

Un mapa no solo es un mapa

“El mapa es una herramienta de visualización de información con un gran potencial, y el ser humano ya se dio cuenta de ello hace mucho tiempo.”

Ignacio Ugarte



Piedra tallada hace más de 2000 años.

<https://cnnespanol.cnn.com>

LA IMPORTANCIA DE UN MAPA

Es curioso el poder que tiene un mapa. Con un simple vistazo, permite no solo asimilar una gran cantidad de datos de muy diversos aspectos que afecten a una zona, sino, quizá más importante, llegar a comprender las relaciones entre ellos y cómo afectan al entorno. Desde el momento en el que somos capaces de ubicar espacialmente una información, la podremos meter en nuestra coctelera, de forma que aportará su toque característico al combinado.

Todo esto no es nuevo. Es muy difícil saber con precisión cuándo fue la primera vez que el hombre recurrió a una representación de su entorno para explicar, comprender o conmemorar un acontecimiento. Emplearía una tablilla de arcilla, quizá en Babilonia, alrededor del año 600 aC, o igual, muchísimo antes, alrededor del año 1200 o 2000 aC, en la zona de los Alpes italianos, alguien quiso representar sobre la roca una zona montañosa con caminos en la que se mostraba la ubicación de unos asentamientos.

Algunos piensan que ya en el año 6000 aC un turco hizo lo que hoy se conoce como el primer callejero urbano. En la localidad francesa de Lascaux, aparecieron unas pinturas rupestres, sobre el 17000 aC, mostrando algunas constelaciones, como Pléyades. Incluso se han encontrado representaciones geográficas datadas en el año 25000 aC en la actual República Checa. Efectivamente, se confirma que esto de usar mapas no es nuevo.

La propia evolución de la cartografía la podemos asociar a la de las civilizaciones. Quizá no sean necesarios grandes conocimientos técnicos para dibujar un croquis a mano alzada, pero, si lo que pretendemos es una representación lo más fiel posible de una extensión de terreno que no somos capaces de abarcar con la vista, el reto al que nos enfrentamos no es poca cosa.

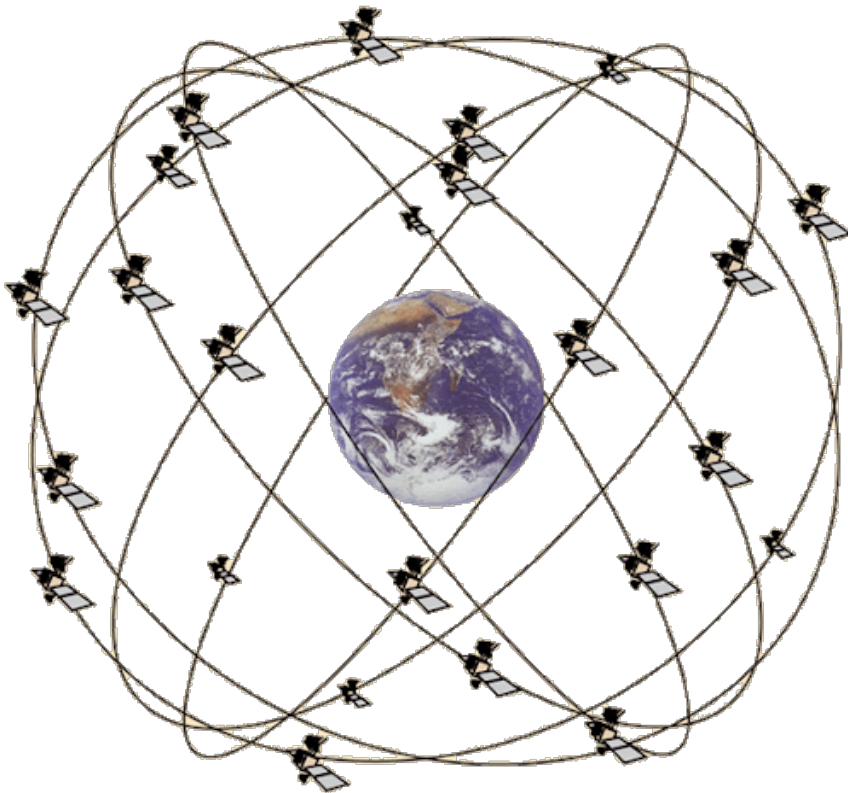
Para empezar, pretendemos representar sobre una superficie plana algo que no es plano. Dejando a un lado ideas revolucionarias “terraplanistas”, y manteniendo la fe en la fuerza del campo gravitatorio terrestre, se puede afirmar que nuestro planeta tiene una forma esférica. Realizaremos proyecciones cartográficas. Cuando con un plano no sea suficiente, apoyándonos en otras superficies auxiliares como cilindros o conos, para representar una porción de su superficie, o incluso toda ella. Grandes nombres se labraron su lugar en la Historia haciendo sesudas aporta-

ciones para solucionar este problema. Gerardus Mercator (1512-1594), Johann Heinrich Lambert (1728-1777), Johannes Stabius (1460-1522), Carl Friedrich Gauss (1777-1855), Johann Krüger (1856-1923) son algunos de ellos.

LOS SATÉLITES

Como en otros muchos campos, conforme ha ido avanzando la tecnología, su evolución ha sido más rápida. En este caso, el empleo de un punto de la superficie terrestre como origen de un sistema referencia respecto del cual se representarían todos los demás llegó a su fin en el año 2007.

