



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2024/2025

Nº de proyecto: 188

Teledetección y sistemas de información geográfica aplicados a la gestión de
catástrofes naturales y cambios en el territorio

Responsable del Proyecto: M^a del Pilar García Rodríguez

Facultad de Geografía e Historia

Departamento: Geografía

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El objetivo del proyecto es doble: por una parte, que las personas interesadas en problemas de medio ambiente conozcan los medios gratuitos de los que disponen para analizar catástrofes y cambios en el uso del territorio; imágenes Copérnicus del programa de la ESA, cartografía disponible en el IGN, imágenes Landsat, etc. Esta difusión es especialmente importante entre el profesorado y alumnado de enseñanzas medias y superiores y entre trabajadores de administraciones dedicadas al medio ambiente y protección civil.

El segundo objetivo es, con estos medios, realizar una propuesta de actuación en caso de catástrofe considerando la situación antes y después de que esta suceda. Las catástrofes suceden por una combinación de procesos naturales en escenarios humanos, que en nuestros grados suelen estudiarse separadamente.

El presente proyecto quiere aportar una visión que pueda sintetizar una ponderación causal, la previsión, riesgo, la gestión, y restauración seleccionando unos cuantos tipos de casos que han afectado a nuestro territorio.

La forma más idónea de ver la combinación de factores es sin duda la representación más próxima a la compleja realidad del territorio. Por ello el proyecto se centra en la utilización de las imágenes multispectrales, y de radar; fotografías y ortofotografías y cartografía temática de los riesgos específicos.

Con algunos ejemplos de riesgos geográficos (pues engloban los naturales y los antrópicos) pretendemos hallar una metodología común, con sus variaciones específicas, derivadas del hecho causal principal y del ámbito geográfico.

Los problemas que resuelve son:

- El conocimiento de las tecnologías de la información geográfica y de los medios disponibles por las distintas administraciones públicas permitirán analizar los efectos de las catástrofes en el territorio, así como estudiar y valorar los cambios que en él se producen.
- La docencia universitaria en nuestro campo va evolucionando desde la discusión teórica a la aplicación práctica. Desde los años 80, que empezara a trabajar la teledetección en España, para los usos del suelo, no ha cesado de enriquecerse las aplicaciones de esta fuente consiguiendo cada vez más riqueza de interpretación y utilización práctica... Transmitir esta metodología a nuestros egresados supone una mayor oportunidad de empleo.

Necesidades a las que responde:

- formar a los alumnos y personas interesadas en TIGs
- dar a conocer toda la cartografía y e imágenes que estamos pagando con nuestros impuestos y que, sin que la mayoría de la sociedad lo conozca, incluidos nuestros propios alumnos, está a disposición de todo el mundo de forma libre y gratuita.
- con los medios disponibles analizar algunas catástrofes medioambientales con el fin de estudiar sus consecuencias y tratar de establecer medidas de prevención.

2. Objetivos alcanzados

De la propuesta inicial del proyecto en el que se solicitaba una ayuda de 1450 euros y dado que nos fue concedida la tercera parte, se han seleccionado algunas propuestas. Por tanto, de todos los objetivos propuestos se han alcanzado algunos:

- Fuentes cartográficas: selección de organismos con cartografía e imágenes para el seguimiento de catástrofes y cambios en el territorio: IGN, Copernicus, *programa Landsat, etc.
- Selección y análisis de la cartografía más adecuada para cada caso.
- Selección de casos. Tipos de catástrofes: incendios, inundaciones, riesgos radiactivos, humedales.

3. Metodología empleada en el proyecto

- Selección de cartografía y planes de observación del territorio para el seguimiento de catástrofes y cambios en el territorio.
- Selección de casos: incendio en Guadalajara, inundaciones en Madrid, riesgos radiactivos, estudio de humedales.
- Selección y análisis de fotografías y ortofotografías para el estudio de estos casos.
- Selección y análisis de Imágenes multiespectrales.
- Estudio de los casos mediante teledetección, sistemas de información geográfica y trabajo de campo.
- Análisis de muestras en el laboratorio de Geografía Física.
- Interpretación de resultados.

4. Recursos humanos

Los recursos humanos están formados por cuatro profesores que llevan trabajando más de treinta años en temas de cartografía, teledetección y sistemas de información geográfica. Estos profesores han formado al estudiante que se integra en el proyecto y que ha realizado el trabajo fin de máster (estudiante del Máster de Tecnologías de la Información Geográfica) con una de las profesoras del proyecto. Asimismo, el equipo se enriquece con una egresada licenciada en ciencias ambientales que ha realizado el máster de Tecnologías de la Información Geográfica y que está trabajando en una empresa como experta en TIGs y medio ambiente y, otra egresada licenciada en Ciencias Geológicas y doctora en Geografía que trabaja en riesgos radiactivos en el CIEMAT y que, por tanto, pueden aportar otra visión al desarrollo del estudio. También se incluye en el equipo una licenciada en Farmacia, que trabaja en el laboratorio de Geografía Física y es especialista también en temas ambientales.

Los miembros del equipo son:

María del Pilar García Rodríguez

María Eugenia Pérez González

José María García Alvarado

Ángel Navarro Madrid

Blanca García Puerta

Ángeles Salas Aizpuru

María Pérez Ortega

Noe de Segovia de Kraker

5. Desarrollo de las actividades

Las actividades se han desarrollado siguiendo las etapas propuestas en la metodología. Los resultados de estas actividades se recogen en el anexo.

En primer lugar, se han seleccionado todas las fuentes de información cartográfica más utilizadas para el estudio y trabajo de catástrofes.

Estas son:

- Cartografía y planes de observación del territorio del Instituto Geográfico Nacional
- Programa Copernicus
- Otros proyectos de ocupación del suelo
- Cartografía del Instituto Geológico y Minero
- Sistema nacional de cartografía de zonas inundables
- Sistema de vigilancia volcánica
- Información sísmica
- Incendios. Centro de coordinación de la información nacional sobre incendios forestales
- Agencia española de meteorología
- Centro nacional de seguimiento y coordinación de emergencias

En segundo lugar, se han seleccionado varios casos de estudio. Estos estudios se han realizado utilizando teledetección (imágenes multispectrales y ortofotografías aéreas), sistemas de información geográfica, trabajos de campo y análisis de suelos en laboratorio. Los casos seleccionados son:

- Incendio en Guadalajara (Riba de Saelices) en julio de 2005. Se ha estudiado mediante imágenes de satélite, analizando la cobertura vegetal anterior al incendio y la cobertura actual para ver como se ha regenerado el territorio. Los resultados de esta investigación se han enviado en mayo de 2025 para su publicación en un libro homenaje al profesor Casildo Ferreras que promueva la Asociación de Geografía Española. Un resumen del mismo se incluye en los anexos
- Inundaciones en Madrid. Se ha continuado con las investigaciones realizadas por miembros del equipo y que llevaron a la publicación de varios artículos. Uno de ellos es: Jiménez Blasco B.C.; García Rodríguez, M.P.; García Alvarado, J.M.; Pérez González, M.E. 2024. Evolución de los episodios de inundación en la Comunidad de Madrid: factores territoriales y sinópticos. Estudios Geográficos 85 (296), e161. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2024167.167>. A partir de estos artículos se continúa trabajando en la actualidad con el fin de establecer las áreas de riesgo de inundación en la Comunidad de Madrid debido al sellado del suelo.
- Se ha hecho un estudio sobre el riesgo de una catástrofe radiactiva nuclear. Este estudio se incluye en los anexos.
- Estudio sobre humedales (Mancha húmeda) y su influencia en el clima. Se ha realizado un trabajo que se ha enviado para su publicación.

