



El comité organizador hace constar que:

Jesús Fidel González Rouco

Con DNI: 77591846N

ha formado parte de la organización y ha contribuido a la realización de

la jornada taller “Eventos hidrológicos extremos y adaptación: El papel de las Geociencias” realizada por la Conexión Geociencias para un Planeta Sostenible del CSIC junto con otras entidades celebrada en el Salón de Actos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

C/. Serrano 117, Madrid. 28006 (España) de 9:00 a 18:00 del 13 de mayo de 2025

Juan Antonio Ballesteros Cánovas

Científico Titular del Museo Nacional de
Ciencias Naturales (MNCN) del CSIC, comité
organizador del taller y miembro del comité
ejecutivo de Conexión Geociencias

CSV : GEN-eeef-49e0-ae9b-ceaa-24ad-4bbf-da53-bc31

DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN : <https://run.gob.es/hsbIF8yLcR>

FIRMANTE(1) : JUAN ANTONIO BALLESTEROS CANOVAS | FECHA : 27/05/2025 09:56 | Sin acción específica





El comité organizador hace constar que:

Jesús Fidel González Rouco

ha asistido a la jornada taller “Eventos hidrológicos extremos y adaptación: El papel de las Geociencias”
jornada taller realizada por la Conexión Geociencias para un Planeta Sostenible del CSIC junto con otras entidades
y celebrada en el Salón de Actos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas
C/. Serrano 117, Madrid. 28006 (España) de 9:00 a 18:00 del 13 de mayo de 2025

Juan Antonio Ballesteros Cánovas

Científico Titular del Museo Nacional de
Ciencias Naturales (MNCN) del CSIC, comité
organizador del taller y miembro del comité
ejecutivo de Conexión Geociencias



INFORME SOBRE EL WORKSHOP

EVENTOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS Y ADAPTACIÓN:
EL PAPEL DE LAS GEOCIENCIAS



Madrid, 13 de mayo de 2025
Sede central del CSIC



CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	5
1.1. Análisis del clima y la meteorología de los eventos extremos	5
1.2. Impactos físicos geomorfológicos y ambientales.....	7
1.3. Adaptación y gestión de emergencias	9
1.4. Conclusión general	11
2. FOTOGRAFÍAS	12
3. REGISTRO DE ASISTENCIA	14
3.1. Ponentes.....	14
3.2. Asistentes	14
3.3. Organizadores	16
3.4. Ayudantes de organización.....	16
4. VÍDEO, RESUMEN Y TRANSCRIPCIÓN	17

1. RESUMEN EJECUTIVO

El workshop, organizado por la **Conexión Geociencias del CSIC**, la **Asociación Española de Climatología (AEC)** y la **Plataforma Temática Interdisciplinar del Clima (PTI Clima) del CSIC**, se realizó en el CSIC. Su objetivo principal fue **generar un espacio de reflexión, intercambio y colaboración entre investigadores en eventos hidrológicos extremos** que trabajan para comprender y adaptarse a los eventos hidrológicos extremos en el contexto de cambio climático y cambio global. Se discutieron los retos actuales en la comprensión de este tipo de eventos y en el desarrollo de estrategias de adaptación para el futuro, así como facilitar la transferencia del conocimiento a la sociedad y las administraciones.

La jornada se estructuró en tres bloques temáticos con presentaciones y mesas redondas. Se destacó la importancia de las geociencias, ya que nos permiten entender el funcionamiento de la Tierra, sus recursos y riesgos y cómo vivir de forma sostenible. El CSIC, como mayor organismo de investigación en España, busca **agrupar investigadores en torno a temáticas estratégicas** a través de iniciativas como la Conexión Geociencias, que cuenta con más de 320 personas, y la PTI Clima, una plataforma interdisciplinar con colaboración estrecha con la AEMET.

1.1. Análisis del clima y la meteorología de los eventos extremos

El clima y la meteorología de los eventos extremos en la región mediterránea requieren un análisis detallado, dada la especial vulnerabilidad de esta zona frente al cambio climático. Esta región se está calentando a un ritmo superior al promedio global, lo que tiene implicaciones directas sobre la dinámica atmosférica. Uno de los efectos más significativos de este calentamiento es el aumento de la capacidad de la atmósfera para contener vapor de agua, lo cual proporciona una mayor cantidad de «combustible» para el desarrollo de fenómenos meteorológicos extremos. En el caso del Mediterráneo español, las observaciones recientes evidencian un incremento en la frecuencia e intensidad de episodios de precipitación intensa, lo que se traduce en una mayor torrencialidad y, por ende, en un aumento del riesgo de inundaciones y daños asociados.

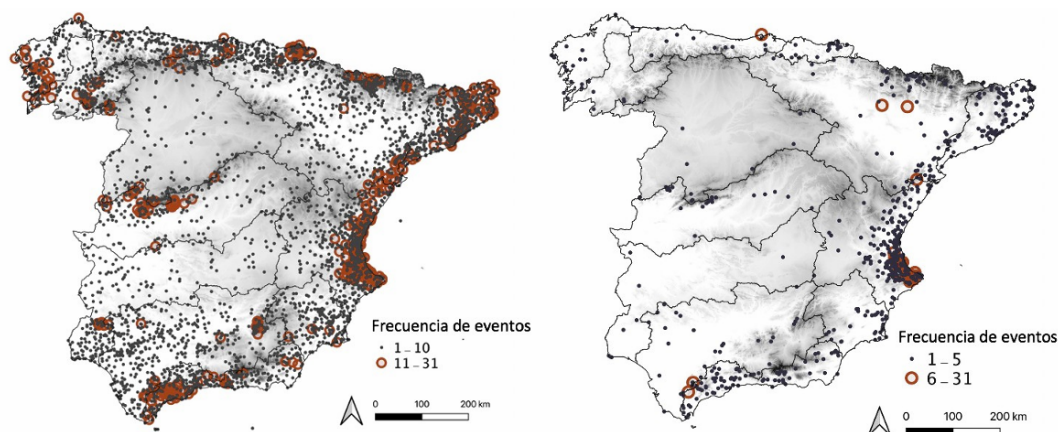


Figura 1. Distribución espacial de los registros de precipitaciones superiores a 100 y 200 mm/día (Gonzalez-Hidalgo et al., 2025¹).

Frente a este escenario, los modelos climáticos se convierten en herramientas fundamentales para proyectar futuros posibles y diseñar estrategias de adaptación. Sin embargo, presentan limitaciones importantes, especialmente en lo que respecta a la resolución espacial y temporal necesaria para capturar con precisión los eventos extremos. Esta limitación se traduce en una subestimación de la magnitud de estos fenómenos, lo que, sumado a la alta variabilidad climática natural, introduce un grado elevado de incertidumbre en las proyecciones de precipitaciones extremas para la región mediterránea.

El análisis histórico de eventos de precipitación extrema en España revela que estos han sido recurrentes incluso en períodos anteriores al actual calentamiento global. Se han registrado episodios de gran magnitud con una frecuencia significativa, aunque la detección de tendencias claras a nivel nacional sigue siendo compleja debido a la gran variabilidad interanual y a la influencia de ciclos climáticos naturales como El Niño, la Oscilación del Atlántico Norte o el Mediterráneo Occidental. No obstante, lo que sí parece evidente es que las condiciones actuales favorecen una mayor eficiencia de los sistemas atmosféricos para generar precipitaciones intensas, incluso sin que haya necesariamente un aumento en el número de sistemas inestables como las DANA (depresiones aisladas en niveles altos).

¹ Gonzalez-Hidalgo, J. C., Beguería, S., Peña-Angulo, D., & Blanco, V. T. (2025). Catalogue and Analysis of Extraordinary Precipitation Events in the Spanish Mainland, 1916–2022. *International Journal of Climatology*, 45(6), e8785.

