



**INFLUENCIA DEL
CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA
PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA
HIDROELÉCTRICA**

ÍNDICE

1. HIPÓTESIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA
3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO
4. EFECTO SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA
5. CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA
6. OTROS CAMBIOS
7. AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)
8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

ÍNDICE

1. **HIPÓTESIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**
2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA
3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO
4. EFECTO SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA
5. CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA
6. OTROS CAMBIOS
7. AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)
8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

1. Hipótesis del cambio climático.

El cambio climático es percibido globalmente de muy diversas maneras:

- **Todo cabe:** Si llueve más es por cambio climático; si llueve menos también; si hace más calor es por cambio climático, pero si hace más frío, también...



Todas esas percepciones pueden ser acertadas

1. Hipótesis del cambio climático.

- **Es habitual que cualquier persona aporte sus experiencias:** Antes hacía más frío..., Nunca había hecho tanto calor... No recuerdo una nevada tan intensa,...



1. Hipótesis del cambio climático.

- El cambio climático afecta a toda la humanidad (universal), une a todos en la búsqueda de soluciones (aglutinante) y provoca efectos que pueden ser catastróficos (épica)



- Las cuestiones críticas:
 - ¿Cuánto afectan las emisiones antrópicas de carbono al clima?
 - ¿**Afectan por encima de los** procesos naturales?
 - Si fuera el caso, ¿van a tener efectos significativos? ¿serán catastróficos?

ÍNDICE

1. HIPÓTESIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
2. **AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA**
3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO
4. EFECTO SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA
5. CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA
6. OTROS CAMBIOS
7. AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)
8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA*

IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático; 5º Informe, 2013):

- Incremento de la temperatura: 0.89°C (1901-2012); 0.72°C (1951-2012)
- Alteración del régimen de lluvias: Incremento global pero distribución desigual. En general se acepta que aumentarán en latitudes altas y bajas y descenderán en las medias

CICLO DEL AGUA



Estos cambios afectan al ciclo del agua en la Disponibilidad de recursos Hídricos :

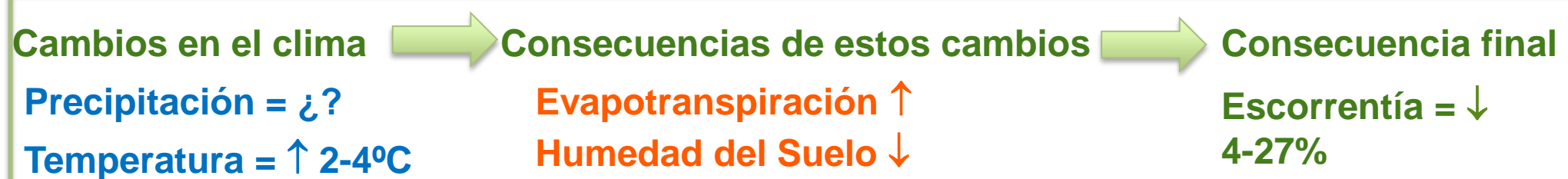
1. Se produce un incremento en la EvapoTranspiración Potencial (ETP)
2. Y una reducción en la humedad del suelo

Todo esto produce cambios en la escorrentía y en la disponibilidad de agua

2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA*

A nivel General, en base a estudios disponibles, en lo referente a la precipitación se pueden establecer una serie de resultados que no coinciden y que no resultan concluyentes:

- Reducción generalizada de la precipitación¹
- Reducción tan sólo en primavera y verano²
- Patrones de precipitación sin tendencia significativa³



¹Gibelin, A. and M. Déqueé (2003) Anthropogenic climate change over Mediterranean region simulated by a global variance resolution model. *Climate Dynamics*, 20: 327–339. In: Palau, A. y C. Prieto (2014). Cambios en la escorrentía superficial: posibles causas y efectos. Jornada sobre Cambio Climático y Cambio Global en los Recursos Hídricos. Grupo de Cáceres. As Pontes (A Coruña).

²López-Moreno, J.I. et al (2006). Trends in high flows in the central Spanish Pyrenees: response to climatic factors or to land-use change?. *Hydrological Sciences-Journal des Sciences Hydrologiques*, 51: 1039-1050. In: Palau, A. y C. Prieto (2014). Cambios en la escorrentía superficial: posibles causas y efectos. Jornada sobre Cambio Climático y Cambio Global en los Recursos Hídricos. Grupo de Cáceres. As Pontes (A Coruña).

³Serfano, A. et al (1999). Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921–1995. *Physics and Chemistry of the Earth*, 24: 85–90. In: Palau, A. y C. Prieto (2014). Cambios en la escorrentía superficial: posibles causas y efectos. Jornada sobre Cambio Climático y Cambio Global en los Recursos Hídricos. Grupo de Cáceres. As Pontes (A Coruña).