6. Anexos

I.- FUENTES CARTOGRÁFICAS

1.- CARTOGRAFÍA Y PLANES DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

<https://www.ign.es/web/ign/portal/cbg-area-cartografia>

1.1. Base Topográfica Nacional

<https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CBG%20-%20BTN.pdf>

La Base Topográfica Nacional (BTN) de España es la base de datos geoespacial que contiene el conjunto de datos geográficos vectoriales de propósito general de más detalle que cubren homogéneamente todo el ámbito del Estado. Se trata de un producto continuo, tridimensional y multiescala, que abarca desde la mayor resolución de las edificaciones de los catastros nacionales (media de 1:2.000) hasta las menores escalas de los espacios naturales (aproximadamente 1:25.000).

Constituye el origen o la referencia de multitud de productos y servicios geográficos y cartográficos oficiales y, en particular, de las series cartográficas como el Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 (MTN25) que, por mandato legal, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) produce y actualiza de manera continua y constituye la Cartografía Básica del Estado, y de los servicios interoperables institucionales como el servicio de geocodificación de Cartociudad, o los servicios de visualización IGN Base y mapa ráster.

Base Topográfica Nacional 1:100.000 (BTN100) La Base Topográfica Nacional a escala 1:100.000 (BTN100) se define como un conjunto de datos geográficos topográficos que sirven de soporte para un Sistema de Información Geográfica (SIG) y se pueden utilizar para todo tipo de aplicaciones y propósitos. La BTN100 proporciona una visión del territorio, esencialmente topográfica, es decir, pretende describir el aspecto y los detalles de la superficie terrestre junto con los objetos geográficos que se encuentran sobre ella, ya sean naturales, ya sean producto de la actividad humana. Sirve como base geográfica tanto para las consultas geográficas y el análisis directo como para la creación e implantación de servicios geográficos, así como para la obtención y la actualización de productos de datos geográficos y cartográficos derivados. Se trata de una Base de Datos Geográfica (BDG) continua a una escala 1:100.000 (resolución de 20 metros) cuya información se encuentra almacenada en coordenadas geográficas. Su Sistema Geodésico de Referencia (SGR) es el ETRS89

1.2. Plan Nacional de observación del Territorio (PNOT)

<https://www.ign.es/web/ign/portal/obs-area-observacion-territorio>

En el Plan Nacional de Observación del Territorio desarrollado por el IGN se destacan aquí aquellos visores y planes más útiles para el estudio y seguimiento de catástrofes medioambientales.

1.2.1. GESTIÓN GLOBAL DE LA INFORMACIÓN GEOESPACIAL (UN-GGIM)

<https://www.ign.es/web/ign/portal/gestion-global-de-la-informacion-geoespacial>

El comité de las Naciones Unidas sobre gestión de la información geoespacial mundial, UN-GGIM (United Nations Global Geospatial Information Management) tiene como objetivo desempeñar un papel de liderazgo en el desarrollo de la información geoespacial mundial y promover su uso para abordar desafíos globales clave. Proporciona un foro para la comunicación y la coordinación entre los estados miembros y las organizaciones internacionales. UN-GGIM fue creado en 2011 por el ECOSOC (Economic and Social Council) y la Secretaría General de la ONU mediante la resolución 2011/24, tras recomendación de la División Estadística UNSD (United Nations Statistics Division) y la Sección Cartográfica (United Nations Cartographic Section).

Uno de primeros requerimientos definidos por UN GGIM es la necesidad de contar con datos geoespaciales globales confiables que puedan armonizarse y usarse para medir, monitorear y administrar el Desarrollo Sostenible. Por este motivo, el Comité regional europeo UN GGIM Europa recibió el mandato del Comité de Expertos para dirigir el Grupo

de Trabajo de UN-GGIM sobre datos fundamentales (FDT), "Working Group on Global Fundamental Geospatial Data Themes", en concreto por Reino Unido.

Las áreas temáticas definidas por este grupo de trabajo como fundamentales para el establecimiento de las políticas de UN-GGIM han quedado definidas como: addresses, buildings and Settlements, elevation and Depth, functional áreas, geographical names, geology and soils, land cover and land use, land parcels, orthoimagery, physical infrastructure, population distribution, transport networks and wáter.

1.2.2. IBERPIX <https://www.ign.es/iberpix/visor/>

El visor de Iberpix es un visualizador cartográfico publicado por el Centro Nacional de Información Geográfico (CNIG)([abre en ventana nueva](#)) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN)([abre en ventana nueva](#)) que tiene como objetivo la consulta y visualización de mapas y capas de información geográfica. Entre la información mostrada por Iberpix se encuentran las series nacionales del Mapa Topográfico Nacional y las ortofotografías de máxima actualidad del proyecto PNOA.

1.2.3. PNOA: PLAN NACIONAL DE ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA <https://www.ign.es/web/ign/portal/seccion-ortoimagenes>

El Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) es un proyecto cooperativo en el que participan la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas. Se inicia en el año 2004 con el objetivo de la obtención de ortofotografías aéreas digitales de todo el territorio español, con un período de actualización fijo, siendo actualmente de 3 años. En el año 2009, se incorpora la tecnología LIDAR al proyecto PNOA. Por tanto existen dos proyectos: PNOA imagen y PNOA lidar.

1.2.4. SIOSE: OCUPACIÓN DEL SUELO <https://www.siose.es/>

SIOSE es el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, integrado dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT). Su principal objetivo es generar una base de datos de Ocupación del Suelo orientada a objeto para toda España integrando la información disponible de las comunidades autónomas y la Administración General del Estado. La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, como Centro Nacional de Referencia de ocupación de la Red EIONET, tiene como uno de sus objetivos prioritarios la producción y coordinación de información geoespacial de referencia de cubiertas y usos del suelo. La organización del proyecto SIOSE tiene su antecedente en el desarrollo del proyecto CORINE Land Cover en España, el cual se enmarca dentro del proyecto europeo de Copernicus. Se produce de manera descentralizada y coordinada entre las distintas administraciones siguiendo los principios INSPIRE, actualizándose periódicamente.

La información de ocupación del suelo es imprescindible para dar apoyo a proyectos geográficos coordinados por el Instituto Geográfico Nacional y otras Administraciones Públicas. La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, en su función como «Centro Nacional de Referencia en Ocupación del Suelo» de la Red EIONET (National Reference Center on Land Cover and on Land Use and Spatial Planning) dependiente del Punto Focal Nacional (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), tiene como uno de sus objetivos prioritarios la producción y coordinación de información geoespacial de referencia de cubiertas y usos del suelo.

1.2.5. CORINE LAND COVER <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>

La primera cartografía homogénea sobre coberturas del suelo en España y Europa es el realizado con el proyecto CORINE Land Cover a escala 1:100.000. Su primera versión se realizó en el año 1990 (CLC90), para ser posteriormente actualizado a los años 2000 (CLC00), 2006 (CLC06), 2012 (CLC12) y 2018 (CLC18). Los datos se obtenían mediante la fotointerpretación de imágenes multispectrales LANDSAT, IRS o SPOT, según las versiones, para ser integrados posteriormente en un SIG. Además, tienen el mismo datum, escala y nomenclatura de las clases, lo que permite establecer comparaciones entre los diferentes territorios de Europa. Actualmente, el CLC pertenece al Servicio de Vigilancia Terrestre del programa Copernicus.