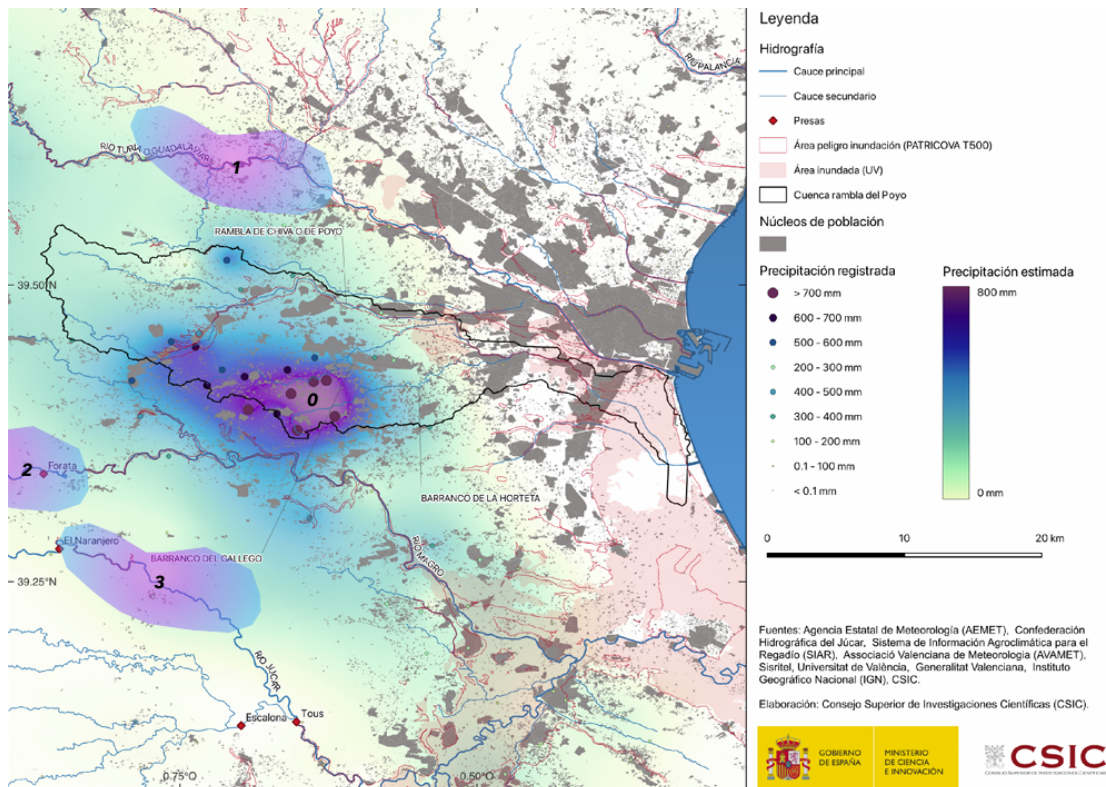


Figura 2: Reconstrucción de la precipitación extrema durante el evento de la DANA de 2024 en Valencia. Extraído de la ponencia del Dr. Beguería.

Además, se observa una creciente concurrencia de fenómenos extremos, como las olas de calor, las sequías prolongadas y los eventos de calor marino, que interactúan entre sí y amplifican los impactos sobre los ecosistemas, la agricultura, la salud humana y las infraestructuras. Esta simultaneidad o encadenamiento de eventos compuestos dificulta la capacidad de respuesta de los sistemas sociales y económicos, y requiere enfoques más integrales de análisis y gestión del riesgo climático.

En este contexto, se vuelve crucial el desarrollo de servicios climáticos que permitan traducir la información científica compleja en productos prácticos y comprensibles para la sociedad, las instituciones y los distintos sectores económicos. Esta labor implica pasar de una visión fragmentada y puntual del riesgo, centrada en eventos aislados, a un enfoque regional o de cuenca que permita planificar de forma más eficaz la adaptación al cambio climático (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, PNACC2). Los servicios climáticos deben, por tanto, integrar el conocimiento científico con herramientas de comunicación, gestión y toma de decisiones que respondan a las necesidades reales de los territorios vulnerables.

1.2. Impactos físicos geomorfológicos y ambientales

Las características geomorfológicas de la llanura costera mediterránea, por ejemplo, la valenciana, desempeñan un papel central en la comprensión de la dinámica de las inundaciones provocadas por eventos extremos como las DANA. Este territorio está modelado por una serie de elementos naturales —abanicos aluviales, paleocauces, depresiones endorreicas y zonas húmedas como la

Albufera— que actúan como áreas de divergencia, concentración y almacenamiento del agua. Durante episodios de lluvias torrenciales, estas formas del relieve influyen directamente en la distribución espacial de los flujos, canalizando o reteniendo el agua y condicionando así la extensión y severidad de las inundaciones.

Sin embargo, a estas condiciones naturales se suman factores antrópicos que agravan notablemente los efectos de estos eventos. La modificación de cauces naturales, ya sea por encauzamientos, canalizaciones o desvíos, así como la expansión urbana en zonas tradicionalmente inundables, han alterado profundamente la capacidad de absorción y circulación del agua. La ocupación del territorio en áreas de alto riesgo ha amplificado la magnitud del desastre, al aumentar tanto la exposición como la vulnerabilidad de infraestructuras y personas a las inundaciones.

El análisis del registro histórico y paleoclimático, mediante el estudio de sedimentos, anillos de crecimiento en árboles y otras evidencias, proporciona un marco valioso para contextualizar estos fenómenos dentro de la variabilidad climática natural en la región. Estos registros muestran que las crecidas intensas no son nuevas en el paisaje valenciano; sin embargo, en el caso concreto de la reciente DANA, los caudales registrados en ciertos puntos han superado ampliamente los máximos estimados a partir de datos paleoclimáticos. Este exceso podría deberse a la intensificación del ciclo hidrológico asociada al cambio climático, o también a la transformación del territorio que ha reducido la capacidad natural de drenaje y amortiguación del agua.

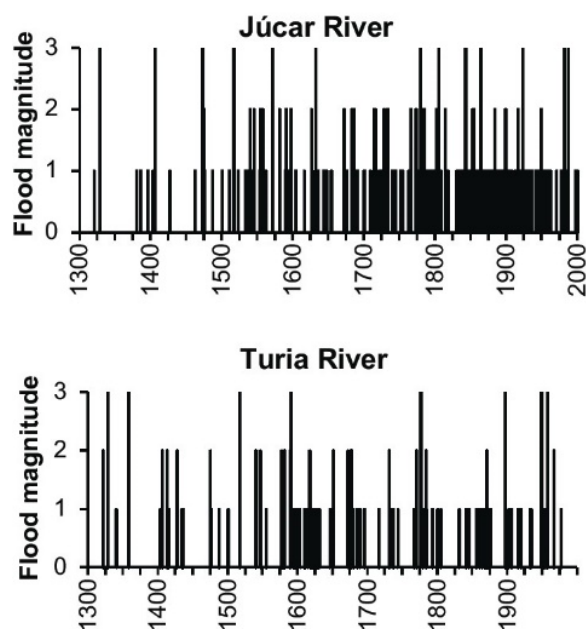


Figura 3: Registro histórico de las inundaciones en el río Júcar y Turia (Ruiz Carmona y Pérez Cueva, 2014²). Extraído de la ponencia del Dr. Benito.

² Ruiz, J. M., Carmona, P., & Pérez Cueva, A. (2014). Flood frequency and seasonality of the Jucar and Turia Mediterranean rivers (Spain) during the "Little Ice Age". *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography*, (122), 121-130.

Para entender en profundidad la complejidad de estos eventos, la modelización hidrológica e hidráulica de alta resolución se vuelve una herramienta imprescindible. Estos modelos permiten reconstruir el comportamiento del agua desde su caída como precipitación hasta su desplazamiento por el terreno, incluyendo variables clave como la infiltración en diferentes tipos de suelo, la escorrentía en zonas urbanas (calles, sótanos, infraestructuras subterráneas), el colapso de estructuras hidráulicas, y el arrastre de sedimentos, residuos y vehículos. Todos estos elementos alteran los patrones de flujo, dificultan el drenaje y contribuyen a elevar los niveles de inundación en áreas urbanizadas.

Además de los impactos materiales y humanos, las inundaciones provocadas por la DANA han generado efectos ambientales significativos. Entre ellos destacan los daños a los sistemas de saneamiento y a las estaciones depuradoras, que han derivado en vertidos incontrolados de aguas residuales. Esto ha producido una contaminación microbiológica y química de aguas superficiales y suelos, con consecuencias potencialmente graves para la salud pública, la agricultura y sectores como el marisquero, especialmente en zonas como la Albufera y la costa próxima. Ante esta situación, se están llevando a cabo muestreos y análisis para evaluar el grado de contaminación, su distribución y su evolución temporal, lo que será clave para diseñar estrategias de recuperación y prevención eficaces frente a futuros eventos extremos.

1.3. Adaptación y gestión de emergencias

El CSIC, a través de su Comité de Asesoramiento en Emergencias y del Grupo de Asesoramiento en Desastres y Emergencias (GADE), ha dado un paso decisivo hacia la integración del conocimiento científico en la gestión de riesgos. Durante el episodio extremo de la DANA, el GADE mostró una notable capacidad de activación rápida y colaboración multidisciplinar, reuniendo expertos en geociencias, medio ambiente, ciencias sociales, hidrología y otras disciplinas clave. Esta red de cooperación permitió la elaboración de numerosos informes y el asesoramiento activo en los centros de coordinación de emergencia, consolidando un modelo de respuesta basado en evidencia científica.

