

---

# EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD LOCAL DE INUNDACIÓN EN ENCLAVES INSULARES ÁRIDOS DE ESPECIALIZACIÓN TURÍSTICA

**DÍAZ PACHECO, JAIME.** Universidad de La Laguna [jaime.diaz@ulpgc.es](mailto:jaime.diaz@ulpgc.es)

**LÓPEZ DÍEZ, ABEL.** Universidad de La Laguna [alopezd@ull.es](mailto:alopezd@ull.es)

**MÁYER SUÁREZ, PABLO.** Univ. de Las Palmas de Gran Canaria-IOCAG [pablo.mayer@ulpgc.es](mailto:pablo.mayer@ulpgc.es)

**DORTA ANTEQUERA, PEDRO.** Universidad de La Laguna [pdorta@ull.es](mailto:pdorta@ull.es)

**YANES LUQUE, AMALIA.** Universidad de La Laguna [ayanes@ull.es](mailto:ayanes@ull.es)

**RESUMEN:** En el contexto del cambio climático, la reducción del riesgo de desastres de origen natural en espacios insulares áridos y costeros está demandando metodologías accesibles y sencillas que permitan dar soporte a la planificación del riesgo. En este trabajo se muestra una metodología cualitativa para el cálculo de un índice de vulnerabilidad de inundación. Además, el método se aplica en el sur turístico de Tenerife, que mantiene una oferta de más de 80.000 plazas de alojamiento. Mediante el uso de información accesible, disponible en muchas administraciones locales, los resultados indican que, a pesar de la aparente homogeneidad en este tipo de urbanizaciones turísticas, es posible establecer importantes matices de vulnerabilidad, analizados a nivel de parcela catastral.

**PALABRAS CLAVE:** Riesgo de inundación, Vulnerabilidad, Costa, Tenerife, Desastres

**ABSTRACT:** In the context of climate change, the natural disaster risk reduction in the coastal and arid region of the islands is demanding simple and feasible methods to support risk planning. In this work, a qualitative method to compute a flood vulnerability index is showed. Moreover, the method is implemented on the ‘touristic South’ of the Tenerife island, which supplies the market with 80.000 accommodations. Through manageable information, available in many local administrations, the outcomes indicate that, despite the seeming homogeneity of this kind of touristic urbanizations, it is viable to find out significant contrasts at cadastral unit level.

**KEYWORDS:** Flood risk, Vulnerability, Coast, Tenerife, Disasters

## **1. VULNERABILIDAD LOCAL FRENTE A AVENIDAS E INUNDACIONES**

La guía para la adaptación y elaboración de planes locales de adaptación al cambio climático del Gobierno español (MAPAMA, 2015) define la vulnerabilidad referida al territorio en función de la propensión o predisposición a verse afectado por una amenaza. En este sentido, informes (IPCC, 2001 y 2012) para la gestión del riesgo de eventos extremos y desastres del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) convienen en definir la vulnerabilidad en estos términos. No obstante, otros autores como Cardona (2012), la circunscriben al conjunto de características y condicionantes que derivan del contexto social, cultural, histórico, medioambiental, político y económico de las personas en sociedad. Todas estas dimensiones podrían, por tanto, configurar los ejes básicos donde se organiza una serie determinada de indicadores dirigidos a medir y evaluar de manera óptima la vulnerabilidad de un territorio o una comunidad ante una amenaza determinada. La vulnerabilidad, dentro del contexto del cambio climático se construye en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación (McCarthy *et al.*, 2004; Füssel and

Klein, 2006; G. O'Brien *et al.*, 2008). Así, la exposición es un factor tácito y objetivo al que la vulnerabilidad se encuentra vinculada casi en su totalidad (Burton *et al.*, 1993); sobre todo en aquellos riesgos específicos que tienen una clara repercusión geográfica como el de inundación.

La integración y presencia de todos estos condicionantes y factores, así como la profundidad de la evaluación se encuentra fundamentalmente limitada por dos componentes. Uno de ellos es la escala de análisis, que puede tener un carácter continental, nacional, regional o local (Ruiz Pérez, 2011, p. 47); el otro, la disponibilidad de información, cuyo óptimo no es siempre alcanzable. Tanto uno como el otro, permiten alcanzar mayores niveles de heterogeneidad y diferenciación en un análisis geográfico. Esta diferenciación espacial de carácter local y expresada cartográficamente resulta de gran utilidad para el desarrollo de cualquier ejercicio de evaluación del riesgo, así como para la planificación y la mitigación del mismo.

Por tanto, este trabajo se limita a aproximar un método de valoración y zonificación de la vulnerabilidad frente al riesgo de inundación, centrado en áreas turísticas insulares y costeras caracterizadas por regímenes pluviométricos áridos, seleccionando para ello el área litoral del suroeste de Tenerife.