El pilar fundamental sobre el que se habían basado todos los sistemas de referencia, desde las pinturas rupestres hasta los productos cartográficos digitales ya del siglo XX, llegó a su fin debido a la aparición de los Sistemas de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS). El ser humano dejaba de mirar al suelo, y levantaba la vista hacia el espacio. No solo eso. Además, era capaz de fabricar y poner en órbita alrededor de la Tierra artefactos que le ayudarían a conocer su ubicación espacial. Esto supone un cambio tremendo de mentalidad. De una perspectiva local, circunscrita a una zona de interés determinada, se pasaba a otra global. El mundo ya no tenía fronteras.



Constelación del Sistema GPS, NAVSTAR.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>

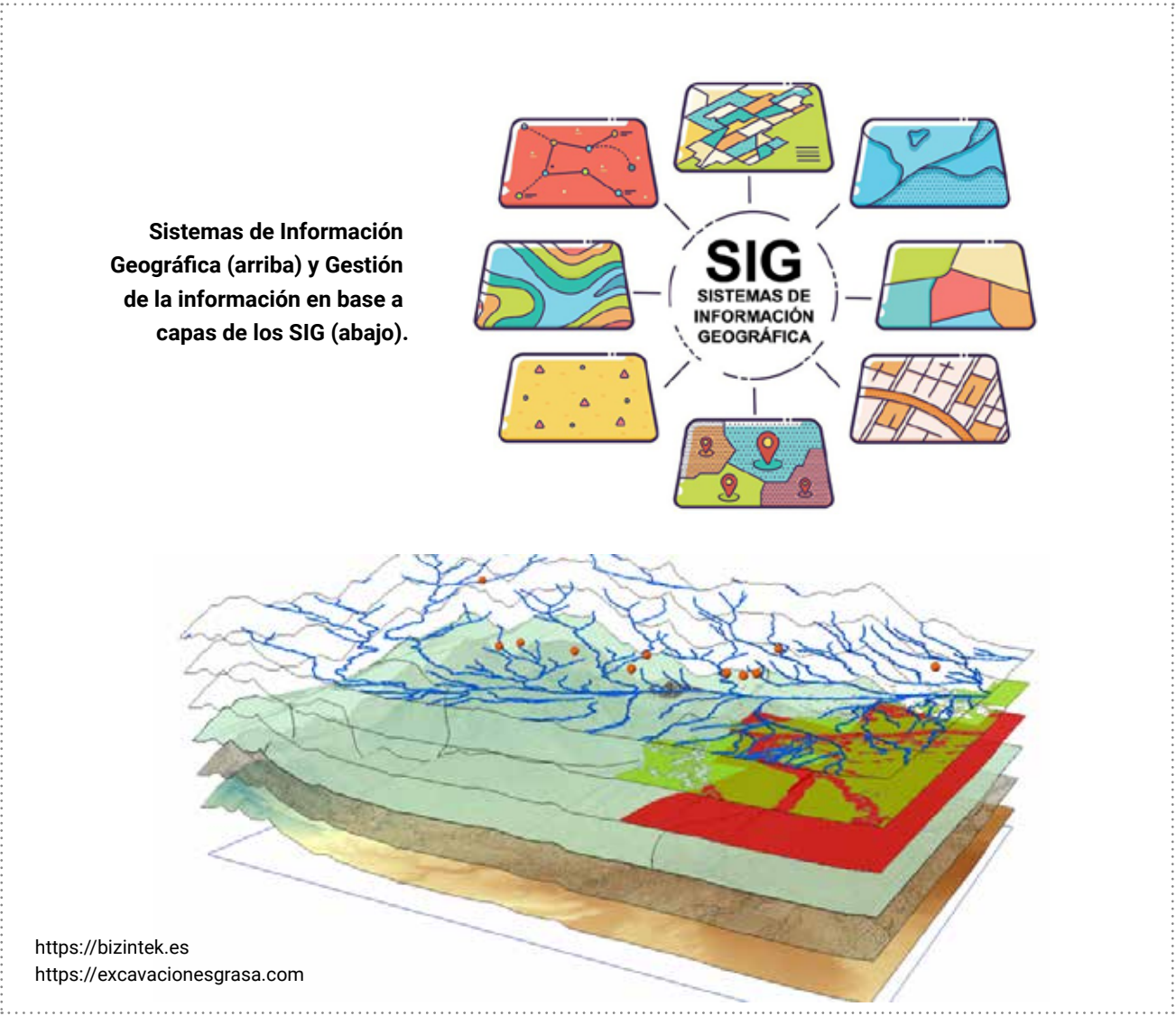
El hecho de poner ingeniosos artefactos en órbita no solo se emplearía para, mediante una trilateración, obtener la posición de un receptor sobre la superficie terrestre. Si contamos con plataformas espaciales, entre los múltiples usos disponibles, podremos dotarlas de sensores que capten la energía reflejada por dicha superficie. En unos casos, proveniente de la que previamente ha emitido el propio Sol y, en otros, de la que ha sido emitida por algún dispositivo artificial.

Los avances en la física, y fundamentalmente en electromagnetismo, han hecho que seamos capaces de extraer información a partir de los valores de reflectancia en las distintas franjas de valores de frecuencia, o longitud de onda, del espectro electromagnético. Esto nos permite identificar, a partir de la energía que recibe un sensor, la naturaleza de los diferentes objetos y tipos de suelo sobre los que la energía ha incidido.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Estos avances también nos llevan hacia las herramientas informáticas que emplearemos para gestionar y visualizar la información, ubicada espacialmente, que queremos considerar. En concreto, trataremos con los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Mediante un sistema de capas, podremos mostrar cada aspecto, tipo de información, que vayamos a considerar.

