



Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

Curso 2020/2021

**Caracterización de los fenómenos meteorológicos
adversos de Canarias (2009-2020) a través del análisis de
las declaraciones de alertas (PEFMA) y avisos (AEMET)**

Trabajo realizado por Indira García Rodríguez

Dirigido por Abel López Díez y Jaime Díaz Pacheco

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Seguridad y Emergencias y al Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad por proporcionarnos la información base sobre la cual se ha construido la presente investigación. A mis tutores Abel y Jaime por el tiempo invertido, por su implicación y sus consejos. A mi familia, por apoyarme durante todos estos años y estar orgullosos de mí. A mi compañera Daniela, por alegrarme todas las clases, por compartir las alegrías y los fracasos de esta etapa conmigo y por convertirse en lo más valioso que me llevo de la carrera. A Airam, por creer en mí, por ser mi pilar y hacerme sentir tan afortunada. Y a mis amigos Aimée, José Manuel y Mario por los increíbles momentos vividos y por estar siempre.

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS.....	8
3. MARCO TEÓRICO.....	9
3.1. Fenómenos meteorológicos extremos en las Islas Canarias.....	9
3.2. El sistema de protección civil nacional y autonómico.....	13
3.3. Fundamentos de un sistema de alerta temprana. Avisos y alertas meteorológicos en el contexto canario.....	18
3.3.1 La alerta temprana.....	18
3.3.2 Avisos y alertas meteorológicos en el contexto canario.....	21
4. METODOLOGÍA Y FUENTES.....	24
5. RESULTADOS.....	30
5.1. Aspectos generales.....	30
5.2. Análisis temporal.....	33
5.3. Análisis espacial.....	41
5.4. Correlación entre activaciones del PEFMA y avisos de AEMET.....	45
6. DISCUSIÓN.....	47
7. CONCLUSIONES.....	49
8. BIBLIOGRAFÍA.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura jerárquica de alertas y avisos	17
Figura 2. Elementos clave de un sistema de alerta temprana	19
Figura 3. Secuencia de fases metodológicas	24
Figura 4. Estructura de la base de datos original del Gobierno de Canarias	26
Figura 5. Estructura de la base de datos creada para el trabajo	27
Figura 6. Captura de la búsqueda avanzada de Twitter	27
Figura 7. Ejemplo de resultados obtenidos mediante la búsqueda avanzada de Twitter.....	28
Figura 8. Ejemplo de artículos de prensa utilizados para la búsqueda de avisos	28
Figura 9. Activaciones del PEFMA y avisos AEMET (%) (2009-2020).....	31
Figura 10. Activaciones del PEFMA (%) según tipo de fenómeno (2009-2020)	32
Figura 11. Distribución de los avisos emitidos por AEMET según tipo de fenómeno (2009-2020).....	33
Figura 12. Evolución anual de las activaciones del PEFMA por tipo de fenómeno (2009-2020).....	34
Figura 13. Evolución anual de los avisos de AEMET (%) por tipo de fenómeno (2009-2020).....	35
Figura 14. Valores de los niveles de activación del PEFMA (%) por tipo de fenómeno y año (2009-2020)	37
Figura 15. Valores de los niveles de avisos por tipo de fenómeno y año (2009-2020).....	39
Figura 16. Evolución mensual de las activaciones del PEFMA por fenómeno (2009-2020)	40
Figura 17. Evolución mensual de los avisos de AEMET por fenómeno (2009-2020).....	41
Figura 18. Distribución insular de las activaciones del PEFMA y avisos de AEMET por tipo de fenómeno (%)	44
Figura 19. Distribución de las activaciones del PEFMA en relación con los avisos AEMET (%) (2009-2020)	46
Figura 20. Distribución de los avisos AEMET en relación con las activaciones del PEFMA (%) (2009-2020)	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de activaciones del PEFMA y avisos de AEMET (2009-2020).....	30
Tabla 2. Número de activaciones del PEFMA según fenómeno (2009-2020).....	32
Tabla 3. Distribución de los niveles de activación del PEFMA por islas	42
Tabla 4. Distribución de los niveles de avisos de AEMET por islas	42
Tabla 5. Distribución de las activaciones del PEFMA en relación con los avisos AEMET (%) (2009-2020)	45
Tabla 6. Distribución de los avisos AEMET en relación con las activaciones del PEFMA (%) (2009-2020)	46

Caracterización de los fenómenos meteorológicos adversos de Canarias (2009-2020) a través del análisis de las declaraciones de alertas (PEFMA) y avisos (AEMET)

Resumen

La preparación frente a las amenazas de origen natural constituye un elemento clave en la reducción de su impacto en cualquier sistema socioterritorial. A nivel internacional se han desarrollado múltiples iniciativas que mejoran la conocida gestión del riesgo de desastres, un proceso que cada vez más se centra en la importancia de las acciones preventivas. Dentro de estas acciones, los sistemas de alerta temprana se han configurado como uno de los mecanismos más útiles para la reducción del riesgo, dado que conectan directamente con las personas y permite la detección con cierta anticipación de fenómenos con el fin de optimizar las acciones de respuesta. En este contexto, este trabajo busca caracterizar los fenómenos atmosféricos extremos acontecidos en Canarias entre 2009 y 2020 a través del estudio, en primer lugar, de los registros proporcionados por el Plan Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgos de fenómenos meteorológicos adversos (PEFMA) y, en segundo lugar, mediante el inventario de avisos meteorológicos emitidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Esto ha permitido entre otros resultados identificar como el 68,8% de las activaciones del PEFMA están asociadas a la emisión por parte de AEMET de algún tipo de aviso.

Palabras clave: amenaza, riesgo, preparación, alerta temprana, protección civil

Characterisation of adverse weather events in the Canary Islands (2009-2020) through the analysis of alert declarations (PEFMA) and warnings (AEMET)

Abstract

Preparedness for natural hazards is a key element in reducing their impact on any socio-territorial system. At the international level, many initiatives have been developed to improve the well-known management of disaster risk, a process that is increasingly focused on the importance of preventive actions. Within these actions, early warning systems have been configured as one of the most useful mechanisms for risk reduction, since they connect directly with people and allow the detection of phenomena with some anticipation in order to optimize response actions. In this context, this work seeks to characterize the extreme atmospheric phenomena that occurred in the Canary Islands between 2009 and 2020 through the study, firstly, of the records provided by the Specific

Plan for Civil Protection and Emergency Attention due to risks of adverse meteorological phenomena (in spanish PEFMA) and, secondly, through the inventory of meteorological warnings issued by the National Meteorology Agency (in Spanish AEMET). This has allowed among other results to identify that 68.8% of PEFMA activations are associated with the issuance by AEMET of some type of warning.

Key words: Hazard, risk, preparedness, early warning, civil protection

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, las Islas Canarias han sufrido importantes manifestaciones extraordinarias de origen climático, como el temporal de 1826 (Bethencourt y Dorta, 2010) o más recientes como las precipitaciones de marzo de 2002 en Santa Cruz de Tenerife (Marzol, 2002), la tormenta tropical Delta en 2005 o el temporal de febrero de 2010. Unos eventos que han ocasionado múltiples daños, tanto en lo que se refiere a víctimas como importantes pérdidas económicas en el archipiélago (López-Díez *et al.*, 2018). Sin embargo, a raíz de algunos de los citados desastres se ha ido consolidando y fortaleciendo el actual sistema de protección civil en el ámbito canario, tanto en lo que se refiere a la creación del aparato normativo como a la mejora de las conocidas estrategias de gestión del riesgo para mitigar los posibles efectos territoriales (Dorta *et al.*, 2011). Dichas estrategias de gestión del riesgo han variado en las últimas décadas al amparo de la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD) del 2001 y los marcos internacionales para la Reducción del Riesgo de Desastres como Hyogo (2005) o Sendai (2015). Estas iniciativas que han consolidado el marco conceptual en torno a la gestión del riesgo de desastres han puesto el énfasis en aumentar los esfuerzos para reducir el riesgo a través de las acciones de prevención (Mizutori, 2020). Por tanto, esta prevención aplicada a la gestión del riesgo de desastres tiene como finalidad la adopción de medidas concretas para evitarlos, unas acciones que en la actualidad se han centrado en dos ejes principales, la ordenación del territorio (Olcina, 2020) y en el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana (de León *et al.*, 2006).

En este sentido, los sistemas de alerta temprana se estructuran sobre cuatro ejes (López Díez *et al.*, 2021): el conocimiento del riesgo, la difusión de alertas, la vigilancia y la concienciación de la población. Estos elementos a su vez tienen la finalidad de capacitar a las personas y a los intervinientes para que respondan de manera oportuna ante una

determinada amenaza para minimizar sus posibles daños. Bajo estos principios se han formulado los diferentes sistemas de alerta temprana, tanto a nivel internacional, nacional y regional, destacando fundamentalmente aquellos sistemas de alerta temprana vinculados con las amenazas de origen climático (Bissolli *et al.*, 2016). Esto ha dado lugar a que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) haya reconocido la relevancia de estos sistemas, así como la importancia que tienen para su óptimo desarrollo los servicios meteorológicos. En el caso nacional, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) dispone de un amplio sistema de alerta temprana para cada uno de los elementos anteriormente descritos, no obstante, el instrumento más conocido es su sistema de difusión de avisos, el cual se rige a través del Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos: Meteoalerta. Este sistema de avisos se configura como el soporte de información básico para la toma de decisiones en materia de protección civil a todos los niveles. En este sentido, esta información en el caso de Canarias se gestiona a través del Plan Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Canarias por riesgos de fenómenos meteorológicos adversos (PEFMA), plan encargado de la emisión de alertas para advertir a la población y movilizar los medios y recursos para afrontar una determinada emergencia o desastres. Sin embargo, y pese a la importancia que ambos documentos tienen en el ámbito de la gestión del riesgo en una región como las Islas Canarias, hasta la actualidad no han existido trabajos previos que analicen de forma pormenorizada las causas de activaciones y posibles interrelaciones entre ambos documentos.

Asimismo, el estudio de los fenómenos meteorológicos extremos a través del análisis de los citados documentos se conforma como una fuente de interés y complementaria para la caracterización de las principales amenazas de origen climático en Canarias, las cuales han sido ampliamente trabajadas (Máyer, 2003; Dorta, 2007; López-Díez *et al.*, 2019). Esto es especialmente importante en un contexto de alta variabilidad climática como el actual, más aún si se considera que el archipiélago canario, como territorio insular, forma parte de las pequeñas regiones que precisamente se verán más afectadas por los efectos del cambio climático (Albert *et al.*, 2016; Dorta *et al.*, 2018; López-Díez, 2020). Al mismo tiempo, Canarias como un territorio altamente dependiente de un sector como el turístico, necesita implementar acciones que limiten los posibles impactos derivados del cambio climático y fomenten acciones de adaptación a nivel local (López-Díez *et al.*, 2015) como una forma de garantizar el desarrollo sostenible del archipiélago. Un hecho este último que se alinea

de forma clara con los conocidos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, estando gran parte de ellos vinculados de forma directa e indirecta con el clima (Aloy *et al.*, 2017).

Por todo lo anterior expuesto, en este trabajo se aborda una caracterización de los fenómenos meteorológicos extremos acontecidos en las Islas Canarias desde 2009 hasta 2020 a través del estudio de las dos fuentes principales vinculadas con los sistemas de alerta temprana a nivel nacional y autonómico. El estudio de las activaciones del PEFMA y los avisos emitidos por AEMET al amparo del plan Meteoalerta ha permitido estudiar las amenazas de origen meteorológico, determinando que los fenómenos costeros, vientos y lluvias son las amenazas que suponen un mayor riesgo en Canarias. Asimismo, a través del análisis de la base de datos desarrollada para la presente investigación se pretende determinar si existe correlación entre la emisión de ambos tipos de notificación. En definitiva, se presenta un trabajo con importante interés ya que el diagnóstico realizado puede ayudar a la mejora de los sistemas de alerta temprana, un recurso imprescindible para asegurar una respuesta eficaz ante cualquier manifestación extrema en las islas y que actualmente está siendo objeto de reflexión a través de proyectos como Alert4you (Interreg-MAC), que defiende la necesidad de reestructurar y mejorar el sistema de alerta temprana canario.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal que estructura la presente investigación es la caracterización de los fenómenos meteorológicos adversos que afectan a la Comunidad Autónoma de Canarias, a través del análisis de las activaciones del Plan Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Canarias por riesgos de fenómenos meteorológicos adversos (PEFMA) y los avisos meteorológicos emitidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), así como su posible correlación. Para poder alcanzar este objetivo general, se han llevado a cabo una serie de objetivos específicos:

1. La construcción de un marco teórico y conceptual que posibilite el desarrollo del presente trabajo, sobre la cual se sustenta el análisis de la bibliografía existente sobre los fenómenos meteorológicos extremos y algunas de las características de los sistemas de Protección Civil, como puede ser la alerta temprana, así como justifica el interés de la parte aplicada del presente estudio.

2. La elaboración de una base de datos a partir de la información proporcionada por la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias, ente encargado de las activaciones del PEFMA y, en segundo lugar, de la búsqueda de los avisos emitidos por AEMET para el ámbito canario.
3. El análisis y valoración de la base de datos resultante a partir del estudio pormenorizado de las activaciones del PEFMA y los avisos de AEMET en un contexto general, espacial y temporal, con la finalidad de determinar si hay correspondencia entre ambas entidades.

3. MARCO TEÓRICO

El análisis de los fenómenos meteorológicos adversos se caracteriza por su alta transversalidad. No obstante, en este trabajo se resalta la importancia del estudio de estos fenómenos desde la perspectiva geográfica y concretamente, desde la disciplina de los riesgos, sobre todo en relación con el análisis del territorio y la relación entre el medio y la sociedad. En este sentido, son numerosas las contribuciones recientes desde la Geografía en el análisis de riesgos naturales, lo cual ha dado lugar a la constitución de un enfoque geográfico en la investigación de estos procesos (Sauri-Pujol, 2003). Por todo lo anteriormente expuesto, cuestiones que vertebran gran parte de esta investigación, se presenta un marco teórico sustentado en tres ejes: 1) Fenómenos meteorológicos extremos en las Islas Canarias; 2) El sistema de protección civil nacional y autonómico; 3) Los sistemas de alerta temprana.

3.1. Fenómenos meteorológicos extremos en las Islas Canarias

Las Islas Canarias se encuentran localizadas en la región biogeográfica de la Macaronesia, un espacio integrado, además, por los archipiélagos de Azores, Madeira, Salvajes y Cabo Verde. Uno de los principales rasgos de estos archipiélagos es su alta biodiversidad (Dorta *et al.*, 2019) resultado de unos rasgos climáticos bastantes homogéneos determinados en gran medida por tratarse de regiones subtropicales afectadas por aguas frías. Sin embargo, esta aparente homogeneidad es matizada por elementos como la posición latitudinal y el relieve de cada archipiélago. En el caso de las Islas Canarias éstas presentan un régimen pluviométrico muy similar al mediterráneo, es decir, con un marcado máximo invernal y mínimo estival y con un volumen de precipitaciones totales bastante escaso e irregular. Asimismo, la presencia de la ya citada corriente fría de Canarias que favorece una gran estabilidad atmosférica durante todo el año es responsable de generar unas condiciones térmicas de gran suavidad. Por otra parte, el relieve en Canarias se configura a nivel insular

como el principal factor para comprender las singularidades climáticas y biogeográficas que éste otorga a cada una de las islas, influyendo de forma directa en el reparto pluviométrico y en los valores termohigrométricos que se dan en el territorio. En este sentido, son varios los trabajos recientes que han abordado las singularidades climáticas de la región macaronésica y en particular de las Islas Canarias (Dorta *et al.*, 2017; Dorta *et al.*, 2019; López-Díez, 2020). Estos trabajos convergen en varias ideas de gran interés para la presente investigación, en primer lugar, atestiguan que pese a que las Islas Canarias presenta unos rasgos climáticos afables se trata de un territorio que ha sido históricamente afectado por importantes fenómenos meteorológicos extremos. En segundo lugar, la exposición y vulnerabilidad en espacios tan densamente poblados como las Islas Canarias han dado lugar a que se generen importantes áreas de riesgos. Finalmente, en tercer lugar, los rasgos climáticos junto a los condicionantes físicos y sociales constituyen a Canarias como uno de los principales destinos turísticos a nivel nacional e internacional (Cruz *et al.*, 2011).

Del mismo modo que las Islas Canarias presentan unas características climáticas homogéneas presenta una génesis geológica similar. Estas características son las responsables de que Canarias se encuentre expuesta a múltiples amenazas de origen natural. Con relación a esta última idea presentaremos someramente aquellas amenazas de origen geológico-geomorfológico para centrarnos en aquellas de origen climático que centran la presente investigación.

El principal riesgo geológico del archipiélago canario es la **actividad volcánica**. Se trata de islas volcánicas ubicadas en una zona de intraplaca cerca del margen continental africano. Sin embargo, no todas las islas del archipiélago canario tienen el mismo nivel de actividad eruptiva reciente ni, en consecuencia, las mismas probabilidades de que se produzcan en ellas erupciones volcánicas (Carracedo *et al.*, 2004) registrándose un total de 15 erupciones históricas (Dorta *et al.*, 2020). Asociado al volcanismo también cabe destacar la **actividad sísmica**. Los primeros registros históricos que se tienen de la sismicidad de las islas datan del siglo XIV, a partir de entonces, se han registrado un importante número de terremotos, principalmente relacionados con erupciones volcánicas (Llorente-Isidro, 2014).

