



Facultad de Filosofía y Letras
Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

**Factores meteorológicos y epidemias gripales en
España: una aproximación geográfica**
**Meteorological factors and influenza epidemics in
Spain: a geographical approach**

Autor: Pablo Santos Merayo

Director: Pablo Fernández Arroyabe

Curso 2015-2016 / 9 de Septiembre de 2016

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN

1.1.JUSTIFICACIÓN

1.2.OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.3.ÁMBITO Y PERIODO DE ESTUDIO

2. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1.LA GRIPE: UN PROBLEMA POLIÉDRICO

2.1.1. La gripe y antecedentes históricos

2.1.2. Dimensión biológica

2.1.3. Dimensión social

2.1.4. Dimensión climático-ambiental

2.1.5. Dimensión espacial

**2.2.EJEMPLOS DE APLICACIONES SIG Y MODELIZACIÓN EN
EPIDEMIOLOGÍA**

2.2.1. Aplicaciones SIG en Epidemiología

2.2.2. Aplicaciones SIG y modelización

3. DESARROLLO METODOLÓGICO-TÉCNICO

3.1.FUENTES DE DATOS

3.1.1. Datos meteorológicos

3.1.2. Datos epidemiológicos

3.2.METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS TÉCNICAS

3.2.1. Desarrollo de herramientas técnicas basadas en TIGs

3.2.2. Desarrollo del modelo

4. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.TABLAS DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS

4.2.REPRESENTACIONES GRÁFICAS

4.3.RESULTADOS CARTOGRÁFICOS

5. CONCLUSIONES

6. ÍNDICE DE FIGURAS

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESUMEN

En este proyecto se afronta el estudio uno de los principales problemas globales como es la evolución y el desarrollo del virus de la gripe y de sus efectos en la salud pública mundial. En esta ocasión, se plantea analizar la incidencia que los diferentes factores climatológicos pueden tener en relación a la expansión de las epidemias gripales en la Península Ibérica. Además de repasar la complejidad del fenómeno estudiando de un modo teórico conceptual atendiendo a sus múltiples facetas (social, económica, ambiental, microbiológica epidémica) se analizan de forma aplicada, los datos de diferentes estaciones meteorológicas españolas recogidos diariamente durante el periodo 2000-2009 por la Agencia Estatal de Meteorología y se confrontan con los datos de la tasa de gripe semanal facilitados por el Centro Nacional de Epidemiología en un análisis descriptivo y estadístico por medio de herramientas de cálculo y de análisis estadísticos. Además se plantea el estudio de la dimensión espacial del problema mediante el uso de herramientas de geo-estadística y geo-procesamiento características de los Sistemas de Información Geográfica, que han permitido explorar la complejidad de este tema con clara base geográfica.

Palabras clave:

Sistemas de Información Geográfica; influenza; IDW; Model Builder.

ABSTRACT

This study faces one of the major global problems such as the evolution and development of influenza virus and its effects on global public health. On this occasion, The impact that different climatic factors may have in relation to the spread of influenza epidemics in the Iberian Peninsula is studied. The complexity of the phenomenon attending to its multiple facets (social, economic, environmental, epidemic microbiological) is analyzed on a theoretical way. Moreover an applied approach is done using data from different Spanish weather stations collected during the period 2000-2009 by the State Meteorological Agency which are confronted with weekly influenza rates provided by the National Epidemiology Center. A descriptive and statistical analysis is done using statistical tools... Furthermore, the study of the spatial dimension of the problem is also considered by using geo-statistical tools and geo-processing functions which are key elements of the Geographic Information Systems.

Keywords:

Geographic Information Systems; Influenza; IDW; Model Builder.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

A lo largo de la historia, la Geografía y la Medicina han mantenido numerosos puntos de encuentro. La Medicina siempre ha estudiado la influencia del medio físico y social en la salud de las personas. La observación de cómo determinadas variables geográficas son capaces de condicionar el tipo de enfermedades que afligen a los habitantes de una región es objeto de ambas disciplinas. La Geografía es la ciencia que se ocupa de estudiar las relaciones entre el hombre y su entorno. Ciencia que ha ido evolucionando y aumentando sus campos. Tradicionalmente era la Geografía Física y la Humana, y poco a poco fue relacionándose con la Geología, la Meteorología o la Botánica siendo hoy la Geografía Médica y de la Salud una rama de la Geografía plenamente consolidada en algunos países.

En los últimos años, el cambio climático se ha convertido en un problema que está afectando a todo el planeta. Las consecuencias y peligros que se dan a conocer en los medios de comunicación en relación a este problema global, como los cambios de temperatura o el deshielo de los polos, incluyen también las relativas a la salud en general y a la evolución y la propagación de los vectores de transmisión de numerosas enfermedades infecciosas. En este trabajo se plantea una reflexión acerca de si las condiciones climáticas y sus variaciones anómalas pueden afectar o limitar al desarrollo del virus de la gripe en la Península Ibérica.

Una herramienta moderna, que es cada día más importante en el desarrollo de estudios de base geográfica, son los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Es una herramienta que permite consultar, integrar, analizar, almacenar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio y con la que se desarrolla el estudio.

Esta tecnología nos proporciona posibilidades de análisis que no estaban contempladas en sus correlatos tradicionales. *“Los mapas almacenados en el ordenador pueden ser objeto de peticiones de información espacial muy complejas o ser combinados algebraicamente para producir mapas derivados, que representen situaciones reales o hipotéticas”* (Berry, 1986).

A día de hoy, el desarrollo de los SIG libres (Open Source) facilita la consulta y la elaboración de mapas a cualquier usuario. En este trabajo fin de grado se ha utilizado el

programa ArcGis, que no es un software libre, pero estaba disponible en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Cantabria.

Los datos meteorológicos con los que se ha trabajado han sido facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). El volumen de información manejado es muy grande y ha sido necesario ajustar adecuadamente los datos a los modelos conceptuales propios de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en forma de tablas, para poder sacar unas conclusiones útiles y visibles en este trabajo. De esta manera se ha organizado los datos por áreas, por niveles similares de las características de cada dato, por épocas, etc. y se comparan de manera visual en un mismo mapa los datos del clima y de la enfermedad de la gripe.

1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Con este trabajo se pretende mostrar las competencias adquiridas por el autor en el Grado en Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Cantabria. Desde un punto de vista científico y metodológico se plantea lograr una serie de objetivos.

El primero es mostrar la complejidad que tiene el desarrollo de enfermedades infecciosas en todo el mundo y la gran cantidad de factores, de todos los ámbitos, que influyen en su propagación.

Un segundo objetivo consiste en valorar y dar a conocer la importancia de las Tecnologías de la Información Geográfica, y en concreto de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la elaboración de estudios geográficos, vinculados a otros campos científicos como la Epidemiología, la Meteorología o la Biometeorología con el objetivo de evaluar los riesgos globales relativos a la salud humana. Como veremos a lo largo del trabajo esta tecnología puede facilitarnos la resolución de muchos de los problemas a los que se enfrenta las sociedades del futuro ante los cambios ambientales de forma ágil y eficiente.

El tercer objetivo es poner en valor el estudio de las relaciones entre los aspectos físicos, sobre todo climático-meteorológicos, de un territorio y las enfermedades que se desarrollan en el mismo. La salud de los individuos depende de la salud de los ecosistemas en los que habitan y de este modo es necesario estudiar las múltiples relaciones que se dan entre las dimensiones sociales y ambientales de un territorio para comprender plenamente el desarrollo de las enfermedades infecciosas de una región.

Un cuarto objetivo, en este caso meramente técnico, es desarrollar un modelo informático basado en Model Builder, que permita automatizar los procesos de elaboración de cartografías múltiples del área de estudio y que facilite análisis posteriores de la información.

Un quinto objetivo consiste en el estudio de las relaciones entre una serie de variables físicas (horas de sol, temperaturas, precipitaciones) y las tasas de gripe semanales. Con este trabajo se quiere explorar la existencia de posibles relaciones entre los factores físico-meteorológicos mencionados y los casos de influenza registrados por los organismos oficiales competentes en la Península Ibérica.

1.3. ÁMBITO Y PERIODO DE ESTUDIO

El área de estudio es el territorio español de la Península Ibérica (Figura 2.1), la cual se encuentra rodeada por el mar Mediterráneo por el este y sureste, por el océano Atlántico por el oeste y suroeste, y por el mar Cantábrico por el norte. En el istmo de la península se encuentra la frontera entre España y Francia, frontera política y física, ya que ahí se encuentran los Pirineos. El periodo de estudio abarca desde el año 2000 al 2009.



2. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

El marco teórico de este trabajo presenta una doble vertiente conceptual y técnica. Por un lado se afronta el estudio de los diferentes determinantes geográficos del problema de las enfermedades infecciosas en general y de la gripe en particular en la Península Ibérica. Por otro lado, se plantea el uso de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en proceso de automatización y modelización de procesos de análisis espaciales. Todo ello ha sido organizado a partir de los siguientes apartados que vemos sintetizados en la figura 2.2. Aquí se muestran las múltiples dimensiones del problema planteado en este trabajo que aluden a los riesgos asociados al desarrollo de enfermedades infecciosas y a las múltiples posibilidades que las TIG ofrecen para la gestión de estos riesgos.



Figura 2.2: Marco conceptual y temático del trabajo. Fuente: Elaboración propia

- Las enfermedades infecciosas y los riesgos epidémicos
 - La gripe y sus antecedentes históricos
 - La dimensión biológica del riesgo
 - La dimensión social del riesgo
 - La dimensión climático-ambiental del riesgo
 - La dimensión espacial del riesgo
- Las SIG como herramientas técnicas y de modelización
 - Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)
 - Aplicaciones SIG en Epidemiología
 - La modelización SIG

En estos apartados se presenta la gran complementariedad existente entre el desarrollo de estudios geográficos y el manejo de las TIG en el campo de las enfermedades infecciosas y sus procesos de difusión. Para ello se ha seleccionado una enfermedad infecciosa relativamente habitual en España como es la gripe y una herramienta técnica reconocida mundialmente como el software ArcGis. Inicialmente, se identifican los factores que afectan al desarrollo de esta enfermedad, para seguidamente, explicar cuáles son las principales ventajas del uso de los SIG en este tipo de estudios.

Una vez clarificados los términos utilizados en este trabajo y definido el ámbito espacial y técnico en el que se enmarca el mismo, se presenta un caso concreto de análisis de forma

aplicada con su hipótesis de trabajo y metodología y los resultados y las conclusiones obtenidas.

El estudio de este problema de salud global, mediante una herramienta SIG busca soluciones regionales que nos ayuden a prevenir y simular cartográficamente las consecuencias que tendrían futuros casos en el propio ámbito de estudio y en otros lugares del planeta.

2.1. LA GRIPE: UN PROBLEMA POLIÉDRICO

Las enfermedades infecciosas son causadas por gérmenes. Los gérmenes son microorganismos que se encuentran en todas partes, en los animales, los elementos, las personas, en el aire, etc. Hay cuatro tipos de microorganismos: bacterias, virus, parásitos y hongos. En este trabajo profundizaremos en los virus, concretamente en el virus de la gripe. A comienzos del S.XVII con el desarrollo del microscopio se comenzaron a detectar diferentes enfermedades asociadas a los microorganismos. Por ejemplo, el francés Casimir Joseph Davaine, observó repetidas veces estructuras con forma de barra en la sangre de los animales que morían de carbunco (ántrax), y las llamó bacteridia (C. Tomé López, Cuaderno de Cultura Científica).

A día de hoy, las enfermedades infecciosas son un riesgo natural que afecta a todo el planeta. El concepto de riesgo en las geo-ciencias implica tener en cuenta tres aspectos fundamentales: la existencia de un peligro, la exposición al mismo y la vulnerabilidad de la persona o el ser vivo expuesto al mismo,

2.1.1. La gripe y antecedentes históricos.

El primer ejemplo presentado muestra la importancia y la potencia de la enfermedad de la gripe, nos remonta a 1918, a la Primera Guerra Mundial. Cuando un brote de gripe apareció, la gripe española (llamada así ya que supuestamente comenzó en San Sebastián, pero hay muchas teorías y no se conoce con certeza cuál es la correcta), al principio los soldados españoles fueron los más afectados, pero rápidamente fue propagándose por toda Europa durante los meses de abril y mayo infectando a muchos jóvenes soldados y a las familias de los mismos. De esta forma apareció un nuevo frente en la guerra: la gripe.

Durante los meses de junio, julio y agosto la epidemia descendió, sin embargo en septiembre el virus regreso con más fuerza, extendiéndose ahora por todo el continente, es entonces cuando se pasó de hablar de epidemia a pandemia. Siendo ésta la pandemia con más víctimas mortales hasta la fecha, incluida la peste negra. La situación de guerra, provocó la falta de información entre los países enemigos, lo que dificultó la prevención del virus de la gripe, facilitando su propagación. También debido a esta situación, no se conoce la cantidad de bajas causadas por la enfermedad por la falta de informes, pero se ha estimado que la gripe tuvo más de cuarenta millones de víctimas.

