



caminos



Colegio de Ingenieros
de Caminos,
Canales y Puertos

JORNADA SOBRE PRESAS Y PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES

AVENIDAS Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE LAS PRESAS

Luis Mediero (luis.mediero@upm.es)

ETSI de Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Madrid



POLITÉCNICA

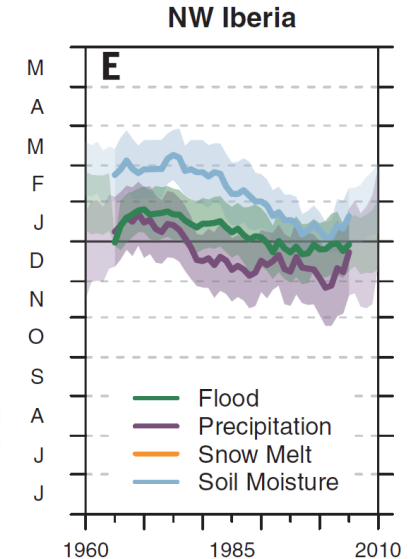
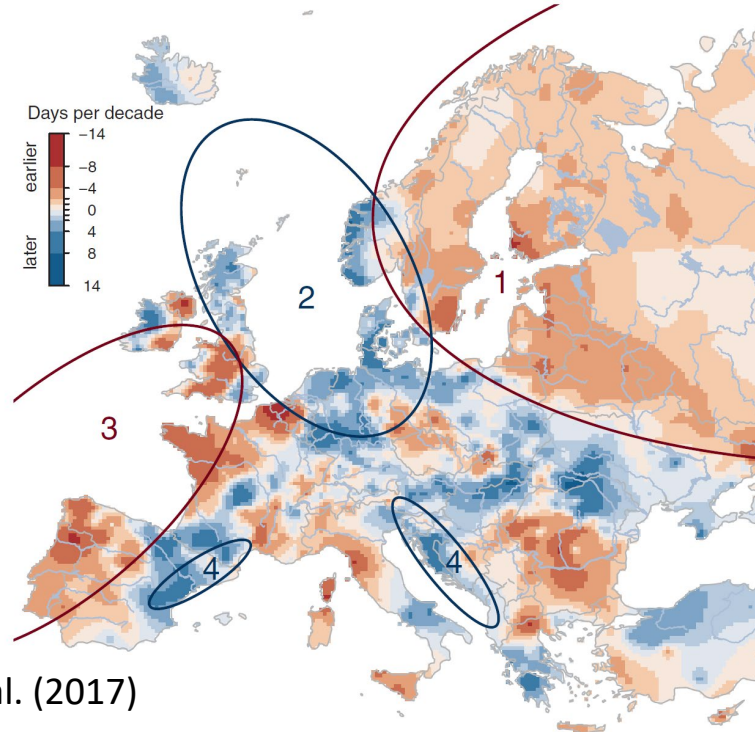
ÍNDICE

- **INTRODUCCIÓN**
- **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE UNA PRESA**
- **CAMBIOS EN LOS HIDROGRAMAS DE ENTRADA**
- **CAMBIOS EN EL NIVEL INICIAL DE EMBALSE**
- **EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE PRESAS EN CAMBIO CLIMÁTICO**
- **CONCLUSIONES**

INTRODUCCIÓN

- El **cambio climático** está afectando a las inundaciones durante las últimas décadas:

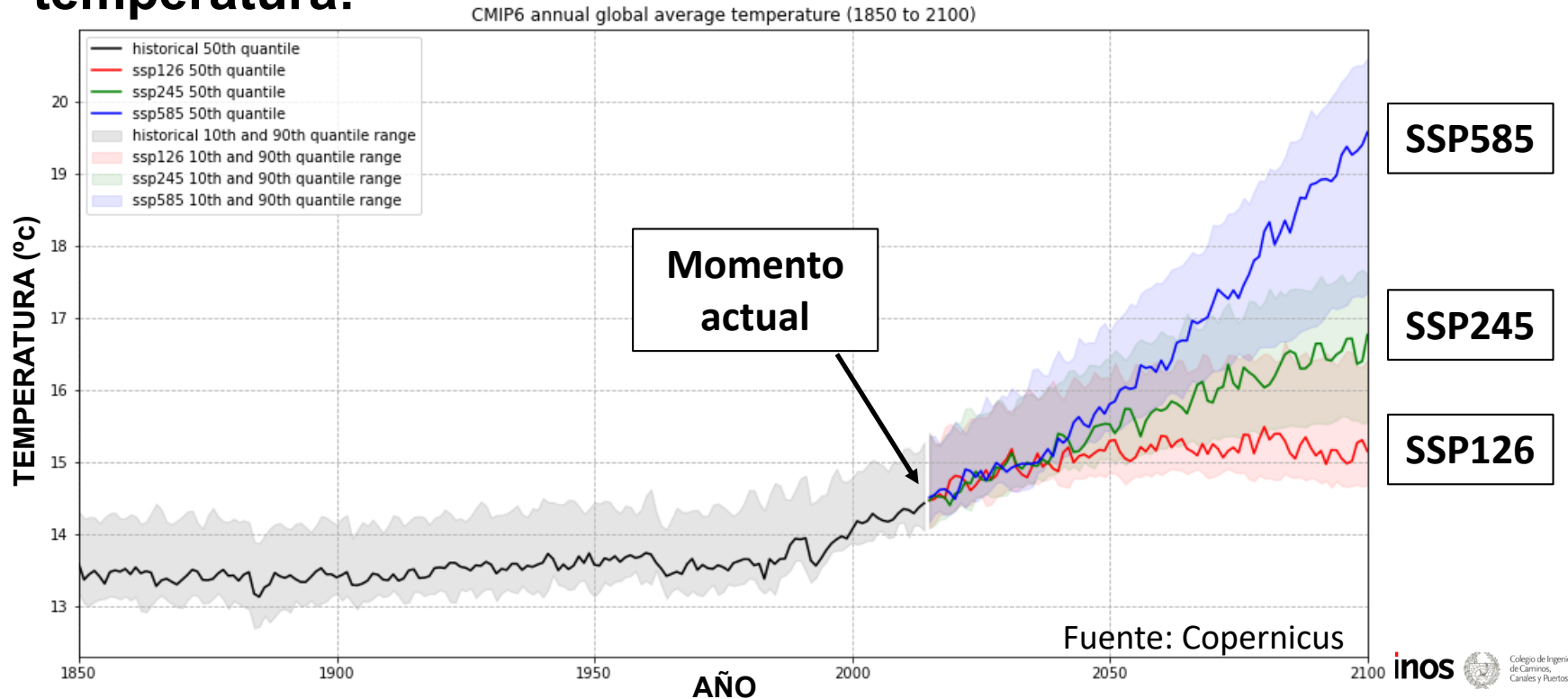
Cambios en la fecha de ocurrencia de las avenidas en el periodo 1960-2010



Fuente: Blöschl et al. (2017)