La transferencia de conocimiento y la colaboración fluida entre científicos, administraciones públicas y sociedad civil emergen como elementos fundamentales para avanzar en la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático. Sin embargo, para que esta cooperación sea eficaz, es imprescindible mejorar los canales de comunicación y traducir el lenguaje técnico en mensajes comprensibles para todos los actores implicados. Combatir la desinformación y fomentar una cultura científica accesible son tareas esenciales para fortalecer la resiliencia social frente a los desastres naturales.

La adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de inundación no son solo una necesidad técnica, sino un mandato legal y social que implica reconsiderar profundamente la planificación territorial, la gestión del agua y los protocolos de emergencia. En este sentido, la ocupación histórica de zonas inundables y el mantenimiento de una planificación urbanística desactualizada han incrementado significativamente la exposición y vulnerabilidad de muchas áreas frente a fenómenos extremos como la DANA.

GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRES



Figura 4. Visión integral del riesgo de desastres. Extraído de la ponencia del Dr. Olcina.

Las estrategias de adaptación deben ser integrales, combinando medidas estructurales, como obras de ingeniería hidráulica y canalizaciones, con medidas no estructurales, como la mejora de la planificación urbana, la educación ambiental, la implementación de sistemas de alerta temprana, la renaturalización de ríos y humedales, y el fomento de soluciones basadas en la naturaleza. En este contexto, se ha subrayado la importancia de no reconstruir las zonas afectadas «igual que estaban», sino aprovechar estos momentos críticos para hacerlas más resilientes y seguras frente a futuros eventos.

La Dirección General del Agua trabaja actualmente en la aplicación de la Directiva Europea de Inundaciones, elaborando mapas de peligro y riesgo, así como planes de gestión que incluyen restricciones al uso del suelo en áreas vulnerables. Estos instrumentos promueven un enfoque preventivo y adaptativo, pero enfrentan desafíos importantes, entre ellos la falta de consenso entre administraciones y actores locales, lo que dificulta su implementación. Aquí, la ciencia puede jugar un papel fundamental como mediadora, aportando datos objetivos y construyendo puentes entre distintas posturas.

Si bien existen estudios que analizan los posibles impactos del cambio climático en el comportamiento futuro de las inundaciones, los expertos advierten que aún no se dispone de la precisión suficiente para generar mapas de zonas inundables futuras con validez legal para la ordenación del territorio. Por ello, se prioriza por ahora la cartografía del riesgo actual, como base más sólida para la toma de decisiones.

A pesar de la tragedia que representó el evento de la DANA, este puede considerarse una oportunidad para aprender, revisar metodologías, cuestionar políticas existentes y fortalecer la investigación aplicada al riesgo climático. Resulta crucial poner el foco en la fase de prevención, en lugar de limitarse a reaccionar ante las emergencias. Solo mediante un enfoque proactivo,

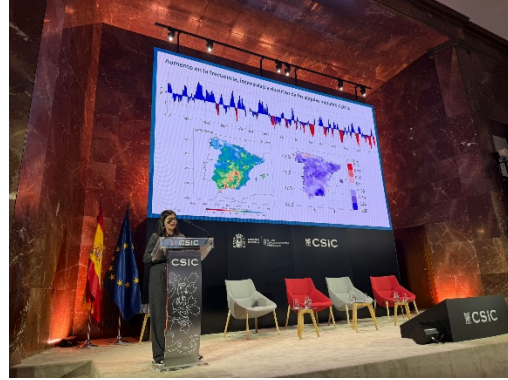
colaborativo y basado en el conocimiento podremos anticiparnos a los efectos cada vez más intensos del cambio climático y proteger eficazmente a nuestras comunidades.

1.4. Conclusión general

En síntesis, la jornada subrayó la **complejidad de los eventos hidrológicos extremos** en el Mediterráneo español, vinculando su ocurrencia e impacto a factores climáticos (cambio global, mayor potencial de precipitación), geomorfológicos (la disposición del terreno y su alteración antrópica) y socio-territoriales (la ocupación y vulnerabilidad del espacio). Se destacó el **papel esencial de la investigación geocientífica** (climatología, geomorfología, hidrología, hidráulica, estudios históricos y paleo) y la necesidad de **colaboración interinstitucional y multidisciplinar** (ciencia, administraciones, sociedad) para mejorar la comprensión, modelización, predicción, gestión y adaptación al riesgo, utilizando los datos disponibles (históricos, instrumentales, modelos) y mejorando las herramientas y la comunicación para enfrentar un futuro con eventos probablemente más intensos y frecuentes.

2. FOTOGRAFÍAS





3. REGISTRO DE ASISTENCIA

3.1. Ponentes

En esta tabla se muestran los detalles de los ponentes que intervinieron en el workshop. La elección de los mismos se basó en su experiencia en la temática a tratar en cada bloque.

Nombre	Apellidos	Correo
Santiago	Beguería	santiago.begueria@eead.csic.es
Francisca	Segura	Francisca.Segura@uv.es
Gerardo	Benito Ferrández	benito@mncn.csic.es
Félix	Francés	ffrances@upv.es
Inés	Galindo	ines.galindo@igme.es
Antonio	Jiménez Álvarez	antonio.jimenez@cedex.es
Samira	Khodayar Pardo	khodayar@ceam.es
David	López Álvarez	david.lopez@cedex.es
Jorge	Olcina	jorge.olcina@ua.es
Esteban	Rodríguez Guisado	erodriguezg@aemet.es
Gloria	Sánchez	gloriasanchez@iata.csic.es
Javier	Sánchez Martínez	fsmartinez@miteco.es

3.2. Asistentes

En esta tabla se muestra la lista completa de asistentes al workshop.

Nombre	Apellidos	Correo
Iván	Alfaro Rodríguez	ivan.alfaro@mncn.csic.es
Francisco Ramón	Andrés Martín	francisco.r.andres@cedex.es
José María	Ángel Batalla	secretaria.comisionadoDANA@correo.gob.es
Mónica	Aparicio Martín	maparicio@miteco.es
Juan Francisco	Arrazola Herreros	jfarrazola@miteco.es
Manuel	Bernaldo de Quirós González	m.dromos@gmail.com
Jaime	Boyano Galiano	jaime.boyano@mncn.csic.es
Joaquín	Calatayud	
Arturo José	Calvo Tiapa	arturocalvo@hotmail.com
José Ángel	Cañizares Fernández	joseangel.canizares@bbva.com
Luana Sofia	Cardoso dos Santos	lssantos@ciencias.ulisboa.pt
Ángel	Castillo Talavera	acastillo@ietcc.csic.es
Arturo José	Charoyan	arturcm000@gmail.com
Juan Pablo	Corella Aznar	pablo.corella@mncn.csic.es
Manuel	del Jesús	manuel.deljesus@unican.es
Enrique	Díaz Martínez	e.diaz@igme.es
Jesús	Díaz Sanz	jesusdiaz@inenvex.com
Luis	Díez Blanco	luis.diez@csic.es
Andrés	Díez Herrero	andres.diez@igme.es
Marta	Dopazo González	mdopazo@miteco.es
Eugenio	Fraile Nuez	eugenio.fraile@ieo.csic.es
Osvaldo	Franco Ramos	ofranco@geografia.unam.mx
David Martín	Freire Lista	dm.freire@igme.es
Lorena	Galiano Sánchez	lorena@ficlima.org
María Teresa	García Alonso	mtga@tragsa.es

Juan Carlos	García López-Davalillo	jc.garcia@igme.es
Félix	García Pereira	felgar03@ucm.es
María Victoria	González Cascón	v.cascon@csic.es
Aranzazu	Gurrea-Nozaleda	agurreanozaleda@miteco.es
Sofía	Iglesias	sofia.iglesias@csic.es
José	Ledesma	jose.ledesma@mncn.csic.es
Francisco Javier	Lillo Ramos	javier.lillo@urjc.es
Roger	Llanes Ribas	rogelio.llanes@correo.gob.es
Julia	Llerandi Lavandera	juliallbiedes@gmail.com
José Antonio	López Díaz	jalpdz314@gmail.com
Yolanda	Luna Rico	mlunar@aemet.es
Maria J.	Machado	mjmachado09@gmail.com
Sara	Madera Sánchez	sara.madera@ciemat.es
Jaime	Madrigal González	jaime.madrigal@uva.es
María	Mancebo Mancebo	mj.mancebo@igme.es
Marcos	Marín Martín	marcos.marin@mncn.csic.es
Ishel	Marsal Twose	ishel.marsal@mncn.csic.es
Silvia	Martínez Cebollero	silvia.martinez@cchs.csic.es
Vanesa	Martínez Fernández	Vanesa.mfernandez@upm.es
Rosa María	Mateos	rm.mateos@igme.es
Nagore	Meabe Yanguas	nmeabe@ucm.es
Robert	Monjo Agut	robert@ficlima.org
Ricardo Manuel	Monteiro Alves	ricardo.monteiro@cedex.es
Ana	Mortata	amoratag@aemet.es
Alberto	Muñoz-Torrero Manchado	alberto.munoz@mncn.csic.es
Marcos	Navaridas Alcaraz	m.navaridas.alcaraz@csic.es
Jorge	Navarro Montesinos	jorge.navarro@ciemat.es
Paulina	Ordóñez Perez	paulina.ordonez@ineco.com
Cristina	Oter García	cristina.oter@ineco.com
Fernando	Pastor Arguello	Fpastor@miteco.es
Óscar	Pastor Bárcenas	opastor@paiporta.es
Pol	Pérez	
Carlos	Prado López	carlos@ficlima.org
Lorenzo	Ramos Llamas	lorenzo.ramos.llamas@csic.es
Darío	Redolat Negro	dario@ficlima.org
Alejandro	Robador Moreno	a.robador@igme.es
José Carlos	Robredo Sánchez	josecarlos.robredo@upm.es
Ernesto	Rodríguez Camino	
Esteban	Rodríguez Guisado	estrodg@gmail.com
Daniel	Vázquez Tarrío	d.vazqueztarrio@igme.es
Juana	Vegas	j.vegas@igme.es
Cristina	Vegas Cañas	cvegas@ucm.es
Sergio	Vera Trujillo	Svera@transportes.gob.es
Clémence	Verschave	clemence.verschave@agroparistech.fr
Adolfo	Vírseda Martín	avirseda@miteco.es
Joe David	Zambrano Suárez	zambranosuarezjd@gmail.com

