

Sistema de análisis del riesgo de inundación*

MARÍA TERESA PISERRA

MAPFRE RE

La expresión en inglés *to be afraid of* se traduce en castellano como «temer» o «tener miedo de», pero no se corresponde con el objetivo del proyecto que se va a presentar, puesto que en él se aborda el análisis de uno de los peligros de la naturaleza conocido por el hombre desde tiempos antiguos en todos los continentes: las avenidas de los ríos y las inundaciones. El proyecto A.F.R.A.I.D., lejos de renunciar ante tal desafío, supera los estudios tradicionales de inundaciones incorporando la innovadora tecnología de satélites a través de la teledetección (*remote sensing*) para diseñar una metodología de cálculo del peligro de inundación.

Antecedentes

Desde que el ser humano habita la Tierra, ha buscado áreas de topografía plana donde podía construir fácilmente sus refugios, ocupando, así, tierras vegetadas, fértiles y próximas a los cursos de los ríos. Inconscientemente, ha invadido el medio fluvial cuya morfología es el resultado de su comportamiento y de las necesidades de su funcionamiento estacional. La respuesta del medio no sigue los cauces de la diplomacia y se manifiesta de forma agresiva y catastrófica, aunque dentro de su patrón natural de comportamiento.

Las inundaciones se han convertido en uno de los riesgos naturales de consecuencias más catastróficas en Europa (Italia, España, Escandinavia, Francia y Reino Unido entre otros). A finales de 1994, la provincia italiana del Piemonte sufrió las consecuencias de graves inundaciones, favoreciendo un replanteamiento en la Ley de Seguros italiana para dar entrada obligada al sector privado. Conscientes del problema socioeconómico que supone este

(*) Aplicación en el proyecto A.F.R.A.I.D.: A Flood Risk Analysis for Insurance Damages.

peligro natural, las sociedades MAPFRE RE (España), C.I.A.R. (Bruselas), Ital Re (Italia), *Società Cattolica di Assicurazioni* (Italia) y *Nuova Telespazio* (Italia), se reunieron formando un Consorcio con el objetivo de diseñar una metodología de cálculo de peligro de inundación para todo el territorio italiano basándose en métodos de teledetección (*remote sensing*). Inicialmente, el nivel de peligrosidad de inundación se asigna por provincias italianas, para en una segunda fase alcanzar un detalle más local y más adaptado al comportamiento espacial del fenómeno. El trabajo científico y técnico lo ha desarrollado un buen equipo de geocientíficos de *Nuova Telespazio*, empresa que forma parte de la Agencia de Telecomunicaciones de Italia, donde los últimos descubrimientos se manejan con sofisticadas herramientas informáticas. La supervisión del proyecto desde la perspectiva aseguradora, la llevó a cabo un Comité Técnico integrado por representantes de las sociedades del Consorcio.

El 27 de junio de 1995 se convocó en Roma al mercado asegurador italiano así como a los reaseguradores nacionales e internacionales que operan en Italia, para la presentación de

las directrices generales del proyecto A.F.R.A.I.D.