INTRODUCCIÓN

- El **cambio climático** provocará un aumento de la temperatura:

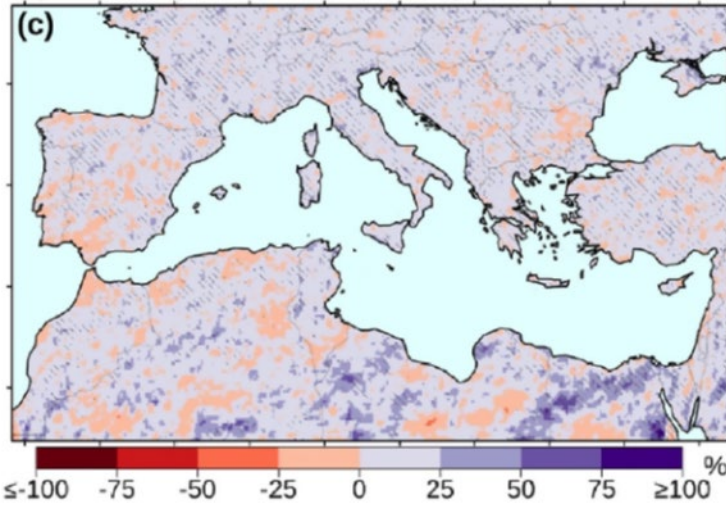


INTRODUCCIÓN

- El **cambio climático** afectará al régimen de **precipitaciones máximas** en el futuro:

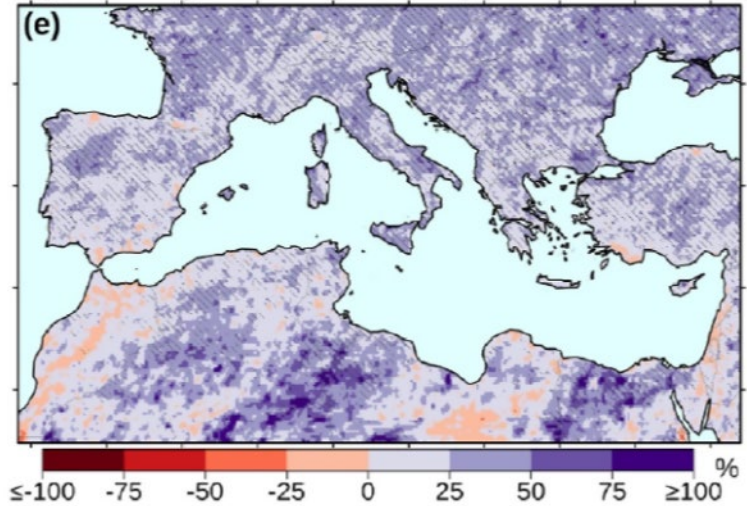
Cambios en la precipitación máxima diaria en la serie de 50 años

Projected change of 1-in-50-year Rx1day (2001-2050 - 1951-2000)



2001-2050

Projected change of 1-in-50-year Rx1day (2051-2100 - 1951-2000)



2051-2100

Fuente: Zittis et al. (2021)

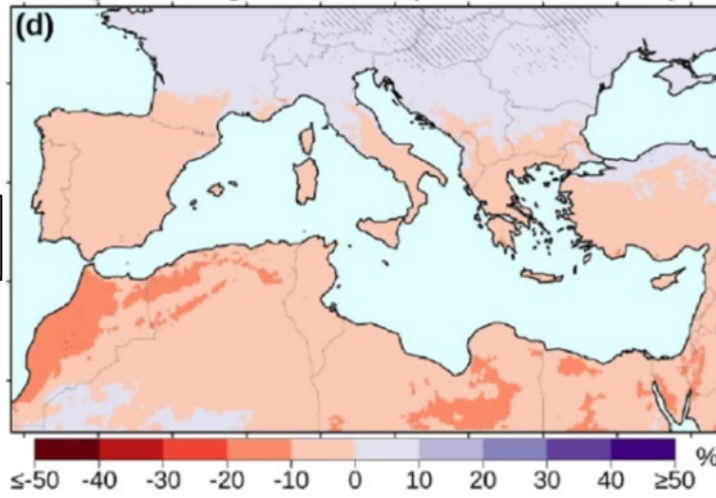
RCP8.5

INTRODUCCIÓN

- El **cambio climático** también afectará al régimen de **precipitaciones anuales** en el futuro:

Cambios en la precipitación anual

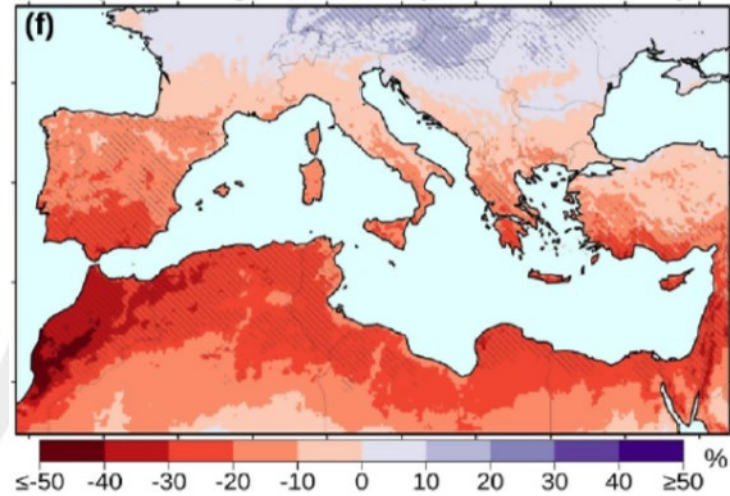
Projected change of PRCPTOT (2001-2050 - 1951-2000)



RCP8.5

2001-2050

Projected change of PRCPTOT (2051-2100 - 1951-2000)



2051-2100

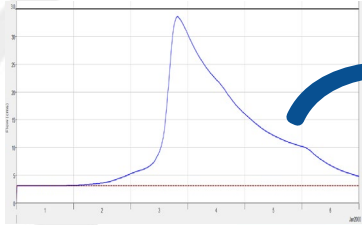
Fuente: Zittis et al. (2021)