En múltiples ocasiones esta sismicidad también es precursora de la principal amenaza de origen geomorfológico en las islas, los **movimientos de ladera**. Estos movimientos de ladera están circunscritos principalmente a los sectores con mayores pendientes de las Islas Canarias, como puede ser el caso del Macizo de Teno o la Caldera de Taburiente (Máyer *et*

al., 2015). No obstante, el principal mecanismo de desencadenamiento de los deslizamientos en canarias está relacionado a la acción de la lluvia y, concretamente, a los episodios de alta concentración horaria como fue el caso del 1 de febrero de 2010 donde se registraron cientos de pequeños y medianos movimientos de ladera en el Macizo de Anaga (López-Díez *et al.*, 2015).

Por otra parte, Canarias se enfrenta a varias amenazas climáticas. Entre los riesgos derivados del clima, destacan las **precipitaciones intensas y torrenciales**, que se materializan en múltiples ocasiones en inundaciones. Las características geomorfológicas del archipiélago repercuten en los efectos de las precipitaciones de este tipo, como el carácter abrupto del relieve, la impermeabilidad del roquedo o la escasez de vegetación; lo cual genera en muchas ocasiones caudales sólidos que aumentan el poder destructivo del flujo (Dorta, 2007). Destacan varios eventos catastróficos que han producido importantes pérdidas económicas y víctimas mortales, que constituyen a este fenómeno como la principal amenaza climática de las islas (López-Díez *et al.*, 2018). Uno de los eventos más destacados por su magnitud se produjo el 31 de marzo de 2002 en Santa Cruz de Tenerife, en el que se contabilizaron 232 mm en apenas dos horas y media y hubo ocho víctimas (Marzol-Jaén, 2002).

Las **entradas masivas de polvo sahariano** y las **olas de calor** son otras amenazas climáticas propias del archipiélago canario. Por su cercanía a África, se ve afectado por un tipo de tiempo de origen continental: las advecciones de aire procedentes del desierto del Sahara (Dorta, 1990). Estos episodios cálidos se caracterizan por el aumento de las temperaturas y el descenso de la humedad relativa. Estos fenómenos meteorológicos constituyen un riesgo para la población y el medio natural, debido al impacto socioeconómico y sanitario que generan. Un ejemplo reciente podría ser la excepcional invasión de polvo sahariano que se produjo en el archipiélago en febrero de 2020, que registró la magnitud más elevada de las dos últimas décadas (Menéndez-González, 2020).

Asimismo, estos fenómenos están estrechamente relacionados con otra amenaza: **los incendios forestales**. Este vínculo se debe a que los aspectos climáticos que determinan la propagación del fuego -altas temperaturas, baja humedad relativa y vientos racheados- se suelen producir con el predominio de las entradas de polvo sahariano. Es decir, los incendios muestran una estrecha relación con la situación atmosférica y son las invasiones de aire sahariano las principales responsables del desarrollo del fuego en Canarias (Dorta, 2001). A modo de ejemplo, cabe destacar los incendios ocurridos en el verano de 2007 en las islas de Gran Canaria y Tenerife, en los cuales se vieron afectadas más de 30.000

hectáreas de masa forestal. Se registraron graves daños materiales, afectaron a diversos espacios protegidos y más de doce mil personas fueron evacuadas (Huesca *et al.*, 2008).

En el marco de las amenazas climáticas de Canarias, también destaca la importancia de los **temporales de viento y marinos**. Su litoral presenta un elevado grado de urbanización y, por ello, constituye un territorio de riesgo por los efectos negativos que dichos fenómenos pueden ocasionar (Yanes-Luque, 2017). Además de esta cuestión sobre la concentración costera de la población, la orografía de las islas también influye en la velocidad del viento. El fenómeno de mayor intensidad de viento que se ha registrado en Canarias, desde que se cuenta con datos instrumentales de información meteorológica, es la tormenta denominada “Delta” que se produjo en noviembre de 2005 (Arozena-Concepción *et al.*, 2008). Este evento, con rachas de viento que superaron los 150 km/h, se cobró la vida de al menos 7 personas, produjo importantes daños materiales y largas interrupciones en el fluido eléctrico (Mederos-Cruz, 2011).

Dadas las condiciones anteriores, la ordenación del territorio juega un papel fundamental en la reducción del riesgo de desastre, como medida racional, económica y sostenible (Olcina-Cantos, 2004). Igualmente, se debe tener en cuenta los efectos del **cambio climático** en el proceso de planificación y planeamiento territorial. Los espacios insulares como las Islas Canarias poseen gran fragilidad ambiental, social y económica, pudiendo presentar alteraciones significativas ante el cambio climático (López-Díez *et al.*, 2016). Numerosos estudios científicos evidencian un aumento generalizado de las temperaturas y cambios en la tendencia pluviométrica, con una disminución de los totales pluviométricos más relevante durante el otoño en Canarias (Mayer *et al.*, 2015). Así mismo, el mayor calentamiento del Sáhara (IPCC, 2013) hará que las olas de calor presenten mayor virulencia al trasladarse, en el futuro próximo, masas de aire más cálidas que las actuales (Dorta *et al.*, 2020). Además, los espacios insulares son especialmente vulnerables ante amenazas como el incremento del nivel del mar, las inundaciones, la erosión costera y los cambios en la intensidad y la frecuencia de los eventos extremos, como el caso de los fenómenos tropicales o las precipitaciones intensas y torrenciales (López-Díez, 2020; IPCC, 2013). Otros aspectos que aumentan la vulnerabilidad del archipiélago es su sistema socioeconómico basado en el turismo y la concentración costera de la población. La investigación sobre los efectos del cambio climático en la actividad turística es clave para el diseño y puesta en marcha de medidas de mitigación y adaptación. La presión de los flujos turísticos masivos aumenta la exposición ante los peligros naturales, aumentando así los riesgos para la población (Olcina y Rebollo, 2016).

3.2. El sistema de protección civil nacional y autonómico

Año tras año los desastres de origen natural provocan miles de millones de euros en pérdidas tanto a nivel internacional (Enrique-Vargas, 2002; V.Trench, 2011), nacional (Olcina-Cantos, 2009; Ayala-Carcedo, 2001), como regional (López-Díez *et al.*, 2018) y lo que es más importante numerosos afectados (Jovel, 1989). Esto ha provocado en el imaginario común que se atribuya estos valores a un incremento en el número de fenómenos de rango extraordinario, cuando lo que realmente se está expresando es un incremento en la exposición de la población a ser afectada por amenazas de origen natural (Narváez *et al.*, 2009). Los datos anteriormente expuestos evidencian, por tanto, que se trata de un asunto de primera magnitud pudiendo llegar a afirmar que se trata de un “problema social, de origen natural y de gran repercusión territorial” (Olcina y Ayala, 2002, p. 41). Todo ello ha dado lugar a que el estudio de los riesgos de origen natural así como sus afecciones espaciales hayan sido ampliamente tratadas por parte de la comunidad científica (Wisner *et al.*, 2004; Hufschmidt *et al.*, 2005; Vilches y Reyes, 2011) así como haya despertado gran interés desde los ámbitos de la Administración Pública tal y como reflejan los numerosos estudios publicados a diferentes escalas (Kundzewicz *et al.*, 2013; Inzulza-Contardo y Díaz-Parra, 2016; Olcina-Cantos, 2009; Marzol *et al.*, 2006). En este sentido, se puede entender el estudio de los riesgos de origen natural como una “ciencia real” (Olcina y Ayala, 2002) que persigue explicar las causas (naturales y socioterritoriales) así como establecer los mecanismos de prevención y respuesta ante las diferentes amenazas de origen natural que pueden darse sobre el territorio.

De este modo, una de las acciones o políticas más desarrolladas por parte de todas las Administraciones y enfocadas principalmente a la respuesta o el manejo del desastre es lo que se conoce como Protección Civil, un concepto que hace referencia al “conjunto de acciones dirigidas a evitar, reducir o corregir los daños causados a personas y bienes por toda clase de medios de agresión y por los elementos naturales o extraordinarios en tiempos de paz cuando la amplitud y gravedad de sus efectos les hace alcanzar el carácter de calamidad pública” (Pérez y Soler, 2005).

En el caso del presente trabajo dado los objetivos planteados y el ámbito espacial seleccionado conviene abordar algunos de los principales aspectos relaciones con el sistema de protección civil nacional y autonómico para el caso de las Islas Canarias.

El concepto de protección civil aparece por primera vez en 1960 en España, coincidiendo con la creación de la denominada Dirección General de Protección Civil mediante el Decreto 827/1960 de 4 de mayo. Sin embargo, esta primera etapa está marcada por lo que

se conoce como “defensa civil” incrustada en la estructura militar y destinada a la defensa nacional en caso de conflicto bélico (Onega-López, 1986). No será hasta la Ley 2/1985, de 21 de marzo cuando se configure el actual sistema de protección civil tal y como se conoce en la actualidad. Presentando éste una finalidad de servicio público en cuya organización, como se reconoce en el artículo 30, debían participar las Administraciones públicas, así como organizaciones y ciudadanos a través de la prestación de un servicio voluntario que permitiera, tal y como reconoce la Ley en su artículo primero, garantizar la protección y socorro de personas y bienes en caso de que se manifestasen situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública. Asimismo, una de las características más destacadas de esta Ley y que es recogida en el Real Decreto 407/1992 de 24 de abril por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil son los principios de la protección civil que se sintetizan en:

- La *previsión*, en lo que se refiere al análisis de los supuestos de riesgos, sus causas y efectos, así como de las zonas que pudieran resultar afectadas.
- La *prevención*, relativa al estudio e implantación de las medidas oportunas para evitar o reducir las situaciones de riesgo potencial y daños que se pudieran derivar de éstas.
- La *planificación* de las líneas de actuación, que se traduce en la elaboración de los planes de emergencias para hacer frente a las situaciones de riesgo grave.
- La *intervención*, en cuanto a las diferentes actuaciones encaminadas a proteger y socorrer la vida de las personas y sus bienes.
- La *rehabilitación*, dirigida al establecimiento de servicios públicos indispensables para la vuelta a la normalidad.

A pesar de todo, cambios recientes como el desarrollo del Mecanismo de Protección Civil de la Unión Europea aprobado en 2001, basado en la solidaridad y colaboración de los Estados miembro en caso de desastres, así como la creación de la Unidad Militar de Emergencias (UME) en 2005 derivaron en la necesidad de una nueva regulación en materia de protección civil nacional, aprobándose el 9 julio de 2015 la Ley 7/2015 del Sistema Nacional de Protección Civil que sustituye a la anterior Ley 2/1985. Esta nueva Ley que incorpora y mantiene los principios anteriormente citados, persigue mejorar el funcionamiento del sistema nacional de protección civil a través de cómo se refleja en el preámbulo de la Ley de fomentar las acciones de prevención a través de fortalecer el conocimiento sobre los riesgos como medio de preverlos y anticiparse a sus consecuencias. Es por ello, que este nuevo marco legal aborda de manera más directa las nuevas formas de

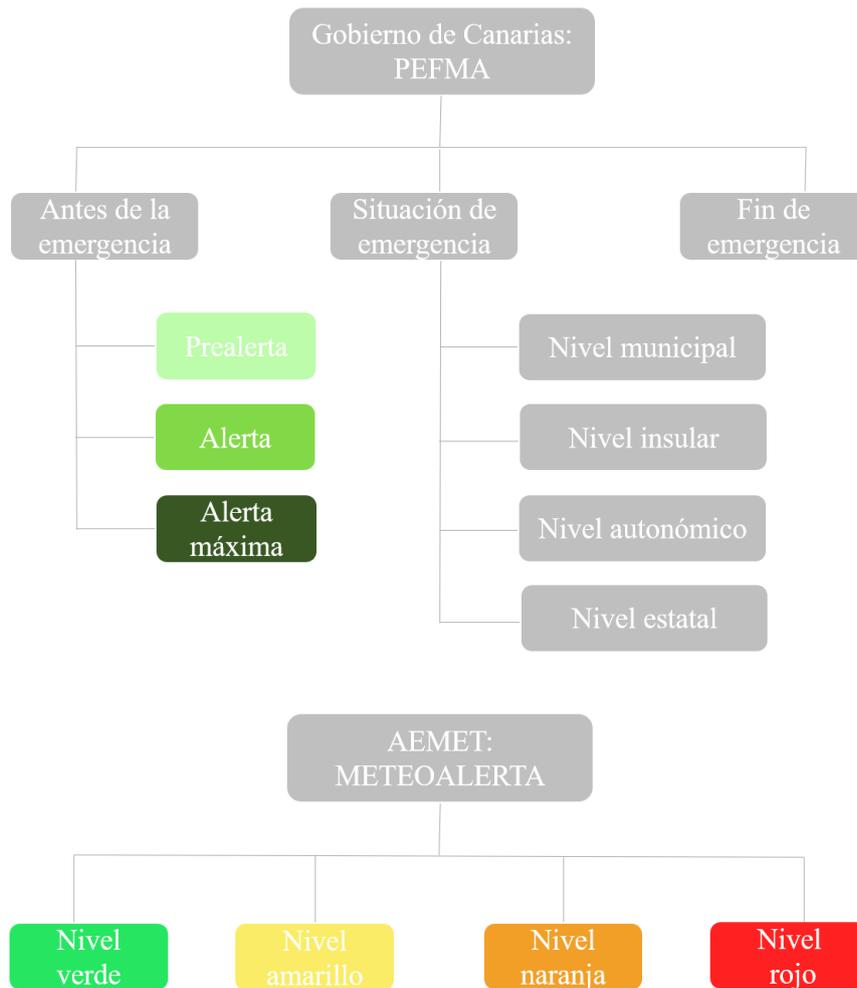
entender la gestión del riesgo a partir de conceptos más actuales y amplios como la Reducción del Riesgo de Desastres (Pelling, 2003), incorporando las tres dimensiones de ésta; la identificación del riesgo, la prevención o reducción del riesgo y en último lugar el manejo o la gestión de la emergencia o desastres (GAR, 2019; López-Díez, 2020). Asimismo, una de las características más destacadas de la Ley 7/2015 es lo que respecta a su artículo 7 sobre participación activa en lo que se refiere a los procesos de redacción de la planificación y normas de protección civil, un hecho que permite fomentar procesos de corresponsabilidad y comprensión de las citadas dimensiones de la Reducción del Riesgo de Desastres (Díaz-Pacheco *et al.*, 2017). Estas nuevas concepciones que incorpora la Ley evidencian un claro replanteamiento en lo que respecta al cómo se debería entender el sistema de protección civil nacional, pasando desde enfoques basados en la amenaza y gestión del desastre (respuesta) hacia nuevos paradigmas basados en la gestión integral del riesgo donde incluso se pueden incorporar los nuevos enfoques de complejidad que empiezan a consolidarse a nivel internacional (Cardona, 2002; GAR, 2019). Un hecho este último que viene muy determinado por los marcos globales sobre Reducción del Riesgo de Desastres.

Un concepto el de RRD que se ha desarrollado desde finales del siglo XX a partir de múltiples iniciativas internacionales como el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales 1990-1999; la Estrategia de Yokohama de 1994; hasta los más recientes: el Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015 y el Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres para 2015-2030. Éste último se constituye como el actual documento para el fortalecimiento de las acciones vinculadas con la RRD. Este documento desarrollado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres (UNDRR), sustituyó al Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015, garantizando de esta forma su continuidad. En este documento se definen siete objetivos mundiales a partir de 4 prioridades y se incorporan algunos cambios con respecto al anterior marco de Hyogo, entre los que destaca el mayor énfasis puesto en la gestión integral del riesgo de desastres en lugar de en la gestión de desastres que puede entenderse como el manejo de la emergencia o la respuesta. Es importante destacar que el actual Marco de Sendai se enmarca en la estrategia para afrontar los nuevos retos globales como el cambio climático o el desarrollo sostenible, es por ello que complementa a otros marcos internacionales, como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III y el Acuerdo de París de 2015. Todos ellos presentan una gran vinculación entre sí, recogiendo aspectos comunes en torno a conceptos como la resiliencia

o la reducción del riesgo de desastres. En definitiva, iniciativas y documentos como los anteriormente citados que junto a los conocidos informes de Evaluación Global (GAR 2009; GAR, 2011; GAR 2013; GAR, 2015; GAR, 2019), han desarrollado en primer lugar, parte de la conceptualización teórica y conceptual de la RRD y en segundo lugar, estos documentos han impulsado muchas de las acciones para la RRD a todas las escalas (global, nacional y local), dando lugar a que muchos de los planteamientos de estos documentos se haya integrado de forma directa e indirecta en los sistemas de protección civil, como puede ser el caso del sistema de protección civil de la Comunidad Autónoma de Canarias.

A escala autonómica, incluso se han desarrollado iniciativas asociadas a los Marcos de Hyogo y de Sendai como la Campaña de UNDRR "Desarrollando Ciudades Resiliente" mediante la cual en el año 2015 tanto el Gobierno Autonómico, los distintos Cabildos Insulares y la casi totalidad de los municipios de los archipiélagos se adhirieron a la mencionada campaña con el fin de reducir el riesgo y aumentar la resiliencia de sus respectivos ámbitos territoriales. No obstante, actualmente, la gran mayoría de acciones en Canarias destinadas a afrontar la gestión integral del riesgo están insertas en la conocida protección civil. En este sentido, en el caso de Canarias ésta se rige por el denominado Plan Territorial de Emergencia de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA), aprobado inicialmente el 12 de noviembre de 1997, modificado en 2005 y cuya última actualización es de 2015 mediante el Decreto 98/2015 del 22 de mayo. Este documento tiene como principal objetivo hacer frente a las situaciones de emergencia o desastres que se puedan desarrollar en el ámbito autonómico y establecer el marco organizativo que permita tanto realizar una gestión eficaz como reducir los posibles daños y efectos derivados de los riesgos identificados y catalogados en el propio plan. A su vez el PLATECA constituye el mecanismo de coordinación entre los servicios de la Comunidad Autónoma, de las diferentes Administraciones Públicas, así como de las Entidades públicas o privadas que intervienen en un desastre. Este mecanismo de coordinación entre agentes implicados se caracteriza por presentar una estructura jerárquica (Figura 1) que permite entre otras cosas facilitar la integración de medios o recursos, en el caso de que se produzca un cambio de nivel (municipal, insular, regional o nacional) en la gestión de la emergencia o el desastre.

