

# *Cambio Climático en el riesgo de inundación: certezas e incertidumbres*

Maria José Machado y Gerardo Benito

*Museo Nacional de Ciencias Naturales,*

*Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid*

machado@mncn.csic.es

www.floodsresearch.com



# Sinopsis:

## 1 OBSERVACIONES

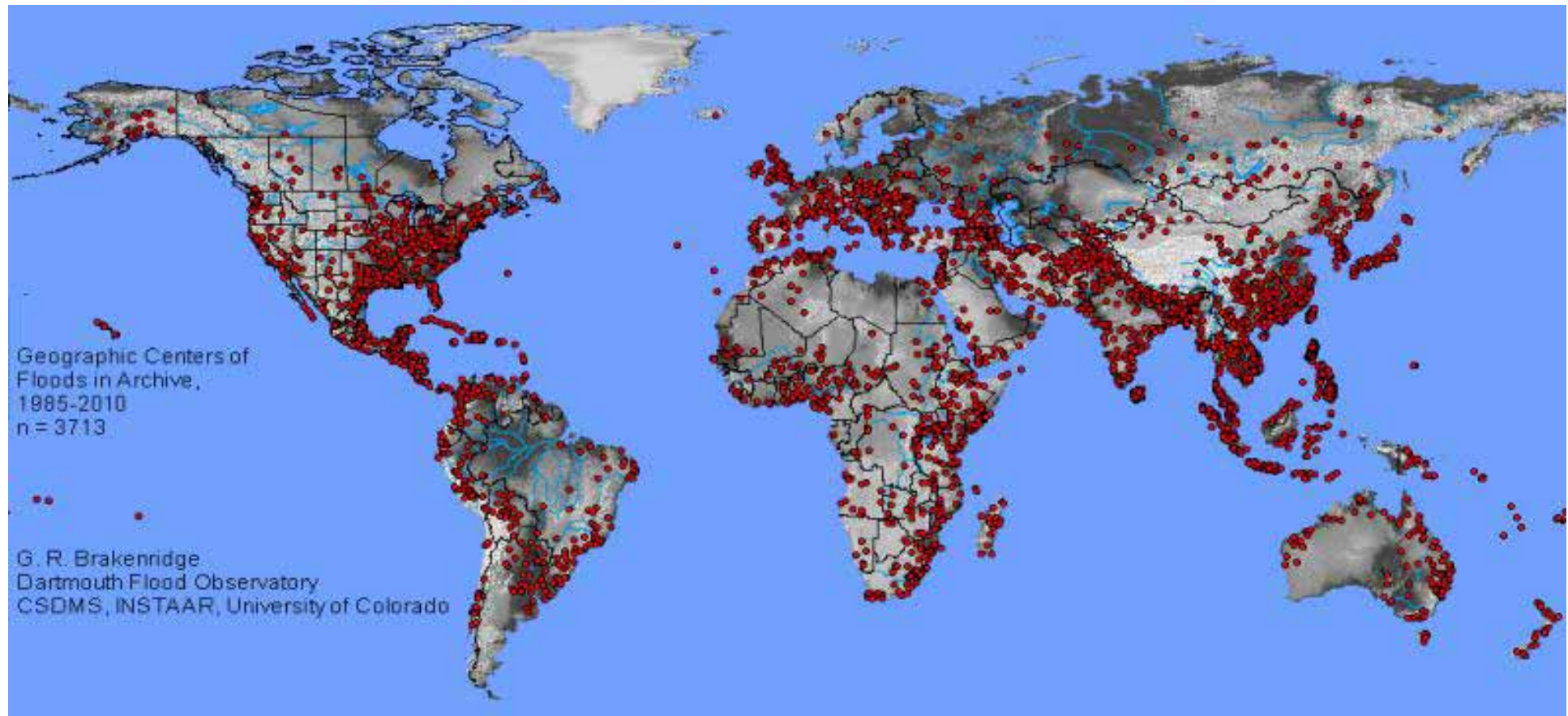
- Riesgos
- Peligrosidad
- Exposición y Vulnerabilidad

