

Universidade de Vigo Faculta de Ciencias

**Influencia de los factores
ambientales en el número de
ingresos cardiovasculares en
Galicia**

Olalla Pérez Martínez

Trabajo Fin de Grado Ciencias Ambientales

Dra. M^a de las Nieves Lorenzo González, profesora titular del área de Física de la Tierra, del departamento de Física Aplicada, de la Universidad de Vigo y **Dr. Dominic Royé** investigador del área de Geografía Física, del grupo Geobiomet, de la Universidad de Cantabria

INFORMAN:

Que el trabajo titulado "**Influencia de los factores ambientales en el número de ingresos cardiovasculares en Galicia**" presentado por **D^a./D. Olalla Pérez Martínez**, con **D.N.I.: 53818030P**, ha sido realizado bajo nuestra dirección en el departamento de Física Aplicada de la Universidad de Vigo, y autorizamos su presentación como **Trabajo Fin de Grado del Grado de Ciencias Ambientales** al considerarlo apto para ser defendido.

Ourense, 30 de junio de 2017



D^a. M^a de las Nieves Lorenzo González



D. Dominic Royé

ÍNDICE

Resumen.....	7
1. Introducción.....	9
1.1 La salud humana y el clima.....	10
1.1.1 Enfermedades y medio ambiente.....	12
1.1.2 Principales factores atmosféricos que afectan a la salud.....	15
1.2 Tipos de tiempo o <i>Weather Types</i>	24
1.3 Área de estudio.....	26
1.4 Objetivos.....	27
2. Datos y métodos.....	29
2.1 Datos.....	29
2.1.1 Datos de presión a nivel del mar.....	29
2.1.2 Datos de ingresos hospitalarios.....	30
2.1.3 Datos de variables meteorológicas.....	31
2.1.4 Datos de calidad del aire.....	32
2.2 Métodos.....	35
2.2.1 Cálculo de patrones de tiempo.....	35

2.2.2 Análisis de las series de datos.....	37
2.2.3Relación entre ingresos y patrones de tiempo.....	38
3. Resultados y discusión	39
3.1 Caracterización de los ingresos por cardiopatías.....	39
3.2 Caracterización de los patrones de tiempo.....	43
3.3 Relación entre ingresos y patrones de tiempo.....	47
3.4 Influencia de la calidad del aire en los ingresos.....	56
4. Conclusiones.....	61
5. Bibliografía.....	63

Resumen

Los seres humanos nos encontramos inmersos en el medio que nos rodea. La influencia del entorno en nuestra salud puede manifestarse de diversas formas. Son varios los estudios realizados que muestran que existe una relación entre los diferentes tipos de tiempo atmosférico y ciertas enfermedades. Los problemas de salud relacionados con los factores ambientales se desarrollan cada vez con más frecuencia e intensidad debido a que se encuentran agravados como consecuencia del cambio climático, afectando a grupos más vulnerables como niños o personas mayores. Por otro lado, el aumento de la contaminación asociada a una creciente urbanización, constituye otro de los principales factores que favorece al empeoramiento de ciertas dolencias.

Actualmente, las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de mortalidad de la población en los países desarrollados, constituyendo un grave problema para la sostenibilidad de la sanidad debido a la gran cantidad de recursos que consumen. Este trabajo se centra en el estudio de las relaciones entre las enfermedades cardiovasculares, que constituyen la principal causa de muerte en Galicia, y las condiciones atmosféricas. Para ello, serán utilizados datos de admisiones hospitalarias proporcionados por el Servicio Galego de Saúde (SERGAS) en el periodo que transcurre del 1 de enero de 2001 al 31 de diciembre de 2011, así como una clasificación de los diferentes patrones de circulación atmosférica que afectan a Galicia y diferentes variables atmosféricas registradas por estaciones de observación meteorológica y de calidad del aire situadas en diferentes ciudades de la geografía gallega.

1. Introducción

A lo largo de la historia se han llevado a cabo numerosas investigaciones que evidencian la existencia de una relación directa o indirecta entre los diferentes tipos de tiempo atmosférico y las enfermedades en seres humanos. Los seres vivos se encuentran en un equilibrio físico-químico y en intercambio constante con la atmósfera y el medio que les rodea.

La influencia del medio ambiente puede manifestarse de diversas formas; son numerosos los fenómenos meteorológicos extremos que han acabado con la vida de miles de personas o han causado enormes daños económicos en diversas zonas del planeta. Todos los años, las emergencias provocadas por estos fenómenos relacionados con el tiempo y el clima afectan a poblaciones de todo el mundo, con la consecuente pérdida de vidas humanas, destrucción de infraestructuras y degradación de ecosistemas. En torno al 80% o 90% de los desastres registrados en los últimos años han sido provocados por fenómenos naturales como crecidas, sequías, ciclones tropicales, olas de calor y tormentas intensas (OMS, 2012).

En el año 2011 se registraron 332 desastres debidos a fenómenos naturales en 101 países, que provocaron más de 30.770 muertos y afectaron a más de 244 millones de personas (OMS, 2012). Diferentes estudios sobre los fenómenos naturales extremos prevén que estos fenómenos serán cada vez más habituales y violentos debido a los efectos del cambio climático.

Entre las principales consecuencias del cambio climático se encuentra el aumento de las temperaturas y la exposición de la población a fenómenos meteorológicos extremos que ocurren cada vez con más frecuencia e intensidad. Los problemas de salud relacionados con la presencia de olas de calor se han agravado afectando en mayor medida a los grupos de población más vulnerables, es decir, las personas de mayor edad y niños, en particular en las grandes ciudades de las regiones tropicales y subtropicales. Por otro lado, la creciente contaminación constituye otro de los principales factores que favorece al empeoramiento de ciertas dolencias. Los problemas de salud relacionados con problemas respiratorios se han agravado. Otros factores ambientales determinantes para la salud, que se ven afectados tanto por el cambio climático como por la creciente contaminación ambiental son el agua y la calidad de las cosechas (OMS, 2012). Todo esto, provoca la necesidad de buscar respuestas coordinadas entre los sistemas de predicción y las organizaciones sanitarias para abordar los diferentes problemas de salud medioambiental. A escala local, los servicios meteorológicos además de las variables meteorológicas nos pueden proporcionar información sobre los niveles de concentración de contaminantes y de polen, los niveles de radiación ultravioleta e información sobre las alertas de temperaturas. Esta información puede ser utilizada por el sector sanitario para adaptar sus servicios de protección a las diferentes situaciones.

1.1 La salud humana y el clima.

Hoy en día se sabe que la relación entre medio ambiente y salud es más estrecha y compleja de lo que se creía. Existen evidencias del efecto que tienen sobre la salud la exposición a determinadas sustancias contaminantes que se encuentran en la atmósfera, el agua, y/o en muchos productos de consumo.

La OMS incluye dentro de los factores ambientales que pueden afectar a la salud la contaminación del aire, el agua y el suelo, la exposición a los productos químicos, el cambio climático y la radiación ultravioleta (Sandín et al., 2007).

La Figura 1.1 intenta recoger la complejidad y diversidad de los factores implicados en las relaciones que se producen entre medio ambiente y salud.

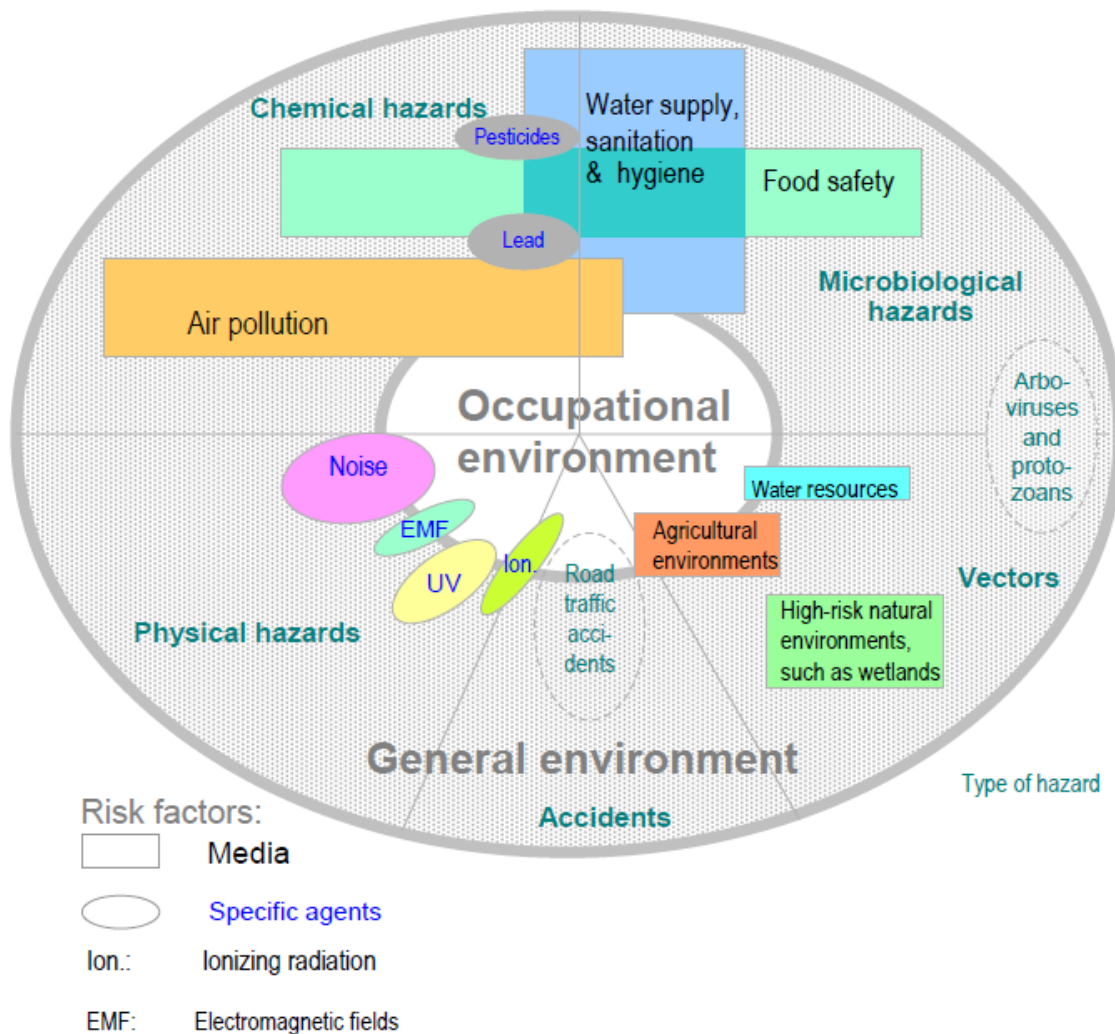


Figura 1.1: Factores implicados en las relaciones que se producen entre medio ambiente y salud. Fuente (Prüss-Üstün et al., 2003).

En zonas con climas tropicales podemos encontrar enfermedades como la tuberculosis, la diarrea, el paludismo, la leishmaniosis o la malaria. Los cambios observados en el clima de los últimos años están provocando la llegada de estas enfermedades a latitudes en la que resultaban desconocidas hasta ahora (OMS, 2012). Por otro lado, los climas más fríos se encuentran con enfermedades como la amigdalitis, rinofaringitis o bronquitis, causadas por virus o infecciones bacterianas.

Además, como se mencionó anteriormente, la incidencia del clima sobre la salud humana se ve agravada por la contaminación asociada a una creciente urbanización (OMS, 2012).

Diferentes factores pueden aumentar la vulnerabilidad de una persona ante la variabilidad climática:

- Edad: Las personas de mayor edad son más vulnerables a aumentos bruscos de temperatura o humedad, ya que sus cuerpos se adaptan peor a los cambios.
- Condición física: Las personas que presentan enfermedades crónicas preexistentes, tales como obesidad, diabetes, enfermedades del corazón, y el asma, son más sensibles a determinadas variables meteorológicas.
- El nivel socioeconómico: Las condiciones socioeconómicas influyen en la capacidad de respuesta y adaptación de la población a fenómenos meteorológicos extremos.

1.1.1 Enfermedades y medio ambiente.

Actualmente, el estudio de la relación entre enfermedades y el medio ambiente está cobrando mayor relevancia. Se conocen diversos factores medioambientales que influyen sobre enfermedades respiratorias, cardíacas, alérgicas o sobre diferentes enfermedades infecciosas.

Diversos estudios muestran que los factores ambientales influyen en el 80% de las enfermedades estudiadas por la OMS. Se calcula que en todo el mundo el 24% de la carga de morbilidad (años de vida sana perdidos) y aproximadamente el 23% de todas las defunciones son atribuibles a factores ambientales (Prüss-Üstün et al., 2006). En niños de 0 a 14 años, el porcentaje de muertes que puede atribuirse al medio ambiente es de hasta un 36% (Sandín et al., 2007).

Muchas de estas enfermedades son sensibles a las condiciones de temperatura, precipitación y humedad. La incidencia de accidentes cerebrovasculares aumenta con la subida de la temperatura, siendo las personas mayores los que mayor riesgo corren. Condiciones cálidas y de sequía favorecen enfermedades como la meningitis meningocócica, una de las principales enfermedades en gran parte de África. Los factores meteorológicos también influyen en la transmisión de enfermedades a través del agua o de los alimentos, como en el caso del cólera (OMS, 2012). Para realizar un control de estas enfermedades es importante comprender los mecanismos de relación

entre los factores meteorológicos y su incidencia, para poder conocer su distribución temporal y espacial. Esto permitiría aplicar medidas adecuadas para prevenir epidemias.

La sensibilidad al clima de ciertas enfermedades significa que la información meteorológica recopilada por las estaciones meteorológicas y de calidad ambiental puede servir para elaborar mapas de posible incidencia de epidemias como las de cólera, paludismo, o meningitis. Las enfermedades respiratorias, también pueden verse beneficiadas por la creación de sistemas de alerta que prevengan a los enfermos de situaciones atmosféricas que puedan agravar sus crisis respiratorias o de alergia.

Actualmente, las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de mortalidad de la población en los países desarrollados, constituyendo un problema grave para la sostenibilidad del sistema sanitario debido a la enorme cantidad de recursos que consumen. Cuando hablamos de enfermedades cardiovasculares nos referimos a aquellas que afectan al corazón o a los vasos sanguíneos. En Estados Unidos son la principal causa de muerte con 631.636 fallecidos en 2006, el último año para el que se dispone de datos estadísticos (Portier et al., 2010). En España, durante el 2014, el grupo de las enfermedades del sistema circulatorio se mantuvo como la primera causa de muerte (con una tasa de 252,7 fallecidos por cada 100.000 habitantes), seguida de los tumores (237,4) y de las enfermedades del sistema respiratorio (94,4) (INE, 2016).

Durante principios del siglo XX en los países desarrollados se experimentó una disminución de la mortalidad por enfermedades infecciosas incrementándose las defunciones debidas a enfermedades cardiovasculares (Fernández-García et al., 2014). Estudios realizados en países como Japón, China, Canadá, Brasil, Alemania, EE.UU. o Australia, han determinado que existe una mayor incidencia de infartos en invierno y primavera (Goerre et al., 2007; Loughnan, et al., 2008).

Las primeras investigaciones que tratan sobre la relación del tiempo atmosférico y el clima con enfermedades cardiovasculares datan de 1938 (Bean y Mills, 1938). Algunos estudios demostraron que la disminución de un grado Celsius en la temperatura se podía asociar con un incremento del riesgo de infarto, sin ser atribuido únicamente a

los factores de riesgo clásicos (Keatinge et al., 1997). En su estudio de 1999 Danet et al. establecieron que un descenso de 10°C en la temperatura media diaria se asociaba a un incremento del 13% de episodios coronarios en hombres, sobre todo en los de mayor edad.

Actualmente, las enfermedades cardiovasculares también se han asociado a factores ambientales tales como la contaminación atmosférica, la exposición a productos químicos como el plomo y la exposición al humo del tabaco (Pope III, 2002; Schwartz, 1995; Kaur et al., 2004).

Hay evidencias de que las enfermedades cardiovasculares son sensibles a ciertas situaciones de frío o calor extremo, ya que afectan directamente a la incidencia de ingresos hospitalarios por dolor torácico, síndrome coronario agudo, accidente cerebrovascular y variaciones en las arritmias cardíacas (Portier et al., 2010).

También existen evidencias de que el calor amplifica los impactos adversos del ozono y de las partículas en las enfermedades cardiovasculares. Los eventos meteorológicos extremos afectan a la salud cardiovascular a través del estrés y la ansiedad producidos por la situación extrema produciendo infarto de miocardio y también favorecen el desarrollo de cardiomiopatías, enfermedades del músculo cardíaco (Portier et al., 2010).

Aunque la mayoría de estudios parecen mostrar que la presión, la temperatura o el viento son las variables de mayor impacto en las enfermedades cardiovasculares, aún no está completamente clara esta relación causa-efecto ni los motivos de su variación estacional (Fernández-García et al., 2014).

1.1.2 Principales factores atmosféricos que afectan a la salud

Establecer un vínculo entre los factores atmosféricos y los efectos dañinos sobre la salud humana plantea algunas dificultades. Los efectos sobre la salud son muy variados, y cada factor puede generar más de un efecto sobre los seres humanos.

Además, estos efectos van a depender de la predisposición genética, la forma de vida, la cultura, los factores socioeconómicos, la localización geográfica o el clima (Sandín et al., 2007).