Figura 1. Estructura jerárquica de alertas y avisos



Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo el PLATECA, regula el sistema de planificación de emergencias y protección civil de Canarias, estableciendo la necesidad de desarrollar un conjunto de planes de diferente naturaleza que permitan consolidar los mecanismos de actuación ante determinados riesgos y en determinados contextos espaciales. Es por ello que se desarrollan en primer lugar los conocidos “Planes Territoriales” que se caracterizan por hacer frente a las emergencias en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma o en el ámbito insular o municipal. En segundo lugar, disponemos de los denominados “Planes Especiales” que permiten hacer frente a riesgos concretos como los incendios forestales (INFOCA), seísmos (PESICAN), volcánicos (PEVOLCA), etc. En tercer lugar, se dispone en Canarias de los conocidos “Planes Específicos” que, aunque con una naturaleza muy similar a los anteriormente descritos, persigue abordar los riesgos que se pueden derivar de un suceso o fenómeno concreto. En el caso de Canarias disponemos de dos de estos planes:

el relativo al Plan específico por contaminación marina accidental de Canarias (PECMAR) y el que articula gran parte del presente trabajo, el Plan Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Canarias por Fenómenos Meteorológicos Adversos (PEFMA). Se trata de un plan elaborado por el Gobierno de Canarias que se centra en los peligros asociados a los Fenómenos Meteorológicos Adversos (FMA). Por tanto, su objetivo principal es garantizar una respuesta eficaz antes y durante el desarrollo de un FMA, mejorando la coordinación interadministrativa dentro del sistema del PLATECA. El PEFMA, además, establece distintas situaciones y niveles a través de un Sistema de Alertas y Avisos, donde se contemplan situaciones de prealerta, alerta, alerta máxima, emergencia y fin de la emergencia; además de una clasificación de niveles a escala municipal, insular, autonómico y estatal.

3.3. Fundamentos de un sistema de alerta temprana. Avisos y alertas meteorológicos en el contexto canario

Según la definición de las Naciones Unidas, un sistema de alerta temprana es una medida de adaptación al cambio climático que utiliza sistemas de comunicación integrados con el fin de ayudar a las comunidades a prepararse para los peligros relacionados con el clima. Por lo tanto, debido a la creciente preocupación a nivel internacional a causa de las amenazas climáticas, resultan necesarias este tipo de medidas técnicas que permiten reducir los efectos de los fenómenos meteorológicos adversos.

3.3.1 La alerta temprana

Uno de los elementos que se introdujeron en el anterior apartado es el de gestión del riesgo de desastres, un elemento sobre el que se asienta gran parte del presente apartado. El proceso de gestión del riesgo de desastres se estructura en tres partes: antes, durante y después (Álvarez-Gordillo *et al.*, 2008; Bucheli-López, 2010). Es decir, se articula de la misma forma que las etapas que se identifican en la sucesión cronológica de un desastre. En este sentido, la gestión del desastre o la emergencia presenta varias fases que parten desde la prevención y predicción (antes), pasando por la respuesta al desastre en su desarrollo (durante) y finaliza con acciones de rehabilitación y vuelta a la normalidad (después). El desastre, en definitiva, es un momento concreto en un continuo dentro de cualquier proceso de gestión integral del riesgo, entendido éste como un elemento latente que se manifiesta cuando una amenaza impacta sobre elementos vulnerables.

Una cuestión fundamental para reducir el riesgo de desastres es el estudio previo de las características del territorio con el fin de conocer cómo se van a comportar las amenazas y establecer mecanismos correctores orientados a la disminución de la vulnerabilidad (Lavell, 2001; Herzer *et al.*, 2002; Quintero-Angel, 2012; López-Díez, 2020). Dentro de estos mecanismos reductores del riesgo y, por ende, de la vulnerabilidad, la preparación de la sociedad o de una entidad territorial concreta que cuenta con una serie de recursos humanos y materiales es un aspecto imprescindible. A su vez, dentro de la preparación, uno de los elementos más señalados son los conocidos como Sistemas de Alerta Temprana, tal y como reflejan documentos de gran consenso internacional como el Marco de Sendai (2015) o el Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (GAR, 2019).

La alerta temprana es, a su vez, un proceso que se estructura en diferentes bloques integrados por diferentes componentes. A modo de ejemplo, en el ámbito meteorológico, existe un componente que engloba la vigilancia y la observación y otro que se encarga de la realización de modelos y predicciones. No obstante, en este punto conviene caracterizar de forma general cada uno de los componentes o bloques sobre los que se configuran los sistemas de alerta temprana. Para ello una de las definiciones más actuales es la que recoge el informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (GAR, 2019) que diferencia cuatro bloques tal y como se recoge en la figura 2.

Figura 2. Elementos clave de un sistema de alerta temprana



Fuente: GAR, 2019. Elaboración propia.

Conocimiento del riesgo de desastres

Estos aspectos se basan en el conocimiento del riesgo y, por tanto, de las amenazas y de la dimensión de la exposición. El concepto de **riesgo** se puede interpretar como la probabilidad de que ciertos eventos produzcan impactos adversos sobre algunos de los elementos expuestos (Olcina, 2002). Por otra parte, el término **amenaza** hace referencia a

un evento físico potencialmente perjudicial, fenómeno o actividad humana que puede causar pérdida de vidas o lesiones, daños materiales, grave perturbación de la vida social y económica o degradación ambiental (Dorta, 2007). Por último, la **exposición** se refiere a los elementos susceptibles de ser afectados por el peligro considerado. De este modo, el primer bloque de los sistemas de alerta temprana se centra en la caracterización del territorio de estudio y el análisis de las amenazas que le afectan. Por tanto, en este primer bloque se persigue estudiar el riesgo de desastre mediante el análisis científico de la peligrosidad del territorio, el desarrollo de inventarios de riesgos, la evaluación de riesgos y el diseño de planes de gestión del riesgo (López-Díez *et al.*, 2020). Esta recopilación de datos tiene como objetivo crear una base de conocimiento de los riesgos que afectan a un territorio determinado, configurando así el elemento de partida de todo sistema de alerta temprana.

Seguimiento y previsión de las amenazas

Las acciones incluidas en este punto integran la detección, seguimiento, análisis y previsión de las amenazas y sus posibles consecuencias. Es decir, engloba los sistemas de vigilancia y previsión multiamenaza. Disponer de un buen sistema de vigilancia permite mejorar el análisis y, por tanto, el pronóstico. De igual forma, los elementos como mapas meteorológicos o, en general, la cartografía predictiva, ayudan a sintetizar los datos de observación y a precisar las decisiones asociadas a los posibles peligros (GAR, 2019).

Difusión y comunicación de alertas

La difusión y comunicación de alertas trata la cobertura de la información de la alerta temprana y la medida en que los medios de comunicación llegan a la comunidad en riesgo, pues el objetivo principal de todo sistema de alerta es capacitar a las personas para que respondan de manera oportuna y adecuada a los peligros con el fin de reducir los daños (Muro y Valdés, 2019; López-Díez *et al.*, 2020). Por tanto, un requisito fundamental para la eficacia de los sistemas de alerta temprana es la comunicación y difusión de alertas, para que la población sea consciente de los eventos inminentes y esté preparada. Como se recoge en diferentes normativas vinculadas con protección civil, la información generada dentro de estos sistemas de alerta temprana se debe distribuir entre los diversos organismos e instituciones del Estado, entre ellos las Autoridades responsables de Protección Civil, así como a los medios de comunicación. Los sistemas de alerta temprana se rigen por el siguiente esquema operativo: la comunicación de avisos parte de los gabinetes de

información de los servicios encargados de la observación de determinadas amenazas y posteriormente, sigue una cadena de difusión hasta los distintos sistemas de protección civil autonómicos que son los encargados de la emisión de las alertas oficiales.

Preparación para dar respuesta a las alertas

La preparación a todos los niveles es un elemento clave dentro del sistema de alerta temprana. Para trabajar la preparación es imprescindible la educación a la población; la comunidad debe estar preparada para responder a los riesgos naturales y, para ello, debe familiarizarse con los canales de difusión, el significado de las alertas y los mecanismos de respuesta (López-Díez, 2020). El potencial de las personas para responder de manera adecuada aumenta si se les informa de las situaciones de riesgo y las acciones de fomento de su propia autoprotección. Por ello, es necesario que abarque los sectores educativos formales a todos los niveles. Asimismo, resulta imprescindible que la población sea conocedora del significado de los avisos y alertas.

3.3.2 Avisos y alertas meteorológicos en el contexto canario

En España, el principal servicio de observación meteorológica es la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), que cuenta con su propio mecanismo de vigilancia a través del conocido Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos: Meteoalerta. Este documento, tiene por principal objetivo facilitar a las instituciones públicas la mejor y más actualizada información posible sobre los fenómenos atmosféricos adversos que se prevean con la finalidad de favorecer la toma de decisiones en materia de protección civil. Del mismo modo, como instrumento de alerta temprana persigue mantener una información puntual de la evolución de los distintos fenómenos extremos, una vez que se ha iniciado su desarrollo. Finalmente, Meteoalerta también tiene entre sus finalidades ofrecer información en tiempo real a la ciudadanía sobre los posibles fenómenos adversos que pueden acontecer en sus ámbitos territoriales. Asimismo, también existe un organismo internacional que proporciona información complementaria ante situaciones de tiempo extremo en Europa: Meteoalarm. Se encarga de coordinar la información de los servicios meteorológicos nacionales de los países europeos para garantizar una interpretación coherente de la situación atmosférica del continente europeo. En este punto, es importante dado que el objetivo de este trabajo se centra en el análisis de las alertas y avisos acontecidos en el archipiélago canario, remarcar las diferencias existentes entre **avisos** y **alertas**. En primer lugar, las alertas son decretadas por el

Gobierno de Canarias en base al riesgo para la población de una determinada amenaza. En línea a esta idea el PLATECA, en función de las previsiones que se tengan de determinados fenómenos o riesgos potenciales, se van a establecer las siguientes situaciones: prealerta, alerta, alerta máxima, emergencia y fin de dicha emergencia. Estas situaciones son descritas por el PLATECA y asumidas por el PEFMA de la siguiente forma:

En la situación de **prealerta** se considera que no existe riesgo para la población en general, pero sí para alguna actividad concentra o localización de alta vulnerabilidad. La situación de prealerta sólo indica que los medios y los servicios deben estar preparados e informados, pero la población no debería ser consciente de esta información. Por tanto, no se emiten declaraciones oficiales a la población afectada.

Por otra parte, en la situación de **alerta** si se estima que existe un riesgo importante (fenómenos no habituales y con cierto grado de amenaza para las actividades usuales). En esta fase se activan los mecanismos para actualizar la información y se inician las tareas de preparación que disminuirán los tiempos de respuesta ante una posible intervención. Además, el cambio de situación de prealerta a alerta conlleva la emisión de declaraciones oficiales y orientaciones de autoprotección a la población ante el riesgo meteorológico que se prevé a corto plazo.

En la situación de **alerta máxima** el riesgo es extremo (fenómenos no habituales, de intensidad excepcional y con alto nivel de riesgo para la población). En este caso, se refuerzan los mecanismos de actualización de la información y su difusión a la población, se establecen instrucciones tácticas de preparación para disminuir los tiempos de respuesta de la intervención, los medios deben estar disponibles para realizar una primera valoración si se materializan efectos adversos y una primera intervención y se pueden adoptar medidas preventivas de protección a la población y bienes, incluyendo el cese de actividades. Al igual que en el caso anterior, el cambio de situación de alerta a alerta máxima trae consigo la emisión de declaraciones oficiales y orientaciones de autoprotección a la ciudadanía.

A continuación, cuando se materializa alguna de las amenazas o riesgos y se activan los sistemas públicos de protección civil y emergencias para la protección de la población, los bienes y el medio ambiente, da comienzo la situación de **emergencia**. Es decir, se establece cuando existe una situación en la que se produce el hecho previsible que ya ha motivado intervenciones de los diferentes medios y recursos. Por tanto, es en este punto por ejemplo, cuando realmente un documento como el PEFMA tiene una activación

operativa en función de cuatro niveles posibles: nivel municipal, insular, autonómico y estatal.

En primer lugar, en el **nivel municipal** (nivel 0) se trata de una emergencia que sólo afecta al territorio municipal. Estas emergencias se controlan mediante la movilización de medios y recursos locales y, además, el Gobierno de Canarias realiza funciones de seguimiento y apoyo. En este nivel se activa el Plan de Emergencia Municipal (PEMU) y se conforma el Centro de Coordinación Municipal (CECOPAL).

El **nivel insular** (nivel 1) se establece cuando la extensión de la emergencia supera los límites geográficos del municipio o cuando se prevea que no puede ser controlada por los medios y recursos locales. De tal modo que se activa el Plan de Emergencias Insular (PEIN) y se establece el Centro de Coordinación Insular (CECOPIN) como centro coordinador. A su vez, el Gobierno de Canarias a través del PLATECA realiza labores de seguimiento, apoyo y evaluación de la situación.

Cuando las emergencias no pueden ser gestionadas con los medios insulares y requieren la movilización plena de la estructura organizativa del PLATECA, se consideran de **nivel autonómico** (nivel 2). Se trata de emergencias que se produzcan en la Comunidad Autónoma de Canarias, de especial repercusión para la población. En este nivel se integran los Planes Municipales e Insulares con el PLATECA.

Por último, el **nivel estatal** (nivel 3) engloba emergencias que no han podido ser atendidas por los medios locales, insulares ni autonómicos.

Por otra parte, el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos decreta **avisos**. Se considera aviso de fenómenos meteorológicos adversos a la unidad mínima de información definida y emitida de conformidad con dicho plan, cuando se prevea o se observe que se alcancen o superen los umbrales establecidos. Se contemplan cuatro niveles básicos en función del posible alcance a dichos umbrales, basados en criterios climatológicos.

En el **nivel verde** no existe ningún riesgo meteorológico, mientras que en el **nivel amarillo** sí existe riesgo para alguna actividad concreta. En este caso, puede afectar a algunas actividades al aire libre y se recomienda que la población se mantenga informada de la predicción meteorológica. En el **nivel naranja** existe un riesgo meteorológico importante, por fenómenos meteorológicos no habituales y con cierto grado de peligro para las actividades usuales. Las actividades habituales y al aire libre pueden verse alteradas y se recomienda a la población que tome precauciones y se mantenga informada. Por último, el **nivel rojo** declara riesgo meteorológico extremo, por fenómenos meteorológicos no

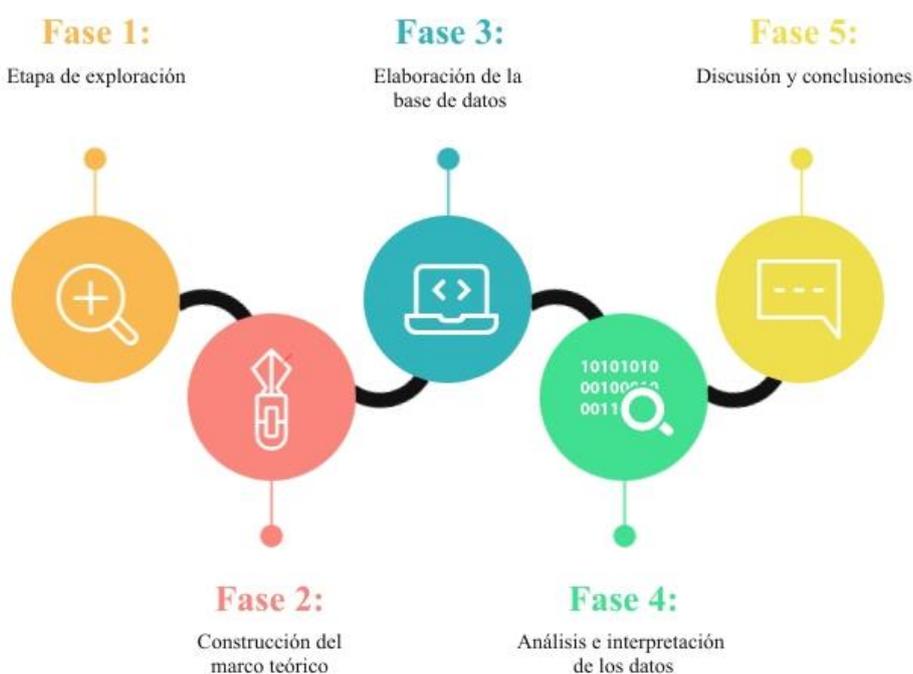
habituales de intensidad excepcional y con un nivel de riesgo para la población muy alto. En este caso, las actividades habituales pueden verse gravemente alteradas y no se debe viajar salvo que sea estrictamente necesario. Se recomienda a la población que tome medidas preventivas y actúe según las indicaciones de las autoridades. De este modo, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) publica a través de Meteoalerta los diferentes avisos, empleando colores para su fácil comprensión.

