

**“COMPRENDER PARA COMUNICAR LA
CRISIS CLIMÁTICA”**

CAMBIO CLIMÁTICO Y AGUA

NADAPTA TIIF CLIMA PROLICET

PROYECTO LIFE-IP NAdapta-CC
Estrategia Integrada para la Adaptación al
Cambio Climático en Navarra

**Ana Castiella,
Eva Zaragüeta y Luis Sanz.**
Gestión Ambiental de Navarra.



¿Cómo va a afectar el cambio climático a los recursos hídricos?

En el **Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)** se evalúan los impactos hidrológicos debidos al cambio climático y se proporciona información sobre los cambios hidrológicos observados y proyectados debidos al cambio climático, entre otros:

- Repercusión en la distribución de los recursos hídricos (por cada grado de calentamiento global, aproximadamente un 7 % de la población mundial estará expuesta a una disminución de los recursos hídricos renovables de al menos el 20 %)
- Inundaciones: las pérdidas socioeconómicas causadas por inundaciones han aumentado principalmente debido a una exposición y vulnerabilidad mayores.
- Cabe esperar que en los próximos decenios el cambio climático aumente la frecuencia de las sequías meteorológicas (disminución de las lluvias) y agrícolas (menor humedad del suelo) en muchas de las regiones secas que existen actualmente.
- El cambio climático afecta negativamente a los ecosistemas de agua dulce puesto que altera los flujos fluviales y la calidad del agua (riesgos incluso para la calidad del agua potable). El origen de los riesgos se encuentra en el aumento de las temperaturas; el aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; la mayor concentración de contaminantes durante las sequías...



¿Cómo va a afectar el cambio climático a los recursos hídricos?

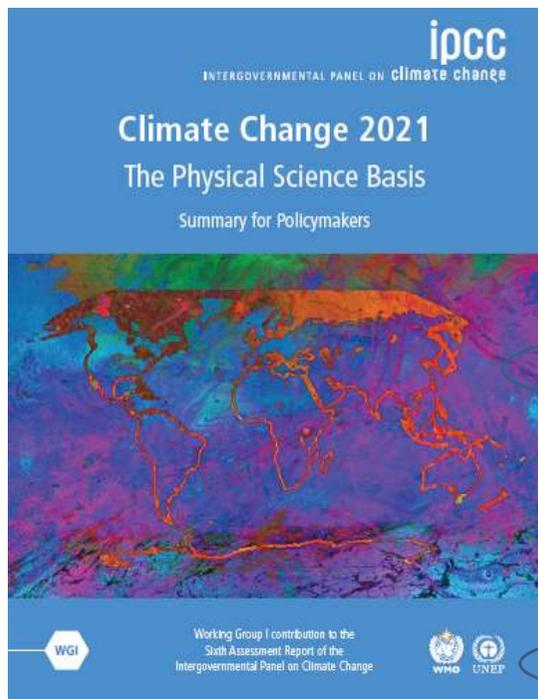
En el Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

Full report

The thirteen chapters of the Working Group I report provide an assessment of the current evidence on the physical science of climate change, knowledge evaluation gained from observations, reanalyses, paleoclimate archives and climate model simulations, as well as physical, chemical and biological climate processes. (1800 pages?)

- DOWNLOAD FULL REPORT
- DOWNLOAD FULL REPORT (SMALLER FILE)
- DOWNLOAD CORRIGENDA
- DOWNLOAD TRICKLE BACKS
- DOWNLOAD CITATION

| Chapters | |
|--|----------|
| Chapter 1: Framing, context, methods | DOWNLOAD |
| Chapter 2: Changing state of the climate system | DOWNLOAD |
| Chapter 3: Human influence on the climate system | DOWNLOAD |
| Chapter 4: Future global climate: scenario-based projections and near-term information | DOWNLOAD |
| Chapter 5: Global carbon and other biogeochemical cycles and feedbacks | DOWNLOAD |
| Chapter 6: Short-lived climate forcers | DOWNLOAD |
| Chapter 7: The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity | DOWNLOAD |
| Chapter 8: Water cycle changes | DOWNLOAD |
| Chapter 9: Ocean, cryosphere, and sea level change | DOWNLOAD |
| Chapter 10: Linking global to regional climate change | DOWNLOAD |
| Chapter 11: Weather and climate extreme events in a changing climate | DOWNLOAD |
| Chapter 12: Climate change information for regional impact and for risk assessment | DOWNLOAD |
| Atlas | DOWNLOAD |



<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>



¿Cómo va a afectar el cambio climático a los recursos hídricos?

La evaluación del ciclo del agua en el planeta en los últimos años muestra alteraciones generalizadas y no uniformes del ciclo del agua causadas por el hombre, que se “confunden” en una competencia entre diferentes “impulsores” a lo largo del siglo XX, pero que estará cada vez más dominada por el forzamiento de los gases de efecto invernadero (GEI) a escala global.

Bases físicas:

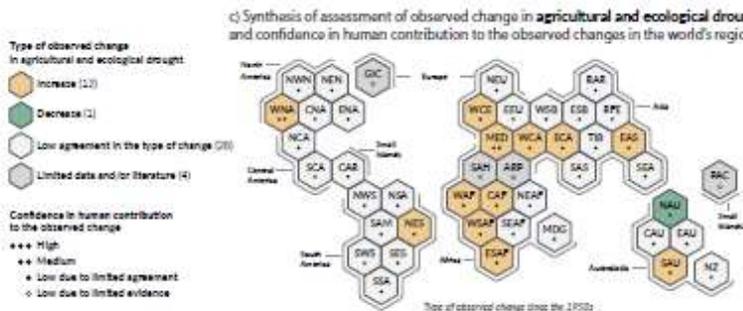
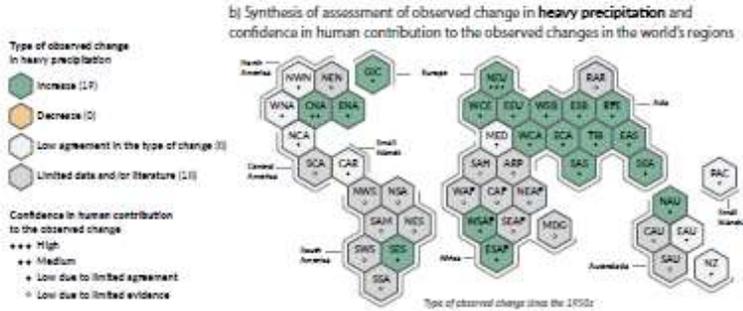
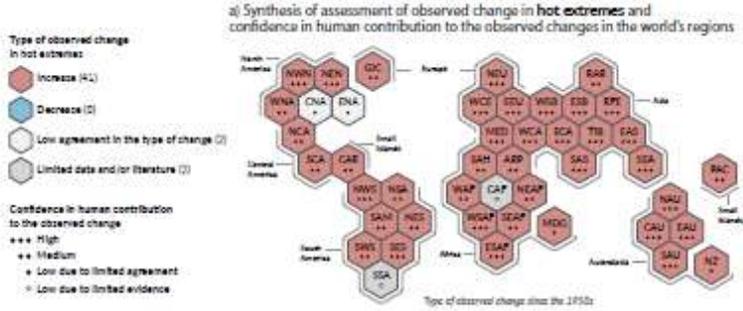
- Las modificaciones del balance de energía de la tierra por forzamientos radiativos antropogénicos provocan cambios sustanciales y generalizados en el ciclo global del agua.
- Un clima más cálido aumenta el transporte de humedad a los sistemas meteorológicos, lo que, en promedio, hace que las estaciones y los eventos de lluvias sean más húmedos
- El calentamiento de la tierra provoca un aumento de la demanda de evaporación atmosférica y la gravedad de sequías.