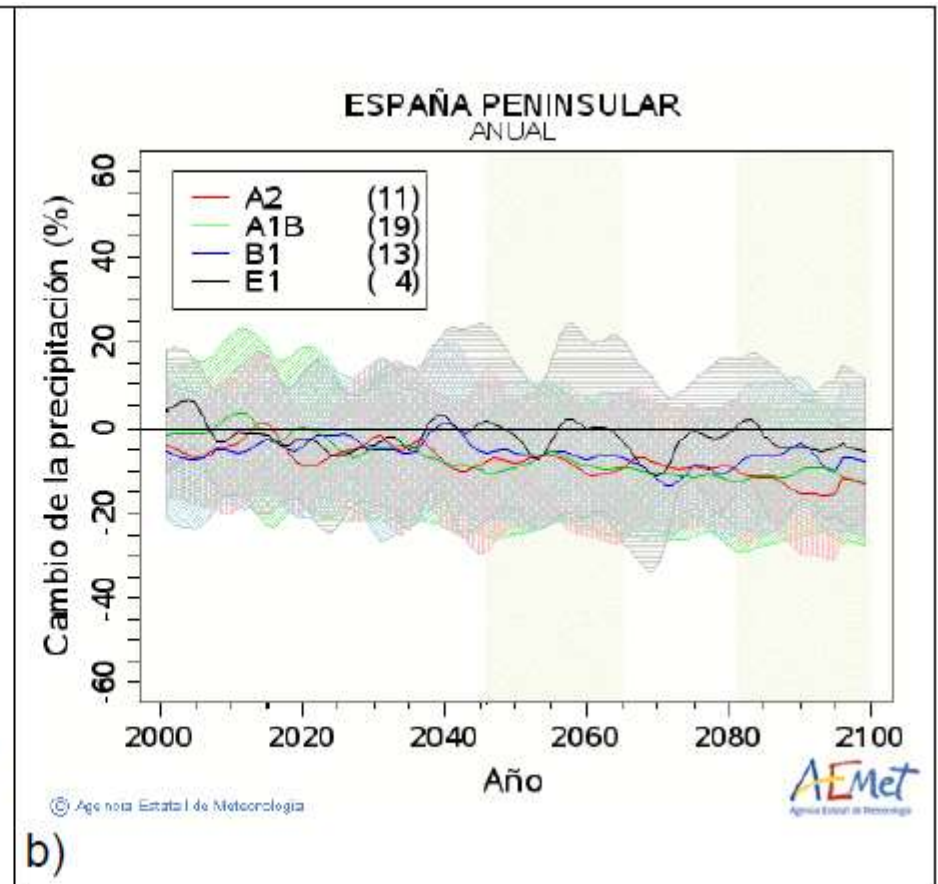
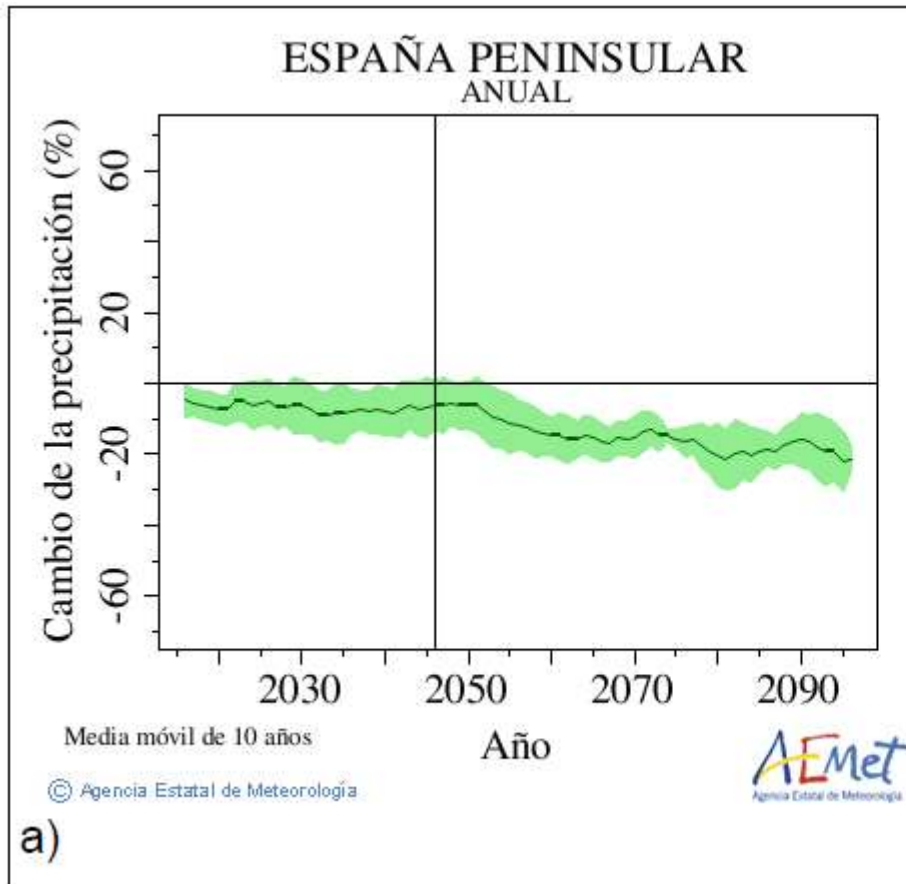
ÍNDICE

1. HIPÓTESIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA
- 3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO**
4. EFECTO SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA
5. CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA
6. OTROS CAMBIOS
7. AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)
8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