## 2 PROYECCIONES FUTURAS

- Riesgos
- Peligrosidad
- Exposición y Vulnerabilidad

## 3 SUGERENCIAS PARA LA ADAPTACIÓN AL CC

# Riesgos de inundación actuales



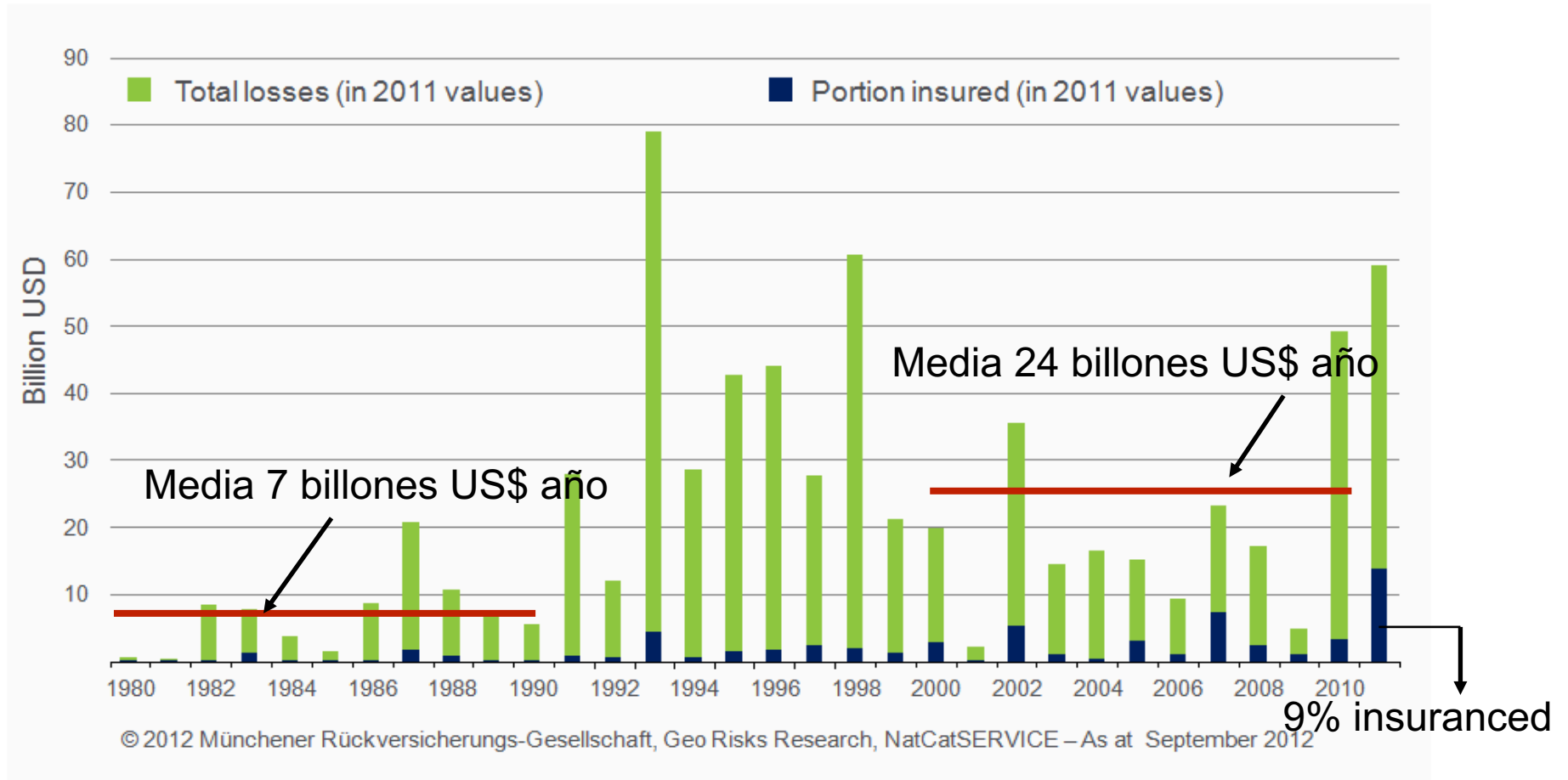
Bases de datos internacionales con cobertura global:

- EM-DAT, NatCatSERVICE, <http://www.emdat.be/>,
- Sigma (maintained by the Centre for the Epidemiology of Disasters, Munich Re, and Swiss Re, respectively, cf. the following web links:  
<https://www.munichre.com/touch/naturalhazards/en/natcatservice/default.aspx><http://www.swissre.com/sigma/>)

1.  
Observaciones

# Pérdidas totales y aseguradas debidas a grandes inundaciones 1980 – 2011

(USD valores de 2011)



- El informe SREX señala que existe una elevada confianza, basado en consenso elevado y grado medio de evidencias, que las pérdidas económicas debidas a desastres relacionados con el clima han aumentado (cf. Handmer, 2012). Fuente: Munich Re NatCatSERVICE, September 2012.



# Razones del incremento de los daños:



- **Peligrosidad:** Proceso natural (o de origen humano) que pueden causar la pérdida de vida y / o daños a la población o el medio ambiente natural

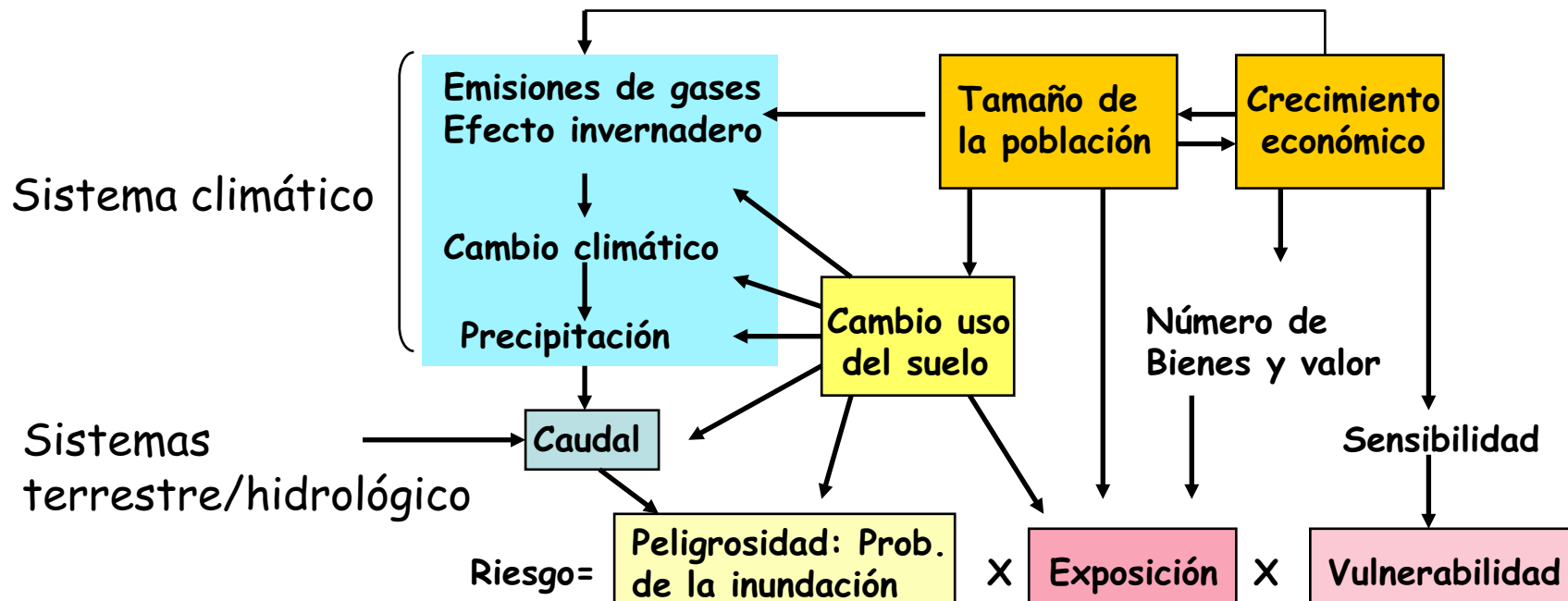


- **Exposición:** Presencia de personas y bienes (infraestructuras, económicos y sociales) en el area de peligrosidad