Al tiempo, se pretende realizar una zonificación a escala de parcela catastral como ejemplo de aplicación a partir de indicadores cualitativos de amenaza-exposición y vulnerabilidad, basados en una clasificación de los elementos en riesgo.

## **2. CONTEXTO Y VULNERABILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Se ha seleccionado un área que cumple una serie de condicionantes, los cuales pueden ser identificados en otras regiones del globo, tanto desde el punto de vista ambiental como desde una perspectiva de desarrollo socioeconómico. Se trata de un área costera del suroeste de Tenerife de 16,2 km<sup>2</sup>, sobre la cual se asienta una importante extensión urbana de clara vocación turística.

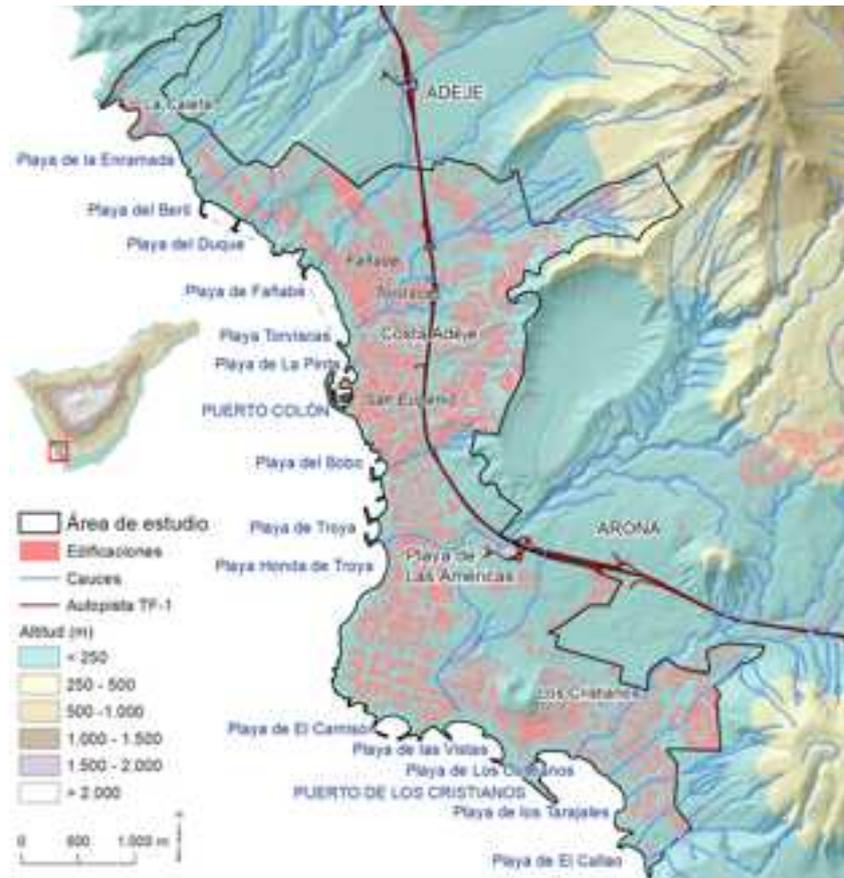


Figura 1. Localización y delimitación del área de estudio. Fuente: Grafcan SA, IGN

El continuo urbano se reparte administrativamente entre dos municipios, Arona y Adeje, dos de las más importantes localidades turísticas del país. El desarrollo turístico y constructivo se realiza al albur de una serie de playas, alguna de tipo natural y otras modificadas de manera artificial. Lo que en principio era una costa jalonada por playas de cantos en terrazas y desembocadura de barrancos, acantilados sobre coladas y depósitos sedimentarios y plataformas de abrasión, ha sido sustituido por una extensión de suelo urbano consolidado. 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 exponente de una *litoralización* inusitada, siguiendo un modelo de desarrollo turístico-urbanizador (Pérez-Chacón *et al.*, 2007).

En la zona de estudio discurren los tramos finales de los cauces de 16 cuencas vertientes definidas por un funcionamiento muy ocasional de acusada torrencialidad, en respuesta a la aridez climática imperante (Romero-Ruiz *et al.*, 1999). Según datos del observatorio pluviométrico que la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), tiene en Adeje (1944-

2006), en esta zona el promedio de lluvia anual alcanza los 145,0 mm, registrándose eventos extremos que han rebasado los 158,0 mm en 24h. En este sentido, es muy relevante la capacidad de respuesta de las cuencas existentes, frente a episodios extremos, los cuales son capaces de producir inundaciones en el curso bajo y desembocadura de numerosos cauces, donde precisamente se asientan la mayor parte de las infraestructuras y urbanizaciones.