Los dos siguientes antecedentes históricos destacables comenzaron en Asia, pero ambos se extendieron por el resto del planeta.

El segundo es la pandemia de gripe asiática de 1957-1958. El virus causante de esta pandemia fue un brote de gripe A. En los meses de Marzo y Abril aparecieron en Singapur y Hong Kong los primeros contagios. En Mayo de 1957 fue aislado este virus en Japón y meses más tarde se aisló también en países como EEUU o Inglaterra. Pero fue en Octubre cuando, de golpe, el virus comenzó a extenderse aumentando los casos de contagio por todo el continente. En el mes de Enero del siguiente año, se dio otra “oleada” de contagios. Los datos que nos dejó esta pandemia fueron casi 70000 fallecidos en todo el mundo, de los cuales más del 50% eran jóvenes menores de 19 años.

En el año 1968 un nuevo brote de gripe A surgió de nuevo en Hong Kong. Este virus compartía una parte de su composición con el virus de la década anterior, esto frenó el contagio del virus ya que mucha población había desarrollado anticuerpos contra esa proteína que ya les había afectado años atrás. Con esta teoría justifican los científicos la disminución a más de la mitad de las muertes causadas por el virus en este caso, unas 33800 víctimas.

2.1.2. Dimensión biológica

La gripe se define como una enfermedad infecciosa aguda de las vías respiratorias causada por el virus influenza, concretamente por el virus RNA de la familia *Orthomyxoviridae*. Es un importante problema de salud, tanto por la mortalidad que puede provocar directa o indirectamente, como por las complicaciones que puede ocasionar y los costes económicos y sociales que origina. La proporción de población afectada durante las epidemias anuales oscila entre el 5 y 15% en poblaciones grandes, y es superior al 50% en grupos de población cerrados como internados escolares o asilos según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Esta enfermedad afecta principalmente a la nariz, la garganta, los bronquios y, ocasionalmente, los pulmones. Al hablar de la gripe, tenemos que ver qué tipos de virus hay y cuáles son los más comunes. La gripe está clasificada en tres tipos: A, B y C.

El A y el B son los más comunes y los más peligrosos, así como el tipo C se asocia a síntomas menores. La OMS también nos indica cuál es la espacialidad de cada virus. El virus A suele afectar a nivel nacional e internacional, por ésta razón es este virus el que causa las epidemias. El virus B tiene una escala provincial o comarcal, aunque en algunas ocasiones puede llegar a extenderse por ámbitos espaciales más grandes. Por último, el virus C es un virus muy local, por lo tanto es el menos peligroso. Además, este tercer tipo suele ser más común en los animales que en los humanos, y es raro el contagio de adultos.

Como afirma el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (MSSI) , uno de los rasgos más típicos del virus de la gripe es la presencia de espículas en su cubierta que se proyectan radialmente y que conforman dos tipos morfológicos diferentes: las hemaglutinina (HA) de forma de bastón y las neuroaminidasas (NA), con apariencia de hongo. La HA y NA son unas espículas, que comentaremos en uno de los ejemplos de las pandemias. El virus de la gripe tiene capacidad para modificarlas. Cuando esto sucede, el cuerpo humano no es capaz de crear anticuerpos contra el virus, y es entonces cuando la gripe es especialmente virulenta. Esto es lo que ha ocurrido en el caso de todas las epidemias mundiales.

Para comprender este estudio, debemos conocer otros dos conceptos epidemiológicos importantes, como son la *incidencia* y la *prevalencia* de una enfermedad. Son dos medidas con las que se calcula la frecuencia de una enfermedad, es decir, miden el número de casos de la enfermedad en el grupo de población estudiado.

“La prevalencia describe la proporción de la población que padece la enfermedad, que queremos estudiar, en un momento determinado, es decir, es como una foto fija. La incidencia va a contabilizar el número de casos nuevos, de la enfermedad que estudiamos, que aparecen en un período de tiempo previamente determinado; podemos equipararla a una película que refleja el flujo del estado de salud al de enfermedad en la población que estudiamos.” (C. Ibáñez, 2012)

La prevalencia siempre dependerá de la incidencia y del tiempo de duración de la enfermedad de estudio. Para este estudio, tiene mayor importancia la incidencia ya que se utiliza para medir el flujo de la enfermedad, contabiliza los casos que se van dando. Sin embargo la prevalencia es más útil en el estudio de enfermedades crónicas, como por ejemplo la artritis.

Los datos de gripe empleados en este trabajo fin de grado no son más que las incidencias semanales recogidas en cada área de estudio.

2.1.3. Dimensión social

Cualquier enfermedad infecciosa, y por supuesto la gripe, al igual que la mayoría de los elementos de nuestro planeta, se va a ver condicionada y evolucionará de una u otra manera en función de muchos factores sociales. Dependerá de la demografía, de la movilidad de las poblaciones, de la economía, de la cultura, etc. En este apartado se tratará cuáles son los principales factores sociales que influyen en la gripe.

El primer factor y uno de los más influyentes es la demografía. El factor humano y social es muy importante a la hora de ver o trabajar con una enfermedad infecciosa como la gripe. La diferencia entre unos países y otros puede ser muy determinante, dado que cada sociedad tiene un comportamiento diferente hacia el virus, bien sea para detenerlo, bien para propagarlo. Esta idea se explicará con un ejemplo que da el Doctor Ramón Cisterna, coordinador del Grupo de Estudio de la Gripe y Jefe de Servicio de Microbiología Clínica y Control de la Infección del Hospital de Basurto (Bilbao). En España, cada Comunidad Autónoma crea campañas de vacunación contra la gripe antes de la época de contagio. Estas campañas van dirigidas a toda la población, pero especialmente a niños y ancianos, ya que son los más susceptibles. Como cuenta el Doctor R. Cisterna en una entrevista, *“la medida más eficaz y reconocida mundialmente es la vacunación anual frente a la gripe, sin duda”*. A pesar de conocer esta información, es elevado el número de personas que no reciben la vacuna. El mismo doctor facilita un dato del 2013 que lo demostraba, y es que en España, no se había conseguido alcanzar el objetivo de la OMS de vacunar al menos al 75% de la población mayor de 65 años, no se conocen los datos de vacunas de la última campaña.

Los principales focos de contagio son los colegios, guarderías y residencias de la tercera edad. Un mal hábito en muchos padres de la sociedad hoy en día es continuar llevando al niño a la guardería a pesar de tener los síntomas de la gripe, allí los contagios se multiplican exponencialmente y van llegando a diferentes familias.

En el caso de la Península Ibérica, es mayor la posibilidad potencial de contagio cada año por razones demográficas. En las últimas décadas está dándose el envejecimiento de la población, y como se ha comentado anteriormente, las personas mayores de 65 años son más propensas a contagiarse debido a sus bajas defensas. Esta situación es el resultado de las mejoras sanitarias y sociales sobre la enfermedad y la vida de estas personas, de los avances muy destacados en

la investigación biomédica, de los desarrollos en la aproximación psicológica al comportamiento humano, y de la planificación de políticas públicas, a distintas escalas administrativas. El envejecimiento de la población va a tener importancia respecto a la propagación de la gripe ya que la gente mayor es más vulnerable a tener enfermedades, son cuerpos más débiles que los jóvenes, por lo que un país con un alto envejecimiento es un país más vulnerable al virus de la gripe.

Si se realizara un estudio sobre la población de cada Comunidad Autónoma, en el resultado se vería como las CCAA más afectadas por el virus de la gripe no son solamente las que tienen las condiciones climatológicas más apropiadas para su dispersión, sino que son las Comunidades con un mayor número de personas mayores (y de niños menores de 3 años, que también son más vulnerables y muchas veces responsables de múltiples contagios en las fases iniciales de la epidemia).

En España el aspecto del envejecimiento toma especial importancia ya que en los últimos treinta años, se ha duplicado el número de personas mayores de 65 años.

Como vemos en el siguiente gráfico, la tendencia de los países de la Unión Europea hacia el envejecimiento está muy acelerada, y en concreto España es uno de los países que va más rápido en este aspecto, por lo que el riesgo de que una epidemia de gripe afecte a España o a los países de la UE es cada vez más elevado.

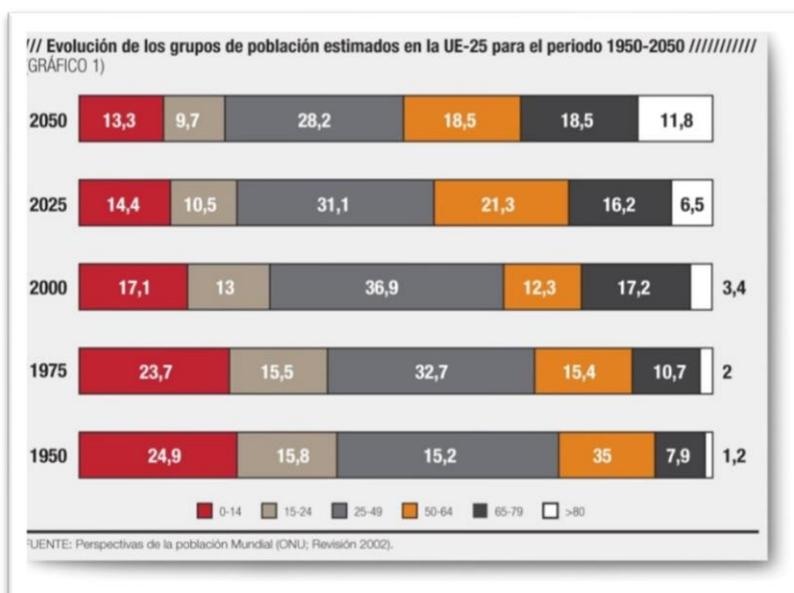


Figura 2.3. Evolución de los grupos de población estimados en la UE-25 para el período 1950-2050 Fuente: ONU

En la Figura 2.4 se puede observar cómo es la tendencia demográfica en España en este aspecto y teniendo los datos en la mano, se ve que su envejecimiento es mayor que el de la media Europea.

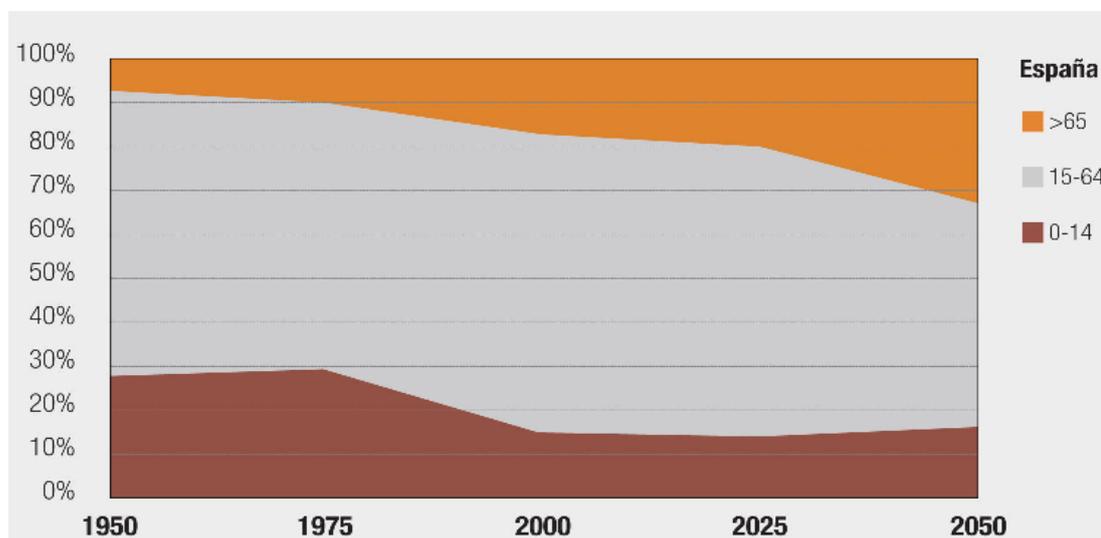


Figura 2.4. Evolución de los grupos de población estimados en España para el periodo 1950-2050 Fuente: ONU

Si estas proyecciones son correctas, para el año 2050 se habrá triplicado la población mayor de 65 años tanto en España como en Europa, lo que para un virus como la gripe sería una población potencialmente muy vulnerable.

Además de los aspectos demográficos, es igualmente importante un segundo factor social, el factor económico. Los países desarrollados dedican una importante cantidad de su sector económico a la vacunación de su población para evitar las enfermedades infecciosas.

Cada año, en España se realizan campañas de vacunas para prevenir la gripe. Es importante frenar la evolución de un virus como éste, ya que es muy fácil y rápido su contagio. Por esta razón, cada año en la época de riesgo (los meses más fríos en nuestro caso) se realiza una gran inversión en vacunas. El precio de estas vacunas siempre es elevado, ya que como comentamos anteriormente, el virus va transformando su composición y cada año las vacunas deben ser nuevas para adaptarse mejor al virus de la época. A modo de ejemplo, podemos indicar que el coste de la adquisición de 380.000 vacunas contra la gripe en el año 2014 supuso un desembolso de 1,2 millones de euros en la Comunidad Autónoma Vasca según su Consejero de Sanidad. La gran inversión económica, de los gobiernos regionales, como de los estados e incluso de las grandes organizaciones como la OMS, muestra la dimensión

económica del problema aquí planteado y la magnitud del riesgo que supone el virus de la gripe.