- **Vulnerabilidad:** La predisposición a ser afectado de forma adversa

# Factores de cambio en los riesgos de inundaciones



$$R = f(P \times E \times V)$$

Bouwer (2013), modificado en Kundzewicz et al., 2013

Las acciones para la reducción del riesgo inciden en reducir el peligro y las pérdidas potenciales (afectando la exposición y vulnerabilidad)

# Tipos de inundación

## Procesos Meteorológicos

- Pluviales: Lluvias intensas en zonas de bajo relieve
- Inundaciones fluviales: Inundación de cursos fluviales
- Inundaciones por deshielo (a veces acentuadas por lluvia)

## Procesos Geofísicos

- Rotura de lagos naturales contenidos por hielo, morrenas glaciares y deslizamientos.
- Rotura de presas artificiales, diques y puentes bloqueados por detritos

Peligrosidad

# Precipitaciones extremas

- El informe IPCC (2014) indica que es probable que haya habido un **aumento estadísticamente significativo en el número de episodios de precipitación intensa** en más regiones de las que se han verificado una disminución.
- Existe un grado de confianza medio en que la **influencia antropogénica** ha contribuido a los cambios en la precipitación extrema a escala mundial.

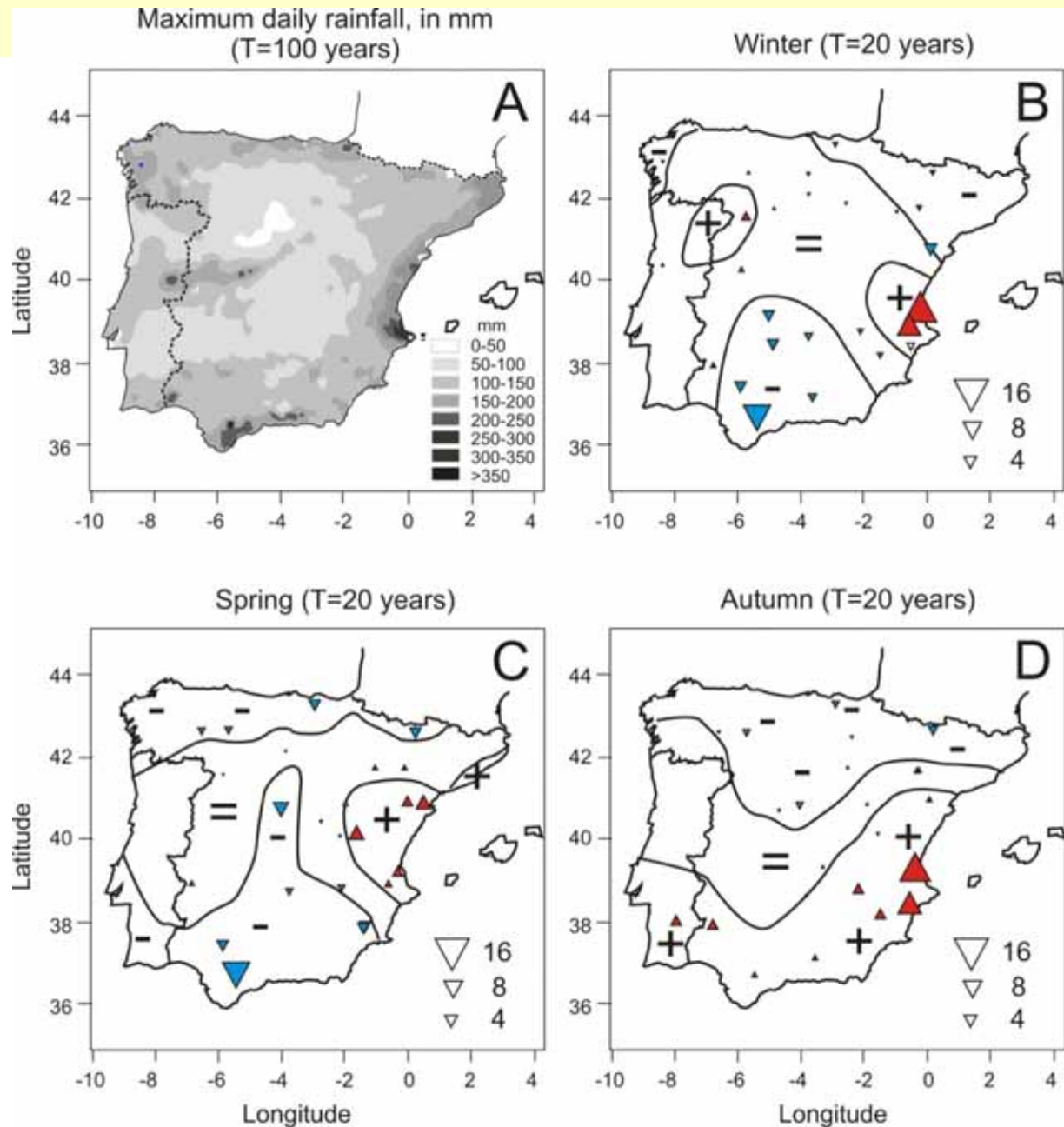


1.  
Observaciones

# Precipitaciones máximas

Cambios observados en precipitación diaria con periodo de retorno de 20 años (mm/década) durante el periodo 1958-2004