3.3. Organizadores

Nombre	Apellidos	Correo
Ernesto	Tejedor Vargas	ernesto.tejedor@mncn.csic.es
Juan Antonio	Ballesteros Cánovas	juan.ballesteros@mncn.csic.es
Jesús Fidel	González Rouco	fidelgr@ucm.es
Dominic	Roye	secretaria@aeclim.org
Ana	Lucia-Vela	a.lucia@igme.es
Roberto	Serrano Notivoli	roberto.serrano@unizar.es

3.4. Ayudantes de organización

Nombre	Apellidos	Correo
Jaime	Boyano Galiano	jaime.boyano@mncn.csic.es
Iván	Alfaro Rodríguez	ivan.alfaro@mncn.csic.es
Nagore	Meabe Yanguas	nmeabe@ucm.es
Cristina	Vegas Cañas	cvegas@ucm.es
Sara	Madera Sánchez	sara.madera@ciemat.es
Luana Sofia	Cardoso dos Santos	lssantos@ciencias.ulisboa.pt
Marcos	Marín Martín	marcos.marin@mncn.csic.es

4. VÍDEO, RESUMEN Y TRANSCRIPCIÓN

La jornada fue grabada y emitida por el CSIC. A día de hoy (9 de junio de 2025), el video acumula más de 1300 reproducciones, lo que sugiere un elevado interés de su contenido.

El enlace para su visualización es: <https://www.youtube.com/watch?v=W0uADsMucDw>



Usando una herramienta de inteligencia digital (NotebookLM), se ha desarrollado un resumen extendido del workshop y una transcripción del mismo.

Intervenciones institucionales y contexto del evento:

- **Ana Lucía Vela (CSIC, Instituto Geológico y Minero - IGME):** Dio la bienvenida al workshop sobre eventos hidrológicos extremos y adaptación. Explicó que el evento está organizado por la conexión Geociencias del CSIC, la Asociación Española de Climatología (AEC) y la Plataforma Temática Interdisciplinar (PTI) del Clima del CSIC. El objetivo es generar un espacio de reflexión, intercambio y colaboración entre especialistas para **comprender y adaptarnos a los eventos hidrológicos extremos en el contexto de cambio climático y global**. La jornada se estructuró en tres bloques temáticos, cada uno con presentaciones y una mesa redonda final.
- **Juana Vegas (CSIC, IGME - Coordinadora de la Conexión Geociencias):** Dio la bienvenida en nombre de la Conexión Geociencias. Resaltó la importancia de las geociencias para entender la Tierra, nuestro hogar, y los desafíos actuales para un futuro sostenible. Presentó la

Conexión Geociencias como una alianza de más de 320 especialistas de Ciencias de la Tierra de más de 20 grupos y centros del CSIC. Mencionó los cuatro retos principales de la conexión: **transición energética y ecológica justa, acceso a recursos geológicos e hídricos, conocimiento de peligros y riesgos geológicos, y búsqueda de soluciones a crisis medioambientales y climáticas**. El objetivo es facilitar la transferencia de conocimiento a la sociedad, industria y administraciones para afrontar retos presentes y futuros desde una perspectiva global. Destacó la importancia de la **colaboración interdisciplinar**.

- **Fidel González Rouco (Universidad Complutense, IGEO - Representante de la AEC):** Habló en nombre de la Asociación Española de Climatología (AEC). Agradeció al CSIC por facilitar el evento y a los participantes y organismos colaboradores. La AEC, desde su fundación en 1997, ha buscado **fomentar el avance del conocimiento en clima, variabilidad y cambio climático**, intentando conectar la ciencia a la sociedad. Ha impulsado actividades multidisciplinares para el avance científico y para afrontar retos sociales como la adaptación al cambio climático y el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC2). Destacó que las geociencias aportan claramente a la **comprensión y desarrollo de estrategias de adaptación** para aumentar la resiliencia ante eventos hidrológicos extremos.
- **Yolanda Luna (Agencia Estatal de Meteorología - AEMET):** Representó a la AEMET, un organismo operativo cuya misión es **servir a la sociedad para salvaguardar vidas y bienes**. Menciona la participación en el PNACC junto con otros organismos como el CSIC. Subrayó la importancia de trasladar la ciencia meteorológica y climática de los centros de investigación a la sociedad en forma de productos y servicios. AEMET no solo hace predicción del tiempo, sino también **servicios climáticos** para diversos sectores (agricultura, hidrología, incendios, salud) y predicciones de calidad del aire, polen y oleaje. Destacó la colaboración con la PTI Clima. Señaló que los eventos hidrológicos extremos son muy habituales en la zona mediterránea y es necesario afrontar esta situación con la ayuda de los organismos científicos. También enfatizó la **importancia del dato histórico** de las observaciones para todos los estudios, que AEMET mantiene en su Banco Nacional de Datos Climatológicos.
- **José María Martel (CSIC - Vicepresidente de Investigación Científica y Técnica):** Dio la bienvenida en nombre de la presidencia del CSIC. Resaltó que el CSIC cuenta con casi 17 000 personas en 124 institutos en todo el territorio nacional, cubriendo prácticamente todas las áreas del conocimiento, incluyendo geociencias y física relevante para servicios climáticos. Indicó que los eventos hidrológicos extremos son una **amenaza creciente debido al aumento en su frecuencia e intensidad**, con un impacto devastador. Es crucial dar una respuesta inmediata y eficaz, lo que requiere canales de comunicación ágiles con los decisores y protocolos establecidos. **La investigación geocientífica es crucial para la gestión del riesgo y la prevención de desastres**, ayudando a comprender procesos, mejorar pronósticos y desarrollar estrategias de adaptación. Destacó la importancia de la **educación y sensibilización**

basada en evidencia científica. Es fundamental la colaboración entre científicos, gobiernos y comunidades. Mencionó iniciativas del CSIC como las conexiones (Conexión Geociencias con más de 340 investigadores) y las PTI (PTI Clima en colaboración con AEMET). Un ejemplo de la labor de asesoramiento de la Conexión Geociencias es el informe "Science for Policy" sobre riesgos volcánicos, geotermia, captura de CO₂, etc.. La PTI Clima busca dar respuesta al reto de entender el clima y desarrollar servicios climáticos para favorecer la adaptación al cambio climático. La PTI Clima involucra a 5 institutos del CSIC, 4 organismos y empresas (incluyendo AEMET, Oficina Española del Cambio Climático, Fundación Biodiversidad, CEDEX, Dirección General del Agua), fomentando la colaboración con empresas y otras alianzas. Destacó el papel del CSIC en el **asesoramiento científico en la gestión de emergencias** a través del comité de emergencias y el GADE (Grupo de Asesoramiento en Desastres y Emergencias), activado durante la DANA en Valencia. El GADE es un ejemplo de colaboración inter y multidisciplinar, emitiendo numerosos informes y asesorando en temas como la comprensión del fenómeno, delimitación de áreas afectadas, evaluación de sedimentos y priorización de búsqueda de cuerpos. También mencionó que la jornada sirve para la **integración científica de los centros nacionales** como el IGME en el CSIC. El objetivo es fortalecer la colaboración científica, generar conocimiento, asesorar a administraciones y poner la evidencia científica en la agenda de los decisores públicos.