1.2.6. PLAN NACIONAL DE TELEDETECCIÓN (PNT) <https://pnt.ign.es/>

El uso masivo de imágenes de teledetección comenzó en el año 2008, con la puesta a disposición de imágenes Landsat bajo una licencia libre y abierta, pero la verdadera democratización de la teledetección llegó en el año 2014, con el lanzamiento del satélite radar Sentinel 1A en 2014 y el satélite óptico Sentinel 2A en 2015, pertenecientes ambos al El Programa Copernicus de la Comisión Europea (anteriormente conocido como GMES).

Las imágenes de los satélites Sentinel del El Programa Copernicus, tanto para territorio nacional como europeo e internacional, que están a disposición del público general con acceso libre y gratuito son: datos radar de los satélites Sentinel-1A y 1B se proporcionan en productos nivel 1 como Single Look Complex (SLC) y Ground Range Detected (GRD) y como productos nivel 2 Ocean (OCN) para aplicaciones de viento, olas y corrientes marinas. Datos ópticos de alta resolución de los satélites Sentinel-2A y 2B están disponibles como productos nivel 1C (corregidos radiométrica y geoméricamente) y nivel 2A (corregido atmosféricamente). Datos Sentinel-3A para aplicaciones en tierra y agua. En el año 2004 arrancó el Plan Nacional de Teledetección (PNT), un proyecto integrado dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT), con la idea de aunar esfuerzos, tanto económicos como de gestión, entre las distintas Administraciones Públicas españolas para la adquisición de coberturas nacionales con imágenes de satélite de distintas resoluciones espaciales.

Desde el año 2005 se adquieren y procesan imágenes de distintos satélites comerciales con distintos tamaños de píxel y cada año más organismos públicos hacen un uso sistemático de ellas.

2.- PROGRAMA COPERNICUS <https://www.copernicus.eu/es>

Copernicus es el Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea, que estudia el planeta y su medio ambiente para el máximo beneficio de toda la ciudadanía europea. Ofrece servicios de información basados en datos de observación de la Tierra por satélite y en datos in situ (no espaciales). El programa, liderado por la Comisión Europea, proporciona datos de manera operacional y servicios de información de forma gratuita sobre numerosas áreas de aplicación, gracias a una gran variedad de tecnologías, que van desde los satélites en el espacio a los sistemas de medición en tierra, mar y aire.

La Comisión Europea coordina y gestiona el programa, en cuya ejecución colaboran los Estados miembros, la Agencia Espacial Europea (ESA), la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (Eumetsat), el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo, las agencias de la UE y la empresa Mercator Océan.

Se utilizan enormes cantidades de datos globales procedentes de satélites y sistemas de medición terrestres, aéreos y marítimos para proporcionar información que ayude a los proveedores de servicios, las administraciones públicas y otras organizaciones internacionales a mejorar la calidad de vida de la ciudadanía europea. Los servicios de información proporcionados son de acceso gratuito y abierto para sus usuarios.

Copernicus cuenta con un conjunto de satélites propios (las familias Sentinel), complementados con misiones participantes (otros satélites comerciales o públicos en órbita). Los satélites Sentinel están diseñados específicamente para responder a las necesidades de los servicios de Copernicus y sus usuarios. Con el lanzamiento del Sentinel-1A en 2014, la Unión Europea puso en marcha un proceso para poner en órbita una constelación de casi 20 satélites más antes de 2030. Copernicus también recoge información procedente de sistemas in situ, como las estaciones en tierra, que suministran datos obtenidos mediante una multitud de sensores terrestres, marítimos y aéreos.

Los servicios de Copernicus tratan y analizan esta multitud de datos procedentes de los satélites y los sistemas in situ para transformarlos en información con valor añadido. Para facilitar el seguimiento de los cambios, los conjuntos de datos, que se remontan años y décadas en el pasado, se organizan de manera que permitan la comparación y la búsqueda. Se examinan los patrones y se utilizan para realizar previsiones más precisas, por ejemplo, del comportamiento de la atmósfera y de los océanos. Se elaboran mapas a partir de datos de representación de imágenes, se identifican características y anomalías y se extrae información estadística.

Estas actividades de valor añadido se articulan alrededor de las seis líneas temáticas de los servicios de Copernicus: vigilancia atmosférica, vigilancia marina, vigilancia terrestre,

cambio climático, seguridad y emergencias.

La puesta en marcha de los servicios de Copernicus ha sido asignada a varios proyectos de investigación financiados por el «Séptimo Programa Marco FP7», mientras que las actividades relacionadas con la infraestructura de observación son desarrolladas por la Agencia Espacial Europea, la Agencia Europea de Medio Ambiente y los Estados Miembros.

La sostenibilidad de los servicios operativos de Copernicus es posible a través de la financiación de la Unión Europea, organismos intergubernamentales y los propios Estados Miembros, considerando a estos servicios como "bienes públicos" que deben ser por tanto accesibles para cualquier organización o ciudadano particular.

El programa Copernicus es fundamental para análisis de riesgos. Ofrece servicios sobre datos de referencia para estimar, prevenir y mitigar riesgos naturales y antrópicos (por ejemplo, inundaciones, volcanes, incendios, crisis humanitarias, etc.). La web del servicio es: <https://emergency.copernicus.eu/> Este servicio proporciona información geográfica necesaria para la gestión de eventos de emergencias o crisis, mediante el procesado de imágenes de satélite, y pone esta información en conocimiento de las agencias nacionales de Protección Civil y ayuda humanitarias. Por un lado, genera información cartográfica (mapping component) para la gestión previa, prevención o recuperación de entornos afectados, y por otro lado mantiene sistemas de alerta de eventos (early warning component) para una rápida reacción. Entre estos últimos se encuentran los sistemas de alerta para las inundaciones European Flood Awareness System (EFAS), incendios European Forest Fire Information System (EFFIS) y sequías European Drought Observatory (EDO).

Las imágenes de los satélites Sentinel de la Agencia Espacial Europea, así como otros satélites (Landsat, Modis, etc.) están disponibles de forma gratuita en las direcciones:

<https://dataspace.copernicus.eu/>

<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

3.- OTROS PROYECTOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO

3.1. Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC).

<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-parcelas-agricolas-sigpac/>

El Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas, SIGPAC, permite identificar geográficamente las parcelas declaradas por los agricultores y ganaderos, en cualquier régimen de ayudas relacionado con la superficie cultivada o aprovechada por el ganado. Concebido inicialmente con el propósito de facilitar a los agricultores la presentación de solicitudes, con soporte gráfico, así como para facilitar los controles administrativos y sobre el terreno, el SIGPAC se ha convertido en una herramienta de enorme utilidad en campos diferentes del agrario (geología, infraestructuras, urbanismo...), lo que obedece a su concepción y desarrollo, en el que se hace uso continuo y permanente de las tecnologías más avanzadas en información geográfica automatizada.

3.2. Mapa Forestal de España (MFE)

<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/mfe.html>

El Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50) es la cartografía de la situación de las masas forestales, realizada desde el Banco de Datos de la Naturaleza, siguiendo un modelo conceptual de usos del suelo jerarquizados, desarrollados en las clases forestales, especialmente en las arboladas. La base de datos se compone de una serie de campos descriptores de la ecología y estructura de las masas. Dentro del uso forestal arbolado se contemplan hasta tres especies diferentes, cada una con su estado de desarrollo (replado, monte bravo, latizal y fustal), ocupación (porcentaje que la especie ocupa en el total de los árboles) y la fracción de cabida cubierta para el total del arbolado (porcentaje de suelo cubierto por la proyección horizontal de las copas de los árboles).