Eventos extremos:

Climate change is already affecting every inhabited region across the globe with human influence contributing to many observed changes in weather and climate extremes



Each hexagon corresponds to one of the IPCC AR4 WGI reference regions:
 WGI reference regions:
 North-Western North America (NWN), North-Eastern North America (NEN), Central North America (CNA), Eastern North America (ENA), Northern Central America (NCA), Southern Central America (SCA), Caribbean (CAR), North-Western South America (NWS), Northern South America (NSA), Southern South America (SSA), South American Monsoon (SAM), South-Western South America (SWS), South-Eastern South America (SES), Greenland/Iceland (GIC), Northern Europe (NEU), Western and Central Europe (WCE), Eastern Europe (EEU), Mediterranean (MED), Mediterranean (MED), Sahel (SAH), Western Africa (WAF), Central Africa (CAF), North Eastern Africa (NEAF), East Southern Africa (ESA), West Southern Africa (WSA), Madagascar (MDG), Russia (RUS), West Siberia (WSI), East Siberia (ESI), Russian Far East (RFE), West Central Asia (WCA), East Central Asia (ECA), Tibetan Plateau (TP), East Asia (EA), Arabian Peninsula (AP), South Asia (SA), South East Asia (SEA), Australasia (NAU), Northern Australia (CAU), Eastern Australia (EAU), Southern Australia (SAU), New Zealand (NZ), Small Islands (CAR), Pacific Small Islands (PAC)

¿Cómo va a afectar el cambio climático a los recursos hídricos en España?

A esta pregunta han tratado de responder desde el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) mediante 2 trabajos.

- Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua (http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CEH/Documentos_Descargas/ImpactosCC_2012.htm)
- **“Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España”** (2017)

El primer estudio de 2010 y publicado en 2012 aborda los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y también trató de abordar su efecto en el estado ecológico de las masas de agua. En el tema de la calidad finalmente se planteó una propuesta de metodología y, se evalúa la posible repercusión del impacto en las variables que caracterizan las tipologías y que son susceptibles de verse afectadas por cambios en el clima.

¿Cómo va a afectar el cambio climático a los recursos hídricos en España?

- “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España” (2017)

El estudio de 2017 se realiza en base a las proyecciones climáticas actualizadas, en base a una compleja metodología similar al la del estudio anterior pero sin abordar el tema de la calidad.

Como gran resumen: se estiman mayoritariamente descensos de precipitación, siendo mayores estos descensos en el cuadrante SO de la Península y en los archipiélagos. Para el conjunto de España, la media de los cambios para los RCP 4.5 y 8.5 son respectivamente del -2% y -4% para 2010-2040, -6% y -8% para 2040-2070 y -7% y -14% para 2070-2100.

Como resultado del estudio de 2017 se lanzó la aplicación informática CAMREC (mapas que resumen los resultados del estudio que es la base para la adaptación de los planes hidrológicos al cambio climático.

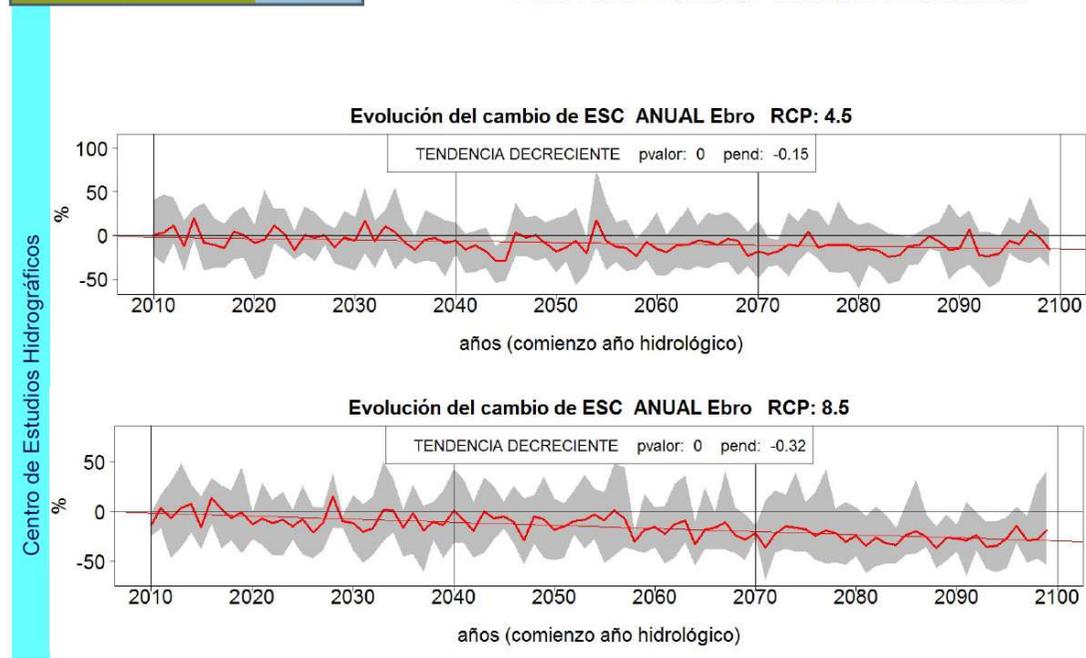
https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/rec_hidricos.aspx

¿Cómo va a afectar el cambio climático a los recursos hídricos en España?

- “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España” (2017)



Tendencias Escorrentía



Respecto a las sequias se pronostica de manera general una reducción de recursos hídricos en España conforme avance el siglo XXI y por lo tanto un aumento de la escasez de agua en España.



Gobierno de Navarra  Nafarroako Gobernua



 LIFE NADAPTA



NADAPTA THE CLIMA PROJECT

GESTIÓN ADAPTATIVA DEL AGUA

Nafarroako Ingurumen Kudeaketa, S.A.



Nasuvinsa 
Navarra de Suelo y Vivienda, S.A.



upna Unión de Municipios de Navarra

↑ **Aumento de la frecuencia e intensidad de precipitaciones extremas**

↑ ↓ **Aumento de la temperatura
Disminución de la precipitación anual en la península**

LIFE NADAPTA

GESTIÓN DE INUNDACIONES

- **Elaboración de planes municipales de emergencia frente a inundaciones y gestor informático**
- **Plataforma avanzada de avisos frente a inundaciones para Navarra**

GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

- **Estudio de impacto del cambio climático en los recursos hídricos y en garantía de satisfacción de las demandas**



→ Líneas de actuación AD-L4 y AD-L7



Estudio de evaluación de los recursos hídricos derivados de escenarios de cambio climático basados en los modelos del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

<https://lifenadapta.navarra.es/es/accion-c2.7>

¿De dónde venimos?

Informe 1: Análisis de tendencias de datos históricos

¿Hacia dónde vamos?

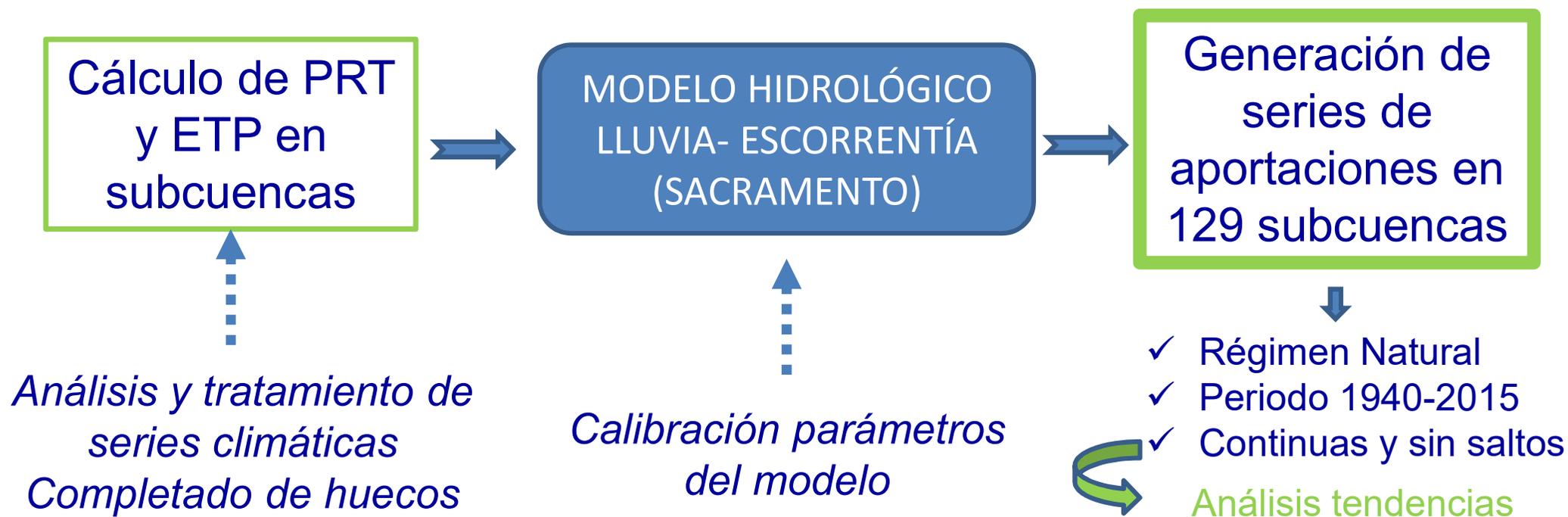
Informe 2: Análisis de los modelos climáticos del Quinto informe del IPCC



