevancia, en la explicación final de este comportamiento.

Es por eso que Lecha (2012) define con precisión las condiciones de ocurrencia de los efectos meteorotrópicos obviando así otras posibles causas que motiven la afluencia masiva de personas a los servicios de urgencias (desastres naturales, epidemias, accidentes de transporte, etc.). Tales condiciones se resumen en las dos situaciones siguientes:

- Con respecto a la magnitud: el máximo número de atenciones debe ser superior al 150 % de la media del mes en cuestión
- Con respecto a la extensión: el máximo diario debe ser observado en un territorio amplio, donde varios centros de salud cercanos tengan informes sincrónicos similares, obviando así los posibles factores de influencia local.

Por tanto, no podemos dejar de contemplar el aspecto biometeorológico como un factor más, con una gran capacidad para desencadenar el agravamiento de patologías médicas ya existentes. Cuando esto sucede, el efecto suele ser masivo y los servicios urgencias de los hospitales se colapsan y la morbilidad de los hospitales aumenta. Anticipar este hecho tiene por tanto implicaciones económicas y sociales que están muy vinculadas a la calidad de los servicios ofrecidos y a la gestión eficiente de los recursos sanitarios disponibles.

A partir de aquí, el desarrollo tecnológico actual nos ha permitido usar los dispositivos móviles para ofrecer los niveles de riesgo para la salud asociados a los valores del índice DOA en 24 horas en los distintos lugares del mundo. De este modo OxyAlert, en su versión BETA, pasa a ser uno de los primeros servicios climáticos globales desarrollados en el ámbito de la Biometeorología.

2.3. Estructura general y componentes del sistema

La infraestructura técnica habilitada para poder poner en marcha el sistema de alerta se fundamenta en la configuración de un servidor central que descarga y lee de los datos meteorológicos necesarios para el cálculo de los valores del oxígeno atmosférico y del índice DOA para que los dispositivos móviles puedan obtener la información de riesgo de forma continua y automática o cuando así lo demanden de forma específica los usuarios. Para que esto sea posible, el segundo elemento fundamental del sistema es la aplicación móvil OxyAlert. Gracias al servicio de geolocalización, llega al servidor la ubicación de la persona que demanda el servicio vía antena y se realiza la consulta en el servidor, del valor del DOA en 24 horas para esa ubicación específica. El servidor devuelve la respuesta al dispositivo móvil en forma de gráficos diferentes que muestran los cambios previsibles en las próximas horas y un nivel de alerta según la relevancia del cambio que está aconteciendo en ese momento.

2.3.1 El servidor

El servidor se encuentra ubicado en la Universidad de Cantabria y tiene un papel clave en el sistema. La descarga de las variables meteorológicas es realizada con una frecuencia temporal de seis horas. A partir de estas variables se calcula los valores de densidad parcial del oxígeno atendiendo a la metodología Pronbiomet. Los resultados del modelo son unas mallas regulares de la distribución espacial de la densidad parcial del oxígeno atmosférico que se almacenan en el propio servidor en una base de datos permanente lo que ha empezado a generar un repositorio mundial de este parámetro. Para los procesos de descarga, cálculo del modelo biometeorológico y almacenaje se ha empleado el lenguaje de programación Python. Este almacenamiento de información es aprovechado también para:

- lanzar un sistema automático de elaboración de cartografías globales del contenido de oxígeno atmosférico que pueden ser empleados con otros fines científicos.
- su uso posterior en el interfaz WEB que utilizaran los dispositivos móviles para la obtención de los niveles de riesgo sobre la salud del impacto por niveles de hipoxia o hiperoxia atmosférica. La interfaz tiene la función de responder a las consultas de los dispositivos móviles con la previsión del modelo para

los próximos tres días.