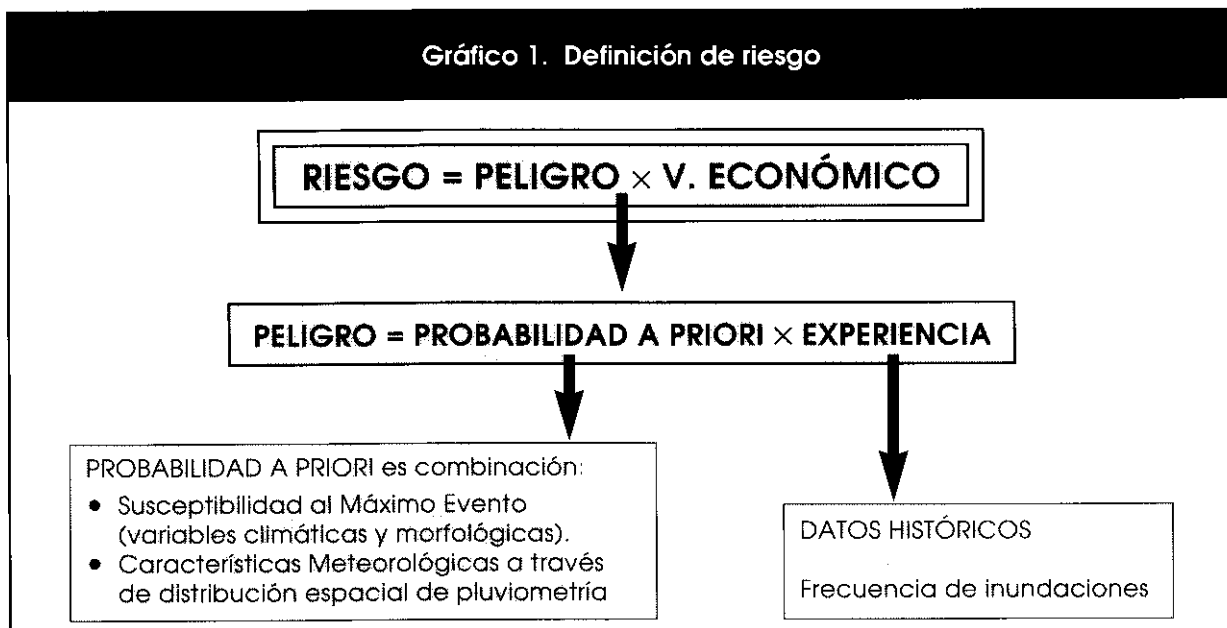
La principal novedad del proyecto A.F.R.A.I.D. es la explotación de información procedente de satélites, circunstancia que permite alcanzar los objetivos planteados sin necesidad de realizar el tedioso y prolongado trabajo de campo. Asimismo, se han empleado avanzadas aplicaciones informáticas para el tratamiento del enorme volumen de información manejado y los cálculos realizados, así como potentes equipos de hardware para el almacenamiento, exhibición gráfica y gestión de datos.

Rutina de trabajo

Los principales pasos que se siguieron durante el desarrollo del proyecto fueron los siguientes:

1. Identificación de los **factores** que mejor describen la susceptibilidad del territorio a la inundabilidad y elección de los **parámetros** que expresan su comportamiento.

Gráfico 1. Definición de riesgo



2. Clasificación de cada parámetro según diferentes **grados de peligrosidad** y atribución de **importancia** (peso) de cada uno de los grados.

3. Diseño de **mapa de la susceptibilidad** del territorio a las inundaciones en función de todos los factores determinantes.

4. Diseño del **mapa pluviométrico** por medio de una espacialización del parámetro pluviométrico.

5. Diseño de un mapa que contemple los condicionantes climáticos y de susceptibilidad a las inundaciones superponiendo los dos anteriores (3 + 4).

6. Análisis de los eventos históricos.

7. Combinación final de 5 + 6.

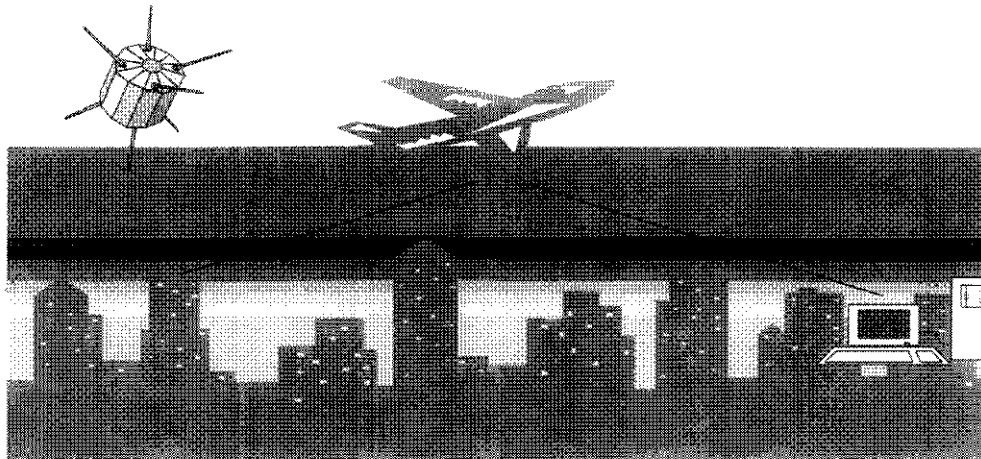
en detalle las áreas inundables (llanuras de inundación) que rodean los cursos fluviales.