Estas cifras comentadas, son las que se invierten en un año “normal”, pero cada cierto tiempo, aparece una cepa con más fuerza, con la que aumenta el número de contagios y las personas sufren más rápido los síntomas de la gripe. En estos casos la inversión de capital para desarrollar y distribuir vacunas puede multiplicarse exponencialmente. Tenemos un ejemplo muy cercano, el de la gripe A en el año 2009. Varios diarios como “El Mundo”, “El País” o “20 minutos”, aseguran que España se gastó casi 100 millones de euros en vacunas contra la gripe A. Hubo una alerta mundial al declarar la OMS peligro de pandemia, y todos los países se esforzaron para protegerse del virus. Con el tiempo, se vio que el virus no era tan potente, y a finales de 2010, España destruyó 6 millones de vacunas que se habían comprado y no llegaron a utilizarse. Estas vacunas destruidas tenían un valor de 42 millones de euros. El propio Keiji Fukuda, asesor principal para la gripe de la OMS, evaluó a final del año 2010 las estadísticas que había dejado el virus, y justificó la alerta de epidemia haciendo referencia a la gripe aviar de pocos años antes, con unas tasas de mortalidad del 60%.

2.1.4. Dimensión climático-ambiental

Es evidente la magnitud del problema de las enfermedades infecciosas y la relación de ellas con las biosfera y la atmósfera-El Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) ha definido cinco grandes áreas prioritarias para el desarrollo de este tipo de servicios: el agua, la agricultura vinculada a la alimentación, la energía, la reducción de los riesgos naturales, y la salud con declaraciones institucionales como la siguiente:

“La salud y la seguridad individual y de la población están estrechamente vinculados a las condiciones meteorológicas y climáticas extremas como olas de calor, ciclones, crecidas y sequías. Las condiciones meteorológicas y climáticas tienen también una gran influencia en la incidencia y propagación de algunos de los mayores problemas relativos a las enfermedades contagiosas, sobre todo en las poblaciones más pobres, como la diarrea, el paludismo y otras enfermedades transmitidas por vectores o por el agua.” (OMS, 2014)

La estacionalidad climática va a determinar también las áreas donde más se propagará el virus, así como cuándo se propagará. En las regiones templadas, la mayor actividad de la gripe se da en los meses invernales, en el hemisferio norte los picos de mayor contagio se registran entre los meses de Octubre a Abril, y en las regiones tropicales, los casos de

contagio están muy equilibrados durante todo el año. Esto significa que el virus de la gripe tiene una estacionalidad clara con una espacialidad de la misma.

Para comprender cómo afectan los factores meteorológicos a la enfermedad de la gripe, primero debemos conocer que engloba el concepto clima y aclararemos la diferencia y la relación entre el clima y el tiempo.

El tiempo hace referencia al estado de la atmósfera durante un corto periodo de tiempo, mientras que el clima se refiere a los valores medios de las condiciones atmosféricas de un lugar determinado en un largo periodo de tiempo, se refiere a los valores medios de las condiciones del tiempo.

El tiempo siempre puede variar de un día para otro e incluso en el mismo día varias veces, dependiendo de qué condiciones atmosféricas se den. Por lo tanto, el tiempo es la forma en la que la atmósfera se comporta. Cuando hacemos referencia al tiempo, podemos estar hablando de lluvia, nieve, sol, nubes, granizo, viento, tormenta, frío, calor, etc. En cualquier momento y época del año y en la mayoría del planeta puedes estar contemplando alguna de estas condiciones atmosféricas.

El clima es diferente, con él nos referimos a los mismos factores pero de diferente manera. Por clima se entiende que hablamos del estado medio de la atmósfera para un periodo de tiempo de al menos 30 años de datos diarios. La Climatología El clima de una región del planeta va a depender de dónde se encuentran las masas de agua, de la presión, de la radiación solar, de los movimientos del aire...

Como vamos a ver en la Figura 2.5., las mayores tasas de gripe en EEUU en los últimos 30 años se dieron en los meses más fríos, coincidiendo el mayor pico con Febrero, el mes con las medias de temperatura más bajas del año. Este es un claro ejemplo de la estacionalidad de la enfermedad de la gripe en latitudes templadas que comentamos anteriormente.

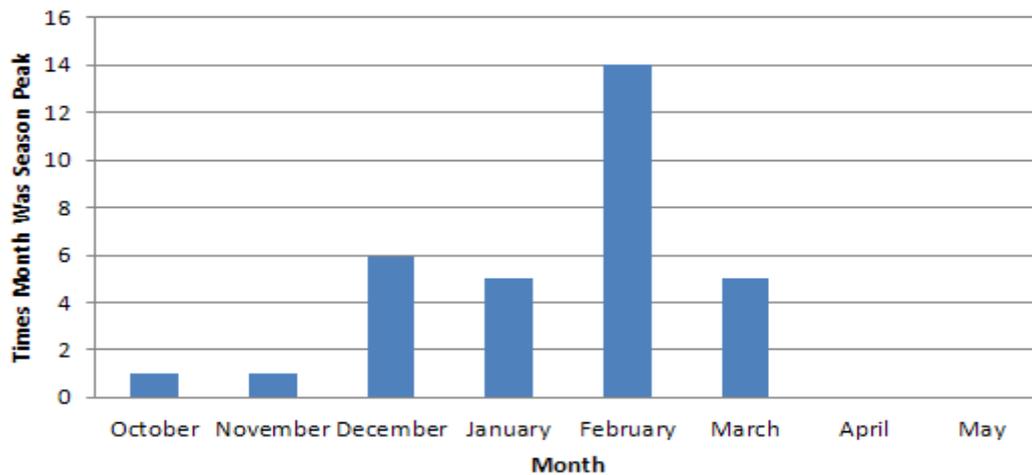


Figura 2.5. Casos de gripe en EEUU desde 1982 a 2010

Fuente: NASA

Los seres humanos tenemos un cuerpo muy complejo y con memoria. Esto significa que el cuerpo humano se acostumbra al entorno que le rodea, el cuerpo necesita un periodo de aclimatación y de adaptación, a las condiciones más comunes del área próxima a cada uno. De esta forma, es previsible que ciertas condiciones ambientales sean favorables para el contagio del virus y que cuando estamos afectados por esas condiciones nuestra probabilidad de ser infectados por el virus sea mayor.

Pero no solo la atmósfera interviene en el virus, también lo hace la biosfera. Las enfermedades infecciosas son transportadas por algunos seres vivos que contagian el virus a otros, por lo que tenemos unos agentes que tienen y transportan la enfermedad, y unos receptores que son contagiados y que ahora pasan a ser transportadores de la misma. Los primeros intermediarios que contagian a los humanos enfermedades infecciosas suelen ser diferentes tipos de animales, entre los que destacan los mosquitos, roedores, garrapatas, pájaros y algunos grandes animales salvajes como ciervos o jabalíes. En el caso de la gripe, al tratarse de una enfermedad transmisible por el aire una vez contagiados los humanos, éstos pasan a ser el principal elemento que va a ayudar a propagar la enfermedad.

Aquí es donde aparece la hipótesis de trabajo según la cual el tiempo puede favorecer o limitar la propagación de una enfermedad infecciosa, y para ello vamos a explicar un ejemplo. Cuando los mosquitos son los portadores de la enfermedad, éstos tienen que picar a las personas para infectarles. Con excesivo calor los mosquitos se mueren, de forma que la enfermedad desaparecería, sin embargo, las elevadas temperaturas, siempre y cuando no sean excesivas, favorecen la reproducción de los mosquitos y éstos aumentan también su actividad

de picadura. Para los mosquitos también hay un límite de temperatura por debajo del cual no pueden vivir (entre 10° y 18° dependiendo del tipo de mosquito del que se trate). En la mayoría de lugares, los mosquitos solo aparecen en la época cálida del año, sin embargo en las zonas muy húmedas pueden sobrevivir todo el año, ya que estas áreas ayudan a su proliferación. Este es un claro ejemplo, en el que vemos cómo la humedad y la temperatura pueden ayudar a disminuir o a aumentar la reproducción de un insecto que va a ser determinante en la evolución de una enfermedad infecciosa. Según Philippe Solano (2009) la enfermedad del sueño provocada por las moscas tse-tsé en Burkina Faso es un buen ejemplo de la propagación de una enfermedad por un insecto. En este artículo Solano nos confirma las afirmaciones realizadas anteriormente, y muestra la relación entre el clima, las enfermedades, los insectos y la espacialidad. *“El cambio climático ha influenciado igualmente de manera más directa la distribución de las moscas. En efecto, debido a la disminución de precipitaciones, el límite Norte de las moscas tse-tsé se ha desplazado, en 100 años, hasta 200 km hacia el Sur más húmedo. ¿Resultado? La enfermedad ha desaparecido de la sabana y ha aparecido en zonas de bosque y de manglar, más al Sur”*.

Estudios recientes han demostrado que la radiación solar es uno de los factores climatológicos que más debemos tener en cuenta a la hora de estudiar la evolución de un virus. No solamente ayuda a aumentar las temperaturas y a que las personas pasen más tiempo al aire libre, donde corren menos riesgos de contagio que en lugares cerrados, sino que además la radiación ultravioleta colabora a generar vitamina D en nuestro cuerpo, y esta vitamina reduce el riesgo de contagiarse del virus de la gripe. *“Una sola exposición al sol del verano, de veinte minutos, de todo el cuerpo activará la entrega de 20.000 unidades de vitamina D en la circulación de la mayoría de las personas en un lapso de 48 horas”*, sin embargo *“Hoy en día, la mayoría de los seres humanos sólo obtienen alrededor de mil unidades de vitamina D al día de la exposición al sol; mucha gente [...] recibe mucho menos que eso.”* J. (Cannell, 2006). Otros científicos como el Doctor Mercola sostienen esta misma idea, sin embargo, hay otros estudios que se realizaron para comprobar esta teoría y la han rechazado. Un estudio de la Universidad de Otago publicado en el Journal de la Asociación Médica Americana confirmó que las personas que tomaron suplementos de vitamina D, tuvieron la misma cantidad de infecciones que el resto. Queda clara viendo estos resultados la complejidad enorme del problema planteado en este trabajo.

2.1.5. Dimensión espacial

En este último bloque dentro del marco teórico del trabajo se plantea una reflexión sobre la relevancia de la dimensión espacial en la difusión de las enfermedades infecciosas y la utilidad de los SIG para su estudio.

Esta dimensión espacial tienen una relevancia especial, tal y como nos enseñó John Snow, padre de la Epidemiología moderna. En 1848, se dio una epidemia de cólera en Inglaterra. Científicos y médicos promovían la cuarentena pensando que el contagio era por contacto con enfermos. Sin embargo, Snow decidió investigar sobre la localización de los contagios. Recogió información sobre las defunciones causadas en Londres, y observó que la mayoría de ellas se daban en la zona sur. Finalmente, representó la información obtenida sobre un mapa (Figura 2.6) y ahí se observaba que el número de muertes descendía progresivamente desde una bomba de agua hacia los alrededores.

Snow concluyó la teoría de mayor número de casos por proximidad y mayor riesgo en menor distancia. Descubrieron que el contagio se daba al beber el agua de una bomba de agua que estaba contaminada. En el estudio encontró varias excepciones, como muertes lejanas a la bomba, pero todas ellas tenían una explicación lógica como nos cuentan Jaime Cerda y Gonzalo Valdivia en la Revista Chilena de Infectología (2007).



Figura 2.6. Mapa del cólera de John Snow (1854) Fuente: Zumaya Mecánica
Con el ejemplo que acabamos de ver del mapa de Snow y con la ayuda de las tecnologías de información geográfica, podremos realizar grandes estudios para encontrar las soluciones o para ayudar a prevenir situaciones de riesgo para la salud global.

El enfoque de la dimensión espacial de la difusión de una enfermedad infecciosa es un aspecto muy complejo en el que entran en juego factores sociales y culturales vinculados a la cultura de la movilidad de cada sociedad que pueden llegar a ser muy relevantes en la ayuda a la difusión del virus de la gripe. En el año 1918, en la epidemia de la gripe española comentada anteriormente, los movimientos de las tropas aceleraron la difusión y el contagio del virus en unos meses. La sociedad en la que hoy vivimos, una sociedad caracterizada por unos altos niveles de movilidad, facilitaría el contagio del virus a todo el globo en apenas 24 horas. Como nos cuenta en una entrevista Antonio Pareja, responsable del Área de Epidemiología del Hospital de Son Llàtzer (2009) en la que habla sobre el virus de la gripe A: *“En Mallorca hay más casos que en otros lugares de similar tamaño, debido a que hay más movilidad [...] en Madrid también hay más casos que en Extremadura, por ejemplo, ya que circula más gente”*.

A nivel internacional, las grandes ciudades, a pesar de tener mayores presupuestos para prevenir los contagios, siempre ven a aumentar las probabilidades de contagio por este factor de movilidad, sobre todo en las ciudades están conectadas por múltiples vuelos diarios nacionales e internacionales.