El riesgo de inundación en la zona se encuentra asociado a un rápido proceso de expansión urbana, vinculado al auge de la actividad turística que comienza en el área sobre la década de los años 70 del siglo XX y cuyo ritmo de urbanización ha sido continuo, con periodos de ralentización en coyunturas de crisis que han afectado a la economía europea; él último a partir de 2008. En las primeras décadas, los pulsos de expansión tienen un carácter parcial, sin una planificación integral, obviando muchas veces los cauces y el drenaje y la desembocadura de las cuencas hidrográficas existentes, debido a su funcionamiento esporádico.

De manera general, puede decirse que el crecimiento urbano se produce de Sureste a Noroeste, comenzando en el núcleo de Los Cristianos (edificaciones más antiguas), con intervenciones más recientes en el área de Costa Adeje hacia la Caleta (Figura 2). Otro factor de diferenciación, se observa en el crecimiento hacia el interior cuando el suelo más cercano a la costa comienza a colmatarse y se ocupan **áreas de mayor pendiente**. En lugares donde existían ciertos cauces y una escorrentía vinculada a suelos de gran capacidad de filtración, hoy podemos encontrar coberturas urbanas de carácter impermeable y con sistemas deficientes de canalización de pluviales. Es precisamente en las áreas de asentamiento y expansión inicial (Los Cristianos-Las Américas) y en las áreas más alejadas del mar, ladera arriba, donde también habitan la mayor parte de los más de 19.000 residentes en el área de estudio.

La orientación turística de este sector de Tenerife se evidencia por la extensa oferta, que supera las 80.000 plazas, con una ocupación media anual que ronda el 73% (ISTAC, 2018) y sin la estacionalidad propia de los destinos mediterráneos.

Todos estos mencionados factores están configurando un enclave que presenta una importante vulnerabilidad frente al peligro de inundación. Este hecho se ve reflejado en los más de dos millones de euros que fueron aportados por el Consorcio de Compensación de Seguros entre 1996 y 2016 como indemnizaciones registradas para 21 eventos de precipitación extrema en la zona, con importantes daños y efectos principalmente de carácter económico (Díaz-Pacheco *et al.*, 2019).



### 3. MÉTODOLÓGÍA Y FUENTES

#### 3.1 Métodos para el estudio de la vulnerabilidad a escala local

Dentro de los procesos de evaluación del riesgo, existen múltiples metodologías para evaluar la vulnerabilidad (Balica *et al.*, 2012; Birkman, 2007 Cardona, 2005; D’Ercole y Metzger, 2004; Polsky *et al.*, 2003; Rhased y Weeks, 2003; Villagrán de León, 2006). Cuando se plantean a escala local, suele perseguirse el establecimiento de diferencias espaciales dentro de una región concreta con el objetivo de establecer posteriormente medidas de mitigación. Experiencias como las de Aroca-Jiménez *et al.* (2018) tienen un enfoque estadístico y la unidad mínima de análisis es la administración municipal. A este nivel, la disponibilidad de información estadística unida a cierta heterogeneidad ambiental y socioeconómica entre los 919 municipios que conforman Castilla-La Mancha, permiten establecer diferencias geográficas. Ocurre lo mismo cuando se realizan estos análisis en grandes cuencas, como pueden ser casos de estudio en América Central (Jiménez *et al.*, 2004). En este tipo de estudios pueden distinguirse de manera más clara distintos tipos de vulnerabilidad o diferentes ejes, como la vulnerabilidad económica, la vulnerabilidad política, la vulnerabilidad social, etc. con las que luego se puede operar un índice de conjunto. Sin embargo, como sucede en la presente aproximación, cuando el área de estudio se extiende en un enclave urbano local que presenta cierta homogeneidad (población residente, turistas, densidad urbana, actividad económica, aspectos sociales...), la diferenciación del grado de vulnerabilidad puede estar soportada sólo en matices. La antigüedad de las edificaciones, la identificación de áreas afectadas con recurrencia por inundación, la pendiente del terreno, las construcciones bajo rasante, o el aforo, pueden ser ejemplos de indicadores que influyen en la diferenciación espacial de la susceptibilidad de cada una de estas estructuras que pueden sufrir daños en un evento de inundación. Afrontar este análisis de detalle puede conllevar importantes esfuerzos para construir información a partir de datos que muchas veces no están disponibles y requieren una enorme inversión de tiempo y recursos para su consecución. Por ello, parece preciso identificar un procedimiento que permita establecer una evaluación de la vulnerabilidad a una escala útil y factible desde el punto de vista de la disponibilidad de información, pero también desde la perspectiva de la escala de análisis local, pues tiene gran interés para el planeamiento, sobre todo, dirigido a la reducción del riesgo.