Identificación de factores en las Cuencas Hidrográficas

Los factores que se han considerado para el cálculo del coeficiente de peligrosidad de inundaciones han sido: altimetría y mapa de pendientes, red hidrográfica, mapa geológico, mapa de usos del suelo, datos pluviométricos y datos históricos.

Gráfico 2. Técnicas de teledetección

Toma de datos: Desde el suelo, el aire o el espacio



Muchos de los factores que se han utilizado para calcular el Coeficiente de Peligrosidad de Inundaciones se obtuvieron por medio de TELEDETECCIÓN.

A medida que el proyecto iba avanzando y en función de la disponibilidad de datos, surgieron nuevos enfoques que permitieron acotar la confiabilidad de los resultados. Así, se aplicaría en primer lugar la rutina de trabajo descrita al estudio de las cuencas y subcuencas hidrográficas, para posteriormente analizar

Mapa de pendientes - Altimetría

Para analizar la topografía del territorio italiano se ha utilizado un DEM o *Digital Elevation Model*, formado por una red cuyos nudos limitan los «pixel» o unidad mínima de información geográfica (250 metros x 250 metros) y que es-

ANÁLISIS

tán perfectamente geo-referenciados a través de las coordenadas geográficas y el nivel altimétrico.

Una vez que el DEM estuvo disponible para toda Italia, se utilizó un GIS o Sistema de Información Geográfica (*), que permitió generar otras informaciones, como el mapa de pendientes, al comparar los valores altimétricos de las celdas contiguas. La subdivisión de la variable «pendiente» en cinco clases se hizo en base a criterios de estabilidad de taludes y límites de pendiente para trabajos de maquinaria agrícola.

red hidrográfica. Dado que normalmente las áreas inundadas no suelen superar extensiones alejadas a más de un kilómetro a cada lado del río principal, se considera que a partir de esta distancia la peligrosidad disminuye sensiblemente. La variable «densidad de la red de drenaje» se ha tramificado en cinco clases.

Geología

En el mapa geológico de Italia de escala 1:500.000, se diferenciaron litologías suscepti-

Gráfico 3. DEM (modelo digital del terreno)



Red Hidrográfica

Se discriminaron áreas de diferente peligrosidad por proximidad a los ríos y densidad de la

bles a la inundación en función de su porosidad y/o fracturación, agrupando en cuatro clases, litologías similares según dichas características.

(*) GIS (Geographic Information System) ha sido definido por Burrough (1988) como un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos.

Usos del suelo

Se ha utilizado un mapa temático de usos del suelo de resolución 1 km² que clasifica los tipos de vegetación. Ha sido obtenido a través de datos del Satélite NOAA (*U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration*) por diferenciación de la actividad fotosintética. Distingue un elevado número de categorías de vegetación y suelos, por lo que se agruparon en grandes clases según su capacidad de infiltración del agua, como por ejemplo y de menor a mayor infiltración: suelos urbanos, áreas no vegetadas, zonas de cultivo y prados y por último, grandes bosques.

