
ARTÍCULOS / ARTICLES

LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL CONTEXTO LOCAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. EL CASO DE LA ISLA DE TENERIFE

Abel López Díez

Universidad de La Laguna
alopezd@ull.edu.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3788-7402>

Jaime Díaz Pacheco

Universidad de La Laguna
jdiazpac@ull.edu.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7448-5870>

Pedro Dorta Antequera

Universidad de La Laguna
pdorta@ull.edu.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2112-4566>

Pablo Máyer Suárez

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
pablo.mayer@ulpgc.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7629-1129>

Recibido: 26/06/2020; Aceptado: 21/10/2021; Publicado: 07/12/2021

Cómo citar este artículo/citation: López Díez, Abel; Díaz Pacheco, Jaime; Dorta Antequera, Pedro y Máyer Suárez, Pablo (2021). La evaluación del riesgo de inundación en el contexto local de adaptación al cambio climático. El caso de la isla de Tenerife. *Estudios Geográficos*, 82 (291), e079. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202190.090>

RESUMEN: La presente investigación afronta la evaluación del riesgo como una estrategia de adaptación al cambio climático. Para ello se ha desarrollado una metodología de análisis del riesgo a nivel de parcela catastral en una de las principales áreas turísticas tanto de las Islas Canarias como de España, el litoral de Arona y Adeje. El método fundamentado en los planteamientos de la *Oficina de Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastres* (UNDRO) y aplicado para las inundaciones con efecto de avenida, ha posibilitado definir de forma precisa los factores que intervienen en la formulación del riesgo. El empleo de los registros de incidentes del *Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad* (CECOES) 1-1-2 del Gobierno de Canarias, así como otras fuentes oficiales, ha permitido la caracterización de la amenaza. Del mismo modo para el estudio de la vulnerabilidad se ha empleado un índice resultante entre 0 y 1, derivado del cruce de múltiples indicadores socio-territoriales. Los resultados demuestran como las áreas estudiadas disponen del 52,4% de las parcelas con niveles de riesgo comprendidos entre "Moderados" y "Muy Altos", destacando los núcleos de Torviscas, Las Américas y Los Cristianos. Finalmente se presenta el resultado del análisis de riesgo a través de una cartografía del riesgo de inundación, diseñada en última instancia como herramienta de adaptación para la futura toma de decisiones por parte de las diferentes administraciones locales.

PALABRAS CLAVE: análisis del riesgo, inundación, Islas Canarias.

FLOOD RISK ASSESSMENT IN THE LOCAL CONTEXT OF ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE. THE CASE OF THE ISLAND OF TENERIFE.

ABSTRACT: This research studies risk assessment as an adaptation strategy to climate change. To do this, a risk analysis methodology has been developed at the cadastral parcel level in one of the main tourist areas of both the Canary Islands and Spain, the coast of Arona and Adeje. The method based on the approaches of the *United Nations Office for Disaster Relief* (UNDRO) and applied for floods, has made it possible to define precisely the factors involved in the formulation of risk. The use of the incident records of the *Coordinating Center for Emergencies and Security* (CECOES) 1-1-2 of the Canary Islands Government, as well as other official sources, has allowed the threat to be characterized. Similarly, for the study of vulnerability, a resulting index between 0 and 1 has been used, derived from the crossing of multiple socio-territorial indicators. The results show how the studied areas have 52.4% of the plots with risk levels between "Moderate" and "Very High", highlighting the towns of Torviscas, Las Américas and Los Cristianos. Finally, the result of the risk analysis is presented through a flood risk mapping, ultimately designed as an adaptation tool for future decision-making by the different local administrations.

KEY WORDS: risk analysis, flood, Canary Islands.

INTRODUCCIÓN

Resulta más que evidente que el cambio climático alterará la peligrosidad de las amenazas climáticas (IPCC, 2013), modificando, de este modo, los niveles de riesgo de éstas sobre el territorio. Esto ha dado lugar a que se reconozca la necesidad de emprender acciones que reduzcan las posibles pérdidas económicas y daños vinculados a los efectos del cambio climático. En este sentido, cada vez son más los documentos y acuerdos internacionales que ponen el énfasis en el desarrollo de acciones afines a la reducción del riesgo de desastres (RRD). El Acuerdo de París o el reciente Informe Especial 1,5°C del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), son tan sólo dos ejemplos que han evidenciado la urgencia de focalizar gran parte de los esfuerzos institucionales y económicos en la reducción de riesgos de origen climático.

A partir del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales 1990-1999 y los posteriores Marco de Hyogo (2005-2015) y Marco de Sendai (2015-2030), se configuró la actual fundamentación teórica en torno a la RRD. Unos planteamientos que han dado lugar un cambio de paradigma, desde las concepciones más tradicionales dirigidas hacia la respuesta o gestión del desastre, hasta los nuevos enfoques orientados a la gestión integral del desastre (Pelling, 2003; Blaikie, Cannon, Davis y Wisner, 2004) y a tratar el riesgo de desastres como un sistema complejo (Cardona, 2002; Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR), 2019). Estos nuevos enfoques, además, poseen la flexibilidad necesaria para incorporar un riesgo sumamente variable y que posee altos niveles de incertidumbre como el cambio climático (Solecki, Leichenko y O'Brien, 2011). Un fenómeno que tiene la capacidad de alterar tanto las condiciones climáticas como la variabilidad de los eventos extremos, afectando a los factores subyacentes del riesgo, generando nuevas amenazas y modificando los patrones de vulnerabilidad ya existentes; sea en las poblaciones, los medios de vida de las mismas, los ecosistemas que les sirven de sustento, o en la infraestructura económica y social. Todo ello propició que, en el Plan de Acción de Bali en la COP13, se considerara a la RRD como parte de las directrices necesarias para desarrollar las políticas de adaptación (López-Díez, Dorta, Febles y Díaz-Pacheco, 2016). Esta convergencia entre las áreas de la RRD y adaptación al cambio climático (ACC) se consolida con la publicación del Cuarto y, sobre todo, el Quinto Informe del IPCC donde la RRD se comprende como una parte fundamental de la adaptación. Esta idea se refleja en

la publicación del documento en 2014 "*Climate Change: impacts, adaptation, and vulnerability*", donde se muestra como la RRD y la ACC están conectadas a través de un objetivo común: reducir los impactos de eventos extremos y el fomento de la resiliencia frente a los desastres, en aquellas áreas donde la vulnerabilidad es mayor. En definitiva, este enfoque, ampliamente desarrollado (Venton y La Trobe, 2008; Prabhakar, Srinivasan y Shaw, 2009; Gero, Méheux y Dominey-Howes, 2011; Lavell *et al.*, 2012; Kelman, 2015) y fundamentado en la idea de gestión integral del riesgo como forma de adaptación al cambio climático permite abordar las tres dimensiones que compone la RRD: la identificación del riesgo; la prevención o reducción del riesgo; y, por último, el manejo del desastre tanto en lo que se refiere a respuesta como en la recuperación.

Dentro de las acciones insertas en la RRD y que dan respuesta a las dimensiones anteriormente citadas, la evaluación del riesgo constituye el primer aspecto a desarrollar (Narváez, Lavell y Pérez, 2009; Riddell, van Delden, Maier y Zecchin, 2019). Una evaluación que contempla dos elementos base, el análisis de la amenaza, así como su valoración sobre un territorio, entendiendo esta valoración como aquellos componentes territoriales (exposición y vulnerabilidad) sobre los que se materializa un peligro determinado (amenaza). Este planteamiento expresado en trabajos como el de Van Westen (2013), y más concretamente para el caso español, el de Camarasa *et al.* (2008) o el Tascón-González *et al.* (2020), muestra gran similitud con el que presenta el IPCC en su Quinto Informe (IPCC, 2014) o la Guía para la Elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (Feliu *et al.*, 2015), donde el riesgo se deriva de la interrelación entre las amenazas de origen climático con la vulnerabilidad y exposición de los distintos subsistemas sociales, económicos y naturales. Estas evaluaciones, además, son especialmente útiles en aquellos sectores productivos que presentan una mayor vulnerabilidad y fragilidad frente a los impactos del cambio climático como es el caso del turismo (Tsai y Chen, 2011).

La actividad turística que tiene uno de sus principales espacios de desarrollo en los ámbitos costeros. Zonas que, además, han sido identificadas como uno de los espacios más vulnerables frente al cambio climático (IPCC, 2013), por ejemplo, como resultado del incremento del nivel del mar o episodios extremos como las precipitaciones intensas (López-Díez, Máyer, Díaz-Pacheco y Dorta, 2019). Es en este marco, donde

se reconoce la importancia de desarrollar evaluaciones de riesgos que permitan conocer los posibles impactos que puede conllevar el cambio climático sobre estas áreas turísticas (Roselló-Nadal, 2014; Scott, Hall y Gössling, 2016). Unas evaluaciones que, asimismo, están en consonancia con multitud de trabajos que manifiestan la necesidad de implementar estrategias de RRD como parte de los procesos adaptativos para abordar el posible impacto adverso del cambio climático sobre el sector y los destinos turísticos (Scott, de Freitas y Matzarakis, 2009; Day, Chin, Sydnor y Cherkauer, 2013; Jeuring y Becken, 2013; Olya y Ali-pour, 2015; King, Gurtner, Firdaus, Harwood y Cottrell, 2016; Lin *et al.*, 2017).

