# La evaluación de los riesgos geológicos en las Islas Canarias: el proyecto GeoMEP

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) firmaron un acuerdo para evaluar los riesgos geológicos en las Islas Canarias (proyecto GeoMEP ), y poder estimar así los recursos necesarios para hacerles frente y en particular los derivados de inundaciones, terremotos y volcanes.

**Miguel Llorente Isidro**
Área de Riesgos Geológicos, Instituto Geológico y Minero de España

Su singular origen geológico, su clima, la elevada densidad de población y su atractivo turístico, hacen de las Islas Canarias un lugar ideal para realizar estudios de peligros geológicos de todo tipo.

Las Islas Canarias son un laboratorio natural difícil de igualar. No se trata sólo de su singular origen geológico, ni de su clima, sino de los procesos naturales que tienen lugar como consecuencia de lo uno y de lo otro. A este hecho se suma la elevada densidad de población y su atractivo turístico, haciendo que las Islas Canarias también sean un lugar ideal para realizar estudios de peligros geológicos de todo tipo. Por una parte, se avanza en dar respuesta a una población necesitada de información sobre la dinámica natural del territorio, y por otra parte, se avanza en el desarrollo de metodologías para evaluar sus posibles consecuencias.

No todos los procesos geológicos interfieren en la vida cotidiana de las personas, pero aquellos que sí podrían interferir de forma negativa son los que se denominan peligros geológicos. En Canarias pueden ocurrir muchos de ellos, tales como terremotos, inundaciones o erupciones volcánicas. Las consecuencias previsibles de un peligro geológico es lo que se conoce como "riesgos geológicos".

En España el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS), entidad pública aseguradora, tiene entre otras funciones la de cubrir las pérdidas que ocasionan los peligros mencionados. Pero, si ocurriera mañana un evento peligroso ¿cómo saber las consecuencias económicas que puede acarrear? ¿Cuál es la responsabilidad para la que tiene que estar preparado el CCS? Por su parte, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) desarrolla estudios de peligros naturales desde sus orígenes en 1849, fortaleciendo de manera singular esta línea de trabajo en las últimas décadas. Movidos por un interés compartido en el conocimiento de los riesgos naturales, el IGME y el CCS firmaron un acuerdo para evaluar los riesgos geológicos en las Islas Canarias ( proyecto GeoMEP[1]), y poder estimar así los recursos necesarios para hacerles frente, y en particular los derivados de inundaciones, terremotos y volcanes.

[1] *GeoMEP es el nombre que recibe el método desarrollado en el proyecto homónimo para la evaluación de pérdidas por peligros geológicos. Se trata de un proyecto piloto cuyo modelo puede ser aplicado al estudio de los riesgos en otras regiones de España.*

## Los riesgos geológicos

Como ya se ha mencionado, los riesgos son sólo las consecuencias previsibles de la ocurrencia futura de un fenómeno peligroso, pero no es todo cuanto puede perderse. La experiencia demuestra que rara vez tiene lugar un episodio natural en el que se logra relacionar de manera unívoca e inequívoca la causa y el efecto sin mediación de la casuística y los efectos en cadena o en cascada. Por ejemplo, cuando tiene lugar una erupción volcánica, se pueden observar coladas de lava, lluvia de cenizas, explosiones, etc. De igual modo es impensable que no vaya a haber movimientos del terreno si ocurre un terremoto muy superficial y de gran magnitud en una zona escarpada con materiales inestables. Una inundación que sólo consista en la anegación de zonas habitualmente emergidas sería toda una excepción, pues es frecuente que se produzcan erosiones de las márgenes de los ríos, erosiones internas del suelo, cambios en el trazado del río, depósito de sedimentos, etc. Más aún, los peligros naturales no siempre representan un problema

como tales, sino como desencadenantes de otras situaciones, por ejemplo, el desastre nuclear de 2011 en Japón fue causado por un tsunami que, a su vez, se disparó por un terremoto. Los efectos en cascada son aquellos que, con un disparador aparentemente pequeño, dan lugar a la propagación de otro efecto que se retroalimenta, como sería el caso de los incendios que pueden desencadenarse por un terremoto.

Los peligros naturales se estudian con un solo objetivo: reducir los riesgos naturales. Pero para poder cumplir este objetivo es necesario trabajar bajo una serie de premisas, tales como limitar el número de aspectos a estudiar o su ámbito espacial o temporal. Un estudio de riesgos aborda, necesariamente, tres factores, a través de los cuales se expresan las limitaciones impuestas para llegar a una conclusión razonable, razonada, numérica y rigurosa de lo que se puede prever como pérdida.

Estos tres factores son: **la peligrosidad** (**P**, o estudio del fenómeno peligroso), **la exposición** (**E**, o estudio del valor de los elementos sujetos al impacto potencial del fenómeno peligroso) y **la vulnerabilidad** (**V**, o el estudio de la relación de pérdida respecto al valor total del elemento expuesto, sometido a una determinada peligrosidad). Con carácter general, se acepta que estos tres elementos se relacionan en forma de la ecuación **R = P*E*V**. La ausencia de uno cualquiera de estos tres elementos daría lugar a una incorrecta "estequiometría del riesgo", es decir, una inconsistencia aparente en las definiciones o un cambio en el paradigma para alcanzar una solución de manera cualitativa o parcial de la ecuación del riesgo, algo muy habitual debido a la dificultad en resolver la ecuación de forma completa. El factor fundamental de la ecuación es la peligrosidad, P, pues permite identificar la exposición, E, en su aspecto espacial, es decir, discriminar qué estaría sometido a un peligro, y permite calcular la vulnerabilidad, V, en cuanto es necesario conocer la cantidad y tipo de impacto para determinar la cantidad de daño. En el caso que nos ocupa, hay que añadir que no todo lo que está expuesto es responsabilidad del CCS (Figura 1), pues tan sólo debe responder, en su caso, de la parte asegurada. En Canarias el 70% de los bienes está cubierto por algún seguro.