INTRODUCCIÓN

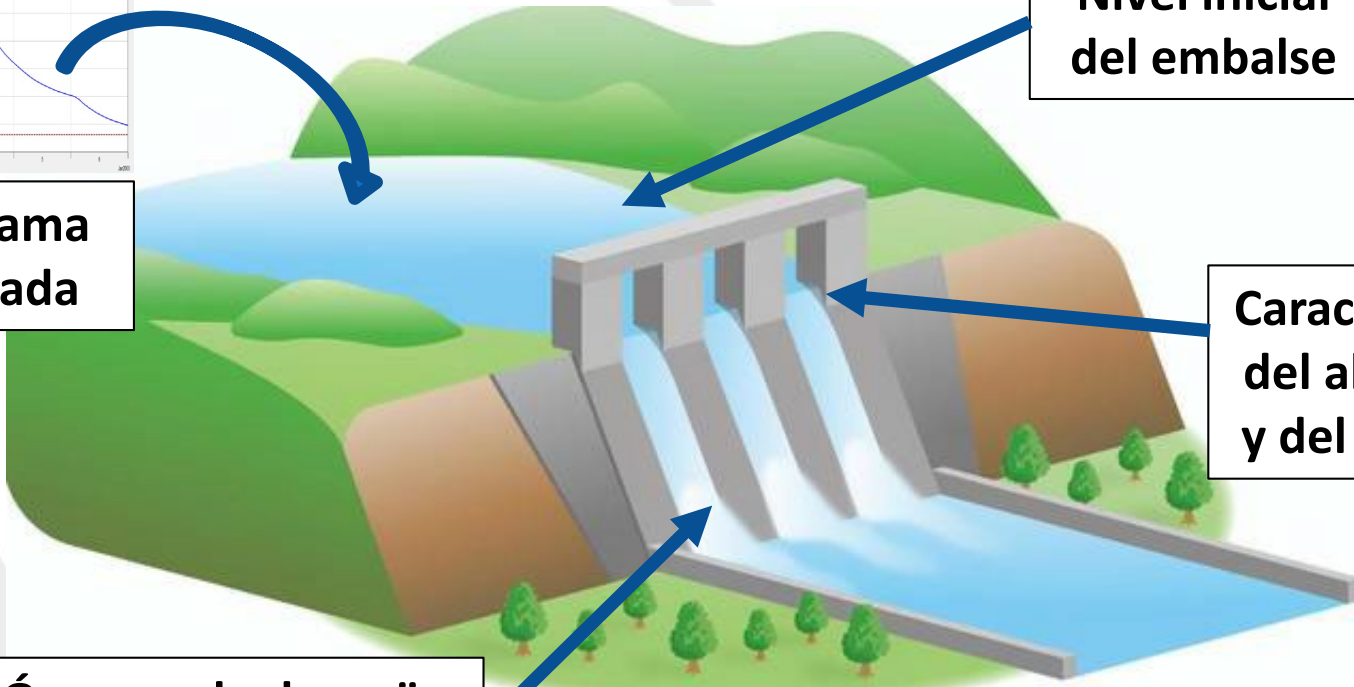
- Como consecuencia del **cambio climático** se prevé un **aumento de la temperatura**.
- También se prevé un **aumento** de las **precipitaciones extremas**.
- Así mismo, se prevé una **reducción** en las **precipitaciones anuales**.



SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE LAS PRESAS



**Hidrograma
de entrada**



**Nivel inicial
del embalse**

**Características
del aliviadero
y del embalse**

**Órganos de desagüe
adicionales**

CAMBIOS EN HIDROGRAMA DE ENTRADA

- Cambios en las **precipitaciones extremas**:

➤ Proyecciones climáticas:

MODELOS
CLIMÁTICOS

GCM-RCM

ESCENARIOS DE
EMISIONES

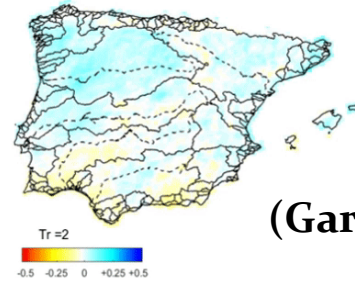
RCP 4.5 / SSP245
RCP 8.5 / SSP585

PERIODOS DE
TIEMPO

2011-2040
2041-2070
2071-2100

BASE DE DATOS UPM

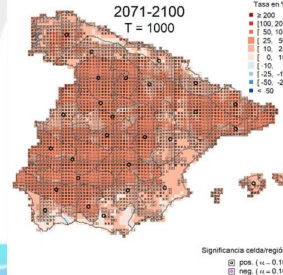
Tasa de cambio en RCP 85 para el período (2011-2040)



T = 2, 5, 10, 50,
100, 500 y
1000 años

(Garijo y Mediero, 2019)

BASE DE DATOS CEDEX



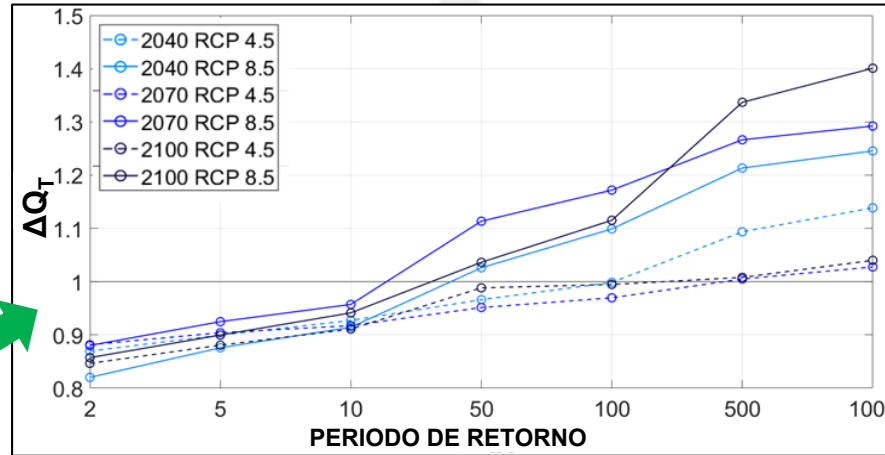
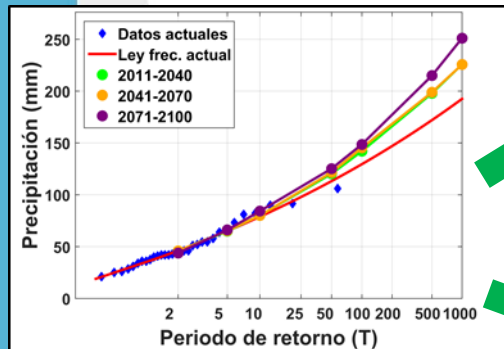
T = 10, 100, 500
y 1000 años

(CEDEX, 2021, 2024)

CAMBIOS EN HIDROGRAMA DE ENTRADA

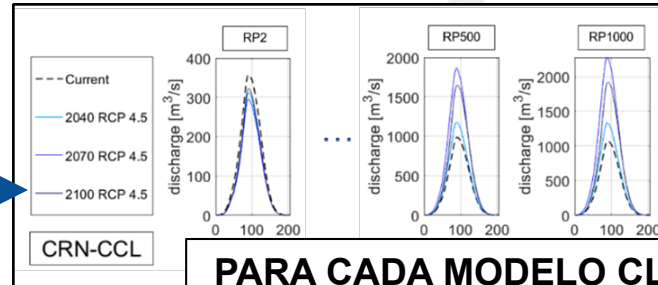
- Se requiere simulación con un **modelo hidrológico**:

CAMBIOS EN PRECIPITACIÓN

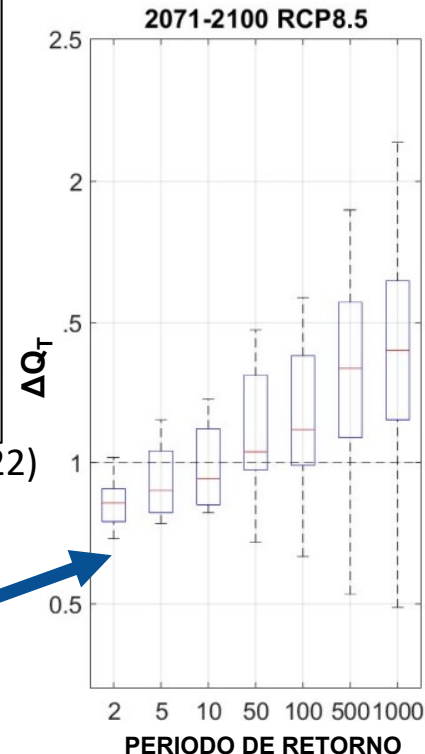


Fuente: Lompi et al. (2021, 2022)

INCERTIDUMBRE

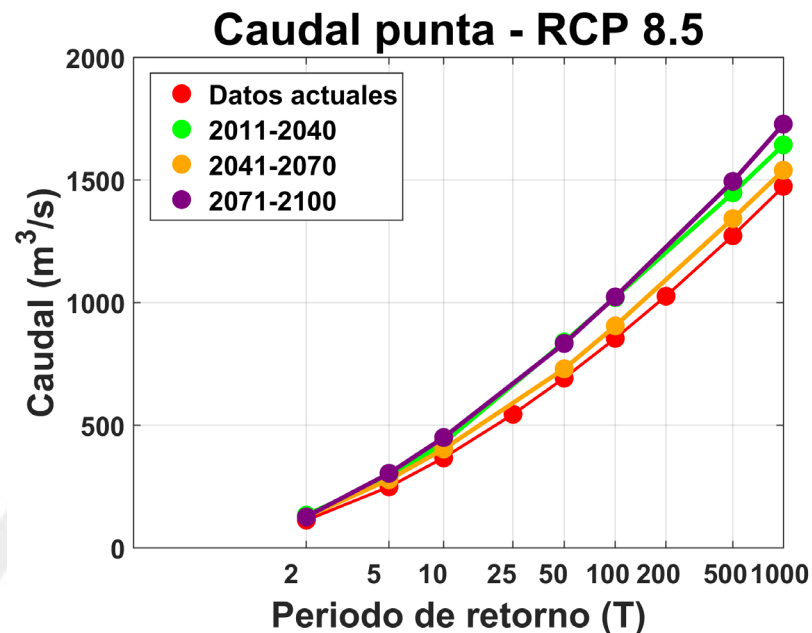
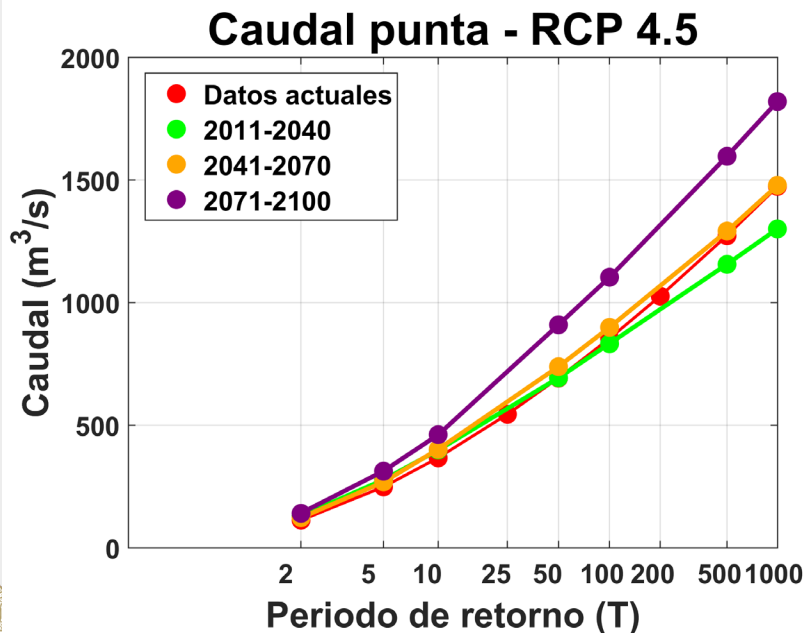