En línea con esta última idea, las medidas para la RRD en el sector turístico deben ir encaminadas, en primer lugar, hacia la evaluación del grado de exposición a las distintas amenazas de los destinos (inundación, ola de calor, ciclón tropical, etc.) y de las principales infraestructuras y equipamientos turísticos; en segundo lugar, hacia la reducción del riesgo; y, en tercer lugar, hacia la mejor preparación ante los eventos adversos (UNWTO, 1998; Becken y Khazai, 2017). Por ello, el conocimiento tanto de las amenazas como de las vulnerabilidades a los que se enfrenta un destino turístico resulta indispensable y prioritario para evitar, entre otros efectos, la pérdida de competitividad.

Partiendo de estas consideraciones el objetivo de este trabajo es proporcionar una metodología de evaluación del riesgo en un área altamente explotada desde el punto de vista turístico. Para ello se ha tomado como referencia un espacio litoral de la costa de Tenerife evaluando el riesgo para una de las principales amenazas del cambio climático en las islas en general, las precipitaciones intensas con efecto de inundación. De este modo se persigue presentar esta metodología como una acción indispensable para el diseño de políticas de adaptación a escala local.

CONTEXTO Y ÁMBITO DE ESTUDIO

Canarias es la segunda comunidad autónoma española que más visitantes recibe. Según los datos del Instituto Canario de Estadística (ISTAC) el número de turistas que visitaron las islas en 2019 fue de 15.095.585. Este volumen de turistas similar al de países como Portugal, tiene su reflejo en el importante papel que juega dicha actividad en la economía del archipiélago, suponiendo el 35% del Producto Interior Bruto, el 40% del empleo y el 35% del total de los impuestos que se recaudan. Del total de turistas, Tenerife fue la isla que mayor volumen recibió, un

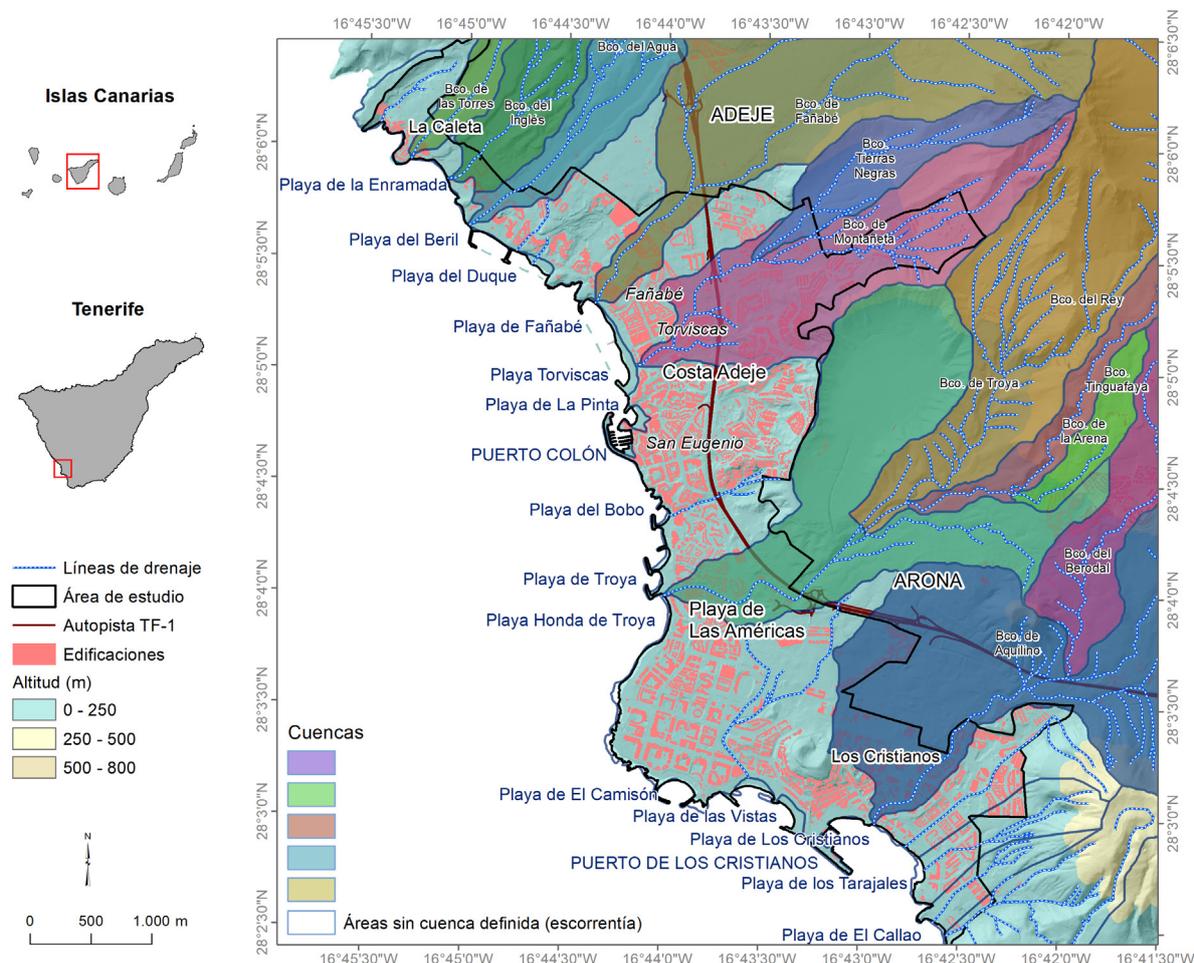
38%, hospedándose, la mayoría de ellos, en las urbanizaciones turísticas del litoral suroeste de la isla. Este importante número de visitantes se relaciona, principalmente, con las condiciones climáticas de este sector, tratándose de uno de los territorios con más horas de sol y menor pluviosidad¹ no sólo de España sino también dentro del propio archipiélago. Unas condiciones climáticas que conforman el principal reclamo para los turistas.

Por estos motivos el área seleccionada para este trabajo (Figura 1) corresponde con los núcleos turísticos de Arona y Adeje que albergan una oferta alojativa de 91.266 plazas (ISTAC, 2019). Este espacio cuenta con 16,2 km² de superficie, que se extienden a lo largo de una franja ubicada entre los 180 metros de altitud y el mar. Aquí se concentra la mayoría de los núcleos de población y ocio de los dos municipios. La longitud de su litoral es de 19,1 km. En él se suceden casi sin interrupción núcleos residenciales, paseos marítimos, terrazas turísticas, playas regeneradas de modo artificial, diques de contención de arenas y obras portuarias. Todo ello es exponente de una litoralización inusitada, tras adoptar Canarias, en las últimas cinco décadas, un modelo de desarrollo turístico-urbanizador (Pérez-Chacón, Hernández-Calvento y Yanes, 2007).

La fisionomía de este espacio está determinada, en gran medida, por la presencia de 16 cuencas-vertientes de gran desarrollo longitudinal. El 63% son de orden 3 y 2 con una extensión media entre 3,5 y 0,65 km². Las de rango 4 y 5 son excepcionales por su número en el total, 12,5% en cada categoría y con unas superficies que oscilan entre los 4,4 y 35 km². Asimismo, su fisionomía resulta también de un modelado y dinámica litoral muy alterados por la acción antrópica. Lo que en principio era una costa jalonada por playas de cantos en terrazas y desembocaduras de barrancos, acantilados sobre coladas y depósitos sedimentarios y plataformas de abrasión ha sido sustituido por un continuo urbano. A este respecto, con la compactación del suelo consiguiente, se han eliminado pequeñas áreas sin drenaje organizado en las que se infiltraba parte de la escorrentía dada la porosidad de los materiales volcánicos y la escasa vegetación de la zona (Romero-Ruiz, Yanes, Beltrán y Díaz, 1999). Este factor, unido a una red de infraestructuras de drenaje insuficiente ha dado lugar a reiterados episodios de avenidas y pequeñas inundaciones urbanas. Por lo general, los sistemas de drenaje de este ámbito se han planificado en el contexto de un ámbito caracterizado

¹ La precipitación media en la estación meteorológica de Adeje (C-418U), de la red de la AEMET es de 145,0 mm.

FIGURA 1
ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Grafcan e IGN (2019). Elaboración propia.

por un régimen escaso de precipitaciones, y basándose en amplios periodos de retorno de inundación y avenida. Este hecho, hace que se omitan muchos eventos de precipitación moderada, los cuales causan daños, fundamentalmente, de carácter económico.