### 3.2 La parcela catastral como unidad de análisis

En el sistema de gestión catastral que lleva a cabo la Dirección General del Catastro del Ministerio de Hacienda en España, la unidad de parcela presenta la oportunidad de su uso para el objetivo de este trabajo. La parcela catastral en su delimitación es objetiva y su límite se refleja con exactitud. Además, confiere información importante sobre el inmueble o conjunto de inmuebles que la integran, tales como la superficie total construida y la parte de ésta que se encuentra bajo el nivel de rasante; y por otro lado suministra, entre otros, datos sobre la antigüedad de la edificación. También, aunque es un ítem de más difícil acceso, contiene valores que pueden ser extrapolables a los usos de suelo y realizar cálculos para la evaluación de la vulnerabilidad en este sentido (Camarasa, 2007). Utilizando la parcela catastral como unidad básica de análisis (Figura 2) se puede calcular su pendiente topográfica media y además se pueden agregar localizaciones puntuales disponibles de locales de servicios, comercios, restauración; o desagregar por extrapolación, datos de población o plazas turísticas. Macías (2017) la utilizó a través de ciertas adaptaciones para la estimación local del riesgo por movimientos de ladera en áreas turísticas costeras, así como para analizar la impermeabilización del sustrato.

En la evaluación desarrollada en el presente trabajo se han añadido, además de las unidades conformadas por las parcelas catastrales, el área ocupada por las playas, muchas de las cuales han sido adaptadas y recubiertas de arena, encontrándose además afectadas por la desembocadura de cuencas vertiente.

### 3.3 El método de estimación de la vulnerabilidad

Durante el Decenio Internacional de los Desastres Naturales declarado por Naciones Unidas en 1990, la institución publicó un manual para el apoyo en la mitigación de desastres naturales dirigido a gestores de planificación. En éste se recoge una metodología para la evaluación del riesgo (UNDRO, 1991, p. 71), que en esencia hoy se sigue empleando y está en la base de muchos de los métodos citados en este trabajo. Para el cómputo del riesgo total (Rt), se precisa que: el mismo es igual al producto entre los elementos en riesgo o elementos vulnerables (E) y el Riesgo específico (Rs). El riesgo específico, a su vez, se expresa en función del producto entre la Amenaza (A) y la Vulnerabilidad (V). De este modo:

$$R_t = \sum (E) (R_s) = (E) (A * V)$$

El concepto que se emplea en este planteamiento del riesgo total ( $R_t$ ) tiene gran similitud con la forma en que generalmente se trata el concepto de vulnerabilidad, ya que esta depende del valor de exposición ( $E$ ) y de la vulnerabilidad específica ( $V$ ) frente a la amenaza de inundación ( $A$ ). Lo que en este caso se denomina riesgo total, puede ser entonces interpretado como un cómputo de vulnerabilidad total ( $V_t$ ), que puede calcularse de manera específica según el tipo de elemento vulnerable ( $E$ ). De este modo:

$$V_t = (E) (A * V)$$

Los elementos vulnerables ( $E$ ) se clasifican de acuerdo a sus características frente a la amenaza de inundación, incorporándose como un factor de sensibilidad. ( $E$ ), a su vez funciona como un valor de ponderación y también como la propiedad a partir de la cual la amenaza-exposición y la vulnerabilidad integran unos u otros indicadores (ver Tabla 1).

La amenaza-exposición ( $A$ ), también es definida por distintos indicadores según cada elemento vulnerable ( $E$ ) y se determina por la coincidencia geográfica entre una estimación espacial del peligro y el elemento en riesgo. Por último, la vulnerabilidad ( $V$ ), resulta de la valoración de los indicadores que se han identificado para cada tipo de elemento vulnerable ( $E$ ). El valor final asignado a la vulnerabilidad total ( $V_t$ ), oscilará entre 0 y 1 para cada tipo de elemento y así para cada unidad de análisis.

### **3.4 La agrupación de elementos vulnerables (E)**

Siguiendo la metodología de UNDRP (1991) para desarrollar la evaluación, es necesario agrupar los elementos vulnerables de acuerdo a sus características, de este modo pueden ser ponderados con respecto al contexto donde se está desarrollando la valoración. Dicha clasificación se ha realizado a través de una simplificación de la actividad socio-económica principal en cada parcela. Los usos de suelo son un factor determinante, pero también la existencia de ciertas actividades puede influir en la categorización. Por ejemplo, en una parcela donde existe una edificación residencial, pero en la que se identifica un centro hospitalario, puede adquirir esta categoría dado el factor esencial de esta actividad. La clasificación de elementos se acotó en 11 grupos (Tabla 1).