2.3.2 El dispositivo móvil

Para la programación del App se ha empleado el lenguaje de programación Java bajo un entorno de programación Eclipse. El dispositivo móvil consulta mediante un script la base de datos generada en el servidor y recibe unos datos que muestra en la pantalla del dispositivo en forma de alerta expresada en colores y de forma gráfica. El dispositivo móvil cumple la función de cliente y tiene facilitada la información al usuario de forma sencilla y entendible. En esta ocasión, dada la complejidad del modelo biometeorológico aplicado y especialmente de la interpretación que ha de hacerse del mismo se mantienen una respuesta expresada de forma gráfica y otra con el valor cuantitativo del cambio expresado en gr/m^3 . Con la aplicación se descarga un *widget* que puede ser empleado como semáforo de alertas.

OxyAlert se instala en forma de servicio en el móvil y periódicamente consulta los parámetros biometeorológicos al servidor emitiendo alertas automáticas cuando hay una situación desfavorable para la salud del individuo. El usuario puede activar o desactivar el sistema de alerta que se encuentra asociado a unos umbrales de cambio fijos y un factor de corrección de esos umbrales en función de la posición geográfica del dispositivo móvil que realiza la consulta. Otro aspecto muy relevante es que cuando se detecta un nivel de alerta elevado, el sistema lanza un cuestionario con ocho preguntas que el usuario puede responder de forma voluntaria. En este punto, la aplicación móvil se convierte en una herramienta fundamental para el registro de información relativa a la salud física y mental de las personas en función de su posición geográfica y en relación a los niveles riesgo biometeorológico experimentados en ese lugar.

3. PRESENTACION DE RESULTADOS

Desde un punto de vista instrumental y técnico, es destacable el proceso de puesta en marcha del servidor de datos biometeorológicos (SDB) del grupo de investigación Geobiomet. Esta infraestructura técnica ha sido fundamental para obtener los resultados que a continuación se presentan y poder ofrecer en tiempo real y de forma continuada el servicio de OxyAlert. Desde un punto de vista científico, los resultados del proceso de investigación hacen referencia a una serie de representaciones cartográficas y las alertas personalizadas de riesgo biometeorológico que a continuación se presentan, siendo la recogida de datos a través del App en los momentos de alertas parte esencial de posteriores análisis interpretativos del modelo.

3.1. Producción cartográfica global y regional

Uno de los primeros resultados obtenidos son las cartografías globales y regionales de la densidad parcial del oxígeno en el aire a partir del modelo de cálculo Pronbiomet. El primer resultado obtenido en el proceso informático a partir de los datos meteorológicos del GFS es una malla o grid mundial con una resolución espacial de $0,25^\circ$. La malla se obtienen cada seis horas (00:00; 06:00; 12:00 y 18:00 horas UTC). La elaboración de la cartografía del contenido de oxígeno atmosférico se lleva a cabo posteriormente a partir de estas grids en ArcGis (Figura 2). Esta cartografía posee un potencial de desarrollo futuro importante asociada a otro tipo de estudios relacionados con el cambio ambiental global como pueden ser la pérdida de biodiversidad o la producción de materia orgánica en el planeta. El marco global del resultado permite extraer valores del modelo a escalas regionales y de países concretos.

Mediante algebra matricial se calcula la diferencia de oxígeno atmosférico (índice DOA en 24 horas) de los valores de cada uno de sus nodos del grid de cara identificar situaciones puntuales y regionales de hipoxia e hiperoxia atmosférica. En este caso concreto, el índice DOA es calculado con un intervalo temporal de un día, si bien, es muy importante indicar que las diferencias en otros intervalos de tiempo como por ejemplo de 6 y 12 horas pueden ser muy relevantes en relación a la salud humana.