La citada transformación territorial de este espacio se ha vinculado a las tradicionales demandas que ha propiciado la actividad turística a partir de los años 70. Esta rápida saturación tanto demográfica como urbanística de este litoral ha modificado los niveles de exposición y vulnerabilidad frente a determinados riesgos como las avenidas. Se han registrado un total de 21 episodios de precipitación extrema entre 1980 y 2018 y más de dos millones de euros que el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) pagó entre 1996 y 2016 en concepto de indemnizaciones (López-Díez *et al.*, 2019). Un hecho que es especialmente relevante si se contempla la probabilidad de que el cambio climático magnifique los

riesgos a consecuencia de un aumento en la peligrosidad de los eventos climáticos en Canarias (Dorta, López-Díez y Díaz Pacheco, 2018; Martín-Esquivel y Pérez-González, 2019). Así, entre otros efectos, se produce un incremento en la intensidad de la precipitación (Tarife, Hernández-Barrera, Gámiz, Castro y Esteban, 2012; Máyer, Marzol y Parreño, 2017), por lo que también es muy probable que la peligrosidad de la lluvia amplifique su incidencia territorial en el desencadenamiento de episodios de inundación.

FUENTES Y MÉTODO

1) Fuentes

Una parte del análisis del riesgo, concretamente la caracterización de la vulnerabilidad, se sustenta en los resultados obtenidos en otros trabajos previos para el área de estudio de esta investigación (Díaz-Pacheco,

López-Díez, Máyer, Dorta y Yanes, 2019; Díaz-Pacheco, López-Díez, Yanes, Máyer y Dorta, 2020).

Entre las fuentes empleadas, deben destacarse la Cartografía Nacional de Zonas Inundables a escala 1:25.000 (SNCZI, 2014) vinculada al MITECO; el Plan de Defensa contra Avenidas (PDA, 2015), elaborado por el Cabildo Insular de Tenerife y un estudio exhaustivo de los medios de comunicación locales y escritos realizado *ad-hoc* para determinar las áreas afectadas de manera más o menos recurrente durante los episodios de precipitación extrema previamente reconocidos.

Tanto en los trabajos mencionados, como en el presente, se emplea de manera destacable la información proporcionada por la Dirección General del Catastro del Ministerio de Hacienda de España referida a parcelas catastrales, donde se construye el índice de vulnerabilidad con base en indicadores como la superficie total construida, o la parte de ésta que se encuentra bajo rasante, así como la antigüedad de la edificación. El uso de esta unidad espacial permite observar la distribución de distintas áreas según su grado de vulnerabilidad. El sector de estudio está cubierto por 2.787 parcelas catastrales, siendo el tamaño de las parcelas más pequeñas de 18 m² y la mayor en torno a 450.000 m², en este caso un campo de golf. Lo normal, tratándose de un espacio altamente urbanizado es que las parcelas no alcancen estas dimensiones, siendo el promedio de 3.150 m².

La parcela catastral está concebida desde el punto de vista impositivo respecto a la propiedad edificada, de esta manera, su tamaño mantiene una relación inversa a la complejidad de las edificaciones y los bienes que integra. Esta particularidad les confiere idoneidad desde la perspectiva del análisis de la exposición de bienes, servicios y personas.

Otros indicadores empleados son la ubicación y el número de actividades de turismo y ocio, que se extrajeron de la base de datos geográficos de actividades, suministrada por el Cabildo de Tenerife (2018).

Por último, el análisis del riesgo, requiere, además de la vulnerabilidad, un esfuerzo para realizar la caracterización geográfica de la amenaza. Para ello, en este trabajo se ha contado con información del Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad (CECOES) 1-1-2 del Gobierno de Canarias, procedente de las llamadas telefónicas de emergencia, recopiladas y almacenadas por sus salas operativas en Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria entre 1998 y 2018.

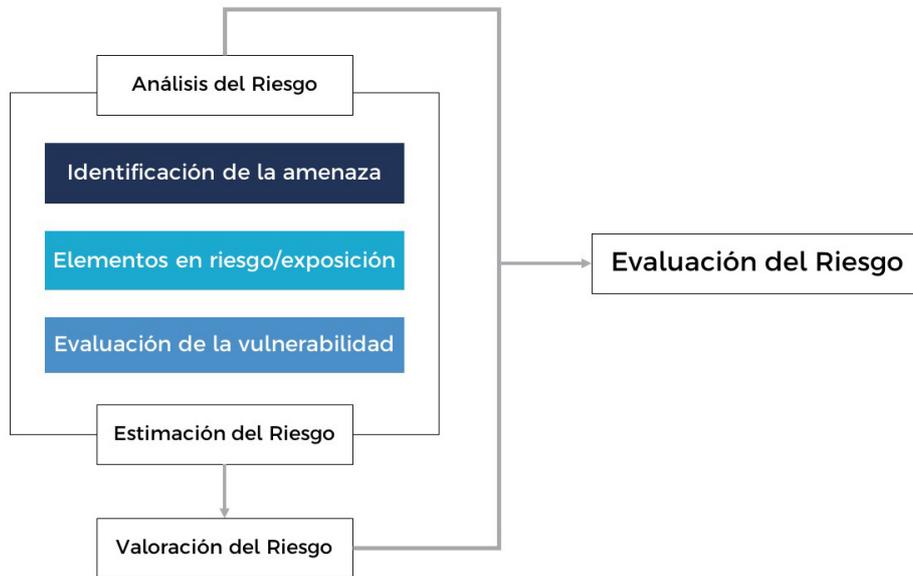
2) Métodos

El análisis del riesgo de desastres a escala local, en este caso enfocado a la amenaza de inundación y específicamente a las avenidas, se conforma como una de las fases principales en el proceso de evaluación del riesgo. De manera general se compone de la integración de otros procesos de análisis, estimación y valoración. Este cómputo de conjunto permite obtener un resultado completo, que se denomina evaluación del riesgo. A partir de esta, se pueden llevar a cabo acciones encaminadas a la reducción del riesgo en un territorio concreto (Van Westen, 2013) (Figura 2). De esta manera se tiene, por un lado, el proceso de análisis del riesgo, a través del que se logra una estimación del riesgo a partir de la identificación de la amenaza; el análisis de los elementos en riesgo (exposición); y la evaluación de la vulnerabilidad. En esta estimación (análisis del riesgo), hoy en día, y sobre todo a escala local, los sistemas de información geográfica juegan un papel fundamental, ya que la mayoría de los procesos analizados tienen una componente espacial. Ésta es la que, en última instancia, permite estimar cómo se distribuye el riesgo en diferentes grados sobre el territorio. Dicho esto, la evaluación del riesgo obedece a un enfoque más amplio (GAR, 2019), que se asienta sobre variables, que muchas veces son difícilmente cuantificables. Estas, se encuentran asociadas al modo en que los diferentes agentes ligados a un territorio concreto, tienen la capacidad para reducir el riesgo. Algunos ejemplos de estos indicadores que ayudan a medir la mencionada capacidad pueden ser la existencia de planes de reducción del riesgo, planes de emergencia local, sistemas de alerta temprana, o el propio conocimiento y conciencia social e institucional, acerca del comportamiento del riesgo, en este caso de inundación, así como de su comportamiento y características locales.

El método que aquí se presenta está destinado a la ejecución del análisis del riesgo, que es parte fundamental de la evaluación y cuyo resultado se traduce en una estimación del riesgo (Figura 2).

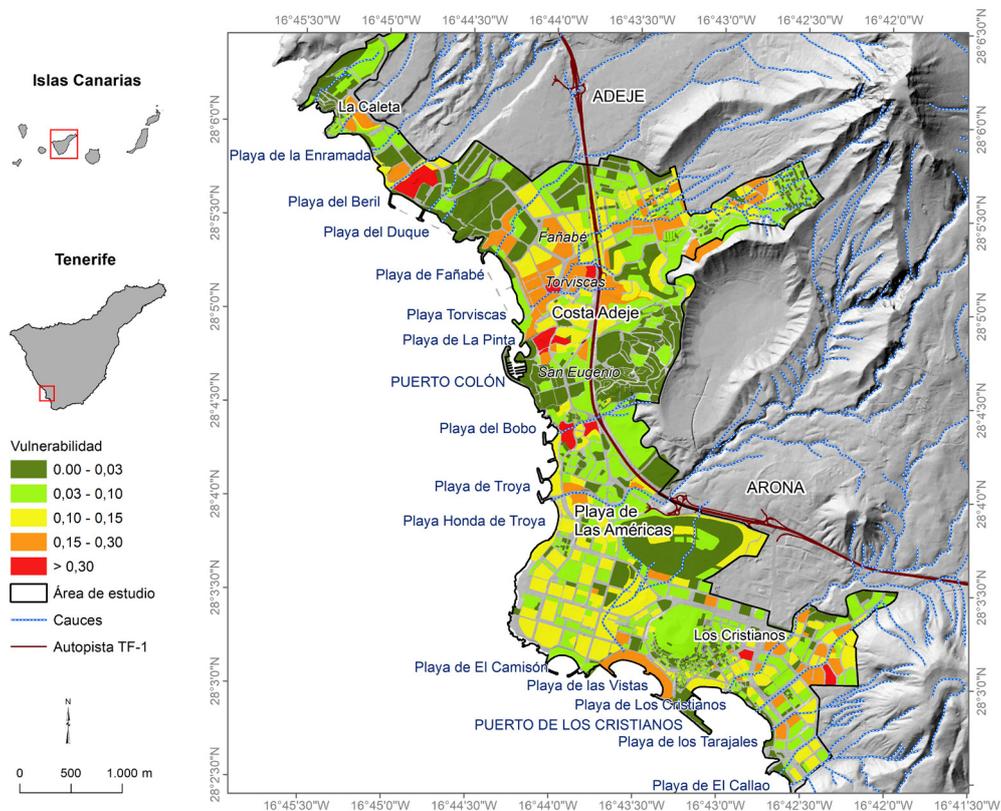
Para obtener el producto del análisis, al que se ha denominado estimación del riesgo, se parte de una evaluación de la vulnerabilidad realizada para el área de estudio, cuyos resultados se encuentran recogidos en trabajos previos (Díaz Pacheco *et al.*, 2019 y 2020) (Figura 3). Esta evaluación presenta sus resultados a una escala de detalle sobre la parcela catastral como unidad mínima de análisis. Sobre esta unidad espacial se agregan o se desagregan, según corresponda, todas las variables e indicadores empleados para evaluar el riesgo.