La informática no deja de ser una herramienta, pero que nos ayudará a implementar conceptos matemáticos y, más concretamente, estadísticos. A la hora de valorar diferentes aspectos que queremos considerar según nuestra finalidad concreta, aplicaremos mayor o menor importancia a unos u otros. Asignaremos pesos. Estos corresponderán a los valores propios de un Análisis Multicriterio Jerarquizado (AHP).



Llegado a este punto, vemos que somos capaces de representar nuestro entorno a partir, no solo de nuestras observaciones sobre el terreno, sino apoyándonos de tecnología satelital, también de plataformas aéreas como aviones o drones. Somos capaces de representar sobre un mapa cualquier tipo de información que seamos capaces de ubicar espacialmente. También podemos, a partir de unos datos iniciales, aplicando los pesos correspondientes, obtener nuevos productos, en forma de cartografía, que nos facilitarán la comprensión de una situación en un entorno espaciotemporal concreto y, a partir de ello, se facilitará en gran medida la toma de decisiones. Todo esto, es de gran importancia en múltiples ámbitos, pero quizá sea en los de la gestión de riesgos y la defensa y seguridad aquellos en los que su impacto sea más crítico.

INTELIGENCIA GEOESPACIAL

El 11 de septiembre de 2001, en los Estados Unidos, cuatro aviones comerciales de pasajeros fueron secuestrados con fines suicidas por terroristas pertenecientes a una organización, Al Qaeda, liderada por el saudí Bin Laden. Dos de ellos impactaron contra las torres gemelas del World Trade Centre, provocando su colapso. Otro lo hizo en un ala del Pentágono. El último frustró su objetivo criminal gracias a la valerosa actuación de los pasajeros y tripulación.

Este ataque terrorista conmocionó a la Comunidad de Inteligencia (CI) norteamericana. Tradicionalmente, su modo de actuar había consistido en adelantarse a la amenaza proyectando fuerzas expedicionarias, de forma que su territorio permaneciera ajeno a cualquier conflicto. Las guerras mundiales, Vietnam, Corea, Somalia son algunos ejemplos. El 11S dejó en evidencia su capacidad de predecir y anticiparse a estas amenazas, por ello, se llevó a cabo una revisión en profundidad de todos sus procedimientos y de su propia estructura con objeto de que no se repitiera.

En el mundo de la inteligencia, en función de la procedencia de la información que se transformará en inteligencia, se adoptan diferentes acrónimos. Así, cuando se trata de fuentes abiertas hablaremos de OSINT (Open Sources Intelligence), IMINT en el caso de imágenes, SIGINT de señales electromagnéticas, HUMINT de fuentes humanas... fruto de la revisión anteriormente mencionada, surge y se acuña un término nuevo: GEOINT (Geospatial Intelligence, o Geo-Intelligence).

“Somos capaces de representar nuestro entorno a partir, no solo de nuestras observaciones sobre el terreno, sino apoyándonos de tecnología satelital.”



Sede central de la NGA.

Podría pensarse que se trata de una nueva fuente de información, la geográfica. Sin embargo, esto no es así. GEOINT lo que hace es recopilar toda la información de las fuentes anteriores, georreferenciada, y presentarla en forma de producto cartográfico. No solo esto, además, a partir de esta información es capaz de generar capas de información nuevas con la finalidad de facilitar el proceso de toma de decisiones.

GEOINT se define como la unión de:

- Imágenes, fundamentalmente satelitales.
- La información o inteligencia que de ellas se haya podido obtener, IMINT.
- Toda la información que se disponga relativa al área de estudio de que se trate.

La simple visualización de la información facilita en gran medida la comprensión del entorno. Si, además, somos capaces de generar nueva información a partir de la anterior, el proceso se convierte en una herramienta de decisión de gran potencial.

Para implementar este concepto, los EE.UU. renombran su antigua National Imagery and Mapping Agen-

cy (NIMA), que recopilaba de manera separada cartografía e imágenes satelitales, y pasa a denominarla National Geospatial Intelligence Agency (NGA). En la actualidad cuenta con más de 60.000 empleados, entre personal militar y civil. Está presente en toda operación que sus Fuerzas Armadas llevan a cabo. En el ámbito académico, fundó la United States Geospatial Intelligence Foundation (USGIF). Son numerosas las universidades estadounidenses acreditadas por dicha fundación. Incluso hay una universidad extranjera: la universidad NOVA de Lisboa.

Una vez que los EE. UU. apuestan por GEOINT, el resto de los países de la OTAN, cada uno a su manera, trata de acogerse al mismo. La información procedente de las células Geo de los diferentes cuarteles generales tanto nacionales como multinacionales es fundamental, tanto en la fase de planeamiento como en la de conducción de las operaciones que llevan a cabo.

En el ámbito civil, el empleo de este tipo de procedimientos resulta fundamental a la hora de prevenir y mitigar los efectos de catástrofes ambientales. Se realizan estudios relativos a los riesgos de incendios forestales, inundaciones o vertidos tóxicos derivados de accidentes industriales, por poner algunos ejemplos. Los tiempos de respuesta y las medidas que se tomen en los primeros momentos resultarán fundamentales en estas situaciones. Por ello, la información procedente del análisis de información geoespacial es clave en los sistemas de alerta temprana.