Los principales factores meteorológicos que han mostrado tener un claro efecto sobre la salud humana son: la temperatura del aire, la humedad, la velocidad del viento, las horas de radiación solar, la presión y la precipitación (Fernández-García et al., 2014).

Pero también se ven implicados otros factores no meteorológicos, como la contaminación química (NO_x, ozono, etc.) o el contenido polínico del aire.

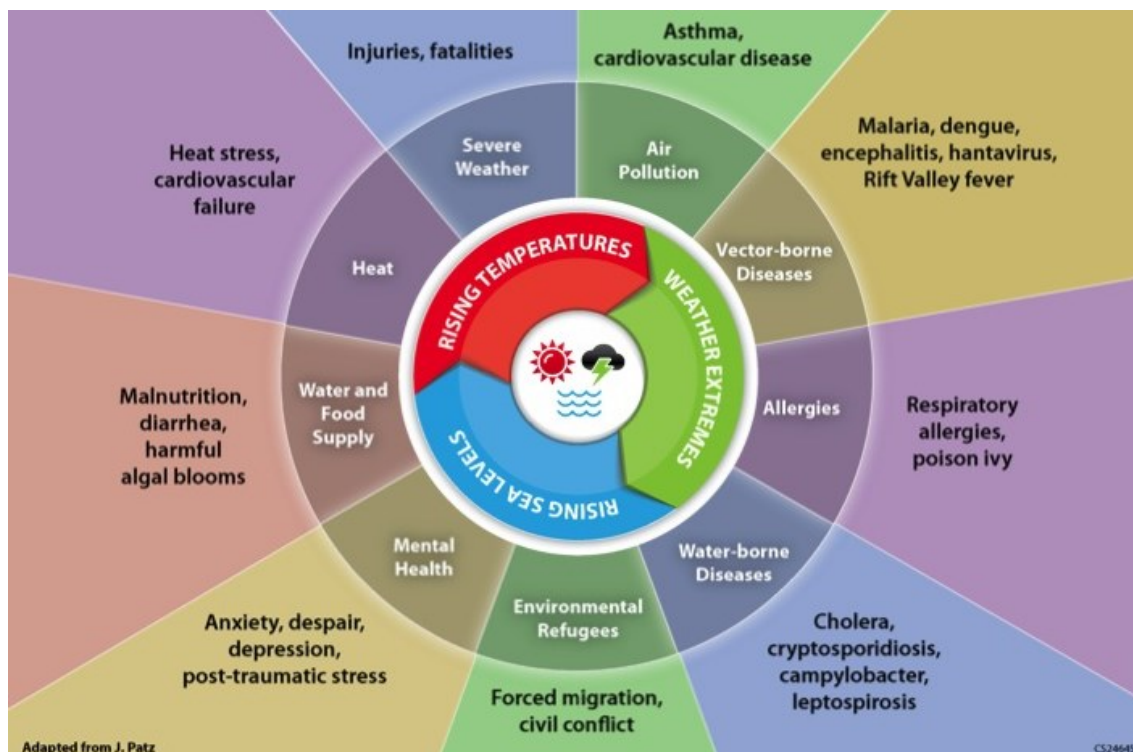


Figura 1.2: Esquema de las relaciones entre diferentes enfermedades y las variables ambientales. Source: Centers for Disease Control and Prevention <https://toolkit.climate.gov/topics/human-health>

En la Figura 1.2 Se muestra un esquema a modo de resumen de estas relaciones. Estas relaciones se estudian a través de metodologías estadísticas en las que los diferentes factores se relacionan con variables sanitarias, como pueden ser las defunciones, el aumento de venta de medicamento o el número de ingresos hospitalarios.

Factores meteorológicos

➤ **Temperatura**

La temperatura juega un papel muy importante en nuestra salud ya que si no se mantiene dentro de un rango adecuado puede provocar efectos adversos en los seres humanos. En épocas de frío en las que las temperaturas descienden bruscamente aumenta el riesgo de hipotermia (temperatura corporal inferior a 35°C), lo que viene asociado a un aumento de mortalidad por patologías del sistema circulatorio en pacientes de mayor edad. Por otro lado, en épocas de calor las altas temperaturas aumentan el esfuerzo que debe realizar el organismo para mantener una temperatura corporal normal (entre los 36 y los 37,5 °C), por lo que se incrementa el riesgo de patologías cardiovasculares en los individuos más sensibles (Monsalve, 2011).

➤ **Humedad**

Cuando hablamos de humedad nos referimos a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Existen diferentes maneras de expresarla, pero el parámetro más utilizado es el de la humedad relativa el cual expresa el grado de saturación de humedad del aire. Esta variará en función de las características de los diferentes tipos de masas de aire.

La humedad influye en la capacidad que presenta el cuerpo humano para enfriarse a través de la sudoración, ya que en presencia de una alta humedad el sudor tarda más en evaporarse.

Si se produce un exceso de humedad se puede favorecer la proliferación de mohos y ácaros, lo que incrementa el riesgo de patologías infecciosas del sistema respiratorio (Monsalve, 2011).

Si se combinan humedad y frío, pueden desencadenarse crisis asmáticas o el empeoramiento de los síntomas de las bronquitis crónicas. También hay estudios que indican que esta combinación, en un contexto de bajas presiones, favorece una mayor incidencia de infarto de miocardio (Kunst et al., 1993; Sarna y Romo, 1977).

➤ **Viento**

El viento se define como el movimiento del aire causado por diferencias de presión. Sus características principales son la dirección y la velocidad.

El viento posee un efecto refrescante inversamente proporcional a la temperatura del aire. A temperaturas por debajo de la corporal (36-37°C) el movimiento del aire provoca un enfriamiento al aumentar la pérdida de calor corporal. Cuanto mayor sea su velocidad con mayor rapidez se producirá la pérdida de calor.

No constan muchos estudios acerca de los efectos del viento sobre la salud. En Inglaterra, Gill y Davies hallaron una relación entre el efecto combinado de las bajas temperaturas y el tiempo y los ingresos hospitalarios por un tipo de accidentes cerebrovasculares (Gill y Davies, 1988). En los Países Bajos, Kunst y Groenhof vieron que el efecto combinado de las bajas temperaturas y el viento estaba más relacionado con la mortalidad cardíaca que las bajas temperaturas de forma aislada (Kunst y Groenhof, 1994). Los vientos cálidos y con poca humedad se relacionan con diferentes trastornos neuropsicológicos (San Gil Martín, 1995).

➤ **Horas de radiación solar**

Todos los seres humanos nos encontramos expuestos a la radiación ultravioleta (UV) procedente del sol. Este emite luz, calor y radiación UV. La región UV abarca el intervalo de longitudes de onda de 100 a 400 nm y se divide en tres bandas (Tabla 1.1):

Tabla 1.1: Bandas en las que se divide la región UV con sus intervalos de longitud de onda correspondientes.

Región	λ
UVA: 315	400 nm
UVB: 280	315 nm
UVC: 100	280 nm

Cuando la luz del sol atraviesa la atmósfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación UVC y cerca de un 90% de la radiación UVB. La atmósfera absorbe la radiación UVA en menor medida y como consecuencia, la radiación UV que alcanza la superficie se compone sobre todo de rayos UVA, con una pequeña parte de rayos UVB.

La intensidad de la radiación UV va a depender de diversos factores (Tabla 1.2):

Tabla 1.2: Factores que afectan a la intensidad de radiación UV.

Factores	Intensidad de radiación UV.
Altura del sol	La intensidad se incrementa con la altura.
Latitud	Aumenta con la proximidad al Ecuador.
Nubosidad	Mayor cuando no hay presencia de nubes.
Altitud	Aumenta en un 10-12% cada 1.000 metros.
Ozono	Absorbe parte de la radiación que podría llegar a la superficie.
Reflexión por el suelo	Dependiendo de la superficie se reflejará o dispersará la radiación UV en mayor o menor medida (<i>Figura 1.3</i>)

La exposición a la radiación UV en pequeñas dosis es necesaria y beneficiosa para los seres humanos, pero en el caso de que se trate de una exposición prolongada puede producir efectos adversos sobre la salud de la piel, los ojos y el sistema inmunitario. Un incremento elevado en el número de horas de exposición a la radiación UV se puede asociar a enfermedades como cáncer de piel, cataratas, fotoqueratitis, fotoconjuntivitis o eritemas solares.

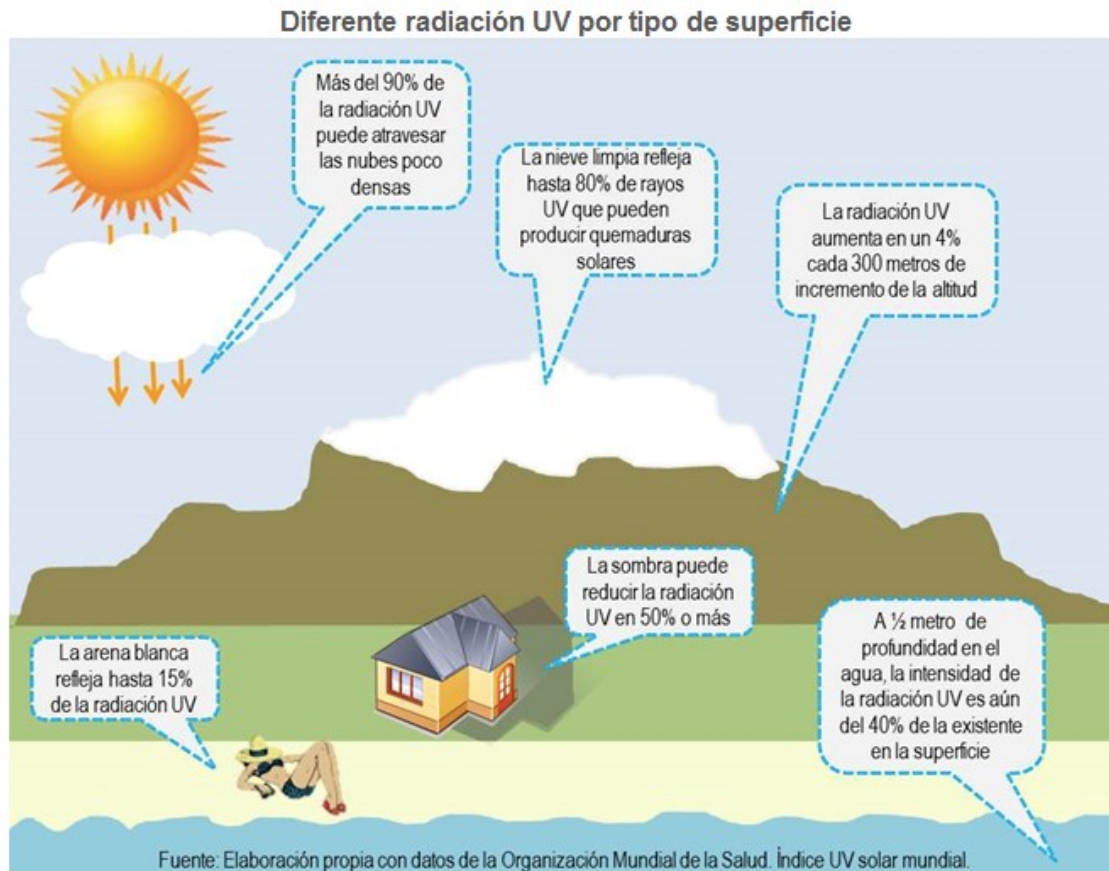


Figura 1.3: Reflexión de la radiación UV en función del tipo de superficie. Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS).

➤ **Presión atmosférica**

Cuando hablamos de presión nos referimos a aquella que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la Tierra. Al igual que la densidad, disminuye conforme aumenta la altura. Se suele expresar en milímetros de mercurio (mm de Hg) o, más coloquialmente, en milibares (mb).

Un incremento de la presión atmosférica puede causar un aumento de la viscosidad del aire respirado pudiendo provocar efectos no deseados sobre la salud humana. Además, sus variaciones se relacionan con cambios en el volumen gaseoso de ciertas estructuras del cuerpo, lo que puede ocasionar patologías de tipo cerebrovascular o cardíaco (Monsalve, 2011).

➤ **Precipitaciones**

Varios estudios afirman que las precipitaciones pueden estar asociadas a un aumento o disminución de la mortalidad. En un estudio realizado en Estados Unidos (Nueva York, Filadelfia, Chicago, Atlanta, Detroit) se ha observado un descenso significativo de la mortalidad el día después de la lluvia en las cinco ciudades estudiadas, debido a que la lluvia posee un efecto refrescante que alivia el exceso de calor en verano (Kalkstein y Valimont, 1987).

En otros casos, la lluvia puede aumentar la mortalidad. Robot y Padgett (1976) hallaron que el frío y la nieve estaban asociados a la mortalidad por accidente cerebrovascular y ataques cardíacos, lo que ha sido corroborado por otros autores.

La creciente variabilidad de las precipitaciones afectará probablemente al suministro de agua dulce, y la escasez de esta puede poner en peligro la higiene y aumentar el riesgo de enfermedades diarreicas. El aumento de la frecuencia y la intensidad de las inundaciones contaminan las fuentes de agua dulce, incrementando el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y dando lugar a criaderos de insectos portadores de enfermedades.

Contaminantes atmosféricos

➤ **Ozono**

El ozono es un gas oxidante reactivo que se produce de forma natural en pequeñas cantidades en la atmósfera. La molécula de ozono se compone de tres átomos de oxígeno (en contraste con el oxígeno molecular, O_2 , que forma el 21% del aire atmosférico) y se forma cuando un átomo de oxígeno, producido generalmente en la troposfera por disociación fotoquímica del dióxido de nitrógeno (NO_2), se combina con el oxígeno molecular para formar ozono.

La mayor parte del ozono atmosférico terrestre se encuentra en la estratosfera (porción de la atmósfera entre los 10 y los 50 kilómetros de altitud), en la cual realiza un papel crítico protegiéndonos de la radiación ultravioleta emitida por el sol. Una porción menor de ozono generado de forma natural se encuentra en la troposfera, que es la capa

inferior de la atmósfera con unos 10 km de espesor. En ella las concentraciones naturales de ozono son muy bajas comparadas con el de la estratosfera (Figura 1.4).



Figura 1.4: Distribución del ozono en la atmósfera. Fuente: <http://vocabulariogeografico.blogspot.com.es/2011/09/capa-de-ozono.html>

Algunos estudios han puesto de manifiesto que existen una relación directa entre la mortalidad diaria y los niveles de ozono troposférico (OMS, 2005). A medida que aumentan las concentraciones de ozono troposférico por encima del valor guía ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), los efectos en la salud se ven agravados de forma que una exposición prolongada puede tener efectos crónicos en el sistema respiratorio. Estos efectos pueden incrementarse durante episodios de tiempo muy caluroso. Otro de los principales riesgos que presenta el ozono troposférico es el denominado "smog" fotoquímico. El efecto más obvio del smog es la formación de una neblina de un color amarillento-gris-parduzca debida a la presencia en el aire de pequeñas gotas que contienen productos de reacciones químicas. Los productos intermedios y finales de las

reacciones que tienen lugar en el smog pueden afectar a la salud humana, sobre todo al sistema respiratorio, además de causar daños en plantas, animales y algunos materiales.

Durante las últimas décadas, los avances en la monitorización del ozono han permitido observar cambios en las cantidades de ozono presentes en la atmósfera. Uno de los cambios más destacados ha sido la destrucción de porciones significativas de la capa de ozono estratosférico, cuyo impacto más conocido es el agujero de ozono antártico que se observa cada primavera austral. Este deterioro en la capa de ozono troposférico provoca que las radiaciones solares sean más perjudiciales para la salud humana proliferando los cánceres de piel.

Por otro lado, el aumento de ozono troposférico producido a partir de la emisión, antropogénica y biogénica, de compuestos primarios, principalmente óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Produce un efecto irritante en los ojos y en el tracto respiratorio y puede desencadenar reacciones asmáticas. Igualmente puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a dolor de cabeza.

➤ **Óxidos de nitrógeno (NO_x)**

Los óxidos de nitrógeno ($\text{NO} + \text{NO}_2$) se producen normalmente en procesos de combustión (motores de explosión en automóviles, sistemas de calefacción...) así como en ciertos procesos industriales (centrales térmicas y refinerías, industrias de fertilizantes, fábricas de explosivos, procesos de nitración, etc.)

El NO u óxido nítrico, es un gas incoloro, no inflamable, inodoro y tóxico. Se genera en procesos de combustión a altas temperaturas por combinación del oxígeno y el nitrógeno del aire. Fuentes importantes generadoras de NO además de procesos del sector de la industria son los incendios forestales o la aplicación de fertilizantes en los cultivos. El NO_2 es un gas pardo-rojizo, no inflamable, de olor asfixiante y tóxico.

El óxido nítrico expulsado a la atmósfera en seguida se oxida por causa de agentes oxidantes como el ozono (O_3) convirtiéndose en NO_2 . A su vez el NO_2 sufre un proceso de fotólisis a longitudes de onda $<424\text{nm}$ dando nuevamente lugar a NO . Esto da lugar

a un proceso cíclico de formación de NO y NO₂ que se produce en capas bajas de la atmósfera.

Cabe destacar la importancia de estos óxidos debido a su gran volumen de emisión y a la facilidad con que se pueden convertir en ácidos al reaccionar con moléculas de agua, tanto en la atmósfera como en el medio acuático tras su deposición.