Según Acero et al., 2011



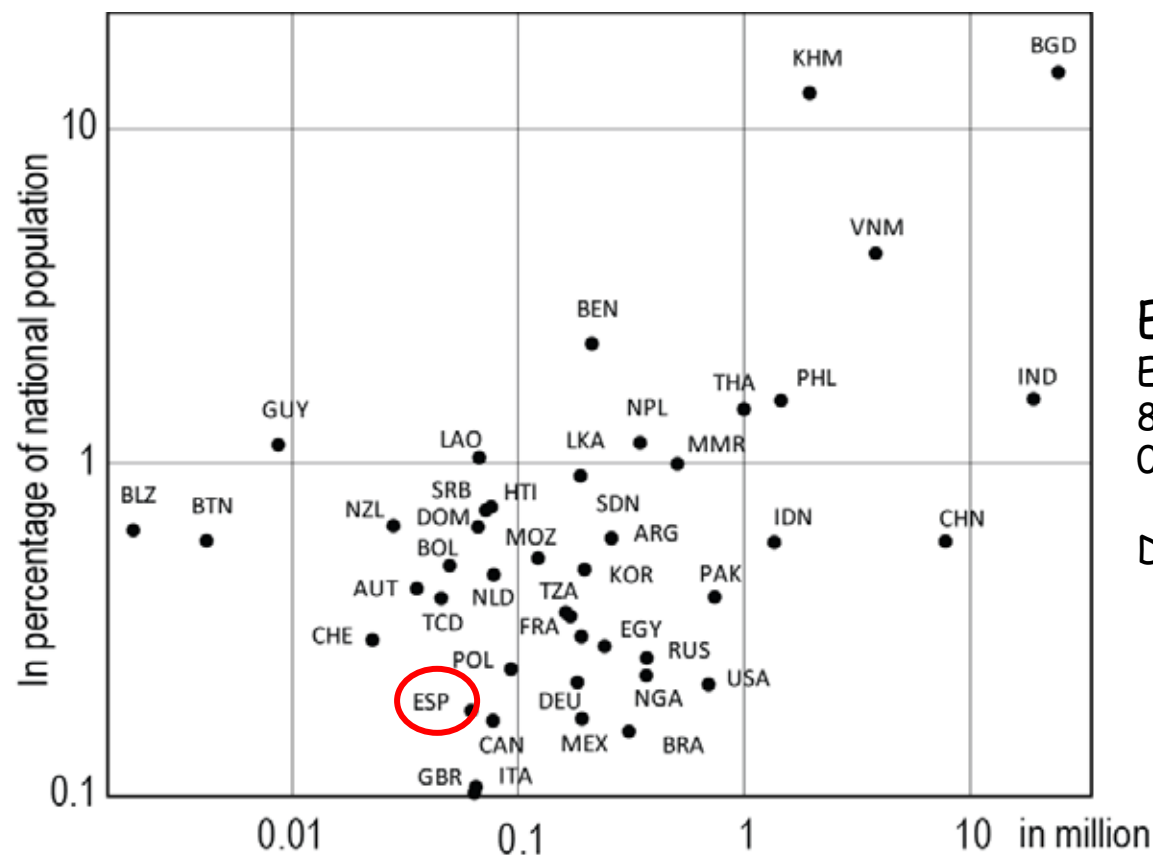
# Tendencias observadas en inundaciones fluviales a escala global

- **No existe evidencia** basada en datos de aforos que se haya producido en las últimas décadas **un cambio global en la magnitud/frecuencia** de las inundaciones debido a factores climáticos.
- En España, recientes estudios si indican cambio en la **estacionalidad** .
- En **climas con nieve** existe abundante evidencia de cambios en el tiempo de los máximos de primavera y de los picos (ocurrencia temprana) en ríos alimentados por glaciares (elevada confianza). Sin embargo, estas áreas no están experimentando cambios en la magnitud del pico.

- El informe SREX estimó que para el periodo 1970-2008, el 95% de las muertes ocurrieron en países en desarrollo.
- Los daños económicos, incluidos los asegurados, son mayores en países desarrollados, mientras que las tasas de pérdidas de vidas y económicas en proporción al producto interior bruto (PIB) son mayores en países en desarrollo (elevada confianza).

1.  
Observaciones

# Población expuesta a las inundaciones (por año) en términos absolutos y relativos



**España (1970-2005):**  
 Expuestas inundaciones  
 80 k personas/año  
 0.7% población afectada/año

Datos: [www.desinventar.net](http://www.desinventar.net)

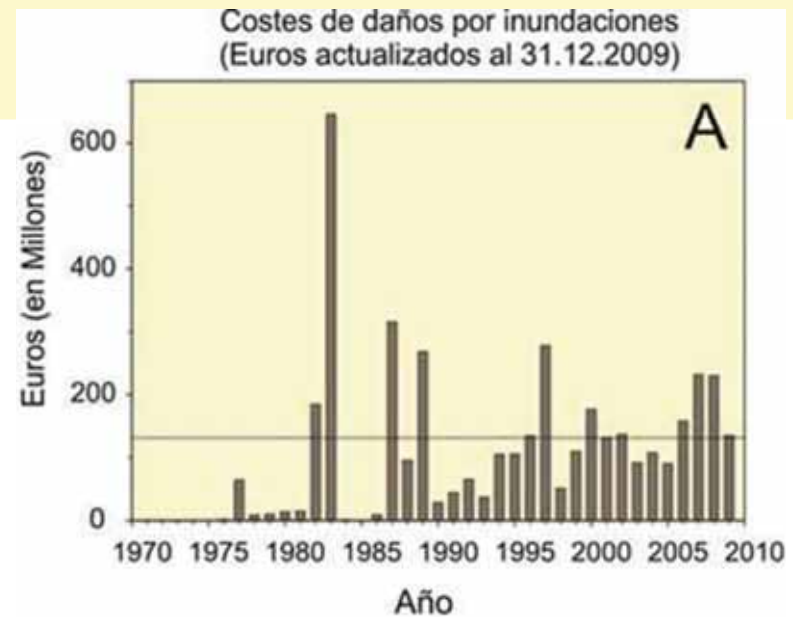
ISO3	Country	BEN	Benin	DOM	Dominican Republic	HTI	Haiti
ARG	Argentina	BTN	Bhutan	EGY	Egypt	IND	India
AUT	Austria	BOL	Bolivia	FRA	France	IDN	Indonesia
BGD	Bangladesh	BRA	Brazil	DEU	Germany	ITA	Italy
BLZ	Belize	KHM	Cambodia	GUY	Guvana	MEX	Mexico
MOZ	Mozambique	NGA	Nigeria	RUS	Russian Federation	CHE	Switzerland
MMR	Myanmar	PAK	Pakistan	SRB	Serbia	THA	Thailand
NPL	Nepal	PHL	Philippines	ESP	Spain	GBR	U.K.
NLD	Netherlands	POL	Poland	LKA	Sri Lanka	TZA	United Rep. of Tanzania
NZL	New Zealand	KOR	Republic of Korea	SDN	Sudan	USA	United States of America
						VNM	Viet Nam

Based on: Peduzzi *et al.* 2009.