Informe 3: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

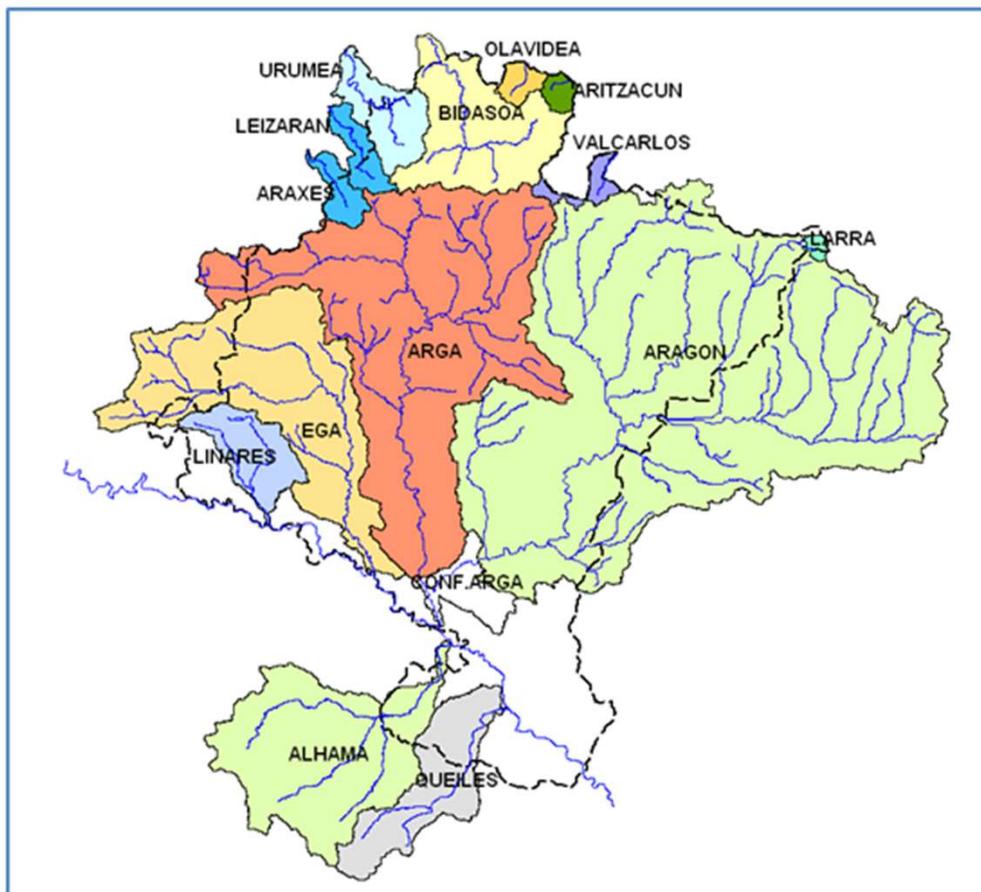
El punto de partida: Estudio de recursos hídricos del GN (2017) y banco de datos hidrológico (BDH)

- Objetivo del estudio: disponer de series de aportaciones en régimen natural en 129 subcuencas del territorio navarro.