2.2. EJEMPLOS DE APLICACIONES SIG Y MODELIZACIÓN EN EPIDEMIOLOGÍA

A continuación se presentan dos ejemplos concretos de aplicaciones de los SIG en el campo de las enfermedades infecciosas, la Epidemiología y la modelización de procesos orientados a todo tipo de estudios.

2.2.1. Aplicaciones SIG en Epidemiología

Tenemos varios ejemplos como antecedentes de estudios SIG realizados para estudiar la evolución y el nivel de infecciones provocados por diferentes enfermedades en el mundo. El primer caso es un estudio de Niaz Arifin, (2010) profesor Informática e Ingeniería de la Universidad de Notre Dame. Su estudio consistió en cartografiar el riesgo del virus de la malaria, y poder crear una base de datos a través de muchas encuestas, para plasmar esos datos en mapas actualizados.

En el siguiente mapa se definen con una escala de grises las áreas de menor a mayor riesgo (de más claro a más oscuro respectivamente) y con puntos coloreados en una escala de amarillo a rojo (de 0% a 100% respectivamente), representa la tasa del parásito *plasmodiumfalciparum* (parásito que contagia la malaria en los humanos).

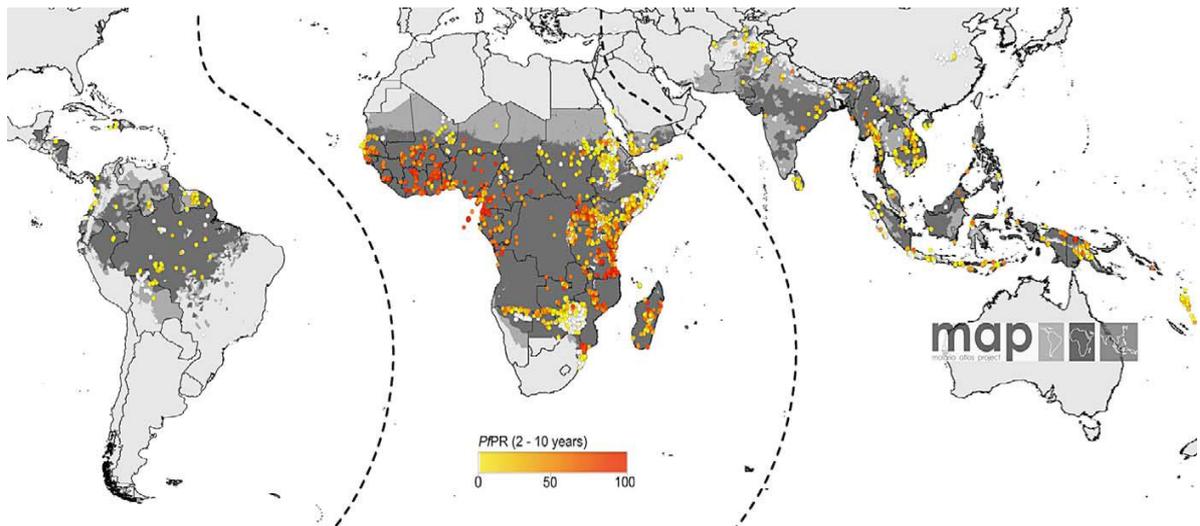


Figura 2.7. Límites espaciales del riesgo de contagio de la malaria según las tasas del parásito *P. falciparum*.

Fuente: Use of GIS in Malaria Research, S. M. NiazArifin (2010)

En este caso, el autor ha utilizado los datos recogidos en las encuestas para realizar unos cálculos que concluyan definiendo el área de mayor y menor riesgo de contagio. Representando a la vez los propios datos recogidos con puntos sobre el mismo mapa. Con este estudio, se facilita a los países involucrados el determinar cuáles serán sus objetivos para prevenir el virus, y en qué lugares deberán tener mayor precaución.

Tenemos un segundo ejemplo en el que el objetivo del estudio es localizar la distribución de dónde se dan los brotes de enfermedades transmitidas por vectores en el distrito de Varanasi, la India. Para ello utilizan técnicas SIG y GPS. Éste es un estudio realizado por Praveen Kumar Rai (Departamento de Geografía, Universidad Hindu de Banaras, Varanasi) y M. S. Nathawat Abhishek Mishra (Departamento de Teledetección, Instituto de Tecnología de Birla, Mesra, Ranchi).

En este caso han utilizado los datos recogidos en el informe de incidencias de enfermedades de Varanasi de varios años, los datos del censo de la India del año 2001 y mapas nacionales y del propio distrito. Realizaron mapas con los casos de incidencias recogidos y la localización de los pueblos y los principales centros médicos, la densidad de población, etc., cediendo esos mapas a los propios pueblos para darles la facilidad de la toma de decisiones a la hora de establecer una estrategia de prevención y control. En este estudio trataban varias enfermedades infecciosas, entre ellas la malaria, el dengue, la filariasis o el Kala-azar. Los SIG les permitieron visualizar y analizar la distribución de estas enfermedades a través del

tiempo, revelándoles unas modas espacio-temporales que seguía cada enfermedad, las cuáles serían más difíciles de descubrir por otros medios (Nipada, 2005). Superponiendo diferentes capas de información meteorológica descubrieron cómo afectaban las temperaturas y la humedad en la evolución de las enfermedades.

Cartografiaron varios mapas representando la distribución de las enfermedades, dónde se daban los brotes, la localización de los casos, etc., para cada enfermedad. Hemos tomado como ejemplo dos mapas. En el primero se ven representados con un mapa de densidad de puntos dónde se dieron los brotes de reproducción de la malaria (Mapa A), y en el segundo se representa el número de casos sospechosos de la enfermedad de dengue (Mapa B). Ambos en el distrito de Varanasi.

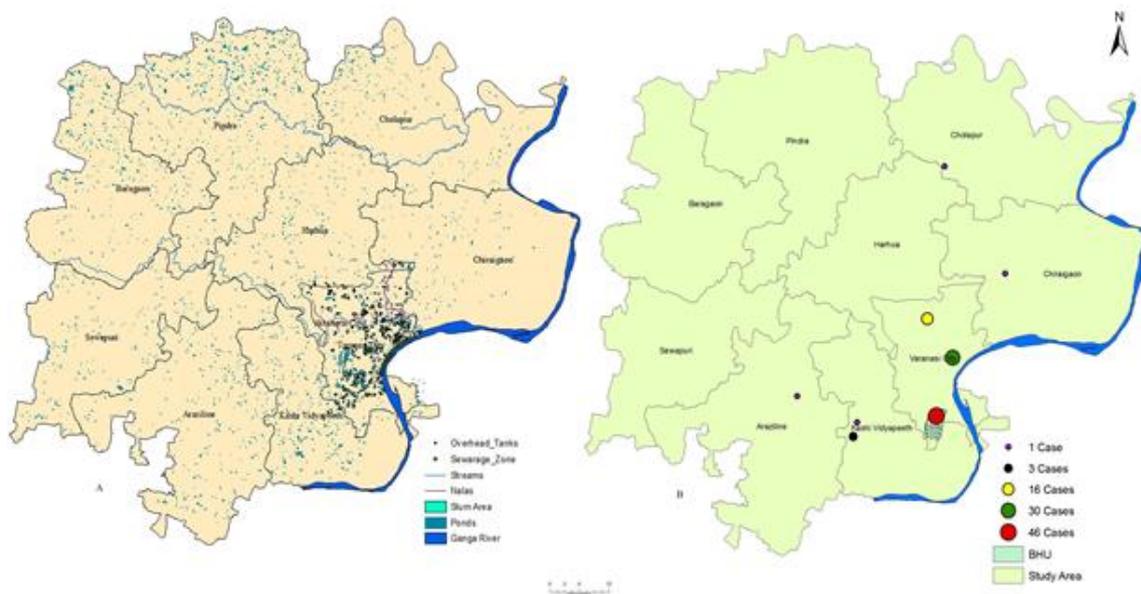


Figura 2.8. Indicadores de los brotes de reproducción de la malaria (Mapa A) y número de casos sospechosos de la enfermedad del dengue (Mapa B).

Fuente: Role of GIS and GPS in Vector Born Disease Mapping

2.2.2. Aplicaciones SIG y modelización

Como ya hemos adelantado, los SIG son aplicados en múltiples disciplinas ya que facilitan el tratamiento de los datos en cualquier disciplina. Pero su mayor logro es que esta tecnología puede representar una gran cantidad de datos de diferente índole sobre un mismo mapa al mismo tiempo y permite interactuar con dicha información, facilitando la comparación de datos de distinta procedencia y de diferentes entornos.

Una de las mayores ventajas del empleo de las tecnologías SIG en la investigación es su capacidad para desarrollar herramientas de modelización de tratamiento masivo de datos específicas para cada estudio. Esta posibilidad de crear herramientas de modelización y procesamiento automático de información, como se ha hecho por ejemplo en este estudio utilizando Model Builder, suponen una gran ventaja en cualquier trabajo de investigación científica.

Los SIG permiten el desarrollo de modelos por diferentes medios como SCRIPTS en distintos lenguajes de programación o el propio Model Builder. Estos modelos van a automatizar las tareas de cualquier estudio o proyecto de manera que se elaborará la acción la primera vez y el resto de veces que necesitemos realizar la misma operación el modelo se lanzará y automáticamente tendremos el resultado. Ya comentamos anteriormente de la importancia de automatizar los procesos ya que reducen costos y tiempo de reacción ante cualquier problema que resolver.

Un ejemplo en el que se ve la utilidad de la automatización de procesos es un proyecto realizado para las Fuerzas Aéreas Peruanas (FAP). Una zona del interior de Perú, denominada valle del Vraem, es un área en el que se concentran un gran número de narcotraficantes que sacan su mercancía en pequeñas avionetas a otros países. La FAP tiene el deber de detener a las avionetas antes de que salgan del país, y debido a las condiciones climatológicas, de mucha niebla la mayor parte de días del año, la única manera de ver dónde están volando los narcotraficantes fue creando una elaborada herramienta a través de un SIG la cual registra en tiempo real la información recogida por los radares (20 datos por segundo), la analiza y la muestra en un visor los datos más útiles para la FAP. A su vez, dentro del mismo visor hay unas herramientas que elaboran proyecciones de la futura dirección de vuelo en función de diferentes parámetros.

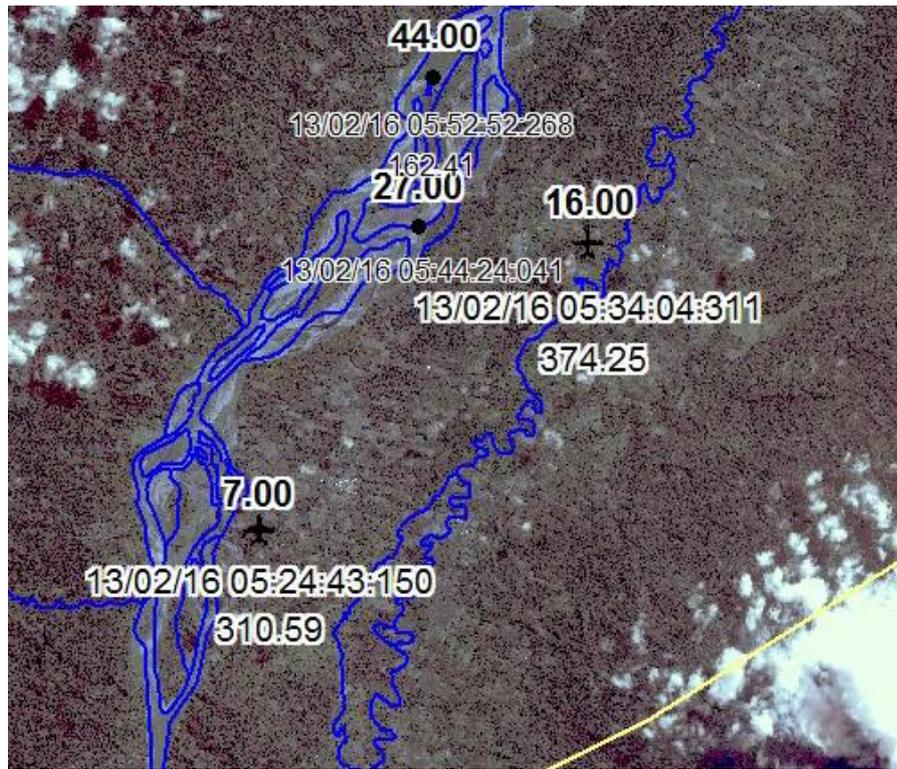


Figura 2.9. Maqueta proyecto Valle del VRAEM.

Esto significa, que gracias a la automatización y elaboración previa de un modelo de datos, la recepción de datos GPS, en este caso, pueden ser tratados en décimas de segundo para ser utilizados habiendo pasado unos procesos que tomarían unas seis o siete horas en realizarse al comenzar a trabajar desde cero.