3.3. Sistema de Información Urbana (SIU). <https://www.mivau.gob.es/urbanismo-y-suelo/sistema-de-informacion-urbana>

El Sistema de Información Urbana (SIU) constituye un sistema público general e integrado de información, recogido en la Disposición adicional primera del TR de la Ley de

Suelo y Rehabilitación Urbana, aprobado por RD Legislativo 7/2015, y desarrollado por parte del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana en colaboración con las comunidades autónomas con el principal objetivo de promover la transparencia en materia de suelo y urbanismo en España. En la actualidad, el SIU ofrece información urbanística de 5.557 municipios en los que habita el 98,11% de la población y el 100% de las áreas urbanas. La principal herramienta para acceder a todo el contenido gráfico y alfanumérico del Sistema de Información Urbana es su visor cartográfico.

3.4. El Sistema de Información Geográfico Agrario (SIGA).

<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sistema-de-informacion-geografica-de-datos-agrarios/>

El Sistema de Información Geográfico Agrario, (SIGA) desarrollada a iniciativa de la Subdirección General de Cultivos Herbáceos e Industriales adscrita a la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio ofrece información cartográfica y alfanumérica englobada en los siguientes apartados: cartografía general, mapas temáticos sobre variables agroclimáticas, informes sobre municipios y estaciones meteorológicas, mapa de cultivos y aprovechamientos de España, a escala 1/50.000 e informes sobre hojas 50.000 y municipios. Esta aplicación está desarrollada sobre una arquitectura totalmente orientada a servicios WEB. El acceso a la información se realiza a través de un visor basado en las tecnologías más innovadoras de los Sistemas de Información Geográfica mediante el cual se puede navegar, analizar y consultar la información geográfica relativa datos de tipo agrario del Ministerio de forma conjunta.

3.5. Catastro <https://www.sedecatastro.gob.es/>

El Catastro pone a disposición de los ciudadanos los datos catastrales de todo el territorio bajo su competencia (la totalidad del territorio nacional salvo País Vasco y Navarra). Se puede descargar de forma interactiva toda la información catastral de los inmuebles (salvo titularidad y valor catastral). Esta información se proporciona por municipio. Además se proporcionan una serie de servicios web que permiten la consulta a datos no protegidos (de uso libre) o a datos protegidos (para usuarios registrados en la Sede Electrónica del Catastro). También se proporciona acceso a los servicios INSPIRE de la DGC.

4. CARTOGRAFÍA DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO (IGME)

<https://www.igme.es/>

El Instituto Geológico y Minero tiene como misión proporcionar a la Administración del Estado o de las Comunidades Autónomas que lo soliciten, y a la sociedad en general, el conocimiento y la información precisa en relación con las ciencias y tecnologías de la Tierra para cualquier actuación sobre el territorio. A través del Sistema de Información Documental (SID), están disponibles para su consulta más de 12.000 informes técnicos que recogen la labor investigadora del IGME, de los cuales aproximadamente 9.000 se encuentran digitalizados y consultables en intranet e Internet. La cartografía geocientífica es un referente básico de la actividad del IGME desde su creación en 1849. Dentro de esta línea se incluye la creación y actualización de mapas geológicos y temáticos: hidrogeología, cartografía geológica terrestre, de la plataforma continental, geomorfológica y de procesos activos, de riesgos geológicos y la centrada en los recursos minerales, entre otras.

4.1. Magna 3.0 - Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (3ª serie)

<https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna3S.aspx>

El Mapa Geológico de España 3ª serie es un nuevo producto cartográfico que supone una actualización y mejora de la cartografía geológica de la serie MAGNA y se amplía con nuevas cartografías dirigidas a ser base infraestructural para la ordenación del territorio (cartografía temática geomorfológica y de procesos activos). En el Mapa Geológico se representa la naturaleza de los materiales (rocas y sedimentos) que aparecen en la superficie terrestre, su distribución espacial y las relaciones geométricas entre las diferentes unidades cartográficas. Una unidad cartográfica geológica es la agrupación de una o varias litologías con un rango de edad común, que tiene representación en el mapa a una escala o

resolución definidas. Cada unidad cartográfica, así como las diferentes estructuras geológicas, están representadas en el mapa con una simbología propia. La representación de estas unidades sobre la base topográfica del mapa proporciona cierta información tridimensional que se completa con otros datos geológicos como cortes geológicos, perfiles estratigráficos, sondeos, etc. La leyenda del mapa es un pictograma que representa la relación espacial de las distintas unidades cartográficas (cronología, superposición, relación geométrica, cambios laterales de facies, etc.). También incluye esquemas estructurales y de localización geológica de la hoja dentro de su ámbito regional.

4.2. GEODE - Cartografía Geológica Digital Continua a escala 1:50.000

<https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/geode.aspx>

Este mapa representa el resultado de la homogeneización cartográfica de la serie del mapa geológico MAGNA (Cartografía geológica nacional a escala 1:50.000). Serie que integra 1143 mapas. Como consecuencia del dilatado proceso que ha supuesto la ejecución histórica de esta serie, se advierten diferencias entre sus fases iniciales y finales, en cuanto a criterios de asignación de unidades geológicas, nivel de detalle, continuidad de las unidades y estructuras geológicas en los bordes de hojas, codificación y simbologías. Con el objetivo de corregir estos problemas, en 2004 se inició el PLAN GEODE, que constituye el soporte institucional para la generación de un mapa geológico digital continuo a escala 1:50.000. El PLAN integra 19 Proyectos Regionales vinculados a sus correspondientes zonas geológicas. Sus objetivos fundamentales son tres: • Dotar de continuidad cartográfica a las hojas geológicas de la serie MAGNA dentro de cada región. • Generar una leyenda unificada de unidades geológicas para cada región. • Adecuar la cobertura geológica a una base topográfica uniforme, generada específicamente para el PLAN GEODE a partir del mapa topográfico nacional 1:25000 del IGN.

4.3. Mapa Geomorfológico de España a escala 1:50.000

<https://info.igme.es/cartografiadigital/tematica/Geomorfologico50.aspx>

El mapa geomorfológico es una cartografía basada en la interpretación genética del paisaje reciente y orientada a la planificación del territorio y la ordenación ambiental. Este mapa proporciona una información estructurada y precisa de los depósitos superficiales y las formas del terreno. Su leyenda, inspirada en la del mapa geológico, presenta una doble entrada: morfogenética y cronológica. Los elementos del mapa reciben un color en función de su asignación morfogenética. Las formas, erosivas y deposicionales están representadas en el mapa por símbolos y tramas cuyo color está dictado por su morfogénesis. Los depósitos o formaciones superficiales, que aportan información litológica, se expresan mediante recintos de color diferente según su cronología, dentro de una gama asignada por el criterio genético.

5.- SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES

<https://sig.mapama.gob.es/snczi/>

El eje central del SNCZI es el visor cartográfico de zonas inundables, que permite a todos los interesados visualizar los estudios de delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH) y los estudios de cartografía de zonas inundables, elaborados por el Ministerio y aquellos que han aportado las Comunidades Autónomas. El visor sirve de ayuda a los organismos de cuenca en la emisión de informes sobre autorizaciones en el DPH y zona de policía, en la gestión de avenidas en conexión con el S.A.I.H. (Sistema Automático de Información Hidrológica) y en la planificación de las actuaciones de defensa frente a inundaciones; agiliza la planificación y gestión de inundaciones por los servicios de Protección Civil; facilita la transmisión de información sobre zonas inundables a las administraciones competentes en planificación territorial y empresas promotoras; y permite a los ciudadanos conocer la peligrosidad de una zona determinada.