1.  
Observaciones

# Daños normalizados de inundaciones en España

- Media de daños 163 M€/año (media 30 años) (CCS)
- Inundaciones: 69% del total de indemnizaciones (CCS)



Datos del Consorcio de compensación, elaborados por [Benito & Machado, 2012](#)

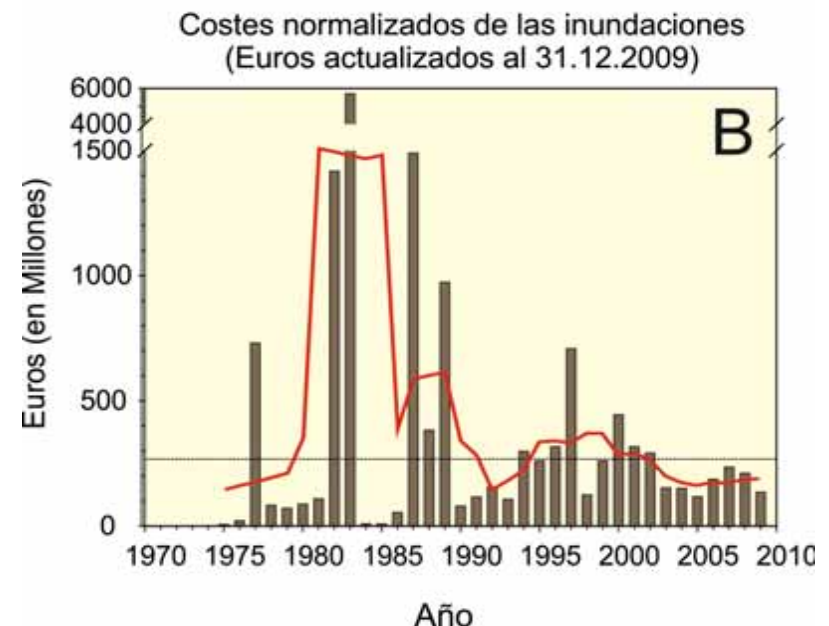
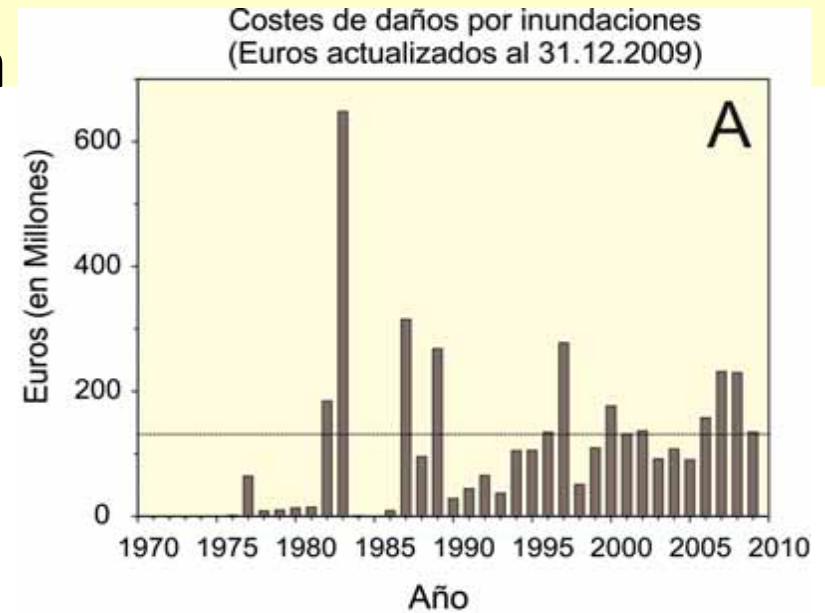
Date	Episodie	Deaths	Economic damage (Mill. € 2013)
1982	Valencia and Alicante (October) Catalan Pyrenees (November)	50	2,781.0
1983	Basque Country	39	3,002.0
1987	Valencia, Alicante, and Murcia	4	2,195.7
1987	Valencia, Alicante, and Murcia	4	2,195.7
1987	Valencia, Alicante, and Murcia	4	2,195.7
1989	Valencia, Alicante and Murcia (September) Málaga (November)	8	970.8
2000	Catalonia ( June and October) Valencia (October)	8	839.2
2010	Cordoba, Seville ( January)	6	1,200.0

Datos del Consorcio de compensación (2014)

1.  
Observaciones

# Daños normalizados de inundaciones en España

- La normalización elimina la influencia temporal de los cambios en la **exposición** (factor de población como la relación del número de habitantes en 2009 respecto a un año determinado), y **vulnerabilidad** (factor de riqueza como relación del PIB per capita en 2009 respecto a un año dado).
- La media móvil de 5 años de los daños normalizados muestra los **costes atribuidos a la variabilidad de la peligrosidad**.
- Existe una evidencia media y un elevado acuerdo que las tendencias a largo plazo en daños normalizados no se atribuyen al cambio climático (Handmer et al., 2012)



Datos del Consorcio de compensación, elaborados por [Benito & Machado, 2012](#)