Bloque temático 1: Análisis del clima y la meteorología de los eventos extremos

- **Esteban Rodríguez Guisado (AEMET):** Proporcionó un **contexto general sobre cambio climático y su relación con eventos hidrológicos extremos**. Explicó que el incremento de la temperatura global debido al aumento de gases de efecto invernadero significa más energía retenida en el sistema climático, lo que se traduce en más energía disponible para fenómenos extremos. Señaló que una atmósfera más cálida puede contener y transportar más vapor de agua (aproximadamente un 7 % más por cada grado de calentamiento), que es el combustible para precipitaciones intensas y eventos convectivos. Según el IPCC, con 1 °C de calentamiento, se esperan eventos en promedio un 7 % más húmedos o intensos, y esto irá a más. En la región mediterránea, se observa una **mayor torrencialidad y un incremento en el número de eventos de precipitaciones intensas**, aunque la gran variabilidad histórica de las precipitaciones en la región hace difícil encontrar tendencias significativas en los registros de observación. Para prever cambios futuros, se utilizan **modelos climáticos**. Estos modelos son complejos y costosos, generando proyecciones globales de resolución limitada (normalmente > 100 km). Para la adaptación, se necesita información regionalizada. Señaló que **existe incertidumbre en las proyecciones regionalizadas de precipitaciones intensas**; aunque algunas proyecciones medianas muestran un incremento en la intensidad (ej. percentil 95 de precipitación diaria) en otoño en la vertiente mediterránea (entre 5-30 %), el rango de resultados entre diferentes

modelos es muy amplio (-7 % a +60 %). Indicó que las metodologías actuales de modelización regional subestiman los eventos extremos de precipitación hasta en un 40 %. Es fundamental **mejorar estas herramientas y tener la capacidad de ejecutarlas a muy alta resolución** (convection permitting, ~1-4 km). Destacó la labor del grupo escenarios PNACC (AEMET, OECC, CSIC, Fundación Biodiversidad) para generar, documentar y poner a disposición información regionalizada. Subrayó la necesidad de **acoplar la información de modelos climáticos a información útil** para la toma de decisiones en diferentes sectores (concepto de servicio climático). La colaboración PTI Clima-AEMET busca generar visores y cadenas operativas que produzcan indicadores específicos para diversos sectores, integrando investigación y operación. Es necesaria una **financiación estructural y mayor capacidad para traducir los resultados de investigación en herramientas operativas útiles** para la sociedad.

- **Santiago Beguería (CSIC, EEAD - PTI Clima):** Se centró en el **estudio del pasado para interpretar mejor el presente** en relación con eventos de precipitación extrema. Mostró ejemplos históricos de eventos con más de 400 mm en un día en España, indicando que ocurren y no son infrecuentes, especialmente en el entorno mediterráneo. Realizan **análisis forenses** de eventos pasados, recopilando información de observaciones, situación sinóptica e impactos. Recientemente, han publicado un catálogo de eventos de precipitación extrema, concluyendo que ocurre un evento superior a 100 mm en España casi cada semana, y uno superior a 200 mm cada 71 días. **No se aprecia una tendencia temporal clara en la frecuencia o magnitud a escala nacional**, observándose más ciclos que tendencias. Espacialmente, los eventos se agrupan en zonas geográficas específicas, principalmente a lo largo del litoral mediterráneo, pero también asociados a relieves importantes (Pirineo, sistema Central, Béticas). Los eventos de más de 200 mm están mucho más asociados al litoral mediterráneo. Han caracterizado eventos según patrones atmosféricos, identificando **tiempos ciclónicos y advecciones del este/sureste (mediterráneas) y del oeste (ríos atmosféricos)** como los más propensos a generar estos eventos. En cuanto a la estacionalidad, **otoño e invierno** son muy importantes. Para cuantificar la frecuencia y magnitud, utilizan el **análisis de valores extremos**, que estudia la cola de la distribución (eventos raros de gran magnitud). Existen métodos como analizar máximos anuales o eventos por encima de un umbral. Ha aplicado estas técnicas para derivar **curvas de relación magnitud-frecuencia**. Señaló la **elevada incertidumbre** de estos estudios, especialmente para periodos de retorno largos (>100 años), y discrepancias entre estaciones muy próximas. Han estudiado la variabilidad temporal, observando ciclos asociados con índices de circulación atmosférica a gran escala (ej. índice del Mediterráneo occidental), donde valores negativos se asocian a lluvias muy intensas. Al incorporar información de ciclos de circulación, **no se aprecia una señal de incremento de tendencia, e incluso aparecen más tendencias negativas significativas que positivas** en algunas áreas. Señaló que la información de riesgo puntual no es siempre la más relevante; para gestores de riesgo que operan sobre grandes áreas, es necesario pasar

del concepto de riesgo puntual al **riesgo superficial o regional**. Han desarrollado una metodología para evaluar la probabilidad de que en algún punto de una provincia se sobrepasen ciertos umbrales de precipitación (ej. 400 L/m² en un día en la provincia de Valencia tiene un periodo de retorno de 25 años). Esto implica que debemos estar preparados para eventos más frecuentes de lo que sugeriría un análisis puntual. Destacó la **importancia del dato histórico** y la potencial relevancia de ampliar con registros paleoclimáticos, aunque es un reto combinar ambas fuentes.

- **Samira Khodayar (CEAM):** Se enfocó en **eventos extremos en la región mediterránea española**. Subrayó que el cambio climático afecta a algunas regiones de manera más intensa, y el Mediterráneo es una de ellas, calentándose hasta un 20 % más que el resto del globo y el Mar Mediterráneo entre dos y tres veces más que otros océanos. Esto tiene un **impacto muy significativo en sectores clave como agua, alimentación, salud, ecosistemas, seguridad y energía**. La temperatura media en el Mediterráneo ha aumentado ~1.5°C, y en la península ibérica + Baleares ~1.7°C, con algunas zonas superando los 2°C. Han aumentado las temperaturas medias, nocturnas y máximas. Las **olas de calor atmosféricas se han magnificado** (más frecuentes, intensas, duraderas), planteando amenazas crecientes. Un análisis local mostró que las olas de calor son hasta el doble de frecuentes en el interior, pero hasta un 65 % más intensas en zonas costeras. La frecuencia de días de ola de calor estival ha aumentado significativamente (de ~1 % en los 40-50 s a >6 % recientemente). El **mar Mediterráneo también se calienta aceleradamente**, habiendo crecido ~1.6°C desde 1982 y alcanzando récords de temperatura superficial. La intensidad del cambio es igual o mayor en el Mediterráneo noroccidental que en el oriental. Las **olas de calor marinas también han aumentado**. Un aspecto fundamental es la **conurrencia de fenómenos extremos**, que se ha vuelto norma y multiplica los impactos. Como ejemplo, la doble ola de calor (atmosférica y marina concurrente) ha aumentado, y las investigaciones muestran que la ola de calor marina se magnifica en esta concurrencia, afectando la meteorología continental cercana. En este contexto cambiante, analizó los patrones de precipitación. Un análisis de series largas muestra que el campo de precipitación es estable a largo plazo, pero sufre ciclos, y ahora estamos en uno de descenso de la precipitación media. Sin embargo, hay **alta variabilidad espacial y temporal**; en zonas costeras se observa un aumento de la precipitación, frente a un descenso en cuencas interiores. Se observan **variaciones inter e intraestacionales importantes** (veranos más secos, otoños más húmedos), resultando en distribuciones de precipitaciones más irregulares y concentradas. Se observa un **incremento en la probabilidad de días sin o con escasa precipitación**, una disminución de lluvias moderadas y un claro **incremento en la probabilidad de eventos de mayor intensidad**. Esto lleva a un **ciclo hidrológico más inestable e impredecible**. La prolongación de días secos lleva a **sequías meteorológicas más frecuentes, intensas y duraderas**, que intensifican otros riesgos como incendios forestales. La concurrencia de sequías y olas de calor son precursores de incendios. Mencionó la

amenaza de las megasequías (más largas e intensas). Respecto a la extremización de la precipitación, un análisis regional muestra un **aumento generalizado de la magnitud de los eventos de precipitación** en el territorio español, particularmente un **número creciente de eventos extremos en la región mediterránea**. Explicó por qué el Mediterráneo sufre estos cambios acelerados: aumento de temperatura atmosférica facilita más vapor de agua («rich-get-richer»), calentamiento acelerado del mar, aumento del flujo de humedad superficial (anomalías de evaporación más intensas), e intensificación de las condiciones de inestabilidad atmosférica (energía potencial convectiva). Un punto clave es que el análisis muestra un **número invariable de sistemas de baja presión (como DANA) implicados en eventos extremos**, pero las **condiciones son cada vez más favorables**, permitiendo que perturbaciones de similar intensidad histórica generen precipitaciones mucho más intensas. La concurrencia de anomalías atmósfera-océano (sinergia de anomalías moderadas) da lugar a estos episodios extremos. Las condiciones termodinámicas han cambiado el umbral base de humedad e inestabilidad. Esto obliga a **replantear los marcos predictivos y de gestión de riesgo incorporando el estado de preconditionamiento oceánico y atmosférico**. El cambio climático redefine el Mediterráneo a uno más cálido, seco y con extremos más frecuentes/intensos/duraderos. En respuesta a una pregunta, aclaró que no observa un aumento en la intensificación o frecuencia de «medicanes» (ciclones mediterráneos), pero sí su **carácter cada vez más destructivo**. En respuesta a otra pregunta sobre la aparente contradicción con los resultados de Santiago, aclaró que sus análisis sobre intensificación se refieren a un **cambio en la distribución de frecuencias de la precipitación** (pierden peso las bajas, ganan peso las altas), lo cual es distinto de un cambio en la magnitud de la cola de la distribución analizado por Santiago.