Entre los efectos negativos que presentan los óxidos de nitrógeno, se tratan de unos de los precursores del ozono troposférico provocado por la contaminación por smog fotoquímico (Saavedra, 2010). Otro efecto negativo es la eutrofización de ecosistemas tanto terrestres como acuáticos debido a la excesiva exposición a compuestos nitrogenados (Gallego et al., 2009).

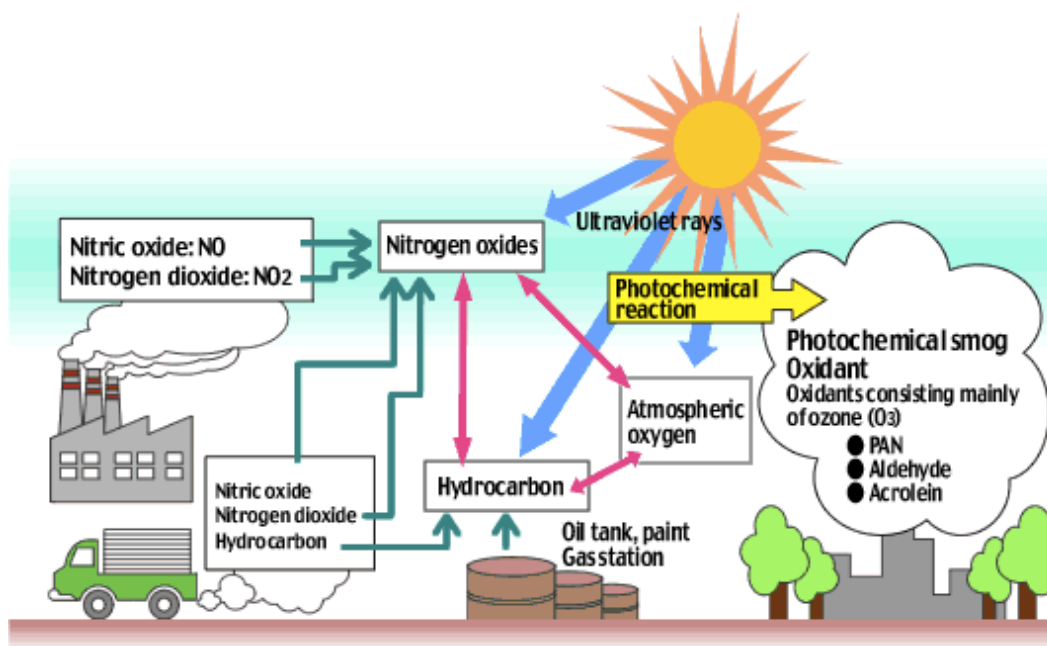


Figura 1.5: Influencia de los óxidos de nitrógeno en la formación del smog fotoquímico. Fuente: <http://www.markedbyteachers.com/as-and-a-level/geography/photochemical-smog-is-the-most-widely-known-and-perhaps-most-serious-air-pollutant-it-is-formed-in-the-atmosphere-by-the-reaction-between-gaseous-pollutants-nitrogen-oxides-and-hydrocarbons.html>

Según ciertos estudios, los óxidos de nitrógeno presentan efectos muy perjudiciales sobre la salud humana. Exposiciones de entre 30 minutos y 24 horas a NO₂ provocan efectos respiratorios adversos que incluyen la inflamación de las vías respiratorias tanto en personas sanas como un aumento de los síntomas en personas que padecen

asma. También se ha establecido relaciones entre episodios de altas concentraciones de NO_x y un incremento en las visitas a urgencias, así como de ingresos hospitalarios por problemas respiratorios, especialmente relacionados con el asma.

Los óxidos de nitrógeno reaccionan con amoníaco y la humedad generando pequeñas partículas que pueden llegar con facilidad a los pulmones causando o agravando enfermedades respiratorias como la bronquitis. El ozono troposférico que se produce a partir de los óxidos de nitrógeno también provoca estos efectos adversos, así como una disminución en la función pulmonar.

1.2 Tipos de tiempo o *Weather Types*

Muchos estudios climatológicos y aplicaciones necesitan que el número de datos se simplifique dividiéndolos en un número relativamente pequeño de categorías distintas. La clasificación sinóptica es una herramienta utilizada con frecuencia en la climatología con diversos propósitos.

Una clasificación sinóptica es una tipificación de estados de la atmósfera a tal escala que permite el análisis de configuraciones de longitud de onda del orden de 1.000 km, por lo que se han desarrollado múltiples clasificaciones como herramientas analíticas y predictivas. Para llevar a cabo una clasificación informatizada de los tipos de circulación que pueden tener lugar en cada episodio, y así disminuir su subjetividad, han surgido en los últimos años versiones automatizadas de los *Weather Types* de Lamb (Jones et al., 1993). Las típicas variables que se suelen incluir son la temperatura, la humedad, la cobertura nubosa, las horas de luz solar, la velocidad del viento y la presión del aire (Huth et al., 2008). Este tipo de clasificaciones se pueden utilizar en estudios sobre el cambio climático y en investigaciones bioclimatológicas relacionadas con la mortalidad humana por factores climáticos (Kalkstein et al., 1987; Kalkstein, 1991; Kysely' y Huth, 2004).

Los tipos de circulación se definen para cada día y suelen reflejar de forma simple la circulación local que tiene lugar. A estos tipos de tiempo se encuentran asociadas unas

características meteorológicas determinadas, presión, temperatura, humedad... que ayudan al predictor a definir el tiempo que va a hacer.

Para este estudio se ha utilizado la base de datos de tipos de circulación diarios que fue calculada para Galicia por Lorenzo et al., 2008. Los tipos de circulación fueron calculados utilizando la presión a nivel del mar (SLP) diaria de los datos del reanálisis de NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996).

En esta clasificación, las condiciones de circulación son determinadas usando parámetros físicos o geométricos, tales como la dirección y la fuerza de flujo de aire, y el grado de ciclonicidad. En particular se considera el flujo de los vientos del sur (SF), de los vientos del oeste (WF), el flujo total (F), la vorticidad por cizallamiento del sur (ZS), la vorticidad por cizallamiento del oeste (ZW) y velocidad por cizallamiento total. Estos valores se computan usando los valores de presión superficial obtenidos en una malla de 16 puntos centrada sobre la zona de estudio (ver Figura 1.6).

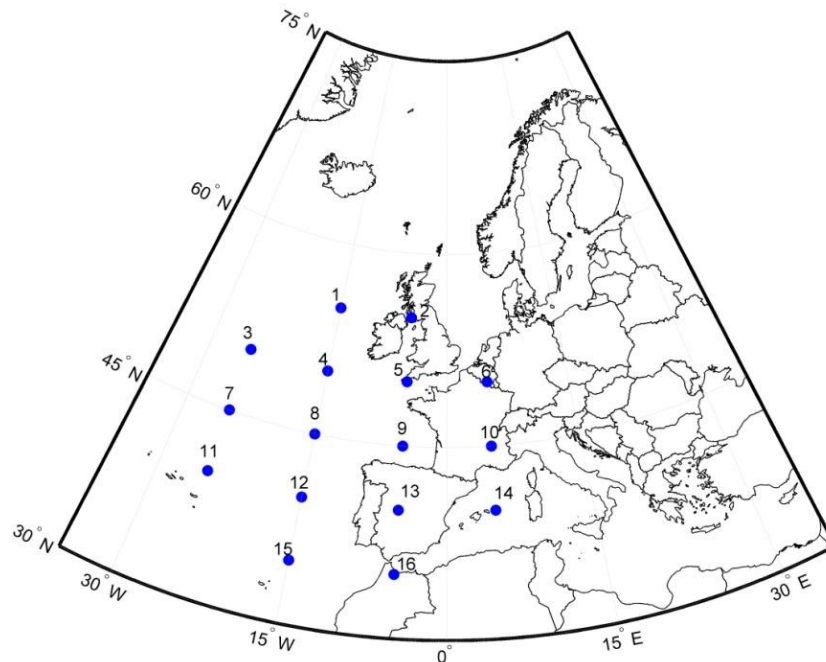


Figura 1.6: Localización de los puntos para el cálculo de los patrones de circulación. Los cuadros pequeños marcan la ubicación de la zona de estudio sobre el NW de la Península Ibérica. Fuente Lorenzo et al., 2008.

1.3 Área de estudio

Galicia, con una extensión de 29.574 Km², se encuentra en la parte noroccidental de la Península Ibérica situada en una latitud geográfica media (entre los 42 y los 44° N), posición por la que se ve sometida a la influencia tanto del aire polar como del procedente de los trópicos. Además, se encuentra expuesta a la influencia del Océano Atlántico, lo que provoca que el clima de Galicia sea de tipo oceánico, en general templado y húmedo (debido a la influencia atlántica), pero muy variable a lo largo del año. En el Sur se asemeja al clima mediterráneo, por existir un período seco de verano (aridez estival) en la que se dan situaciones de sequía durante los meses de julio y agosto.

La influencia del mar es de suma importancia. El efecto regulador del mar suaviza las temperaturas, de manera que la costa posee una amplitud térmica (diferencia entre temperaturas máxima y mínima) moderada, mientras que en el interior es varios grados mayor, pudiéndose hablar entonces de un clima de tipo oceánico en la costa y de un clima más continental en las provincias de Ourense y Lugo.

También se hace notar la influencia marítima en las precipitaciones. Galicia es una región geográfica de abundantes lluvias, en la que sólo una pequeña parte del territorio recibe menos de 1000 l/m². Los máximos, de hasta 3.000 l/m², se dan en zonas de alta montaña. En las grandes ciudades, las cifras varían de los aproximadamente 1.000 l/m² de A Coruña, a los cerca de 2.000 l/m² de Vigo. La humedad es elevada durante todo el año.

La comunidad gallega consta de 2.747.559 habitantes (censo de población 2013) con mayores densidades de población en la mitad occidental de la región, concretamente en el corredor Atlántico entre las ciudades de Ferrol y Vigo. Los hombres representan el 48,2% de la población y las mujeres el 51,8%, entre los que alrededor del 29,7% tiene más de 60 años.

Los porcentajes de personas diagnosticadas con las enfermedades crónicas más comunes son más elevados en Galicia que en el conjunto del Estado. En un estudio, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y el Instituto Galego de Estatística,

destacan especialmente los casos de artrosis, artritis o reumatismo, que afectan a un 29% de los adultos gallegos, frente a un 21% de los españoles; el colesterol alto (22% en Galicia frente a 16% en España) y las depresiones u otros trastornos mentales (20% Galicia, 14% España). Las enfermedades respiratorias son una de las principales causas de mortalidad y morbilidad en Europa. En el caso de Galicia, suponen la segunda causa de ingresos hospitalarios al representar entre el 12% del total. Según la SEPAR (Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica), la comunidad gallega, junto a Madrid, Castilla La Mancha e Islas Baleares son las autonomías con mayor tasa de altas hospitalarias por las dolencias respiratorias. Las enfermedades cardiovasculares son actualmente la primera causa de muerte en los países occidentales, y tanto en Europa como en España se sitúan por encima del cáncer. En Galicia, son las que más hospitalizaciones producen (el 15% del global) y las patologías cardiovasculares se sitúan como la primera causa de muerte en la comunidad gallega, siendo responsables del 36,5% de los fallecimientos que se producen.

1.4 Objetivos

La relación entre diversas patologías médicas y las condiciones atmosféricas siempre han sido un tema constante de estudio. Conocer más sobre ello nos permite adelantarnos a la aparición de epidemias o brotes de las enfermedades, pudiendo optimizar así los recursos sanitarios.

Este trabajo se centra en el estudio de las conexiones entre las enfermedades cardiovasculares, principal causa de muerte en Galicia, y los tipos de condiciones atmosféricas. Para ello, se utilizarán datos de admisión hospitalaria proporcionados por el Servicio Galego de Saude (SERGAS) asociados a patologías cardíacas, así como una clasificación automática de los diferentes patrones de circulación atmosférica que afectan a Galicia y diferentes variables meteorológicas y atmosféricas registradas por estaciones de observación meteorológica y de calidad del aire.

2. Datos y métodos

2.1 Datos

2.1.1 Datos de presión a nivel del mar

Para llevar a cabo el cálculo de los tipos de tiempo se han utilizado los datos diarios de presión a nivel del mar del Reanálisis NCEP/NCAR de laboratorio de la NOAA Earth System Research para el periodo que va de enero de 2001 hasta diciembre de 2011 (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>).

Este reanálisis es resultado de un proyecto conjunto entre los Centros Nacionales de Predicción Ambiental (NCEP) y el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR). Su objetivo es realizar análisis atmosféricos a partir de datos históricos y así determinar el estado actual de la atmósfera. El Reanálisis de NCEP/NCAR utiliza un sistema de análisis/pronóstico que permite la asimilación de los datos antiguos hasta los de la actualidad. Una gran parte de estos datos están disponibles en formatos diarios por parte del PSD (Physical Sciences Division de la NOAA) con hasta 4 salidas diarias (0Z, 6Z, 12Z y 18Z). Estos valores (0Z, 6Z, 12Z y 18Z) son utilizados para realizar las series de tiempo diarias y mensuales. Para realizar este trabajo utilizaremos los datos de presión a nivel del mar con una escala temporal diaria y una escala espacial de $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ para el área entre $25^{\circ}N$ y $65^{\circ}N$ y entre $35^{\circ}W$ y $30^{\circ}E$ (ver Figura 1.6).

2.1.2 Datos de ingresos hospitalarios

La base de datos de ingresos hospitalarios por patología cardíaca con los que se ha realizado este trabajo ha sido proporcionada por el Servicio de Codificación y Análisis Clínico perteneciente al Servicio Gallego de Salud (SERGAS).

Los datos se obtuvieron de los hospitales clínicos gestionados por SERGAS en cada una de las siete principales ciudades gallegas para el periodo de estudio que abarca desde el día 1 de enero de 2001 hasta el 31 de diciembre de 2011 (Figura 2.1).

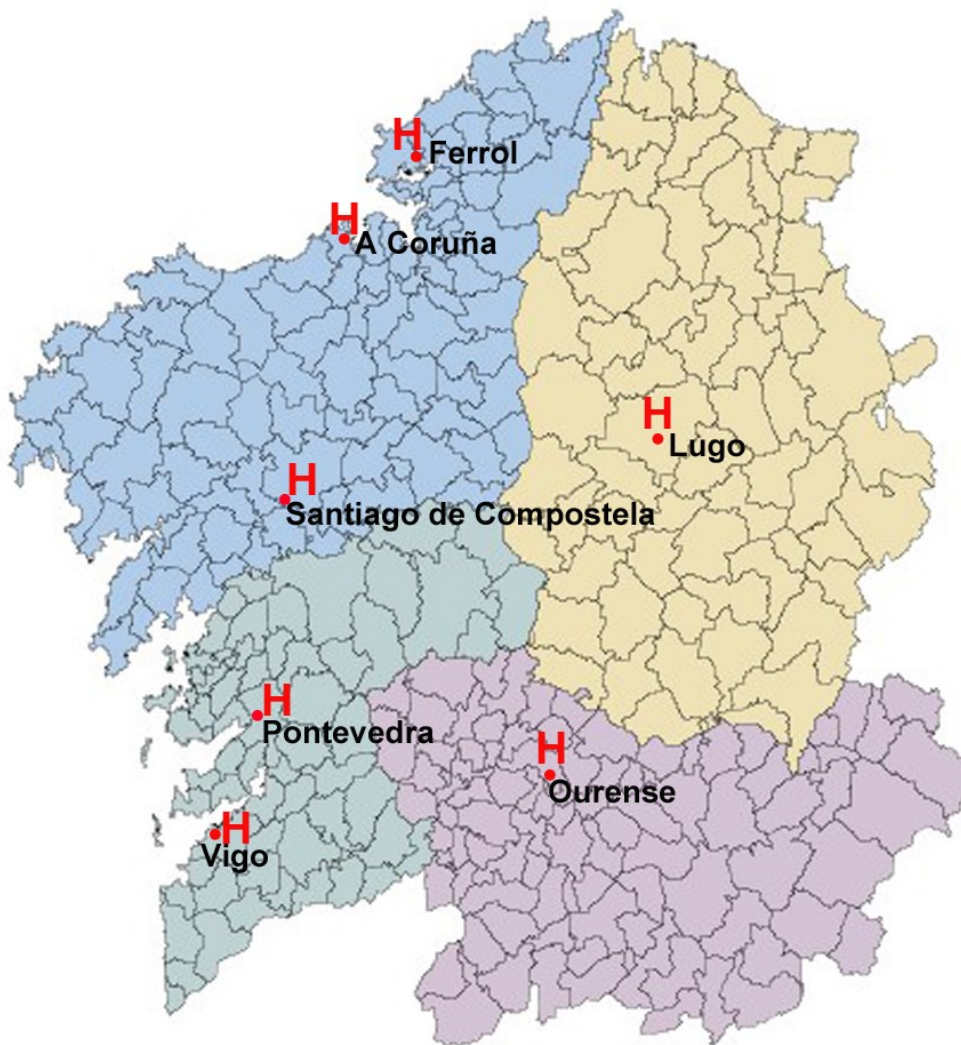


Figura 2.1: Localización de los siete hospitales del SERGAS que proporcionaron los datos de ingresos cardiovasculares.

Los datos fueron clasificados por género y grupo de edad, de este modo se podrá llevar a cabo un análisis diferenciado entre la ocurrencia de enfermedades cardiovasculares

en hombres y en mujeres y también diferenciar entre aquellos ocurridos en personas menores y mayores de 60 años. Esto permitirá determinar si las condiciones meteorológicas afectan de manera diferente según el sexo y la edad.