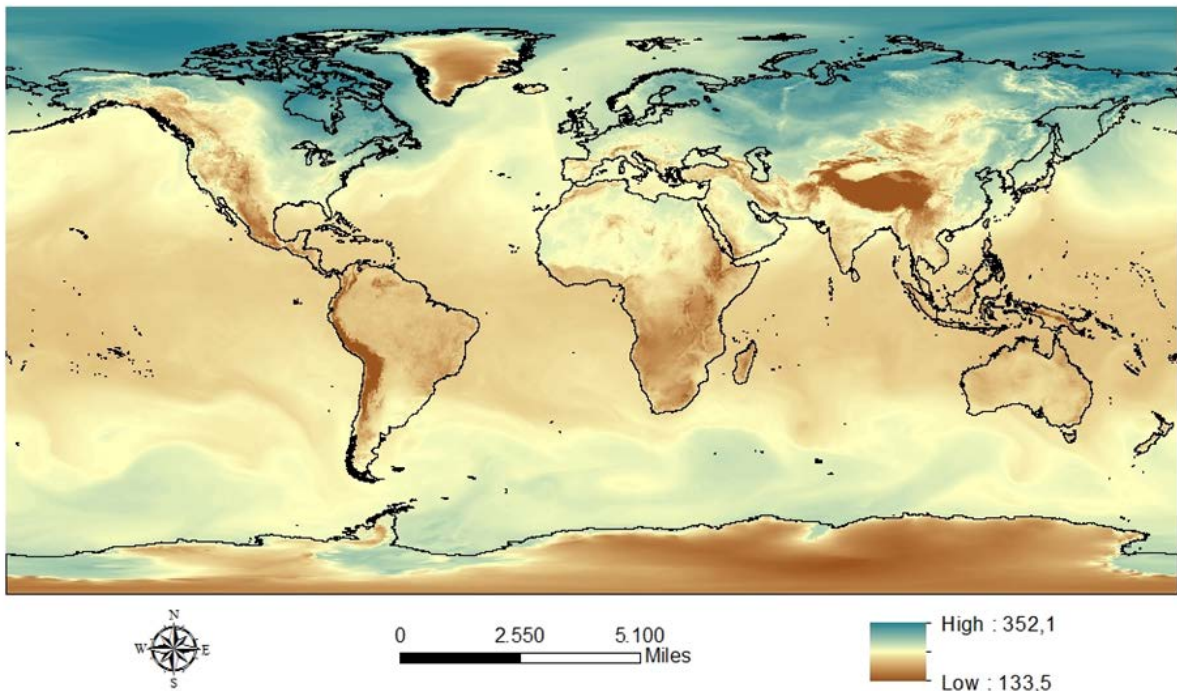


Figura 2. Ejemplo de pronóstico global del contenido de oxígeno atmosférico. Elaboración propia por parte de GEOBIOMET a partir de datos del GFS.

3.2. Alertas personalizadas basadas en la aplicación OxyAlert

Las alertas personalizadas son ofrecidas a través del App al considerar la posición de la persona en la realización del cálculo y la transformación de la variabilidad meteorológica en riesgo biometeorológico. Un semáforo (Figura 3) que indica en cada momento el estado actual de riesgo a través de los colores y permite al usuario ver en distintos gráficos la evolución del contenido de oxígeno en su posición actual para los próximos tres días y las variaciones que van a tener lugar en ese mismo periodo de tiempo.

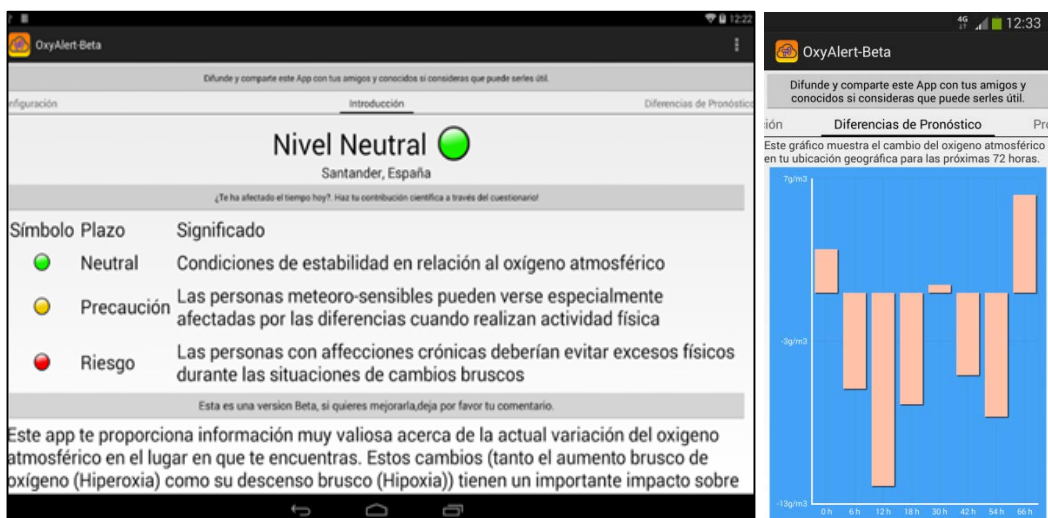


Figura 3. Niveles de alerta/riesgo biometeorológico expresados a través del color del semáforo y representación gráfica correspondientes a las diferencias del pronóstico DOA en 24 horas en gr/m^3 .