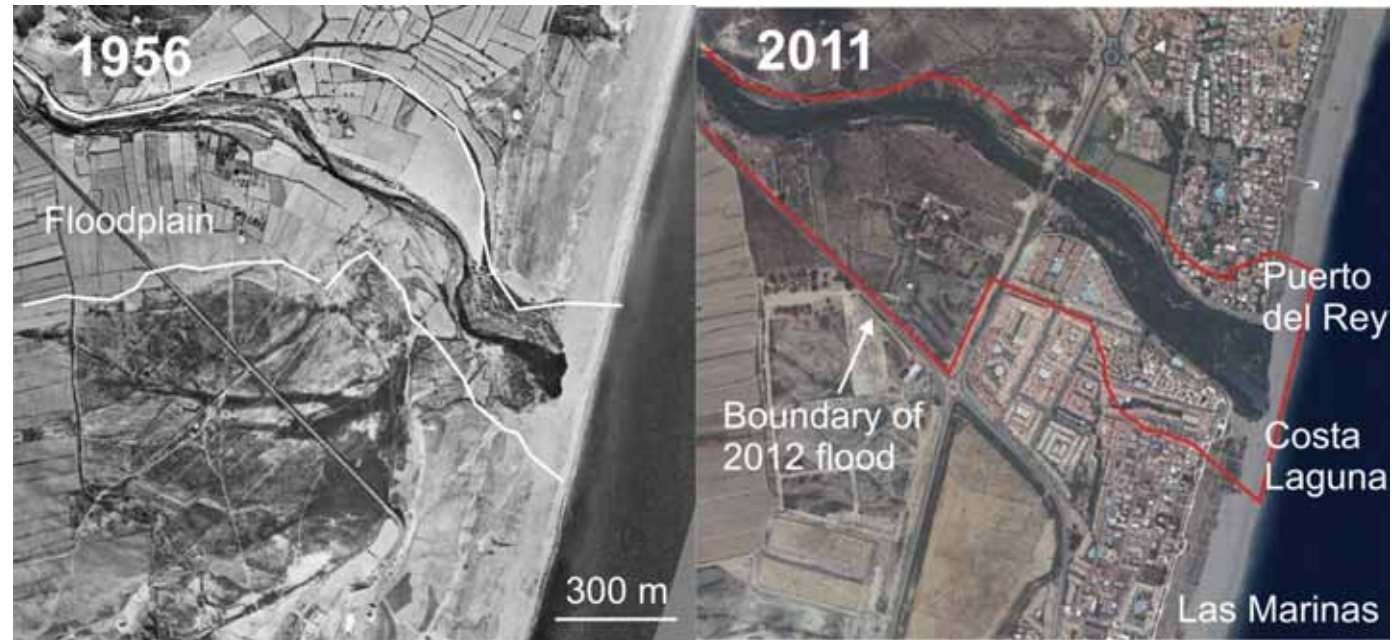


# Aumento de la exposición y vulnerabilidad

Inundación del 2012:

Río Antas  
Vera (Almería)

- 217 M€ pérdidas
- 10 víctimas



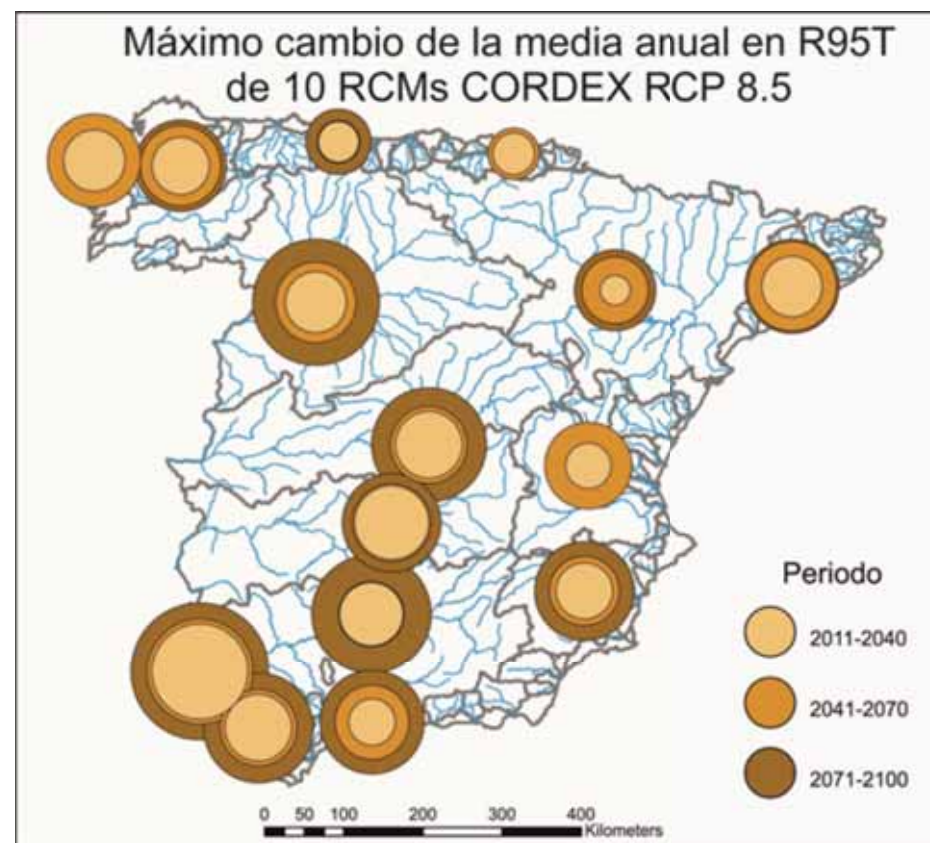
## Proyección de cambios en eventos de precipitación intensa

- Es muy probable que la **frecuencia de las lluvias intensas**, o la proporción de estos eventos respecto a la lluvia total, **se incrementará durante el siglo 21** en muchas regiones del globo (e.g. latitudes elevadas y regiones tropicales, y en invierno de latitudes medias).
- Las lluvias intensas asociadas con ciclones tropicales es muy probable que aumenten a medida que se incremente el calentamiento del planeta
- En escenarios de emisiones con **mayor CO2** (A1B y A2) conducirán a un **fuerte incremento en las lluvias intensas**

2.  
Proyecciones  
futuras

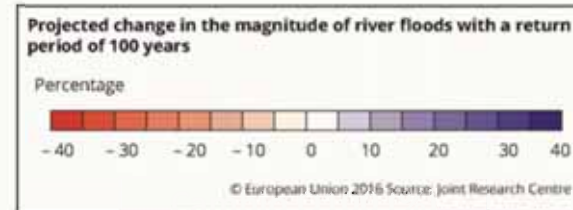
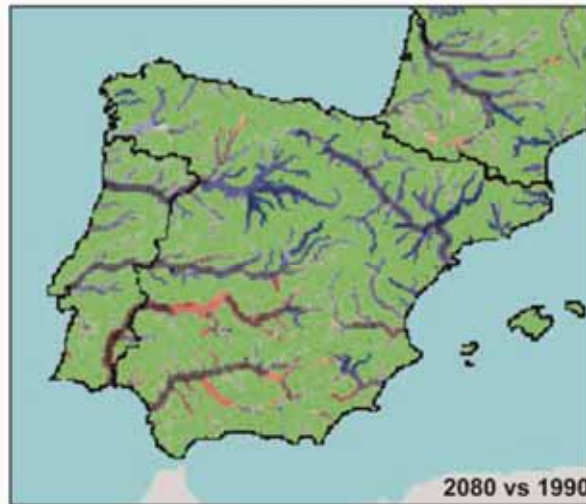
Cambio en precipitaciones intensas respecto al periodo de control (1976-2005). Datos AEMET, procedentes del downscaling dinámico de EUROCORDEX.