En este trabajo tal y como se ha reflejado en el objetivo general y los específicos se aborda un análisis en profundidad de las alertas emitidas por parte del Gobierno de Canarias en el seno del PEFMA con el fin en primer lugar, de analizar las principales causas de activación y sus ámbitos territoriales y, en segundo lugar, se persigue establecer las posibles correlaciones o paralelismos con los avisos emitidos por AEMET a través del Meteoalerta.

4. METODOLOGÍA Y FUENTES

En este apartado, se describe la secuencia metodológica del presente trabajo que se ordena en diferentes etapas o fases, las cuales siguen un cierto orden cronológico relacionado con la consecución del objetivo general y específicos planteados. La secuencia metodológica llevada a cabo se puede esquematizar de la siguiente forma:

Figura 3. Secuencia de fases metodológicas



Fuente: Elaboración propia.

Fase 1. Etapa de exploración

En esta primera etapa se determinó el tema de estudio, tras un periodo de exploración y reflexión sobre algunas posibles opciones. La decisión surge a partir de la búsqueda de cuestiones transversales entre la gestión del riesgo de desastres y la protección civil como los sistemas de alerta temprana, pues en el caso de las Islas Canarias no ha existido ningún estudio en el que se analice la relación entre las activaciones del PEFMA y los avisos emitidos por AEMET. Asimismo, durante esta primera fase también se han planteado el objetivo principal, así como los específicos.

Fase 2. Construcción del marco teórico

Una vez completada la primera fase de exploración, la siguiente etapa se caracteriza por la construcción de un marco teórico que facilite la contextualización de los conceptos planteados a lo largo del trabajo, con la finalidad de satisfacer el primer objetivo específico. El desarrollo de este marco teórico se ha realizado a partir de una amplia revisión documental y bibliográfica de artículos científicos, informes técnicos e institucionales, diferentes normativas principalmente vinculadas a la protección civil, así como otros recursos disponibles en web. De este modo, el marco teórico ha dotado de la fundamentación teórica necesaria a esta investigación, definiendo en primer lugar el contexto climático y las principales amenazas de origen climático que afectan a las Islas Canarias. En segundo lugar, se acomete un breve repaso sobre la conformación del sistema de protección civil español, así como las principales características sobre el que se sustenta y los marcos reguladores de éste a nivel internacional, nacional y autonómico. Finalmente, en tercer lugar, se estudia uno de los elementos claves dentro de este trabajo: la alerta temprana, un concepto sobre el cual descansan los análisis y resultados que se presentan en este trabajo. Es por ello que dentro de este apartado se han descrito los fundamentos de un sistema de alerta temprana y las distintas situaciones y niveles de aviso recogidos en el PEFMA y en el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta).

Fase 3. Elaboración de la base de datos

La tercera fase comprende la construcción de la base de datos, acorde con el segundo objetivo específico. El proceso de elaboración parte de la sintetización de la base de datos facilitada por la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias vinculada al Plan Específicos de Protección Civil y Atención de Emergencias de la

Comunidad Autónoma de Canarias por Fenómenos Meteorológicos Adversos (PEFMA). La base de datos original contiene un total de 2.000 registros aproximadamente, incluyendo numerosos campos sobre los que hemos basado el trabajo como tipo de alerta/prealerta, fecha, tipo de fenómeno o el campo nivel relacionado con los avisos emitidos por AEMET (Figura 4). Del mismo modo, dicha base de datos también ha presentado otros datos que podrían tener interés de cara a líneas de trabajo futuras como la relación del PEFMA con la activación de instrumentos de planificación insular (PEIN) o municipales (PEMU).

Figura 4. Estructura de la base de datos original del Gobierno de Canarias

	B	C	D	E	F	G	H	I
1	FENÓMENOS METEOROLÓGICOS ADVERSOS							
2	TIPO ALERTA/PREALERTA	FECHA	HORA	TIPO FENOMENO	NIVEL	PEIN/PEMU	SUSPENSIÓN CLASES	FMA ESCANEADO
3	PREALERTA	03/01/2017	5:00	VIENTOS LANZAROTE Y FUERTEVENTURA				FMA 2017 ESCANE
4	FINALIZACION PREALERTA	03/01/2017	15:00	VIENTOS LANZAROTE Y FUERTEVENTURA				FMA 2017 ESCANE
5	PREALERTA	07/01/2017	7:00	VIENTOS C.A.				FMA 2017 ESCANE
6	FINALIZACION PREALERTA	08/01/2017	9:00	VIENTOS C.A.				FMA 2017 ESCANE
7	PREALERTA	12/01/2017	13:00	CALIMAS LANZAROTE Y FUERTEVENTURA				FMA 2017 ESCANE
8	FINALIZACION PREALERTA	13/01/2017	11:30	CALIMAS LANZAROTE Y FUERTEVENTURA				FMA 2017 ESCANE
9	PREALERTA	12/01/2017	13:00	VIENTOS LANZAROTE Y FUERTEVENTURA				FMA 2017 ESCANE
10	ACTUALIZACION PREALERTA	13/01/2017	0:00	VIENTOS LA GOMERA Y EL HIERRO				FMA 2017 ESCANE
11	FINALIZACION PREALERTA	14/01/2017	13:07	VIENTOS LA GOMERA Y EL HIERRO				FMA 2017 ESCANE
12	PREALERTA	02/02/2017	22:00	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
13	FINALIZACION PREALERTA	03/02/2017	23:30	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
14	PREALERTA	11/02/2017	0:00	VIENTOS C.A.		SI		FMA 2017 ESCANE
15	ACTUALIZACION DE LA PREALERTA PASANDO A ALERTA	11/02/2017	0:00	VIENTOS LA PALMA Y CUMBRES DE TFE		LA PALMA		FMA 2017 ESCANE
16	ACTUALIZACION DE LA PREALERTA PASANDO A ALERTA	12/02/2017	0:00	VIENTOS C.A.		LA GOMERA		FMA 2017 ESCANE
17	FINALIZACION ALERTA	12/02/2017	20:00	VIENTOS C.A.				FMA 2017 ESCANE
18	PREALERTA	11/02/2017	0:00	LLUVIAS C.A.				FMA 2017 ESCANE
19	ACTUALIZACION DE LA PREALERTA PASANDO A ALERTA	11/02/2017	0:00	LLUVIAS C.A.				FMA 2017 ESCANE
20	FINALIZACION ALERTA	12/02/2017	20:00	LLUVIAS C.A.				FMA 2017 ESCANE
21	PREALERTA	11/02/2017	0:00	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
22	ACTUALIZACION DE LA PREALERTA PASANDO A ALERTA	12/02/2017	0:00	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
23	ACTUALIZACION DE LA ALERTA PASANDO A PREALERTA	12/02/2017	20:00	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
24	FINALIZACION PREALERTA	12/02/2017	22:00	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
25	PREALERTA	15/02/2017	0:00	LLUVIAS TENERIFE Y LA PALMA				FMA 2017 ESCANE
26	FINALIZACION PREALERTA	15/02/2017	20:00	LLUVIAS TENERIFE Y LA PALMA				FMA 2017 ESCANE
27	PREALERTA	28/02/2017	13:30	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
28	ACTUALIZACION PREALERTA	28/02/2017	13:30	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
29	FINALIZACION PREALERTA	01/03/2017	16:30	COSTEROS C.A.				FMA 2017 ESCANE
30	PREALERTA	03/03/2017	18:00	VIENTOS LA GOMERA Y EL HIERRO				FMA 2017 ESCANE

Fuente: PEFMA

Como se ha comentado, en esta fase se procedió a la simplificación de esta, dejando solo aquellos campos significativos para la investigación (Figura 5). Asimismo, es importante destacar que para la cuantificación del número de activaciones del PEFMA se ha optado por seleccionar, dentro de cada episodio identificado en la base de datos, la declaración máxima asignada a dicho episodio. Es decir, en un evento de alerta máxima en el que previamente se declararon prealertas y alertas, éste ha sido registrado y contabilizado como alerta máxima. En esta misma línea, en lo que respecta al ámbito espacial de cada episodio, se ha decidido seleccionar la totalidad de las áreas que han sido afectadas en cada episodio extremo identificado dentro de la base de datos. Por ejemplo, en un evento donde se ha decretado la alerta máxima se han estudiado los niveles previos (prealerta y alerta) a qué ámbito especial también han afectado, independientemente de que la alerta máxima solo afectase a una isla.

Figura 5. Estructura de la base de datos creada para el trabajo

	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	GENERAL				ÁMBITO							
2	TIPO DE ALERTA/PREALERTA	FECHA	TIPO DE FENÓMENO	NIVEL AEMET	C.A.	EH	LG	LP	TNF	GC	LNZ	FTV
3	PREALERTA	08/01/2009	LLUVIAS	AMARILLO	SÍ							
4	PREALERTA	10/01/2009	VIENTOS				sí	sí				
5	PREALERTA	14/01/2009	COSTEROS		SÍ							
6	PREALERTA	14/04/2009	VIENTOS	AMARILLO	SÍ							
7	PREALERTA	14/01/2009	LLUVIAS	AMARILLO	SÍ							
8	ALERTA	20/01/2009	COSTEROS		SÍ							
9	PREALERTA	25/01/2009	COSTEROS	AMARILLO	SÍ							
10	ALERTA	04/02/2009	COSTEROS	NARANJA	SÍ							
11	ALERTA	03/02/2009	VIENTOS		SÍ							
12	PREALERTA	04/02/2009	VIENTOS		SÍ							
13	PREALERTA	04/02/2009	LLUVIAS		SÍ							
14	PREALERTA	06/02/2009	COSTEROS		SÍ							
15	PREALERTA	24/02/2009	LLUVIAS	AMARILLO	SÍ							
16	PREALERTA	04/03/2009	COSTEROS	AMARILLO	SÍ							
17	ALERTA	26/03/2009	LLUVIAS	AMARILLO	SÍ							
18	PREALERTA	07/04/2009	COSTEROS	NARANJA						sí	sí	sí
19	PREALERTA	07/04/2009	VIENTOS					sí				
20	PREALERTA	18/04/2009	VIENTOS		SÍ							
21	PREALERTA	18/04/2009	COSTEROS		SÍ							
22	PREALERTA	11/06/2009	ALTAS TEMPERATURAS	ROJO	SÍ							

Fuente: PEFMA. Elaboración propia.

Respecto a los avisos emitidos por AEMET, en la base de datos proporcionada apenas había registros de unos pocos. Por lo tanto, para poder completar el objetivo general planteado se ha optado por complementar dicha información a partir de otros recursos disponibles en web. En primer lugar, a través del empleo de un recurso cada vez más empleado en el ámbito científico como Twitter, se ha realizado a través de su herramienta de búsqueda avanzada una indagación en las cuentas oficiales de @AEMET_ESP y @AEMET_Canarias sobre aquellos tuits que llevaban las siguientes palabras claves: “Aviso”, “Amarillo”, “Naranja”, “Rojo” y “Canarias”, tal y como representa la figura 6. Los resultados obtenidos (Figura 7) han permitido incorporar cuantiosos avisos al estudio. Sin embargo, es importante mencionar que la cuenta de Twitter @AEMET_Canarias comenzó a funcionar en 2013, por lo que para localizar los avisos de los años anterior se ha recurrido a emplear la prensa escrita y principalmente se ha empleado el periódico autonómico de Canarias⁷ (Figura 8).

Figura 6. Captura de la búsqueda avanzada de Twitter

Cualquiera de estas palabras
"aviso", "amarillo", "naranja", "rojo", "Canarias"
Ejemplo: gatos perros · contiene "gatos" o "perros" (o ambos)

De estas cuentas
@AEMET_Canarias, @AEMET_ESP
Ejemplo: @Twitter · enviado desde @Twitter

Desde

Mes enero	Día 1	Año 2014
--------------	----------	-------------

Hasta

Mes diciembre	Día 31	Año 2014
------------------	-----------	-------------

Fuente: Twitter @AEMET_Canarias y @AEMET_ESP

Figura 7. Ejemplo de resultados obtenidos mediante la búsqueda avanzada de Twitter



Fuente: Twitter AEMET_Canarias

Figura 8. Ejemplo de artículos de prensa utilizados para la búsqueda de avisos



Fuente: Canarias7

Dentro de esta fase, en último lugar, es importante aclarar dos aspectos metodológicos. En primer lugar, es preciso mencionar que para el caso de una amenaza como calima o polvo en suspensión únicamente se emiten avisos amarillos por parte de AEMET, siendo un aspecto este muy importante de cara a interpretar los resultados de dicho fenómeno. En segundo lugar, es importante definir que para este trabajo se ha optado por incluir a los incendios forestales como una amenaza independiente en cuanto a su tratamiento respecto a la emisión de avisos, independientemente de que AEMET no emite avisos por riesgo de incendio forestal. Esta decisión está justificada en que en la activación del PEFMA por incendios forestales en numerosas ocasiones éstas están asociadas a avisos por altas temperaturas, lo cual nos ha planteado que lo más correcto para intentar realizar el análisis comparado entre amenazas del PEFMA y AEMET sea respetar la estructura facilitada por la base de datos original. No obstante, los avisos por riesgo de incendio forestal que hemos recogido también podrían contabilizarse dentro de altas temperaturas. Como resultado de todo ello, la base de datos resultante contiene un total de 680 registros que corresponden a los episodios individualizados.

Fase 4. Análisis e interpretación de los datos

La cuarta fase ha estado caracterizada por la explotación de los datos mediante el análisis estadístico de los mismo. Para ello se ha realizado una primera contextualización general, en segundo lugar, su análisis y valoración a escala temporal y espacial y, finalmente, se ha analizado la posible relación existente entre alertas y avisos. Asimismo, para el análisis espacial se han empleado los Sistemas de Información Geográfico (SIG) para la espacialización del mismo.

Fase 5. Desarrollo de la discusión y conclusiones

La última etapa de esta investigación ha estado caracterizada por la realización de la discusión de los resultados, así como de otros aspectos de interés surgidos durante el desarrollo del trabajo. Del mismo modo, en esta última fase se han desarrollado las conclusiones del trabajo que dan respuesta y satisfacen el objetivo general y específicos marcados.

5. RESULTADOS

Una vez analizados los datos correspondientes a la base de datos del Plan Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Canarias por Fenómenos Meteorológicos Adversos (PEFMA) del Gobierno de Canarias, así como la información de los avisos de AEMET, se han obtenido una serie de resultados que permiten dar respuesta al objetivo general planteado. Para ello, el siguiente apartado se ha estructurado en cuatro niveles. En primer lugar, se expondrá una caracterización general de los datos trabajados, con ese fin se presenta el número total de activaciones del PEFMA y de los avisos de AEMET para el periodo estudiado (2009-2020), así como los tipos de fenómenos identificados en el PEFMA. En segundo lugar, se expone un análisis temporal, en el que se podrá observar la evolución en el número de activaciones del PEFMA y de avisos, así como la evolución de los fenómenos meteorológicos extremos contenidos en dicho plan. En tercer lugar, se aborda la distribución espacial de las activaciones del PEFMA, para ello se ha acometido un análisis a escala insular. Finalmente, en cuarto lugar, se representa el análisis de la correlación existente entre avisos y alertas que se han decretado durante el periodo de estudio.

5.1. Aspectos generales

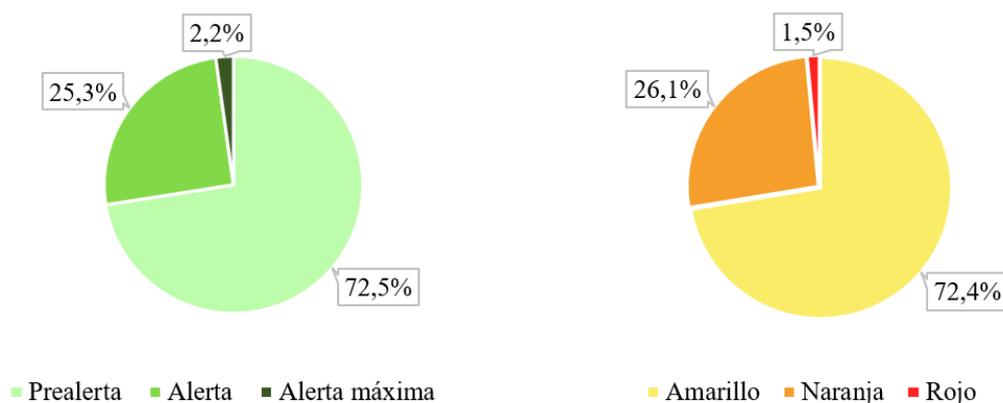
Para el periodo estudiado comprendido entre 2009 y 2020 se han identificado un total de 680 activaciones del PEFMA, asociadas cada una de ellas a fenómenos concretos de índole climática. Asimismo, de estas 680 activaciones un total de 468 tuvieron asociadas la emisión de avisos por parte de AEMET (Tabla 1), dando lugar a que para el periodo analizado en 212 ocasiones que se activó el PEFMA no se declaró ningún aviso, lo que representa el 31% del total de las activaciones del Plan Específico (Figura 9).