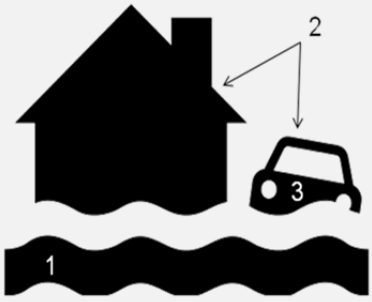


*Figura 1. El primer paso de un estudio de riesgos es el estudio de la peligrosidad (P; 1, por ejemplo una inundación), pues determina qué se puede ver afectado (E, la casa el coche) y en qué grado (V; 2, 3, parcial total) y finalmente si compete o no su compensación por el mecanismo asegurador.*

## El método: inundaciones, sismicidad y volcanismo

Resulta tentador utilizar datos de consecuencias pasadas, cuando los hay, para evaluar consecuencias futuras, pero es un esfuerzo que se ha demostrado baladí tanto por la casuística relacionada con la ocurrencia concreta de un evento (y las consecuencias en cascada), como por las rápidas variaciones de las variables que conforman el territorio, tanto a nivel económico, como social y natural. Es decir, la peligrosidad que se le calcule a un conjunto de eventos pasados no se correlaciona con los daños registrados. Sin embargo, fijando las variables espacio, tiempo, exposición y vulnerabilidad y cambiando tan sólo la peligrosidad, la función de riesgo es creciente no lineal, apareciendo umbrales, como el "efecto mesa[2]" .

Resolver la ecuación de riesgo no es en absoluto trivial, y el primer escollo a salvar es la disponibilidad de datos. Si existiera una base de datos de peligros naturales, la mayor parte del trabajo estaría realizado, pues es en este factor en el que mayor número de limitaciones se imponen. Y de ahí en adelante, el trabajo puede complicarse tanto como resulte necesario para cada caso; pudiendo plantear desde daños directos a daños indirectos, topología social o estructural, efectos en cadena, etc. A medida que avanza la ciencia, la técnica y la sociedad en general, es mayor el número de variables y considerandos a incluir en los estudios de riesgos, que cada vez son más demandados, y es mayor también la capacidad de la sociedad para afrontar las incertidumbres asociadas al cálculo.

Con todo ello en mente, el IGME, al amparo del acuerdo suscrito con el CCS, ha desarrollado un método que resuelve la ecuación de riesgo, y la resuelve de modo completo y balanceado, sí, pero no exento de incertidumbres y limitaciones. En concreto las siguientes:

- **Limitaciones en la variable peligrosidad:** los procesos estudiados son prácticamente “puros”, así, las inundaciones consideradas son de tipo torrencial concentrado, asociadas a cauces o barrancos, y desencadenadas por una precipitación anormalmente alta; la sismicidad es de tipo tectónico y se evalúan sólo las consecuencias de la aceleración pico del suelo; y en volcanismo, sólo se tienen en cuenta las coladas de lava. Para todos ellos, la probabilidad de excedencia anual es del 0,2 % aproximadamente, un límite clásico integrado en diferentes normativas españolas relativas a riesgos[3].

- **Limitaciones en el estudio de elementos expuestos**: sólo se tendrán en cuenta daños directos, de tipo material y en términos monetarios.

- **Limitaciones en el término de vulnerabilidad:** la vulnerabilidad por inundaciones y la vulnerabilidad sísmica serán una función de la peligrosidad en cada punto; sin embargo, la vulnerabilidad volcánica será máxima.

*[2] El llamado “efecto mesa” consiste en un pico de daño que se detecta cuando se alcanza o supera una profundidad equivalente a la altura de una mesa, que se debe a daños a electrodomésticos y enseres que se encuentran sobre las mesas y encimeras.*

[3] *La forma habitual de expresar la probabilidad de que ocurra un evento es en término medio en años. Así, para un evento que en promedio ocurre una vez cada 100 años, se dice que su periodo de retorno es de 100 años o lo que es lo mismo, presenta un 1 % de probabilidad anual o una probabilidad absoluta de 0,01. En España, el límite de lo que se considera un evento extraordinario es que ocurra, en promedio, una vez cada 500 años o más, o lo que es lo mismo, una probabilidad absoluta de 0,002 o del 0,2% cada año, lo que no excluye que se puedan producir varios eventos seguidos.*

## La peligrosidad

El estudio del primer parámetro presenta similitudes y disimilitudes al abordar las inundaciones, los terremotos y los volcanes. Éstos casos de estudio comparten tres pilares, que son: la aplicación de modelos matemáticos e información numérica, la información de carácter histórico y la información de carácter geológico. Además, todos los modelos y datos están integrados en un Sistema de Información Geográfica.

Para la mancha de inundación, además de implementar un modelo numérico de precipitación, escorrentía y otro de alcance de la inundación, se han incorporado evidencias históricas y geológicas. El estudio del peligro sísmico tiene en consideración los terremotos tectónicos[4], incorpora un modelo matemático de atenuación por distancia y el efecto sitio en términos de tipología de materiales afectados y el efecto del relieve. El estudio del peligro volcánico tiene en cuenta las propiedades de las coladas y los volúmenes emitidos en coladas anteriores, incorporando un modelo que evalúa la trayectoria y alcance de las coladas futuras.