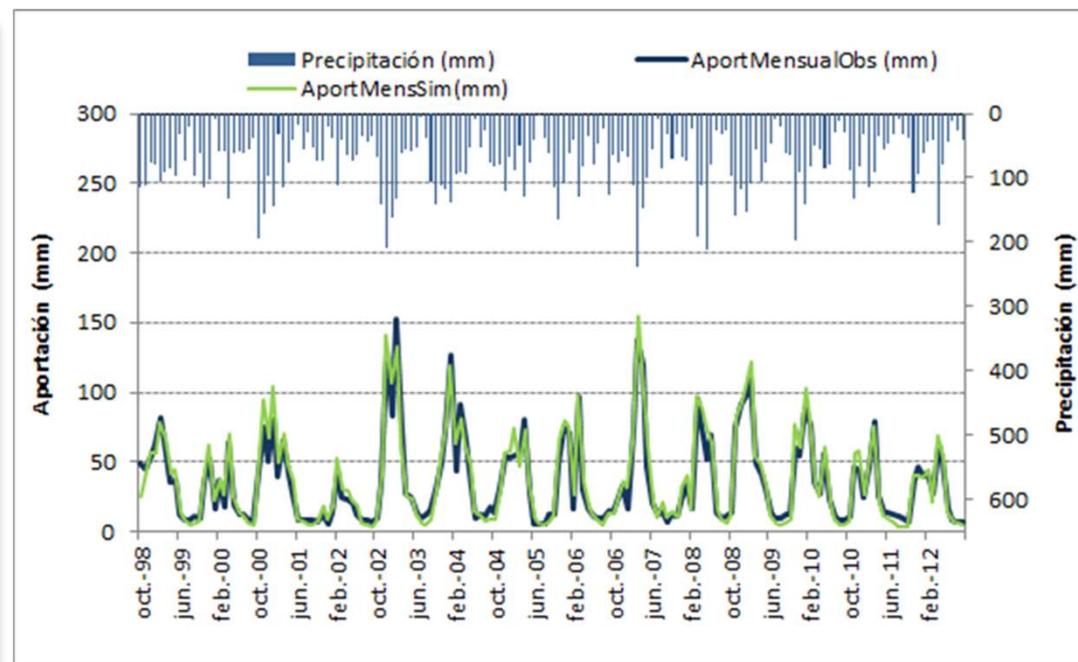




Ámbito de estudio

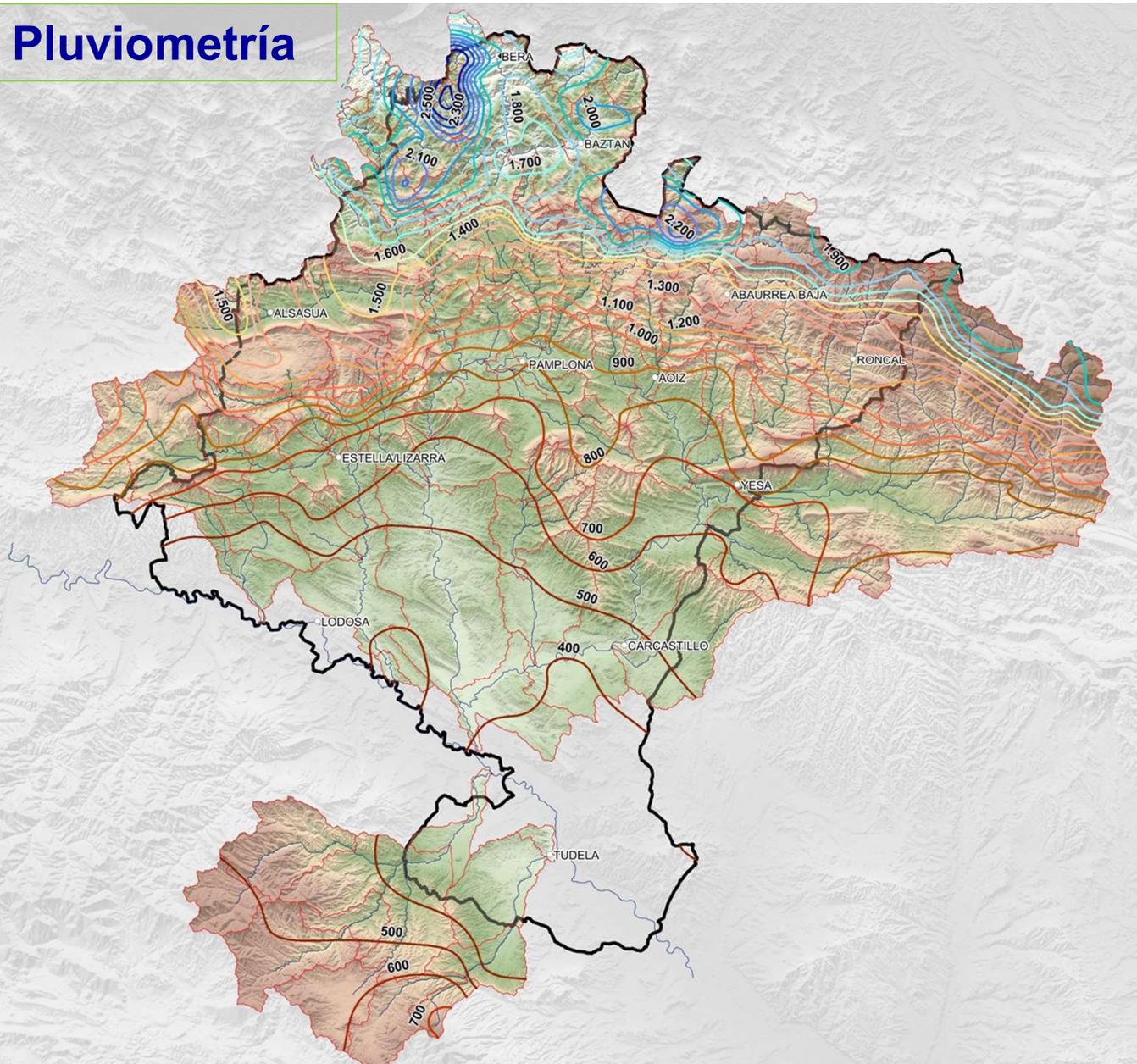


Calibración del modelo Sacramento



A partir de series mensuales y diarias en 69 estaciones de aforo (restituidas al régimen natural). Resultados satisfactorios (ajustes sim-obs mensual=0,9)

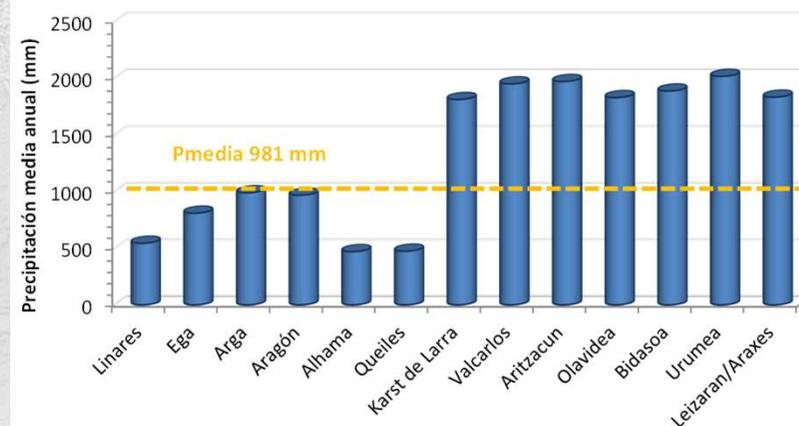
Pluviometría



**Precipitación media anual:
981 mm.**

**Gran variabilidad espacial:
cuencas vertiente
cantábrica y cabeceras ríos
pirenaicos > 1500 mm/año**

**Cuencas Alhama y Queiles
500 mm/año**



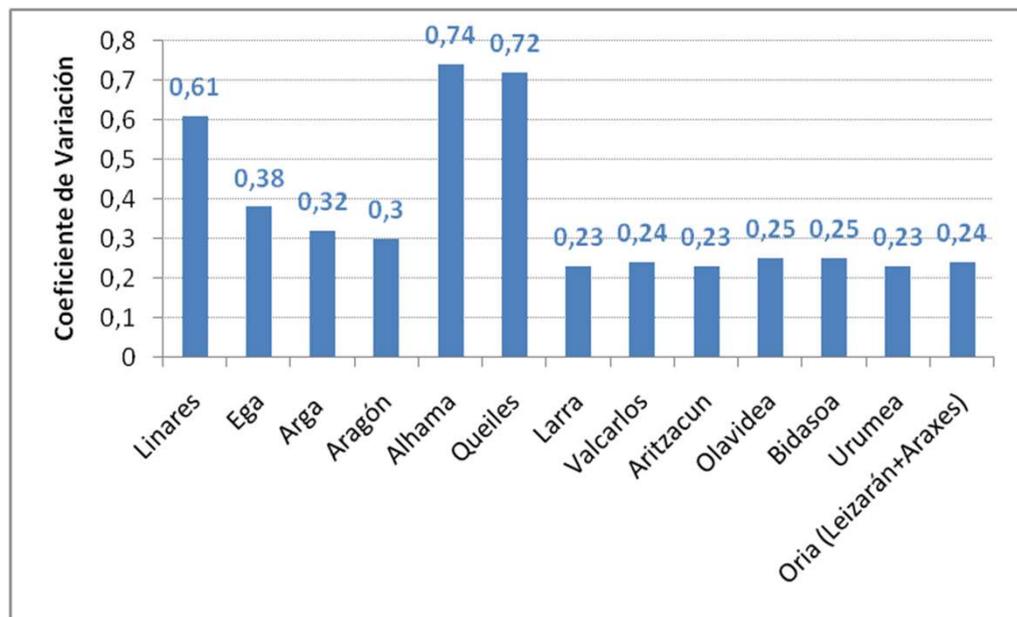
Resultados

Recursos hídricos.

- ✓ Volumen total 9873 hm³ (5000 hm³ generados en Navarra)
- ✓ Se reparten por la geografía Navarra de una forma irregular (sg. Precipitación, evaporación, vegetación, suelos...)
- ✓ El coeficiente de escorrentía promedio es de 0,5 (0,14 – 0,65)
- ✓ El 72 % de los recursos totales se generan en la vertiente mediterránea y el 28 % en la vertiente cantábrica.

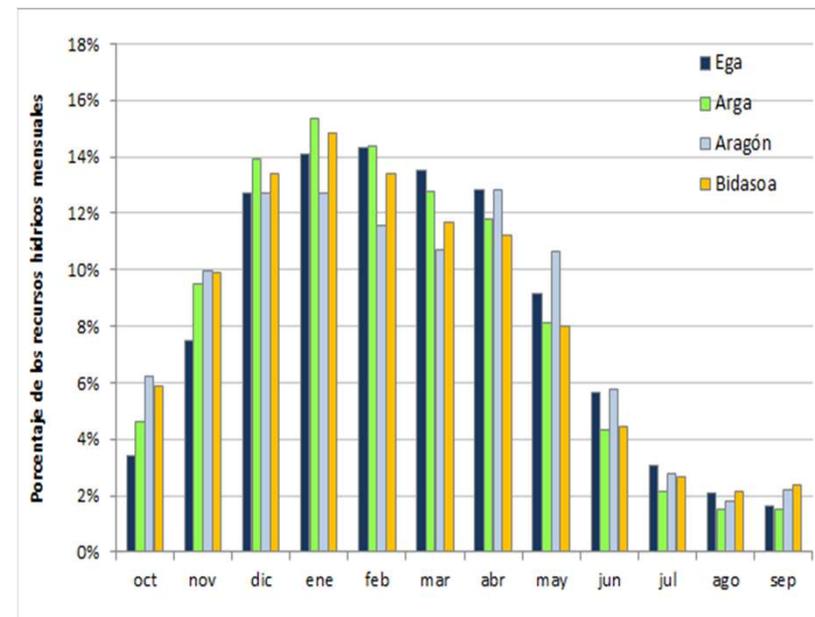
| Cuenca | Aportaciones | Generado en Navarra | |
|--|-----------------|---------------------|---------|
| | hm ³ | hm ³ | % |
| TOTAL CUENCA DEL ARAGÓN | 2627 | 1631 | 62.10 % |
| TOTAL CUENCA DEL ARGA | 1510 | 1431 | 94.80 % |
| TOTAL CUENCA DEL EGA | 452 | 305 | 67.50 % |
| TOTAL MARGEN DERECHA (Queiles – Alhama) | 141 | 14 | 9.90 % |
| TOTAL EJE DEL EBRO incluido Linares | 3644 | 25 | 0.70 % |
| TOTAL CUENCAS NORTE (VERTIENTE CANTÁBRICA) | 1499 | 1499 | 100 % |
| VOLUMEN TOTAL MEDIO CIRCULANTE POR NAVARRA | 9873 | 4906 | 49.69 % |