Tabla 1. Número de activaciones del PEFMA y avisos de AEMET (2009-2020)

Niveles PEFMA	Nº activaciones	Nº activaciones (%)	Avisos AEMET	Nº avisos	Nº avisos (%)
Prealerta	493	72,5	Amarillo	339	72,4
Alerta	172	25,3	Naranja	122	26,1
Alerta Máxima	15	2,2	Rojo	7	1,5
Total	680	100	Total	468	100

Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

Figura 9. Activaciones del PEFMA y avisos AEMET (%) (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

Uno de los rasgos más destacados a tratar dentro de este primer apartado es el relacionado con la distribución estadística del número de activaciones y avisos en función de los niveles recogidos en el PEFMA y en Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta). Esto ha permitido identificar como el 73% de las activaciones del PEFMA están vinculadas a un nivel de prealerta, mientras que un 25% están asociadas a niveles de alerta y únicamente un 2% se vinculan a activaciones con rango de alerta máxima. Asimismo, un 72,4% de los avisos corresponden a niveles amarillos, mientras que el resto se distribuye en un 26,1% en nivel naranja y un 1,5% a avisos de color rojo.

En lo que se refiere al análisis del tipo de fenómenos meteorológicos adversos recogidos en el PEFMA, se han identificado algunos resultados de interés. En primer lugar, la mayoría de las activaciones del PEFMA se producen únicamente por tres eventos; vientos, fenómenos costeros y lluvias, que representan el 77,4% del total (Tabla 2). El resto de las amenazas representan únicamente el 22,6%, destacando principalmente las altas temperaturas con un 11,2% y los incendios forestales con un 4%. En segundo lugar, respecto a los niveles de activación del PEFMA (Figura 10) cabe destacar que las prealertas se distribuyen en su mayoría en los fenómenos costeros, con el 37,3% y los vientos 27,4%. Estos valores se traducen en que 6 de cada 10 situaciones de prealerta en Canarias se asocian a estos dos fenómenos. Las alertas presentan una distribución más homogénea entre vientos, lluvias, altas temperaturas y costeros, con valores comprendidos entre 19-23%. En cambio, respecto a las declaraciones de alertas máximas, éstas presentan un claro máximo en los vientos que reúnen el 53,3% del total. Asimismo, los vientos junto

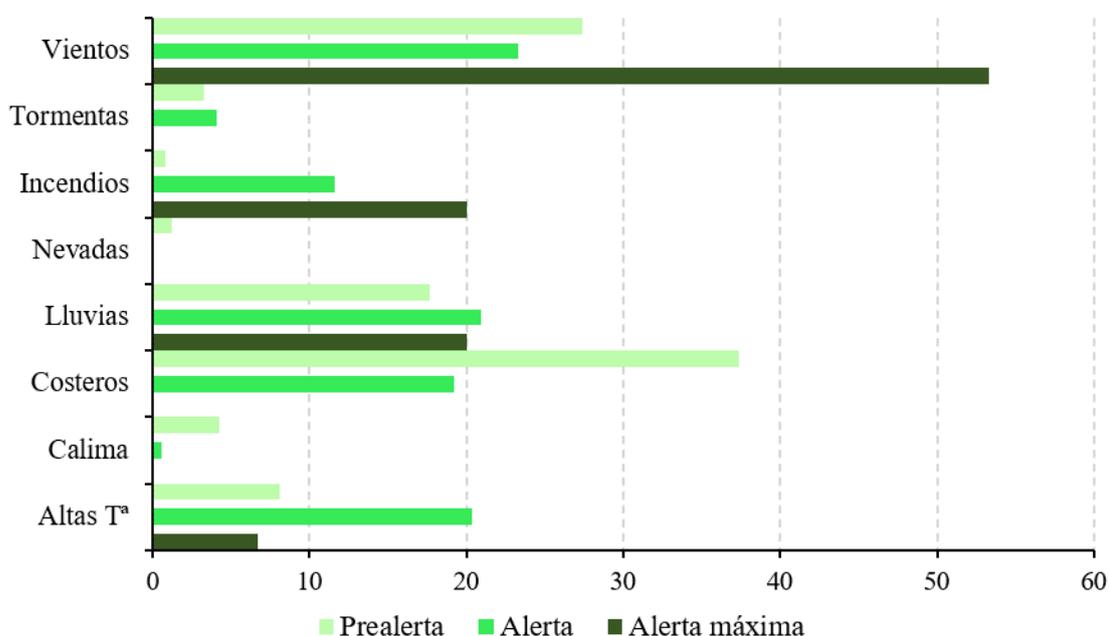
a otras dos amenazas como son los incendios forestales y las lluvias con un 20% respectivamente, agrupan el 93,3% del total de las alertas máximas del archipiélago.

Tabla 2. Número de activaciones del PEFMA según fenómeno (2009-2020)

Tipo de fenómeno	Activaciones PEFMA		Avisos AEMET	
	Nº de activaciones	Porcentaje (%)	Nº de avisos	Porcentaje (%)
Costeros	217	31,9	66	14,1
Vientos	183	26,9	12	2,6
Lluvias	126	18,5	154	32,9
Altas temperaturas	76	11,2	96	20,5
Incendios	27	4,0	3	0,6
Tormentas	23	3,4	5	1,1
Calima	22	3,2	10	2,1
Nevadas	6	0,9	122	26,1
Total	680	100	468	100

Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

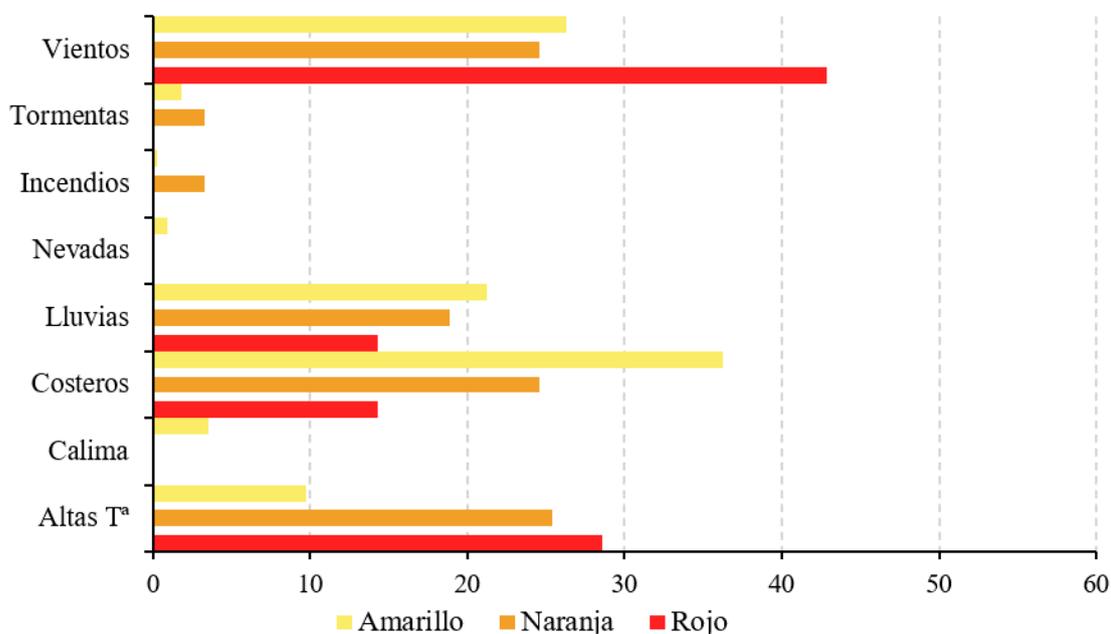
Figura 10. Activaciones del PEFMA (%) según tipo de fenómeno (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

Respecto al estudio de los 468 avisos emitidos por AEMET para el periodo analizado se observa como la práctica totalidad de los avisos amarillos se vinculan únicamente con tres amenazas; fenómenos costeros (36,3%), vientos (26,3%) y lluvias (21,2%), lo que supone un 83,8% del total de los avisos de este rango (Figura 11). En el caso de los avisos naranjas, donde se identificaron un total de 122 (Tabla 2), estos presentan una distribución equitativa entre altas temperaturas (25,4%), fenómenos costeros (24,6%), vientos (24,6%) y lluvias (18,9%). Por último, en lo que se refiere a los avisos de color rojo, el 42,9% se asocian a vientos, un 28,6% se producen por altas temperaturas y, en último lugar, los fenómenos costeros y lluvias abarcan un 14,3% cada uno.

Figura 11. Distribución de los avisos emitidos por AEMET según tipo de fenómeno (2009-2020)



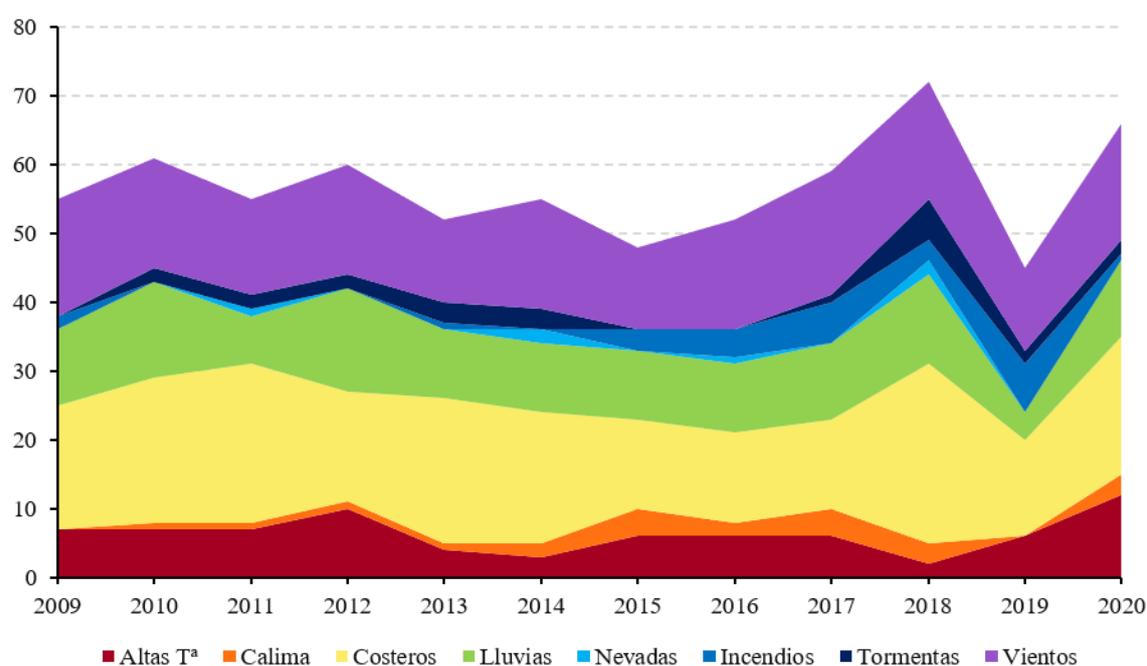
Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

5.2. Análisis temporal

El presente apartado ahonda en los resultados obtenidos desde una perspectiva temporal en lo que respecta a la evolución anual y mensual de los fenómenos recogidos en el PEFMA. Entre 2009 y 2020 se observa un reparto homogéneo en cuanto al número de activaciones anuales (Figura 12). No obstante, dentro de esta aparente uniformidad se aprecia como el año 2018 es el que tiene un número mayor de activaciones, con un total de 72 de las cuales,

en su mayoría, corresponden a fenómenos costeros, vientos y lluvias. Asimismo, el año 2019 y 2015 con 45 y 48 activaciones respectivamente son los que han experimentado un menor número de activaciones. Con respecto a la evolución temporal de los eventos identificados, si bien es cierto que la fluctuación interanual en lo que respecta a la evolución de estos es escasa, sí que se pueden extraer algunos resultados. En este sentido, 2020 fue el año donde el número de activaciones por eventos vinculados a altas temperaturas fue mayor, representando un 20% del total de las activaciones del PEFMA de ese año. En cuanto al análisis de los fenómenos costeros, estos supusieron más del 40% de las activaciones del plan en 2011 y 2013, mientras que en 2017 apenas representó el 22%. En lo que respecta al estudio de los eventos de lluvias, estos tienen su máximo en 2010 y 2012 con el 25% y un mínimo en 2009, donde tan sólo el 8,9% de las activaciones del plan específico estuvieron vinculadas con esta amenaza. Por otra parte, el viento, al igual que ocurre con los fenómenos costeros, agrupa el mayor volumen de activaciones anuales dando lugar que para este peligro en 2009, 2016 y 2017 suponga más del 30% del total anual de activaciones (entre 16 y 18 activaciones al año). Finalmente, los fenómenos con menor frecuencia anual en todo el periodo son los relacionados con calima, nevadas, incendios y tormentas.

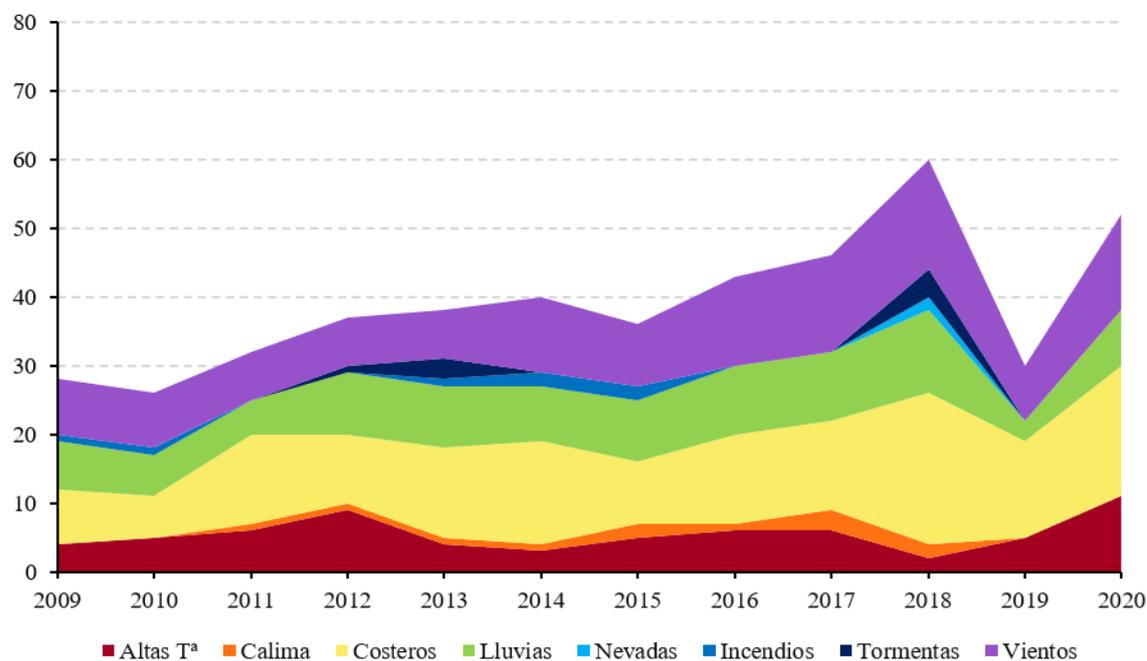
Figura 12. Evolución anual de las activaciones del PEFMA por tipo de fenómeno (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

De igual manera, la figura 13 refleja los avisos emitidos por AEMET desde 2009 hasta 2020 organizado por tipos de fenómenos. Al igual que con la evolución de las activaciones del PEFMA, los avisos mantienen un comportamiento análogo; 2018 es el año con más avisos y 2019 junto a 2009 y 2010 los que menos avisos presentan. Además, uno de los rasgos destacados es que para todos los años estudiados el número de avisos es menor que el de activaciones del PEFMA. En cuanto a los fenómenos, el año 2020 también destaca por los avisos emitidos a causa de altas temperaturas, con un 21,2% del total anual. Por su parte, los fenómenos costeros supusieron el 46,7% de los avisos en 2019, mientras que durante el año 2010 apenas supusieron el 23,1%. En cuanto al análisis de las precipitaciones, los valores más elevados se han registrado en 2009 y 2015, ambos con un 25% del total anual, mientras que el mínimo relacionado con esta amenaza se sitúa en 2019 con tan sólo el 10% de los avisos anuales. Por otra parte, los avisos por vientos han sobrepasado el 30% en 2010, 2016 y 2017. En general, los avisos por nevadas, riesgo de incendio forestal, calima y tormentas son escasos y los mayores valores se producen por vientos, fenómenos costeros y lluvias.