### 3.5 La amenaza-exposición (A)

La delimitación espacial de áreas afectadas por el peligro de inundación se ha realizado utilizando tres fuentes concretas. Por un lado, se ha utilizado la cartografía nacional de zonas inundables (SNCZI) que son realizadas por el Ministerio de Transición Ecológica (MITECO) de acuerdo a la directiva 2007/60 sobre evaluación y gestión de riesgo de inundación. Por otro lado, el Plan de Defensa de Avenidas (PDA, 2015) que gestiona el Consejo Insular de Aguas de Tenerife ha identificado con este tipo de riesgo a una serie de tramos de cauce, unos puntos concretos y además unas áreas determinadas proclives a sufrir estos eventos. Por último, se ha realizado un análisis exhaustivo de los medios de comunicación locales e impresos, de un total de 59 episodios entre 1970 y 2018. Estos episodios fueron identificados a través del análisis de los valores superiores al  $P_{95}$  de precipitación registrada en tres estaciones próximas al área de estudio. A través de este análisis de hemeroteca, en 31 de los 59 eventos pudieron reconocerse 65 localizaciones concretas que presentaron problemas de inundación, las cuales fueron cartografiadas. Algunas de estas localizaciones son recurrentes y en estos casos la valoración de amenaza del área localizada se incrementa en una unidad por cada mención en prensa (Figura 3).

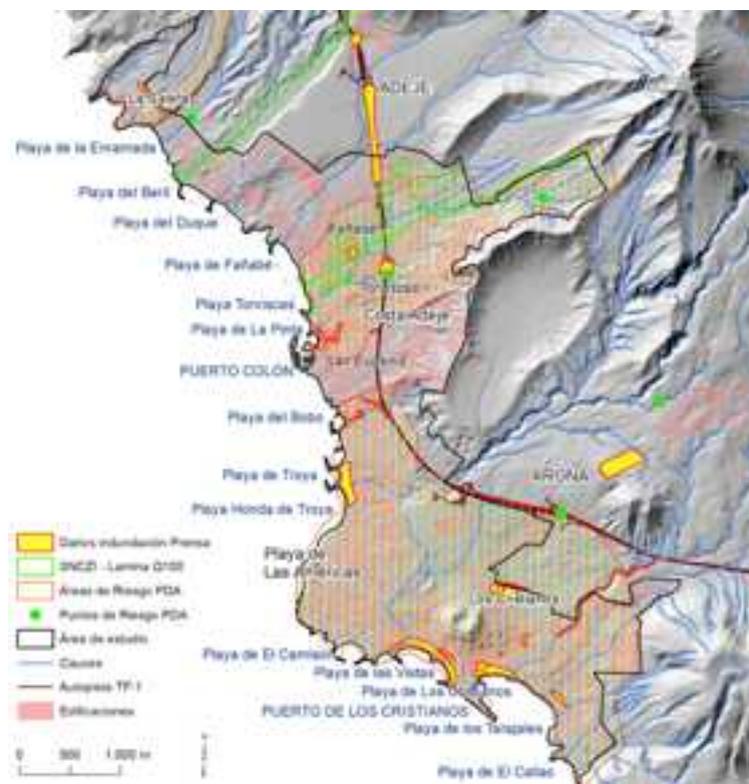


Figura 3. Áreas de amenaza-exposición. Fuente: PDA (2015); MITECO; Grafcan; IGN.

Tal y como se muestra en la tabla 3, a cada grupo de elemento vulnerable le corresponden una serie de indicadores de amenaza-exposición, los cuales, en gran medida, corresponden a los identificados en las tres fuentes mencionadas. Además, se ha añadido otro factor de cálculo sencillo como la pendiente del terreno, cuyo valor se relaciona principalmente con los procesos de escorrentía y flujo laminar del agua y acarrees.

### 3.6 Los indicadores de vulnerabilidad (V).

Para cada grupo de elementos se han determinado una serie de indicadores de vulnerabilidad. En la mayoría de los casos se trata de factores simples, que no realizan una valoración económica o un análisis exhaustivo de variables sociales, tal y como se suele hacer en muchos de los métodos que se han citado. Se consideran algunos de los componentes constructivos (Dwyer *et al.*, 2004), a través de la edad de las edificaciones y las edificaciones bajo rasante (bajo el nivel de la calzada). Además, a través de la base de datos geográfica de actividades del Cabildo de Tenerife, se computa el número de comercios, restaurantes y servicios en cada parcela, que generalmente, suelen estar en las primeras plantas. También se considera una serie de elementos cuantitativos referentes a las personas, como el aforo en determinadas instalaciones, el número de plazas de alojamiento y la población residente total desagregada en parcelas a partir de los datos de 10 núcleos de población organizados estadísticamente (ISTAC, 2017). Toda esta información es accesible y se puede construir a través de los datos disponibles (Tabla 1).