Pluviometría

Se ha empleado el parámetro de máxima precipitación caída en 24 horas para un período de retorno de 100 años. Como dicha información se refiere a estaciones puntuales, una espacialización del parámetro fue necesaria para poder cubrir todo el área de estudio. El

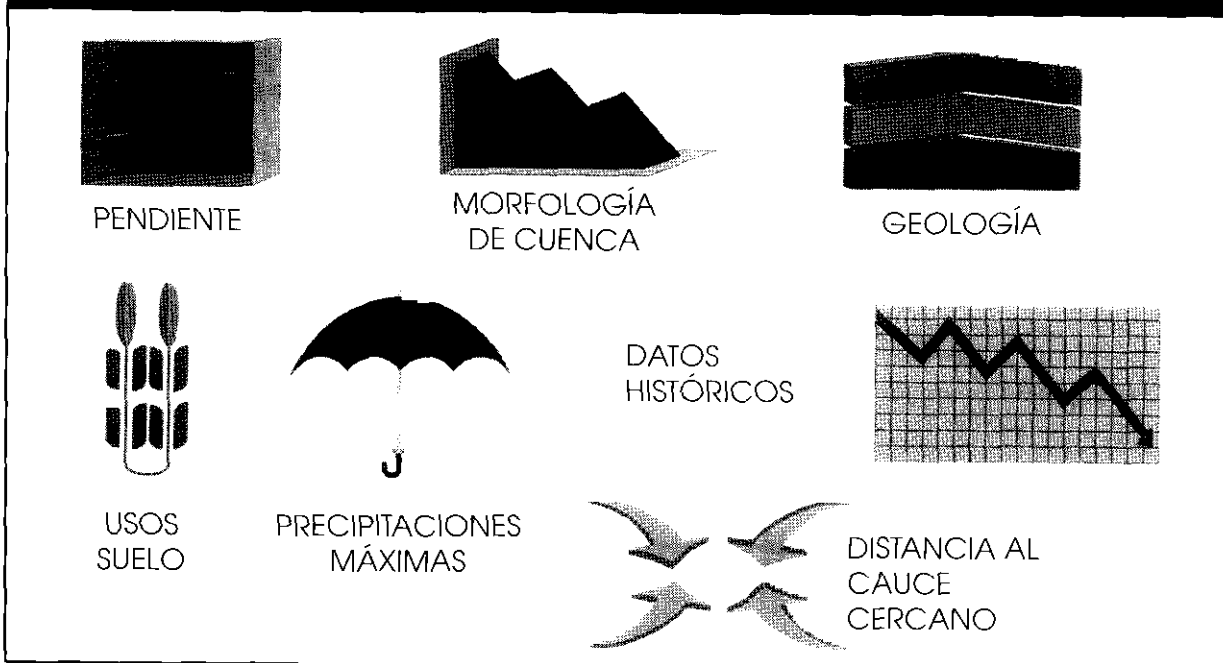
método utilizado fue el de Kriking, que permite calcular el peso atribuible a los datos que ya se conocen y reconstruir los datos que faltan en el resto de la red. Dicho mapa, junto con la morfología de las cuencas, permitieron calcular los índices de descarga y los tiempos de concentración de flujo. La variable «pluviometría» se tramificó en cinco clases.

Datos históricos

Gracias a una exhaustiva recopilación de datos históricos de inundaciones en Italia de 1918 a 1990 contenida en la publicación de 1994 *Censimento delle Aree Italiane Vulnerate de Calamità Idrogeologiche*, se ha calculado la probabilidad anual de ocurrencia de inundaciones por provincia.

La combinación de los anteriores factores permite obtener un coeficiente de peligrosidad de inundaciones **para cada cuenca hidrográfica** (cada una tiene una extensión de unos 300 km² aproximadamente).

Gráfico 4. Factores incidentes en el riesgo de inundación



Identificación de factores en las llanuras de inundación

A continuación, se procedió a realizar un estudio de las áreas más cercanas a los cursos fluviales dentro de cada cuenca hidrográfica. Para ello, se analizaron los siguientes factores: distancia al curso fluvial, geología y pendiente.

Distancia al curso fluvial

Se diferenciaron las orlas que rodean los cauces fluviales activos, representando áreas de peligrosidad de mayor a menor según la distancia.