Variabilidad interanual



Coeficiente de variación en las cuencas hidrográficas de Navarra. Indica el grado de irregularidad de las aportaciones anuales. Dicho coeficiente confirma un gradiente positivo de Norte a Sur en el incremento de la irregularidad. Fuente (Estudio de recursos hídricos del GN, 2017)

Variabilidad estacional



Variación de los recursos hídricos mensuales en las cuencas del Ega, Arga, Aragón y Bidasoa. Fuente (Estudio de recursos hídricos del GN, 2017)



¿De dónde venimos? Análisis de series históricas

N Análisis de tendencias de:

- Series de **precipitación y temperatura** de la “red de estaciones básicas” del estudio de recursos.
- **Aportaciones circulantes** por los ríos de Navarra en régimen natural (provenientes del modelo Sacramento)

N Periodos analizados:

- 1940-2015, 1954-2015 y 1970-2015

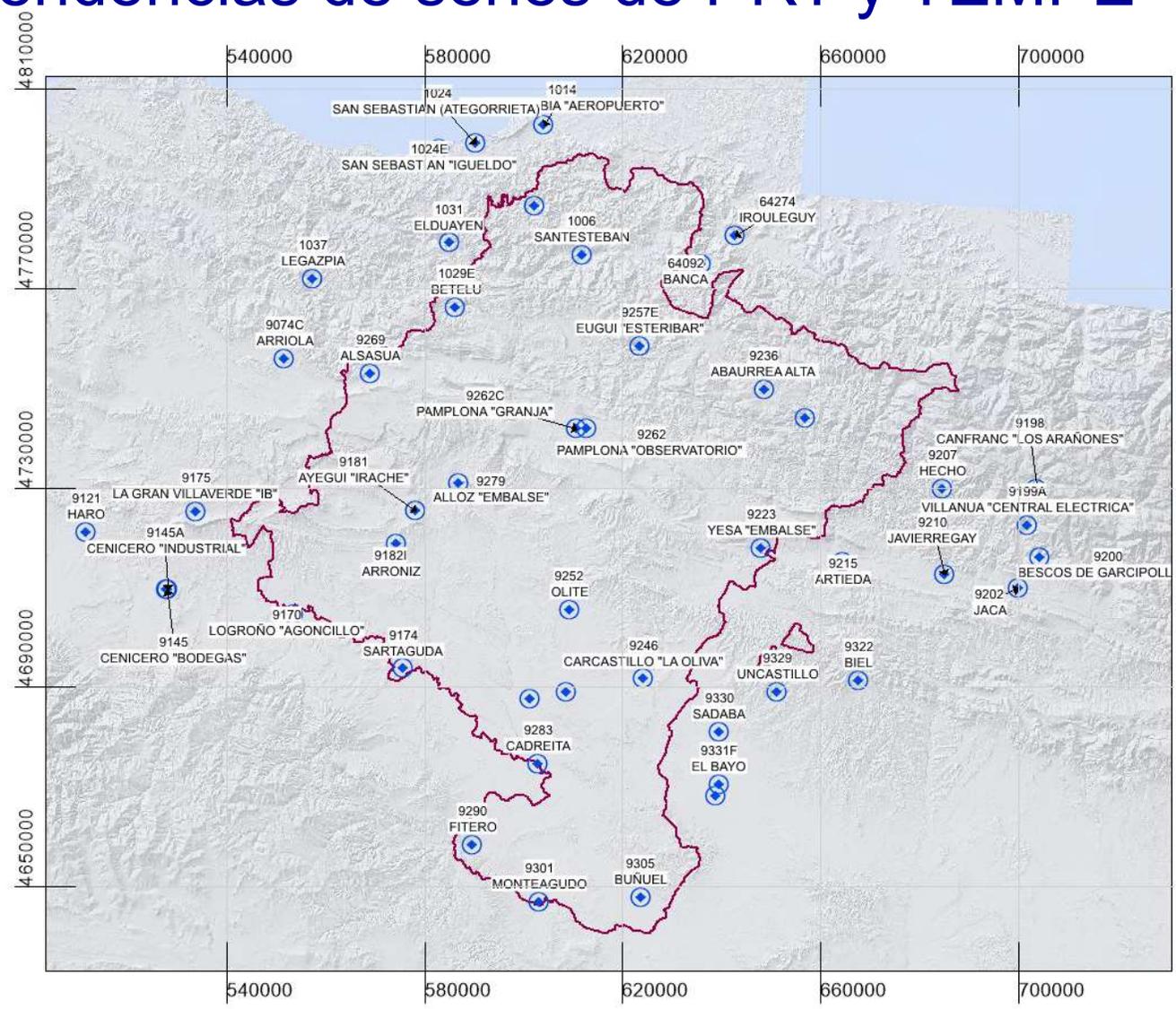
N Análisis sequías: Evolución del índice de precipitación estandarizado o *Standardized Precipitation Index* (SPI)



Análisis de tendencias de series de PRT y TEMPE

Estaciones analizadas:

Red básica de estaciones: series más largas y continuas





Análisis de tendencias de series de PRT y TEMPE

Resultados

■ Temperatura media

- Tendencia **obtenida estadísticamente significativa**, mayor en el último periodo.
- 1940-2015: Tendencia de **+0,07 °C/década**
- 1954-2015: Tendencia de **+0,15 °C/década**
- 1970-2015: Tendencia de **+0,3 °C/década**