2.1.3 Datos de variables meteorológicas

Los datos de las variables meteorológicas utilizados para caracterizar cada uno de los diferentes tipos de tiempo o *Weather Types* (WT) pertenecen a la base de datos ECA (European Climate Assessment & Dataset, <http://www.ecad.eu>). En esta base de datos se recopilan los datos obtenidos a partir de las observaciones diarias de los diferentes servicios meteorológicos e hidrológicos de los países europeos y del mar Mediterráneo. Actualmente se recogen datos de 68 participantes de 63 países diferentes y el conjunto de datos contiene 43.217 series de observaciones de 12 variables meteorológicas medidas en 10.584 estaciones meteorológicas.

El objetivo de ECA es supervisar las observaciones diarias en las estaciones meteorológicas siguiendo un análisis de calidad común que garantice la fiabilidad y homogeneidad de todos los datos.

Los datos proceden de dos fuentes: los llamados datos de los participantes, que se emiten por las oficinas meteorológicas nacionales o de otros participantes, y los datos de los mensajes sinópticos. La diferencia entre ambos es que los datos de los participantes generalmente se validan, mientras que los datos de los mensajes sinópticos no. Estos últimos son sustituidos por los de los participantes una vez validados. Aunque este control se realiza de manera cuidadosa, pueden aparecer errores que no se han detectado. Además de estos errores, debido a cambios en las prácticas de observación se pueden dar inhomogeneidades de origen no climático en las series más largas.

Para la evaluación de la homogeneidad de las series temporales se sigue un procedimiento que consiste en dos etapas: en primer lugar, se aplican cuatro pruebas de homogeneidad comunes para evaluar la serie diaria en periodos fijos de tiempo utilizando las variables de prueba. Estas cuatro pruebas son: prueba de homogeneidad normal estándar, prueba de rango Buishand, Pettitt prueba y prueba de razón de von

Neumann. En segundo lugar, se agrupan los resultados de las pruebas para cada serie en tres clases: de utilidad, dudosa o sospechosa.

En la Tabla 2.1 se muestran las variables escogidas para este trabajo de las doce que nos permite escoger la base ECA. Se tomaron los datos diarios de las variables mencionadas para las siguientes estaciones localizadas en Galicia: A Coruña, Santiago, Vigo-Peinador, Pontevedra, Ourense y Lugo-Rozas.

Tabla 2.1: Variables meteorológicas utilizadas para la caracterización de los diferentes tipos de tiempo.

Variables	Unidades
Temperatura máxima	°C
Temperatura mínima	°C
Horas de sol	horas
Humedad	%
Precipitación	mm
Velocidad del viento	m/s
Presión a nivel del mar	hPa

2.1.4 Datos de calidad del aire

Los datos de calidad del aire se obtuvieron de la Red Gallega de Vigilancia y Control de Calidad del Aire que se creó para cumplir lo establecido en la Ley 8/2002 de Protección del Ambiente Atmosférico de Galicia (Artículo 9, puntos 1 al 6) y así alcanzar los objetivos establecidos para la calidad del aire, con el fin de vigilar la salud y proteger los ecosistemas.

En Galicia se realizan mediciones de la calidad del aire desde principios de los noventa. Durante los últimos años, la red gallega sufrió mejoras encaminadas a la representación de la totalidad del territorio gallego. Mediante ella, se obtienen datos representativos sobre los diferentes contaminantes atmosféricos, con los que poder evaluar la calidad del aire en toda Galicia.

La red está compuesta por estaciones de control fijas y móviles y puede dividirse a su vez en cuatro subredes en función de la naturaleza de las emisiones que trata de vigilar: urbanas, rurales, industriales y residual (o de fondo).

Todas las estaciones implicadas en este estudio son urbanas, por lo que están gestionadas y mantenidas por la Xunta de Galicia. Los datos obtenidos por estas estaciones, uno cada diez minutos por parámetro, se reciben a tiempo real en el Laboratorio de Medio Ambiente de Galicia. En la Figura 2.2 se muestra una imagen de una de estas estaciones.



Figura 2.2: Estación urbana de Riazor (A Coruña). Fuente: Informe anual da calidade do aire de Galicia, Xunta de Galicia (2011).

Al solicitar los datos nos encontramos con series demasiado cortas y apenas solapamiento entre los años de datos de ingresos hospitalarios y datos de calidad del aire. Esto nos llevó a reducir las expectativas del estudio que se esperaba llevar a cabo. No obstante, consideramos de interés hacer una primera aproximación analizando la

influencia del ozono y de los óxidos de nitrógeno en los ingresos hospitalarios para el periodo de datos común que resultó ser tan solo de dos años, 2010-2011.

Los datos de interés (ozono y NO_x) utilizados en este trabajo han sido recogidos en 5 localizaciones: dos de ellas en Santiago, A Coruña, Ferrol y Ourense (ver Figura 2.3):

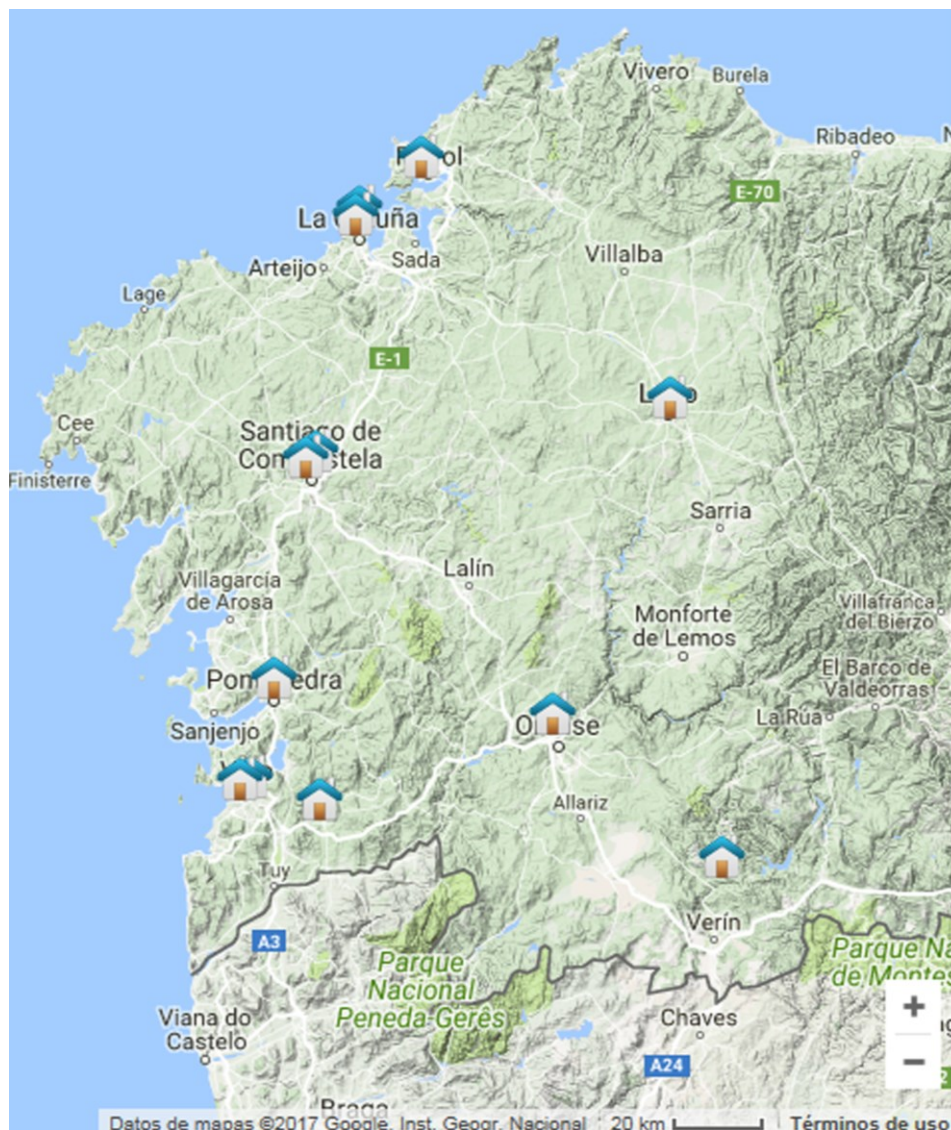


Figura 2.3: Distribución de las estaciones de calidad de aire en Galicia. Fuente: Meteogalicia.

Las características de estas estaciones se muestran en la Tabla 2.2. Todas estas estaciones están equipadas con distintos analizadores de calidad del aire y un panel de información de los datos horarios en tiempo real. La mayoría también dispone de una estación meteorológica. No obstante, nosotros tan solo tomaremos los datos de

concentración de ozono y NO_x en una escala diaria entre enero de 2010 y diciembre de 2011. Que es el periodo temporal que se solapa con nuestra base de datos de ingresos cardiovasculares.

Tabla 2.2: Variables meteorológicas utilizadas para la caracterización de los diferentes tipos de tiempo. Fuente: <http://www.meteogalicia.gal/Caire>

Estaciones	Localización	Características
A Coruña	Latitud: 43,37 Longitud: -8,42	Esta estación de tráfico situada en el entorno urbano de la Delegación de Sanidad, en la calle Gregorio Hernández
Ferrol	Latitud: 43,48 Longitud: -8,24	Estación de tráfico en área urbana situada en el Museo Aquaciencia del Parque Reina Sofía.
Santiago de Compostela	Latitud: 42,88 Longitud: -8,56	Estación de fondo situada en área urbana en el Campus de la Universidad de Santiago de Compostela, en el Monte de la Condesa
Santiago de Compostela	Latitud:42,89 Longitud:-8,53	Esta estación se encuentra en San Caetano en un área urbana cercana a la Avenida del Camino Francés, en frente del Centro Comercial As Cancelas
Ourense	Latitud:42,35 Longitud:-7,88	Estación de tráfico urbana situada en la calle Eulogio Gómez Franqueira, cercana a las estaciones de autobús y tren

2.2 Métodos

2.2.1 Cálculo de patrones de tiempo

Como se mencionó en el capítulo 1 para este trabajo se ha utilizado la base de datos de tipos de circulación diarios que fue calculada para Galicia por Lorenzo et al., (2008) utilizando la SLP del reanálisis de NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996).

Los índices utilizados para el cálculo de los tipos de tiempo son: el flujo de los vientos del sur (SF), de los vientos del oeste (WF), el flujo total (F), la vorticidad por cizallamiento del sur (ZS), la vorticidad por cizallamiento del oeste (ZW) y velocidad por cizallamiento total. Estos valores se computan usando los valores de presión superficial obtenidos en una malla de 16 puntos centrada sobre la zona de estudio (ver Figura 1.6).

Las ecuaciones usadas para el cálculo de los diferentes índices son las siguientes:

$$SF=1,350[0,25(p_5+2p_9+p_{13})-0,25(p_4+2p_8+p_{12})]$$

$$WF=[0,5(p_{12}+p_{13})-0,5(p_4+p_5)]$$

$$ZS=0,85[0,25(p_6+2p_{10}+p_{14})-0,25(p_5+2p_9+p_{13})-0,25(p_4+2p_8+p_{12})+0,25(p_3+2p_7+p_{11})]$$

$$ZW=1,12[0,5(p_{15}+p_{16})-0,5(p_8+p_9)+-0,91*0,5(p_8+p_9)-0,5(p_1+p_2)]$$

$$F=(SF^2+WF^2)^{1/2}$$

$$Z=ZS+ZW$$

Las condiciones establecidas para definir los diferentes tipos de circulación son las mismas que en Trigo y DaCamara, 2000:

La dirección del flujo viene dada por la $\arctang(WF/SF)$, se le suma 180° si WF es positivo. La dirección se aproxima a la de una rosa de los vientos de 45° por sector.

1. Si $|Z|<F$, el flujo es esencialmente rectilíneo y se considera que lleva una dirección definida (habría 8 tipos dependiendo de las direcciones de la rosa de los vientos) estos tipos se definen como direccionales puros

2. Si $|Z|>2F$ el patrón se considera como ciclónico si $Z>0$ o como anticiclónico si $Z<0$

3. Si $F<|Z|<2F$ se considera que el patrón de circulación es un híbrido compuesto por un de los 8 tipos direccionales puros y una circulación ciclónica o anticiclónica (8 direcciones posibles por 2 tipos diferentes de circulación son 16 parones híbridos).

De acuerdo a estas reglas se pueden obtener 26 tipos diferentes de tiempo o *Weather Types* (WT): NE, E, SE, S, SW, W, NW, N, C, A, CNE, CE, CSE, CS, CSW, CW, CNW, CN, ANE, AE, ASE, AS, ASW, AW, ANW, AN (M. N. Lorenzo et al., 2008).

Para este trabajo se dividió el periodo de estudio, 2001-2011, en dos estaciones verano (abril-septiembre) e invierno (octubre-marzo) y se analizó en cada una de ellas la frecuencia de aparición de los diferentes tipos. Nos centramos únicamente en aquellos patrones que tenían una frecuencia de aparición superior al 2,5% de los días. Esto reduce nuestros 26 tipos a un total de 15 tipos (ver Tabla 2.3).

Tabla 2.3: Patrones de tiempo con una frecuencia de aparición superior al 2,5% de los días.

Estaciones	Nº de WTs	WTs
Invierno	12	NE, E, SE, S, SW, W, NW, N, C, A, ASW, AW
Verano	13	NE, E, S, SW, W, NW, N, C, A, ANE, AW, ANW, AN

2.2.2 Análisis de las series de datos

Las series de datos de ingresos hospitalarios se descompuso en sus componentes estacional, de tendencia y de ruido con ayuda del programa R y La función `stl()` que lleva a cabo la descomposición mediante un ajuste polinómico local. Posteriormente se hizo una tabla con las características estadísticas más comunes dividiendo la serie de ingresos por sexo y edad (mayor de 60, menor de 60) y por estación.

En cuanto a las series de datos de la base ECA se procedió al uso de diagramas de cajas para ver las características meteorológicas (temperatura máxima, temperatura mínima, velocidad del viento, humedad, precipitación, horas de sol, presión a nivel del mar) de cada uno de los patrones de tiempo considerados en este estudio. Los diagramas de cajas son muy útiles ya que permiten observar visualmente la distribución de los datos y sus características de centralidad, dispersión, y simetría. Los diagramas de cajas también se usaron para visualizar el comportamiento de las series de datos de NO_x y ozono en las diferentes estaciones de medición.

2.2.3 Relación entre ingresos y patrones de tiempo

Con ayuda del programa Matlab se estudió la relación entre los principales patrones de tiempo (frecuencia de aparición superior a 2,5% de los días) y los ingresos hospitalarios atendiendo a la estación del año a la edad y al sexo. Analizando el porcentaje de ingresos por tipo y normalizando con respecto a la frecuencia de aparición de cada patrón de circulación.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización de los ingresos por cardiopatías.

Durante el periodo de estudio 2001-2011 se han recogido los datos de ingresos por enfermedades cardiovasculares procedentes de los hospitales de las siete ciudades gallegas más importante (ver Figura 2.1) estos datos pueden clasificarse por sexo, y edad analizando su distribución estacional.

En primer lugar, para analizar la serie de datos se ha hecho la descomposición de la serie de datos de ingresos en sus componentes estructurales:

Serie observada = Tendencia + Efecto estacional + Residuos.

En este modelo, la tendencia representa el comportamiento a largo plazo de la serie, el efecto estacional que describe las fluctuaciones periódicas de la serie y la componente residual describe las variaciones a corto plazo de la serie de datos que normalmente son impredecibles.

En este trabajo se ha llevado a cabo la descomposición de la serie de datos de ingresos con ayuda del programa R (comando `stl`), que permite descomponer, mediante un ajuste polinómico total, la serie temporal en sus componentes estacional, de tendencia y de ruido tal y como se muestra en la Figura 3.1.

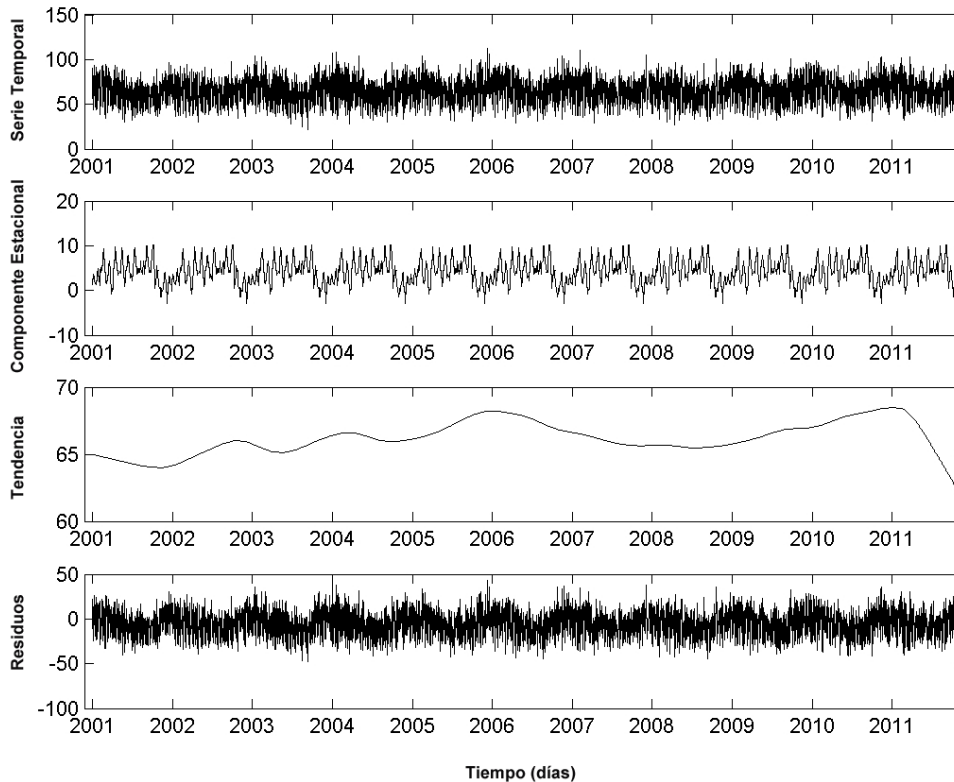


Figura 3.1: Descomposición en sus componentes estacional, de tendencia y de ruido de la serie de datos de ingresos cardiovasculares en los hospitales de las siete grandes ciudades de Galicia.