La cartografía incluida en este visor del SNCZI (<https://sig.miteco.gob.es/snczi/>) contiene los mapas de peligrosidad y los mapas de riesgo de las zonas identificadas en la

evaluación preliminar como Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs). Son elaborados en cada demarcación por las autoridades competentes en materia de aguas, costas y protección civil, de acuerdo al procedimiento establecido en el artículo 8 del Real Decreto 903/2010. Los servicios de mapas de peligrosidad y riesgo incluidos en la carpeta “Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación”, y sus enlaces a sus respectivos documentos descriptivos, son los siguientes: Inundaciones de origen fluvial, Mapas de peligrosidad, Peligrosidad por inundación fluvial T=10 años, Peligrosidad por inundación fluvial T=100 años, Peligrosidad por inundación fluvial T=500 años, Mapas de riesgo de inundación, Riesgo de inundación fluvial T=10 años, □ Riesgo a la población, Riesgo a las actividades económicas, Riesgo en puntos de especial importancia, Áreas de importancia medioambiental, Riesgo de inundación fluvial T=100 años, Riesgo a la población, Riesgo a las actividades económicas, Riesgo en puntos de especial importancia, Áreas de importancia medioambiental, Riesgo de inundación fluvial T=500 años, Riesgo a la población, Riesgo a las actividades económicas, Riesgo en puntos de especial importancia, Áreas de importancia medioambiental, Inundaciones de origen marino, Mapas de peligrosidad, Peligrosidad por inundación marina. Nivel y olas. T=100 años, Peligrosidad por inundación marina. Nivel y olas. T=500 años, Mapas de riesgo de inundación, Riesgo de inundación por el mar T=100 años, Riesgo a la población, Riesgo a las actividades económicas, Riesgo en puntos de especial importancia, Áreas de importancia medioambiental, Riesgo de inundación por el mar T=500 años, Riesgo a la población, Riesgo a las actividades económicas, Riesgo en puntos de especial importancia, Áreas de importancia medioambiental.

6.- SISTEMA DE VIGILANCIA VOLCÁNICA

<https://www.ign.es/web/vigilancia-volcanica>

Desde junio de 2004 (Real Decreto 1476/2004, de 18 de junio) el Instituto Geográfico Nacional (IGN) tiene como nueva competencia la “Observación, vigilancia y comunicación de la actividad volcánica y determinación de riesgos asociados”. Desde esta fecha, se inicia una nueva área de trabajo, la Vigilancia y Alerta Volcánica, ampliando las labores de los diferentes Servicios de Red Sísmica, Geodesia, Geomagnetismo y Gravimetría, así como del Centro Geofísico de Canarias. Desde entonces, el IGN ha trabajado en el diseño e implementación de un Sistema de Vigilancia y Alerta Volcánica cuyo proyecto se está poniendo en marcha, primero en la isla de Tenerife para luego extenderse en el resto de las islas volcánicamente activas.

7.- INFORMACIÓN SÍSMICA

7.1. Centro Sismológico Euro-Mediterráneo (CSEM)

<https://www.emsc-csem.org/>

El Centro Sismológico Euro-Mediterráneo (CSEM) es una organización sin ánimo de lucro científica dedicada a la investigación sismológica. Está formada por más de 70 instituciones de todo el mundo. Utiliza datos sísmicos aportados por instituciones científicas, estaciones sismológicas y por otros testigos oculares con el fin de recolectar y difundir rápidamente parámetros sísmicos. El CSEM ofrece un servicio de información sísmica en tiempo real desde su web, y a través de su servicio de notificación por correo electrónico. Un servicio de alerta automatizada por medio de un robot completa el dispositivo empleado para la información sobre seísmos significativos. Estas iniciativas forman parte del proyecto de sismología ciudadana, que pretende implicar a los ciudadanos en la mejora de la información y la comunicación sobre los seísmos.

7.2. Instituto Geográfico Nacional <https://www.ign.es/web/sis-area-sismicidad>

El IGN tiene amplia documentación sobre terremotos: catálogo de terremotos y tsunamis, visores para localizar los últimos terremotos, relación de estaciones sísmicas, así como una aplicación móvil con toda la información de los terremotos, distancias y parámetros epicentrales ocurridos en España y alrededores. Esta aplicación incluye, además, aviso de posibles tsunamis producidos por un sismo.
<https://www.ign.es/web/ign/portal/info-accesibilidad-app-terremotos>.

8.- INCENDIOS. CENTRO DE COORDINACIÓN DE LA INFORMACIÓN NACIONAL SOBRE INCENDIOS FORESTALES (CCINIF)

<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/coordinacion-institucional.html>

El Centro de Coordinación de la Información Nacional sobre Incendios Forestales (CCINIF) es el órgano nacional encargado de la efectiva coordinación de todos los medios de lucha contra incendios forestales, canalizando y poniendo a disposición de las administraciones públicas competentes, la información disponible en relación con: la evolución del riesgo de incendios forestales, los medios materiales, técnicos y personales, los incendios forestales ocurridos o en curso y los datos para la adopción de medidas de carácter preventivo. En el CCINIF se encuentra la Central donde se coordina la movilización de los medios de extinción estatales que gestiona el Ministerio para apoyar a las comunidades autónomas y otros países que los soliciten.

9.- EVENTOS METEOROLÓGICOS. AGENCIA ESPAÑOLA DE METEOROLOGÍA (AEMET). <https://www.aemet.es/>

Como Servicio Meteorológico Nacional y Autoridad Meteorológica del Estado, el objetivo básico de AEMET es contribuir a la protección de vidas y bienes a través de la adecuada predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos y como soporte a las actividades sociales y económicas en España mediante la prestación de servicios meteorológicos de calidad. Se responsabiliza de la planificación, dirección, desarrollo y coordinación de actividades meteorológicas de cualquier naturaleza en el ámbito estatal, así como la representación de éste en organismos y ámbitos internacionales relacionados con la Meteorología. Entre sus actividades destacan: emisión de avisos y predicciones de fenómenos meteorológicos que puedan afectar a la seguridad de las personas y a los bienes materiales. Elaboración, suministro y difusión de informaciones meteorológicas y predicciones de interés general en el ámbito nacional. Servicios meteorológicos de apoyo a la navegación aérea y marítima necesarios para la seguridad, regularidad y eficiencia del tránsito aéreo y la seguridad del tráfico marítimo. Suministro de información meteorológica necesaria para la defensa nacional. Vigilancia de las condiciones meteorológicas, climáticas y de la estructura y composición física y química de la atmósfera sobre el territorio nacional. Mantenimiento y actualización del registro histórico de datos meteorológicos y climatológicos. Realización de estudios e investigaciones en los campos de las ciencias atmosféricas y desarrollo de técnicas y aplicaciones necesarios para la mejora de nuestros servicios. Elaboración y actualización de los escenarios de cambio climático, etc.

Dispone de un catálogo del conjunto de datos abiertos que permite acceder, desde un único punto, a las páginas web que ofrecen información abierta y reutilizable en AEMET. Junto con los conjuntos de datos disponibles para su reutilización se encuentran los metadatos que caracterizan de forma efectiva la información contenida: descripción, fecha de actualización, formatos disponibles, etc. https://www.aemet.es/es/datos_abiertos/catalogo

Además la AEMET tiene un servicio para monitorizar las sequías que está diseñado para el seguimiento, alerta temprana y evaluación de la sequía meteorológica, para lo que utiliza en tiempo real la información climática y satelital disponible que muestra el desarrollo de las condiciones de sequía meteorológica y la posible evolución de la misma

https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/monitor_sequia_met

Otro de los servicios de esta agencia es el Servicio climático en apoyo a la gestión de los embalses. a colaboración mantenida desde el año 2015 entre la Dirección General del Agua y AEMET ha dado lugar al desarrollo de un servicio climático llamado S-ClimWaRe (Seasonal Climate predictions in support of Water Reservoirs management), concebido y generado para apoyar la toma de decisiones relativa a la gestión de los embalses en España.

https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/apoyo_gestion_embalses

10.- CENTRO NACIONAL DE SEGUIMIENTO Y COORDINACIÓN DE EMERGENCIAS (CENEM)

<https://www.proteccioncivil.es/coordinacion/cenem>

El Centro Nacional de Seguimiento y Coordinación de Emergencias (CENEM) de la DGPCE es un centro estratégico de gestión y coordinación de la información y alerta a nivel nacional en materia de Protección Civil, que trabaja en cooperación con los demás centros de coordinación autonómicos e internacionales en el mismo ámbito, dando un servicio de seguimiento de los sucesos que afecten a la población de manera ininterrumpida las 24 horas, los 7 días de la semana, los 365 días del año.