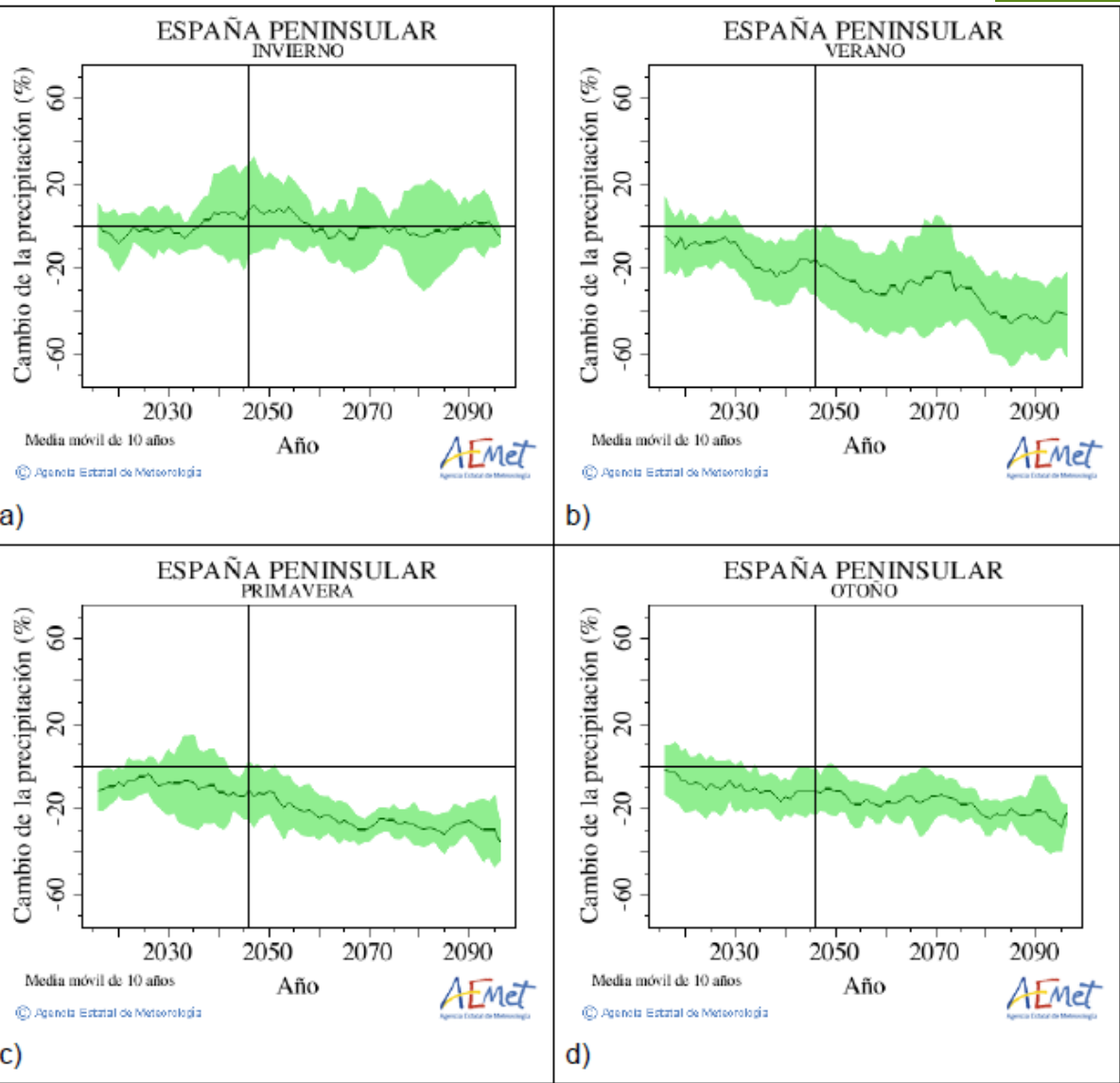
3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Tendencia climática aparente