Las diferencias son interpretadas en términos de riesgo a partir de unas tablas a las que se aplican unos factores de corrección por latitud y la situación a futuro es categorizada en distintos niveles. El semáforo que aparece en el widget asociado al App indica el grado de alerta en el momento actual. El semáforo actualiza

su estado cada hora. El color verde representa la ausencia de cambios relevantes en términos de salud pública. El color amarillo indica un riesgo elevando y el rojo señala una situación de riesgo extremo.

El App dispone de una opción activada por defecto con el fin de que emita alertas de forma automática que puede desactivarse desde el propio App en la opción de Configuración. Cuando el App lanza una alerta, presenta de forma automática un cuestionario con ocho preguntas que puedes responder. También se puede acceder a este cuestionario sin necesidad de esperar a que salte una alerta a través del apartado *¿Te ha afectado hoy el tiempo?* en la pantalla principal del App. En cualquiera de los dos casos, la colaboración del usuario es muy importante en este punto dado que ello permitirá mantener una evaluación continua del sistema y mejorarlo en el futuro.

La finalidad del App es que cada usuario observe en qué grado los cambios del tiempo le afectan y si es más meteorológico-sensible a las hipoxias (descenso de oxígeno) o las hiperoxias (aumento de oxígeno) atmosféricas. Estudios previos han relacionado las situaciones de hipoxia atmosférica con las enfermedades cerebrovasculares, migrañas y cefaleas y algunas alergias mientras que las situaciones de hiperoxia se han asociado con el asma bronquial, la hipertensión arterial y las infecciones respiratorias agudas y con ciertos dolores articulares y reumáticos. Una vez identificados los tipos de cambios que más te afectan puedes usar el App para anticipar el impacto que esos cambios tienen sobre tu estado físico, mental y emocional y tomar medidas de forma anticipada para mitigar el mismo.

A modo de ejemplo, podemos decir que OxyAlert en sus tres meses de prueba ha dado ya su primer resultado interno. El domingo 12 de Abril emitió su primera y única alerta de *"Hipoxia Extrema"* para la localidad de Mortera ubicada junto a la ciudad de Santander en el Norte de España. Esta alerta se corresponde con una situación de máxima gravedad desde un punto de vista biometeorológico según la escala definida por los investigadores de Geobiomet.

El resultado en términos de morbilidad fue muy impactante. La Figura 4, muestra la alerta emitida y el titular del periódico de mayor tirada de la región, el Diario Montañas del Martes 14 de Abril, donde se escribía en relación al 13 de Abril de 2015 *"Urgencias supera el pico de los 400 pacientes en un lunes complicado"* Según el responsable del Servicio de Urgencias del Hospital Marqués de Valdecilla el doctor Luis García Castrillo es una cifra extraordinariamente anómala indicando también que las patologías por las que las personas asistió al servicio de urgencias ese día fueron muy heterogéneas. En ningún caso se menciona el cambio del tiempo como una hipotética explicación porque en muchas ocasiones no hay conciencia de este hecho por parte del propio individuo ni del sector médico que gestiona estas situaciones.



Figura 4. Alerta de rango de hipoxia extrema a lo largo del día 12/04/2015 para la localidad de Mortera, muy cercana a la ciudad de Santander y noticia publicada en el Diario Montañas el 14/04/2015 en relación a la situación del Servicio de Urgencias del Hospital de Valdecilla el 13/04/2015.

En este ejemplo, la hipoxia extrema experimentada supuso un descenso del contenido de oxígeno de la atmósfera para esta zona de $26,7 \text{ gr/m}^3$ en un periodo de 24 horas lo que se considera una situación altamente impactante para esta latitud.