En lo relativo al ámbito espacial, el estudio sísmico está vinculado a una ocurrencia en un área concreta: una estructura geológica sismogénica, es decir, una estructura capaz de producir terremotos, pero cuyos efectos se propagan por todo el archipiélago. No conociéndose otras estructuras capaces de generar sismos importantes, el escenario sísmico es único. Sin embargo, en inundaciones y en volcanismo, el estudio del área potencialmente afectada está sujeto a un modelo aleatorio que responde a la cuestión de dónde se produce la precipitación y dónde se abre un foco de emisión lávica. Así, mientras que en sismicidad sólo se identifica un posible evento (un único escenario) de 0,2% de probabilidad anual, en inundaciones y volcanismo existe un número infinito de escenarios (o si no infinito, sí indeterminado muy elevado) de igual probabilidad. Esto se debe a que los modelos describen la estadística de las precipitaciones o de aparición de un nuevo foco de emisión de lava, algo que puede ocurrir en cualquier punto del mapa. Para este estudio, se valoran diferentes escenarios de tal modo que, compartiendo igual probabilidad de ocurrencia puedan dar lugar a un valor máximo de pérdidas.

En lo relativo a la severidad, mientras que en el caso del volcanismo la magnitud se restringe a la mancha de la colada de lava (magnitud espacial), en el caso de las inundaciones se incluye, además de la zona potencialmente inundable, el calado en cada

punto. Para la sismicidad se valora la aceleración del suelo en todo el archipiélago, que a su vez se transforma en un estimador de intensidad[5].

En el estudio de la peligrosidad por inundaciones se han integrado tres métodos (figura 2):

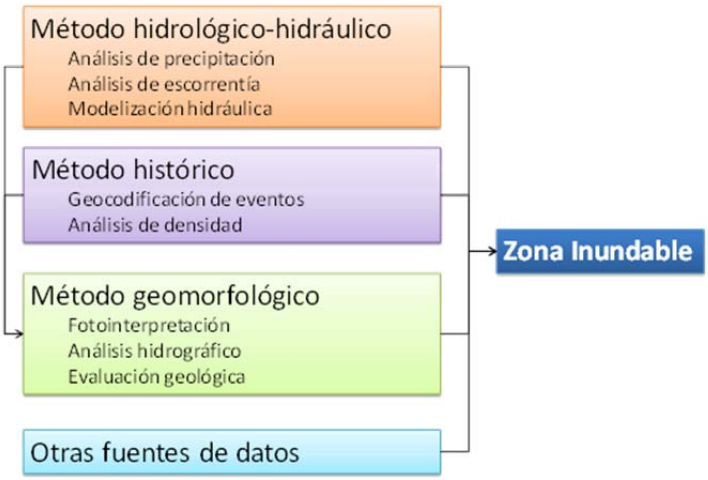


*Figura 2. Método para la delineación de zonas inundables.*

- Método hidrológico-hidráulico. Este método evalúa la precipitación y cómo ésta se transforma en escorrentía y mancha de inundación, para lo cual se proporciona el desencadenante (la precipitación intensa) e información sobre otras variables del territorio. Dado que el desencadenante considerado es la precipitación intensa, se ha construido un simulador de escenarios que permite caracterizar el alcance potencial medio del evento en unidades de cuenca afectadas.

- Método histórico. Aprovechando la base de datos del CCS sobre siniestralidades pasadas, el método permite integrar la información histórica como fuente adicional de zonas inundables.

- Método geológico. Gracias a la información de tipo geomorfológico se complementan los resultados de los métodos anteriores, aportando áreas inundables y mejorando resultados.

Adicionalmente a los tres métodos, se han integrado datos de otras fuentes que estuvieran fácilmente disponibles (datos de zonas inundables del MAGRAMA).

---

El esquema del método hidrológico-hidráulico se representa en la figura 3.

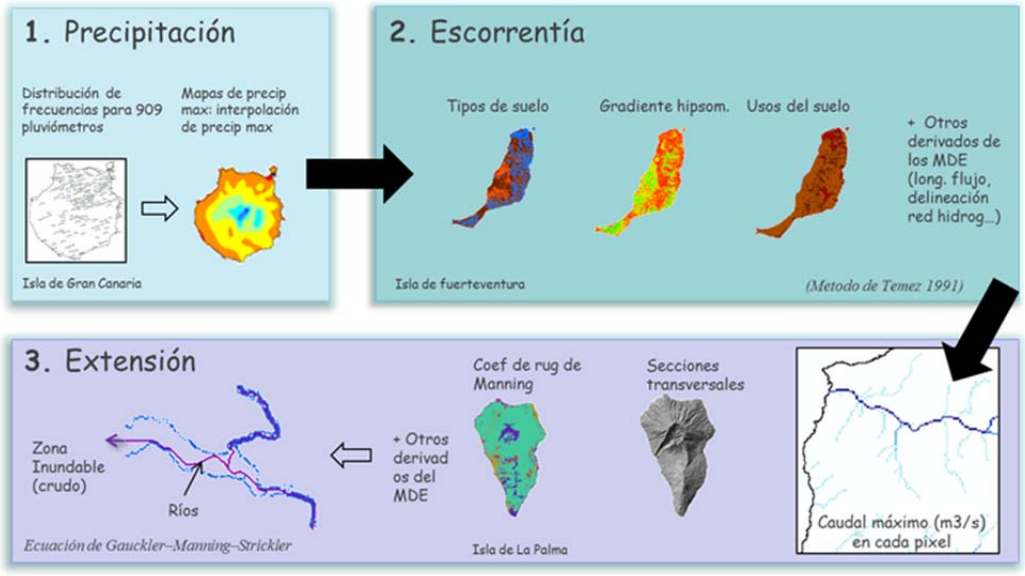


*Figura 3. Esquema de aplicación del método hidrológico-hidráulico.*

En la figura 4 se muestran dos ejemplos de cómo la geomorfología permite incluir y corregir zonas inundables donde los algoritmos implementados no son capaces de alcanzar una solución.