Intensificación escasez de agua
Incremento episodios de sequía



3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO



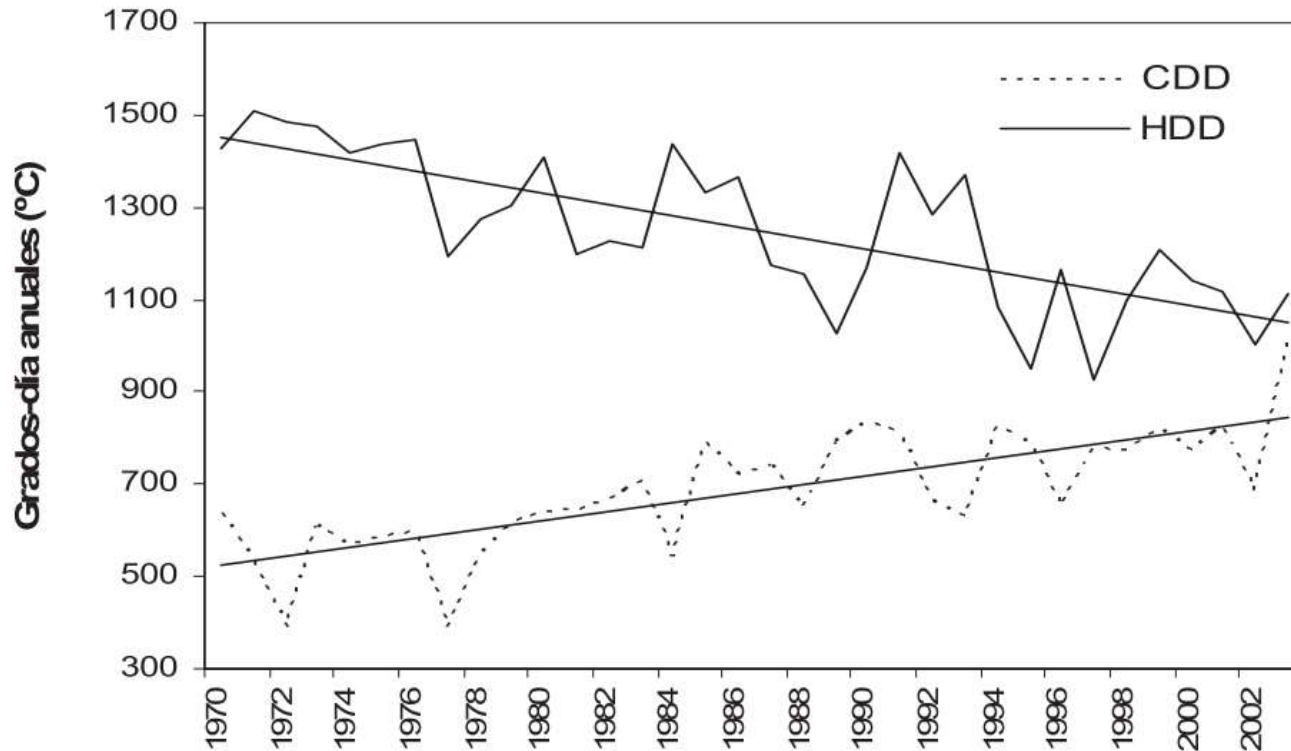
En esta gráficas se puede apreciar las variaciones estacionales de la precipitación, en concreto la disminución muy acusada en verano (aumento de sequías estivales) y la variación en primavera y otoño

ÍNDICE

1. HIPÓTESIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA
3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO
4. **EFEECTO SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA**
5. CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA
6. OTROS CAMBIOS
7. AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)
8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

4. IMPACTOS EN LA DEMANDA DE ENERGÍA

Nos centramos en el efecto principal del cambio climático sobre la demanda energética, a saber, los cambios en las necesidades de calefacción y refrigeración debidos al esperado aumento de temperatura.



La figura presenta una clara tendencia decreciente de los grados día de calefacción anuales y asimismo una clara tendencia creciente de los grados día de refrigeración, ambas son consecuencia de una elevación progresiva de la temperatura media

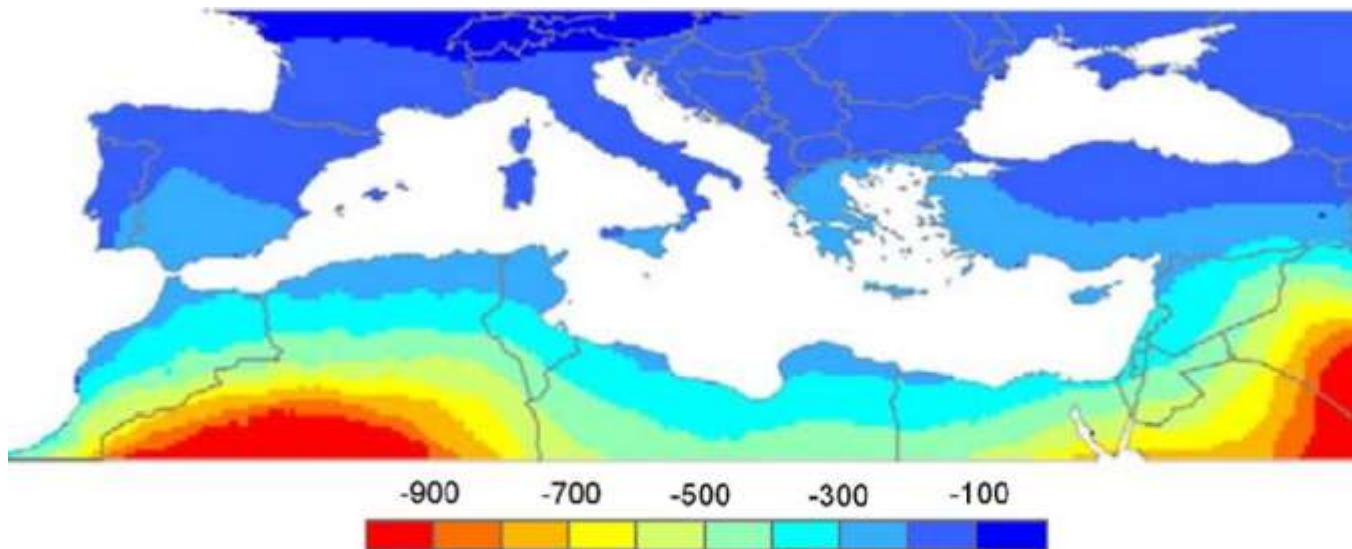
ÍNDICE

1. HIPÓTESIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA
3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO
4. EFECTO SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA
- 5. CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA**
6. OTROS CAMBIOS
7. AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)
8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