3. DESARROLLO METODOLÓGICO-TÉCNICO

Todo estudio o proyecto requiere de búsqueda de fuentes documentales en la materia y de un trabajo de recopilación de información y de datos de manera que se puedan contrastar las hipótesis de trabajo planteadas de forma empírica a partir del tratamiento de esos registros para poder realizar un buen estudio. Durante este proceso es necesario clasificar y organizar toda la información recogida para poder tratarla, analizarla y expresar de forma clara y sencilla los resultados obtenidos. En este apartado se presentan las fuentes utilizadas en el proyecto, la forma en que se han recogido las mismas y el modo en que se han gestionado y analizado los datos empíricos especificando los métodos y las herramientas técnicas utilizadas y justificando su elección.

Los conceptos y definiciones relativos a la gripe y la explicación de los diferentes tipos de gripe, son un recopilatorio de diferentes fuentes. Algunos autores (Fdez-Arroyabe, 2011) plantean una aproximación al estudio de la relación entre clima y gripe en España desde un enfoque biometeorológico. Los conceptos empleados provienen de fuentes oficiales como el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, de la Escuela de Medicina de la Universidad de Carolina del Sur y de la Universidad Nacional del Nordeste en Argentina donde se han encontrados la información relativa a los diferentes tipos de gripe y sus propiedades. El Instituto Nacional de Estadística (INE) han sido fuentes importantes de datos en materia demográfica y poblacional.

Las referencias principales al uso de tecnologías de la información, han sido el Instituto Geográfico Nacional (IGN), la empresa norteamericana Environmental Systems Research Institute (ESRI), diferentes publicaciones de los profesores Javier Gutiérrez Puebla y el Dr. Michael Gould en materia de Sistemas de Información Geográfica.

3.1. FUENTES DE DATOS

Para este estudio se ha trabajado con dos grandes grupos principales de datos empíricos, datos meteorológicos y datos epidemiológicos.

3.1.1. Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos utilizados para el desarrollo de este estudio han sido facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Las variables meteorológicas analizadas inicialmente han sido las temperaturas máximas, mínimas y medias (C°); la racha y velocidad del viento (m/s); el volumen de precipitaciones (mm) y las horas de sol. Se ha trabajado con

los registros diarios de cada una de estas variables para la época en la que la gripe es más efectiva que se corresponde con el periodo temporal que se extiende de la semana epidemiológica 40 de un año a la semana 20 del año siguiente, siendo este ciclo un total de 224 días o 32 semanas.

Para este trabajo se ha recogido y trabajado con los datos de siete observatorios de Comunidades Autónomas diferentes, intentando incluir en el estudio datos de diferentes dominios climáticos en España. Las CCAA consideradas son Andalucía, Aragón, Castilla La Mancha, Castilla y León, Madrid, País Vasco y Valencia. Las estaciones que han recogido estos datos son estaciones meteorológicas situadas en los aeropuertos de las diferentes ciudades (Sevilla, Zaragoza, León, Madrid y Valencia), a excepción de las dos estaciones meteorológicas de Igueldo (San Sebastián) y Ciudad Real, con otros emplazamientos. La Figura 2.10 muestra la ubicación geográfica de estos observatorios.



Figura 2.10. Mapa de la Península Ibérica y puntos de recogida de datos.
Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Datos epidemiológicos

Los datos de gripe han sido recogidos por el Sistema de Vigilancia de Gripe en España (SVGE) siendo la fuente que los ha proporcionado el Centro Nacional de Epidemiología. El SVGE recoge la información de diversas fuentes, relativas a la evolución de la gripe tanto en España como en cada Comunidad Autónoma. De ello se encarga un grupo de expertos epidemiólogos y virólogos en cada Comunidad Autónoma, coordinados con el Centro Nacional de Epidemiología (CNE) y el Centro Nacional de Microbiología (CNM) respectivamente. A día de hoy, participan diecisiete Comunidades Autónomas y las dos Ciudades Autónomas, diecisiete redes de médicos y pediatras centinela, veinte laboratorios de microbiología (tres de ellos son Centros Nacionales de la Gripe de la OMS) y una serie de unidades administrativas e institutos de Salud Pública. Para asegurarse un buen muestreo, cada red de médicos centinela tiene un mínimo de población cubierta, y este grupo debe cumplir unos requisitos como edad, sexo, grado de urbanización... de manera que la muestra sea proporcional. Un problema que se ha encontrado al comenzar este trabajo fue que no todas las Comunidades Autónomas comenzaron a recoger datos históricos de la enfermedad de forma simultánea habiendo tenido que elegir las siete citadas anteriormente en base a la disponibilidad de información.

3.2. METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS TÉCNICAS

El desarrollo metodológico de este trabajo consta de diferentes partes. A lo largo del proceso se acaban integrando aspectos propios de diferentes disciplinas científicas como la Epidemiología, la Meteorología, la Climatología, la Demografía o las Tecnologías de la Información Geográfica. El trabajo comienza con la búsqueda de fuentes documentales y de datos empíricos para su posterior organización, análisis y tratamiento estadístico orientado hacia un análisis exploratorio de la información. También es relevante la presentación de datos meteorológicos por medio de tablas estadísticas y de forma gráfica tras el primer análisis, en forma de una primera aproximación descriptiva y gráfica de la información de trabajo. La transformación de esta información en representaciones cartográficas ha requerido el uso de herramientas técnicas y el desarrollo de un modelo de automatización de tareas que permitiera, debido al gran volumen de los datos manejado en de trabajo, la automatización de procesos de cálculo y de representación de los resultados cartográficos.

3.2.1. Desarrollo de herramientas técnicas basadas en TIGs

Uno de los objetivos del uso de las TIGs como los SIG consiste en representar cartográficamente la información geográfica y hacer análisis con base espacial de esta información. Los resultados derivados de este proceso puede ser un mapa, un gráfico o un informe (tablas), y su difusión puede ser en papel en forma de Atlas o en plataformas virtuales por medio de internet, como una imagen o como un documento de datos. En cualquier caso, la infraestructura técnica necesaria para ello precisa de un software, las personas que lo ejecutan, un hardware, los datos y los procedimientos para explotar los datos disponibles. En la figura 2.11. se muestra un esquema resumen de los componentes que tiene un SIG y de cómo se relacionan.



Figura 2.11. Pasos de trabajo a seguir en un SIG
Fuente: Elaboración propia

Goodchild define un SIG como: «un conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la Tierra». Según

Cebrián (1988), un SIG es *“una base de datos computerizada que contiene información espacial”*.

Una de las principales ventajas de trabajar con sistemas WEB-SIG es la del almacenamiento de los datos, y es que los datos están completamente almacenados en grandes tarjetas de memoria, bien sean computadoras, en la red, en discos duros... pero no necesitamos un espacio físico para guardarlos. Esto también nos facilita, además de la copia o traslado de estos datos, reducir el coste (sobre todo tiempo) de su mantenimiento y de su recuperación en caso de pérdida o deterioro. Las TIGs nos permitirán desarrollar modelos conceptuales y técnicos que se ejecutan en la máquina rápida y repetidamente, facilitando una evaluación previa a su finalización. De este modo, la automatización de procesos en base a modelos posibilita la elaboración de una gran cantidad de representaciones cartográficas con una mínima inversión de tiempo y dinero.

3.2.2. Desarrollo del modelo

Una vez desarrollado un primer análisis exploratorio de los datos, se consideró oportuna la creación de un modelo de geo-procesamiento que facilitara la visualización masiva de los datos de forma cartográfica, de manera que cualquier lector de este estudio, pudiera ver en forma de superficie geo-estadística, los diferentes patrones espaciales de las variables meteorológicas estudiadas para el conjunto de la Península Ibérica junto a las tasas de gripe registradas bajo esos contextos climáticos de cara a poder analizar las posibles relaciones entre la propagación del virus y la meteorología del momento. En este aspecto, el papel de la herramienta SIG empleada (Model Builder) resulta clave para obtener las representaciones cartográficas digitales de fácil lectura, permitiéndonos estudiar visualmente las componentes y patrones espaciales del fenómeno representado en la cartografía.

De esta forma, se logra sintetizar unos datos complejos y abundantes, mediante representaciones en diferentes mapas a través del uso de métodos de interpolación y funciones de análisis espacial. Tras la búsqueda de las coordenadas geográficas propias de la ubicación de cada estación meteorológica, se desarrolló el trabajo inicial de geo-localizar mediante mapas de eventos las mismas siendo convertidos al formato Shapefile con una geometría de puntos en la aplicación ArcMap.

Un segundo paso ha consistido en el empleo diferentes herramientas de procesamiento para generar los mapas e imágenes por medio de una serie de funciones:

- *Topo to Raster:*

Con esta primera herramienta conseguimos pasar la geometría vectorial basada en elementos puntuales de cada estación meteorológica a un formato *raster*, con la que después es posible trabajar sobre los píxeles generados en el proceso de rasterización del *feature class* original. Al realizar esta conversión, lo que conseguimos es generar una imagen *booleana*, en la que cada píxel de la imagen obtiene un valor 0 ó 1. En este caso, los píxeles que representan la ubicación de las estaciones toman el valor 1 y el resto de píxeles de la imagen el valor 0.

- *Desarrollo de herramientas a partir de Model Builder*

Una vez dispuestos los datos en formato *raster*, se requieren dos nuevas herramientas que se han de aplicar de forma secuencial y repetitiva para cada dato en función de cada fecha. Por esta razón se hace necesario crear una nueva herramienta, en forma de modelo de proceso de datos, que integre las dos anteriores, ahorrándonos el tiempo y trabajo que conlleva un proceso de cálculo manual cuando el volumen de datos a tratar es muy grande.

En primer lugar, se ha creado una herramienta o *Tool* en ArcMap y después con *Model Builder* se generó el modelo de procesamiento denominado “Mapas” compuesto por dos herramientas fundamentales: La primera es una función de interpolación espacial denominado *Inverse Distance Weighted* (IDW). Esta función ejecuta un método de interpolación que asume que los valores de las variables interpoladas cambian de forma progresiva con el factor distancia; la segunda es la herramienta *Extract by Mask* que cuya ejecución posibilita recortar una imagen raster por unos límites espaciales determinados generando un nuevo raster ajustado a esos nuevos límites espaciales.

Los datos de entrada se corresponden con los datos de cada mes y año para las variables disponibles. El *Z value field*, es el único parámetro que tenemos que definir al ejecutar la herramienta. Mediante este parámetro se elige la variable que va a ser objeto del proceso aplicado en el modelo y el mapa que se va a obtener bien sea precipitaciones, horas de sol, temperaturas o tasa de gripe.

Todo el proceso se explica en forma de organigrama en la Figura 7 en donde los recuadros indican el elemento del modelo (por ejemplo el rectángulo indica la presencia de una herramienta específica y las elipses mapas de entrada o de salida). En este caso el color sirve para diferenciar unos de otros. Las flechas señalan la dirección de los procesos aplicados.

Con la primera herramienta lo que hacemos es clasificar los datos de gripe, temperatura, precipitación u horas de sol, obteniendo el área en el que tenemos el dato con un determinado color en función de su valor, y asociamos al espacio en el que no tenemos datos valores que van progresivamente ascendiendo o descendiendo en función de la cercanía a los puntos muestrales. El mapa resultante (superficie raster) es una imagen representada a partir de una escala de color donde, como luego veremos, vamos a poder identificar las áreas con mayores y menores valores para la variable interpolada.

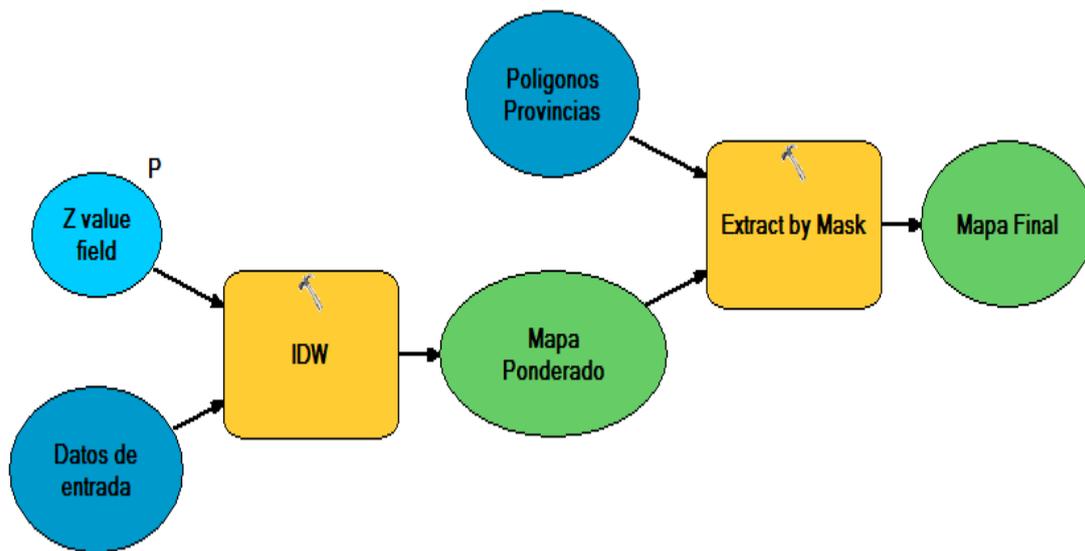


Figura 2.12. Herramienta creada con Model Builder. Fuente: Elaboración propia

El resultado es una superficie raster que es usada en el proceso del modelo como input de la siguiente herramienta, *Extract by Mask*, a la que se le añade un segundo parámetro de entrada en formato vectorial, un mapa vectorial de España, que actúa como plantilla y “recorta” las imágenes anteriormente generadas por los bordes, presentado una imagen recortada por los límites administrativos del conjunto de la España peninsular.