La Figura 3.1 muestra que el número de ingresos está sujeto a ciclos estacionales regulares, con un pequeño mínimo durante la estación otoñal, entre los meses de septiembre u octubre, no obstante, se observa una gran oscilación en los valores de toda la serie.

En cuanto a la tendencia no se una tendencia clara de aumento o disminución, es decir, existen fluctuaciones en la tendencia según el periodo analizado.

En la Tabla 3.1 se muestra una caracterización de los ingresos diarios dividiéndolos según el género y la edad de los individuos. Durante el periodo de estudio, que comprende desde el 1 de enero de 2001 hasta el 31 de diciembre de 2001, el promedio diario de ingresos fue de 63,8. Pero como se puede observar en la Tabla 3.1 el número de varones ingresados diariamente es considerablemente superior al número de mujeres ingresadas por esta causa. Si la clasificación la realizamos en función de los

grupos de edad, aquellas personas mayores de 65 resultan más afectadas triplicando el valor observado en aquellas personas menores de 65.

Tabla 3.1: Características de los ingresos diarios en los siete hospitales de Galicia por grupos.

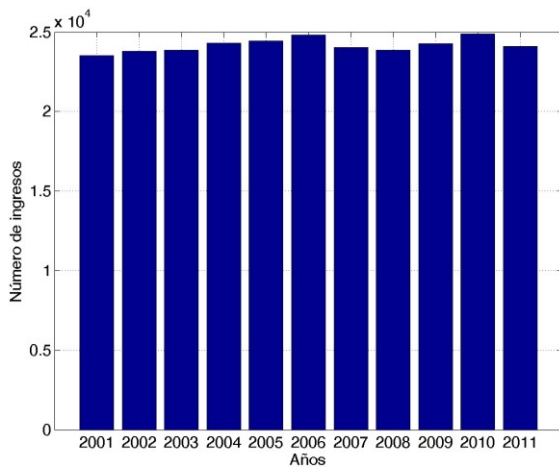
Grupo	Media	Desv.	Mínimo	Máximo	Mediana	Moda	1 ^{er} Cuartil	2 ^o Cuartil	3 ^{er} Cuartil
Todos	63,8	14,0	22,0	104,0	66,0	69,0	53,0	66,0	74,0
Hombres	36,7	9,0	13,0	65,0	37,0	39,0	30,0	37,0	43,0
Mujeres	27,2	7,0	7,0	54,0	27,0	27,0	22,0	27,0	32,0
>=65	48,0	11,4	14,0	83,0	49,0	55,0	40,0	49,0	56,0
<65	16,1	5,0	0,0	35,0	16,0	15,0	12,0	16,0	20,0

Si atendemos a la desviación de los datos, se observa que el número de ingresos de hombres presenta una dispersión mayor que el de mujeres. Lo mismo ocurre para el grupo de personas mayores de 65 años.

En general, los ingresos presentan una gran variabilidad con valores máximos que pueden alcanzar valores de 104 admisiones por día, casi el doble de la media diaria y valores mínimos de 22 menos de la mitad de la media. Esta variabilidad puede estar condicionada por diferentes factores este trabajo se centrará en los factores atmosféricos. Si analizamos la evolución y el ciclo anual de los datos durante el periodo de estudio obtenemos la Figura 3.2.

En la Figura 3.2 se puede ver que no hay una gran variación en el número de ingresos cardiovasculares en los años de estudio, este valor oscila entre los 23.500 y 25.000 ingresos anuales. Al menos durante el periodo analizado se puede decir que no se observa tendencia significativa de aumento o disminución en el número de ingresos por este tipo de dolencias. Si observamos el ciclo anual podemos ver que durante los meses de verano que van de junio a septiembre se da una disminución en el número de ingresos cardiovasculares, mientras que los meses de diciembre, enero y febrero destacan como los más afines a este tipo de ingreso.

Evolución anual



Ciclo anual

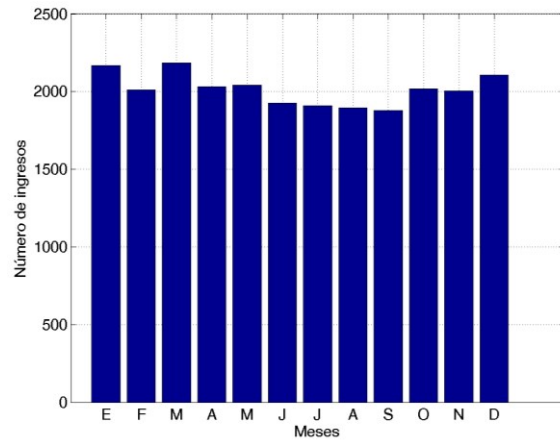


Figura 3.2: Número total de ingresos anuales por enfermedades cardiovasculares durante el periodo de estudio y promedio de ingresos para cada uno de los meses del año durante los años 2001-2011.

Si clasificamos los ingresos en función del sexo de los individuos, podemos ver como se muestra en la Figura 3.3 que los hombres resultan en general más afectados por las enfermedades cardiovasculares que las mujeres con un porcentaje de ingresos superior al 55% a lo largo de todos los años de estudio. Esto podría deberse a un gen que sólo se encuentra en los varones y que elevaría el riesgo de enfermedades cardíacas cerca de un 50% respecto a las mujeres (Peña, 1993).

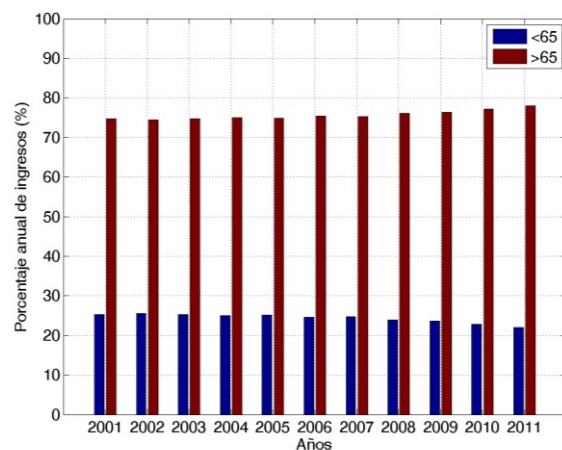
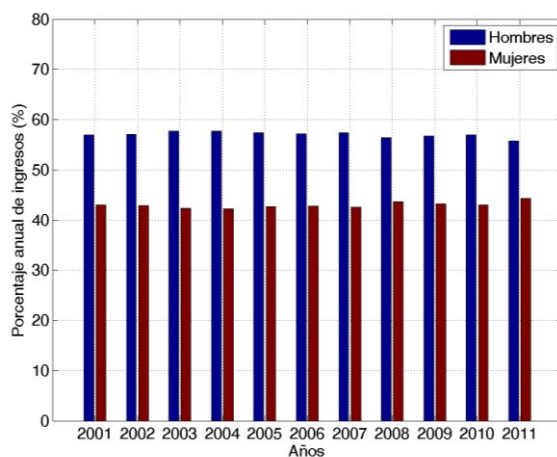


Figura 3.3: Porcentaje de ingresos hospitalarios en cada uno de los años de estudio según el sexo y la edad de los afectados.

Se obtuvieron mayores diferencias cuando se desglosaron los ingresos por grupos de edad, ya que como era de esperar, las personas mayores de 65 años tienen un riesgo mucho más elevado de sufrir este tipo de enfermedades.

También se hizo un desglose del número de ingresos atendiendo al periodo estacional. En este caso, el año se dividió en dos periodos: uno de invierno, que abarca los meses de octubre a marzo, y otro de verano, que abarca los meses de abril a septiembre. En este caso, Figura 3.4, se observa que el porcentaje de ingresos es mayor en los meses de invierno tal y como se podía esperar del ciclo anual de ingresos mostrado en la Figura 3.2.

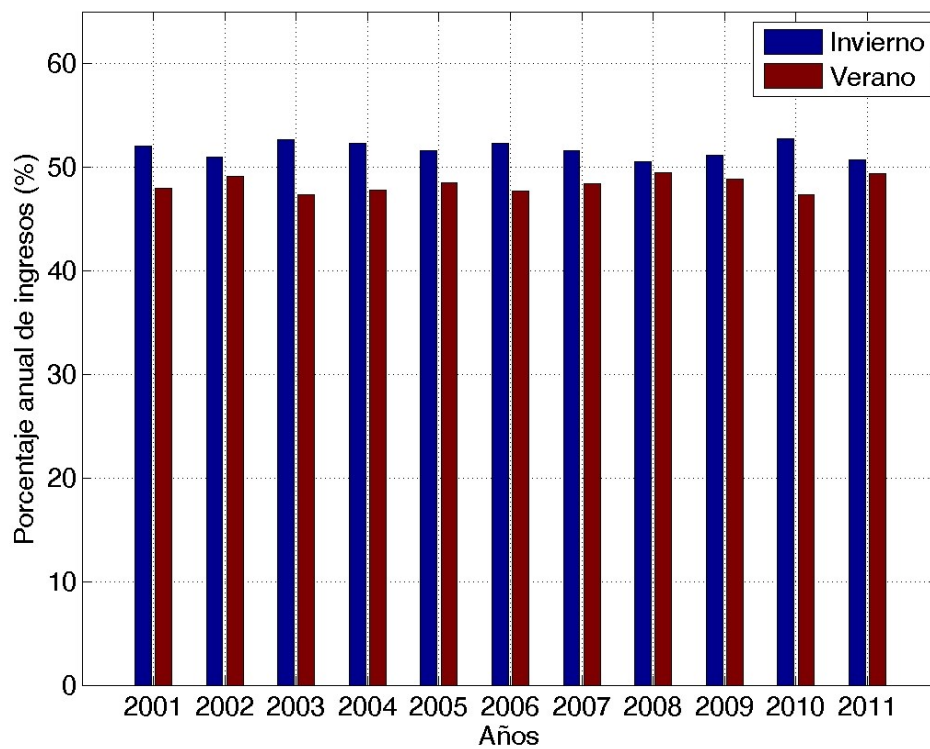


Figura 3.4: Porcentaje de ingresos en función del periodo estacional.

3.2 Caracterización de los patrones de tiempo.

Como se comentó en el apartado de métodos 2.2.1. de los 26 posibles patrones de tiempo que pueden afectar a nuestra área de estudio tendremos en cuenta solamente aquellos tipos que tienen una frecuencia de aparición superior al 2,5% de los días durante la estación del invierno extendido y el verano extendido del periodo que va

2001 a 2011. De esta forma nos encontramos con 12 tipos diferentes de tiempo en invierno (Tabla 3.2) y 13 en verano (Tabla 3.3), en total 15 tipos de tiempo diferentes.

Tabla 3.2 Patrones de tiempo para el periodo de invierno (meses comprendidos entre octubre y marzo, ambos inclusive) con frecuencia de aparición superior al 2.5%.

WT	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	C	A	ASW	AW
-----------	----	---	----	---	----	---	----	---	---	---	-----	----

Tabla 3.3: Patrones de tiempo para el periodo de verano (meses comprendidos entre abril y septiembre, ambos inclusive) con frecuencia de aparición superior a 2.5%.

WT	NE	E	S	SW	W	NW	N	C	A	ANE	AW	ANW	AN
-----------	----	---	---	----	---	----	---	---	---	-----	----	-----	----

En la Figura 3.5 se muestra el aspecto de estos 15 tipos. Estas figuras se han calculado promediando los valores de la SLP del reanálisis NCEP/NCAR de los días pertenecientes a cada uno de los tipos de circulación para el periodo que va de 2001 a 2011. Los 8 primeros son considerados tipos direccionales que indican la dirección de flujo, luego nos encontramos con los dos tipos que nos indican la ciclonicidad, ciclón y anticiclón. Estos patrones se denominan puros. Los restantes WT son mezcla de patrones direccionales con el patrón de anticiclón y se denominan patrones híbridos.

En la Tabla 3.4 se describen brevemente las características principales de cada uno de estos patrones de tiempo que tienen una frecuencia de aparición superior 2,5% de los días de invierno o verano según la estación analizada.

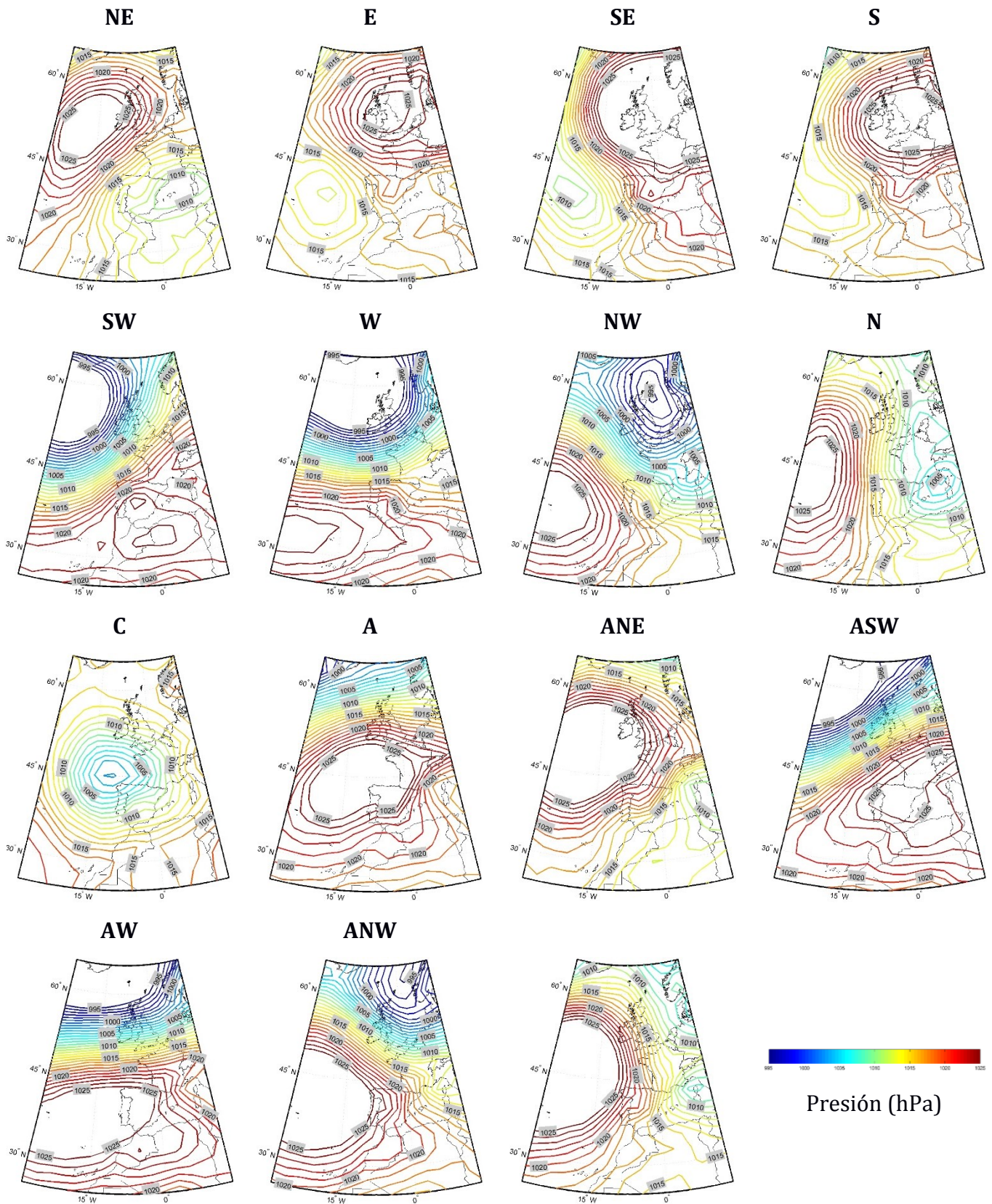


Figura 3.5: Aspecto sinóptico de los diferentes WT considerados en este estudio.

Tabla 3.4: Características sinópticas de los patrones de tiempo considerados.

Weather Type	Características
NE	Días con altas presiones en el Atlántico y al oeste de Irlanda, y bajas presiones en zonas del Mar Mediterráneo.
E	Altas presiones sobre las Islas Británicas. Bajas en la zona norte de África.
SE	Alta presión en el norte de Europa y baja sobre las Azores.
S	Alta presión sobre las Islas Británicas y baja en el Atlántico Norte.
SW	Baja presión en el oeste de Irlanda y en el Mediterráneo.
W	Bajas presiones en el Atlántico Norte y altas sobre las Azores.
NW	Anticiclón en las Azores y bajas presiones sobre las Islas Británicas.
N	Baja presión desde el norte de África, cuenca mediterránea y norte de Europa, y anticiclón en la zona de las Azores.
C	Centro de baja presión en el noroeste de la Península Ibérica.
A	Centro de alta presión entre las Islas Azores y la Península Ibérica.
ANE	Alta presión en la zona del Atlántico, cerca de las Islas Azores.
ASW	Zona de alta presión que se extiende desde el centro de Europa hacia el suroeste, y una de baja presión en el Atlántico Norte.
AW	Altas presiones en el área de las Azores y Madeira y baja en el Atlántico Norte.
ANW	Sistema de bajas presiones en el Atlántico Norte y altas en la zona de las Azores.
AN	Días en los que se observa un sistema de altas presiones sobre la zona de las Azores.