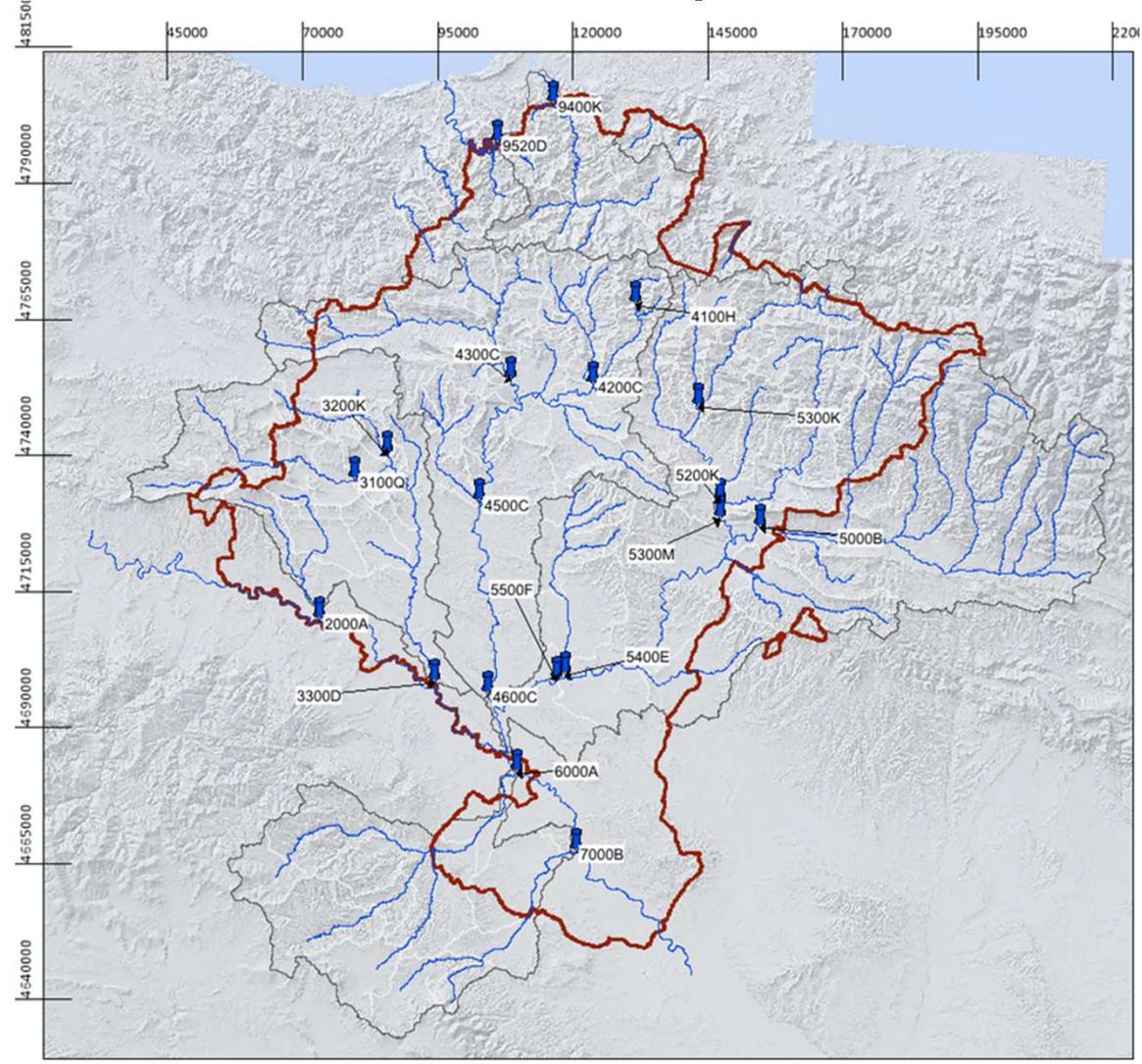
■ Precipitación

- Muestra una tendencia decreciente pero **no presenta significancia** estadística, con lo que los resultados obtenidos deben tomarse con suma cautela (periodo 1940-2015: +0,34 %/década; 1954-2015: -1,04%/década; 1970-2015: -0,47 %/década)

Análisis de tendencias de series de aportaciones en régimen natural

Cuencas analizadas:

Puntos de la red hidrográfica que presentan un especial interés estratégico en relación a los recursos hídricos





Análisis de tendencias de series de aportaciones en régimen natural

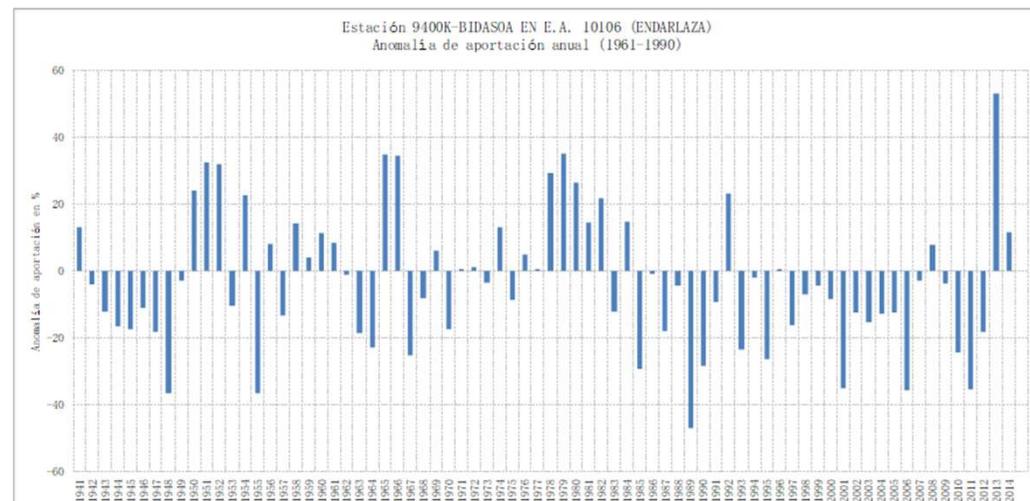
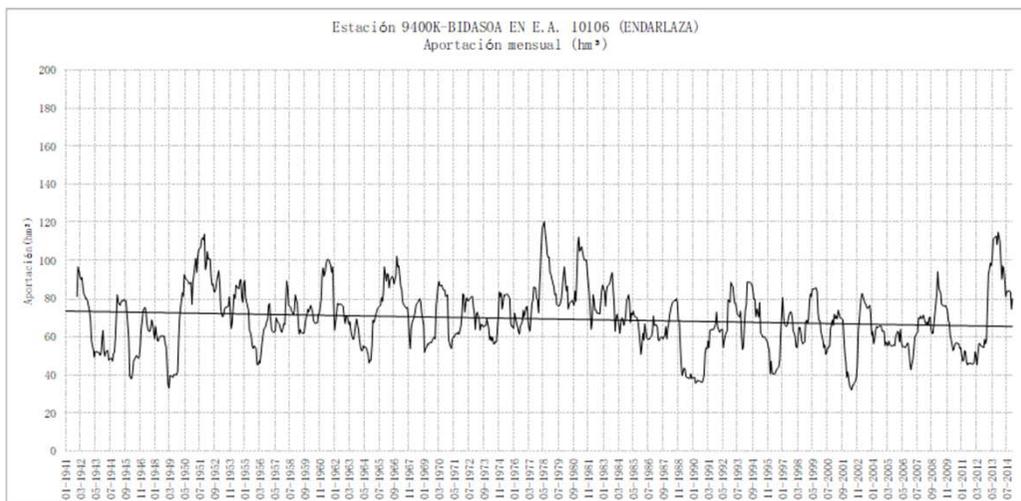
Resultados

- Muestra una tendencia decreciente pero **no presenta significancia estadística**, con lo que los resultados obtenidos deben tomarse con suma cautela (1940-2015 la tendencia media es -0,2%, mientras que para el periodo más corto y actual 1970-2015 la tendencia es de -3,5%).
- Las cuencas de la vertiente cantábrica, Bidasoa y Urumea, son las únicas que presentan una tendencia negativa estadísticamente significativa a partir de los años 50, con una **disminución del recurso de entre el 4 y 5 %/década** para el periodo 1970-2015.