FIGURA 2
ANÁLISIS, ESTIMACIÓN VALORACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO



Fuente: Adaptado de Van Westen, 2013.

FIGURA 3
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR RIESGO DE INUNDACIÓN A ESCALA DE PARCELA CATASTRAL EN LA COSTA DE ARONA Y ADEJE (SO DE TENERIFE)



Fuente: Díaz-Pacheco *et al.*, 2020.

a) La función para la estimación del riesgo

Para la estimación del riesgo se emplea una metodología incluida en un manual metodológico desarrollado durante el programa de Naciones Unidas en los años 1990 en el contexto del Decenio Internacional de los Desastres Naturales (UNDRO, 1991). No obstante, la propuesta de UNDRO no era nueva, ya que provenía de un informe emitido por la misma organización en 1979 (UNDRO, 1979).

La formulación de UNDRO (1991), a través de consideraciones realizadas por varios autores (Fournier d'Albe, 1985; Coburn y Spence, 1992) evolucionó en una función del riesgo que hoy es ampliamente utilizada, sobre todo en las ciencias sociales (Carreño, Cardona y Barbat, 2002), donde la exposición se integra en el concepto de vulnerabilidad, siendo:

$$R_{ei} = A_i \cdot V_e$$

Esta formulación para el análisis geográfico del riesgo es la que precisamente se conceptualiza en el presente trabajo y se expresa en función de la amenaza A_i , entendida como la probabilidad de que se presente una amenaza de intensidad igual o mayor a i , conocida la vulnerabilidad V_e , y entendiendo ésta como la predisposición de un elemento expuesto a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño ante un evento de intensidad i .²

El índice de vulnerabilidad V_e , como ya se ha explicado, se extrae del cómputo practicado en los trabajos previos realizados para el área de estudio, en el que ya se incluían estimaciones de las localizaciones probables de la amenaza con relación a los elementos expuestos, a través del análisis de eventos de intensidad mayor o igual a i . Tanto la localización como la intensidad fueron determinadas estudiando los episodios de precipitación extrema que tenían la capacidad de provocar daños y interrupción temporal de la actividad económica, con un reflejo importante en los medios de comunicación escritos.

En lo que se refiere a la amenaza, en este trabajo se ha conseguido disminuir la incertidumbre respecto a su comportamiento y localización, a través de la georreferenciación de llamadas de socorro relativas a los incidentes provocados por episodios de lluvia extrema en el ámbito trabajado.

Un exhaustivo proceso de consulta y análisis de las bases de datos donde se almacenan las llamadas de

socorro realizadas al número telefónico 1-1-2 del Centro de Coordinación de Emergencias de Canarias ha permitido identificar las comunicaciones que se hacían a las salas de recepción con relación a incidentes producidos en el área de estudio durante episodios de precipitación extrema previamente estudiados entre 1998 y 2018 (López-Díez *et al.*, 2019).

Para dar cuenta de la magnitud de información contenida en esta base de datos, se pone como ejemplo el número de incidentes recogidos en la sala de la provincia de Santa Cruz de Tenerife para el año 2013, el cual alcanza los 231.662 registros. De estos se realiza un primer filtrado para seleccionar aquellos incidentes que fueron alertados desde los municipios de Arona y Adeje y que se sitúan temporalmente desde los días anteriores a los posteriores a un episodio de lluvia extrema. En este caso el número de registros seleccionados alcanzó los 2.137 incidentes. Posteriormente y en función de un estudio previo de los contenidos de los diferentes campos de la base de datos, se realiza un filtrado a través del análisis textual final del campo que transcribe la comunicación del alertante. Mediante este proceso se identifican aquellos incidentes que pueden estar relacionados con la amenaza de inundación, avenida o incluso con fallos en el drenaje urbano, como el encharcamiento de locales comerciales, la colmatación del sistema de evacuación de aguas residuales y pluviales, el desprendimiento y la escorrentía de materiales en las calles, el colapso de vías de circulación por encharcamientos severos con calados considerables, etc. Para el ejemplo tratado, de los 2.137 incidentes sólo 94 tienen que ver con inundaciones para el año 2013.

Estos registros, una vez identificados, fueron solicitados al CECOES, quien procede a ceder la dirección o la referencia geográfica almacenada en la base de datos, para, subsiguientemente, incorporarlos en un sistema de información geográfica, a través de un proceso semiautomático denominado geocodificación. Este procedimiento administrativo podría parecer innecesario, pero se debe a los protocolos requeridos para garantizar la protección de datos personales.

Por último, se realiza un último filtrado por localización, para excluir aquellos registros que no se encuentran dentro del área de estudio (urbanización turística costera de Adeje y Arona). En el caso del año que se ha puesto como ejemplo, el número de registros (incidentes) localizados en el área de estudio ascendieron a un total de 54 (Tabla 1).

² En esta formulación, a diferencia de la enunciada por Carreño y colaboradores (2002) se omite el factor temporal de tiempo de exposición.

TABLA 1
PROCESO DE SELECCIÓN Y FILTRADO DE INCIDENTES.
SALA DE TENERIFE, 2013. ELABORACIÓN PROPIA A
PARTIR DE DATOS DEL CECOES 1-1-2

Incidentes recogidos en la sala de Tenerife	231.662
Incidentes en los municipios de Arona y Adeje, en torno al episodio de precipitación extrema identificados	2.137
Incidentes relacionados con inundaciones, avenidas o daños vinculados	94
Incidentes en el área de estudio	54

Fuente: Elaboración propia.

Interpolando las localizaciones con los incidentes identificados para valorar el alcance espacial de la amenaza, se realiza un análisis *kernel* con un radio de 500 metros a modo de mapa de intensidad también conocido como *heat map* (DeBoer, 2015).

A partir del análisis de estos registros de incidentes se consigue, por un lado, concretar los valores de intensidad de la amenaza a partir de la cual se producen daños, interrupciones severas de la normalidad, o consecuencias derivadas de la precipitación extrema en el contexto climático del área de estudio, inundaciones, avenidas y fallos en el drenaje urbano. Por el otro, se consigue reducir la incertidumbre acerca de la localización del riesgo determinado en función de la amenaza-exposición y la vulnerabilidad.

b) Cómputo final para la estimación del riesgo

La estimación final del riesgo se traduce en el producto del índice de vulnerabilidad y del indicador de amenaza estimado para cada unidad de análisis y construido éste a partir de la información obtenida del 1-1-2 (Tabla 2).

El índice de vulnerabilidad se categoriza de acuerdo a la organización de los valores en cuartiles, operándose del mismo modo que se hace con el indicador de llamadas de emergencia al 1-1-2. Para ello se realiza un estadístico zonal donde cada unidad de análisis (parcela catastral) adquiere el indicador máximo de

TABLA 2
INDICADORES PARA LA VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD E INCIDENTES REGISTRADOS DEL 1-1-2

Índice de Vulnerabilidad	Valoración	Indicador de llamadas 112	Valoración
0,001 – 0,026	1	0,10 – 1,22	1
0,026 – 0,045	3	1,22 - 3,56	3
0,045 – 0,1	5	3,56 – 7,72	5
0,1 - 1	7	7,72 – 17,40	7

Fuente: Elaboración propia.

llamadas contenido en cada celda del *raster* resultante del análisis *kernel*.