5. CAMBIO EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA*

Esta disminución de la precipitación causará cambios en el balance de agua y en los caudales circulantes de los ríos de la Península Ibérica:

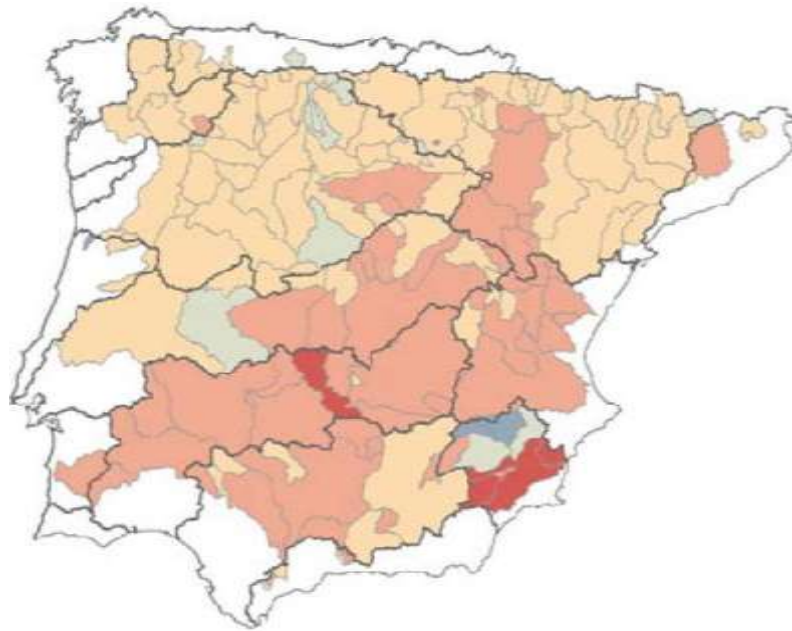
Cambio anual previsto en el balance de agua (mm) para el periodo 2040-2070 en comparación con el periodo 1960-1990⁴



⁴García-Ruiz, J.M. et al. (2011). *Mediterranean water resources in a global change scenario*. *Earth-Science Reviews*, 105: 121–139. In: Paláu, A. y C. Prieto (2014). *Cambios en la escorrentía superficial: posibles causas y efectos*. Jornada sobre Cambio Climático y Cambio Global en los Recursos Hídricos. Grupo de Cáceres. As Pontes (A Coruña).

5. CAMBIO EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA

Tendencia hidrológica en la Península Ibérica durante 1945-2005⁵



Amount of change regarding to average



REDUCCIÓN ANUAL PROMEDIO DE LOS CAUDALES DEL 1-3%

⁵López-Moreno, J.I. et al (2009). Stability of the seasonal distribution of precipitation in the Mediterranean region: Observations since 1950 and projections for the 21st century. *Geophysical Research Letters*, 36; doi:10.1029/2009GL037956 In: Palau, A. y C. Prieto (2014).

ÍNDICE

1. HIPÓTESIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA
3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO
4. EFECTO SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA
5. CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA
- 6. OTROS CAMBIOS**
7. AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)
8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

6. OTROS CAMBIOS

Además de lo ya señalado anteriormente en cuanto a reducción de precipitación y aumento de las temperaturas (Tendencias climáticas), esta reducción de los caudales circulantes, se ve influida por la intervención humana (fundamentalmente debido a cambios en los usos del suelo):

- **Abandono de cultivos**
- **Incremento de regadíos**
- **Incremento de cobertura forestal**

6. OTROS CAMBIOS

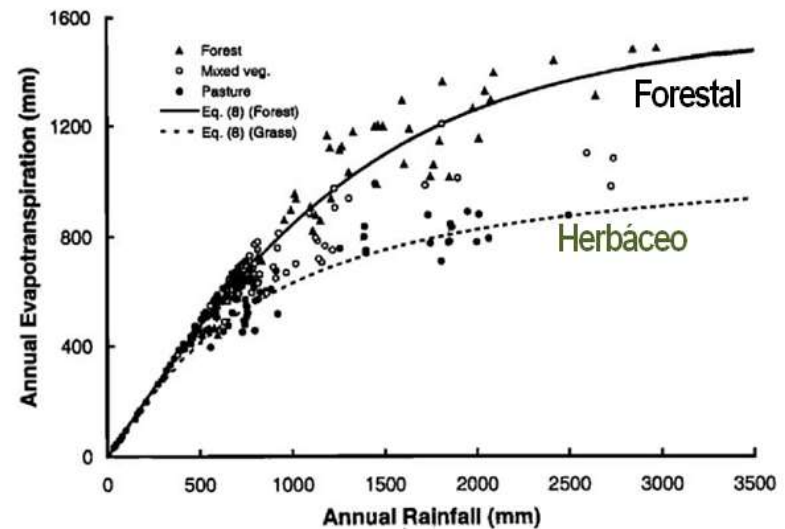
Dos de estos factores están unidos, en concreto el **abandono de cultivos** y el incremento de cobertura forestal: Ésta relación supone un problema añadido puesto que los suelos con cobertura forestal tienen un mayor efecto sobre la escorrentía y el agua disponible ya que:

↑ **Intercepción de agua de lluvia**

↑ **Demanda Hídrica (ETP)**

ETP/Precipitación:

- **<30% Suelos desnudos**
- **40-60% Cultivos**
- **60-70% Bosques**



ÍNDICE

1. HIPÓTESIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
2. AFECCIÓN SOBRE EL CLIMA
3. PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO
4. EFECTO SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA
5. CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA
6. OTROS CAMBIOS
7. **AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)**
8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

7. AFECIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)

- Producible hidroeléctrico: visión energética de la hidraulicidad
- En un periodo dado, con un equipamiento dado: energía producida solo con los recursos hidrológicos del periodo

○ $P = E_r + \Delta R - E_b$

- P: Producible hidroeléctrico en el periodo.
- E_r : Energía hidroeléctrica realmente producida en el periodo.
- ΔR : Variación de reservas en embalses, en el periodo, con su signo.
- E_b : Energía hidroeléctrica producida con recursos previamente bombeados



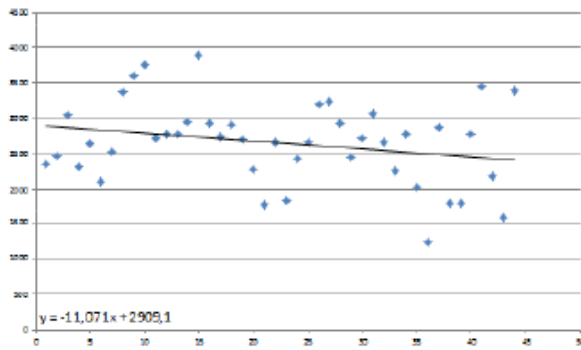
7. AFECIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)

- En Iberdrola se ha realizado un análisis de la tendencia en la variación histórica de la precipitación en el periodo de 1.970 a 2.013 a partir de series anuales de precipitación.
- En el mismo periodo se ha evaluado la tendencia en cuanto al **Producible Hidroeléctrico**
- Se ha realizado un análisis en función de las Cuencas en las que Iberdrola tiene acumulada mayor potencia de generación Hidroeléctrica:
 - Cuenca del Sil
 - Cuenca del Duero
 - Cuenca del Tajo
 - Cuenca del Júcar
 - Cuenca del Ebro.

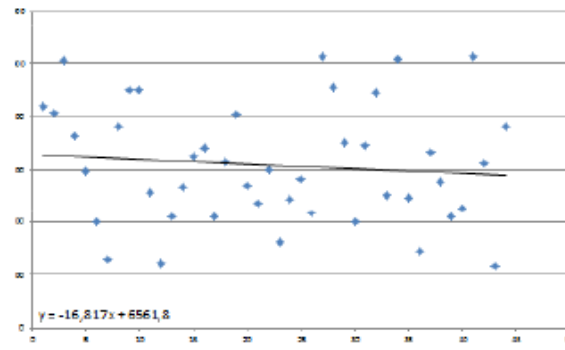
7. AFECIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)

- Se ajustan rectas de tendencia a las series de producibles anuales (1970-2013), homogeneizadas.