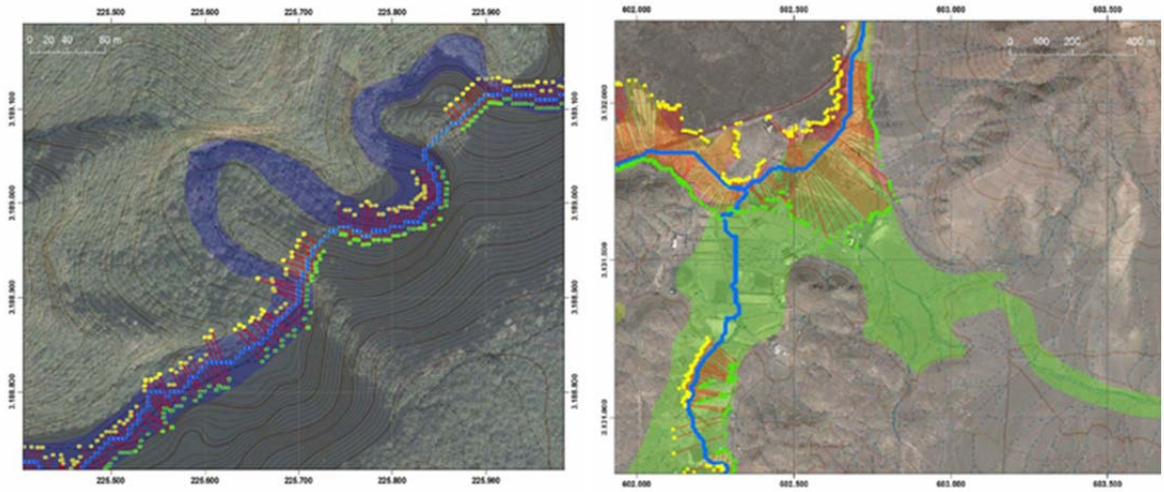

*Figura 4. Ejemplo de trazados geomorfológicos completando y mejorando los modelos hidráulicos.*

La figura 5 representa el método de estudio de los eventos registrados.

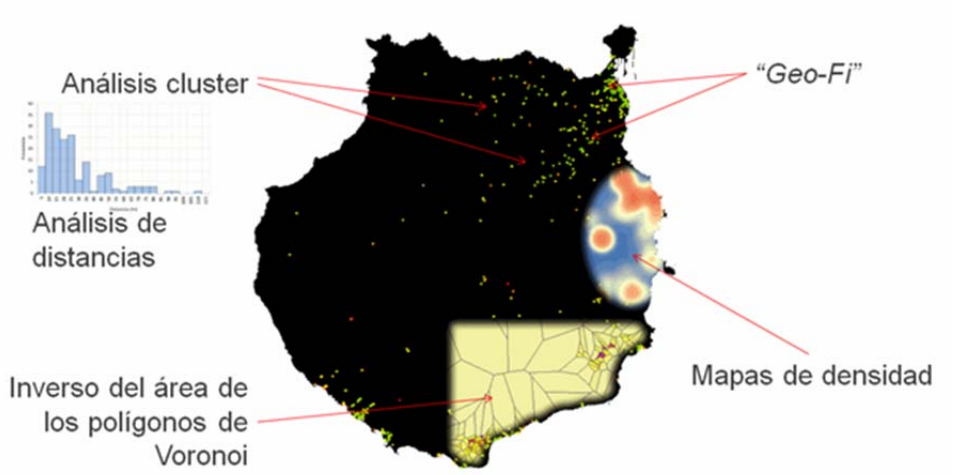


*Figura 5. En el análisis histórico se comienza geocodificando los eventos con diferente grado de incertidumbre, y se estudian las relaciones entre los eventos por métodos de análisis de densidad y análisis de distancias.*

Para el estudio de la sismicidad se ha realizado un análisis regional de zonas sismogénicas y potencial sísmico, seguido de un modelo de atenuación por distancia, lo que conduce a conocer la distribución de la aceleración sísmica que se alcanzaría con la probabilidad establecida. Este análisis regional se completa con un modelo de amplificación por condiciones de sitio, incorporando el efecto de la naturaleza de los suelos y el efecto del relieve como gradiente hipsométrico (figura 6).