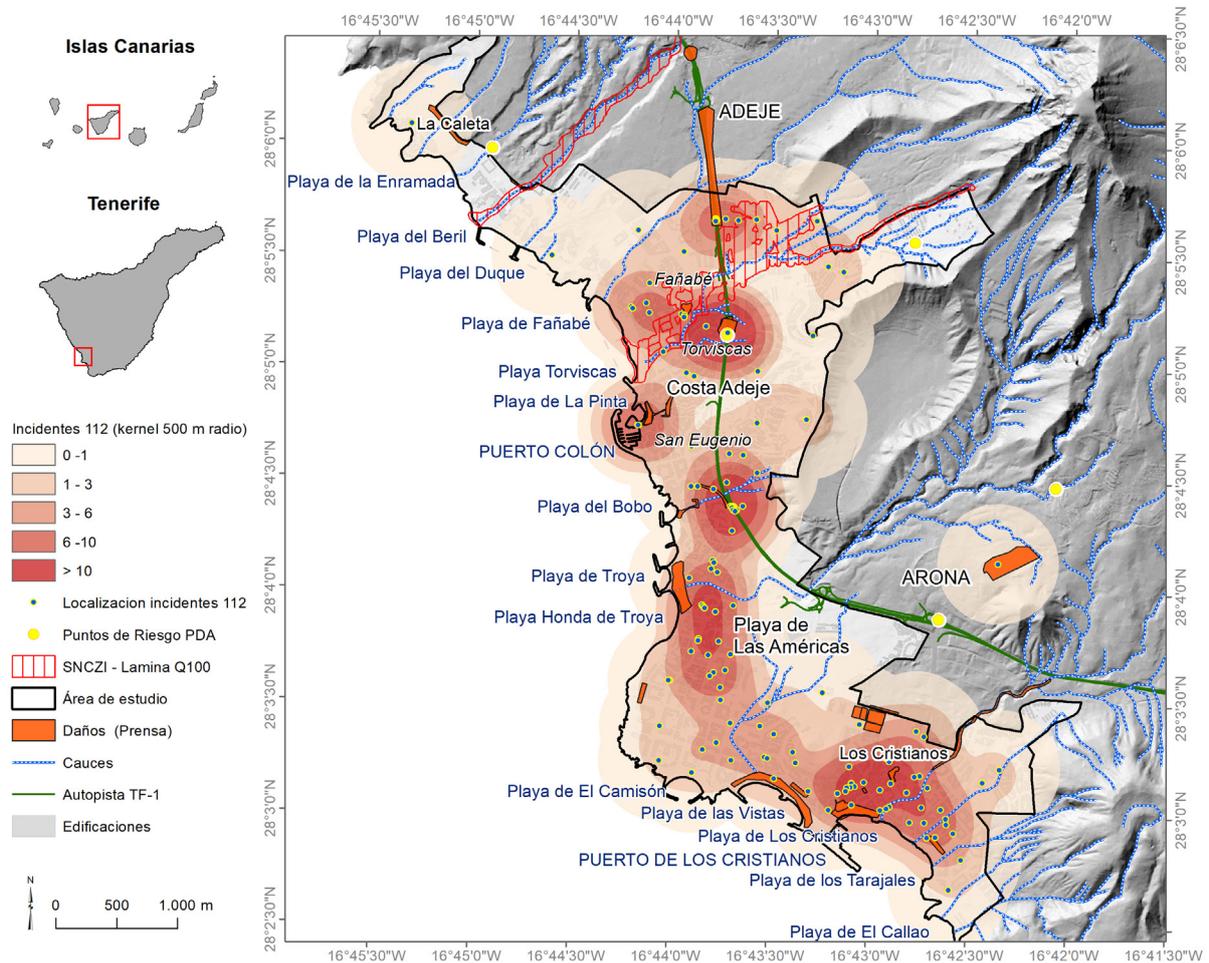
RESULTADOS

Los resultados obtenidos para valorar la peligrosidad actual frente a las inundaciones han permitido identificar, en base a los datos disponibles del 1-1-2 del Gobierno de Canarias, un total de 48 episodios de lluvia, que tuvieron como consecuencia 172 incidentes (llamadas de teléfono). Éstos se encuentran directamente relacionados con efectos producidos por eventos de inundación y/o avenida para el periodo 1998-2018. De estos 48 episodios, fueron 22 los que registran la mayor concentración de llamadas, de los cuales cuatro tuvieron una repercusión más significativa: 11/11/2000 (74 mm/24h, 14 llamadas), 18/08/2005 (57,2 mm/24h, 13 llamadas), 02/12/2013 (83mm/24h, 11 llamadas) y 11/12/2013 (158 mm/24, 37 llamadas). Todos ellos dieron lugar a unas pérdidas conjuntas según los datos del CCS de 1.244.837,91€.

Sin embargo, los resultados más importantes que se deben destacar son las áreas que se anegan. Esto está determinado, en gran medida, por la geolocalización de las llamadas del 1-1-2, permitiendo reconocer puntos de riesgo constatado en la zona de estudio. Es el caso de la autovía TF-1 a la altura de Torviscas y el Siam Park, Puerto Colón, el área de Troya y el núcleo de Los Cristianos (Figura 4). Además, estas áreas también son coincidentes con avenidas recogidas por otras fuentes de información como la prensa o los puntos de riesgo del PDA, un hecho que evidencia la gran utilidad y validez del empleo de la base de datos del 1-1-2 como fuente primaria para caracterizar la amenaza.

Respecto al análisis de la vulnerabilidad realizado a escala de parcela catastral constata diferencias espaciales (Figura 3). Los mayores niveles de vulnerabilidad se concentran en el entorno de Torviscas y Fañabé y el frente litoral de dichos núcleos. Siendo, además, coincidente con una de las principales áreas de inundación definida por el SNCZI. Asimismo, se registran altos valores de vulnerabilidad en las inmediaciones de la playa de Los Cristianos, en Arona, pero sobre todo en Puerto Colón y playas de Fañabé, del Duque y La Enramada, en Adeje. Unos ámbitos que evidencian la influencia de incorporar un factor como la exposición en el cálculo de la vulnerabilidad. Así, las áreas anteriormente descritas son zonas susceptibles de sufrir episodios de inundación o bien, zonas donde se han registrado algún evento histórico. Asimismo, el resultado final del índice de vulnerabilidad incorpora

FIGURA 4
ÍNDICE DE AMENAZA POR RIESGO DE INUNDACIÓN A ESCALA DE PARCELA CATASTRAL EN LA COSTA DE ARONA Y ADEJE (SO DE TENERIFE)



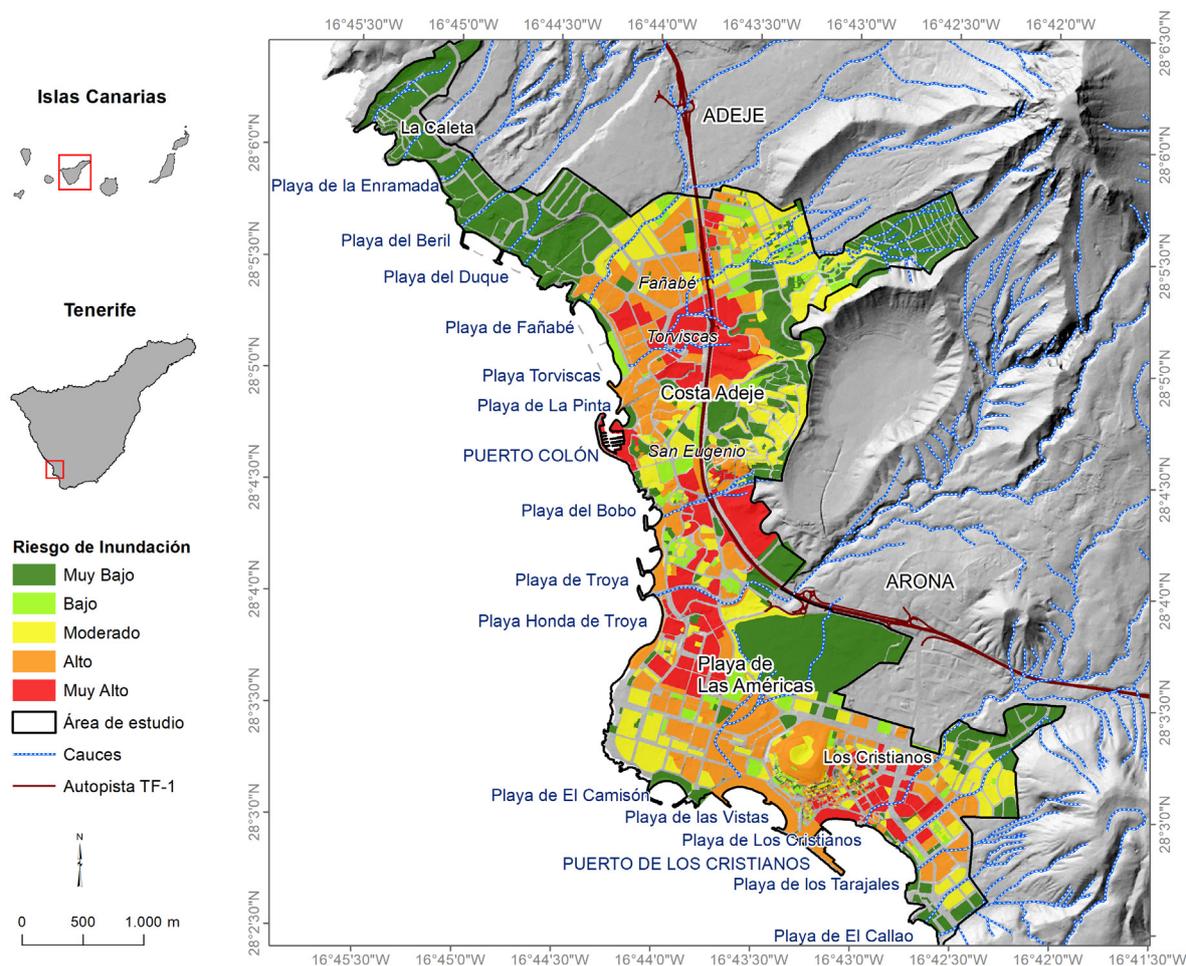
Fuente: PDA (2015); MITECO; Grafcan; IGN, 1-1-2 -Canarias. Elaboración propia.

otros parámetros de índole física como la pendiente. Se trata de una componente que presenta gran importancia en la capacidad de arrastre y erosión de la escorrentía superficial. La incidencia de este factor condiciona, por ejemplo, los altos niveles de vulnerabilidad en las urbanizaciones residenciales situadas en el flanco oeste de Montaña de Guaza. Por el contrario, las áreas con bajas pendientes favorecen los procesos de acumulación de agua lo que puede traducirse en un incremento de daños en el caso de ausencia de medidas que permitan un drenaje adecuado en estos sectores. Un hecho que ha sido valorado a partir de la superficie bajo rasante y que se traduce en un incremento en los niveles de vulnerabilidad, fundamentalmente, de las infraestructuras hoteleras de la zona, que albergan amplias superficies bajo el suelo, como garajes. Finalmente, el empleo de variables socio-

territoriales como el uso de la parcela y los servicios ubicados en la parcela (restaurantes, centros médicos, colegios, etc.) ha mostrado notables diferencias entre parcelas, presentando niveles mayores de vulnerabilidad aquellas que tienen vinculados servicios esenciales y cuya disrupción en un posible evento de inundación podría alterar o modificar el normal desarrollo de las actividades turísticas.