PARA CADA MODELO CLIMÁTICO

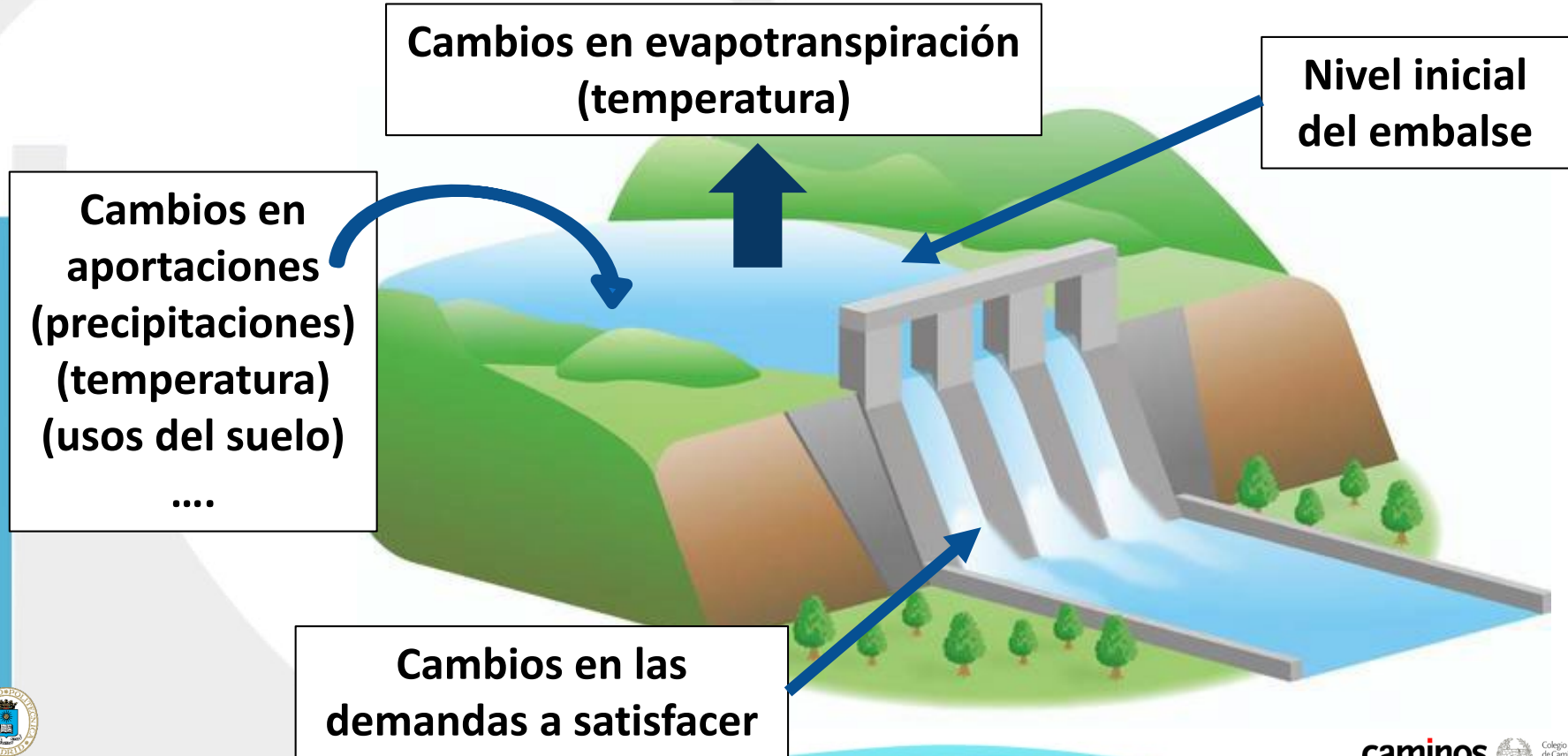


CAMBIOS EN HIDROGRAMA DE ENTRADA

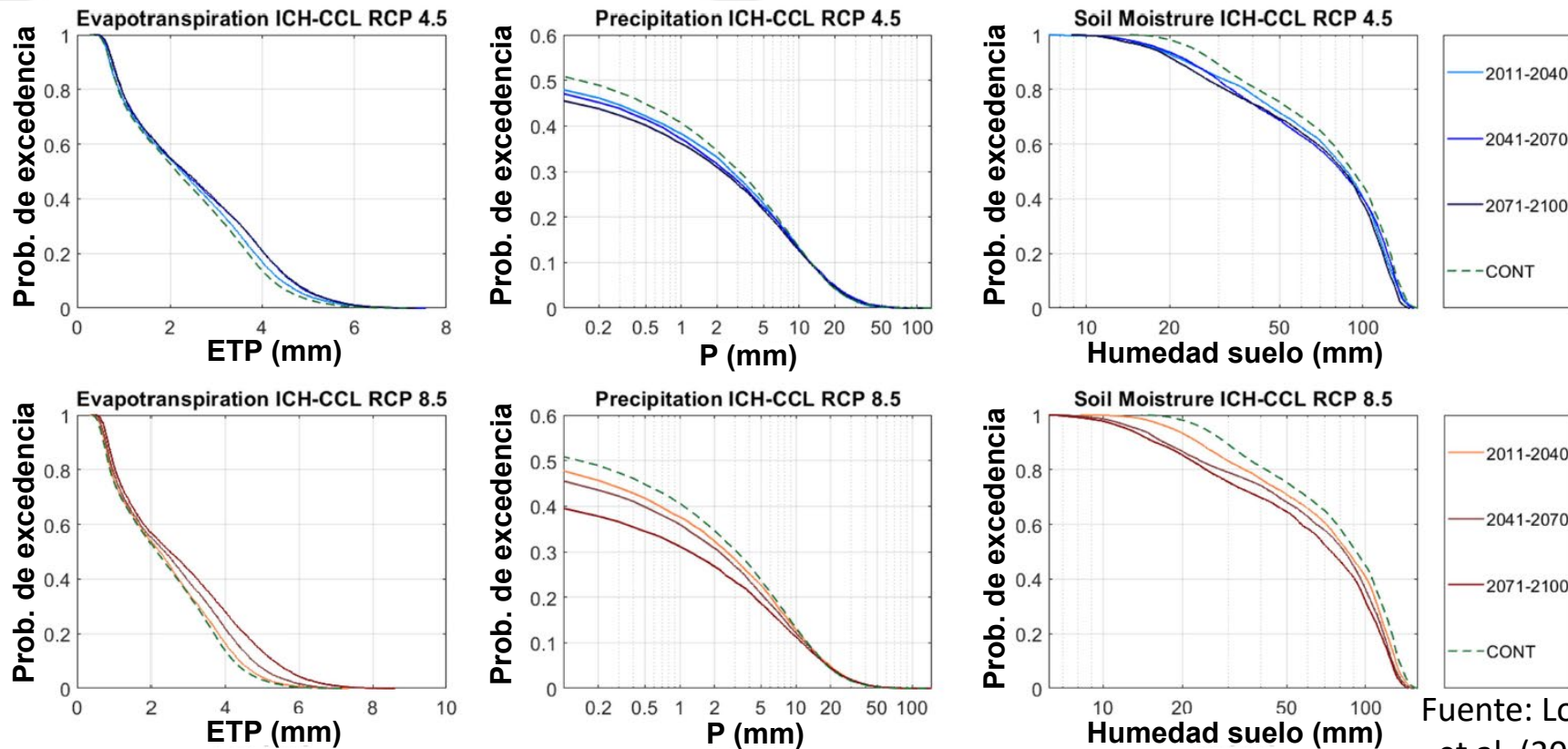
- Como resultado se obtienen las **leyes de frecuencia esperables en el futuro de caudales punta:**



CAMBIOS EN NIVEL INICIAL DE EMBALSE



CAMBIOS EN NIVEL INICIAL DE EMBALSE



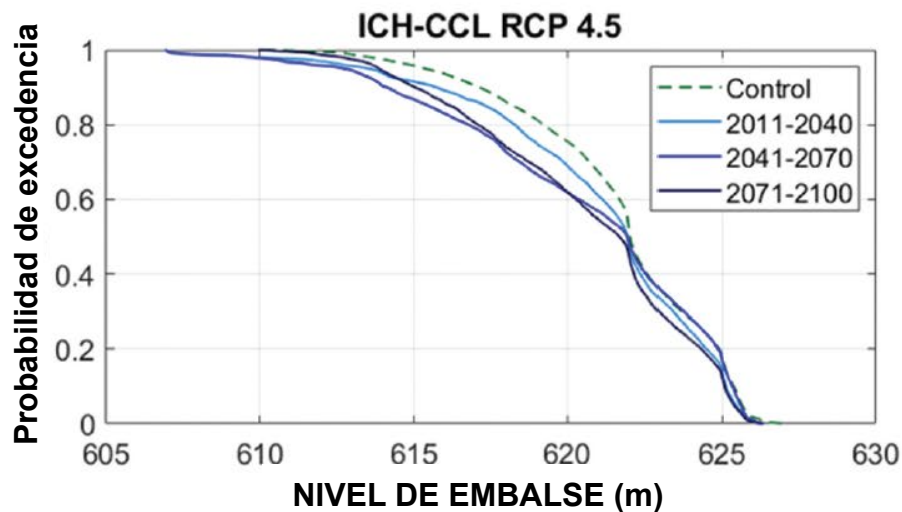
Fuente: Lompi et al. (2022)