Bloque temático 2: Impactos físicos, geomorfológicos y ambientales

- **Francesca Segura Beltrán (Universitat de València):** Presentó la **hidrogeomorfología de los eventos extremos en el levante**, enfocándose en la DANA en Valencia. Describió la geomorfología de la llanura costera valenciana, una zona muy llana (por debajo de 3m de altura) que constituyó una antigua albufera colmatada por aportes de ríos y barrancos, y que se ha inundado. Detalló la llanura de inundación del río Magro y las consecuencias de la inundación. Explicó que el Magro forma un gran abanico aluvial en su desembocadura, con paleocauces que influyeron en la distribución de la inundación. La zona inundada en el Magro se extiende por el abanico holoceno y la marjal lateral del Júcar. Respecto a la zona de inundación del Poio (rambla de Chiva), es más compleja, entre abanicos pleistocenos y formaciones más recientes. Hay varias cuencas (Pozalet, Saleta, Rambleta, Chiva, Horteta) con cauces desconfigurados o desaparecidos, especialmente en la zona del pla de Quart. Esta zona, donde desaparecen los cauces y se concentran los flujos a través de paleocauces, ha funcionado como **zona de sacrificio natural**. Señaló que esta área, deshabitada en 1956, ahora tiene

muchísimas infraestructuras (aeropuerto, carreteras, polígonos), lo que la convierte en una **zona de muchísimo riesgo**. Mostró cómo la **topografía del abanico del barranco de Torrent** y las depresiones interabanicos (aprovechadas por paleocauces) dirigen los flujos y explican los elevados calados observados en algunas zonas, coincidiendo con mapas de calado. Presentó un **modelo general de inundaciones para llanuras costeras mediterráneas** (estructura de abanicos aluviales y albuferas, zonas intercono, paleocauces). Concluyó que estas inundaciones están asociadas a abanicos aluviales y ramblas. Destacó que el **trazado de muchos barrancos es netamente antrópico** y que, aunque no tengan recurso hídrico continuo, son muy importantes por su peligrosidad y deberían tener mayor control y ser considerados en la planificación. Sugirió que, dada la urbanización del territorio, **las zonas de paleocauces deberían tener normas de construcción muy restrictivas** (p. ej.: no construir en planta baja). La reconstrucción debería considerar estas zonas de riesgo. Sobre si aprovechar los paleocauces, mencionó que los planes para hacerlo existen y deben revisarse. Los ríos siguen sus trazados naturales cuando desbordan. Respecto a las soluciones basadas en la naturaleza, cree que ayudan y todo lo que suponga quitar caudal directo a los ríos sería bueno, incluyendo asfaltos permeables y zonas de sacrificio. Mencionó que reconectar una zona que era de sacrificio natural podría no ser la mejor solución.

- **Gerardo Benito (CSIC, Museo Nacional de Ciencias Naturales):** Presentó trabajos sobre **inundaciones y el registro histórico como opción para adaptarse al riesgo de inundaciones actuales**. La pregunta central es si los eventos recientes tienen precedente o son parte de la variabilidad natural. Señaló que la mayoría de estudios instrumentales muestran una tendencia decreciente en magnitud y frecuencia de inundaciones en España, aunque los registros largos son complicados y a veces heterogéneos. La **información histórica documental** en la zona afectada por la DANA (Júcar, Turia, rambla del Poio, Magro) muestra precedentes de **eventos muy extremos en el pasado**, algunos con centenares de fallecidos. En la rambla del Poio se han recogido al menos 20 eventos desde 1617, con concentraciones a finales del XVII y segunda mitad del XX; la de **1776 es la que más se parece a la DANA de 2024**. En el Magro, 30 eventos desde 1545, también con acumulación en el XVII y XIX. Indagando más allá del registro instrumental e histórico, utilizan **estudios de paleoinundaciones** (evidencias botánicas o sedimentarias) para reconstruir eventos a largo plazo. Presentó resultados de estudios en la rambla del Poio y el río Magro. En la rambla del Poio, las paleoinundaciones datadas en los siglos XX y XXI coinciden con registros instrumentales y modernizaciones. En el perfil terraza, dataciones provisionales de inundaciones antiguas (siglos XIX) sugieren caudales mínimos de 1650-2045 m³/s. En el río Magro, estimaciones basadas en flotantes y modelización 2D sugieren caudales de 1550-1650 m³/s en Requena y ~2300 m³/s en Hortunas. Los sedimentos de paleoinundaciones en Hortunas sugieren caudales de 1320 m³/s (base) a 2650 m³/s (techo) en un perfil de casi 4m con 21 niveles de inundación. La dendrogeomorfología en Hortunas muestra heridas correspondientes a inundaciones de 1949, 1957, 1979 con

caudales de 1750-2150 m³/s. Respecto a si la DANA marca un cambio, concluyó que la variabilidad natural del clima (mostrada por inundaciones históricas con concentraciones de eventos y eventos de elevada magnitud cada 30-50 años) puede explicar la recurrencia de eventos extremos. Sin embargo, **el caudal registrado en la rambla del Poio en la DANA parece superar las paleoinundaciones en un ~11 %**, lo cual podría atribuirse al cambio climático o a la **acción antrópica sobre la cuenca** (impermeabilización, rotura de infraestructuras). Reflexionó que el pasado no es siempre una guía certera para el futuro, pero orienta sobre los caudales extremos posibles y es una manera eficaz de avanzar en la adaptación. En la discusión, señaló la necesidad de **regionalizar la información de extremos** obtenida de estudios de paleoinundaciones e históricos para que pueda usarse donde no hay registros. Destacó la importancia del trabajo de campo y la mejora de las estaciones de aforo.

- **Antonio Jiménez Álvarez y David López (CEDEX):** Presentaron el **estudio hidrológico e hidráulico de la inundación de la rambla del Poio**. Describieron la cuenca del Barranco del Poio (400 km²) y la zona inundada. El estudio busca conocer los caudales de entrada a la zona inundada. Se basan en información de precipitaciones (radar y pluviómetros puntuales). Señalaron que el radar tuvo limitaciones por intensidades de lluvia muy altas, y la interpolación de datos puntuales es pobre sin suficiente densidad de estaciones. Han utilizado datos de 126 estaciones con datos 5/10-minutales y 54/68 adicionales con datos diarios/SirRetritel para mejorar la descripción de la lluvia. Se registraron **precipitaciones superiores a 700 mm** en una zona, alcanzando 771-784 mm en algunos puntos. Estas lluvias altas afectaron principalmente a las cuencas del Horteta y Gallego y parte alta del Poio. El volumen total de precipitación en la cuenca del Poio fue de ~170 hm³. Utilizan un modelo hidrológico distribuido para estimar la escorrentía y caudales. La infiltración fue baja (~20 %) durante la tormenta principal. El modelo resuelve la ecuación de onda difusiva y permite conocer la generación de sedimentos. Tienen estimaciones preliminares de hidrogramas, pero no definitivas. La calibración se combina con modelación hidráulica usando niveles de inundación y datos de estaciones. En la estación del SAI en la rambla del Poio, se registró una punta de 2300 m³/s antes de que la estación fallara. La **magnitud del evento de precipitación es muy superior a lo que los modelos estadísticos convencionales permitían predecir como probables**, con periodos de retorno para 770 mm/día de entre medio millón y 1 millón de años, y para intensidades horarias de 185 mm/h, periodos de retorno de unos 100 años para 10 minutos aumentando a >500 000 años para 4 horas. Esto sugiere la necesidad de revisar las metodologías de estimación de cuantiles. La modelización hidráulica utiliza el modelo Iber, que resuelve ecuaciones de flujo y puede simular transporte de sedimento. El modelo cubre el área de inundación y utiliza MDT pre y posevento. Han incorporado la geometría de cauces, infraestructuras y edificaciones, y **han tenido en cuenta la capacidad de los sótanos y garajes** (~4 hm³). Incluirán 363 estructuras (puentes, etc.), zonas de depósito de sedimentos (usando MDT pre/pos, batimetrías, campañas de campo), rotura de infraestructuras (ej. muro del metro), y el **efecto de los coches acumulados** en el flujo. La simulación muestra que