4. CONCLUSIONES

En primer lugar, es necesario señalar que el trabajo desarrollado no es sino el comienzo de otros futuros, mucho más si tenemos en cuenta que la validación del modelo vendrá dada a futuro por los resultados obtenidos mediante el grado de acierto en la emisión de alertas.

El diseño y la programación del conjunto de herramientas que permiten que OxyAlert funcione ha resultado de una gran complejidad técnica, empleándose diferentes lenguajes de programación en el proceso.

A esto hay que añadir la dificultada de los protocolos de comunicación y descarga con los servidores de GFS y con la aplicación móvil así como el diseño y publicación de la misma. El hecho de que todo el sistema lleve funcionando varios meses de forma autónoma y permanente sin problemas puede considerarse ya un éxito técnico.

Los mapas de contenido de oxígeno atmosférico se obtiene de forma automática cada 6 horas igual que el índice DOA estando disponibles para su consulta o uso de forma global. La única alerta por hipoxia extrema registrada desde la puesta en marcha del sistema tuvo un impacto masivo en términos de morbilidad en la zona de Santander tal como constato el Servicio de Urgencias del Hospital Marqués de Valdecilla de la mencionada ciudad.

Comienza así un periodo de validación del sistema a partir de datos médicos de distintos lugares del planeta que permita evaluar la fiabilidad geográfica del modelo y de las correcciones de los niveles de riesgo definidos. Igualmente, es necesario iniciar un proceso de difusión del App en la red global en busca de potenciales usuarios de la misma de cara a que sirva como instrumento de recogida de información en tiempo real del estado de salud de las personas en relación a sus contextos climáticos más próximos. Para ello será necesario crear un interfaz más amigable para el usuario no científico y diversificar los niveles de riesgo por grupos de enfermedades.

En definitiva, la integración del conjunto de hardware y software y el conocimiento desarrollada por el grupo Geobiomet constituye una plataforma excelente para ofrecer ya servicios climáticos relativos a la salud a partir del modelo Pronbiomet y el índice DOA. La creación de esta nueva infraestructura de datos biometeorológicos está disponible de forma gratuita para millones de usuarios de móviles de todo el mundo que deseen recibir este servicio climático.

AGRADECIMIENTOS

Es necesario agradecer al Vicerrectorado de Investigación y Transferencia del Conocimiento de la Universidad de Cantabria la financiación del Proyecto de Investigación VP12 titulado “Desarrollo de servicios climáticos en tiempo real a partir de índices basados en el estrés biometeorológico” que ha permitido la contratación del personal técnico necesario para poder desarrollar la aplicación OxyAlert que se presenta en el artículo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Fdez-Arroyabe, P., Lecha, L. y Ciómina, E. (2008): Development of an international teamwork of Biometeorological Forecast Testers for the validation of Pronbiomet Health Warning System: an applied study. En: Resúmenes del XVIII Congreso de la Soc. Int. Biomet., Hum1-O14, Tokio, Japón.
- Fdez-Arroyabe, P., Lecha Estela, L., Martin, D. (2011): The atmospheric component of human disases and the development of health warning systems based on biometeorological forecasting. Abstracts of the 7th European congress on Tropical Medicine and International Health (TM&IH). European Journal of Tropical Medicine and International Health. Vol. 16 Supplement 1 ISSN: 1360-2276 Barcelona
- Fdez-Arroyabe, P. (2013,a): Meteorological conditions and human health, in book: Adverse weather in Spain edited by Legaz Martinez, C, and Valero Rodriguez, F. under the sponsorship of Consortium of Spanish Insurance Companies & World Climate Research Program. Amv-Editions.
- Fdez-Arroyabe, P. (2013,b): Climate Services and Human Health: a niche of opportunities for economic growth. Scientific Annals of Alexandru Ioan Cuza. Geography Series, University of Iasi, Vol. LIX nº 2, Rumania, ISSN: 1223-5334 (printed version); (online version) eISSN 2284-6379.
- GFCS (2013): Website: <http://www.gfcs-climate.org> (Ultimo acceso el 12 Septiembre de 2013)
- Jendritzky, G. (2000): The Universal Thermal Climate Index for the Thermo-physiologically Significant Assessment of the Atmospheric Environment. 3rd Symposium Urban Climatology 9–13 October 2000 (ed. W. Kuttler), Essen, 43 – 44
- Kalkstein LS, Jamason PF, Greene JS, Libby J, Robinson L. (1995): The Philadelphia hot weather–health watch/warning system: development and application, Summer 1995. Bull Am Meteorol Soc. 1996; 77:1519-1528 (1996).
- Matzarakis A.; Rutz, F. and Mayer, H.: (2010): Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: Basics of the RayMan model. Int. Journal of Biometeorology, 54, pp. 131-139, 2010..