3.3 Relación entre ingresos y patrones de tiempo.

Una vez caracterizados los datos de ingresos cardiovasculares y los diferentes patrones de tiempo que afectan al área de estudio se procedió al estudio de la relación entre unos y otros. Para establecer esta relación entre los ingresos cardíacos y los diferentes patrones de tiempo haremos el estudio atendiendo a la edad y al sexo de los pacientes, así como al periodo en el que tiene lugar el ingreso, invierno o verano extendido. Recordemos que únicamente se tendrán en cuenta en este análisis aquellos WTs que presentan una frecuencia de aparición superior al 2,5%.

El periodo de invierno, como mencionamos anteriormente, está compuesto por los meses que van desde octubre a marzo (ambos inclusive) en este periodo se consideran 12 tipos de patrones: NE, E, SE, S, SW, W, NW, N, C, A, ASW, AW. El periodo de verano lo conforman los meses que van desde abril hasta septiembre (ambos inclusive) en el que se tienen en cuenta 13 tipos diferentes: NE, E, S, SW, W, NW, N, C, A, ANE, AW, ANW, AN.

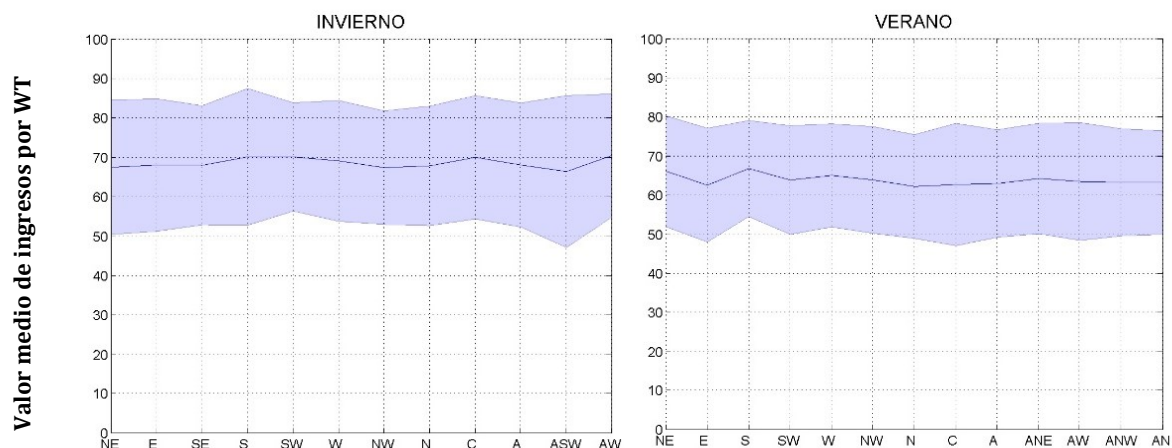


Figura 3.6: Valor medio de ingresos por Weather Type durante los meses del invierno (de octubre a marzo) y del verano extendidos (de abril a septiembre).

En la Figura 3.6 se representa el valor medio del conjunto total de ingresos cardíacos registrado para cada tipo de tiempo durante el periodo de invierno y verano. En los meses de invierno el valor medio de ingresos es en torno a 5 o 10 puntos superior al de los meses de verano según el WT. Aunque las diferencias en el valor medio no son muy marcadas, se pueden observar que los tipos de S y SW presentan los mayores valores medios junto a los tipos C mientras que el tipo ASW muestra los valores más bajos. En

verano son los tipos NE y S los que presentan los valores medios más altos, el resto de tipos registran valores medios muy similares. En cuanto a la dispersión de los datos analizados es similar para todos los patrones ambos periodos estacionales, aunque se observa algo mayor en el periodo invernal.

Si desglosamos los datos en función del sexo y la edad de los pacientes podemos ver algunas diferencias notables. En la Figura 3.7 se muestran los valores medios de los ingresos cardiovasculares en función del sexo para los dos periodos estacionales. Durante el invierno, en azul y con un valor medio de en torno a 40 ingresos para casi todos los tipos de tiempo se muestra el valor medio de ingresos de los hombres. El valor medio de ingresos para las mujeres se encuentra aproximadamente 10 puntos por debajo y se muestra en rojo. Durante el verano este valor disminuye en torno a 5 puntos manteniéndose un menor número de ingresos del sexo femenino. La dispersión de los datos es algo menor en el caso de las mujeres. Como ocurría en el estudio de los datos globales los tipos de S, SW y C muestran valores medios algo más altos en invierno y en verano son los NE y S los que destacan de manera sutil sobre los demás tipos.

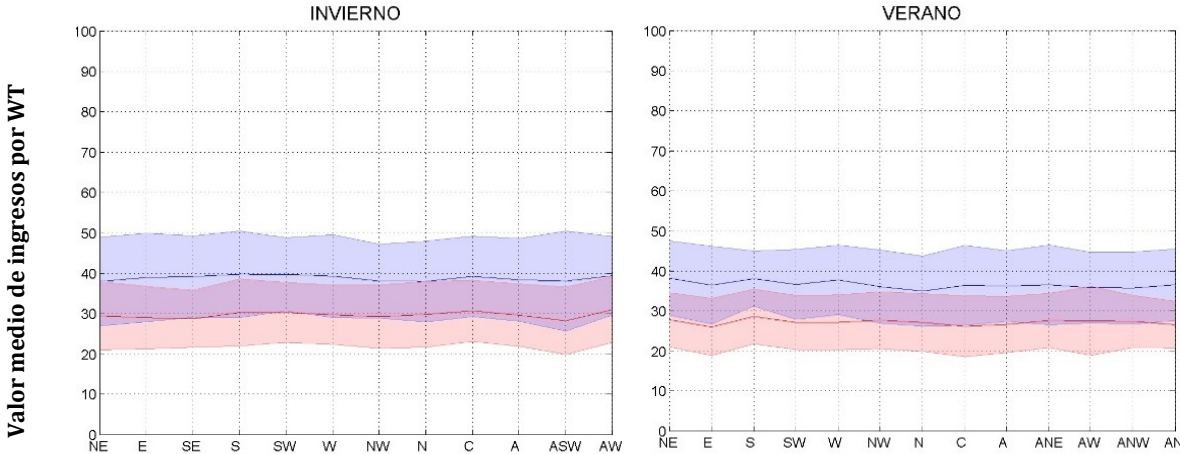


Figura 3.7: Valor medio de ingresos por Weather Type durante los meses de invierno (de octubre a marzo) y verano (de abril a septiembre) para hombres (en color azul) y para mujeres (en color rojo).

En el desglose por edad, mayores o iguales a 65 y menores de 65, se aprecia una diferencia notable tal y como cabía esperar del análisis llevado a cabo en la sección 3.1. En la Figura 3.8 se observa que mientras en invierno el valor medio de ingresos de personas mayores se encuentra

por encima de 50 en el caso de personas menores de 65 años el número de ingresos se mantiene en torno a 15 ingresos. En cuanto a la dispersión esta es menor en el grupo de menor edad tal y como cabía esperar. En el verano la situación es similar aunque con una disminución de entre 5 y 10 ingresos por tipo en el grupo de mayor edad. Los resultados apenas varían para los menores de 65. Repiten los tipos de S, SW y C como los de mayor incidencia de ingresos para personas mayores durante el invierno y los de NE y S durante el verano. En el caso de personas menores de 65 la variabilidad en el valor medio de ingresos es menos acusada.

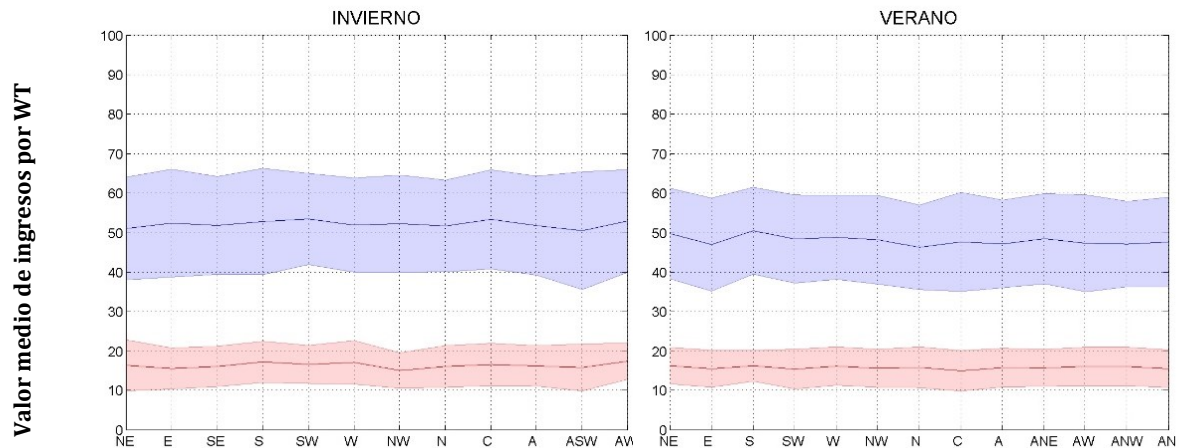


Figura 3.8: Valor medio de ingresos por Weather Type durante los meses de invierno (de octubre a marzo) y verano (de abril a septiembre) para menores (en color rojo) y mayores de 65 años (en color azul).

Dado que muchas veces el valor medio no es la medida más idónea para caracterizar un comportamiento se ha procedido al cálculo del porcentaje de ingresos para cada tipo de tiempo, esto se hizo para los dos periodos estacionales y considerando tanto los datos globales como dividiéndolos en función del sexo y la edad.

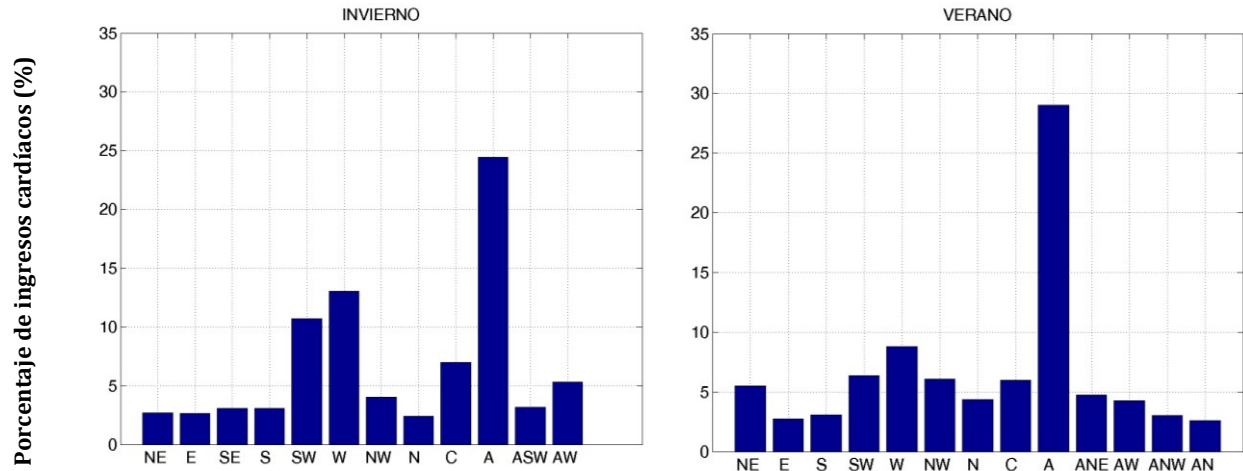


Figura 3.9: Porcentaje de ingresos por Weather Type en los meses de invierno o de verano de los datos globales.

En la Figura 3.9 está representado el porcentaje de ingresos hospitalarios globales debidos a enfermedades cardiovasculares según los diferentes patrones de tiempo. En invierno puede observarse que aquellos tipos de tiempo que presentan un mayor porcentaje de ingresos durante el invierno son A, SW, W y C. Mientras que durante el verano los patrones que presentan un mayor porcentaje de ingresos son A, W, SW y NE.

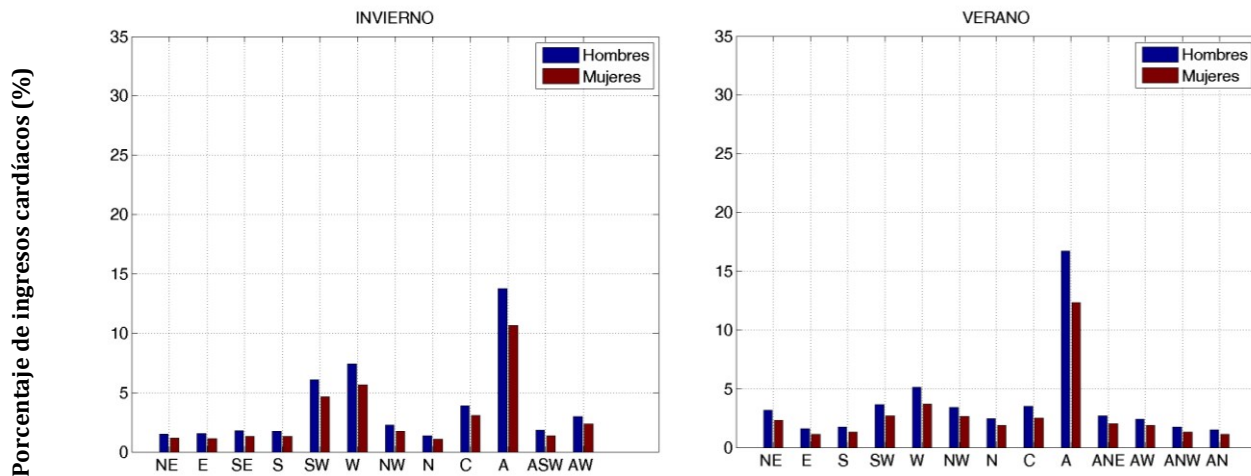


Figura 3.10: Porcentaje de ingresos cardíacos en hombres y mujeres por Weather Type en los meses de invierno y verano.

Si realizamos una división de los ingresos según el sexo del paciente (Figura 3.10), podemos ver que hay pequeñas diferencias entre los dos grupos que en algunos

patrones de tiempo se aproximan al 5%. Siempre el porcentaje de ingresos masculinos es superior al de ingresos femeninos.

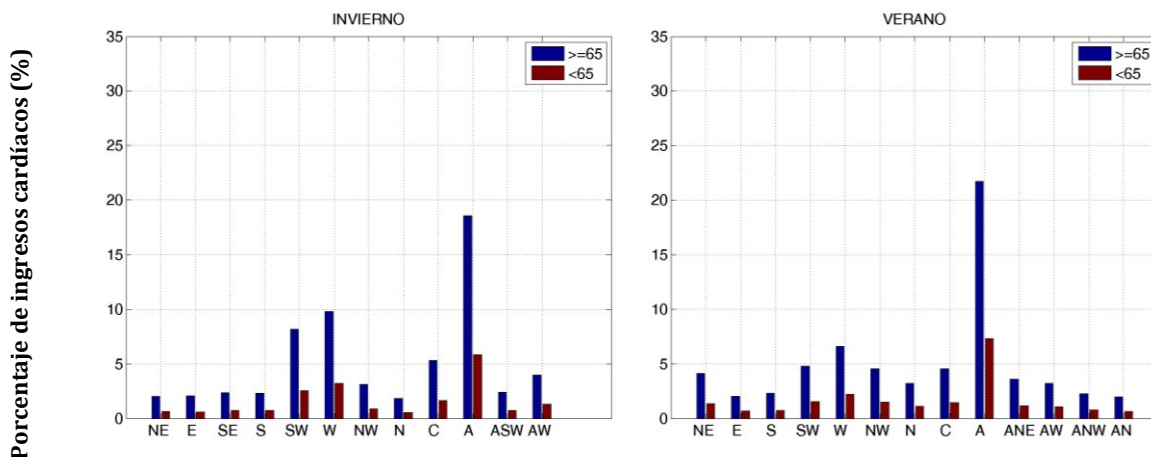


Figura 3.11: Porcentaje de ingresos cardíacos según los grupos de edad por Weather Type en los meses de invierno y verano.

Si la división se lleva a cabo según la edad de los afectados (menores de 65 años y de una edad igual o superior a los 65) podemos ver de forma general, que las personas mayores de 65 poseen un porcentaje de ingresos muy superior al de los menores de 65 (Figura 3.11). Los tipos anticiclónicos y de NE parecen aumentar su porcentaje de ingresos durante el verano, esto puede ser debido a dos causas la primera es que en verano hay más días de A y de NE que en invierno y la segunda puede ser debida a que una exposición prolongada a situaciones de calor puede tener repercusiones asociadas a las patologías cardiovasculares, sobre todo en aquellos grupos de edad más vulnerables como en el caso de las personas de edad avanzada. De nuevo, los patrones de tiempo, con un mayor número de ingresos para ambas estaciones son los que se corresponden con A, W, SW y C.