CASO PRÁCTICO

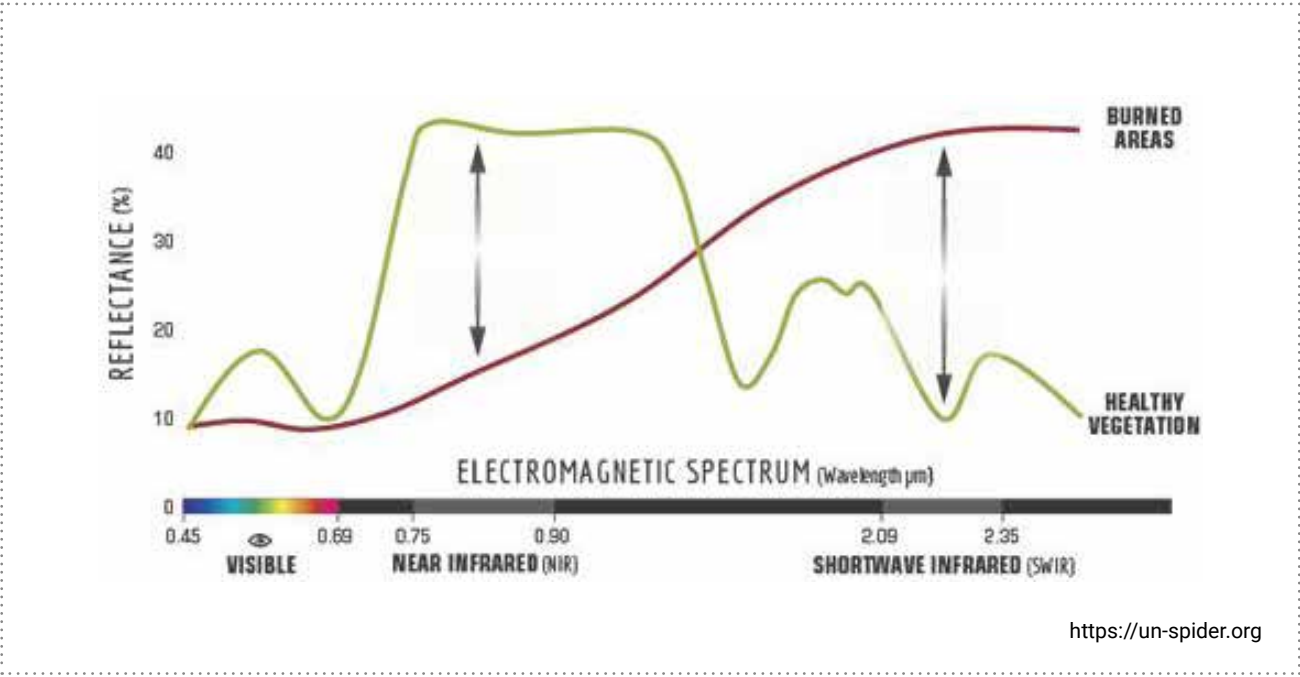
Siguiendo con esta idea, se tratará de mostrar un ejemplo práctico. Se ha tomado como zona de estudio el Centro de Adiestramiento (CENAD) San Gregorio, ubicado en la provincia de Zaragoza, al norte de su capital. Se trata del campo de maniobras de mayor extensión de Europa, y está capacitado para albergar ejercicios militares de todo tipo. Debido a las especiales características de las actividades que en él se desarrollan y pese a contar con un magnífico sistema de gestión, es inevitable que se produzcan incendios forestales.

Gracias al mencionado sistema, las consecuencias de estos se mantienen siempre en unos márgenes de absoluto control. Sin embargo, apelando al espíritu de mejora, se propone la construcción de un pequeño embalse

en las proximidades de zonas que sufren con recurrente las consecuencias de los incendios, que sirva de fuente de agua a los equipos contraincendios. Todo el trabajo se ha realizado con el SIG de software libre QGIS.

En primer lugar, se deberán identificar aquellas zonas que se queman con mayor frecuencia. Derivado del análisis de imágenes satélite multispectrales, en concreto del programa de la Agencia Espacial Europea (ESA) Sentinel-2, se pueden identificar estas zonas. La cubierta de la zona de estudio consiste fundamentalmente en vegetación. Antiguos pastizales, bosque bajo y matorros. Este será el combustible de los incendios. Aprovechando el conocimiento que se tiene respecto a la reflectancia de la vegetación, se realiza el cálculo del índice normalizado de zonas quemadas (NBR), en dos momentos cada año de la serie temporal de los últimos cinco años que se va a considerar. Antes de la época de incendios y después. Esto es, en abril y en septiembre. En cada año, se calculará el diferencial del índice normalizado (dNBR), es decir, el valor en abril menos el de septiembre. Se considera un umbral determinado a partir del cual una zona se considera quemada. De esta manera, se obtienen las zonas que se han quemado cada año.

Reflectancia de las zonas quemadas.