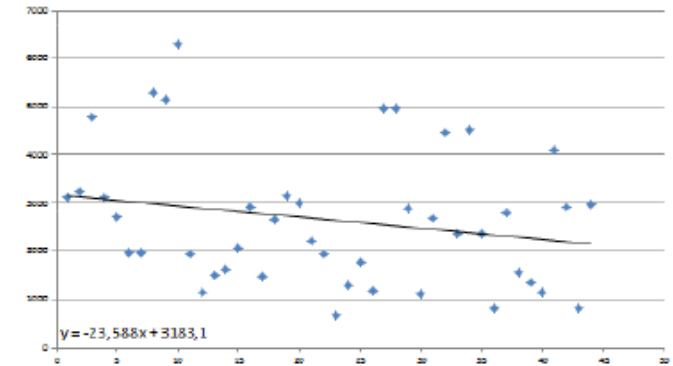
EPH SIL



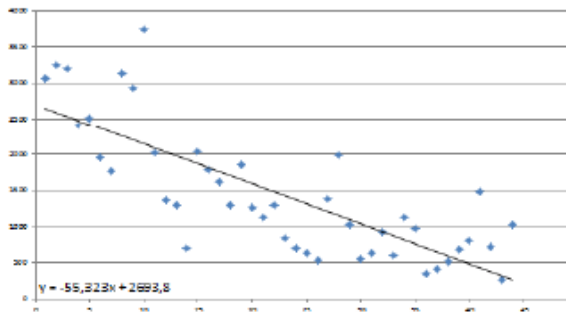
EPH DUERO



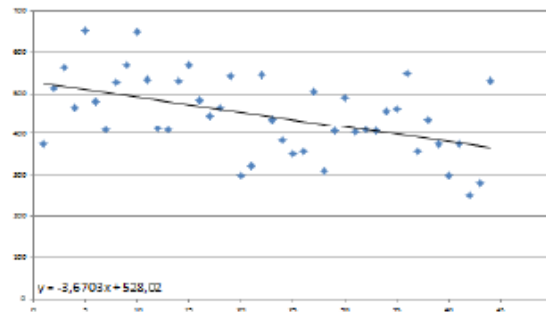
EPH TAJO



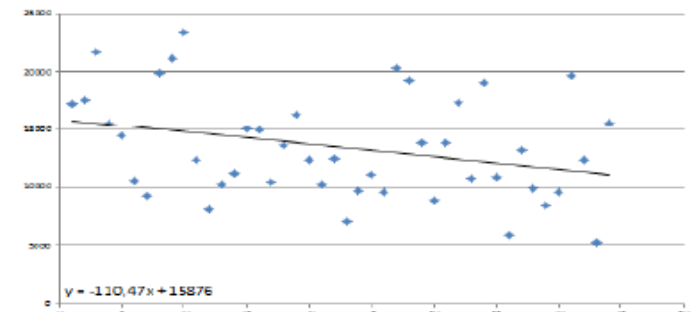
EPH JUCAR



EPH EBRO



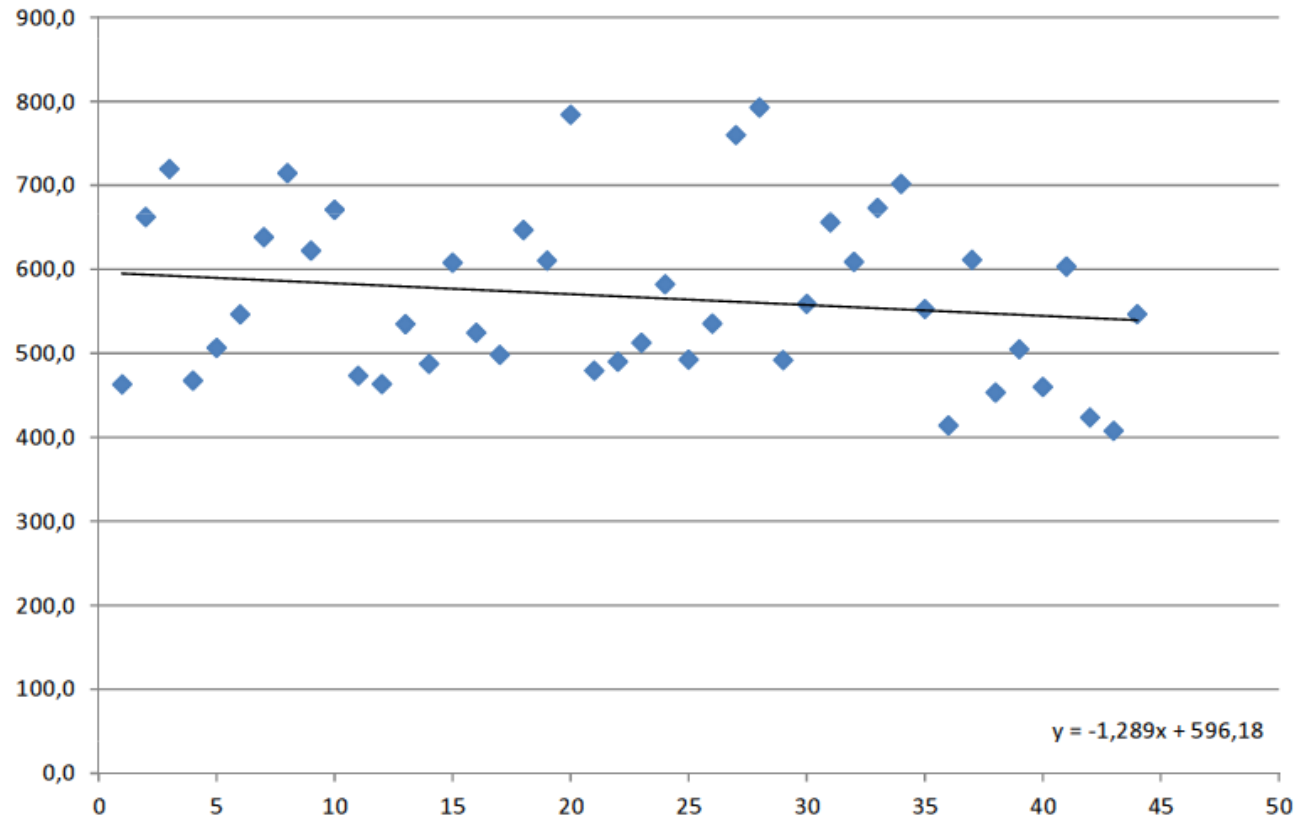
EPH IBERDROLA



7. AFECIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)

- Se ajusta un recta de tendencia a la serie de precipitaciones anuales en el conjunto de cuencas de Iberdrola (1970-2013).