- 0 - 250 metros
- 250 - 500 metros
- 500 - 750 metros
- 750 - 1.500 metros
- > 1.500 metros

Geología

Siguiendo una hipótesis determinista, en aquellas llanuras de inundación donde se han cartografiado aluviones, es decir, depósitos sedimentarios fluviales recientes de edad cuaternaria, se presupone que son más susceptibles a ser inundaciones. Por el contrario, donde no se han cartografiado aluviones se considera un nivel de susceptibilidad a la inundación menor. De esta forma se consideran dos categorías dentro del factor «geología».

Pendiente

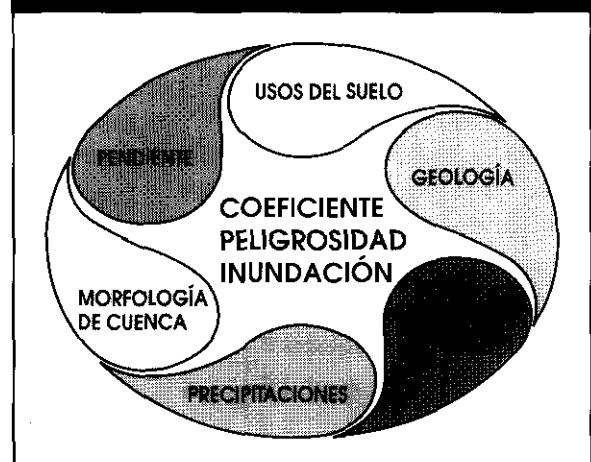
Las llanuras de inundación presentan normalmente una topografía bastante plana, por lo que los rangos en que se dividió la variable «pendiente» fueron:

- 0 - 1%
- 1 - 5%

Así, a menor pendiente, se interpreta que las condiciones para que se produzca el encharcamiento y embalsamiento del agua son más favorables.

La inserción, combinación y ponderación de los factores analizados por cuenca hidrográfica y los factores analizados para las llanuras de inundación, darán como resultado el **mapa de peligrosidad para inundaciones en Italia**, de gran utilidad para todos aquellos que operan en el campo del seguro y reaseguro en Italia, y de aplicación para tareas de Protección Civil.

Gráfico 5. Coeficiente de peligrosidad de inundación



Conclusiones

Todo lo relacionado con la prevención, predicción y evaluación de riesgos y peligros, vigilancia de fenómenos naturales y evaluación de daños, resulta extremadamente útil para el mejor conocimiento de los eventos catastróficos con origen natural. Existen varios programas internacionales para poner en órbita satélites que proporcionan valiosa información so-

bre la Tierra y su atmósfera. Entre ellos, la primera generación de satélites europeos de observación de la Tierra ERS-1 y ERS-2 (European Remotesensing Satellites), concebida en principio para fines científicos, está demostrando que la tecnología de radar puede tener muchas aplicaciones prácticas en el mundo de hoy.

El programa A.F.R.A.I.D. no es el primer representante de la convergencia de la ciencia avanzada y el mundo del seguro y reaseguro. Existen iniciativas en otros países promovidas por este sector económico que tratan de aunar imágenes de satélites e información geográfica. En cualquier caso, se pretende que el programa A.F.R.A.I.D. no termine en Italia, pues hay ya planificada una segunda fase de estudios de mayor detalle, y por otra parte, la metodología de trabajo elaborada es ex-

portable a otros países que sufran el azote continuo de las inundaciones.

De cara al siglo XXI se abre todo un abanico de posibilidades de investigación y desarrollo apoyado en la teledetección. El campo de la gestión de los Riesgos Naturales resulta claramente favorecido por las posibilidades que ofrecen la información suministrada por los últimos satélites que se han puesto en órbita. La colaboración entre países permitirá el intercambio fructífero de tecnología y recursos humanos para alcanzar los mayores logros durante las próximas décadas.

En MAPFRE Re se presta gran atención al estudio de los peligros de la naturaleza con la intención de poder aportar, desde la óptica del reasegurador y siguiendo criterios técnicos, soluciones para un mejor aseguramiento de estos riesgos. ■