las primeras inundaciones provienen del Horteta; la poca capacidad del cauce del Poio y las infraestructuras causan inundaciones en Horta Sur. El flujo del Poio se lamina en el Pla de Quart, pero aumenta la inundación. El flujo del Pozalet se mezcla con el del Poio y se bifurca, afectando Aldaya, Alaquàs, Xirivella e inundando la zona. El cauce del Turia actuó como barrera. La calibración del caudal en el SAI es compleja por la configuración de la estación y el flujo desbordado. La sección del cauce cambió mucho debido a la erosión. La capacidad del cauce posevento puede duplicarse o triplicarse, pero esto no representa lo que pasó. Es fundamental considerar el **transporte de sedimento**, que limita la capacidad del cauce y varía el reparto de caudales. Al incorporar transporte de sedimento en suspensión, el caudal líquido más el sólido nos da caudales conjuntos acotados en torno a 3400 m³/s, aunque aún necesitan afinar con el hidrograma resultante del estudio hidrológico. Disponer de esta herramienta permitirá estudiar medidas para mejorar la seguridad.

- **Félix Francés (Universidad Politécnica de Valencia):** Presentó **experiencias en la estimación de la peligrosidad y el riesgo de inundación**, con foco en la DANA de Valencia y pensando en el futuro. Describió los barrancos (Pozalet/Saleta, Chiva/Poio/Torrent, Picasent) y la zona de inundación (550 km²). Son **cuencas de crecidas relámpago**, con tiempos de concentración bajos, velocidades altas (destrucción, arrastre) y alta concentración de sedimentos, lo que incrementa la potencia del flujo. La limpieza de sedimentos es un coste significativo. Destacó la zona agrícola del Pla de Quartínación como **zona de sacrificio natural** que atenúa la onda, que debería seguir usándose así y no canalizarse. Reconstruyeron la tormenta, destacando la concentración espacial y la **fuerte correlación entre precipitación total y relieve**. La precipitación puntual de 772 mm no es récord diario absoluto, pero **la intensidad horaria de 185 mm/h sí lo es**. La probabilidad de excedencia se incrementa conforme se reduce el periodo de tiempo considerado (ej. intensidades cortas). La duración del núcleo principal de la tormenta coincidió con el tiempo de respuesta de las cuencas (~5 horas). Las pérdidas de vidas humanas se relacionan con la falta de alerta previa y la presencia de coches. Usan su propio modelo hidrológico distribuido (Tetis), con parámetros de sentido físico. La simulación preliminar sin sedimento da ~2400 m³/s. Con un modelo diario, estiman un **porcentaje de sedimentos en volumen de entre 15 y 30 %**. La inundación fue catastrófica, con una mancha de inundación muy superior a la de 500 años. Destacó las cifras de impacto: 141 000 coches afectados (modificando el flujo), 22 víctimas y un coste económico directo estimado en 17,800 millones de euros. Este impacto económico no tiene precedente conocido en España desde la Guerra Civil. Diferenció **peligrosidad (frecuencia y magnitud)** y **riesgo (consecuencias negativas, daños)**, medido este último por la vulnerabilidad (daños potenciales) y la exposición. La peligrosidad se evalúa con modelación hidrológica y análisis estadísticos de la precipitación. Propone **abandonar la metodología de la "tormenta de diseño"** (regular en tiempo y espacio, simplificada) por un **generador estocástico** o de clima que reproduzca características espaciotemporales de las tormentas. La

tormenta de diseño no genera necesariamente el caudal máximo del mismo periodo de retorno. La modelación hidráulica convierte los hidrogramas de frecuencia en magnitudes. El cambio climático no implica que los incrementos en la precipitación se traduzcan linealmente en los mismos valores en caudales máximos, ya que el proceso de transformación es no lineal. **Estamos obligados a estimar el riesgo** según la directiva de inundación, con el objetivo de reducir las consecuencias negativas. El riesgo se mide con mapas de vulnerabilidad (daños en función de calado/velocidad/duración). Los daños pueden ser económicos (directos, indirectos) o intangibles (vidas humanas, impacto psicológico). Definió el **riesgo de inundación como los daños medios anuales** (integral estadística de frecuencia por vulnerabilidad). La evaluación de riesgo puede incluir el riesgo de arrastre de vehículos. Mostró que una actuación seleccionada en el Poio/Pozale (solución basada en la naturaleza, cauzamientos, balsas, zona de sacrificio agrícola, reforestación) por 150 millones de euros conseguía un nivel de protección de 500 años y una reducción del riesgo económico de 11 millones/año (altamente eficiente). Concluyó que la magnitud del impacto exige **máximo rigor en la metodología**. Se debe abandonar la metodología de tormenta de diseño, **incluir los sedimentos y el efecto de los coches**. Considerar adecuadamente el cambio climático y los cambios de uso del suelo. El objetivo es reducir el riesgo, lo que permite priorizar inversiones y obtener eficiencia. Además de infraestructuras, son necesarias **actuaciones no estructurales** (más baratas). Destacó que el plan Patricova en la Comunidad Valenciana ha sido un elemento fundamental en la planificación territorial y reducción del riesgo futuro. Los planes de gestión de riesgo son mejorables en financiación y responsabilidad para aspectos como la educación.

- **Gloria Sánchez (CSIC, IATA - Coordinadora del equipo de laboratorios del GADE):** Se centró en los **impactos ambientales, específicamente riesgos microbiológicos, asociados a la DANA**. Destacó el **impacto significativo en el alcantarillado y las plantas depuradoras** de la zona afectada. Muchas depuradoras quedaron destrozadas o sin funcionar correctamente, y gran parte del alcantarillado se vio afectado, con **implicaciones para la salud pública y la calidad del agua/suelos**. Las aguas residuales no tratadas se mezclaron con lodos y sedimentos. Las aguas residuales son una fuente importante de patógenos y contaminantes químicos, con relevancia para enfermedades de transmisión, resistencia a antimicrobianos y la necesidad de tratar y reutilizar el agua en contexto de escasez y cambio climático. El cambio climático afecta la seguridad de los alimentos. La DANA afectó zonas de cultivo. Han trabajado en **recomendaciones para el manejo de producto vegetal potencialmente contaminado** que estuvo en contacto con aguas de inundación. Estudiaron el impacto en la Albufera, una zona importante ecológica y económicamente para cultivo de arroz y chufa. Dentro del grupo GADE, han realizado **muestreos de aguas y sedimentos** en las zonas afectadas (barranco, Albufera) desde noviembre, analizando más de 350 muestras. Han caracterizado fisicoquímicamente las muestras y, principalmente, analizado la **contaminación fecal** (ej. presencia y evolución de *E. coli*). También

estudian la presencia de bacterias resistentes a antibióticos y la evolución de **patógenos víricos** (ej. fagos, indicadores de contaminación fecal vírica). El seguimiento permite ver si la contaminación disminuye y si los niveles vuelven a valores basales. Están empezando a analizar producto vegetal (alimentos) potencialmente portador de patógenos. Ampliarán el rango de patógenos a evaluar. Correlacionan los datos con datos previos de la Albufera para evaluar el impacto real. Otro aspecto es la **afección a la producción de marisco** (clochina valenciana) debido a aguas residuales no tratadas, ya que se consume crudo o poco cocinado y puede ser vehículo de patógenos.