Cambio R95T (%)	2040	2070	2100
Miño-Sil	7.3	10.2	11.7
Galicia costa	7.8	11.9	10.9
Cantábrico Occidental	5.2	5.4	8.3
Cantábrico Oriental	5.4	6.6	6.1
Duero	7.8	10.2	16
Ebro	3.8	8.5	10.3
Interior Catalunya	7.7	11.3	12
Tajo	8.5	9.7	14.5
Guadiana	9.4	9.9	12.5
Júcar	5.8	11	9.5
Segura	7.2	8.8	12.6
Guadalquivir	8.1	8.3	15.1
Tinto-Odiel y Piedras	12.2	13.4	17.4
Guadalete-Barbate	8.5	9.7	13.9
Med Andalucía	6	9.4	13.2





# Extremos hidrológicos basados en datos Eurocordex



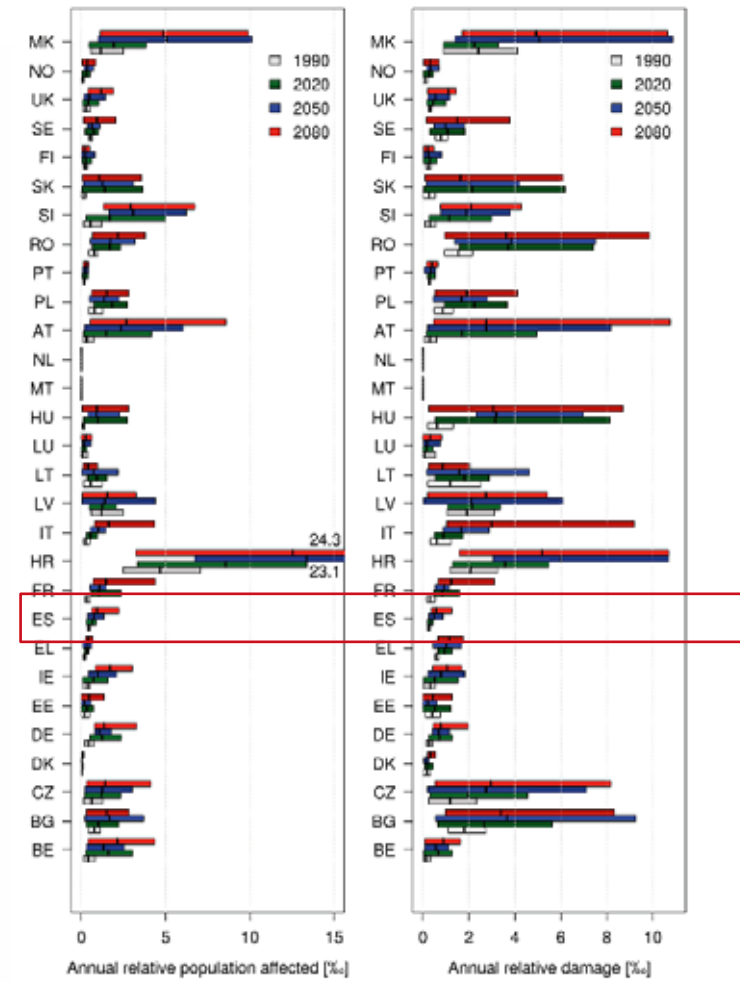
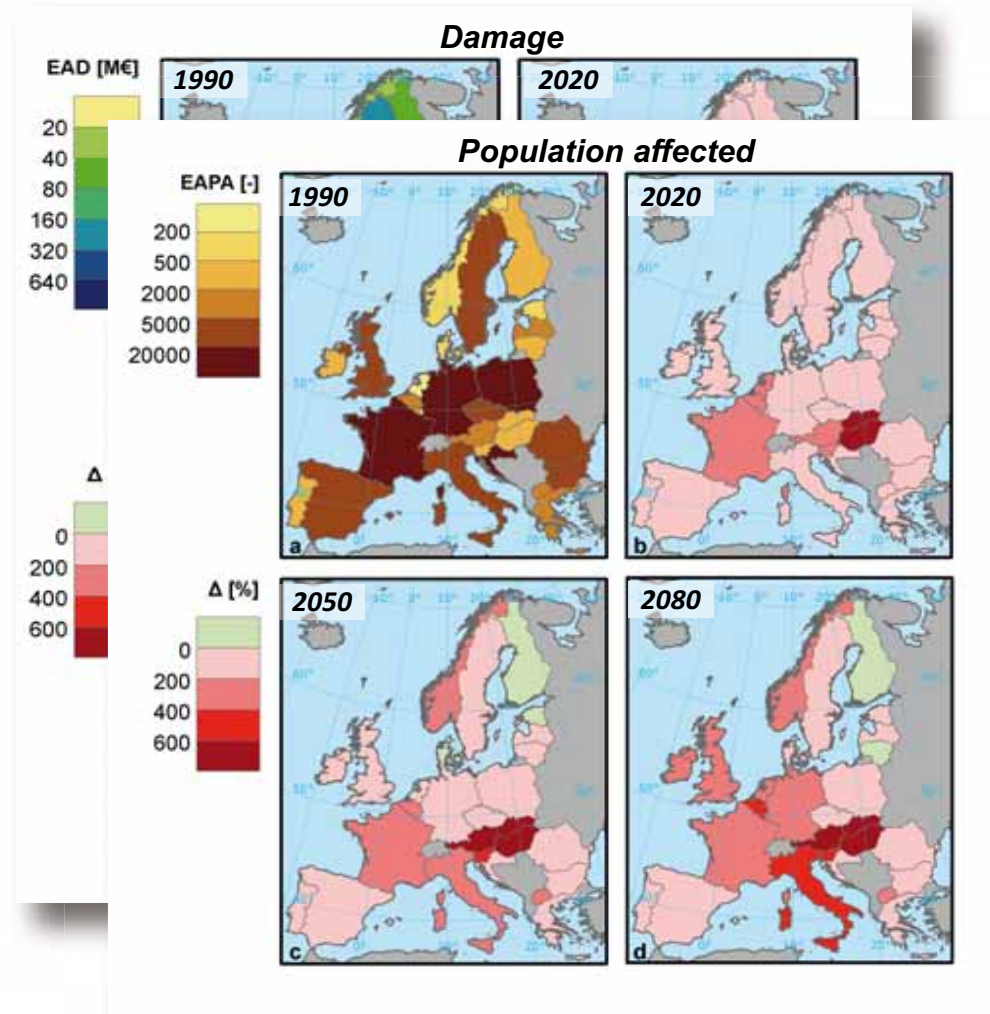
- Clima observado 1990-2013 vs Escenarios futuros 1970-2000 RCP8.5
- Modelo hidrológico Lisflood
- Análisis de frecuencias (POT)
- Mapas de peligrosidad con resolución de 100 m