El CENEM tiene las siguientes funciones: gestiona la Red Nacional de Información sobre Protección Civil y la Red de Alerta Nacional de Protección Civil y la Red de comunicaciones y emergencias de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias; divulga periódicamente datos y estadísticas sobre emergencias. Es el Punto de Contacto con los órganos de la UE, en el marco del Mecanismo Europeo de Protección Civil, así como con otros organismos internacionales y órganos homólogos de otros países con los que España tenga convenios o tratados de cooperación en materia de Protección Civil, destacando el trabajo compartido con el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). Canaliza la información de su competencia que se debe proporcionar a los ciudadanos. Asimismo, el CENEM es un instrumento de gestión de activación de la Unidad Militar de Emergencias a solicitud de las autoridades competentes en las situaciones que la legislación establece y se le requiera. Además, el CENEM se constituye en Centro de Coordinación Operativa a nivel nacional, en caso de que el ministro del Interior declare la emergencia de interés nacional.

II.- ESTUDIO DE CASOS

1.- Incendio en Guadalajara

Resumen del artículo enviado para su publicación en el libro homenaje al profesor Ferreras Chasco:

Entre el 16-20 de julio de 2005 se produjo un gran incendio con graves consecuencias humanas y ambientales en la provincia de Guadalajara (España), afectando a los municipios de Riba de Saelices, Anguita, Luzón, Ciruelos del Pinar, Mazarete, Anquela del Ducado, Selas, Cobeta y Ablanque, con una superficie aproximada de 13 822 ha. En este incendio no llegó a quemarse ninguno de los pueblos del entorno, pero sí hubo que lamentar 11 fallecidos. La severidad del incendio y su duración también provocó la pérdida de una importante masa de vegetación forestal, constituida fundamentalmente por coníferas mezcladas con manchas de frondosas y con un denso estrato arbustivo. En este trabajo se analiza el área quemada a partir del tratamiento digital de imágenes de satélite y trabajo de campo. La comparación multitemporal de imágenes en falso color, índices espectrales (NDVI y composición mineral), transformación de colores primarios a IHS y Tasseled cap han permitido cartografiar las áreas con mayor impacto del incendio y la desigual revegetación de los bosques pasados veinte años. Los cambios en la cubierta vegetal entre 2005 y 2024 muestran que la pérdida de vegetación es casi el doble que su ganancia, y cerca de la mitad del área analizada tiene una respuesta espectral de la cubierta vegetal similar a la previa al incendio, aunque el porte y masa forestal es todavía menor.

2.- Inundaciones en Madrid

Se ha continuado con las investigaciones realizadas por miembros del equipo y que llevaron a la publicación de varios artículos. Uno de ellos es: Jiménez Blasco B.C.; García Rodríguez, M.P.; García Alvarado, J.M.; Pérez González, M.E. 2024. Evolución de los episodios de inundación en la Comunidad de Madrid: factores territoriales y sinópticos. Estudios

Geográficos 85 (296), e161. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2024167.167>.

A partir de estos artículos se continúa trabajando en la actualidad con el fin de establecer las áreas de riesgo de inundación en la Comunidad de Madrid debido al sellado del suelo. Las importantes inundaciones acaecidas en la primavera de este año, 2025, en diferentes municipios de la Comunidad, hacen necesario establecer una cartografía actualizada de las potenciales áreas con riesgo de inundación, así como de las medidas que pueden frenar este riesgo.

3.- Estudio sobre el riesgo de una catástrofe radiactiva nuclear

Las catástrofes pueden tener un origen natural, antropogénico o socio-natural (Poljansek et al., 2021). Ejemplos de catástrofes de origen antrópico son las radiológicas y nucleares; en ambos casos, se produce una dispersión de materiales radiactivos desde una fuente y fuera de un entorno controlado (en instalaciones como son hospitales, centros de investigación, centrales nucleares, etc.). En los eventos radiológicos, las consecuencias suelen ser más limitadas, debido a la menor cantidad de material radiactivo involucrado, mientras que, en los nucleares, la cantidad de material radiactivo es significativamente mayor, y las consecuencias pueden ser mucho más graves, afectando a grandes áreas y poblaciones¹. No obstante, en protección radiológica² se denomina de forma genérica "*impacto radiológico*", al conjunto de consecuencias o efectos producidos por las radiaciones ionizantes en los organismos vivos o en las propiedades de los materiales inertes (Tanarro, 2008), cuando se hace referencia al impacto provocado por ambos tipos de sucesos.

En 1990, un grupo de expertos internacionales, convocado por el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE (AEN/OCDE), elaboraron la Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos (INES)³, "*con el objeto de comunicar la importancia de los sucesos en instalaciones nucleares desde el punto de vista de la seguridad*". La escala (logarítmica, por lo que el paso de un nivel al inmediatamente superior supone un incremento en la gravedad de un orden de magnitud) cuenta con siete niveles, además del "Nivel 0", que engloba los sucesos que "*carecen de importancia desde el punto de vista de la seguridad nuclear o radiológica*". En esta escala, los niveles del 1 al 3, se califican como "*incidentes*", mientras que, del 4 al 7 se denominan "*accidentes*" (OIEA/AEN, 2008).

Centrándose en los accidentes nucleares con consecuencias al exterior con respecto a la instalación de origen⁴, aunque tienen una probabilidad de ocurrencia reducida⁵ (Wheatley, 2017), pueden generar consecuencias graves y causar grandes daños personales, materiales y medioambientales. Por ello, a la hora de definir el riesgo que implica una catástrofe nuclear, en este tipo de eventos, es necesario identificar su severidad, para determinar así el impacto potencial que supondría. A partir del análisis del riesgo, las entidades y autoridades competentes pueden tomar decisiones informadas para actuar en las distintas fases de una emergencia nuclear (figura 1). De este modo, es posible prevenir y prepararse ante posibles accidentes (en la fase de preparación), y, en caso de que ocurran, actuar de forma más eficaz en la mitigación y recuperación (en las fases de respuesta, durante el evento, y en la de recuperación, tras el accidente).

¹ <https://www.csn.es/emergencias/que-es-una-emergencia-radiologica>

² La protección radiológica es una actividad multidisciplinar, de carácter científico y técnico, que tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente contra los efectos nocivos que pueden resultar de la exposición a radiaciones ionizantes. <https://www.csn.es/proteccion-radiologica>

³ <https://www.iaea.org/es/recursos/escala-internacional-de-sucesos-nucleares-y-radiologicos-ines>

⁴ Según la escala INES, los accidentes nucleares con consecuencias al exterior con respecto a la instalación de origen son aquellos que van desde un "*suceso con alcance local*" (nivel 4), hasta un "*accidente grave*" (nivel 7).

⁵ La probabilidad de ocurrencia de los accidentes nucleares ha disminuido desde el accidente que tuvo lugar en la central nuclear de Chernóbil en 1986 (Wheatley, 2017).