Agrupación de Elementos Vulnerables	Indicadores de Amenaza-Exposición	Valores asignados	Indicadores de Vulnerabilidad	Valores asignados
<b>Playas y zonas de baño</b> <i>Factor de ponderación 0,25</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Capacidad de acogida	Asignación según capacidad de carga y superficie
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento		
	Es desembocadura de cuenca	0 no daño 1 x evento		
<b>Instalaciones portuarias</b> <i>Factor de ponderación 0,25</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Nº de comercios, equipamientos	Asignación según número total de servicios
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento		
	Es desembocadura de cuenca	0 no daño 1 x evento		

<b>Agrupación de Elementos Vulnerables</b>	<b>Indicadores de Amenaza-Exposición</b>	<b>Valores asignados</b>	<b>Indicadores de Vulnerabilidad</b>	<b>Valores asignados</b>
<b>Espacios abiertos:</b> parques, plazas; parques temáticos; campos de golf; instalaciones deportivas <i>Factor de ponderación 0,25</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Aforo	Asignación según superficie
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento		
	Es cruzada por cauce	0 no daño 1 x evento		
	Pendiente media	<10°=0, 10°-15°=0,25 15°-30°=0,5 30°-45°=0,75 >45°=1		
<b>Edificaciones residenciales</b> <i>Factor de ponderación 0,50</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Superficie bajo rasante	0m²=0 <=50 m²=0,25 <=150 m²=0,5 <=1200 m²=0,75 >1200 m²=1
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento	Nº de comercios, equipamientos	Asignación según número total de servicios
<b>Edificios de alojamiento turístico</b> <i>Factor de ponderación 0,75</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Superficie bajo rasante	0m²=0 <=50 m²=0,25 <=150 m²=0,5 <=1200 m²=0,75 >1200 m²=1
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento	Nº de comercios, equipamientos	Asignación según número total de servicios
	Pendiente media	<10°=0, 10°-15°=0,25 15°-30°=0,5 30°-45°=0,75 >45°=1	Plazas de alojamiento	<=200 = 0,25 <=300= 0,5 <=500= 0,75 >500= 1
<b>Edificaciones comerciales, equipamientos y otras actividades</b> <i>Factor de ponderación 0,50</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Superficie bajo rasante	0m²=0 <=50 m²=0,25 <=150 m²=0,5 <=1200 m²=0,75 >1200 m²=1
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento	Nº de comercios, equipamientos	Asignación según número total de servicios
	Pendiente media	<10°=0, 10°-15°=0,25 15°-30°=0,5 30°-45°=0,75 >45°=1		
<b>Colegios y centros de formación</b> <i>Factor de ponderación 1</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Superficie bajo rasante	0m²=0 <=50 m²=0,25 <=150 m²=0,5 <=1200 m²=0,75 >1200 m²=1
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento	Número de usuarios	Asignación según número total de usuarios
<b>Hospitales y centros de día y centros de salud</b> <i>Factor de ponderación 1</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Superficie bajo rasante	0m²=0 <=50 m²=0,25 <=150 m²=0,5 <=1200 m²=0,75 >1200 m²=1
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento	Número de usuarios	Asignación según número total de usuarios
<b>Servicios de seguridad, emergencias y protección civil</b> <i>Factor de ponderación 1</i>	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Superficie bajo rasante	0m²= 0 <=50 m²= 0,25 <=150 m²=0,5 <=1200 m²=0,75 >1200 m²=1
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento	Grado importancia protección civil	Amplifica el factor de ponderación

Agrupación de Elementos Vulnerables	Indicadores de Amenaza-Exposición	Valores asignados	Indicadores de Vulnerabilidad	Valores asignados
Aparcamientos Factor de ponderación 0,25	Daños constatados (PDA, prensa)	0 no daño 1 x evento	Superficie bajo rasante	0m <sup>2</sup> =0 <=50 m <sup>2</sup> =0,25 <=150 m <sup>2</sup> =0,5 <=1200 m <sup>2</sup> =0,75 >1200 m <sup>2</sup> =1
	Se encuentra en zona inundable (SNCZI)	0 no daño 1 x evento	Capacidad o aforo	Asignación según superficie

Tabla 1. Identificación y valoración de indicadores de vulnerabilidad

#### 4. RESULTADOS

La evaluación de la vulnerabilidad se concreta en un índice con representación cartográfica a escala de parcela catastral. En la representación mostrada (Figura 4), se ha clasificado el valor del índice de vulnerabilidad en intervalos de ruptura natural de acuerdo al popularizado método de Jenks (1967). Los colores se asignan según las escalas estandarizadas para los mapas de riesgo utilizados en protección civil (verde oscuro y verde claro: muy bajo y bajo; amarillo: moderado; y naranja, rojo: alto y muy alto).

Los resultados y la diferenciación espacial del grado de vulnerabilidad en el área de estudio muestran valores que, sobre todo, señalan los niveles más altos en aquellas áreas afectadas por la amenaza-exposición. Además, se incorporan matices derivados del componente de vulnerabilidad para cada uno de los elementos.