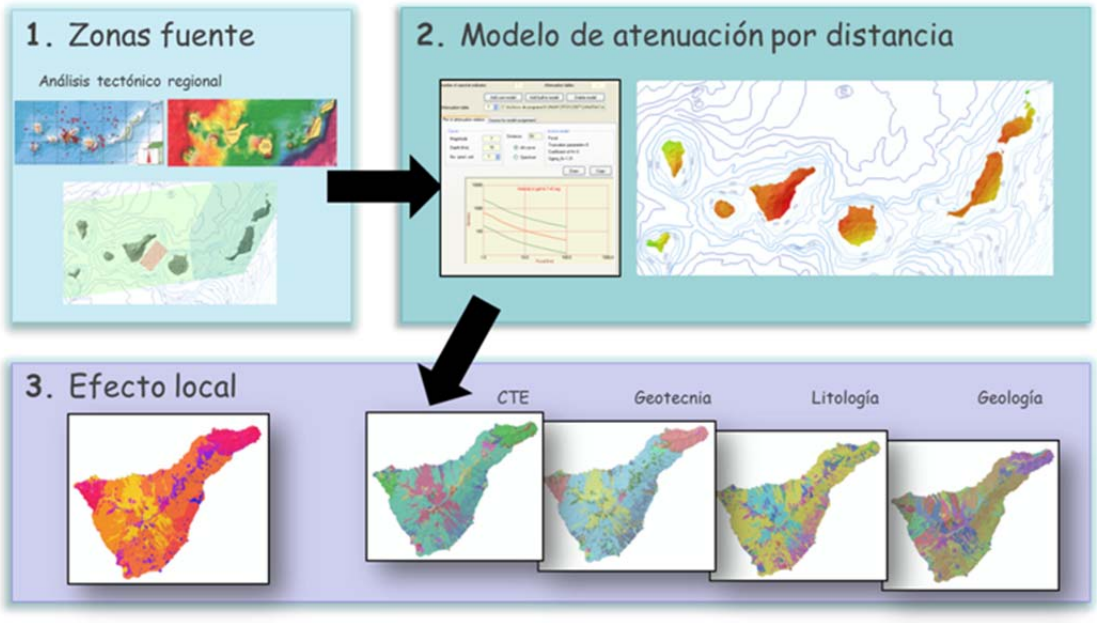


*Figura 6. Esquema metodológico para el estudio de la aceleración pico del suelo.*

Para el volcanismo se han utilizado las bases de datos del proyecto VOLCANTEN del IGME, donde se realiza una valoración probabilística de focos de emisión, y se modelizan

escenarios lávicos desencadenados de modo aleatorio por un simulador de eventos. El esquema metodológico se muestra en la figura 7.

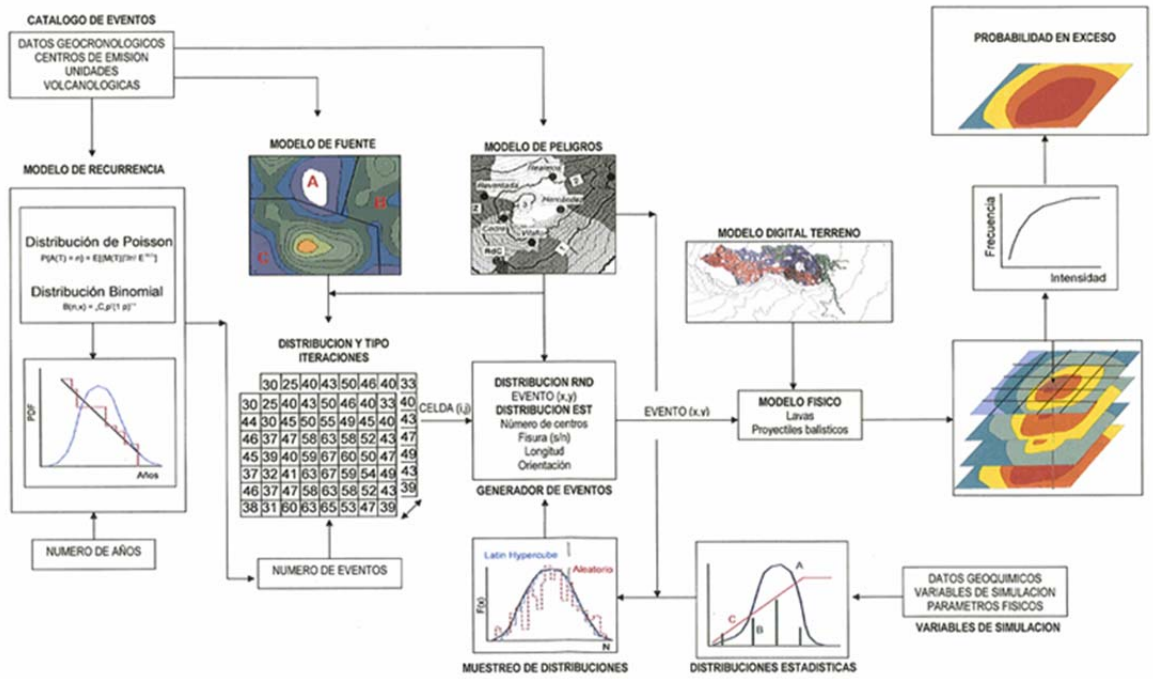


*Figura 7. Esquema de obtención de escenarios de coladas de lava.*

[4] *La sismicidad es la propagación de una onda elástica por los materiales, que cuando alcanza la superficie se puede percibir como una vibración del suelo, y puede ser natural (p.ej. un terremoto) o artificial (p.ej. el tránsito de un vehículo pesado). De las causas naturales cabe mencionar a modo de ejemplo las erupciones volcánicas, los impactos meteoríticos, los movimientos del terreno, y los esfuerzos tectónicos.*

[5] *La intensidad se calcula a partir de la aceleración pico del suelo y se expresa según la Escala Macrosísmica Europea de 1998. La aceleración del suelo es una de las formas de evaluar el efecto de un terremoto, otras incluyen la duración del terremoto, la frecuencia y amplitud de las ondas, etc.*