Preparación	Respuesta				Recuperación
	Temprana		Intermedia		Final
Etapa de planificación	Evento/ Inicio de la respuesta	Gestión de la crisis	Gestión de las consecuencias	Transición a la recuperación (incluyendo la planificación de la	Recuperación/ Rehabilitación a largo plazo
	Situación de exposición durante la emergencia				Situación de exposición existente

Figura 1. Representación del cronograma de gestión de emergencias y las fases de emergencia (NEA, 2010). Se considera “situación de exposición” se produce cuando se ha liberado material radiactivo desde una fuente y una “situación de exposición existente” es cuando, tras la fase de respuesta de la emergencia, hay presencia de material radiactivo residual a largo plazo.

En España, las consecuencias de los dos accidentes nucleares más graves que han sucedido a lo largo de la historia (Chernóbil en 1986⁶ y Fukushima en 2011⁷) no han sido muy relevantes, a diferencia de lo sucedido en otras zonas de Europa, y, por supuesto, en el área más próxima a ambas centrales nucleares⁸. Por ello, las aproximaciones para abordar las afecciones potenciales de estos eventos tienen componentes particulares en cada área geográfica.

La siguiente aproximación constituye una metodología con la que elaborar herramientas que sirvan de ayuda para la elaboración de planes adecuados, tanto para la preparación a la emergencia nuclear, como para la recuperación posterior al accidente, y para ser utilizadas en el proceso de toma de decisiones de cara a minimizar las consecuencias derivadas de un accidente nuclear (García-Puerta, 2020). De las diferentes vías de exposición a las radiaciones ionizantes que se pueden producir (Tanarro, 2008), en este caso se centra el foco en la exposición interna vía ingestión.

Esta metodología se implementa en un hipotético escenario de liberación accidental a la atmósfera de radionucleidos de ¹³⁷Cs, desde la central nuclear de Almaraz, y posteriormente depositados en el suelo. Se estudian las zonas agrícolas potencialmente afectadas, y la posibilidad de incorporación del ¹³⁷Cs al cuerpo humano por la ingesta de los alimentos cultivados en ellas. Así, se parte de una distribución del depósito de ¹³⁷Cs en el suelo, con la que se elabora un mapa de probabilidad de depósito en la España peninsular, categorizado por la concentración de actividad. El mapa final de probabilidad y severidad de depósito se elabora mediante el tratamiento de los mapas de depósito de ¹³⁷Cs obtenidos a partir de simulaciones diarias de accidentes a lo largo de cinco años. Este mapa refleja el patrón de depósito predominante categorizado en cinco clases, en función de la probabilidad de ocurrencia del depósito y de la concentración de actividad depositada, es decir, de su severidad (figura 2). Las simulaciones se realizan empleando el sistema de ayuda a la decisión JRODOS (KIT, 2017). En el mapa de depósito se representa el denominado *índice de depósito (I_D)*, para el que se establecen cinco clases, que van, desde el mínimo *I_D*, con un valor de 1, hasta el máximo, con un valor de 5; de tal forma que, a mayor *I_D*, mayor probabilidad de tener una alta concentración de actividad depositada.

⁶ <https://www.iaea.org/es/temas/el-accidente-de-la-central-nuclear-de-chornobil-de-1986>

⁷ <https://www.iaea.org/es/temas/accidente-nuclear-de-fukushima-daiichi>

⁸ En el mapa de depósito de ¹³⁷Cs, elaborado tras el accidente nuclear de Chernóbil, se pueden apreciar las áreas afectadas por dicho evento y la concentración de actividad depositada en ellas (EC, 1998).

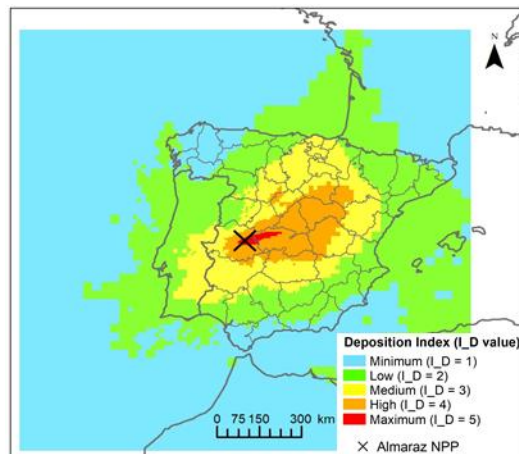


Figura 2. Mapa de severidad del depósito para las simulaciones realizadas con datos meteorológicos de 2012 a 2016, empleado JRODOS.

Por otro lado, se elabora un mapa de distribución de cultivos, en base a los datos de superficies de cultivo más actualizados en el momento de elaboración del mismo, recogidos en el anuario de estadística nacional (MAGRAMA, 2016). Se emplea como base de representación el mapa de usos de suelo Corine Land Cover (EEA, 2019). Una vez que se tiene identificado el cultivo representativo de cada área, se determina su vulnerabilidad radiológica en función de las propiedades del suelo y del tipo de cultivo, pues ambos parámetros influyen en la transferencia de radionucleidos del suelo a la planta. Así, se define el *índice de vulnerabilidad radiológica (I_RV)*, que refleja la capacidad del sistema suelo-planta para transferir el ^{137}Cs depositado en el suelo a los cultivos. Para el *I_RV* se definen, igualmente, cinco categorías, de mínima a máxima vulnerabilidad (con valores de 1 a 5); a mayor capacidad de transferencia, más vulnerable es ese sistema agrícola. El mapa de vulnerabilidad resultante se incluye en la figura 3.

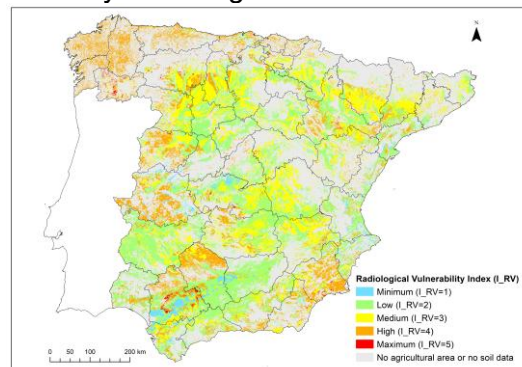
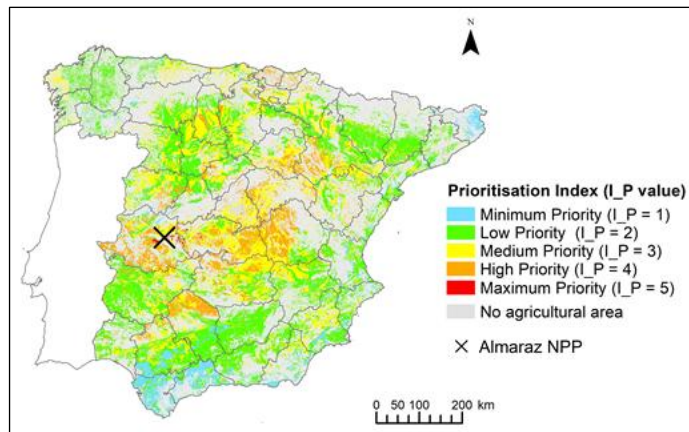


Figura 3. Mapa de vulnerabilidad radiológica del sistema agrícola peninsular español.