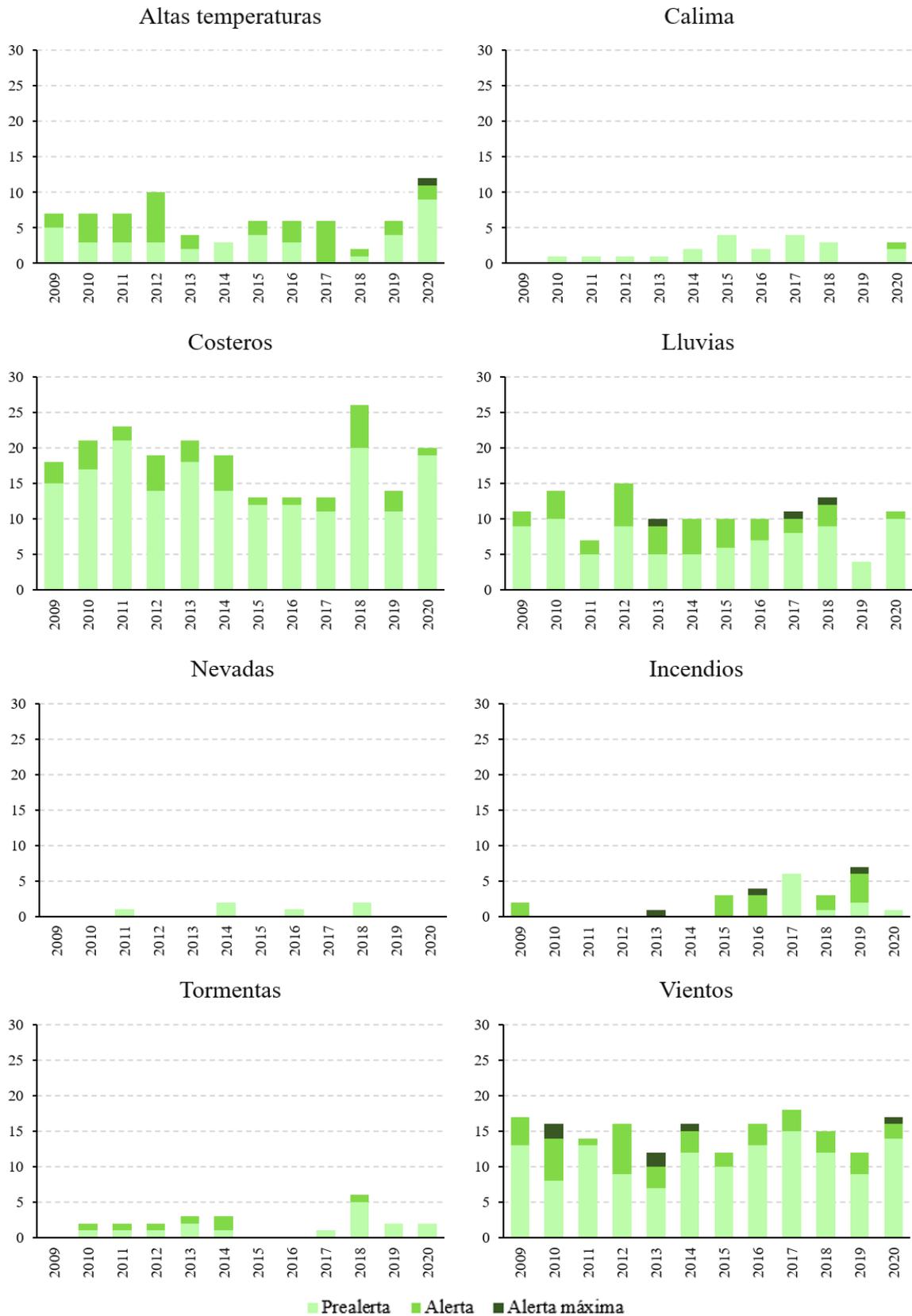
Figura 13. Evolución anual de los avisos de AEMET (%) por tipo de fenómeno (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

A su vez, dentro del análisis temporal es preciso abordar las particularidades que presentan cada una de las amenazas trabajadas. En primer lugar, la figura 14 refleja los valores de cada nivel de activación del PEFMA para los distintos fenómenos. De este modo, por ejemplo, se observa como en el caso de las nevadas, amenaza de muy baja frecuencia en las islas, éstas únicamente presentan niveles de prealerta. Asimismo, tanto los fenómenos de calima como las tormentas también disponen de una amplia mayoría de situaciones de prealerta con situaciones de alertas muy puntuales, como fue el caso del episodio de calima de febrero de 2020. En cambio, en el caso de riesgo de incendio forestal éstos presentan una distribución bastante homogénea entre los tres niveles de activación, con alertas máximas que han estado asociadas a importantes manifestaciones de este riesgo como el caso de los incendios de Gran Canaria de agosto de 2019. No obstante, los fenómenos que tienen mayor número de activaciones del Plan Específico, como ya se ha comentado en el presente trabajo, son los vientos, lluvias, fenómenos costeros y altas temperaturas. Del mismo modo, este mayor número de activaciones se traduce directamente en que se originen situaciones donde los umbrales de peligrosidad son aún mayores, como es el caso de las alertas y alertas máximas. En este sentido, son numerosos los ejemplos que se podrían vincular a determinadas situaciones de alerta y alerta máxima que tuvieron importantes efectos socioterritoriales en el ámbito canario. A modo de referencia, en el año 2020 Canarias se enfrentó por primera a una alerta máxima por altas temperaturas desde que se estableció el actual sistema de emisión de alertas del Gobierno de Canarias.

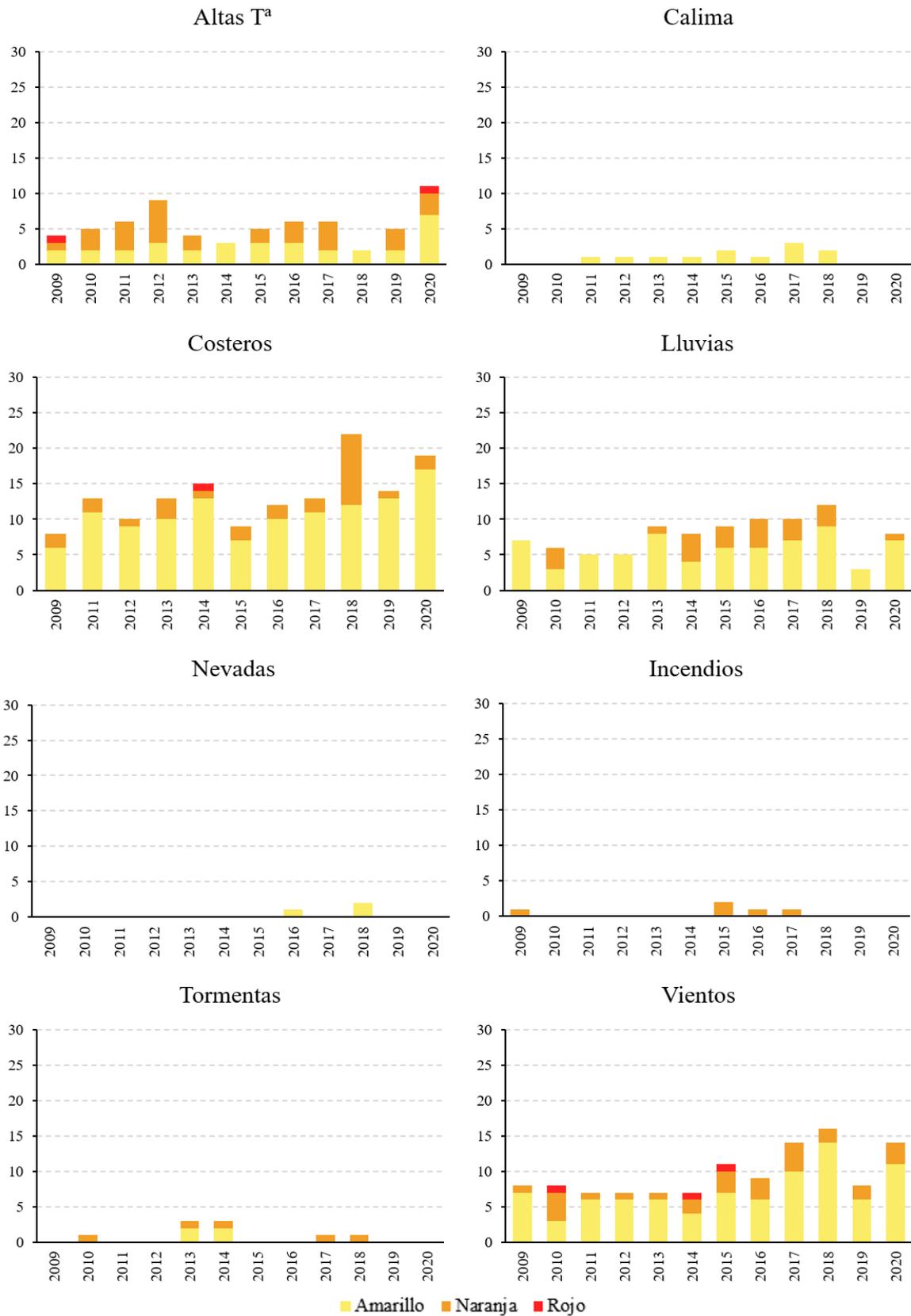
Figura 14. Valores de los niveles de activación del PEFMA (%) por tipo de fenómeno y año (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

En lo que respecta al estudio de las amenazas y sus respectivos avisos, la figura 15 muestra la distribución de estos para cada tipo de fenómeno. Como se ha comprobado al inicio del apartado, existe una importante correspondencia entre el PEFMA y los avisos de AEMET. Es por ello que se observa como determinadas amenazas que presentan activaciones en situaciones de prealerta se asocian también con avisos únicamente amarillos, como es el caso de nevadas y calima. Aunque cabe recordar, tal y como se citó en la metodología del trabajo, que la calima o polvo en suspensión únicamente tiene recogido el umbral amarillo en el plan Meteoadvertencia que rige la emisión de los avisos de AEMET. A su vez y de la misma forma que se reflejó en la metodología, la AEMET no emite como tales avisos por riesgo de incendio forestal. Sin embargo, dado que desde la DGSE se vinculan en determinadas ocasiones dentro de su BBDD las alertas por incendios forestales a avisos por altas temperaturas, se ha optado por reflejar esta amenaza de forma individualizada en la figura 8. En otro orden de cosas, se advierte como en las altas temperaturas, los fenómenos costeros, lluvias y vientos se dan el mayor número de avisos, recogiendo estas 4 amenazas la práctica totalidad de avisos naranjas y la totalidad de avisos rojos, siendo los vientos los que mayor número de avisos rojos han registrado en Canarias con un total de 3, seguido de las altas temperaturas con 2 avisos registrados en 2009 y 2020. A su vez, es importante destacar que estas cuatro amenazas presentan una evolución anual relativamente homogénea, aunque con ligeros máximos en la serie en 2018 para el caso de fenómenos costeros, lluvias y vientos y 2020 para las altas temperaturas.

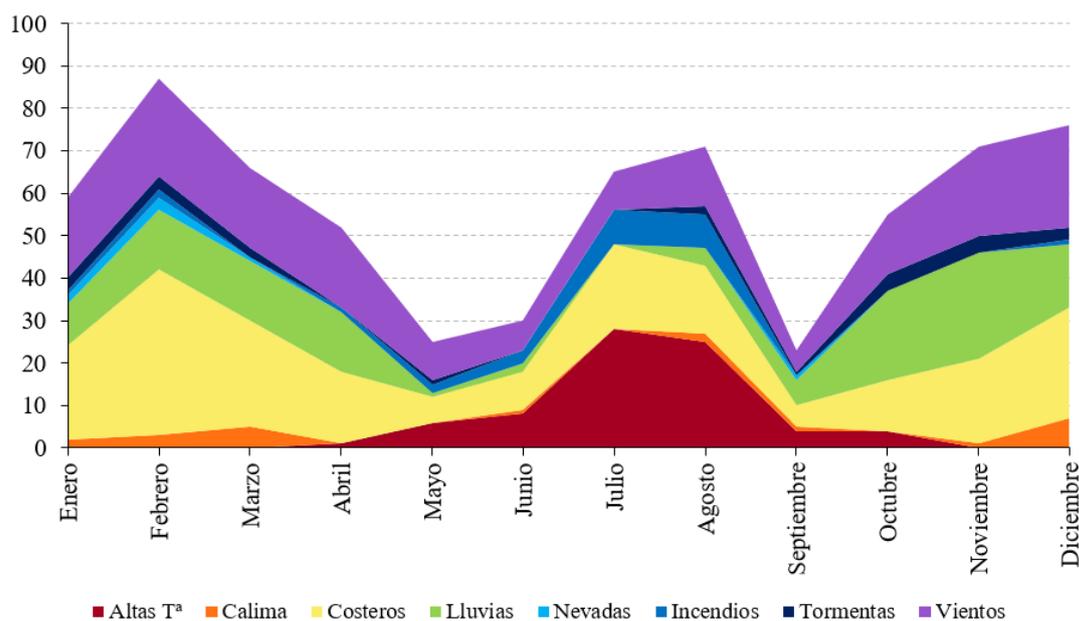
Figura 15. Valores de los niveles de avisos (%) por tipo de fenómeno y año (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

Siguiendo con el estudio temporal, también se ha profundizado en el análisis mensual de las activaciones del PEFMA y los avisos emitidos por AEMET. En primer lugar, la figura 16 muestra la evolución mensual de las activaciones del plan por cada tipo de fenómeno. De esta manera, se observa una clara correspondencia con el calendario mensual que presentan las amenazas estudiadas en un archipiélago como el canario, dándose un claro máximo invernal y estival. Respecto al reparto invernal, éste tiene su máximo en febrero con un total de 87 activaciones, asociadas en un 44,8% a fenómenos costeros, el 26,4% a vientos y el 16,1% a lluvias. Además, se observa como las activaciones por calima se sitúan en los meses invernales acorde a la temporalidad habitual anual (Dorta, 2007). Igualmente, las activaciones por nevada solo se encuentran en meses invernales, siendo su máximo en febrero. Asimismo, en los meses de diciembre y enero, así como los meses de transición entre estaciones como marzo y noviembre, el número de activaciones también es elevado, debido a la influencia de los fenómenos costeros, lluvias y vientos. Por otra parte, se distingue un máximo estival en agosto, donde el 35,2% de las activaciones se producen por altas temperaturas y el 11,3% por riesgo de incendio forestal. En cambio, las activaciones por lluvias en los meses de verano apenas han representado 5-7%, con fenómenos muy puntuales como las precipitaciones de agosto de 2015. Finalmente, los valores mínimos de activaciones del PEFMA se ubican en mayo y en septiembre, siendo este último mes en el que menor número presenta con tan sólo 23.

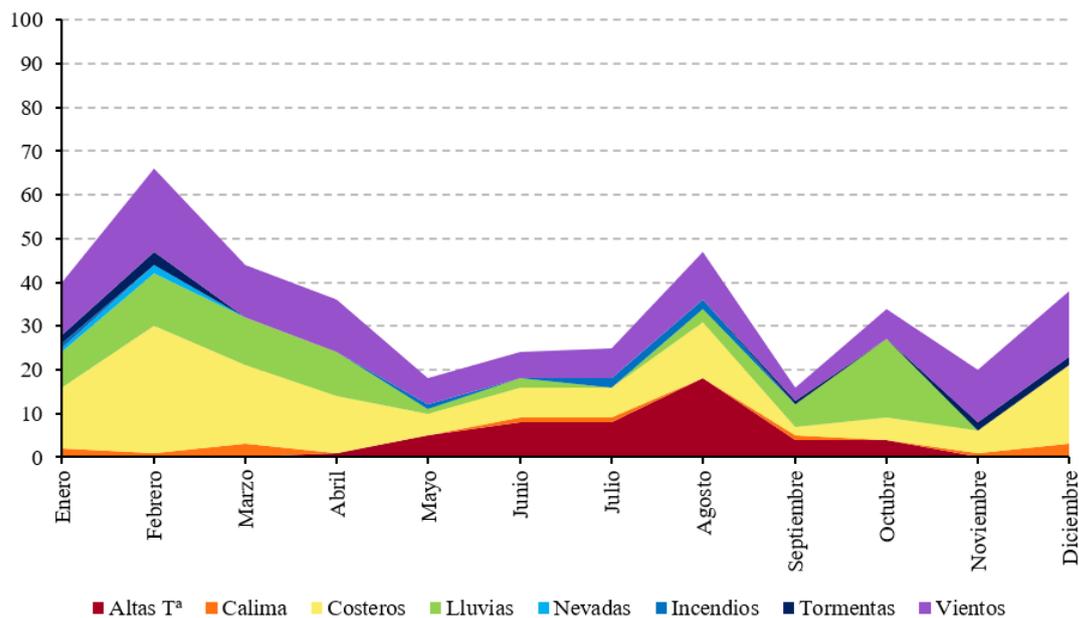
Figura 16. Evolución mensual de las activaciones del PEFMA por fenómeno (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

De la misma forma, resulta oportuno representar la evolución mensual en el caso de los avisos emitidos por AEMET. Ésta, como refleja la figura 17, muestra unos resultados equivalentes a los ya citados con anterioridad en la figura 9. En este caso, el mayor número de avisos también se produce en los meses de febrero y agosto. A su vez, los valores mínimos coinciden en mayo y septiembre. Asimismo, se repite la distribución estacional de los fenómenos, con mayor número de eventos a causa de altas temperaturas e incendios en verano y por lluvias, fenómenos costeros y tormentas en invierno.

Figura 17. Evolución mensual de los avisos de AEMET por fenómeno (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

5.3. Análisis espacial

Con respecto al tratamiento espacial de los datos, se ha profundizado en la distribución a nivel insular de los niveles de alertas y avisos en relación con los tipos de fenómenos extremos generadores. En primer lugar, en lo que se refiere al PEFMA, el mayor número de activaciones ha afectado al total de la Comunidad Autónoma, con un total de 361 (Tabla 3), lo que se traduce en que aproximadamente 1 de cada 2 activaciones afectan a todo el archipiélago. No obstante, el resto de activaciones sí que presentan una mayor concreción espacial, esto provoca que una determinada activación del PEFMA haya podido afectar simultáneamente a varios espacios. En el caso de Tenerife, con 209 activaciones, se configura como la isla con mayor número de registros, seguida de La Palma con 183 activaciones y Gran Canaria con 170. En El Hierro y La Gomera los tipos de activación se distribuyen de forma idéntica, ambos con un total de 148 registros. Islas como Lanzarote y

Fuerteventura también muestran un reparto similar y se caracterizan por su menor número de activaciones (80 y 70 respectivamente). El reparto en función de los niveles, no arroja resultados significativos, estando la mayoría de las activaciones vinculadas con prealertas en todos los casos y destacando la ausencia de alertas máximas en Lanzarote y Fuerteventura.