CAMBIOS ESPERABLES EN LAS VARIABLES QUE TIENEN INFLUENCIA

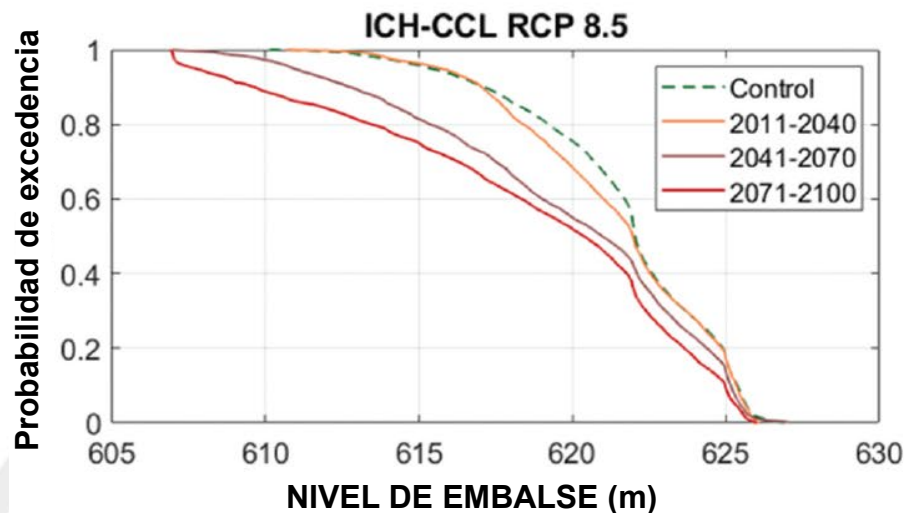
CAMBIOS EN NIVEL INICIAL DE EMBALSE

- Se requiere simulación **hidrológica y modelo de embalse:**

PROBABILIDAD DE NIVEL INICIAL EN EL EMBALSE

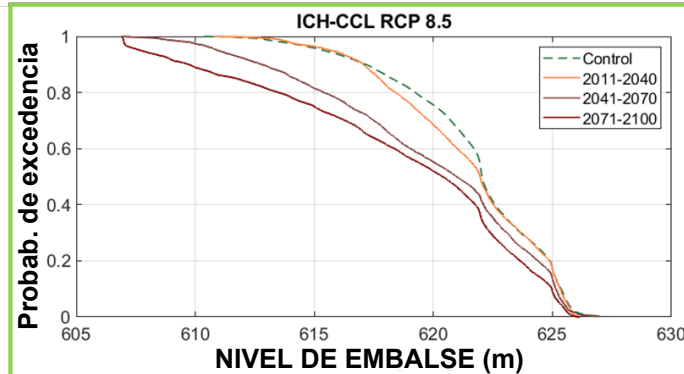


Fuente: Lompi et al. (2022)



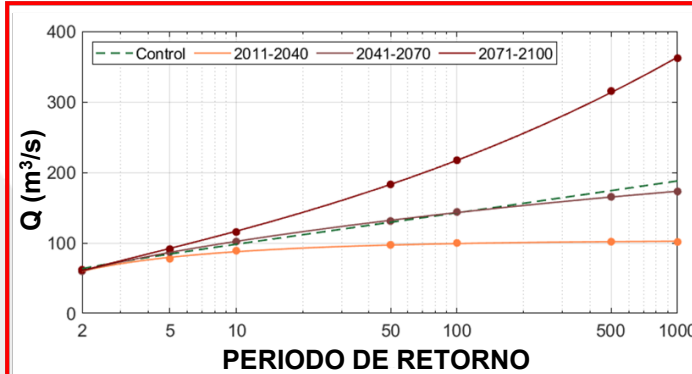
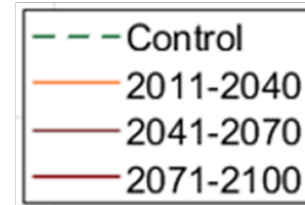
CAMBIOS ESPERABLES EN CAMBIO CLIMÁTICO

- Se requieren **métodos estocásticos**:



NIVELES INICIALES EN EL EMBALSE EN EL FUTURO

SE ESPERA QUE SEAN MÁS BAJOS EN EL FUTURO



CAUDALES PUNTA ENTRANTES EN EL EMBALSE

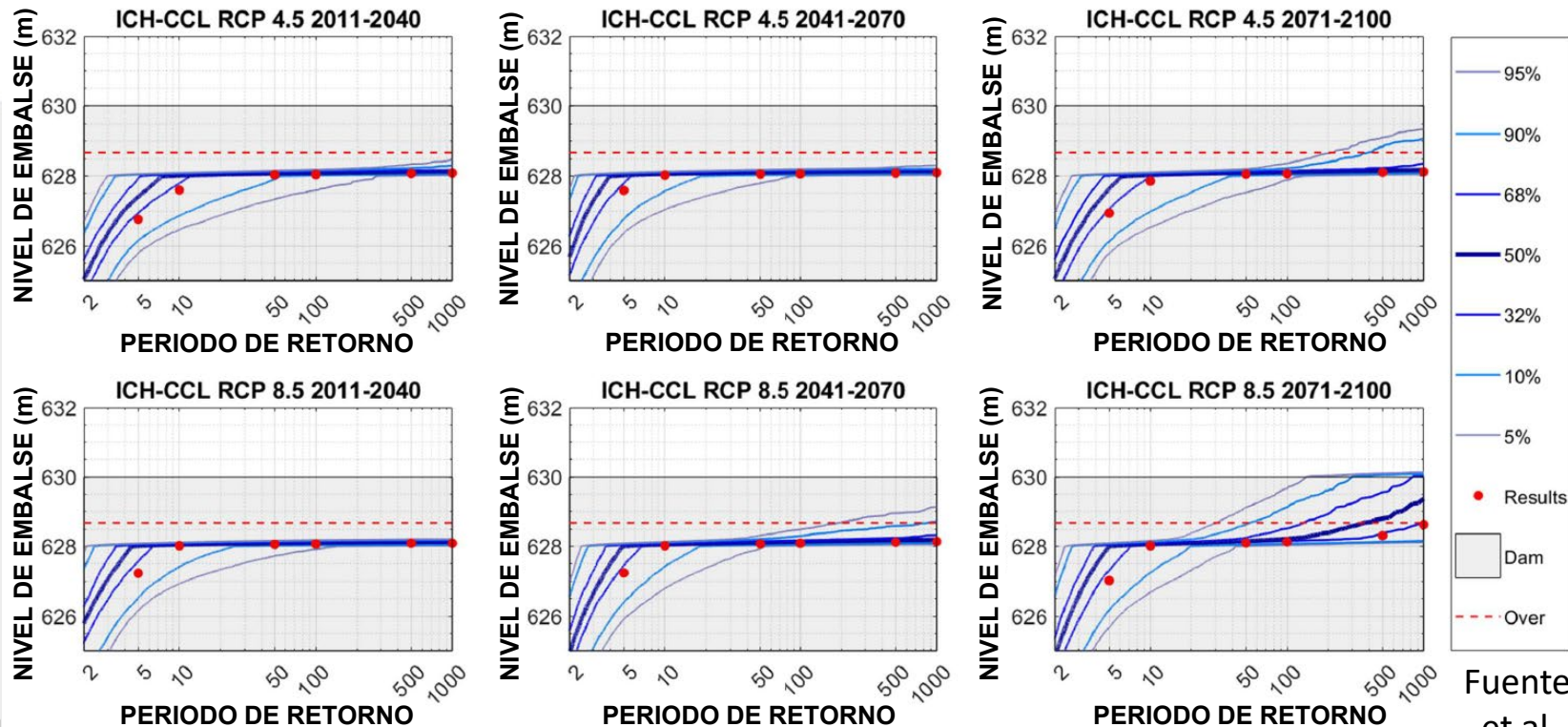
SE ESPERA QUE AUMENTEN EN EL FUTURO



Fuente: Lompi et al. (2023)

SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE LA PRESA

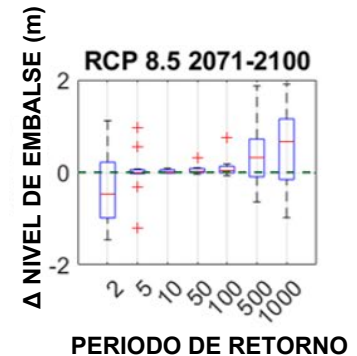
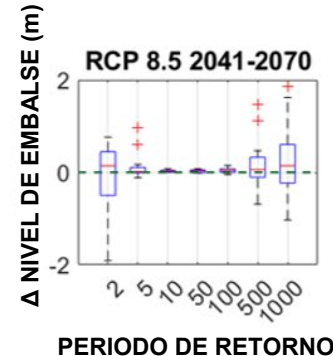
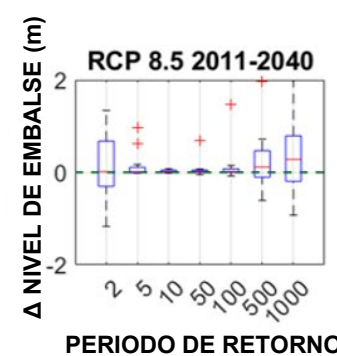
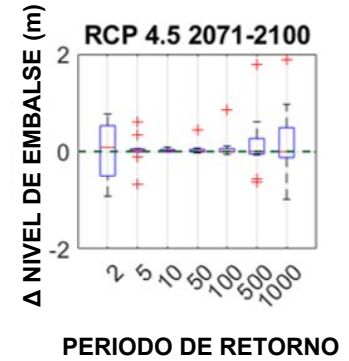
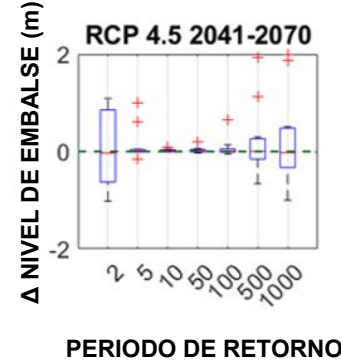
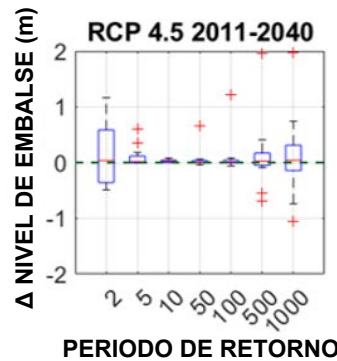
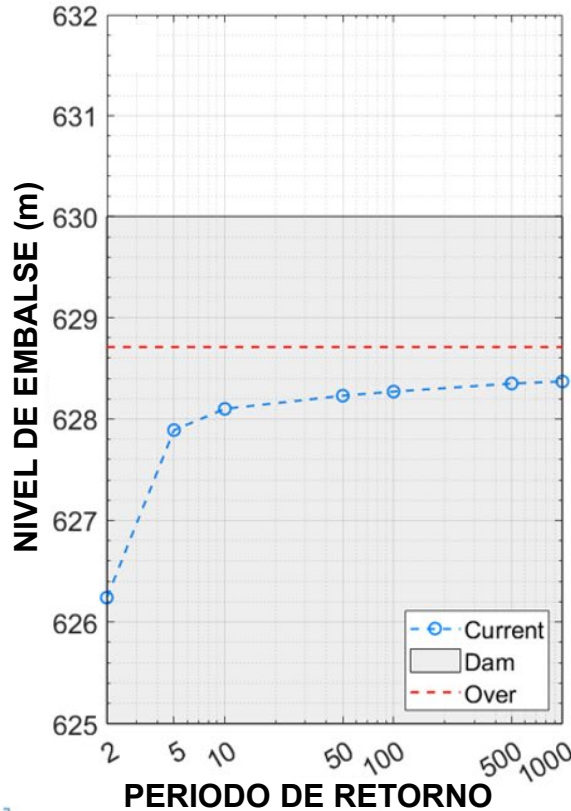
CAMBIOS EN LA LEY DE FRECUENCIA DE NIVELES MAX. EMBALSE – 1 MODELO CLIMÁTICO



Fuente: Lompi
et al. (2022)

SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE LA PRESA

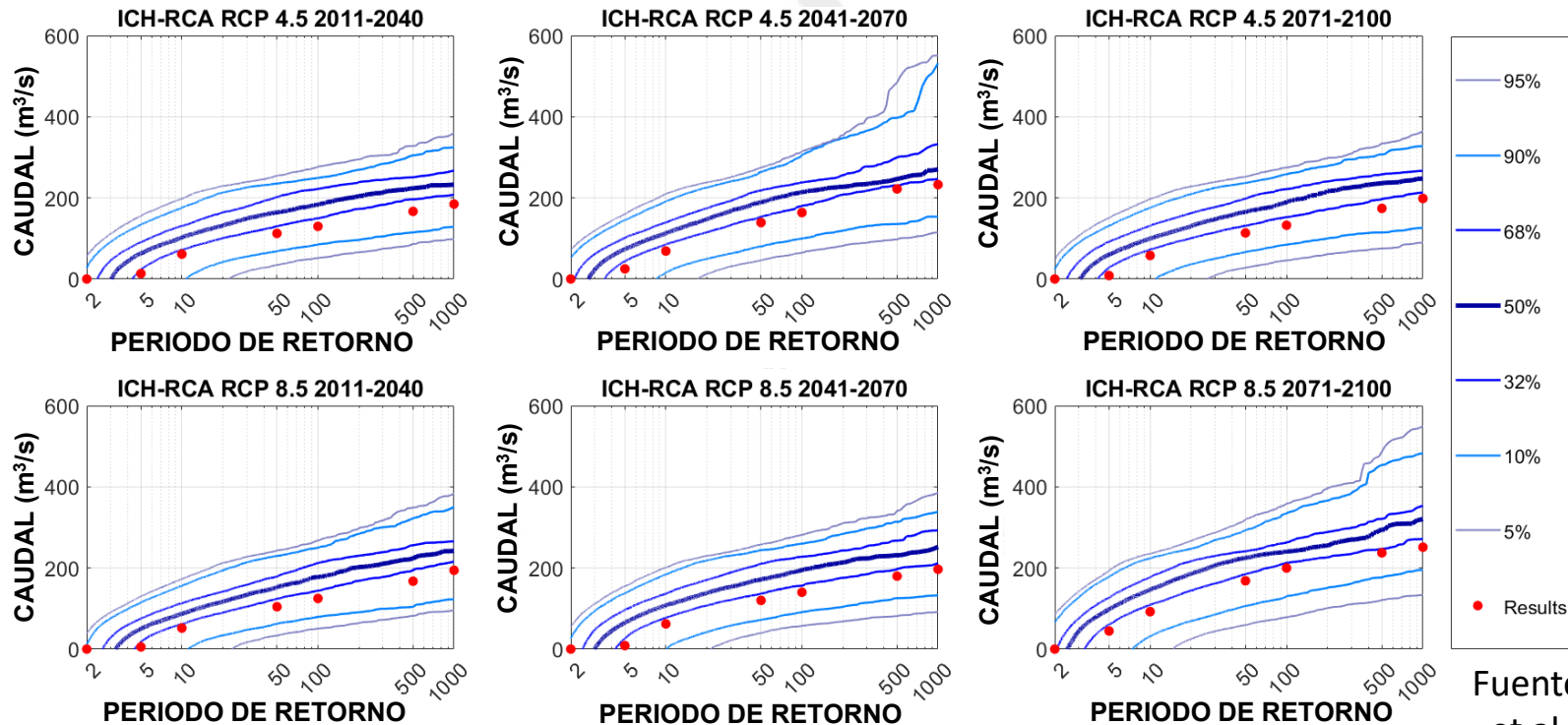
CAMBIOS EN LA LEY DE FRECUENCIA DE NIVELES MÁXIMOS DE EMBALSE



Fuente: Lompi et al. (2023)

SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE LA PRESA

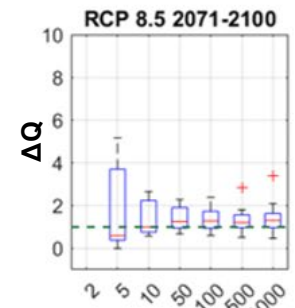
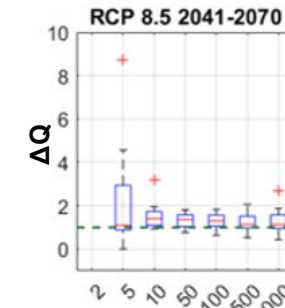
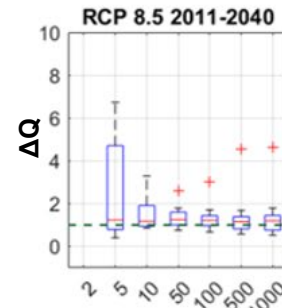
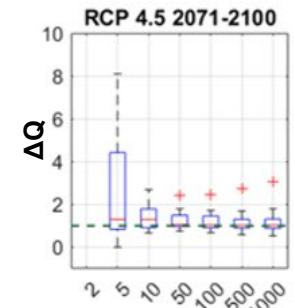
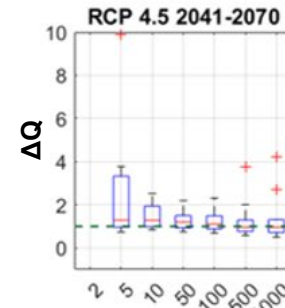
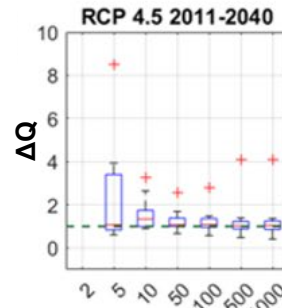
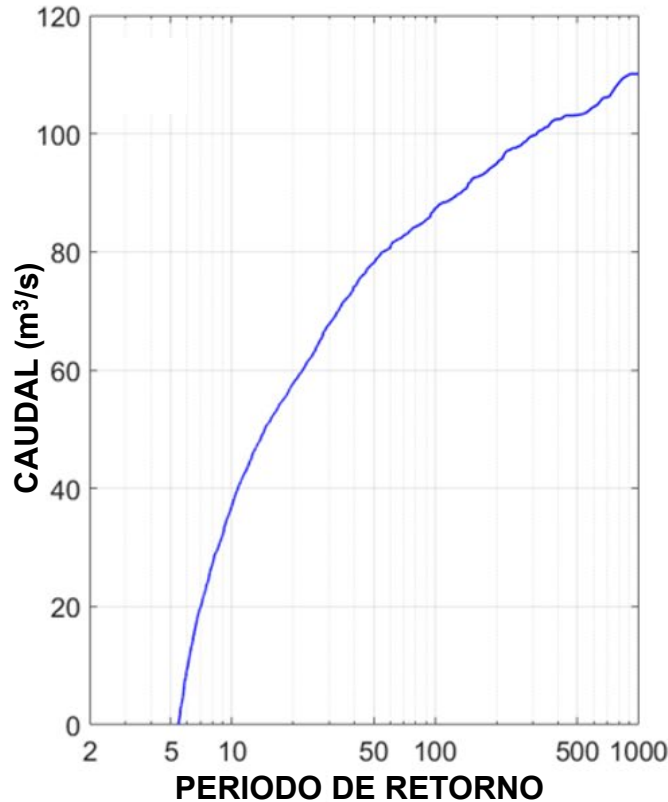
CAMBIOS EN LA LEY DE FRECUENCIA DE CAUDALES VERTIDOS – 1 MODELO CLIMÁTICO



Fuente: Lompi
et al. (2022)

SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE LA PRESA

CAMBIOS EN LA LEY DE FRECUENCIA DE CAUDALES VERTIDOS



Fuente: Lompi et al. (2022)

CONCLUSIONES

- En **cambio climático**, se espera que la **temperatura aumente**, las **precipitaciones máximas aumenten** y que las **precipitaciones anuales disminuyan**.
- En general, se esperan **avenidas de mayor magnitud**, pero con **niveles iniciales de embalse más bajos**.
- Hay que estudiar **cada presa de forma individual** para tener en cuenta todos los factores: cambios en las avenidas entrantes, en las aportaciones, en las demandas a satisfacer, en los niveles iniciales de embalse, etc.
- Se requieren **métodos estocásticos** que permitan tener en cuenta la correlación entre las diferentes variables.

JORNADA SOBRE PRESAS Y PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES

¡¡¡MUCHAS GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN !!!

Luis Mediero (luis.mediero@upm.es)

ETSI de Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Madrid



POLITÉCNICA