## La exposición

Para el estudio de la exposición se han utilizado las bases de datos del Catastro, que incluyen una valoración de los bienes inmuebles en términos de suelo (valor del suelo) y vuelo (valor de la construcción). Tanto para inundaciones, como para sismicidad y volcanismo, se ha considerado como valor asegurable el valor de la construcción (transformado por un coeficiente a valor de reconstrucción en el caso de sismicidad e inundaciones) y una parte porcentual añadida de valor de contenido. Ahora bien, mientras que en el caso de la sismicidad sólo se valora continente, pero todo el continente del archipiélago (despreciándose las pérdidas del contenido), en el caso del volcanismo se

valora todo el continente y el contenido de las zonas dentro la mancha de la colada de lava de cada escenario. Por su parte, las inundaciones incluyen como exposición total, al valor de los bienes en las plantas bajas y subterráneas de los elementos que se encuentren dentro en la mancha de inundación y el continente sólo en caso de alcanzarse o superarse un umbral de lámina de agua (Tabla 1).

Tabla 1. Elementos de la exposición incluidos

| Caso de estudio | Exposición | |
|---|---|---|
| | **Continente (edificios)** | **Contenido (bienes muebles)** |
| Inundaciones | Sólo de plantas bajas y subterráneas | Sólo el correspondiente a las plantas bajas y subterráneas |
| Sismicidad | Todo el continente | Sin contenido |
| Volcanismo | Todo el continente | Todo el contenido |

La depuración de las bases de datos catastrales para poder ser analizadas en un SIG ha sido una tarea que incluye la eliminación o corrección, en su caso, de errores topológicos tales como superposiciones (parcelas que comparten espacio), duplicidades (que tal vez proceden de revisiones históricas), polígonos abiertos, polígonos de áreas ínfimas o cero, y huecos. Otro aspecto importante que ha sido necesario subsanar ha sido la no correspondencia total entre registros alfanuméricos y gráficos, y viceversa, lo que seguramente responde a una actualización desacoplada de las partes gráficas y alfanuméricas. Una vez depuradas las bases de datos, se calcula el sumatorio de los bienes inmuebles a la escala de Parcela Catastral, de manera que se simplifica la cantidad de elementos con los que trabajar y se garantiza la confidencialidad de la información tratada.

## La vulnerabilidad

La vulnerabilidad de las parcelas catastrales ante una colada de lava se ha considerado como equivalente al 100%, es decir, cualquier parcela afectada por una colada sufrirá el daño equivalente al valor construido de la parcela en continente más su valor en contenido. Este considerando tiene en cuenta que las infraestructuras no se diseñan para soportar cargas horizontales importantes, que no están diseñadas para soportar las

temperaturas que alcanzan los materiales incandescentes naturales y que, una vez solidificada la colada, la infraestructura queda inutilizada.

En el caso de la sismicidad se ha tomado la Escala Macrosísmica Europea de 1998 (EMS98) como referencia, indizando el porcentaje de daño esperable en relación a la intensidad teórica calculada. Es decir, primero se clasifican los inmuebles conforme a alguno de los tipos constructivos considerados por la EMS98 y, conocida la intensidad calculada para el centroide de la edificación, se le asigna el porcentaje de daño que se deduce de la EMS98.

Para las inundaciones, se ha empleado un criterio similar al sísmico, indizando las pérdidas en función del calado esperable para cada parcela de acuerdo a los umbrales de daño conocidos para el contenido, e incorporando el valor del continente tan sólo para los calados en los que se pueden prever daños estructurales.

## El riesgo de inundación

Las zonas inundables en Canarias son franjas generalmente estrechas debido a que la hidrología de régimen no permanente[6] y de tipo torrencial en zonas de fuertes pendientes, da lugar a cauces profundos y valles angostos. Sin embargo, en zonas costeras, o allí donde se abren los valles, se forman zonas bastante llanas que pueden dar lugar a zonas inundables más extensas, pero con profundidades y velocidades más bajas que en los tramos medios y altos.

> Con los resultados obtenidos se deduce que casi el 65% del valor total se acumula en las plantas bajas y subterráneas y que el valor de todos los escenarios considerados representa menos del 30% del valor total.

Dicho de otro modo, más del 70% del valor de los bienes está fuera de zonas inundables. No obstante, gracias al modelo construido se ha constatado que no todo lo que está en zona inundable puede inundarse al mismo tiempo con una probabilidad del 0,2% anual y se han podido construir escenarios que, respondiendo a esta probabilidad, dan lugar a distintas situaciones de pérdidas previsibles.

De entre todas ellas se han seleccionado las más desfavorables y que se resumen a continuación, agrupadas en dos grandes grupos en función de si afecta a una cuenca única o a un grupo de cuencas:

a) Si se viera afectada una sola cuenca en una sola isla, el peor escenario para cada isla sería el siguiente:

| Isla | N. parcelas | Riesgo x$10^6$ € |
|---|---|---|
| El Hierro (EH) | 240 | 2,35 |
| Fuerteventura (FV) | 320 | 262,02 |
| Gran Canaria (GC) | 636 | 235,17 |
| Lanzarote (LZ) | 2.500 | 73,86 |
| La Gomera (GO) | 539 | 21,03 |
| La Palma (LP) | 1.096 | 23,45 |
| Tenerife (TF) | 19.098 | 596,25 |