Si comparamos globalmente las clasificaciones del total de los ingresos que hemos realizado (Figura 3.12) podemos establecer que el grupo más afectado se corresponde con el de mayores de 65 y hombres durante las dos estaciones, con los tipos A, SW, W, C como aquellos que cuentan con un porcentaje más elevado de ingresos en invierno y los de tipos A, SW, W y NE en verano.

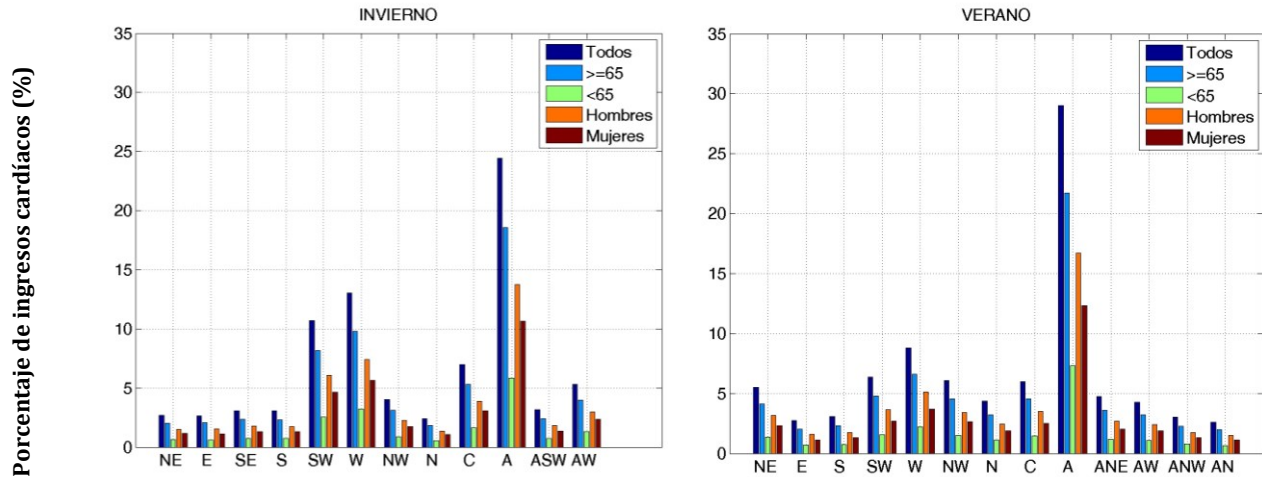


Figura 3.12: Porcentaje total de ingresos cardíacos, de menores de 65, de 65 o más años, de hombres y de mujeres.

Los resultados mostrados en las gráficas anteriores pueden estar enmascarados por la frecuencia de aparición de los distintos tipos así si un tipo tiene una frecuencia de aparición muy alta es normal que en ellos ocurran más ingresos que en aquellos tipos que tengan una frecuencia de aparición muy baja. Para solventar este problema se llevó a cabo normalización de los resultados por la frecuencia de aparición de su correspondiente WT. De esta forma, podremos saber que patrones de tiempo están directamente relacionados con las hospitalizaciones y diferenciarlos de aquellas situaciones sinópticas que poseen un número elevado de ingresos por tener un porcentaje de aparición elevado. Por lo tanto, destacaremos aquellos en los que el valor de esta normalización sea superior (Tabla 3.5).

Tabla 3.5: Normalización de los patrones de tiempo.

Estaciones	WT
Invierno	S, SW, W, C, AW
Verano	NE, S, W, NW, ANE

Una vez destacados aquellos patrones que parecen tener una relación más consistente con el número de ingresos cardiovasculares, se procedió a analizar sus características meteorológicas a través de las distintas variables meteorológicas que caracterizan cada

una de las situaciones. Las variables consideradas en este caso son: horas de sol, humedad, precipitación, presión a nivel del mar, temperatura máxima y mínima y la velocidad del viento. La caracterización se hizo para cada una de las estaciones consideradas, invierno y verano. En la Figura 3.13 podemos ver los diagramas de cajas que muestran los valores que presentan dichas variables para los principales tipos que tienen lugar en invierno.

Si observamos las diferentes variables meteorológicas para los tipos S, SW, W, C y AW se puede ver que la humedad se repite como un factor dominante en todos ellos, esta variable va íntimamente relacionada con la variable de precipitación. Las horas de sol presentan valores particularmente bajos en todos estos patrones que casi siempre se encuentran relacionados con el paso de frentes sobre Galicia, lo que hace que en invierno los días sean particularmente oscuros. En cuanto a las temperaturas podemos ver que estos patrones dentro del invierno no se caracterizan por ser fríos, más bien todo lo contrario, tal y como se puede ver en el diagrama de las temperaturas mínimas, donde estos patrones marcan máximos de temperatura mínima. En el resto de variables no se ven que los máximos o mínimos sean exclusivos de estas situaciones sinópticas.

INVIERNO

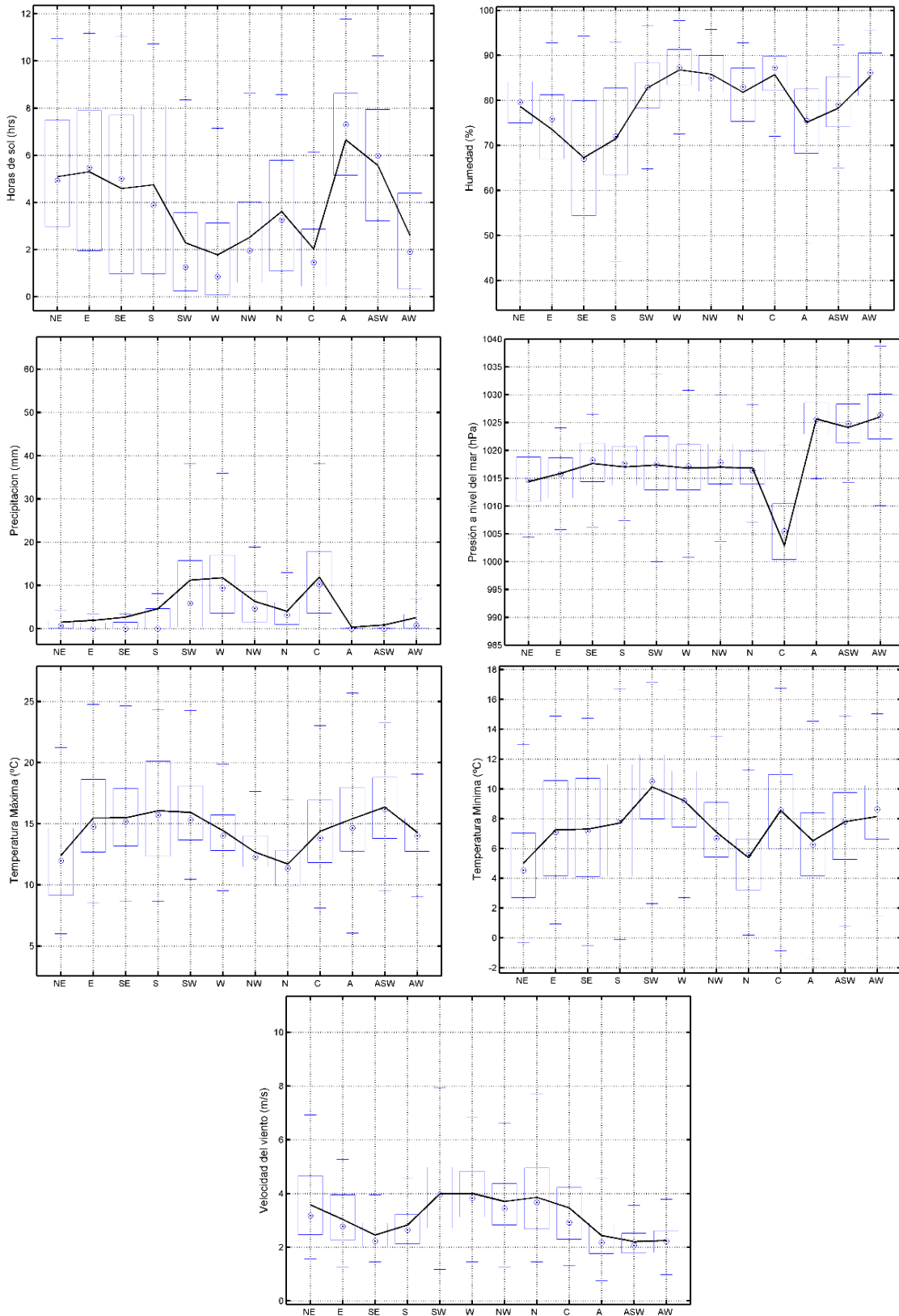


Figura 3.13: Variables meteorológicas durante el invierno.

VERANO

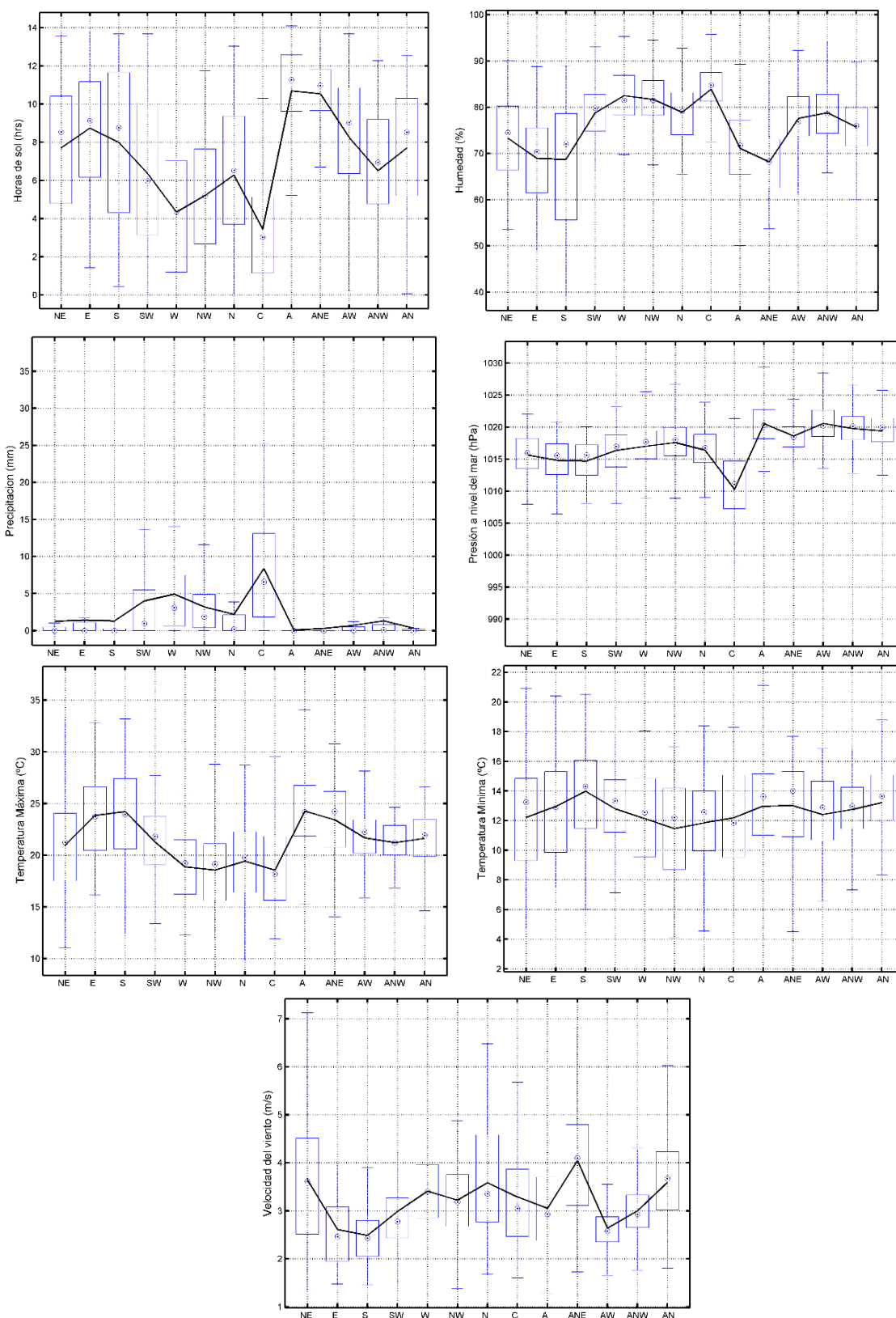


Figura 3.14: Variables meteorológicas durante el verano.

En la Figura 3.14 podemos ver la gráfica análoga a la Figura 3.13 en este caso para las situaciones que presentan una mayor relación con los ingresos cardiovasculares en verano. Al analizar las variables meteorológicas para los tipos NE, NW, S, W y ANE en la estación veraniega (Figura 3.14) no se ve una dominancia tan clara como en el caso del invierno de la humedad. Esta parece importante en los patrones con influencia del flujo de W, pero no en los otros. Las temperaturas altas también parecen estar relacionadas con dichos patrones, tanto las mínimas como las máximas, sin embargo, no se ven de todo concluyentes dichas relaciones, en parte debido a la diferente naturaleza de los patrones encontrados.

3.4 Influencia de la calidad del aire en los ingresos

El estudio con los datos de calidad del aire se ha visto reducido por falta de solapamientos entre los datos de ingresos cardiovasculares y los datos de las estaciones de medición de la calidad del aire. Esto hace que tan sólo podamos analizar lo ocurrido entre 2010-2011 para los óxidos de nitrógeno y el ozono. Son muy pocos datos, pero se ha intentado hacer un primer estudio estimativo ya que al trabajar con datos diarios nos encontramos con series suficientemente largas, para hacer un primer análisis.

Primeramente, se analizó la concentración de NO_x y O_3 en las distintas ciudades de las que disponemos datos (Figura 3.15). Se puede ver que las concentraciones de ozono no difieren tanto entre ciudades o estaciones como las de NO_x . Esto puede ser debido a que la concentración de NO_x es más dependiente de la zona en la que se ubique la estación de medición, de si es urbana o semiurbana, zona de tráfico o no, ciudad costera o de interior,...Así Coruña, puede explicar su alta concentración por tratarse de un área industrial en la que además de la concentración propia de una gran núcleo poblacional, cuenta con la central de Repsol muy cercana a la ciudad. Orense, aunque presenta un menor núcleo poblacional que Coruña, presenta un clima más continental que asociado a la situación de la estación de medición cercana a la estación de autobuses, puede propiciar la no dispersión de los óxidos de nitrógeno facilitando su concentración en dicha área.

En el caso del ozono las características locales tienen una menor influencia sobre los niveles de concentración y como se puede ver en la Figura 3.15 no se observan grandes diferencias entre las diferentes estaciones de medición, encontrando correlaciones altas entre las diferentes series de datos. Esto puede deberse a que en este caso las situaciones sinópticas son más decisivas en la aparición de picos de concentración de ozono, con la formación del smog fotoquímico (neblina visible en zonas muy contaminadas) más típico de situaciones anticiclónicas persistentes, propias de los meses de agosto y septiembre, en el hemisferio norte.

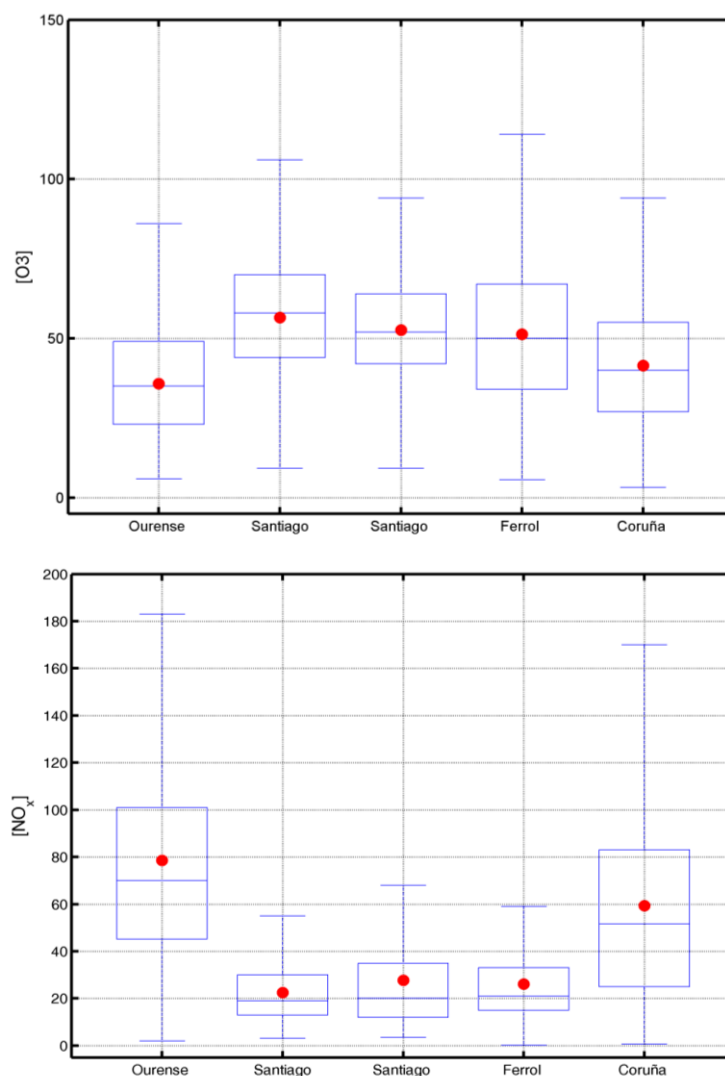


Figura 3.15: Concentraciones de NO_x y de O_3 recogidas por cada una de las estaciones para el periodo 2010-2011.