Tabla 3. Distribución de los niveles de activación del PEFMA por islas

PEFMA	C.A	EH	LG	LP	TNF	GC	LNZ	FTV
Prealerta	225	113	113	140	161	141	75	65
Alerta	125	31	31	39	44	26	5	5
Alerta máxima	11	4	4	4	4	3	0	0
Total	361	148	148	183	209	170	80	70

Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

En segundo lugar, la distribución de los avisos emitidos por AEMET refleja una estructura similar a los anteriores resultados (Tabla 4). El ámbito autonómico también cuenta con el mayor número de avisos (en este caso 232), seguido de Tenerife, La Palma y Gran Canaria. Asimismo, El Hierro y La Gomera repiten una distribución semejante, con 97 y 99 avisos cada una. De igual forma, Lanzarote y Fuerteventura se configuran como las islas con menos avisos, con 49 y 43 respectivamente. Finalmente, en lo que se refiere al reparto de colores de los avisos, destaca como Lanzarote y Fuerteventura carecen de avisos rojos.

Tabla 4. Distribución de los niveles de avisos de AEMET por islas

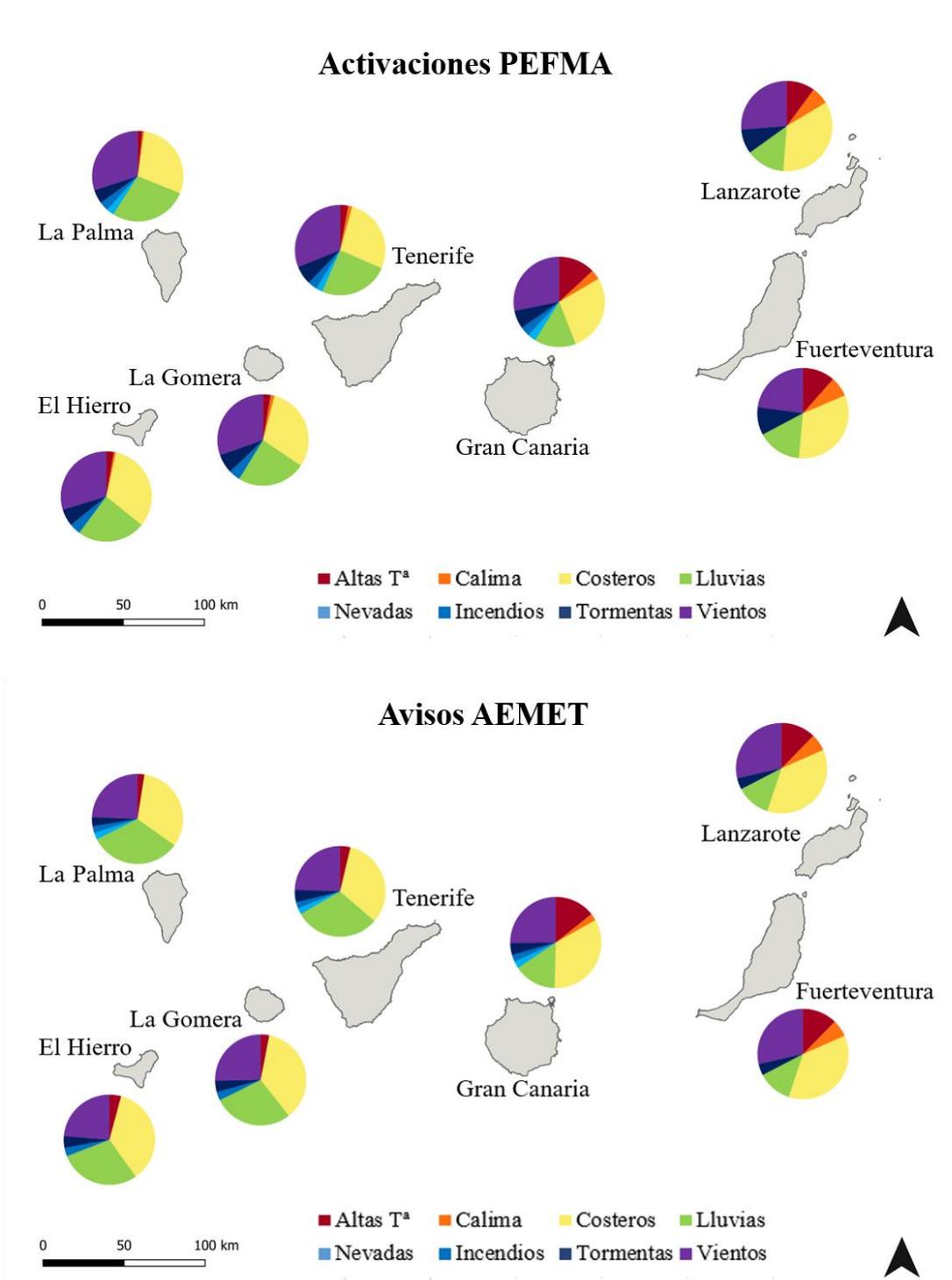
AEMET	C.A	EH	LG	LP	TNF	GC	LNZ	FTV
Amarillo	172	75	78	94	104	98	40	35
Naranja	85	20	19	27	29	19	9	8
Rojo	5	2	2	2	2	2	0	0
Total	232	97	99	123	135	119	49	43

Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

A continuación, se ha analizado la distribución insular de las amenazas estudiadas, tanto de las activaciones del PEFMA (Figura 18) como de los avisos de AEMET (Figura 19). Esto ha constatado como las altas temperaturas tienen una mayor incidencia en las islas orientales, con datos comprendidos entre el 10% en el caso de Lanzarote y 14% en Fuerteventura, mientras que en las islas occidentales los valores fluctúan entre el 1% en La

Palma y 4% para El Hierro. Esta misma distribución se repite con el polvo en suspensión, en las islas occidentales no se han emitido avisos a causa de esta amenaza y las activaciones del PEFMA son mínimas en las islas como El Hierro, La Palma o La Gomera (entre 0,5 y 1,5%), mientras que en las islas orientales los datos oscilan entre un 2,5% y 7%. Por otra parte, los fenómenos costeros presentan datos elevados en todas las islas, con valores entre 27% para el caso de Tenerife y el 35% en Lanzarote. En cuanto a las precipitaciones, éstas representan la amenaza principal en La Palma, con un 28% en las activaciones del PEFMA y un 32,5% en los avisos. A su vez, la distribución espacial de las activaciones por precipitaciones sigue presentando un claro contraste entre las islas orientales y occidentales, hasta tal punto que en el caso de la provincia de Tenerife suponen el 25%, mientras que en la provincia de Las Palmas apenas ronda el 15% en cada isla. En lo que se refiere a los episodios de nevadas, solo se recogen pequeños porcentajes (2-3%) en las islas de La Palma, Tenerife y Gran Canaria. En relación con el riesgo de incendio forestal, cabe destacar que en Fuerteventura y Lanzarote no se registra ningún tipo de aviso ni alerta por esta amenaza y en el resto de islas los porcentajes son bajos (2-4%). Por el contrario, el número de activaciones del PEFMA por episodios de tormentas es mayor en Lanzarote y Fuerteventura con valores comprendidos entre el 9% y el 10%, mientras en el resto de las islas, si atendemos a los avisos emitidos por AEMET, la distribución por dicha amenaza es muy homogénea (3-4%). Finalmente, los vientos manifiestan altos porcentajes en todas las islas, tanto en lo que se refiere al PEFMA como a los avisos de AEMET, con una incidencia que para el caso de la totalidad de las islas del orden 25%.

Figura 18. Distribución insular de las activaciones del PEFMA y avisos de AEMET por tipo de fenómeno (%)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

5.4. Correlación entre activaciones del PEFMA y avisos de AEMET

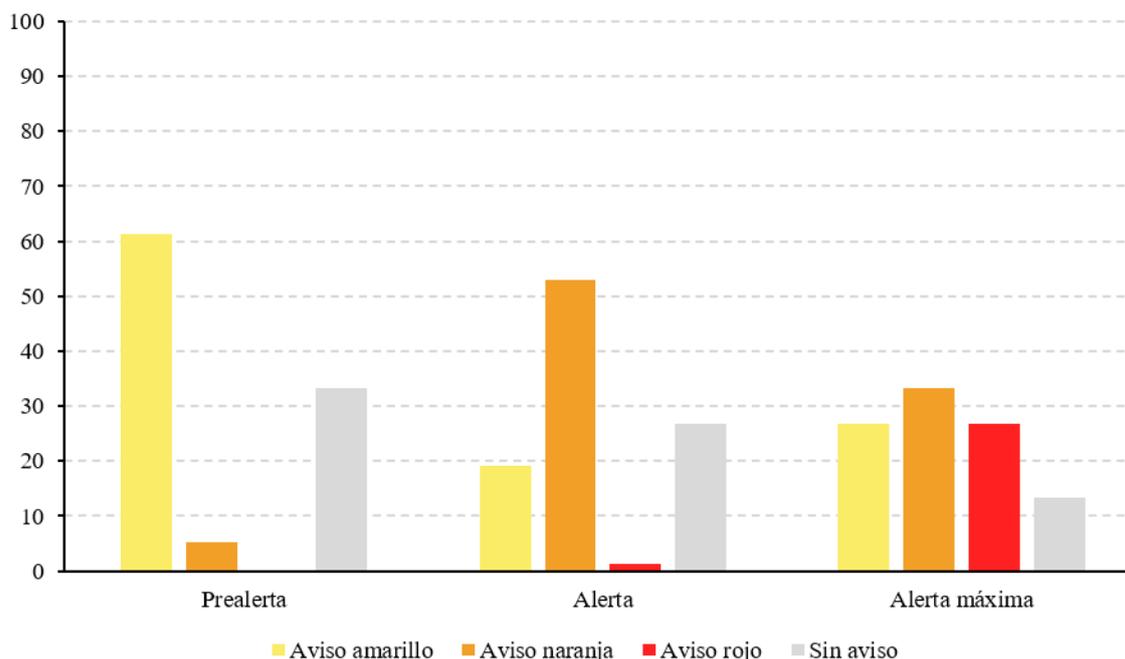
Dentro del análisis de los resultados, el último aspecto a tratar es la correlación entre el número de activaciones del PEFMA y los avisos decretados por AEMET. En este sentido se identifica como el 68,8% del total de activaciones se vincula con algún tipo de aviso por parte de AEMET, lo cual ha permitido también analizar la relación entre niveles del PEFMA y avisos (Tablas 5 y 6). Esto constata una clara correlación entre ambos hechos (Figura 19), pues el 61,3% de las prealertas declaradas están asociadas a la emisión de avisos amarillos, mientras que solo el 5,2% corresponden a avisos naranjas y un 0,2% a avisos rojos. En el caso de las alertas emitidas, éstas coinciden en su mayoría (52,9%) con avisos naranjas, aunque un 19,2% están vinculadas a avisos amarillos. Sin embargo, el reparto de las alertas máximas es más desigual, pues el 33,3% corresponden a avisos naranjas, mientras que los avisos amarillos y rojos representan un 26,7% cada uno. Finalmente, en cuanto a las activaciones del PEFMA en las que no se emitieron avisos por parte de AEMET, cabe señalar lo siguiente: la mayoría de las activaciones que no conllevaron avisos son prealertas (33,3% de las mismas), aunque destaca como el 13,3% de las alertas máximas no cuentan con ningún tipo de aviso.

Tabla 5. Distribución de las activaciones del PEFMA en relación con los avisos AEMET (%) (2009-2020)

	Prealerta	Alerta	Alerta máxima
Aviso amarillo	61,3	19,2	26,7
Aviso naranja	5,2	52,9	33,3
Aviso rojo	0,2	1,2	26,7
Sin aviso	33,3	26,7	13,3
Total	100	100	100

Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

Figura 19. Distribución de las activaciones del PEFMA en relación con los avisos AEMET (%) (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

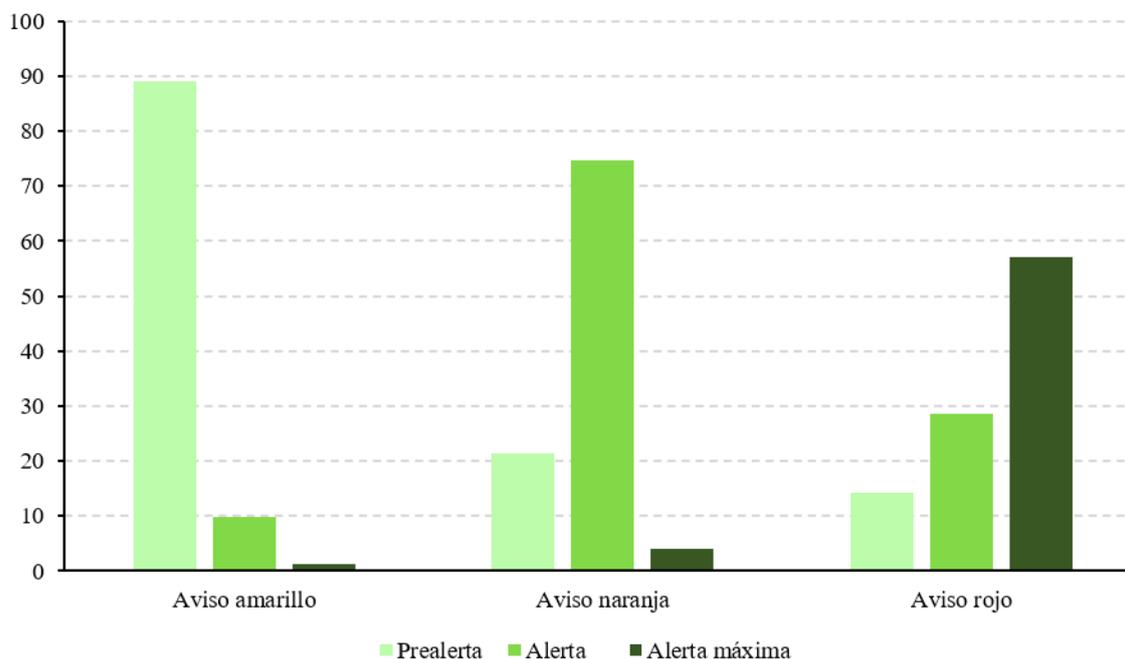
Tras las consideraciones anteriores, resulta oportuno describir esta relación entre activaciones y avisos de forma inversa, excluyendo los episodios recogidos en el PEFMA que no tienen asociados avisos. Es decir, en la tabla 6 y la figura 20 se detalla qué porcentaje de cada nivel de activación (prealerta, alerta o alerta máxima) constituye cada nivel de aviso (amarillo, naranja, rojo). De esta forma, se observa como prácticamente el 90% de los avisos amarillos corresponden a prealertas. Igualmente, la mayoría de los avisos naranjas coinciden con alertas (74,6%) y los avisos rojos con alertas máximas (57,1%). Por lo tanto, la situación planteada muestra claramente que existe una correlación general entre ambas entidades.

Tabla 6. Distribución de los avisos AEMET en relación con las activaciones del PEFMA (%) (2009-2020)

	Aviso amarillo	Aviso naranja	Aviso rojo
Prealerta	89,1	21,3	14,3
Alerta	9,7	74,6	28,6
Alerta máxima	1,2	4,1	57,1
Total	100	100	100

Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

Figura 20. Distribución de los avisos AEMET en relación con las activaciones del PEFMA (%) (2009-2020)



Fuente: Dirección General de Seguridad y Emergencias (CECOES-112) y AEMET. Elaboración propia.

6. DISCUSIÓN

Tras la realización de este trabajo, se ha avanzado en el conocimiento de un elemento clave dentro de la gestión del riesgo de desastres como es la alerta temprana. Tal y como se ha expresado en otros apartados, la mayoría de estudios en este campo en Canarias han estado centrados en la caracterización de la amenaza. Siendo muy pocos los trabajos que han abordado otros aspectos de interés, como puede ser la caracterización de factores como la exposición y la vulnerabilidad (Díaz-Pacheco *et al.*, 2020) o el caso de analizar los distintos elementos que componen la gestión del riesgo de desastres en cada una de sus fases (antes-durante-después). Por ello, la presente investigación complementa los escasos estudios dentro de la gestión de riesgo de desastres en el ámbito canario (Dorta *et al.*, 2011; López-Díez *et al.*, 2018; López-Díez *et al.*, 2021), unos trabajos que como en el caso del de Dorta y colaboradores “Diagnóstico de la gestión de las emergencias de origen climático en Canarias”, ya infería en la necesidad de la importancia de los sistemas de alerta temprana de cara a la mejora de la gestión de los riesgos de origen atmosféricos en las islas. Esto da lugar a que durante este trabajo se haya acometido un diagnóstico preciso del funcionamiento de los dos instrumentos normativos mediante los cuales se rige el

sistema de alerta temprana canario, permitiendo así caracterizar de forma precisa su funcionamiento y la correlación entre ambos.

Por otra parte, este análisis ha permitido establecer la estacionalidad de los fenómenos meteorológicos adversos en Canarias basándose únicamente en el estudio de dos fuentes oficiales. Esta caracterización a partir del estudio de las activaciones del PEFMA y los avisos de AEMET, se evidencia de manera muy notable en la evolución mensual de las distintas amenazas recogidas en las figuras 16 y 17. De este modo, este hecho enriquece a otros trabajos realizados previamente que basaban la caracterización de la amenaza en factores atmosférico como el “Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad” (Dorta, 2007) o la tesis doctoral “Cambio climático y fenómenos meteorológicos extremos en la Macaronesia. Evaluación, adaptación y resiliencia” (López-Díez, 2020). En este sentido, esta investigación confirma las teorías planteadas en ambos trabajos de una manera empírica, basada en el análisis de los avisos y alertas que reflejan el comportamiento estacional de las amenazas.