b) Si el evento se comporta como área de influencia afectando a una o a más de una cuenca en relación al tamaño de la isla o al tamaño medio de los eventos simulados, se obtiene lo siguiente:

| | 10km de radio(1) | | 7% de área(2) | | 10% de área(2) | | 20% de área(2) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Isla** | **N.P.** | **Ri $10^6$ €** | **N.P.** | **Ri $10^6$ €** | **N.P.** | **Ri $10^6$ €** | **N.P.** | **Ri $10^6$ €** |
| EH | 995 | 5,09 | 240 | 2,35 | 339 | 3,20 | 540 | 4,07 |
| FV | 1.049 | 291,48 | 578 | 290,62 | 792 | 291,09 | 901 | 291,22 |
| GC | 3.306 | 258,19 | 636 | 235,17 | 776 | 241,43 | 2.129 | 256,32 |
| GO | 1.579 | 28,29 | 539 | 21,03 | 584 | 21,30 | 596 | 21,32 |
| LP | 3.730 | 73,90 | 1.006 | 35,86 | 1.194 | 36,35 | 1.566 | 39,98 |
| LZ | 7.181 | 171,66 | 4.081 | 118,25 | 4.336 | 142,51 | 6.209 | 157,06 |
| TF | 28.202 | 666,09 | 23.163 | 643,84 | 24.798 | 685,62 | 29.577 | 716,02 |

*N.P. es el número de parcelas catastrales afectadas.*
*Ri es el riesgo calculado.*
*(1) Se obtiene por la selección de cuencas que intersectan un área de influencia de 10km de radio tomando el centroide de la cuenca que más Ri acumula para cada isla.*
*(2) El área se considera aproximada, y se consigue sumando las áreas de las cuencas adyacentes en la misma vertiente que la cuenca que más Ri acumula.*

[6] *En el Archipiélago de Canarias no hay ríos por los que circule agua todo el año, los cauces están la mayor parte del tiempo secos y arrastran agua y sedimentos tan sólo durante episodios de lluvias intensas.*

## El riesgo sísmico

En cuanto al riesgo sísmico se han considerado únicamente los efectos directos, es decir daños a las estructuras constructivas como consecuencia de una vibración del terreno. Tomando las categorías constructivas de la EMS98, se observa que las tipologías más vulnerables (las que mayor daño pueden registrar, tipo A y B) no son tan abundantes como las menos vulnerables (C y D). Por ese motivo los resultados muestran que la mayor parte del valor económico en pérdida potencial reside en los grupos C y D más numerosos, quedando el daño asociado a las de tipo A y B por debajo del 20%. La distribución del daño, sumando las pérdidas de los cuatro tipos constructivos identificados, se puede observar en la figura 8. Del mapa se deduce que la variable más influyente en los estudios de sismicidad es la distribución de la población, concentrándose los mayores daños en los municipios más poblados. Por otro lado, se da la coincidencia de que las islas más alejadas del foco considerado en el estudio (localizado entre las islas de Tenerife y Gran Canaria) son también las menos pobladas. El sumatorio total de pérdidas aseguradas por un evento sísmico alcanza los 353,37 millones de euros.

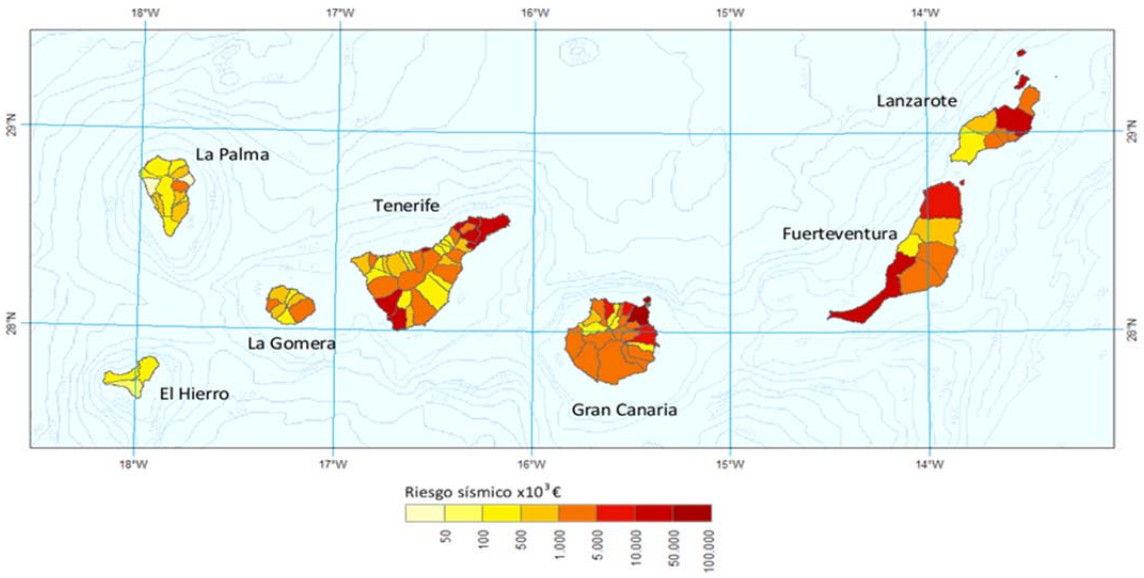


*Figura 8. Distribución del riesgo sísmico por municipios.*

## El riesgo volcánico

Una particularidad del peligro volcánico, en comparación con los peligros de inundaciones y sismicidad, es que un mismo foco eruptivo puede dar lugar a varios escenarios cambiando los volúmenes de lava emitidos. Es más, alterando la viscosidad de las lavas, un mismo foco con una misma cantidad de lava emitida también puede dar lugar a distintos escenarios. Por si fuera poco, una misma zona puede verse afectada por más de un