Lo ideal para realizar una herramienta como ésta habría sido crear un modelo de procesamiento de datos que integrara las tres herramientas utilizadas. Esto era posible, pero a la hora de lanzar la herramienta, al comenzar con los datos de que disponíamos, que estaban almacenados en diferentes fuentes, era necesario señalar rutas de acceso diferentes cada vez que fuésemos a crear un nuevo mapa y especificar los campos de las tablas que queremos

utilizar en nuestro estudio. Tras esto, tendríamos que seguir escogiendo el dato que querríamos utilizar para crear nuestro mapa. Por esta razón se adoptó la decisión de realizar primero el proceso de conversión de los datos y después crear un modelo de procesamiento automático.

A la hora de presentar los mapas finales, podíamos optar por dos opciones al definir el umbral entre los valores representados y los valores de la gripe. El empleo de la misma división de intervalos en todos ellos, nos ayudaría a conocer directamente nada más visualizar los mapas en qué semana había más casos de gripe. Sin embargo, se optó por elaborar una división de intervalos diferente para cada mapa, de manera que apreciamos diferencias en el propio mapa, y para comparar unos con otros, podemos ver los valores que representa cada símbolo en la leyenda.

4. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Tras el desarrollo de todo el estudio, se han obtenido como resultado diferentes tablas, gráficos y representaciones cartográficas en los que se observan las diferencias y relaciones de los factores estudiados.

4.1. TABLAS DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS

El primer resultado obtenido del estudio fueron las tablas organizadas con datos estadísticos medios de cada semana elaborada a partir de los datos diarios. Esta información permitió obtener una primera impresión visual de la información en forma de tabla y después serían la base a partir de la que se elaboraron los diferentes mapas, un mapa por cada tabla de datos.

A continuación se muestra una parte de la tabla de datos ya trabajada a modo ejemplo. Corresponde a los datos recogidos en San Sebastián, Igueldo, en las últimas semanas del año 2000 (primera parte del año epidemiológico) y ya están calculadas las medias estadísticas semanales. La tasa de gripe indica la incidencia semanal (casos/100.000 h)

SEM	ALTITUD	AÑO	T MAX	T MIN	RACHA	VEL. MEDIA	PRECP	H SOL	GRIPE
40	251	2000	16,7	11,3	10,4	3,7	1,8	6,7	2,68
41	251	2000	16,0	10,5	17,6	5,2	22,9	2,7	11,67
42	251	2000	18,7	11,9	14,4	4,8	7,3	3,6	4,67
43	251	2000	17,6	13,0	10,5	3,2	2,5	2,8	7,00
44	251	2000	13,5	8,3	22,6	8,4	12,2	2,1	9,34
45	251	2000	13,0	7,7	9,9	7,2	3,8	4,9	7,45
46	251	2000	11,6	7,1	15,3	5,0	11,2	1,3	19,48
47	251	2000	13,9	7,8	20,3	7,9	5,0	1,0	4,67
48	251	2000	17,1	10,4	20,0	9,2	2,8	3,2	5,68
49	251	2000	16,7	12,2	25,1	10,5	0,2	3,7	5,00
50	251	2000	14,5	9,7	17,3	6,8	4,3	2,8	2,48
51	251	2000	14,7	11,1	23,8	10,4	9,3	1,9	14,00
52	251	2000	12,3	6,5	25,3	8,3	3,5	4,5	2,58

Figura 2.13. Tabla de datos de trabajo de San Sebastián, Igueldo, referentes a las últimas semanas del año 2000. Fuente: elaboración propia (datos del INE).

En la tabla se puede apreciar una relación entre los diferentes datos y la tasa de gripe. Por ejemplo, se observa que la semana 46 es la que mayor tasa de gripe registró con una tasa de incidencia de 19,48. Esa misma semana las horas de sol fueron inferiores a 1,5 de media, las precipitaciones y el viento fueron considerables aunque no extremas y las temperaturas registraron sus niveles más bajos tanto de máxima como de mínima. Estas tablas no representan a ciencia cierta la relación entre los diferentes factores ya que siempre hay variables diferentes y excepciones, pero en este caso se puede ver que sí hay una fuerte relación entre los factores climatológicos y el desarrollo del virus de la gripe.

La demostración de que no es tan fácil encontrar una relación directa entre los factores, es que los dos años con mayor tasa de gripe fueron el 2002 y el 2003, y no encontramos justificantes climatológicos, ya que las medias tanto de temperatura, como de rachas de viento, de nivel de precipitaciones y de horas de sol son muy similares. De nuevo la respuesta está en otros factores, en este caso, como nos indica el Informe de Vigilancia de la Gripe en España, temporada (ISC III, 2003-2004) *“Los datos epidemiológicos y virológicos, procedentes de las redes de médicos centinela y grupo de laboratorios dedicados a la vigilancia de la gripe, confirmaron un continuado ascenso en la incidencia registrada de la enfermedad desde el comienzo de la vigilancia en la semana 40/2003 (28 de septiembre a 14 de octubre de 2003), a expensas sobre todo de la mayor afectación de la población menor de 15 años. Si comparamos las tasas semanales de incidencia de gripe de las últimas temporadas, podemos apreciar el precoz inicio de la actividad gripal en esta última temporada y la mediana intensidad de la onda epidémica registrada, que alcanzó su máximo en la semana 47/2003.”* Esta fue la semana elegida para realizar uno de los mapas.

4.2. REPRESENTACIONES GRÁFICAS

Con las mismas tablas ya trabajadas, se elaboraron diferentes gráficos lineales en los que sí se puede ver de manera más sencilla la relación entre los factores climáticos y el virus de la gripe. En el siguiente gráfico (Figura 2.14.) se representan las horas de sol semanales y la tasa de incidencia semanal de gripe en la ciudad de San Sebastián (los datos aparecen en la tabla de la figura 2.13)

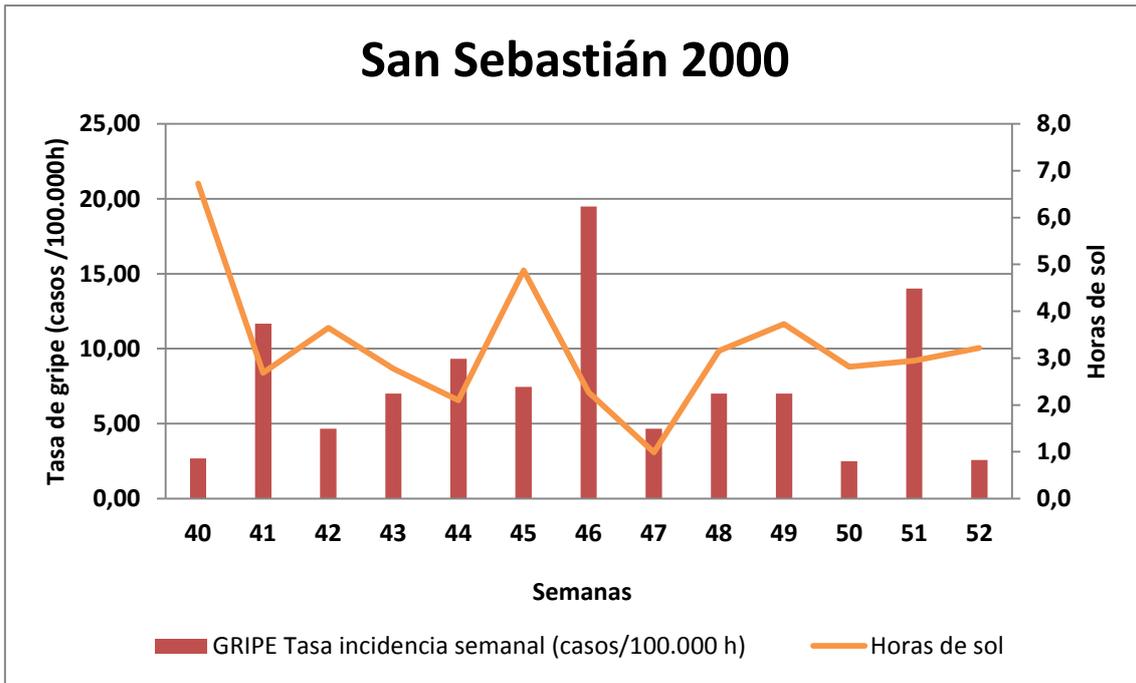


Figura 2.14. Gráfico de horas de sol y la tasa de gripe de San Sebastián, Igueldo, en las últimas semanas del año 2000. Fuente: Elaboración propia

Se aprecia cómo hay una relación directa entre el aumento y descenso de horas de sol. Las semanas con mayor número de horas de sol de media registraron menos casos de gripe y viceversa.

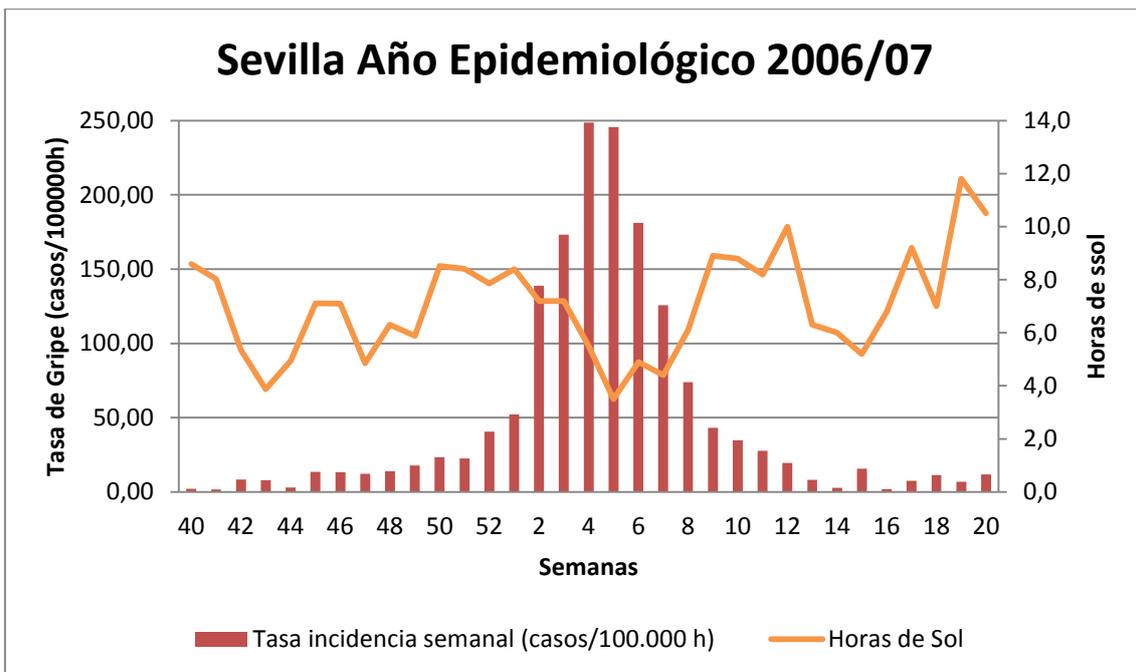


Figura 2.15. Gráfico de horas de sol y la tasa de gripe de Sevilla en el año epidemiológico 2006/2007. Fuente: Elaboración propia

En este segundo gráfico (Figura 2.15) no se llega a apreciar una relación directa entre las horas de sol y la tasa de gripe, pero se ve a simple vista cómo las mayores tasas de gripe se registraron en las semanas en las que las horas de sol bajaron.