- **Inés Galindo (CSIC, IGME - Coordinadora de Emergencias del CSIC):** Explicó el **asesoramiento científico del CSIC en la emergencia de la DANA en Valencia**. La misión del CSIC incluye la investigación, el conocimiento científico-técnico y el **asesoramiento, especialmente para definir políticas públicas para prevenir o paliar desastres y emergencias**. El CSIC tiene experiencia (especialmente desde la erupción de La Palma) y capacidades (personal, infraestructuras, cercanía a CCAA) para el asesoramiento en emergencias. Se creó un comité de asesoramiento en emergencias en 2024, activado en 4 emergencias. El comité está formado por coordinadores de riesgos específicos (geológicos, marinos, sociales, forestales, sanitarios, y planean incluir atmosféricos/meteorológicos), personal interno de apoyo y expertos externos. La función es mejorar el apoyo en todo el ciclo del riesgo, aunque inicialmente se han centrado en la actuación durante la emergencia y posemergencia (recuperación). El **protocolo de asesoramiento en desastres y emergencias (GADE)** se activa ante una emergencia, constituyéndose un grupo específico. El GADE incluye equipos operativo (campo), gabinete (científico-técnico en despacho), laboratorios, comunicación, PRL y gestión. Detalló la rápida activación del GADE para la DANA el 30 de octubre, recibiendo la oferta de asesoramiento horas después del inicio del evento. Se incorporaron al CECOPI el 9 de noviembre. La activación duró 5 meses, finalizando el 31 de marzo. Participaron 206 personas del CSIC (técnicos, científicos, gestión), mayormente del IGME y IEO. El asesoramiento fue **multi, pluri y transdisciplinar**. Participaron en 83 reuniones del CECOPI y emitieron 225 informes (seguimiento y científico-técnicos). El contenido de los informes muestra un **papel fundamental de la geociencia** en estimación de zonas afectadas, volumen de lodos (incluyendo garajes), contaminación de suelos/aguas, exploración oceánica. También trabajaron en daños en edificaciones, estudios para **espesamiento y aprovechamiento de lodos** (patentes desarrolladas). Realizaron 21 campañas de campo. Tuvieron más de 200 apariciones en medios, buscando siempre un **mensaje único, consensuado y basado en evidencia científica**. Mencionó algunos proyectos activados durante la emergencia. Presentó retos futuros: mejorar el apoyo, estrechar relaciones con intervinientes *antes* de emergencias, mejorar formación, participar en simulacros, entender políticas, adaptar formato/tiempos de información, mejorar relevos. Es fundamental **aprovechar la ciencia para dar soluciones durante la emergencia**, priorizando la respuesta a problemas inmediatos sobre la investigación a largo plazo. Es crucial la

colaboración y el flujo de información con otros organismos previamente a las emergencias. No es necesario que los científicos se especialicen solo en asesoramiento, sino que sigan investigando en sus campos para nutrir la capacidad de respuesta. Reafirmó la intención del comité de emergencias de trabajar en la fase de **prevención** del ciclo del riesgo, no solo reaccionando, y de que el asesoramiento científico apoye decisiones políticas en general.

- **Jorge Olcina (Universidad de Alicante):** Compartió **experiencias de adaptación al cambio climático y extremos atmosféricos en la fachada mediterránea**. Señaló que la ciencia no falló antes, durante ni después del evento de la DANA. Recordó la obligación de cumplir normativas básicas como la ley de cambio climático (adaptar planificación del agua, urbana y territorial) y la ley del suelo (prevenir riesgos naturales en planificación urbana, obligando a mapas de riesgo). El cambio climático obliga a cambios en la planificación territorial, del agua, económica y de emergencias. Hemos pasado de ser sociedad del riesgo a sociedad del riesgo global. Los **territorios de riesgo se generan por comportamiento incierto del medio y comportamiento ilógico sobre el espacio geográfico**, resultando de la falta de una ética del comportamiento sobre el territorio. En los últimos 40 años, ha habido una **ocupación indebida de espacios**, creando espacios de riesgo de inundación (aproximación a cauces, ocupación de desembocaduras, incorporación de cauces a tramas urbanas sin digestión precisa). Afrontamos un escenario de **incremento posible de eventos atmosféricos extremos**, lo que agrava el panorama de riesgo. La construcción de territorios del cambio global implica modificar el espacio, crear riesgo y sufrir efectos del cambio climático. La actuación histórica ha sido "a golpe de desastre". La construcción de territorios de riesgo aún desconocimiento del medio, intereses económicos, incumplimiento normativo, inexistencia de educación para el riesgo (falta de cultura territorial) y vulnerabilidad institucional. La adaptación implica asumir que el cambio climático ocurrirá, planteando actuaciones para mantener el desarrollo económico y bienestar. La actuación debe ser **no solo defensa, sino convivencia**. El análisis de riesgo transita de una concepción lineal (peligrosidad, exposición, vulnerabilidad) a una **circular**. La **vulnerabilidad en el litoral mediterráneo es muy alta** (social, económica, educativa, institucional, comunicativa). El **mayor crecimiento de espacios de riesgo ocurrió durante el boom inmobiliario (1998-2008)**. Identificó dos problemas graves: **antigüedad del planeamiento municipal** (planes de los años 70-80 que siguen clasificando suelo) y la **falta de interpretación correcta de los mapas de riesgo** por la administración, a pesar de que la ciencia los elabora. La adaptación se basa en la **sostenibilidad**, manejando modelizaciones climáticas a corto plazo (~2040), siendo realistas, particularizadas, contando con la ciudadanía e incorporando innovaciones. La **infraestructura verde** es una herramienta clave para incorporar sistemas de drenaje sostenible, refugios climáticos, y desalojos donde sea necesario. Recomendó que la ley del suelo estatal obligue a **revisar planes generales de ordenación urbana cada 20 años máximo** en territorios de riesgo importante. También iniciar una reflexión pausada

sobre el territorio municipal y la reclasificación de espacios de riesgo. En respuesta a una pregunta sobre geoingeniería, expresó preocupación por intentar buscar soluciones rápidas con mucho dinero, sugiriendo mayor regulación y enfocarse más en obras hidráulicas sostenibles y convivencia con el riesgo. Destacó la **falta de educación para el riesgo y buena comunicación** como fundamental. Es necesario enseñar a la sociedad a usar los mapas de riesgo y a actuar en caso de evento. La comunicación debe llegar en diferentes idiomas para residentes extranjeros.

- **Javier Sánchez (Dirección General del Agua, MITERD):** Presentó la **implantación de la directiva europea de inundaciones** en España. Esta directiva tiene tres fases cíclicas (cada 6 años): evaluación preliminar del riesgo, mapas de peligrosidad y planes de gestión del riesgo. Los mapas de evaluación preliminar identifican las ARSIS (áreas de riesgo potencial significativo), que son los puntos de alto riesgo seleccionados. Los mapas de peligro y riesgo están publicados en el visor del Ministerio. Dio un ejemplo del uso de los mapas para la protección urgente del Hospital de Paraplégicos de Toledo durante un episodio de lluvias en marzo de 2025. El hospital, aunque no en dominio público hidráulico, está en zona de policía y se inunda para avenidas de 100 y 500 años. El caudal máximo registrado estuvo cerca del umbral de inundación del hospital, motivando la construcción de un dique provisional con sacos terreros. Actualmente, tienen delimitados el dominio público hidráulico de 24 000 km de cauces y la zona inundable (100 y 500 años) de unos 26 000 km. Para los mapas de riesgo a nivel nacional, usan una metodología simplificada. Las zonas inundables identificadas contienen 118 hospitales/centros de salud, 425 residencias y 1464 centros escolares. Tienen contratos para actualizar y mejorar la cartografía, con publicación prevista antes de fin de año para cumplir plazos europeos. La implantación de los planes de gestión del riesgo (PGRI) está en el segundo ciclo. Los PGRI incluyen medidas de prevención, protección, preparación y recuperación en ámbitos nacional, autonómico, de demarcación y ARSI. Una medida clave de 2016 fue establecer **limitaciones a los usos del suelo en las zonas inundables** (zona de flujo preferente y zona inundable de 500 años), habilitando a las CCAA a establecer normas más estrictas. Esta normativa sigue vigente y las Confederaciones Hidrográficas emiten miles de informes anuales al urbanismo municipal. Una modificación reciente (agosto 2023) da 5 años a los ayuntamientos para integrar los mapas de riesgo en su normativa. Han elaborado **guías de adaptación al riesgo de inundación** (rehabilitación de edificios, sistemas urbanos sostenibles, evaluación de resiliencia municipal, explotaciones agrarias). Han fomentado la adaptación mediante reales decretos de subvención directa a municipios afectados por grandes episodios. Implementan proyectos de adaptación/protección que buscan recuperar espacios fluviales (ej. Ebro Resilience, parques inundables). Trabajan en integrar información hidrológica, previsiones (AEMET) y datos históricos (CSIC, CEDEX) en un observatorio del agua. Han asumido la rehabilitación del **catálogo nacional de inundaciones históricas**. Respecto a la financiación de los PGRI, el plan de recuperación ha supuesto una inyección económica importante; están haciendo todo lo posible para ejecutarla y repartir

fondos a otras administraciones. A día de hoy, no tienen proyectos que no hayan podido iniciar por falta de dinero, sino que **el principal obstáculo es alcanzar consensos para las actuaciones**. La herramienta esencial para el consenso es la ciencia (estudios, modelos). Respecto a incluir proyecciones climáticas en el visor o mapas con cambio climático, aunque hacen estudios de prognosis, la ciencia aún considera que **es pronto para hacer mapas de lo que se inundará con cambio climático**, ya que quizás no hay suficiente base para ello. El presupuesto se prioriza para mapas con implicación legal en el día a día. Las zonas inundables actuales (T100, T500) no varían mucho en superficie al aumentar el caudal, excepto donde la geomorfología es compleja (como en Levante). Colaboran con CSIC y AEMET para mejorar la información sobre extremos.