Uno de los elementos más destacados que han arrojado los resultados es la alta correlación existente entre los sistemas de alertas y avisos. Si se contempla en primer lugar como casi el 70% de las activaciones del PEFMA se vinculan a avisos y que, en segundo lugar, el estudio de los niveles del PEFMA y los avisos de AEMET muestran una equivalencia casi perfecta, se debería considerar si realmente es útil tener dos fuentes simultáneas tan similares independientemente de que en su planteamiento inicial el sistema del PEFMA esté enfocado en la protección civil. Este hecho que se ha evidenciado en este trabajo abre la posibilidad de la necesidad de mejorar dichos sistemas, tanto a niveles nacional como autonómico, para que puedan presentar funciones contrastadas y no como las mostradas hasta la actualidad que incluso pueden provocar confusión en la población. En este sentido y en relación a la problemática anteriormente descrita, AEMET ha comenzado a reformar el plan Meteocalta con un horizonte de 2023 para crear un sistema basado principalmente en la comunicación del riesgo y las consecuencias, tal y como sucede en otros países como Estados Unidos y no tan centrado en los umbrales de la amenaza. Del mismo modo, desde el Gobierno de Canarias con la finalidad de que ambos sistemas sean realmente complementarios y funcionen como auténticos sistemas de alerta temprana, han impulsado a través del proyecto europeo ALERT4YOU un sistema que pretende mejorar la zonificación de las activaciones del PEFMA a través de una plataforma que permitiría la

difusión de alertas en función de las circunstancias individuales de cada ciudadano y en ámbitos espaciales concretos.

7. CONCLUSIONES

Tras el desarrollo de este proyecto de investigación, se pueden extraer una serie de conclusiones que responden tanto al objetivo general como a los objetivos específicos planteados. En primer lugar, la elaboración de un marco teórico y conceptual ha permitido extraer las ideas principales de los tres ejes que estructuran el trabajo, los cuales estructuran los planteamientos conceptuales de este trabajo. Esto último ha posibilitado identificar como las Islas Canarias constituyen un territorio expuesto a manifestaciones de índole atmosférico que han dado lugar en numerosas ocasiones a importantes efectos territoriales. Un hecho que en el marco del actual proceso de calentamiento climático puede suponer un incremento en la peligrosidad y frecuencia de dichos eventos extremos y, por ende, del riesgo total. Esta última idea justifica la importancia que tienen en la actualidad los sistemas de protección civil, cuyo enfoque ha ido variando en los últimos años, priorizando en la actualidad las acciones preventivas y no estructurales como forma más eficaz de afrontar un desastre o emergencia. En este sentido, una de las acciones que mayor importancia tienen en la fase previa al posible desencadenamiento de un desastre son los sistemas de alerta temprana que permiten aumentar la preparación de la población, así como asegurar una rápida movilización de los medios y recursos intervinientes.

En segundo lugar y en relación con el segundo objetivo específico programado, se ha elaborado una completa base de datos a partir de la información proporcionada por la Dirección General de Seguridad y Emergencias del Gobierno de Canarias. Esto ha permitido identificar un total de 680 episodios asociados a amenazas de índole climática. Asimismo, uno de los principales avances de esta investigación ha sido incorporar los avisos emitidos por AEMET. Esto ha posibilitado reconocer un total de 468 avisos a través de la consulta de fuentes de información de gran novedad como Twitter. A su vez, la consecución de este objetivo específico ha sentado los fundamentos para lograr el objetivo general de esta investigación basado en la explotación estadística de la base de datos construida.

En tercer lugar, el análisis y valoración de la base de datos resultante planteado como tercer objetivo específico que satisface directamente el objetivo general del trabajo, ha permitido extraer algunas conclusiones. Por una parte, el número de activaciones del

PEFMA para el periodo estudiado, aunque es mayor que el número de avisos de AEMET, ha posibilitado establecer que existe una clara correlación entre ambos, hasta tal punto que el 68,8% de las activaciones se vincula con algún tipo de aviso. Asimismo, existe una correlación directa entre los umbrales del PEFMA y los colores de los avisos de AEMET, esto se traduce en que por ejemplo el 89,1% de las prealertas son avisos amarillos o que el 74,6% de las alertas se asocian a avisos de color naranja. Por otro lado, el análisis estadístico ha visibilizado que el 82,4% de las activaciones del PEFMA y el 83,8% de los avisos emitidos se produce por únicamente tres amenazas: fenómenos costeros, lluvias y vientos. Del mismo modo, el análisis temporal refleja un reparto anual para el periodo estudiado muy homogéneo con alguna pequeña irregularidad, como 2018 que es el año con más activaciones del PEFMA y avisos junto a 2019. Con respecto al estudio mensual, éste muestra una clara estacionalidad de los fenómenos, con unos marcos máximos estivales e invernales acorde al calendario de amenazas climáticas en Canarias. A su vez, el análisis espacial muestra una importante distinción del reparto de los fenómenos a nivel insular. Cabe destacar que las islas orientales se caracterizan por presentar mayor número de episodios de polvo en suspensión y altas temperaturas, mientras que las islas occidentales cuentan con mayor incidencia de precipitaciones y riesgo de incendio forestal.

Para finalizar, es importante remarcar que el desarrollo de este Trabajo Final de Grado abre futuras líneas de investigación y posibilidades de mejora vinculadas con la temática trabajada. Como primera idea que surge como forma de completar los resultados, sería realizar una validación de las fuentes de datos empleadas para la caracterización de los avisos a través de obtener de forma “oficial” los avisos emitidos por AEMET para el ámbito canario. Asimismo, como futura línea de trabajo, durante la realización de este estudio se ha planteado que resultaría de gran interés realizar una correlación entre las activaciones del PEFMA y cómo éstas influyen en las activaciones de los diferentes planes de emergencias, tanto en lo que se refiere a los Planes de Emergencias Municipales (PEMU) y los Planes de Emergencias Insulares (PEIN). Del mismo modo, como futuras líneas a explorar estaría analizar la tendencia en las activaciones y avisos de determinadas amenazas y su posible correlación con la variabilidad climática que se está experimentando en Canarias como forma de determinar si hay algún tipo de tendencia significativa. Finalmente, y como última idea surgida en este trabajo, estaría analizar las consecuencias territoriales de las activaciones y avisos estudiados, por ejemplo, relacionándolos con una

fuente de gran interés para la caracterización de los daños económicos en el ámbito nacional como es el Consorcio de Compensación de Seguros.

8. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Estatal de Meteorología. (2018). *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos. Meteoadvertencia*. Madrid: AEMET. Recuperado de: https://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/prediccion/avisos/plan_meteoadvertencia/plan_meteoadvertencia.pdf

Albert, S., León, J., Grinham, A., Church, J., Gibbes, B., & Woodfoffe, C. (2016). Interactions between sea-level rise and wave exposure on reef island dynamics in the Solomon Islands. *Environmental Research Letters*, 11 (5).

Aloy, J. L. P., Carmona, J. T., & Rípodas, P. (2017). Congreso conjunto de la 6ª International Conference on Meteorology and Climatology of the Mediterranean y Challenges in Meteorology 5; Conferencia sobre Sistemas de Alerta Temprana Multirriesgos y reunión de la Plataforma Global para la Reducción de Riesgos de Desastres; Segunda Conferencia Europea de Nowcasting 2017; y próximas citas. *Revista Tiempo y Clima*, 5(57).

Álvarez-Gordillo, G. D. C., Álvarez-Gordillo, L. M., Eroza-Solan, E., & Dorantes-Jiménez, J. E. (2008). Propuesta educativa para la gestión del riesgo de desastres: En la región Sierra de Chiapas, México. *Revista mexicana de investigación educativa*, 13(38), 919-943.

Arozena Concepción, M. E., Dorta Antequera, P., Panareda i Clopés, J. M., & Beltrán Yanes, E. (2008). El efecto de los temporales de viento en la laurisilva de Anaga (Tenerife. I. Canarias). La tormenta Delta de noviembre de 2005. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 2008, vol. 12, num. 267, p.

Ayala-Carcedo, F. J. (2000). La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales en la geografía española. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.

Bethencourt-gonzález, J., & Dorta-antequera, P. (2010). The storm of November 1826 in the Canary Islands: possibly a tropical cyclone?. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 92(3), 329-337.

Bissolli, P., Cacic, I., Mächel, H., & Rösner, S. (2016). Sistemas de alerta temprana de riesgo climático en Europa.

Bucheli López, C. (2010). Infraestructura de escuelas serranas multifuncionales antes, durante y después tiempos de desastres.

Carracedo, J. C., Guillou, H., Paterne, M., Scaillet, S., Rodríguez Badiola, E., Paris, R., ... & Hansen Machín, Á. (2004). Análisis del riesgo volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): escenarios previsibles para una futura erupción en la isla.

Cruz, A., Rodríguez, J. R. O., Muradas, I. M., Hernández, M. M. G., González, C. J. L., Padilla, J. E. A., ... & Gidumal, J. B. (2011). El turismo en Canarias.

Cruz, S. L. M. (2011). La información en episodios de crisis: la tormenta tropical Delta en los medios de comunicación impresos de Tenerife. In *La comunicación pública, secuestrada por el mercado* (pp. 141-142). Sociedad Latina de Comunicación Social.

de León, J. C. V., Bogardi, J., Dannenmann, S., & Basher, R. (2006). Early warning systems in the context of disaster risk management. *Entwicklung and Ländlicher Raum*, 2, 23-25.

Dorta, P., Díez, A. L., Pacheco, J. D., Suárez, P. M., & Ruiz, C. R. (2020). Turismo y amenazas de origen natural en la Macaronesia. Análisis comparado. *Cuadernos de Turismo*, (45), 61-92.

Dorta, P. (1990). Estado de la atmósfera en las olas de calor estivales en Canarias. *Ería. Revista Cuatrimestral de Geografía*, (23), 205-212.

Dorta, P. (2001). Aproximación a la influencia de las advecciones de aire sahariano en la propagación de los incendios forestales en la provincia de Santa Cruz de Tenerife. In *Actas*

del XVII Congreso de Geógrafos Españoles: Oviedo, noviembre de 2001 (pp. 158-162).
Departamento de Geografía.

Dorta, P. (2007). Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad. *Geographicalia*, (51), 133-160.

Dorta, P., Díez, A. L., & Pacheco, J. D. (2018). El calentamiento global en el Atlántico Norte Suroriental. El caso de Canarias. Estado de la cuestión y perspectivas de futuro. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, 57(2), 27-52.

Dorta, P., Pérez, S. M., Ruiz, C. R., Suárez, P. M., Carmona, V. L., & Méndez, R. T. (2011). Diagnóstico de la gestión de las emergencias de origen climático en Canarias. In *Servicios, globalización y territorio: V Congreso Geografía de los servicios* (pp. 259-276).

Gobierno de Canarias. 2018. *Alert4you*. Consejería de Política Territorial, Sostenibilidad y Seguridad. Recuperado de:

<https://online.ulpgc.es/sites/default/files/documentos/programaalert4you.pdf>

Herzer, H., Rodríguez, C., Celis, A., Bartolomé, M., & Caputo, G. (2002). Convivir con el riesgo o la gestión del riesgo. *Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Tercer Mundo. Bogotá, Colombia*, 1-17.

Huesca, M., González-Alonso, F., Cuevas, J. M., & Merino-de-Miguel, S. (2008). Estimación de la superficie quemada en los incendios forestales de Canarias en 2007 utilizando sinérgicamente imágenes MODIS y anomalías térmicas. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 17(3), 308-316.

Hufschmidt, G., Crozier, M., & Glade, T. (2005). Evolution of natural risk: research framework and perspectives. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5(3), 375-387.

IPCC (2013): «Climate Change 2013: The Physical Science Basis», En: Stocker, Thomas., Quin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. y Midley, P. (Eds.): Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 1535 pp.

Isidro, M. L. (2014). Evaluación cuantitativa de pérdidas por peligros geológicos. Caso del archipiélago de Canarias: Inundaciones, sismicidad y vulcanismo.

Jovel, J. R. (1989). Los desastres naturales y su incidencia económico-social. *Revista de la CEPAL*.

Kundzewicz, Z. W., Pińskwar, I., & Brakenridge, G. R. (2013). Large floods in Europe, 1985–2009. *Hydrological Sciences Journal*, 58(1), 1-7.

Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 4, 1-22.

López-Díez, A., Dorta, P., Ruiz, M. C. R., & Pacheco, J. D. (2015). Movimientos de ladera en Canarias. El caso del Macizo de Anaga en el temporal de febrero de 2010. In *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación* (pp. 1725-1734). Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio.

López Díez, A. (2020). *Cambio climático y fenómenos meteorológicos extremos en la Macaronesia. Evaluación, adaptación y resiliencia* (Tesis doctoral, Universidad de La Laguna). Recuperado de <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/22132>

López Díez, A., Dorta Antequera, P. y Díaz Pacheco, J. (2020). *Reducción del riesgo de desastres. Amenazas y vulnerabilidad en el siglo XXI*. Universidad de La Laguna: Servicio de publicaciones

López Díez, A., Dorta, P., Díaz Pacheco, J., & Caraballo Acosta, O. (2018). Consecuencias de los eventos meteorológicos de rango extraordinario en Canarias: temporales de viento, inundaciones y fenómenos costeros (1996-2016).

López Díez, A., Dorta, P., Febles, M., & Díaz Pacheco, J. (2016). Los procesos de adaptación al cambio climático en espacios insulares: el caso de Canarias.

López Díez, A., Máyer Suárez, P., Díaz Pacheco, J., & Dorta Antequera, P. (2019). Rainfall and Flooding in Coastal Tourist Areas of the Canary Islands (Spain). *Atmosphere*, 10(12), 809.

López, J. R. O. (1986). Protección civil. *Boletín de Información*, (194), 4.

Lugones Muro, M., & Badia Valdés, A. T. (2019). LA COMUNICACIÓN PARA EL FORTALECIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA. *Alcance*, 8(21), 24-29.

Luque, A. Y. (2017). Desastres naturales en Canarias. La costa como espacio de riesgo en Tenerife. *Sémata: Ciencias Sociais e Humanidades*, (29).

Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la Resiliencia de las Naciones y las Comunidades ante los Desastres. Conferencia Mundial Sobre la Reducción de Desastres, 18 al 22 de enero de 2005, Kobe, Hyogo, Japón.

Marzol Jaén, M. (2002). Lluvias e inundaciones en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife. *Publicaciones de la Asociación Española de Climatología. Serie A*; 3.

Marzol, M. V., Yanes, A., Romero, C., Brito de Azevedo, E., Prada, S., & Martins, A. (2006). Los riesgos de las lluvias torrenciales en las islas de la Macaronesia (Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde). *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*, (5), 443-452.

Máyer Suárez, P., Marzol Jaén, M. V., Heriberto Lorenzo, J., Díez-Herreó, A., Génova Fuster, M., & Saz, M. Á. (2016). Análisis de los episodios de lluvia torrencial en el Parque Nacional de la Caldera de Taburiente (La Palma, Islas Canarias, España).

Máyer, P. (2003). Lluvias e inundaciones en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria (1869-1999). *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria*.

Máyer, P., Marzol, M. V., Parreño, J.M. (2015). Tendencias de la precipitación en Canarias”, Estudio, en aprovechamiento y gestión del agua en terrenos e islas volcánicas (II Workshop),

M^a. C. Cabrera, T. Cruz-Fuentes, V. Mendoza-Grimón y M^a P. Palacios-Díaz (Eds.), Instituto Geológico y Minero de España y Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Las Palmas de Gran Canaria

Menéndez González, I. (2020). Rastreamos el polvo que llega a Canarias:¿ a dónde ha ido?. *The Conversation*.

Mizutori, M. (2020). Reflections on the Sendai Framework for disaster risk reduction: five years since its adoption. *International Journal of Disaster Risk Science*, 1-5.

Olcina, J. (2004). Riesgo de inundaciones y ordenación del territorio en la escala local: el papel del planeamiento urbano municipal. Universidad de Valencia: Asociación de Geógrafos Españoles.

Olcina, J. (2009). España, territorio de riesgo. Universidad de Alicante: Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

Olcina, J. (2020). Ordenación del territorio e infraestructura verde para la reducción del riesgo natural en España. *Práctica urbanística: Revista mensual de urbanismo*, (164), 2.

Olcina, J., & Vera-Rebollo, J. F. (2016). Adaptación del sector turístico al cambio climático en España. La importancia de las acciones a escala local y en empresas turísticas. Universidad Complutense de Madrid.

Pérez Seguí, Z. y Soler Sánchez, M. (2005). *Diploma de Especialización en Protección Civil y Gestión de Emergencias*. Valencia: Alfa Delta S.L.

Pujol, D. S. (2003). Tendencias recientes en el análisis geográfico de los riesgos ambientales. *Areas. Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (23), 17-30.

Quin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, Quintero-Angel, M., Carvajal-Escobar, Y., & Aldunce, P. (2012). Adaptación a la variabilidad y el cambio climático: intersecciones con la gestión del riesgo. *Revista Luna Azul*, (34), 257-271.

Trench, M. V. (2011). El derecho espacial y la cooperación internacional ante los desastres naturales.

UNDRR. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015. http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf (acceso en Abril 2021).

UNDRR (2019). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).

V. y Midley, P. (Eds.): Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report

Vargas González, J. E. (2002). *Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales*. Cepal.

Vilches, O. R., & Reyes, C. M. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20, 83-116.

Wisner, B., Blaikie, P., Blaikie, P. M., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Psychology Press.