Porcentaje de cambio proyectado en el nivel de caudal diario máximo de 100 años (Q100) para la Península Ibérica (Alfieri et al., 2015a)

	2020	2050	2080
	/+10	-5/+10	0/+10
	/+10	0/+10	0/+15
	/+10	0/+10	+5/+10
	0/0	0/+10	0/+10
	/+10	-10/+15	-10/+20
	/+10	-10/+15	-5/+20
<b>Interior Catalunya</b>	-5/+10	-5/+10	0/+15
<b>Tajo</b>	-10/+10	-10/+10	-10/+15
<b>Guadiana</b>	-10/+10	-15/+10	-15/+10
<b>Júcar</b>	-10/+10	-10/+10	-10/+10
<b>Segura</b>	-10/+10	-10/+10	-10/+15
<b>Guadalquivir</b>	-10/+10	-10/+10	-15/+10
<b>Med Andalucía</b>	-10/+15	-10/+15	-10/+15

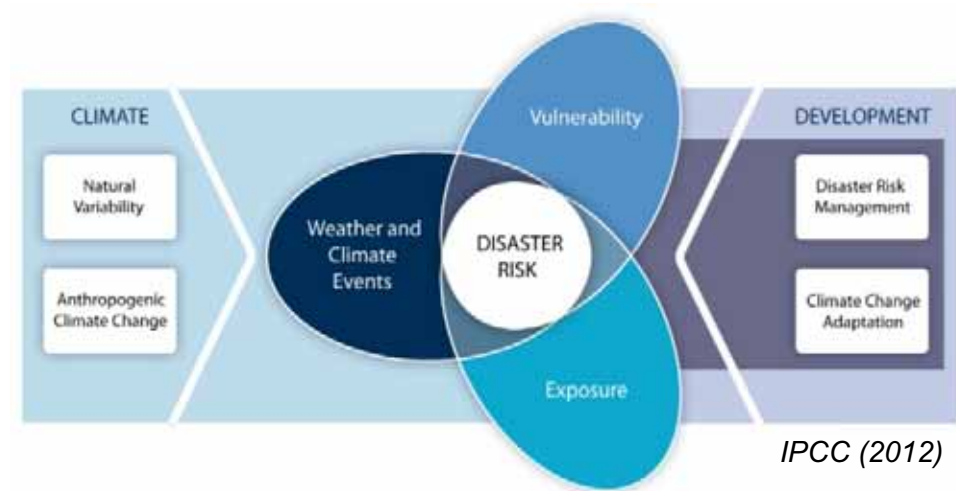
2. Proyecciones futuras

# Riesgo futuro en Europa para escenarios de cambio clima RCP 8.5 (+4°C)



# Medidas de adaptación para la reducción del riesgo por inundación

1. Reducción del pico de crecida (Peligrosidad)
2. Incrementar los niveles de protección ante inundaciones (Vulnerabilidad)
3. Reducción de la vulnerabilidad (Vul)
4. Relocalización (Exposición)





# Medidas de adaptación

- **Cambiar la peligrosidad:** atenuar el impacto del cambio climático mediante la adopción de medidas de mitigación
- **Prevención de los efectos:** considerar el cambio climático cuando planifique (por ejemplo, cambiando las prácticas agrícolas y de uso de la tierra).
- **Cambiar el uso:** cambiar, por ejemplo, el uso del suelo frente a los riesgos climáticos.
- **Cambio de ubicación:** mueva las actividades económicas, las infraestructuras o los sistemas a ubicaciones sujetas a menos riesgos climáticos.
- **Llevar a cabo investigaciones:** obtener conocimiento o desarrollar innovaciones tecnológicas para apoyar la adaptación a los riesgos climáticos.
- **Educar, informar y alentar cambios en el comportamiento:** difusión del conocimiento a través de campañas de educación e información.

## Costes de adaptación a inundaciones de 100 años asumiendo un escenario A1B (+3°C)

	<b>Coste de adaptación Millones €/año (2006)</b>	<b>% GDP</b>
España	158.1	0.02
Portugal	3.4	0.002
Francia	1019.9	0.06

## Conclusiones

- En la actualidad no hay evidencia en los registros observados del aumento de las inundaciones en España, aunque las lluvias extremas han aumentado en algunas regiones. Estacionalidad.
- Los daños económicos muestran una tendencia al alza desde los años 1970, aunque se pueden explicar por aumento en exposición y vulnerabilidad.
- Los escenarios de cambio climático muestran un aumento en las lluvias extremas en muchas regiones de peninsulares
- Existe una elevada incertidumbre en la proyección de las inundaciones; Duero y Ebro podrían estar más afectadas.
- Las medidas de adaptación deberían encaminarse a la reducción de impactos, más que a la reducción de la frecuencia de los eventos de inundación.

Gracias por vuestra atención



Río Ebro en Zaragoza, inundación de 2015