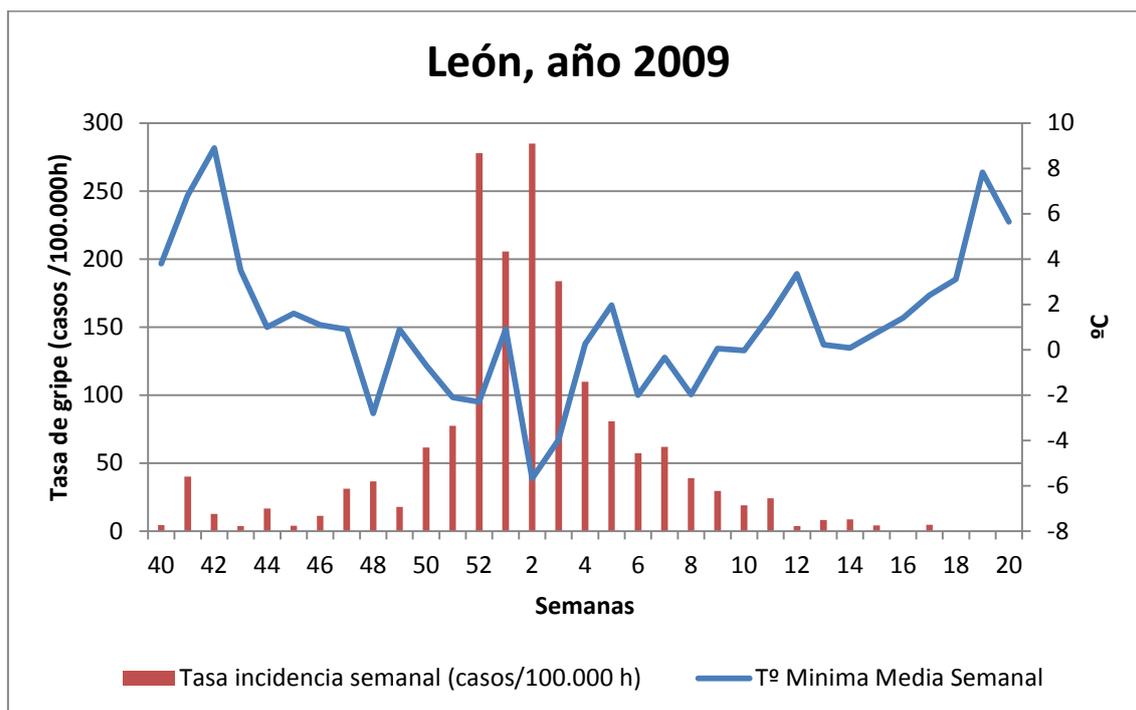


Figura 2.16. Gráfico de temperaturas mínimas y la tasa de gripe de León en las primeras semanas del año 2009. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2.16, también se aprecia cómo las temperaturas están por debajo de 0° en el momento de mayor tasa de gripe. Después se regulariza tras pasar esa “crisis”.

Los dos gráficos anteriores corresponden a diferentes años epidemiológicos y en ambos se ve una misma tendencia del virus de la gripe que comienza en la semana 51-52 y termina en la semana 4-6 del año natural siguiente. Esto lleva a reflexionar en la estacionalidad del virus que se repite cada año con pequeñas variaciones.

Por último se presenta la Figura 2.17 en la que se ve la velocidad media semanal del viento en las diferentes estaciones meteorológicas y de nuevo coincide con la incidencia de la gripe en los mismos lugares.

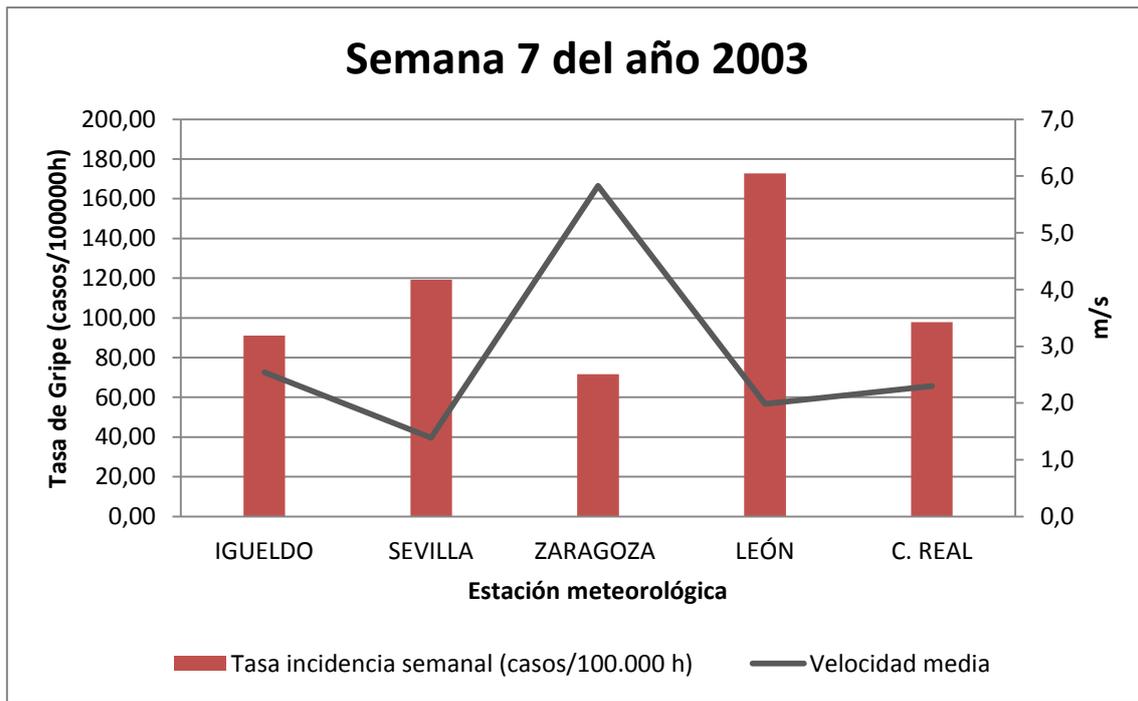


Figura 2.17. Gráfico de velocidad media semanal del viento y tasa de gripe de la semana 7 del año 2003. Fuente: Elaboración propia

4.3. RESULTADOS CARTOGRÁFICOS

En este apartado se presentan a modo de ejemplo diferentes composiciones cartográficas como muestra de los 334 generados automáticamente por el modelo. Los mapas resultantes facilitan un rápido análisis visual sincrónico de la relación entre los tres meteoros y las tasa de gripe semanales. A partir de un método de interpolación que asume un comportamiento específico de la variable interpolada basado en la distancia, hemos generado unas superficies de valores teóricos intermedios estimados gradualmente en el territorio donde no teníamos información. Si el número de puntos muestrales hubiera sido mayor, las estimaciones de los valores no muestrales habrían sido más precisas. Al emplear un método de interpolación no analítico hay un condicionante en los resultados obtenidos. En cualquier caso, cuanto mayor sea la densidad de puntos muestrales, mejores son las estimaciones logradas. Además en esta ocasión no se tienen en cuenta en el proceso de interpolación otros elementos geográficos que sabemos que afectan a la estimación de los valores reales como la orografía o la orientación de cada zona del territorio entre otros.

De los mapas generados hemos extraído varias conclusiones, aunque debemos decir, que hay muchas excepciones a estas afirmaciones ya que son muchos los factores a tener en cuenta, y solamente se han utilizado unas pocas variables climáticas para realizarlos.

Las semanas elegidas de estos mapas no han sido aleatorias. La cuadragésima séptima semana epidemiológica del año 2003 fue la semana con las mayores tasas de gripe en el año de estudio más destacado por la media anual (84,6 habitantes infectados por cada 100.000). Solamente en esta semana, en San Sebastián se dieron más de 265 casos por cada 100.000 habitantes. La primera composición cartográfica representa las horas de sol recogidas en la semana 47 del año 2003. Este fue un año en el que la gripe afectó fuertemente a toda la población española de la Península. Obviamente hay muchos más factores que las horas de sol en relación a la expansión de la epidemia, pero podemos ver en este mapa la mayor diferencia de casos de gripe. Fijándonos en la leyenda, vemos cómo Sevilla registró unos 150 casos de gripe, mientras que Zaragoza registró más de 320 casos, ambos por cada 100.000 habitantes. Esta gran diferencia puede ser asociada, entre otras causas, a la diferencia en el número de horas de radiación solar. Este ejemplo indica la importancia de la radiación solar frente a esta enfermedad como ya comentamos en el desarrollo del trabajo.

Tasa de gripe y horas medias de sol de la semana 47 del año 2003



Figura 2.18. Mapa de la Península Ibérica representando la tasa de gripe y las horas de sol de la semana 47 del año 2003. Fuente: Elaboración propia (Datos del INE)

En la Figura 2.19 se representa la cuadragésima semana epidemiológica del año 2000 que fue un año con una tasa media de 18,3 afectados por cada 100.000 habitantes. Por ejemplo la tasa más alta de la semana se recogió en la CCAA de Madrid y no llega a los 45 afectados por cada 100.000 habitantes. En esta composición cartográfica, podemos ver la superficie de temperaturas medias. La relación visual entre la gripe y la temperatura es en principio inversa, es decir, a mayor temperatura menos valores de tasa. Sin embargo, en este mapa, podemos entender que el factor más importante es el demográfico. En las ciudades de Madrid y Valencia la población es mucho mayor que en el resto de las ciudades representadas, y el movimiento diario de las personas también es mayor en sitios muy vulnerables como el metro o los autobuses. Los núcleos más poblados suelen tender a tener mayores tasas en condiciones de inicio similares en los modelos epidemiológicos.

Tasa de gripe y T° medias de la semana 40 del año 2000



Figura 2.19. Mapa de la Península Ibérica representando la tasa de gripe y las temperaturas medias de la semana 40 del año 2000. Fuente: Elaboración propia (Datos del INE)

A continuación, podemos ver otra representación cartográfica con un fondo azul de diferentes tonalidades (Figura 2.20). Las áreas más oscuras representan más cantidad de precipitaciones, y las zonas más blancas o en azul claro son en las que se recogieron menos precipitaciones. Como podemos observar, teniendo en cuenta que en el año 2009 la gripe no fue muy virulenta, aun así vemos diferencias entre unas ciudades y otras en esa semana concreta. Las ciudades con menos precipitaciones tuvieron mayores tasas. Hay una teoría que explica esto, y es que la lluvia limpia los gérmenes del aire, purificando éste y reduciendo la expansión del virus. Bien es cierto que hay teorías que afirman exactamente lo contrario, con mayor

cantidad de precipitaciones la gente se resguarda en sitios cerrados y es más sencillo el contagio.

Tasa de gripe y nivel de precipitaciones de la semana 8 del año 2009

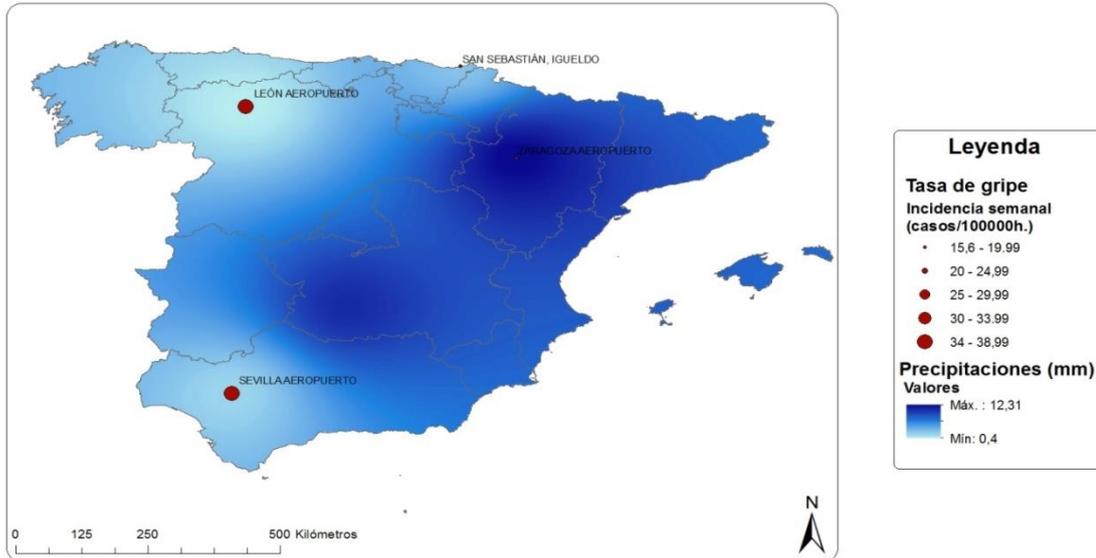


Figura 2.20. Mapa de la Península Ibérica representando la tasa de gripe y las precipitaciones de la semana 8 del año 2009. Fuente: elaboración propia (datos del INE).

Finalmente, hemos realizado un cuarto mapa en el que representamos los datos de gripe de las mismas tres semanas de los anteriores mapas. Aquí lo que vemos es la gran diferencia entre los contagios de unos años y otros.