PRECIPITACIONES ANUALES IBERDROLA



7. AFECIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)

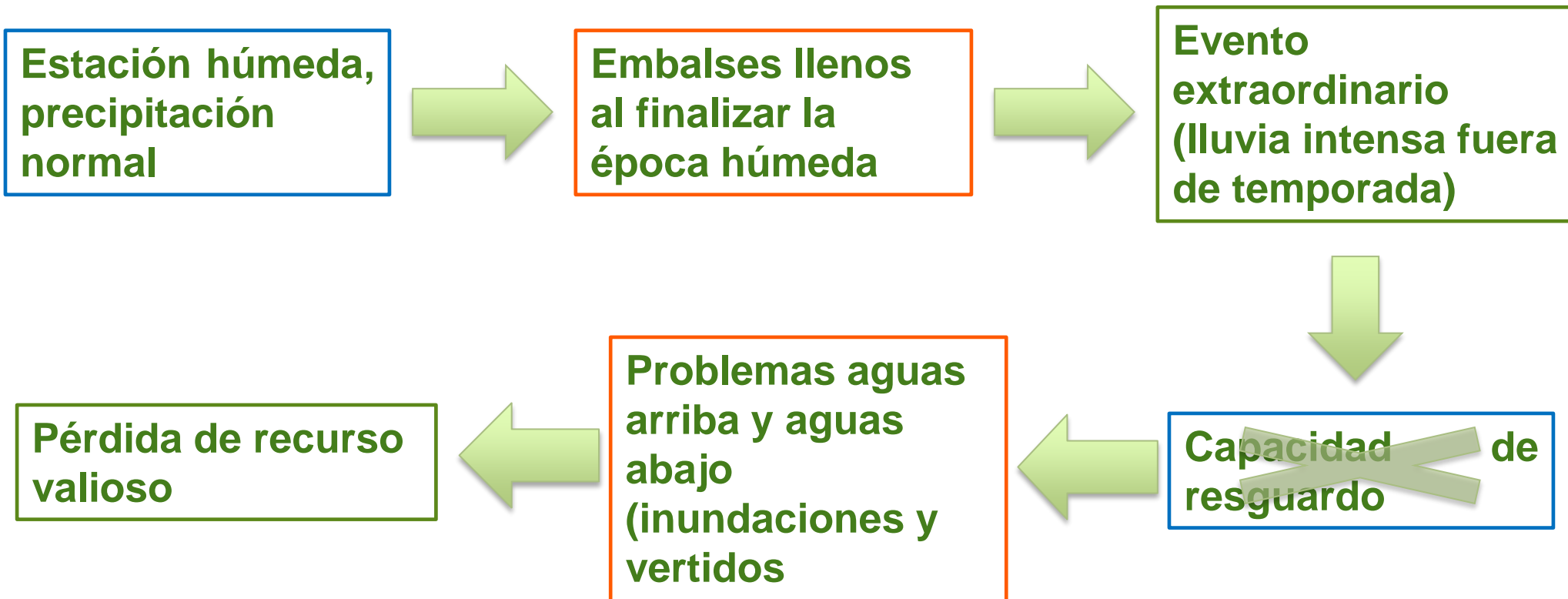
- **Comparando las tendencias:**
 - **La del Producible Hidroeléctrico se reduce cada año a razón del 0,81 % de la media.**
 - **La de las precipitaciones se reduce cada año a razón del 0,22 % de la media.**
 - **Relación: En las cuencas de Iberdrola, cada 1 % de pérdida de precipitaciones “daría lugar” a la pérdida del 3,68 % de pérdida del producible hidroeléctrico.**
 - **Precauciones: fenómeno muy complejo, con intervención de numerosos factores, sobre todo las detracciones para usos consuntivos. Se trata solo de una primera aproximación a un efecto energético del cambio climático.**

7. AFECCIONES A IBERDROLA (PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA)

- **Precaución: fenómeno muy complejo, con intervención de numerosos factores, sobre todo las detracciones para usos consuntivos. Se trata solo de una primera aproximación a un efecto energético del cambio climático**
- **Como se ha comentado, se ha detectado una relación entre la disminución histórica de la precipitación y la disminución de la Energía producible anual en el ámbito territorial de Iberdrola.**
- **Pero no es achacable únicamente al cambio climático, es necesario tener en cuenta las variaciones en las detracciones para usos consuntivos: aumento de consumo humano, aumento de consumo para riegos, caudales ecológicos,...**

8. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

- Además de las afecciones del cambio climático relacionadas con el recurso disponible. Se pueden señalar otras afecciones derivadas fundamentalmente de fenómenos extremos cuya frecuencia parece que se va a ver incrementada con el cambio climático. Entre estos fenómenos cabe señalar las inundaciones



7. AFECCIONES A IBERDROLA (OTRAS AFECCIONES)

- Debido al aumento de las temperaturas previsto se prevén ligeras afecciones en cuanto a la eficiencia y el rendimiento de las máquinas eléctricas (alternadores, transformadores, etc...) en aquellos casos en los que estén refrigerados por aire.
- Otro de los efectos destacables que se prevén es el aumento del periodo de estratificación térmica de los embalses que puede provocar pérdidas de producción muy importantes en aquellos embalses eutróficos o hipereutróficos que actualmente ya presentan restricciones de operación de tipo medioambiental por estas causas.