Mediante el uso de sistemas de información geográfica, se superponen los mapas de depósito y de vulnerabilidad radiológica de los sistemas agrícolas y, para cada área, se multiplican sus correspondientes índices *I_D* y *I_RV*. Los valores resultantes se reclasifican para obtener nuevamente cinco categorías, que reflejan el riesgo de transferencia del ^{137}Cs , que potencialmente se depositaría en los suelos agrícolas, a la cadena alimentaria. Se construye así un mapa de priorización de la España peninsular, con las áreas agrícolas en las que actuar, en caso de accidente con consecuencias al exterior (Figura 4). De cara a la preparación para la emergencia, la máxima prioridad de actuación sería para aquellas áreas con mayor probabilidad de que se produjera un depósito con alta concentración de actividad, y donde el sistema agrícola tiene mayor capacidad para transferir los radionucleidos del suelo al cultivo representativo de la zona. En caso de que se produjera un evento, el mapa de vulnerabilidad se cruzaría con el mapa de depósitos correspondiente a dicho evento (en lugar de emplear un mapa de probabilidad de depósitos), para construir un mapa de priorización de las áreas de actuación, de cara a la fase posterior a la emergencia.



Por tanto, se ha diseñado una metodología para identificar las zonas prioritarias de actuación, en las que llevar a cabo medidas de recuperación en caso de accidente nuclear con consecuencias al exterior de una instalación, para minimizar la transferencia suelo-planta, y con ello, la exposición del público a la contaminación por radionucleidos, a través de la cadena alimentaria (García-Puerta, 2020).

REFERENCIAS

- European Environmental Agency (EEA), 2019. Corine Land Cover 2018. Version 20. [Online]. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download>
- European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, De Cort, M., Dubois, G., Fridman, S., Germenchuk, M. et al., *Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident*, Publications Office, 1998. <https://remon.jrc.ec.europa.eu/Past-Activities/137Cs-ATLAS>
- García Puerta, B., García Rodríguez, M. d. P., Trueba, C., & Universidad Complutense de Madrid Facultad de Geografía e Historia. (2020). *El empleo de sistemas de información geográfica en la creación de herramientas para mejorar los planes de respuesta en emergencias nucleares y como ayuda en la toma de decisiones en áreas agrícolas. The use of geographic information systems in creating tools to improve nuclear emergency and response plans and as an aid in the decision-making process for agricultural areas* [Dissertation]. <https://ucm.on.worldcat.org/oclc/1468944733>
- KIT, 2017. Jrodos, Versión Java de RODOS. <https://www.ites.kit.edu/english/294.php>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), 2016. Avance Anuario de Estadística 2015. Tercera parte: Estadísticas agrarias y de alimentación. Capítulo 13: Superficie y producciones de cultivo. Madrid, Spain.
- Nuclear Energy Agency [NEA] (2010). Strategic Aspects of Nuclear and Radiological Emergency Preparedness and Management: Lessons Learned from Past Emergencies and Exercises. OECD Publishing. 71pp. ISBN: 978-92-64-99146-0. https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14412/strategic-aspects-of-nuclear-and-radiological-emergency-management-planning-for-effective-decision-making?details=true
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE. 2010. INES, Escala internacional de sucesos nucleares y radiológicos manual del usuario. Edición 2008. Viena.
- Poljansek, K., Casajus Valles, A., Marin Ferrer, M., Artes Vivancos, T., Boca, R., Bonadonna, C., Branco, A., Campanharo, W., De Jager, A., De Rigo, D., Dottori, F., Durrant, T., Estreguil, C., Ferrari, D., Frischknecht, C., Galbusera, L., Garcia Puerta, B., Giannopoulos, G., Girgin, S., Gowland, R., Grecchi, R., Hernandez Ceballos, M.A., Iurlaro, G., Kampourakis, G., Karlos, V., Krausmann, E., Larcher, M., Lequarre, A.S., Liberta, G., Loughlin, S.C., Maianti, P., Mangione, D., Marques, A., Menoni, S., Montero Prieto, M., Naumann, G., Necci, A., Jacome Felix Oom, D., Pfeiffer, H., Robuchon, M., Salamon, P., Sangiorgi, M., San-Miguel-Ayanz, J., Raposo De M. Do N. E S. De Sotto Mayor, M.L., Theocharidou, M., Theodoridis, G., Trueba Alonso, C.,

Tsionis, G., Vogt, J. and Wood, M., Recommendations for National Risk Assessment for Disaster Risk Management in EU, EUR 30596 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-30256-8, doi:10.2760/80545, JRC123585.

- Tanarro Sanz, A., Tanarro Onrubia, A. 2008. Diccionario inglés-español sobre tecnología nuclear. Glosario de términos. 2ª edición. Madrid.
- Wheatley, S., Sovacool, B., Sornette, D. Of Disasters and Dragon Kings: A Statistical Analysis of Nuclear Power Incidents and Accidents. Risk Anal. 2017 Jan;37(1):99-115. doi: 10.1111/risa.12587. Epub 2016 Mar 22. PMID: 27002746.

4.- Estudio sobre humedales (Mancha húmeda) y su influencia en el clima

Se analiza la evolución de las lagunas de Villacañas, Tírez, Peña Hueca, Villafranca de los Caballeros y Alcázar de San Juan considerando su estado actual y los datos que tenemos a partir del estudio realizado para la revista de la A.G.E.

Resumen del trabajo enviado para su publicación a la revista Boletín de la Asociación de Geógrafos españoles:

Este trabajo analiza la evolución de algunas lagunas de La Mancha Húmeda (España) entre 1984-2022, con el objetivo de conocer su variabilidad temporal y la posible tendencia de humedales interiores según su emplazamiento, origen, manejo del agua y grado de estacionalidad. Para ello se han utilizado imágenes de los satélites Landsat y Sentinel 2, de las que se seleccionan las mejoras espectrales que mayor información ofrecen sobre láminas de agua someras: NDWI, NDSI, IHS y componentes principales. El estudio multitemporal de las lagunas manchegas, validado mediante trabajo de campo y laboratorio, permite afirmar una pérdida del volumen de agua, que se ha acentuado en la última década. Esto responde a la conjunción de varias causas: sequía prolongada, reducción del nivel de los acuíferos, reducción de los aportes antrópicos a algunas lagunas y menor disponibilidad de aguas superficiales para estos espacios naturales. La falta de agua en estas lagunas manchegas fue muy evidente tras la sequía de los primeros años noventa (91-95) y de la última década del siglo actual. Estos humedales se recuperaron tras la primera sequía, por lo que queda la incertidumbre de que pueda suceder lo mismo en la actualidad. Sin embargo, los cambios en el manejo del agua, uso extensivo de regadíos, descenso de los acuíferos, o posible extensión de los períodos secos no ofrecen demasiadas esperanzas de recuperación. Estos humedales son ecosistemas muy frágiles con una gran variabilidad espacio temporal en la altura y extensión de la lámina de agua, ya que todas las lagunas son muy someras, no sobrepasando en las épocas más húmedas el metro de agua. No obstante, son áreas de gran valor paisajístico y ecológico, tanto por la riqueza y diversidad de su flora y fauna como por su capacidad de absorción de contaminantes y de freno a las inundaciones. Pese a su gran valor ambiental son espacios altamente antropizados, en unos casos para mantener o mejorar su conservación y en otros con la alteración de su lámina de agua y de los terrenos que la circundan.

En la actualidad (19 de junio de 2025) estas lagunas tienen un elevado nivel de agua, dadas las intensas precipitaciones de esta primavera, por lo que su estado es mucho más favorable que en años anteriores. Solo las lagunas del complejo de Alcázar y las de Peña Hueca y Tírez carecen de agua. El resto tienen unos niveles que oscilan entre los 30 cm y más de un metro de profundidad. Con las muestras recogidas, tanto de aguas como de suelos, se analizará como ha sido la evolución de estas lagunas en los últimos años.