Para el caso del área de estudio, en las áreas de edificación de expansión más reciente la vulnerabilidad resulta generalmente baja, a excepción de algunas parcelas afectadas por algún área inundable señalada en la información de MITECO (Figura 3). Ésta también puede ser la principal causa de que aumenten los valores de vulnerabilidad en la cuenca que se sitúa entre Fañabé y Torbiscas. Aquí los valores más altos se observan en áreas en las que se han registrado eventos localizados en prensa. El resto de matices los aporta la vulnerabilidad. Por otro lado, la pendiente parece que también ha tenido influencia en todas aquellas ocupaciones de ladera, aunque se aprecia claramente que son otros criterios los que al final definen el valor, ya que se observan diferencias importantes entre las parcelas urbanas que se asientan ladera arriba en la zona de San Eugenio, y las que lo hacen en la parta más alta de Fañabé.

Por último, en el área de los primeros asentamientos turísticos (Las Américas y Los Cristianos), es posible que la antigüedad en las edificaciones haya aportado valor al índice, pero se observan gran cantidad de matices generados por el factor de amenaza-exposición, la pendiente y por supuesto los indicadores de vulnerabilidad concretados en valores económicos de ocupación turística, aforos, etc.

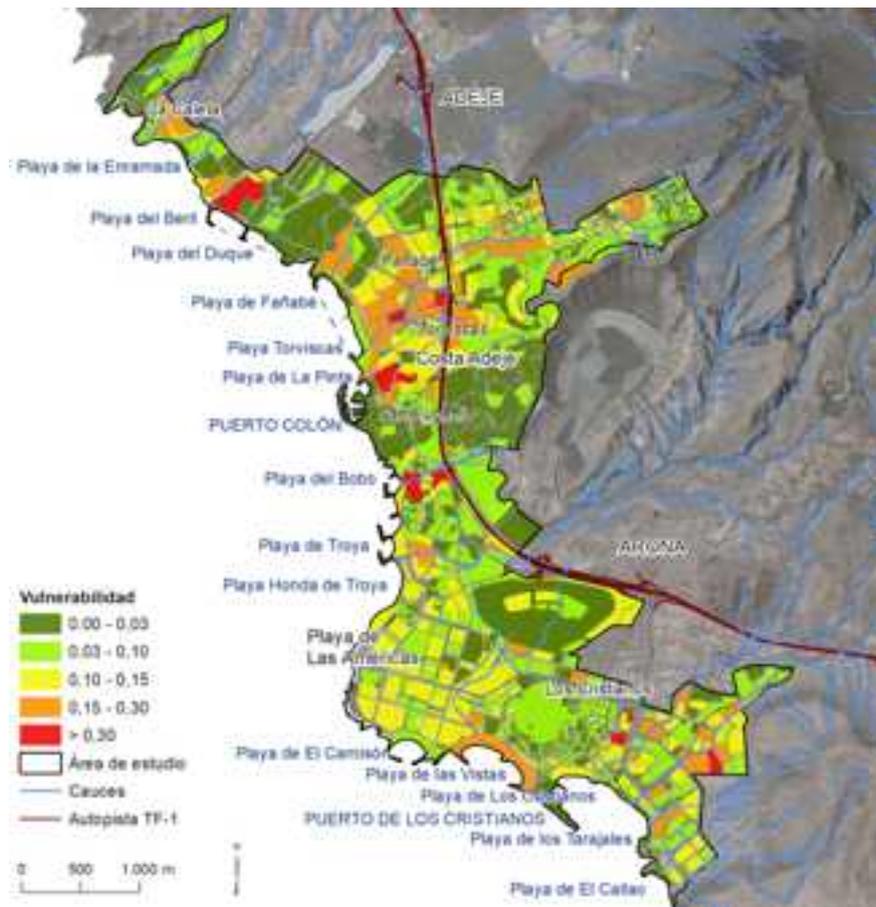


Figura 4. Índice de vulnerabilidad de inundación. Sur de Tenerife. Fuentes: D.G. Catastro; Cabildo de Tenerife; PDA (2015); IGN; Grafcan SA

## 5. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un método simple de valoración y zonificación de la vulnerabilidad frente al riesgo de inundación en áreas turísticas insulares y costeras que se caracterizan por acumular una precipitación media anual muy baja, pero con una gran irregularidad donde más del 50% de esta lluvia puede acumularse en un solo día. Este hecho, unido al proceso de urbanización acelerado que produce la presión turística, incrementa el factor de riesgo de inundación. El peligro de inundación en estos enclaves está relacionado con los procesos vinculados a la transferencia de caudal en los diferentes barrancos y a las deficiencias en la evacuación de aguas pluviales en un espacio que se ha ido pavimentando progresivamente.