Finalmente, el riesgo producto de la amenaza y la vulnerabilidad presenta diferencias espaciales en los niveles del riesgo de inundación en las áreas turísticas de Arona y Adeje (Figura 5). En este sentido, se constata la existencia de un nivel de riesgo "Muy alto" en enclaves puntuales, concretamente en el 8,6% de las parcelas estudiadas que suponen un 14,8% de la superficie (Tabla 3). Éstas se concentran en su mayoría

FIGURA 5
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN A ESCALA DE PARCELA CATASTRAL EN LA COSTA DE ARONA Y ADEJE (SO DE TENERIFE)



Fuente: Elaboración propia.

en el entorno de Torviscas y Puerto Colón. Asimismo, un área de interés se emplaza alrededor de la red de drenaje que conecta el parque acuático Siam Park con la Playa del Bobo, altamente modificada y en ocasiones con un drenaje inexistente. Esto da lugar a que en este sector a la altura de la autopista TF-1, se produzcan de forma frecuente numerosos incidentes asociados a episodios intensos de precipitación como el del 11 de diciembre de 2013. Junto a estas zonas, los núcleos de Playa de Las Américas y una gran parte del núcleo histórico de Los Cristianos son espacios anegadizos debido al incremento progresivo de los caudales y a las bajas pendientes.

Las parcelas con riesgo “Alto”, suman un total de 530, suponiendo el 19,0% de las unidades catastrales y el 23% de la superficie trabajada (Tabla 3). És-

TABLA 3
DISTRIBUCIÓN DE LOS UMBRALES DE RIESGO SEGÚN NÚMERO DE PARCELAS Y SUPERFICIE

Nivel de riesgo	Nº de parcelas	Nº de parcelas (%)	Superficie (km²)	Superficie (%)
Muy Alto	240	8,6	1,3	14,8
Alto	530	19,0	1,9	22,7
Moderado	691	24,8	1,8	20,1
Bajo	331	11,9	0,5	5,5
Muy Bajo	995	35,7	3,2	36,9

Fuente: Elaboración propia.

tas, en su mayoría, se circunscriben a los márgenes de aquellas clasificadas como “Muy altas”. En este sentido, el espacio comprendido entre Playa de Las

Américas y Los Cristianos, en el municipio de Aroña, ha presentado históricamente registro de incidentes, como los que se han producido en la Playa de las Vistas. Asimismo, es importante considerar el hecho de que un importante porcentaje (24,8%) de las parcelas estudiadas presentan un nivel de riesgo “Moderado”, circunscrito, principalmente, a áreas de urbanizaciones residenciales de ambos núcleos, como las situadas en las proximidades de la Caldera del Rey y Montaña de Guaza. Finalmente, los niveles de riesgo “Bajo” y “Muy Bajo” representan el 46,9% del total de parcelas, abarcando, también en superficie, la mayor extensión. Unos sectores que, aunque su análisis de riesgo expresa una propensión menor a sufrir cualquier manifestación derivada de un episodio de precipitación intenso, no se puede considerar ni afirmar que sean áreas exentas al 100% de sufrir inundaciones.

Por último, un aspecto a destacar en el análisis de los resultados es que una alta vulnerabilidad no implica una correlación directa con un riesgo de inundación “Alto” o “Muy Alto”; de la misma forma que niveles de vulnerabilidad reducidos no suponen niveles de riesgo “Bajo” o “Muy Bajo”. Esto se ejemplifica en algunos de los resultados que se obtienen confrontando ambos mapas (Figura 3 y 5) como es el caso de El Beril o el núcleo histórico de Los Cristianos. En el caso del primero, ostenta un nivel de vulnerabilidad alto al estar afectado por una ARPSI y, además, en la proximidad de esta área se sitúan varios complejos hoteleros y múltiples servicios. Sin embargo, el nivel de riesgo es “Muy Bajo” debido a la inexistencia de inundaciones constatadas en el período de 18 años analizado. Un hecho que se justifica por las obras de corrección y encauzamiento del cauce de la ARPSI que afecta a dicho sector y la desembocadura situada en la Playa del Beril. Por el contrario, el caso de Los Cristianos, registraba algunos de los valores más bajos de vulnerabilidad de toda el área trabajada, debido a dos factores. En primer lugar, se trata de viviendas residenciales unifamiliares y, por tanto, la asignación poblacional por unidad catastral es relativamente menor a otras parcelas con usos no residenciales. En segundo lugar, se trata de un sector que pese a los registros en prensa de daños vinculados a episodios torrenciales no registra ningún área de riesgo de los principales estudios a escala insular sobre inundaciones como el PDA. Sin embargo, las llamadas del 1-1-2, han probado que esta área concentra una de las mayores densidades de registros vinculados con afecciones directas producto de las avenidas que han afectado a este núcleo.

DISCUSIÓN

La metodología presentada en este trabajo para la estimación del riesgo de inundación amplía los resultados alcanzados en trabajos previos realizados por Díaz Pacheco *et al.* (2019 y 2020), donde se pudo realizar un cómputo de vulnerabilidad útil para la planificación de las emergencias e incluso la ordenación urbana, ya que el indicador cubre toda la superficie analizada en unidades mínimas, en este caso la parcela catastral. Esta unidad de disponibilidad en España y en otros ámbitos europeos puede ser escalada a unidades mayores, como por ejemplo las que pueden presentarse en el estudio de impacto ambiental de un plan de ordenación municipal, tratado a partir del uso de unidades ambientales homogéneas. El trabajo metodológico sigue una línea similar al realizado para los llanos mediterráneos por Camarasa Belmonte *et al.* (2008). En este caso la vulnerabilidad se calcula en base a los valores estimados de las actividades integradas en los usos del suelo, a las cuales les son computados los valores de vulnerabilidad en función de la actividad supuesta en distintos momentos temporales (jornada laborable y noche). En este estudio, además de estimarse el riesgo, se mejora en la precisión del cálculo de la amenaza-exposición gracias a los registros de daño localizados a través de las llamadas al servicio de emergencias 112.

La metodología empleada resulta de gran idoneidad para obtener de manera más precisa la localización de los daños producidos, que a veces no se encuentran tan vinculados generalmente al calado de la inundación, como ocurre en cuencas continentales. Además, se trata de espacios extremadamente dinámicos en cuanto a sus efectivos poblacionales, dado su carácter turístico, por lo que estudios de detalle de la vulnerabilidad social como los llevados a cabo para el caso de Ponferrada (Tascón-González *et al.*, 2020), si bien también trabajan a escala de parcela, son difíciles de aplicar debido al movimiento constante de residentes. Precisamente, la metodología está muy enfocada a espacios donde la economía depende del sector turístico y los datos disponibles pueden ser muy similares a los que aquí se han empleado. En este tipo de zonas urbanas el desarrollo de acciones que fomenten la resiliencia de la actividad turístico-residencial y de los espacios que ocupa se hace esencial como forma de garantizar que estos destinos no pierdan competitividad.

La aplicabilidad de los resultados obtenidos puede ser más significativa si además consideramos que la industria del turismo suele estar mal preparada para recibir impactos como los derivados de los desastres

de origen natural (Prudeau, Laws y Faulkner, 2003), por lo que el fomento de la seguridad se convierte en un elemento destacado en el atractivo turístico de un área determinada (Besancenot, 1991). Por ello, el conocimiento tanto de las amenazas como de las vulnerabilidades a los que se enfrenta un destino turístico resulta indispensable y prioritario.

Entre otras consecuencias, la implantación de la actividad turística suele llevar asociada una fuerte transformación del territorio e inadecuada localización de equipamientos e infraestructuras turísticas (Olcina, 2012). Un hecho que, en el caso de las Islas Canarias, se ha evidenciado con el paso de numerosos eventos meteorológicos de todo tipo, cuyos efectos han estado circunscritos a los espacios urbanos y turísticos. En este sentido, son conocidos los problemas derivados de la mala planificación de cara a un riesgo, como las inundaciones en los ámbitos turísticos insulares. Un riesgo que ha afectado a sectores turísticos del sur de las islas de Gran Canaria o el área de estudio trabajada en esta investigación en Tenerife (Mayer y Pérez-Chacón, 2006). De este modo, la mayor atención a los riesgos de origen natural en un área turística se conforma como un importante aspecto a considerar en una estrategia de RRD con la finalidad de poder integrarla en los instrumentos de ordenación y planificación existentes para mejorar la calidad del destino turístico (Babinger, 2012).