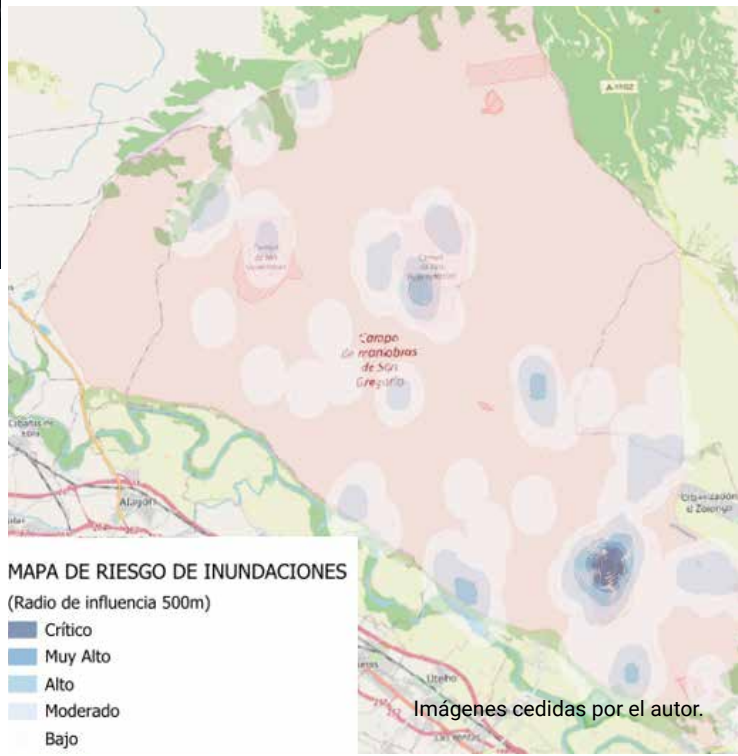
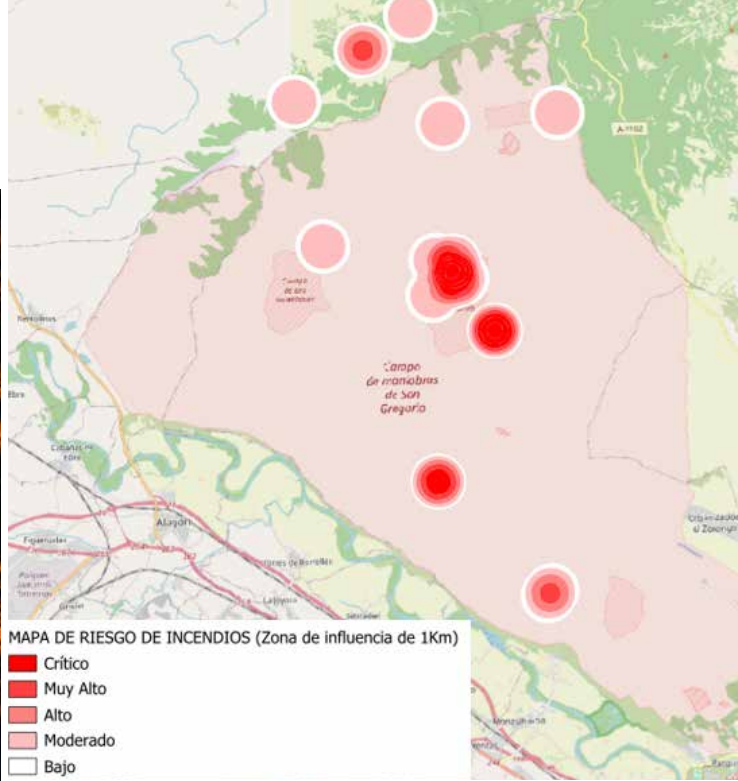
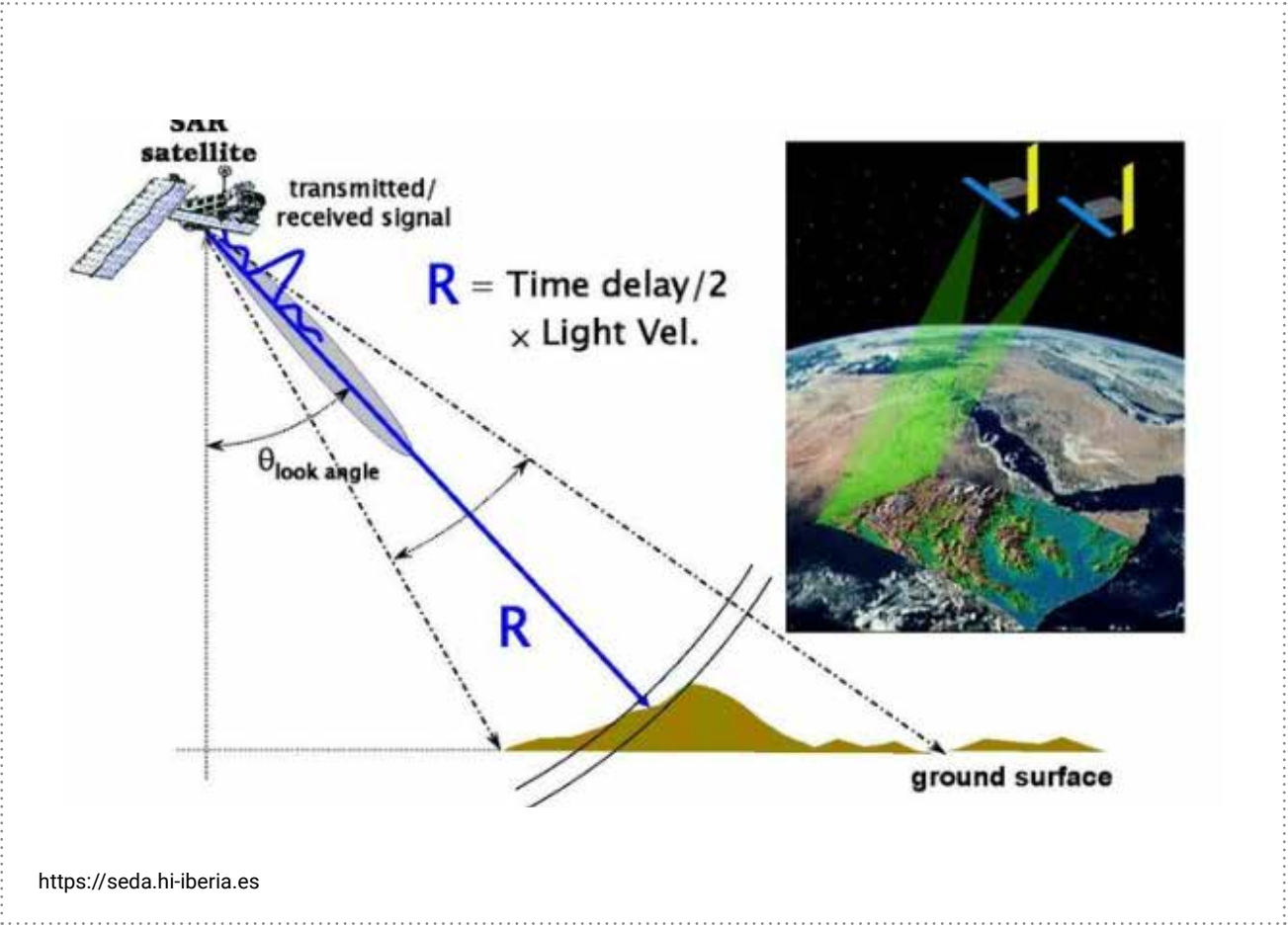
El último paso consistirá en, mediante una intersección, ver aquellas zonas que se han mostrado como quemadas todos los años. Habrá que hacer una revisión final para comprobar que no ha habido falsos positivos, ya que hay diversas circunstancias que pueden asignar valores erróneos de dNBR indicando zonas quemadas que en realidad no lo son.