Tasa de gripe en la Península Ibérica

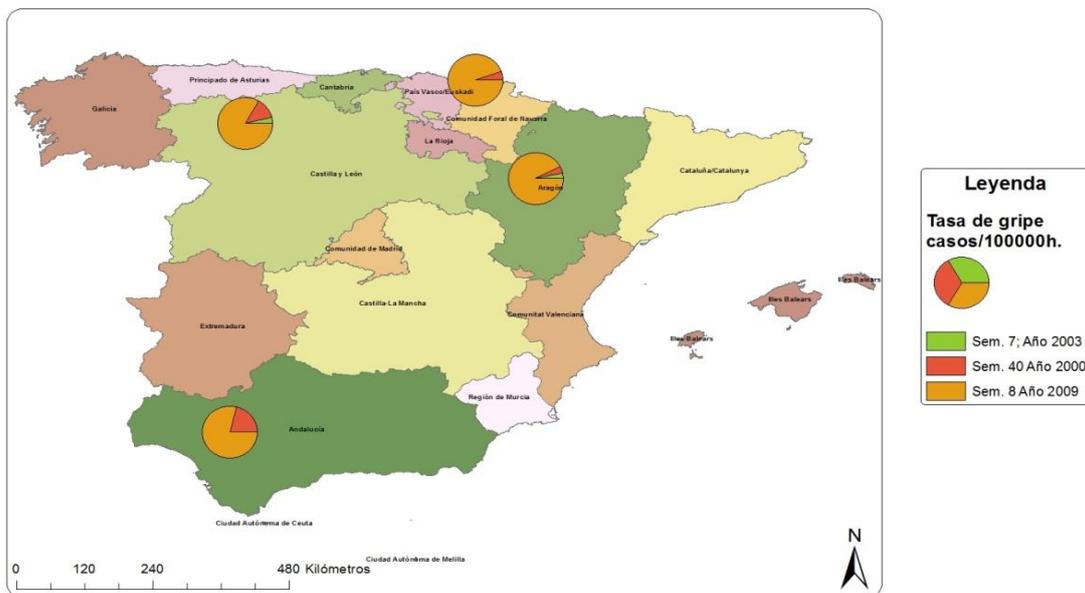


Figura 2.21. Mapa de la Península Ibérica representando las tasas de gripe de las semanas 40, 47 y 8 de los años 2000, 2003 y 2009 respectivamente. Fuente: Elaboración propia (Datos del INE)

5. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha puesto de manifiesto el carácter complejo del problema estudiado y sus múltiples dimensiones en las que intervienen aspectos, sociales, demográficos, económicos, ambientales, geográficos y de otra índole.

También se ha puesto de manifiesto la fuerte relación existente entre las propiedades físicas de los ecosistemas naturales y las características sociales de cada comunidad de cara al desarrollo potencial de enfermedades infecciosas como sucede con la gripe y su clara estacionalidad en latitudes templadas.

La dimensión espacial es uno de los aspectos más complejos que hace referencia a los procesos de difusión de la enfermedad estudiada y su posible relación con la variabilidad de los fenómenos meteorológicos. Aquí las TIG representan sin duda una de las herramientas importantes de cara a estimar valores de parámetros físicos en lugares donde no se pueden medir como se ha realizado en este TFG.

La representación cartográfica de variables meteorológicas o epidemiológicas como las aquí señaladas es altamente compleja y representa uno de los mayores retos futuros para afrontar muchos de los problemas globales que hoy día sufre el planeta.

Tras todo el trabajo, no se han obtenido resultados determinantes a destacar respecto a los elementos de estudio. A pesar de ello, se debe destacar la importancia de unos factores ante otros. El factor social es, junto con las características ambientales, muy importante en la propagación de las enfermedades infecciosas. Lo primero que influirá será la demografía, el envejecimiento de la población en la Península favorece el contagio de los individuos si bien las vacunaciones pueden hacer que este factor pierda relevancia. También es importante la alta densidad de población de nuestras grandes ciudades, siempre es mayor la tasa de gripe en estas ciudades que en los pueblos o ciudades dormitorio. Además de estos factores internos, en este caso de España, hay que atender a otros externos como el factor de la movilidad internacional, clave como vimos en el desarrollo del trabajo.

El segundo elemento destacado en el trabajo con mayor influencia en la expansión de los virus gripales es el clima de cada región y las variaciones del tiempo. Como ya comentamos anteriormente, las temperaturas, las horas de radiación solar, por lo que aportan a los humanos y por lo que afectan a los virus, son algunos de los factores meteorológicos más relevantes a tener en cuenta en nuestro estudio.

Otra de los aspectos que mitiga el riesgo potencial de epidemia gripal en la Península Ibérica es el nivel de desarrollo del país asociado a los factores económicos y al sistema de salud pública existente. La inversión que se realiza anualmente a prevenir y erradicar las enfermedades infecciosas es de una cantidad importante.

Resumiendo, cada factor y cada detalle afecta de una u otra manera, por esta razón es tan complicado afrontar estos problemas. Hay muchas variables que intervienen en la evolución de un ser microscópico, el cual se reproduce con facilidad y muy rápidamente. La buena utilización de las TICs y en concreto de los SIG, puede facilitar el estudio de cada factor y así ayudar en materia de Salud Pública a elaborar pronósticos de evolución de las epidemias atendiendo a factores atmosféricos.

Cada día los SIG son una herramienta más importante en grandes y medianas empresas, así como en los organismos públicos e internacionales, y esto es debido al amplio abanico de soluciones que se pueden obtener siempre que se trabaje desde el enfoque propio de los datos espaciales georreferenciados.

6. ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 2.1. Localización del área de estudio, la Península Ibérica. Fuente: elaboración propia a partir de los mapas base de ArcGis.
- Figura 2.2. Marco conceptual y temático del trabajo. Fuente: elaboración propia.
- Figura 2.3. Evolución de los grupos de población estimados en la UE-25 para el periodo 1950-2050. Fuente: Perspectivas de la población Mundial (ONU, revisión 2002).
- Figura 2.4. Evolución de los grupos de población estimados en España para el periodo 1950-2050. Fuente: ONU.
- Figura 2.5. Casos de gripe en EEUU desde 1982 a 2010. Fuente: NASA
- Figura 2.6. Mapa del cólera de John Snow (1854). Fuente: Zumaya Mecánica
- Figura 2.7. Límites espaciales del riesgo de contagio de la malaria según las tasas del parásito *P. falciparum*. Fuente: Use of GIS in Malaria Research, S. M. Niaz Arifin (2010)
- Figura 2.8. Indicadores de los brotes de reproducción de la malaria (Mapa A) y número de casos sospechosos de la enfermedad del dengue (Mapa B).Fuente: Role of GIS and GPS in Vector Born Disease Mapping
- Figura 2.9. Maqueta proyecto Valle del VRAEM. Fuente: elaboración propia.
- Figura 2.10. Mapa de la Península Ibérica y puntos de recogida de datos. Fuente: Elaboración propia
- Figura 2.11. Pasos de trabajo a seguir en un SIG. Fuente: elaboración propia.
- Figura 2.12. Herramienta creada con Model Builder. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 2.13. Tabla de datos de trabajo de San Sebastián, Igueldo, referentes a las últimas semanas del año 2000. Fuente: elaboración propia (datos del INE).
- Figura 2.14. Gráfico de horas de sol y la tasa de gripe de San Sebastián, Igueldo, en las últimas semanas del año 2000. Fuente: Elaboración propia
- Figura 2.15. Gráfico de horas de sol y la tasa de gripe de Sevilla en el año epidemiológico 2006/2007. Fuente: Elaboración propia
- Figura 2.16. Gráfico de temperaturas mínimas y la tasa de gripe de León en las primeras semanas del año 2009. Fuente: Elaboración propia
- Figura 2.17. Gráfico de velocidad media semanal del viento y tasa de gripe de la semana 7 del año 2003. Fuente: Elaboración propia
- Figura 2.18. Mapa de la Península Ibérica representando la tasa de gripe y las horas de sol de la semana 47 del año 2003. Fuente: Elaboración propia (Datos del INE).

- Figura 2.19. Mapa de la Península Ibérica representando la tasa de gripe y las temperaturas medias de la semana 40 del año 2000. Fuente: Elaboración propia (Datos del INE).
- Figura 2.20. Mapa de la Península Ibérica representando la tasa de gripe y las precipitaciones de la semana 8 del año 2009. Fuente: elaboración propia (datos del INE).
- Figura 2.21. Mapa de la Península Ibérica representando las tasas de gripe de las semanas 40, 47 y 8 de los años 2000, 2003 y 2009 respectivamente. Fuente: Elaboración propia (Datos del INE)

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. 2014. La gripe [online]. [Accedido el 16/4/2016]. Disponible en:
<http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/enfLesiones/enfTransmisibles/gripe/gripe.htm#virus>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2014. Gripe [online]. [Accedido el 16/4/2016]. Disponible en: <http://www.who.int/topics/influenza/es/>
- Microbiología e Inmunología On-Line. 2008. El virus de la influenza (Ortomixovirus) [online]. [Accedido el 18/9/2015]. Disponible en: <http://pathmicro.med.sc.edu/spanish-virology/spanish-chapter13.htm>
- Fernandez-Arroyabe, P. (2012).Influenza epidemics and Spanish climatic domains. Santander (Cantabria). Disponible en: <http://sig.cea.es/SIG>
- Instituto Geográfico Nacional. Sistemas de Información geográfica. Disponible en: <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do>
- Wegener Tesla. 2012 [Video] Virus asesinos: La gripe de 1918-19. Canal de documentos científicos. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=44tpFdIaNhE&list=PLW-mBbBOAp7XjhrgTUBTQ-LtOXiz0ym7>
- National Geographic. Disponible en: <http://www.nationalgeographic.es/ciencia/la-tierra/climate> (pág. 6)
- NASA. Disponible en: http://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html
- La pobreza en el Tercer Mundo. [online]. Disponible en: http://iesadaja.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/diferencias_mundo_desarrolladosubdesarrollado.pdf
- N. J. Cox and K. Subbarao. 2000. Global Epidemiology of Influenza: Past and Present. Annual Review of Medicine. Vol. 51: 407-421
- F. Rojo, V. Rodríguez, J. Bosque, A. Moreno, Ma. J. Vidal, J.A. Cebrián, B. Jiménez, J.M. Preciados, C. Muguruza. Aplicaciones de la informática a la geografía y ciencias sociales. Cap: La informática en Geografía y Ciencias Sociales, pág 125. Ed: Síntesis. Biblioteca Universidad de Cantabria
- Javier Gutiérrez Puebla (Universidad Complutense de Madrid) y Michael Gould (State University of New York). 1994. Ed: Síntesis. Biblioteca Universidad de Cantabria.
- J. S. Raisman (Universidad de Tucumán, Argentina) y A. M. González (Universidad Nacional de Córdoba). Virus de la influenza (Gripe). Hipertextos del área de la biología. Disponible en:<http://www.biologia.edu.ar/viruslocal/virus%20de%20la%20influenza.htm>

- Consuelo Ibáñez Martí. 2012. [online] Que es la incidencia y la prevalencia de una enfermedad. Salud pública y algo más. Disponible en: http://www.madrimasd.org/blogs/salud_publica/2012/02/29/133136
- Alfonso Ussía Lara (2011). Los mosquitos eligen a sus víctimas por la respiración no por la sangre. La Razón. Disponible en: http://www.larazon.es/detalle_hemeroteca/noticias/LA_RAZON_391029/6354-los-mosquitos-eligen-a-sus-victimas-por-la-respiracion-no-por-la-sangre#.Uhoet5JM_cw
- Gerard Jori (Universidad de Barcelona). 2013. El estudio de la salud y la enfermedad desde una perspectiva geográfica: temas, enfoques y métodos. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1029.htm>
- Edgar Tello Leal. 2008. [online] Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento. Universitat Operta de Catalunya. Disponible en: <http://www.uoc.edu/rusc/4/2/dt/esp/tello.pdf>
- Alejandra Moreno-Altamirano, Sergio López-Moreno, Alexánder Corcho-Berdugo. 2000. [online] Principales medidas en epidemiología. Salud pública de México. Vol. 42, nº4. Biblioteca Pública Municipal Huerta de la Salud
- Dr Robert Dalziel (University of Edinburgh). The biology of Influenza A. ICHAIR (Interdisciplinary Centre for Human & Avian Influenza Research) Disponible en: http://www.ed.ac.uk/polopoly_fs/1.15865!/fileManager/biology%20of%20the%20flu%20virus.pdf
- J.J. Cannell (2006). Epidemic Influenza... and Vitamin D. Medical News Today. Disponible en: http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_influenza33.htm
- Michel Drain (1979). Geografía de la Península Ibérica. Universidad de Cantabria.
- ISCIII (Instituto de Salud Carlos III) Informes anuales de vigilancia de gripe. Disponible en: <http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-servicios-cientifico-tecnicos/fd-vigilancias-alertas/fd-enfermedades/gripe.shtml>
- Bilbao. 2014. Redacción Médica[online] [Accedido el 21/5/2016] Disponible en: <http://www.redaccionmedica.com/autonomias/pais-vasco/la-campana-de-la-gripe-para-2014-tendra-un-presupuesto-de-1-2-millones-2486>
- Libertad Digital. 2012. [online] El comité que estudia si la OMS gestionó bien la gripe A tardará un año en decidirlo.[Accedido el 06/2/2016] Disponible en: <http://www.libertaddigital.com/salud/el-comite-que-estudia-si-la-oms-gestiono-bien-la-gripe-a-tardara-un-ano-en-decidirlo-1276389952/>

- Global Framework For Climate Services (GFCS)
- Hola Doctor. 2012. [online] Vitamina D en baja: no previene gripes ni resfriados.[Accedido el 12/6/2016] Disponible en: <http://salud.univision.com/es/gripe-y-resfriados/vitamina-d-en-baja-no-previene-gripes-ni-resfriados>
- Jaime Cerda L. y Gonzalo Valdivia C. (2007). “John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna”. *Revista chilena de infectología*, v. 24, n. 4, pp. 331-334.
- Galán R. (2009). “La movilidad de población influirá en la gripe A en la isla”. *El diario de Mallorca*.