Una vez caracterizado el comportamiento de los dos contaminantes, se procedió a analizar la concentración de dichos contaminantes para los diferentes WT considerados en la sección anterior. En el caso del NO_x , vemos que durante el invierno los que presentan una concentración más elevada son los del tipo ASW y A, seguidos de SE y S. En cambio, durante el verano el tipo S destaca de forma considerable sobre los demás con una concentración elevada. Este tipo S aparece como uno de los patrones en los que existe un mayor número de ingresos cardiovasculares.

Además, si correlacionamos la serie de concentración de NO_x con la serie de ingresos hospitalarios nos encontramos con que esta es significativa y positiva con valores que ronda 0,4 en verano. Estos resultados, aunque muy preliminares advierten sobre la influencia de los óxidos de nitrógeno en las patologías cardiovasculares, no obstante estudios con series más largas son necesarios, para obtener resultados concluyentes.

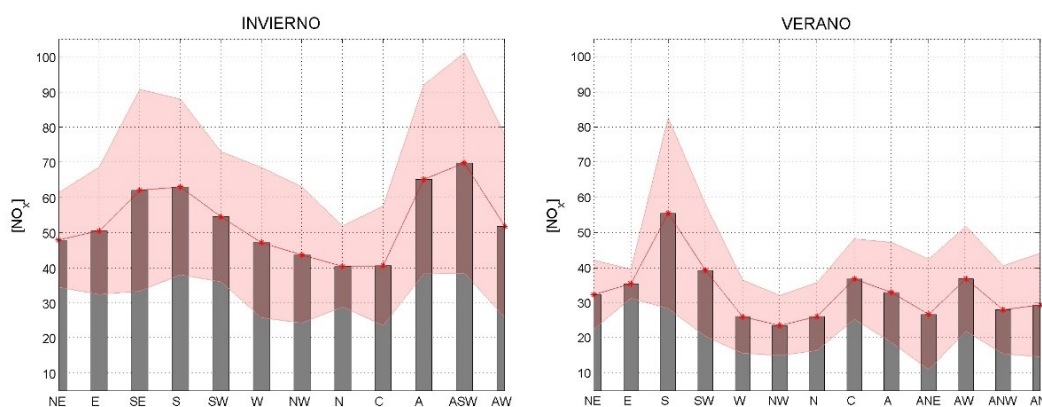


Figura 3.16: Concentraciones de NO_x por WT en invierno y verano.

Si analizamos lo que pasa con el ozono, observamos (Figura 3.17) que durante el invierno los WT que muestran una concentración superior son C, W y NW y en el caso del verano, serían E, NE y ANE. En este caso los C y W coinciden con patrones de tiempo que en invierno registran un alto número de ingresos cardiovasculares y los NE y ANE hacen lo mismo en verano. Si correlacionamos las series, nos encontramos que la correlación precisa de un cierto retraso para mostrar valores significativos, como si fuera necesaria una cierta persistencia en el contacto con el O_3 para que afectara a las patologías cardiovasculares. Tal y como ocurría con los óxidos de nitrógeno se precisa de un mayor estudio para encontrar datos concluyentes en la relación del O_3 con los ingresos cardiovasculares.

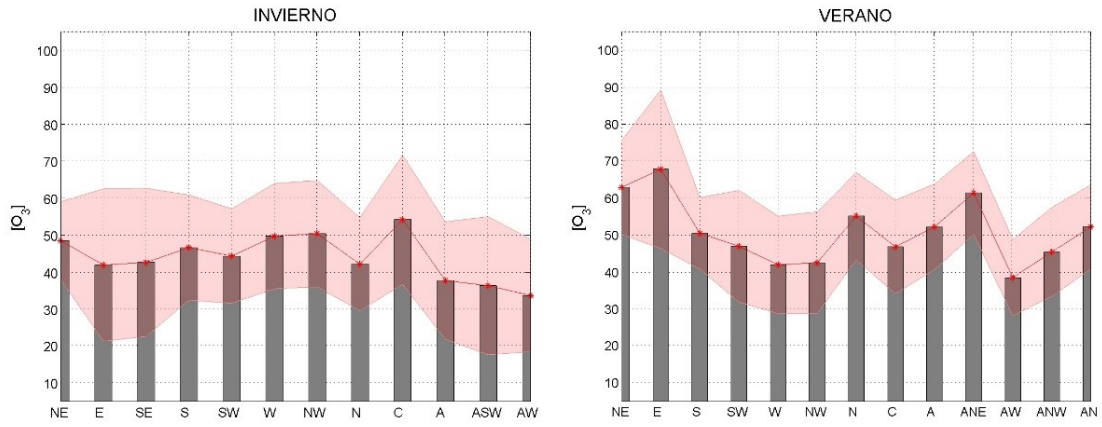


Figura 3.17: Concentración de O₃ por WT en invierno y verano.

4. Conclusiones

En el presente trabajo hemos realizado un estudio sobre la relación que existe entre los diferentes tipos de condiciones atmosféricas y los ingresos hospitalarios cardiovasculares durante el periodo que va de 2001 a 2011. Para ello hemos dividido el número de ingresos según el sexo y la edad de los afectados (menores y mayores de 65 años) para dos periodos estacionales, invierno (octubre-marzo) y verano (abril-septiembre). Las principales conclusiones que se han podido extraer del presente estudio son:

- Los hombres son más vulnerables a sufrir una patología cardiovascular que las mujeres, ya que presentan un número de ingresos superior a lo largo de todos los años analizados. Esto se debe a una predisposición genética en los varones al ser portadores de un gen que elevaría el riesgo de sufrir estas enfermedades en un 50% respecto al género femenino.
- En invierno se observa un mayor número de ingresos, aunque su porcentaje no es muy superior al registrado durante el verano.
- La población más afectada se corresponde con aquella que presenta una edad igual o superior a los 65 años.
- Según la estación en la que nos encontremos, existen diferentes tipos de tiempo que afectan a este tipo de ingresos. En general, en invierno los S, SW, W, C y AW son más proclives a que se produzcan ingresos cardiovasculares. En verano los tipos más relacionados con ingresos cardiovasculares son NE, S, W, NW y ANE.

- Al analizar las variables meteorológicas que caracterizan estos tipos de tiempo, nos encontramos que la humedad en invierno y las temperaturas en verano pueden ser causantes de que estos ingresos se agudicen.
- En cuanto a los factores atmosféricos de calidad del aire nos encontramos que los óxidos de nitrógeno, aunque de forma muy preliminar parecen afectar sobre todo en verano al número de ingresos ya que su concentración es alta en situaciones de S que también aparece relacionada con el número de ingresos cardiovasculares. El ozono en cambio, aunque presenta concentraciones elevadas en situaciones de porcentajes importantes de ingresos hospitalarios como W y C en invierno y Ne y ANE en verano parece mostrar una correlación más débil que los óxidos de nitrógeno con la serie de ingresos hospitalarios.

Estos resultados se encuentran en la línea de trabajos previos, pero se necesita un estudio más profundo con una mayor cantidad de datos para extraer resultados concluyentes.

5. Bibliografía

Bean, W., Mills, C. (1938). Coronary occlusion, heart failure, and environmental temperatures. *American Heart Journal*, 16(6), pp.701-713.

Danet, S., Richard, F., Montaye, M., Beauchant, S., Lemaire, B., Graux, C., Cottel, D., Marecaux, N. and Amouyel, P. (1999). Unhealthy Effects of Atmospheric Temperature and Pressure on the Occurrence of Myocardial Infarction and Coronary Deaths: A 10-Year Survey: The Lille-World Health Organization MONICA Project (Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease). *Circulation*, 100(1), pp.e1-e7.

Fernández-García, J., Dosil Díaz, O., Taboada Hidalgo, J., Fernández, J., Sánchez-Santos, L. (2014). Influencia del clima en el infarto de miocardio en Galicia. *Medicina Clínica*, 145(3), pp.97-101.

Gallego, A., Hospido, A., Moreira, M.T., Feijoo, G. (2009). Quantification of eutrophic aerial compounds in Galicia (NW Spain): Part 2 - NOx inventory. *Atmósfera*, 22(2), pp.161-174.

Gill, J., Davies, P. (1988). Wind-chill and the seasonal variation of cerebrovascular disease. *Journal of Clinical Epidemiology*, 41(3), pp.225-230. doi: 10.1016/0895-4356(88)90125-4.

- Goerre, S., Egli, C., Gerber, S., Defila, C., Minder, C., Richner, H. and Meier, B. (2007). Impact of weather and climate on the incidence of acute coronary syndromes. *International Journal of Cardiology*, 118(1), pp.36-40.
- Huth, R., Beck, C., Philipp, A., Demuzere, M., Ustrnul, Z., Cahynová, M., Kyselý, J., Tveito, O. (2008). Classifications of Atmospheric Circulation Patterns. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146(1), pp.105-152.
- Jones, P., Hulme, M. and Briffa, K. (1993). A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme. *International Journal of Climatology*, 13(6), pp.655-663.
- Kalkstein, L., Tan, G., Skindlov, J. (1987). An Evaluation of Three Clustering Procedures for Use in Synoptic Climatological Classification. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26(6), pp.717-730.
- Kalkstein, L.S., Valimont, K.M. (1987). Climate effects on human health. In Potential effects of future climate changes on forests and vegetation, agriculture, water resources, and human health. *EPA Science and Advisory Committee Monograph* no. 25389, pp.122-52. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- Kalkstein, L. (1991). A new approach to evaluate the impact of climate on human mortality. *Environmental Health Perspectives*, 96, pp.145-150.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa, A., Reynolds, R., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K., Ropelewski, C., Wang, J., Jenne, R., Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), pp.437-472.
- Katsouyanni, K., Touloumi, G., Samoli, E., Gryparis, A., Le Tertre, A., Monopolis, Y., Rossi, G., Zmirou, D., Ballester, F., Boumghar, A., Anderson, H., Wojtyniak, B., Paldy, A.,

- Braunstein, R., Pekkanen, J., Schindler, C. and Schwartz, J. (2001). Confounding and Effect Modification in the Short-Term Effects of Ambient Particles on Total Mortality: Results from 29 European Cities within the APHEA2 Project. *Epidemiology*, 12(5), pp.521-531.
- Kaur, S., Cohen, A., Dolor, R., Coffman, C.J., Bastian, L.A. (2004). The impact of environmental tobacco smoke on women's risk of dying from heart disease: a meta-analysis. *Womens Health (Larchmt)*, 13(8), pp.888-897.
- Keatinge, W.R., Donaldson, G.C., Bucher, K., Cordioli, E., Dardanoni, L., Jendritzky, G. (1997). Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *The Lancet*, 349(9062), pp.1341-1346.
- Krewski, D., Burnett, R., Goldberg, M., Abrahamowicz, M., Siemiatycki, J., Jerrett, M. and Hoover, B. (2003). Rejoinder: Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 66(16-19), pp.1715-1722.
- Kunst, A., Looman, C. and Mackenbach, J. (1993). Outdoor Air Temperature and Mortality in the Netherlands: A Time-Series Analysis. *American Journal of Epidemiology*, 137(3), pp.331-341.
- Kunst, A., Groenhouf, F. (1994). The association between two windchill indices and daily mortality variation in The Netherlands. *American Journal of Public Health*, 84(11), pp.1738-1742.
- Kysely, J., Huth, R. (2004). Heat-related mortality in the Czech Republic examined through synoptic and 'traditional' approaches. *Climate Research*, 25, pp.265-274.

- Landers, T., Narotam, P. (1997). The effect of changes in barometric pressure on the risk of rupture of intracranial aneurysms. *British Journal of Neurosurgery*, 11(3), pp.191-195. doi: 10.1080/02688699746230.
- Lorenzo, M., Taboada, J., Gimeno, L. (2008). Links between circulation weather types and teleconnection patterns and their influence on precipitation patterns in Galicia (NW Spain). *International Journal of Climatology*, 28(11), pp.1493-1505. doi:10.1002/joc.1646.
- Loughnan, M., Nicholls, N. and Tapper, N. (2008). Demographic, seasonal, and spatial differences in acute myocardial infarction admissions to hospital in Melbourne Australia. *International Journal of Health Geographics*, 7(1), p.42.
- Monsalve, F. (2011). *Influencia del tiempo y de la contaminación atmosférica sobre enfermedades de los sistemas circulatorio y respiratorio en Castilla-La Mancha*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización Meteorológica Mundial, (2012). *Atlas de la salud y del clima*.
- Palao Sanchez, A., Gracia Fleta, F. (1989). Ischaemic cerebrovascular accident and climatologic factors. *Archivos de Neurobiología*, 52(3), pp.161-5.
- Peña, G.A., Otero, F., Lerdo de Tejada, A., Espinosa, M. (1993). Factores de riesgo coronario en una población de trabajadores del Instituto Mexicano del Seguro Social. *Revista Mexicana de Cardiología*, 4(1), pp.19-26.
- Pope, C., Thun, M., Namboodiri, M., Dockery, D., Evans, J., Speizer, F. and Heath, C. (1995). Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S.

- adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151(3), pp.669-674.
- Pope III, C. (2002). Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA*, 287(9), pp.1132-1141.
- Portier, C., Thigpen Tart, K., Carter, S., Dilworth, C., Grambsch, A., Gohlke, J., Hess, J., Howard, S., Luber, G., Lutz, J., Maslak, T., Radtke, M., Rosenthal, J., Rowles, T., Sandifer, P., Scheraga, J., Strickman, D., Trtanj, J. and Whung, P. (2010). A Human Health Perspective on Climate Change: A Report Outlining Research Needs on the Human Health Effects of Climate Change. *Environmental Health Perspectives*.
- Prüss-Üstün, A., Mathers, C., Corvalan, C., Woodward, A. (2003). *Introduction and methods: assessing the environmental burden of disease at national and local levels*.
- Prüss-Üstün, A., Corvalan, C. (2006). *Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease*. Geneva: WHO.
- Saavedra, S.(2010). *Caracterización de episodios de ozono troposférico en Galicia mediante la aplicación de distintas técnicas de simulación e interpretación de datos de campo*. Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela. Servizo de Publicacións e Intercambio Científico. ISBN 978-84-9887-577-5.
- San Gil Martín, J. (1995). *Biometeorología psiquiátrica. Análisis meteorotrópico, meteoropatológico y estacional de las urgencias psiquiátricas en la isla de Tenerife*. (Tesis Doctoral) Universidad de La Laguna.
- Sandín, M., Sarría, A. (2007). *Evaluación de Impacto en Salud y Medio ambiente*. Madrid: AETS- Instituto de Salud Carlos III, Madrid.
- Sarna, S., Romo, M. (1977). Myocardial infarction and weather. *Annals of Clinical Research*, 9 (4), pp.222-32.

Schwartz, J. (1995). Lead, Blood Pressure, and Cardiovascular Disease in Men. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 50(1), pp.31-37.

Smith, K.R., Corvalan, C.F., Kjellstrom, T. (1999). How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology*, 10(5), pp.573-584.

Trigo, R., DaCamara, C. (2000). Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *International Journal of Climatology*, 20(13), pp.1559-1581.

Páginas web consultadas:

Americanheart.org. (2017). *American Heart Association - Building healthier lives, free of cardiovascular diseases and stroke*. Recuperado de: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4478>

Ecad.eu. (2017). *Home European Climate Assessment & Dataset*. Recuperado de: <http://www.ecad.eu>

Ige.eu. (2017). *IGE - Padrón municipal de habitantes*. Recuperado de: https://www.ige.eu/web/mostrar_actividade_estadistica.jsp?idioma=es&codigo=0201001002

Ine.es. (2016). *INEbase/ Demografía y población / Cifras de población y Censos demográficos*. Recuperado de: http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735572981

Jerez, Ó., Jerez, Ó. and perfil, V. (2017). *CAPA DE OZONO*. [Vocabulariogeografico.blogspot.com.es](http://vocabulariogeografico.blogspot.com.es). Recuperado de: <http://vocabulariogeografico.blogspot.com.es/2011/09/capa-de-ozono.html>

Markedbyteachers.com. (2017). *Photochemical smog is the most widely known and perhaps most serious air pollutant. It is formed in the atmosphere by the reaction between gaseous pollutants, nitrogen oxides and hydrocarbons - A-Level Geography - Marked by Teachers.com*. Recuperado de: <http://www.markedbyteachers.com/as-and-a-level/geography/photochemical-smog-is-the-most-widely-known-and-perhaps-most-serious-air-pollutant-it-is-formed-in-the-atmosphere-by-the-reaction-between-gaseous-pollutants-nitrogen-oxides-and-hydrocarbons.html>

Meteogalicia.gal. (2017). *Calidade do Aire de Galicia*. Recuperado de: <http://www.meteogalicia.gal/Caire>

R, I. and datos, N. (2017). *Introducción al diagrama de caja (box plot) en R*. Nubededatos.blogspot.com.es. Recuperado de: <http://nubededatos.blogspot.com.es/2015/02/introduccion-al-diagrama-de-caja-box.html>

Team, E. (2017). *ESRL: PSD: NCEP/NCAR Reanalysis 1*. Esrl.noaa.gov. Recuperado de: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>

Toolkit.climate.gov. (2017). *Health | U.S. Climate Resilience Toolkit*. Recuperado de: <https://toolkit.climate.gov/topics/human-health>

Who.int. (2017). *Introduction and methods. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels*. Recuperado de: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/en/9241546204.pdf