Con la idea de minimizar los costes económicos, se va a realizar un estudio de las zonas que puedan ser susceptibles de inundación. Si el agua ya se embalsa de forma natural, su ubicación podría considerarse la adecuada. A la hora de identificar estas zonas, si se quiere operar de la misma manera que con las zonas que han sido objeto de incendios forestales, nos encontramos con el problema de que las inundaciones se producen como consecuencia de temporales en días de climatología adversa. Es muy fácil que las imágenes multiespectrales tengan una gran parte cubierta por nubes, lo que dificulta, llegando a imposibilitar, su empleo. Por ello, se ha recurrido a otra tecnología: imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR). Estas imágenes no son tan sensibles a la meteorología adversa y son de gran ayuda a

la hora de identificar zonas inundadas. Se considerarán los últimos cinco temporales que se han producido en la ciudad de Zaragoza y se obtendrá de cada uno de ellos las zonas que han resultado inundadas. De la misma manera que se ha hecho en el caso de los incendios, el último paso consistirá en obtener aquellas zonas que se han inundado en todos ellos.

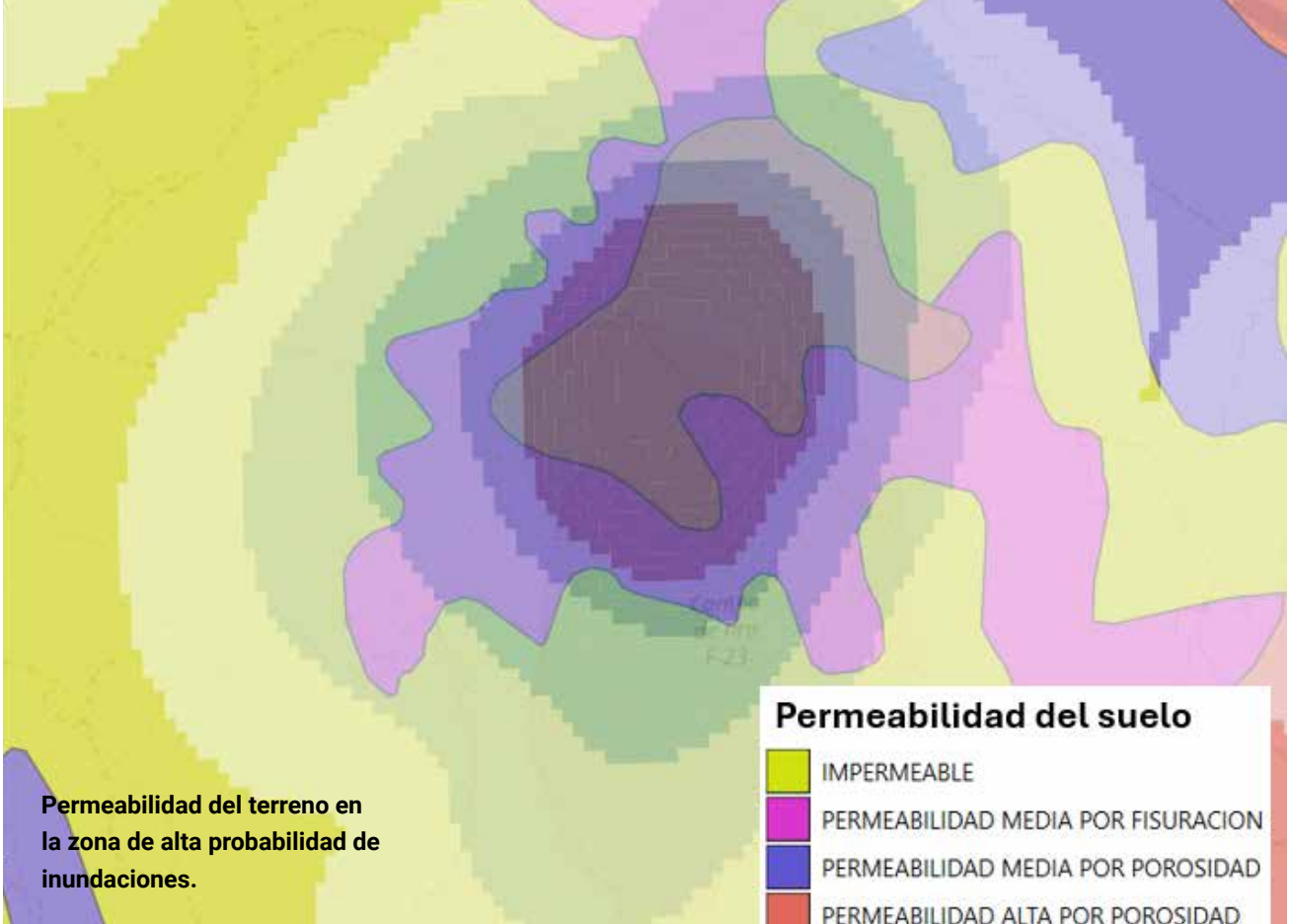
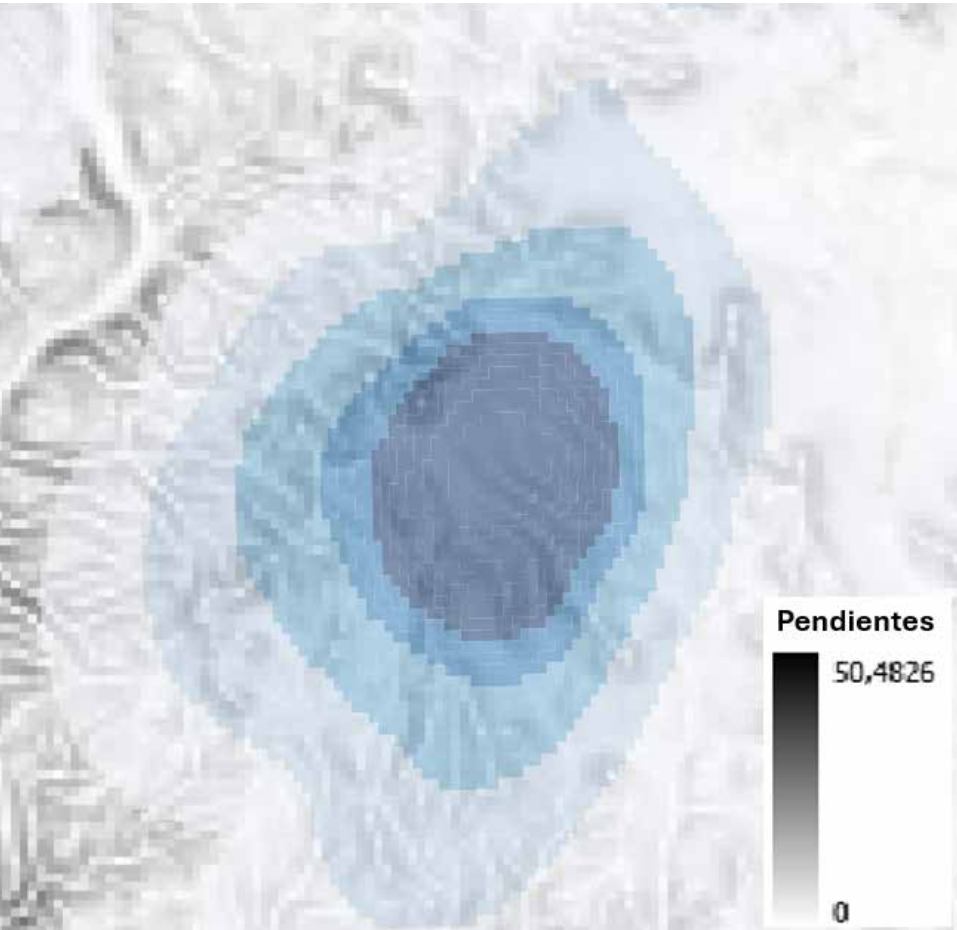
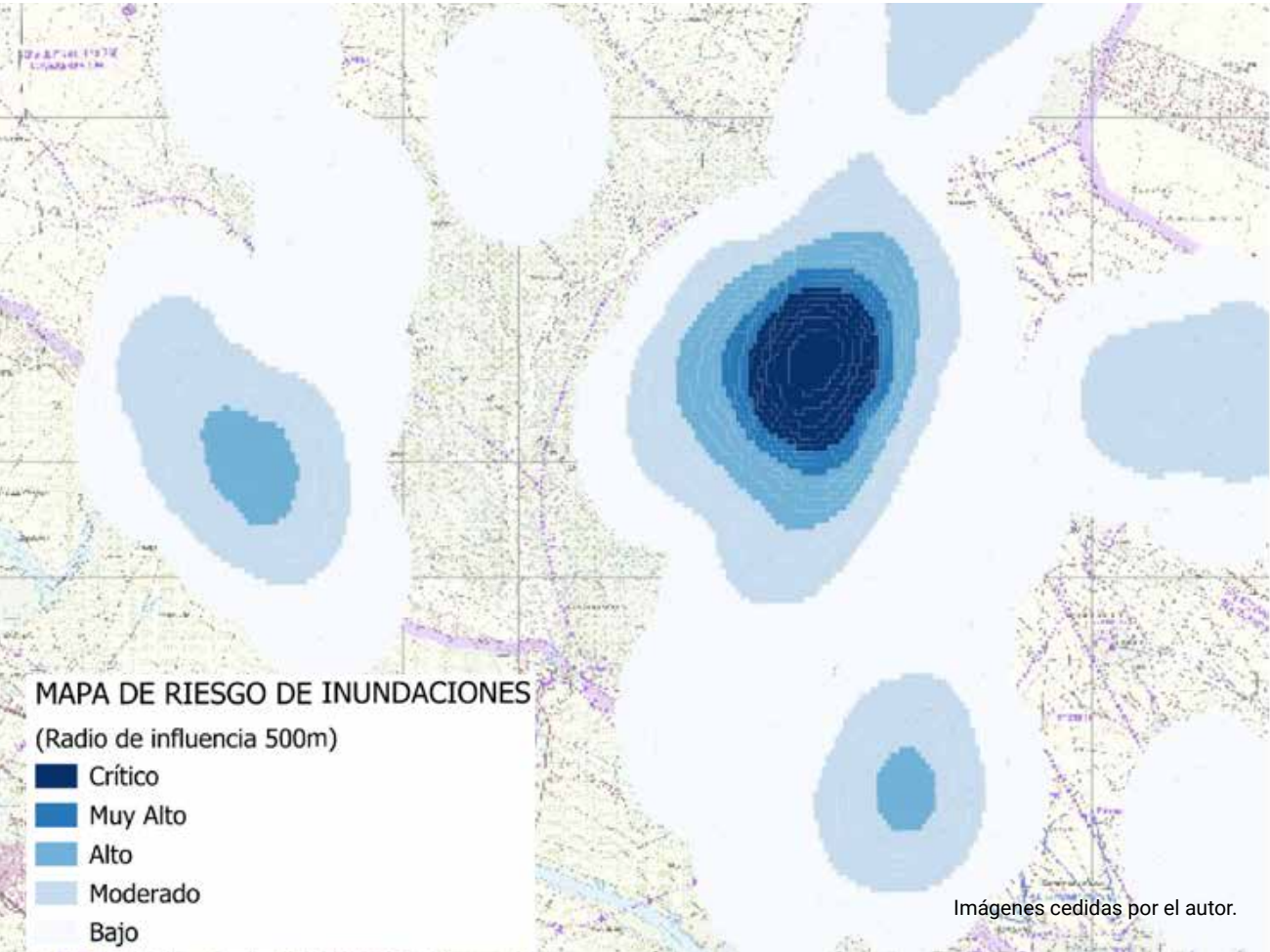
Tanto en el caso de los incendios como en el de las inundaciones, se realizará un mapa de densidades de las zonas identificadas, de forma que se facilite la visualización e identificación de los focos de mayor riesgo.