Junto a lo citado anteriormente, no hay que olvidar el posible efecto de los escenarios futuros de cambio climático en las islas. Unos estudios que indican un aumento en la intensidad de las amenazas de origen climático y, en el caso de esta investigación, con una tendencia a la concentración y aumento de la torrencialidad de las precipitaciones (Dorta *et al.*, 2018), cuestiones que pueden aumentar la peligrosidad y variar el riesgo. Es por ello que los resultados de esta investigación presentan gran utilidad de cara a afrontar posibles acciones de mitigación o reducción del riesgo en aquellas áreas con la mayor susceptibilidad de verse afectada por efecto de una inundación; áreas que en un futuro pueden ver incrementar los daños sufridos por eventos de precipitación torrencial. En este sentido, y en rigor para el futuro análisis de los posibles efectos del cambio climático en el área trabajada, sería necesario también hacer estimaciones para otras amenazas, como puede ser el caso del incremento del nivel del mar.

En consonancia con lo anterior, la línea de investigación de este trabajo ha abordado lo expresado por algunas publicaciones ya mencionadas (Roselló-Nadal,

2014; Scott *et al.*, 2016) cuya fundamentación está basada en el planteamiento de que uno de los inconvenientes para conocer los efectos del cambio climático en los territorios de especialización turística ha sido la falta de evaluaciones que analicen los posibles impactos del cambio climático sobre estos espacios. Es en este marco donde metodologías de análisis del riesgo local, como parte de la evaluación del riesgo, toma sentido como instrumento de RRD. Además, como política de adaptación, cuya finalidad no es otra que la de analizar como una sociedad o un sector de actividad concreto conoce, asume y tiene en cuenta el análisis de riesgo y las medidas de mitigación que se deben adoptar para reducir su vulnerabilidad.

Aunque tradicionalmente el análisis de riesgo ha sido sinónimo de evaluación del riesgo, este último es un proceso más amplio que no solo integra el análisis del riesgo, sino que incorpora otras dimensiones que buscan revelar las interrelaciones y dependencias entre el riesgo y los múltiples actores o partes que intervienen tanto en su generación como en su reducción (Van Western, 2013; GAR, 2019). Es cierto que el factor fundamental de la evaluación del riesgo es el planteado en esta investigación, no obstante, ésta ha de tender a incorporar en su análisis el estudio de medidas no estructurales y cómo se conjugan con el riesgo, unas medidas que presentan un mayor grado de eficacia que las estructurales (Olcina y Oliva, 2020). A modo de ejemplo, tanto Arona como Adeje cuentan con sus respectivos Planes de Emergencia y Protección Civil Municipal (PEMU). Sin embargo, es en el proceso de implantación de estos planes, donde se posibilita conocer de forma expresa cómo la presencia de estos documentos puede suponer un factor de atenuación del riesgo.

CONCLUSIONES

El método de valoración del riesgo diseñado y aplicado en el ámbito turístico de los municipios de Arona y Adeje ha demostrado gran utilidad, tanto por su concreción espacial como por su fiabilidad y aplicabilidad.

En primer lugar, el empleo de la parcela catastral como unidad de análisis permite establecer y vincular a ésta múltiples indicadores para el cálculo de un factor altamente complejo y dinámico como la vulnerabilidad. De esta forma se han podido establecer diferencias espaciales en un ámbito aparentemente homogéneo como el trabajado. Asimismo, disminuir la unidad de análisis posibilita reducir la escala de los sistemas que se están evaluando por lo que los resultados presentan un mayor grado de confianza.

En segundo lugar, el método se presenta como fiable tanto en la precisión descrita anteriormente en un elemento como la vulnerabilidad, como, sobre todo, por introducir en el análisis los registros del 1-1-2 permitiendo identificar mejor las zonas con problemas de inundación. La gran cantidad de información territorial que proporciona este recurso la convierte en una fuente primaria muy interesante para la caracterización de eventos de desastres, como las avenidas. En este sentido, actualmente las fuentes oficiales (Plan de Gestión del Riesgo de Inundación, PDA, SNCZI) que han abordado la caracterización del riesgo de inundación en las Islas Canarias, presentan menor información en cuanto a la caracterización de “puntos negros” o “áreas de riesgo constatado” que la que puede ofrecer el 1-1-2. Del mismo modo el empleo de esta fuente de información, que cuenta con más de 20 años de registros continuados, permite abordar la característica incertidumbre propia de cualquier análisis del riesgo. A este respecto, en muchas ocasiones las fuentes oficiales identifican un área como problemática, pero, sin embargo, estas no han experimentado ningún daño o efecto relacionado con un episodio de lluvia torrencial como es el caso del Beril en Adeje. En tercer lugar, se trata de un método replicable de aplicación relativamente sencilla en espacios de características análogas al área de estudio. Ahora bien, también es cierto que actualmente la información recogida en el 1-1-2 presenta cierta complejidad en su explotación. No obstante, como ha demostrado la presente investigación, esta información ha de convertirse en un elemento fundamental en el estudio e investigación del riesgo, con la finalidad de que pueda suponer un soporte para la mejora no sólo de los sistemas locales de protección civil y emergencias sino también del planeamiento urbano.

La metodología y resultados presentados en este trabajo suponen un soporte para la toma de decisiones en materia de ordenación del territorio a escala municipal. Esto se debe a que se han identificado zonas urbanas que pueden ser especialmente problemáticas en caso de un evento de inundación. Unos eventos de desastre que pueden dar lugar, no sólo a efectos físicos sobre las personas, sino que, sobre todo, afectan al tejido productivo y a la actividad económica de estas áreas turísticas. Esta diferenciación espacial de las áreas con mayor riesgo, representada en la cartografía del trabajo, permite intervenir en dichos sectores a través del desarrollo de medidas correctoras que permitan reducir y mitigar el impacto de futuros eventos de inundación, en aquellas parcelas donde se registran los mayores niveles de riesgo.

En definitiva, la consolidación de acciones y políticas dentro de los ámbitos locales, como son las vinculadas a la RRD, no sólo contribuyen a reducir los efectos del cambio climático, sino que éstas son piezas claves en el desarrollo de cualquier proceso de adaptación frente al mismo. El análisis y la evaluación del riesgo contribuyen a la sostenibilidad de los espacios turísticos (Roe, Hrymak y Dimanche, 2012), y por ende, a los procesos de adaptación que han de responder a las singularidades de cada territorio.

Por todo ello, el éxito de estas evaluaciones y los procesos adaptativos dependerán, en última instancia, de las alianzas que se produzcan entre los diferentes agentes implicados, para implementar estrategias de reducción del riesgo.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados de esta investigación se deben en gran parte a la cesión de información por parte del Consorcio de Compensación de Seguros de España (CCS) y del Centro Coordinador de Emergencias y Seguridad (CECOES) 1-1-2 del Gobierno de Canarias. Este trabajo se circunscribe al proyecto de investigación “Análisis del impacto de las inundaciones en áreas turísticas costeras: Canarias laboratorio natural de resiliencia” -ProId201710027- concedido por el Gobierno de Canarias y los Fondos FEDER.

BIBLIOGRAFÍA

- Babinger, F. (2012). El turismo ante el reto de peligros naturales recurrentes: una visión desde Cancún. *Investigaciones geográficas*, (78), 75-88.
- Becken, S., y Khazai, B. (2017). Resilience, tourism and disasters. En *Tourism and resilience*, Butler, Boston, 96-102.
- Besancenot, J. P. (1991). *Clima y turismo*. Masson.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., y Wisner, B. (2014). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Londres, Routledge.
- Camarasa Belmonte, A. M., López-García, M. J. y Soriano García, J. (2008). Cartografía de vulnerabilidad frente a inundaciones en llanos mediterráneos: caso de estudio del Barranc de Carraixet y Rambla de Poyo. *Serie Geográfica - Profesora María de los Angeles Díaz Muñoz, In Memoriam*, 14, 75-91.
- Cardona, O. D. (2002). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Recuperado de: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/19852>