Análisis de tendencias de series de aportaciones en régimen natural

Resultados



Tendencia de los datos mensuales de aportación en la cuenca del río Bidasoa en Endarlatza

Anomalía anual de la aportación anual en % de variación respecto el período de control (1961-1990)

Sequía meteorológica: evolución índice SPI

- Indice SPI ampliamente empleado para la determinación de las sequías (OMM, Planes especiales de Sequías de las Confederaciones Hidrográficas, AEMET, CEDEX)
- El SPI se ha calculado para el conjunto de las estaciones pluviométricas pertenecientes a la red básica.

| SPI | Categoría |
|--------------|-----------------|
| 0 a 0,99 | Sequía leve |
| -1,00 a 1,49 | Sequía moderada |
| -1,5 a -1,99 | Sequía severa |
| <-2,00 | Sequía extrema |

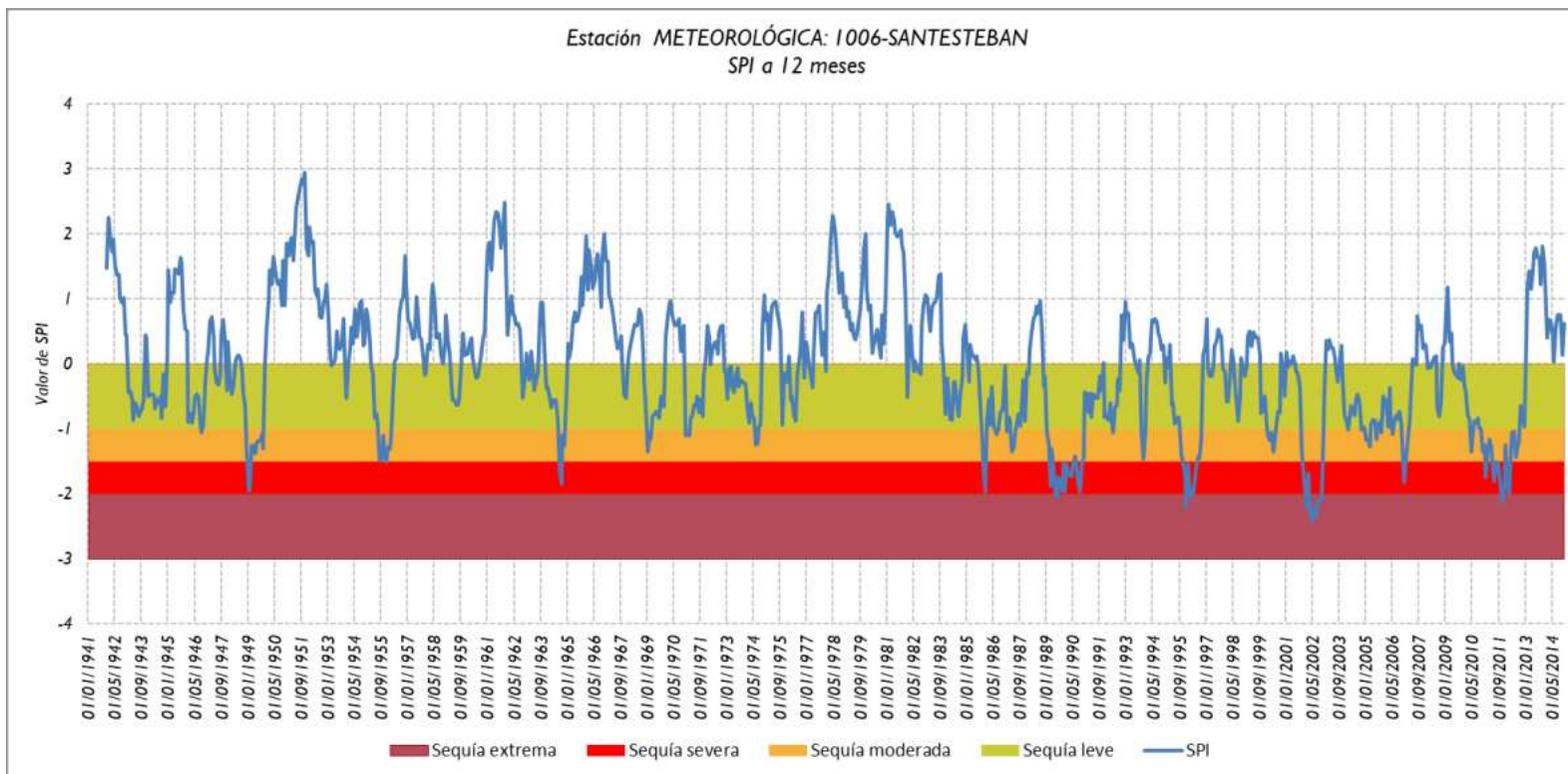
Fuente:
Clasificación
propuesta por
(Mckee, Doesken,
& Kleist, 1993).

- Metodología: obtenido el número de sequías severas y extremas(y su duración) en tres intervalos de aproximadamente 30 años: 1940 – 1970, 1961-1990 y 1985-2015 para ver su evolución.



Sequía meteorológica: evolución índice SPI

Resultados



Evolución del índice SPI a 12 meses en la estación 1006-Santesteban

Sequía meteorológica: evolución índice SPI

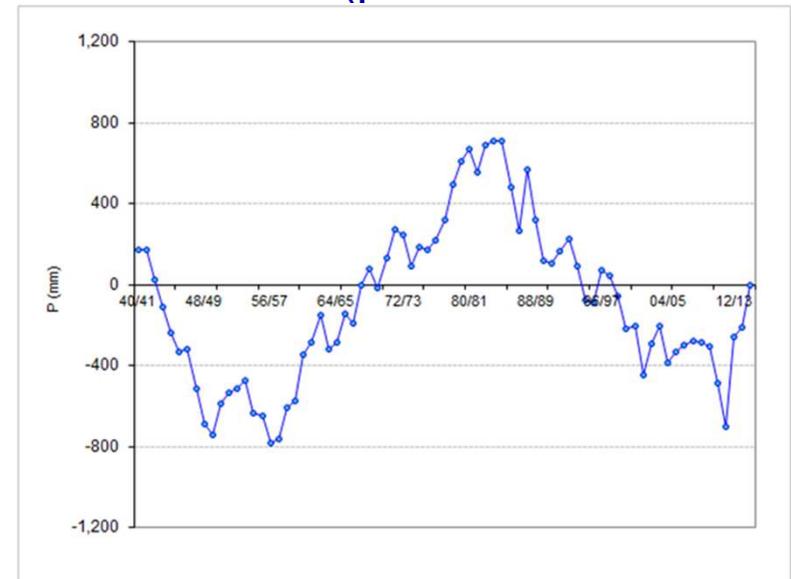
Resultados

- Periodos 1940 – 1970 y 1985 - 2015 mayor número de sequías y mayor duración. Periodo 1961-1990 periodo húmedo con menor número de sequías y menor duración.
- Las sequías aumentan ligeramente en términos globales (valores medios) ya que en la mitad de las estaciones se incrementan los episodios de sequía, y en el resto de estaciones se mantienen igual o incluso disminuyen. No obstante se dan algunos casos como el de la estación de Doneztebe con incrementos considerables (pasa de 3 a 5 sequías severas y de 0 a 4 extremas).