El método empleado permitió establecer diferencias claras de vulnerabilidad en unidades catastrales, con un índice que puede calcularse con datos e información de fácil acceso y disponible. Si bien no se establece el tradicional análisis sobre las consecuencias y los daños

relacionados con el calado, así como otros sistemas de valoración económica, los indicadores empleados caracterizan perfectamente este tipo de enclaves en cuanto a su vulnerabilidad. El índice permite dar soporte a procesos de planificación para la evaluación y la reducción del riesgo de inundación.

### **Agradecimientos**

Este trabajo se inserta en el proyecto “Análisis del impacto de las inundaciones en áreas turísticas costeras: Canarias, laboratorio natural de resiliencia” (INTUCAN), que financia la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias y los fondos FEDER.

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AEMET, (2018): Datos del observatorio meteorológico de Arona C427A.
- 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., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, y B.T. Sinh, (2012): «A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)», *Cambridge University Press*, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 65-108.
- Balica, S. F., Wright, N. G. y van der Meulen, F. (2012): «A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts», *Natural hazards*, 64(1), 73-105.
- Birkmann, J. (2007): «Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications», *Environmental hazards*, 7(1), 20-31.
- Burton, I., Kates, R. y White, G. (1993): *The environment as hazard*. Guilford press
- Cardona A. O. (2006): “*Midiendo lo Inmedible*” *Indicadores de Vulnerabilidad y Riesgo*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
- De León, V., y Carlos, J. (2006): *Vulnerability: a conceptual and methodological review*. UNU-EHS.
- D’Ercole, R. y Metzger, P. (2004): *Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito*, AH/Editorial.
- Dwyer, A., Zoppou, C., Nielsen, O., Day, S. y Roberts, S. (2004): *Quantifying social vulnerability: a methodology for identifying those at risk to natural hazards*. Australian Government.
- Díaz-Pacheco, J., Yanes, A., López-Díez, A., Máyer, P., Dorta, P. (2019): «Relación entre episodios de lluvia intensa y daños producidos por inundaciones en áreas turísticas costeras de clima árido: el Sur de Tenerife (1980-2018)». *Aceptado en X Jornadas de Geomorfología Litoral*. Castelldefels.
- Füssel, H.-M. y R.J.T. Klein, (2006): *Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual*

- thinking». *Climatic Change*, 75, 301-329.
- Jenks, G. F. (1967). «The data model concept in statistical mapping». *International yearbook of cartography*, 7, 186-190.
- Jiménez, F., Velásquez, S. y Faustino, J. (2004): «Análisis integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central». *VI Semana Científica (Resúmenes)*. Turrialba, CR, CATIE, 50-53.
- Macías González, F. (2017): *La problemática ambiental de urbanizaciones turísticas costeras: el ejemplo de Puerto Rico-Amadores, Gran Canaria (España)*. Tesis Doctoral dirigida por la Dra. Pérez-Chacón Espino, Emma, Gran Canaria, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Repositorio (CRIS). < <http://hdl.handle.net/10553/54052>> (consulta: 30/6/2019).
- McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, y K.S. White. (2001): «Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability». *Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- MAPAMA (2015): *Guía para la Elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio Climático*. Tecnalia. Victoria-Gazteiz.
- O'Brien, K., L. Sygna, R. Leinchenko, W.N. Adger, J. Barnett, T. Mitchell, L. Schipper, T. Tanner, C. Vogel, y C. Mortreux. (2008): *Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation and Human Security*. GECHS Report 2008:3, Global Environmental Change and Human Security, Oslo, Norway
- 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.
- PDA (2015): *Plan de Defensa contra Avenidas*. Cabildo Insular de Tenerife. CIATF. INCLAN.
- Rashed, T., y Weeks, J. (2003): «Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas». *International Journal of Geographical Information Science*, 17(6), 547-576.
- Romero-Ruiz, C., Yanes, A., Beltrán, E., y Díaz, C. (1999): «La incidencia de los factores morfoestructurales en la configuración del sistema de drenaje de Tenerife». *Actas del XVI Congreso de Geógrafos Españoles*, Universidad de Málaga, pp. 263-271.
- Ruiz Pérez, M. (2011): *Vulnerabilidad territorial y evaluación de daños postcatástrofe: una aproximación desde la geografía del riesgo*. Tesis Doctoral dirigida por el Dr. Javier Gutiérrez Puebla y el Dr. Miquel Grimalt Gelabert. Madrid, Universidad Complutense, Repositorio. < <https://eprints.ucm.es/12850/>> (consulta: 30/6/2019).
- Schröter, D., Polsky, C. y Patt, A. G. (2005): «Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach», *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 10(4), 573-595.
- 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, US.