escenario derivado de focos de emisión diferentes. Además, los datos necesarios para construir escenarios volcánicos son tantos y tan costosos, que a día de hoy sólo están disponibles en la isla de Tenerife, por lo que los resultados se restringen a posibles consecuencias de que se produjera una erupción en esta isla. A pesar de ello, no está de más recordar que, de las siete islas, seis son volcánicamente activas (tan sólo La Gomera se considera inactiva). También cabe mencionar que sólo se ha tenido en cuenta la parte emergida, pues no se dispone aún de una cobertura que añada la parte submarina de los edificios volcánicos, que se elevan entre los cuatro y casi ocho mil metros desde el fondo marino, y de los que tan sólo emerge una pequeña parte.

De los escenarios simulados, se han seleccionado 14 para su evaluación atendiendo a sus posibles consecuencias, obteniendo en 12 de ellos un riesgo significativo, tal y como se recoge el siguiente cuadro:

| Escenario | N. parcelas | parte asegurada ($10^6$ €) |
|---|---|---|
| c526_20 | 12.052 | 5.504,43 |
| c525_19 | 11.215 | 3.612,02 |
| c520_17 | 7.501 | 1.253,92 |
| c555_25 | 4.896 | 784,52 |
| c829_1 | 838 | 522,58 |
| c394_1 | 1.330 | 505,39 |
| c395_3 | 665 | 406,84 |
| c262_4 | 1.467 | 321,06 |
| c930_3 | 294 | 189,63 |
| c295_4b | 769 | 82,58 |
| c484_2 | 50 | 4,22 |
| c494_2 | 2 | 0,04 |

Los dos escenarios que mayores daños producirían son el C525-19 y el C526-20 (figuras 9 y 10). Ambos comparten la particularidad de que afectan al Puerto de la Cruz, pero se diferencian en los puntos de emisión, lo que condiciona la extensión y trayectoria de la colada de lava.

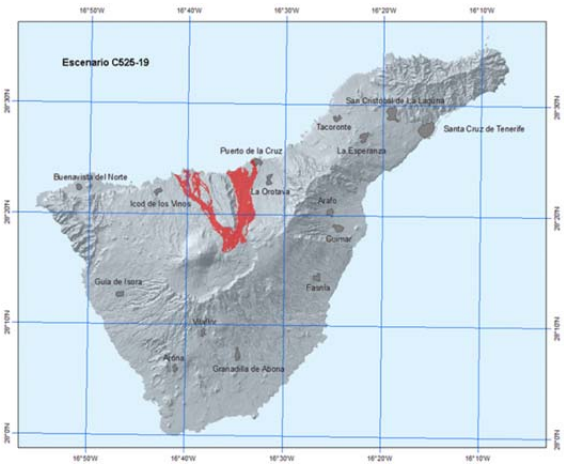


*Figura 9. Escenario C525-19, segundo en daños previsibles por coladas de lava.*

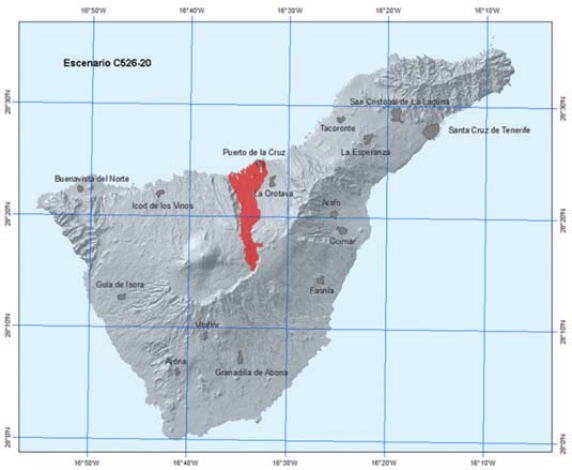


*Figura 10. Escenario C526-20, primero en daños previsibles por coladas de lava.*

## Conclusiones

Aun siendo conscientes de las limitaciones del estudio por la ausencia de datos de partida o por la calidad de los mismos, este estudio ofrece aportaciones de interés para que el CCS pueda disponer de una información útil para la evaluación de sus necesidades de recursos. Además, y como especial valor reseñable, ha permitido elaborar un modelo aplicable a cualquier parte del territorio nacional por utilizar fuentes de información fácilmente disponibles y extrapolables, y porque integra métodos que son ampliamente reconocidos y utilizados.

Cabe destacar que la base de datos del Catastro es una fuente de información tan relevante en los estudios de riesgo como puedan ser los propios modelos digitales de elevaciones, ya que permite hacer una aproximación a un valor homogéneo e imparcial. Además, permite el cálculo de parámetros fundamentales para la estimación de diferentes componentes del riesgo.

En cuanto al estudio de las inundaciones y la sismicidad, las evaluaciones del riesgo realizadas en el trabajo deben tomarse como cifras de referencia central, debido a las limitaciones existentes.

En el cálculo de la peligrosidad volcánica, la falta de datos y la di ficultad de su interpretación destacan por encima de otros factores, por lo que su incertidumbre es mayor que en los datos anteriores. Pero debe tomarse como una referencia mínima, ya que, asociados al episodio volcánico, podrían darse otros fenómenos cuya peligrosidad no ha sido evaluada en este trabajo.