- Lecha, L. y Méndez, T. (1981): Relación entre la ocurrencia de infartos agudos de miocardio y una selección de parámetros meteorológicos en Santa Clara. 1er Congreso de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, Cienfuegos, Cuba; 15 pp.
- Lecha, L. y T. Delgado (1996): On a regional health watch and warning system. En: Proceedings of the 14th Int. Congress of Biometeorology, Ljubljana, Slovenia; Part 2, Vol. 3; 94-107.
- Lecha, L. (1999): Effects of climate variability on the health of the Cuban population. Bulletin of the World Meteorological Organization, 48(1), 18-22.
- Lecha, L. (2007). Pronósticos para la mitigación de los impactos del tiempo sobre la salud humana. Simposio Cambio Climático y Salud. VI Congreso Nacional de Epidemiología e Higiene. La Habana, Cuba.
- Lecha, L., Ciomina, E., Estrada, A., Gomez, E.C. (2008): Pronósticos biometeorológicos: vía para reducir la ocurrencia de crisis de salud. Caso de Sagua La Grande. Rev. Cub. Salud Pública, 34 (1), La Habana.
- Lecha L., Fdez-Arroyabe, P. and Martin, D (2011): The global monitoring of meteor-tropic effects on human health such as fundament to mitigate the potential impacts of climate change on health and society in: Abstracts of the 7th European Congress on Tropical Medicine & International Health, vol 16, Supplement I, 43-44, published in The Euro. J. TM & IH, 2011.
- Lecha, L. (2012): Elementos básicos de la Biometeorología humana. Curso Pre-congreso. XXI Congreso de la Organización Mexicana de Meteorólogos A.C., Mérida, México.
- McGregor, G., (2011): Human Biometeorology. Progress in Physical Geography, pp. 1-17, SAGE Journal, on line version <http://ppg.sagepub.com/content/36/1/93>
- Ovcharova, V.F. (1987): A new prognostic approach to meteoro-pathologic responses. Rev Fisiotherapy, Climotherapy and Physical Culture, 5 49-53.
- Rodríguez, C. Mateos, J. Garmendia, J. (1985): Biometeorological Confort Index. Int. J. Biometeorology 1985, Volume 29, Issue 2, pp 121-129
- Scott G.C.; Berger, R. and McKean H.E. (1989): The role of atmospheric pressure variation in the development of spontaneous pneumothoraxes. American Review of Respiratory Diseases, 139, 659-62.
- Sheridan, S.C.: (2002): The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America. Int. J. Climatology. 22: 51-68, (2002) DOI: 10.1002/joc.709.
- Sulman, F.G.; Levy, D.; Lewy, P.; Feifer, Y.; Superstine, E. and Tal, E. (1974): Airionmetry of hot, dry desert winds (sharav) and treatment with air ions of weather sensitive subjects. Int. J. Biometeor., 18, 313-318.
- Tromp, S.W. (1964): Medical Biometeorology. Ed. by S. W. Tromp. Amsterdam (Elsevier). 1st Ed. 1963. Pp. Xxvii, 991; 101 Figures; 44 Tables. Q.J.R. Meteorol. Soc., 90: 368. doi: 10.1002/qj.49709038528.
- WMO (2014): Guide to the WMO Table Driven Code Form Used for the Representation and Exchange of Regularly Spaced Data In Binary Form.