Radar de Apertura Sintética.



Los resultados obtenidos en el caso de los incendios son los esperados. Los incendios se producen como consecuencia de los ejercicios con fuego real en las inmediaciones de las zonas asignadas al efecto. Se observa la evolución de estos, de forma que se puede prever las zonas sobre las que tendrán que actuar los equipos contraincendios.





En el caso de las inundaciones se da una circunstancia muy curiosa. Bien es cierto que las zonas que se han inundado abarcan la práctica totalidad de la extensión de la zona de estudio. Sin embargo, hay una zona crítica que se inunda siempre y de forma muy severa. El mapa de calor muestra una gran concentración en esta zona concreta. Se realiza por ello un estudio más minucioso de sus características. En primer lugar, se realiza el de pendientes. La capa de pendientes muestra cómo la orografía en esta zona adquiere una forma similar a una hoya.

A continuación, se realiza el estudio relativo a la permeabilidad del suelo. Resulta curioso observar que en el perímetro de la zona en cuestión es impermeable, mientras que en su centro tiene una permeabilidad alta. Es decir, se forma una especie de sumidero. El último estudio que se realiza es el contrastar esta información con el mapa de riesgo de inundaciones que proporciona el Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR). Dicho mapa muestra varias vertientes de riesgo alto de inundaciones que se dirigen hacia la zona en cuestión.

Las especiales características observadas de esta zona de inundaciones recurrentes, unida a su proximidad de varias zonas que se queman con cierta frecuencia, la hacen idónea para el emplazamiento de un depósito de agua contraincendios.

CONCLUSIONES

El mapa es una herramienta de visualización de información con un gran potencial, y el ser humano ya se dio cuenta de ello hace mucho tiempo. Con los avances en los campos de las matemáticas, la física y la informática se han ido perfeccionando la precisión y calidad de los productos cartográficos. La aparición de los satélites ha marcado un antes y un después, tanto en el posicionamiento como en la toma de datos.

Con todos estos avances, se han ampliado la variedad de usos que se les puede dar a este tipo de productos. Hablamos ya de herramientas que facilitan el análisis de datos para el apoyo a la toma de decisiones. Aquellas decisiones, que afectan al bienestar de las personas e integridad de los bienes materiales y del propio entorno natural, son las que cobrarán mayor importancia. En el caso práctico planteado, se muestra cómo un estudio minucioso del terreno, a partir de los datos recopilados por diversas fuentes, permite tomar decisiones justificadas en beneficio de la seguridad.

Ignacio Ugarte
Centro Universitario de la Defensa
Academia General Militar