- Carreño, M., Cardona, O.D., y Barbat, A. (2002). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos*. Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), Barcelona.
- Coburn A. y Spence R. (1992). *Earthquake protection*. Ed. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.
- Day, J., Chin, N., Sydnor, S., y Cherkauer, K. (2013). Weather, climate, and tourism performance: A quantitative analysis. *Tourism Management Perspectives*, 5, 51-56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2012.11.001>
- DeBoer, M. (2015). Understanding the heat map. *Cartographic perspectives*, (80), 39-43. doi: <https://doi.org/10.14714/CP80.1314>
- Díaz-Pacheco, J., López-Díez, A., Máyer, P., Dorta, P., y Yanes, A. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad local de inundación en enclaves insulares áridos de especialización turística. En *Crisis y espacios de oportunidad: retos para la Geografía: Libro de Actas* (358-373). Asociación Española de Geografía.
- Díaz-Pacheco, J., López-Díez, A., Yanes, A., Máyer, P., y Dorta, P. (2020). Propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad local por inundación en áreas turísticas costeras de clima árido: aplicación al litoral de Arona y Adeje (SO de Tenerife). *Cuadernos de Geografía*, 104, 87-106. doi: <https://doi.org/10.7203/CGUV.104.16570>
- Dorta, P., López-Díez, A., y Díaz Pacheco, J. (2018). El calentamiento global en el Atlántico Norte Suroriental. Estado de la cuestión y perspectivas de futuro. *Cuadernos Geográficos*, 2018, 57(2), 27-52. doi: <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i2.5934>
- Feliu, E., García, G., Gutiérrez, L., Abajo, B., Mendizábal, M., Tapia, C., y Alonso, A. (2015). *Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático*. Oficina Española de Cambio Climático (PNACC). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 100.
- Fournier d'Albe, M. (1985). The Quantification of Seismic Hazard for the Purposes of Risk Assessment. En *International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas*, Skopje.
- GAR (2019). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. United Nations, 425pp. Recuperado de: <https://gar.undrr.org/report-2019>
- Gero, A., Méheux, K., y Dominey-Howes, D. (2011). Integrating community based disaster risk reduction and climate change adaptation: examples from the Pacific. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 11(1). doi: <https://doi.org/10.5194/nhess-11-101-2011>
- Instituto Canario de Estadística (ISTAC). (2019): Encuestas de Hostelería y Turismo. Gobierno de Canarias.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, USA, 1535 pp.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, y L.L.White. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- IPCC. (2018). *Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, y T. Waterfield (Eds.). En prensa, 630 pp.
- Jeuring, J., y Becken, S. (2013). Tourists and severe weather—An exploration of the role of 'locus of responsibility' in protective behaviour decisions. *Tourism Management*, 37, 193-202. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2013.02.004>
- Kelman, I. (2015). Climate change and the Sendai framework for disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(2), 117-127. doi: <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0046-5>

- King, D., Gurtner, Y., Firdaus, A., Harwood, S., y Cottrell, A. (2016). Land use planning for disaster risk reduction and climate change adaptation. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 7(2), 158-172. doi: <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-03-2015-0009>
- Lavell, A., Oppenheimer, M., Diop, C., Hess, J., Lempert, R., Li, J., y Weber, E. (2012). Climate Change: New Dimensions in Disaster Risk, Exposure, Vulnerability, and Resilience. En C. Field, V. Barros, T. Stocker, y Q. Dahe (Eds.). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (25-64). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lin, B. B., Capon, T., Langston, A., Taylor, B., Wise, R., Williams, R., y Lazarow, N. (2017). Adaptation pathways in coastal case studies: lessons learned and future directions. *Coastal Management*, 45(5), 384-405. doi: <https://doi.org/10.1080/08920753.2017.1349564>
- 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. En Olcina Cantos, Jorge; Rico Amorós, Antonio M.; Moltó Mantero, Enrique (Eds.). *Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio*. Alicante, Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante, Asociación Española de Climatología, 535-544.
- López-Díez, A., Máyer, P.; Díaz-Pacheco, J. y Dorta, P. (2019). Rainfall and Flooding in Coastal Tourist Areas of the Canary Islands (Spain). *Atmosphere*, 10, 809. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos10120809>
- Martín-Esquivel, J. L., y Pérez-González, M.J. (2019). Cambio Climático en Canarias "Impactos". Consejería de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Panificación Territorial. Editorial Turquesa.
- Máyer, P. y Pérez-Chacón, E. (2006). Tourist activity and floods on the southern coast of Gran Canaria. An induced risk? *Journal of Coastal Research*, 48, 77-80.
- Máyer, P.; Marzol, M.V. y Parreño, J.M. (2017). Precipitation trends and daily precipitation concentration index for the mid-eastern Atlantic (Canary Islands, Spain). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 43. doi: <https://doi.org/10.18172/cig.3095>
- Narváez, L., Lavell, A., y Pérez, G. (2009). *La gestión del riesgo de desastres*. Secretaría General de la Comunidad Andina. Recuperado de: http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/procesos_ok.pdf
- Olcina, J. (2012). Turismo y cambio climático: una actividad vulnerable que debe adaptarse. *Investigaciones Turísticas*. 4, 1-34. doi: <https://doi.org/10.14198/INTURI2012.4.01>
- Olcina, J y Oliva, A. (2020). Medidas estructurales versus cartografía de inundación en la valoración del riesgo en áreas urbanas: El caso del barranco de las Ovejas (Alicante, España). *Cuadernos Geográficos*, 59(2). doi: <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.10278>
- Olya, H. G., y Alipour, H. (2015). Risk assessment of precipitation and the tourism climate index. *Tourism Management*, 50, 73-80. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.01.010>
- PDA. (2015). Plan de Defensa contra Avenidas. Cabil-do Insular de Tenerife. CIATF. INCLAN. Recuperado de: <https://www.aguastenerife.org>
- Pelling, M. (2003). *The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience*. Londres, Earthscan.
- Pérez-Chacón, E., Hernández-Calvento, L. y Yanes, A. (2007): Transformaciones humanas y sus consecuencias sobre los litorales de las Islas Canarias. En: Les littoraux volcaniques. Une approche environnementale (Etienne, S. et Paris, R., eds). Clermont-Ferrand, Press Universitaires Blaise-Pascal, 173-191.
- Prabhakar, S., Srinivasan, A., y Shaw, R. (2009). Climate change and local level disaster risk reduction planning: need, opportunities and challenges. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 14(1), 7. doi: <https://doi.org/10.1007/s11027-008-9147-4>
- Prideaux, B., Laws, E., y Faulkner, B. (2003). Events in Indonesia: exploring the limits to formal tourism trends forecasting methods in complex crisis situations. *Tourism management*, 24(4), 475-487. doi: [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(02\)00115-2](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(02)00115-2)
- Riddell, G. A., van Delden, H., Maier, H. R., y Zecchin, A. C. (2019). Exploratory scenario analysis for disaster risk reduction: considering alternative pathways in disaster risk assessment. *International journal of disaster risk reduction*, 39. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101230>

- Roe, P., Hrymak, V., y Dimanche, F. (2014). Assessing environmental sustainability in tourism and recreation areas: a risk-assessment-based model. *Journal of Sustainable Tourism*, 22(2), 319-338. doi: <https://doi.org/10.1080/09669582.2013.815762>
- Romero-Ruiz, C., Yanes, A., Beltrán, E., Díaz, C. (1999): La incidencia de los factores morfoestructurales en la configuración del sistema de drenaje de Tenerife. En Actas del XVI Congreso de Geógrafos Españoles, Universidad de Málaga, 263-271.
- Roselló-Nadal, J. (2014). How to evaluate the effects of climate change on tourism. *Tourism Management*, 42, 334-340. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2013.11.006>
- Scott, D., de Freitas, C., y Matzarakis, A. (2009). Adaptation in the tourism and recreation sector. *Biometeorology for adaptation to climate variability and change*, 171-194. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8921-3_8
- Scott, D., Hall, M, y Gössling, S. (2016). A review of the IPCC Fifth Assessment and implications for tourism sector climate resilience and decarbonization, *Journal of Sustainable Tourism*, 24(1), 8-30. doi: <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1062021>
- SNCZI. (2014). Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Ministerio de Transición Ecológica. Recuperado de: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/>
- Solecki, W., Leichenko, R., y O'Brien, K. (2011). Climate change adaptation strategies and disaster risk reduction in cities: connections, contentions, and synergies. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 135-141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.03.001>
- Tarife, R., Hernández-Barrera, S., Gámiz, S.R., Castro, Y., y Esteban, M.J. (2012). Análisis de los extremos pluviométricos en las islas Canarias y su relación con el índice NAO. VIII Congreso Internacional AEC. Salamanca.
- Tascón-González, L., Ferrer-Julia, M., Ruíz, M., y García-Meléndez, E. (2020). Social vulnerability assessment for flood risk analysis. *Water*, 12(2), 558. doi: <https://doi.org/10.3390/w12020558>
- Tsai, C. H., y Chen, C. W. (2011). The establishment of a rapid natural disaster risk assessment model for the tourism industry. *Tourism Management*, 32(1), 158-171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.05.015>
- UNDRO. (1979). Natural Disasters and Vulnerability Analysis, Report of Experts Group Meeting, Ginebra.
- UNDRO. (1991). Mitigating natural disasters: Phenomena, effects and options: A manual for policy makers and planners. UN. Office of the Disaster Relief Co-Ordinator. Nueva York.
- UNWTO. (1998). *Handbook on Natural Disaster Reduction in Tourist Areas*. World Tourism Organization and the World Meteorological Organization.
- Van Westen, C. J. (2013). Remote sensing and GIS for natural hazards assessment and disaster risk management. *Treatise on geomorphology*, 3, 259-298. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00051-8>
- Venton, P., y La Trobe, S. (2008). *Linking climate change adaptation and disaster risk reduction. In Linking climate change adaptation and disaster risk reduction*. Tearfund; Institute of Development Studies (IDS).