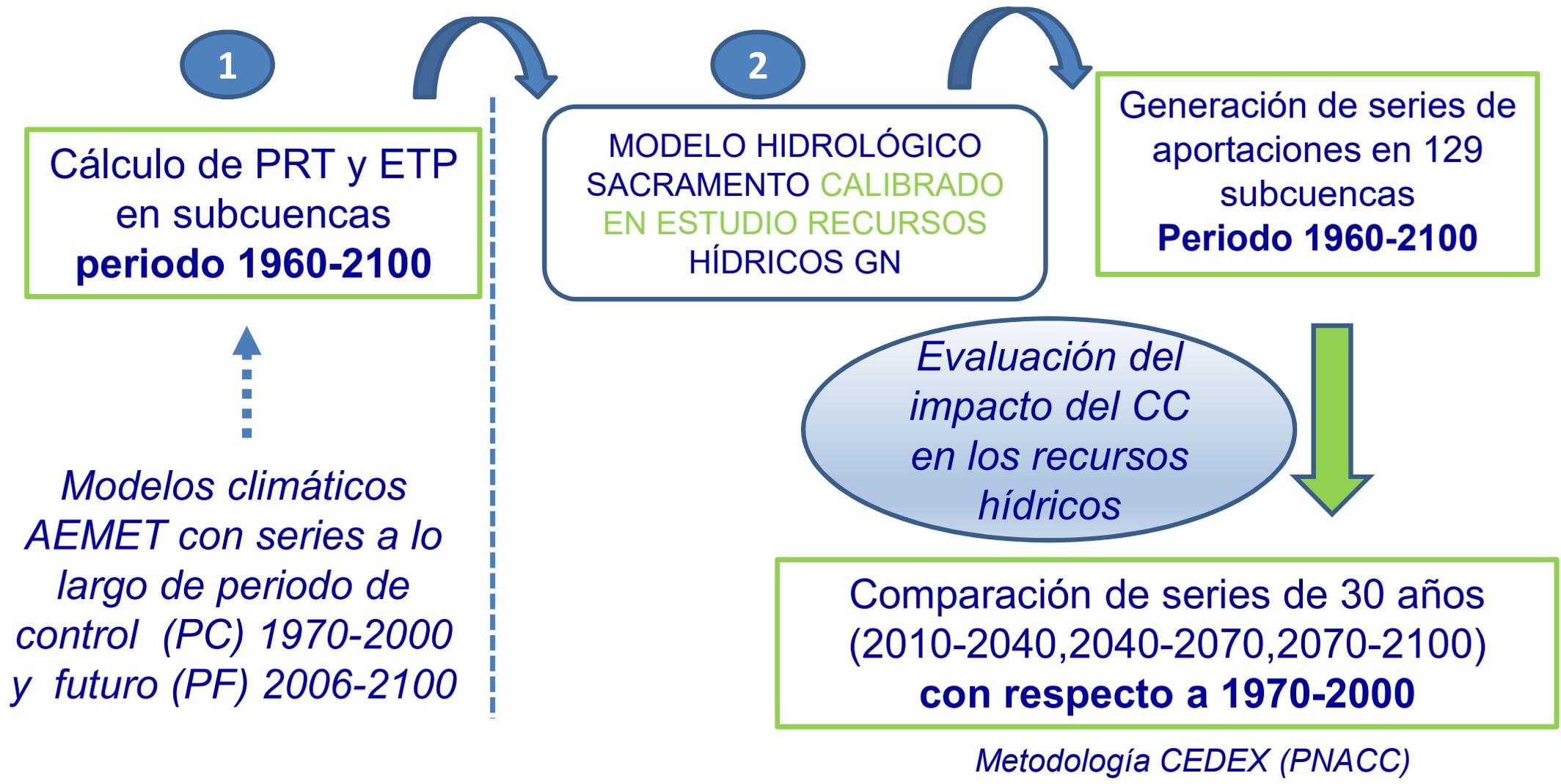
| Tipo de sequía | Sequías entre 1940-1970 | Duración media de las sequías en el periodo 1940-1970 | Sequías entre 1961-1990 | Duración media de las sequías en el periodo 1961-1990 | Sequías entre 1985-2015 | Duración media de las sequías en el periodo 1985-2015 |
|----------------|-------------------------|---|-------------------------|---|-------------------------|---|
| Severa | 4 | 18 | 1 | 14 | 5 | 16 |
| Extrema | 2 | 17 | 0,3 | 5 | 3 | 16 |

Resultados SPI estudio actual (promedio sequías estaciones)

Patrón ciclos húmedos y secos estudio recursos GN 2017



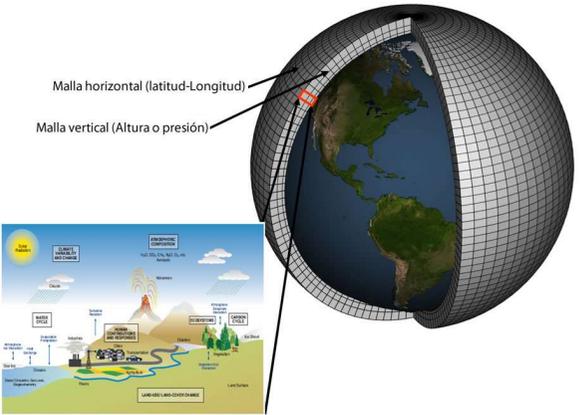
¿Hacia dónde vamos? Simulaciones climáticas e hidrológicas a futuro



1 Análisis de los modelos climáticos a emplear

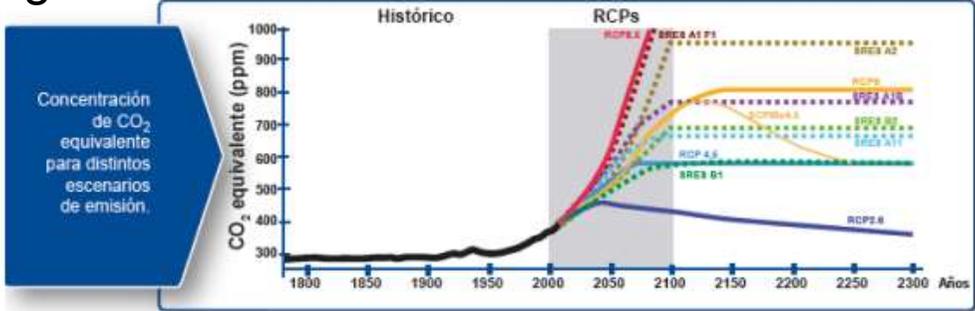
- **Selección** de los 9 modelos climáticos que mejor se adaptan a Navarra (PC)
- Homogeneización de las series climáticas (punto y rejilla) para la obtención de **series climáticas en subcuencas a lo largo del PC y PF.**

Esquema de un Modelo Global de Atmósfera

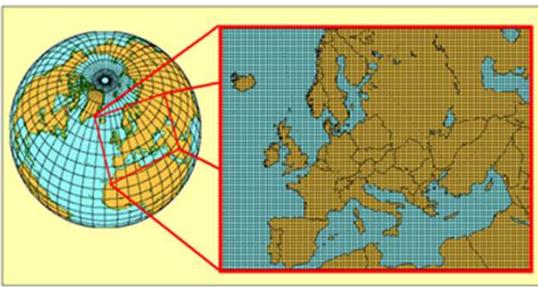


Fuente: http://www.gfdl.noaa.gov/pix/model_development/climate_modeling/climatemodel.png

IPCC Escenarios RCP de emisiones de gases de efecto invernadero



Regionalización para España



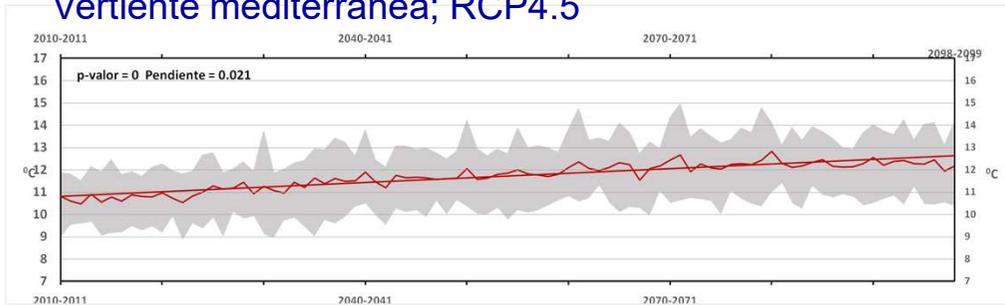


2 Evaluación del impacto del CC en los recursos hídricos

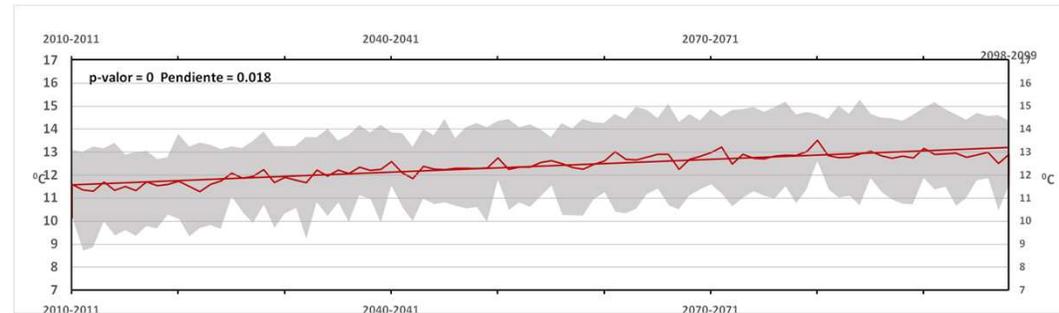
- El impacto se ha evaluado para **3 periodos futuros** de 30 años hidrológicos: 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, estimando los **cambios o variaciones** de cada variable hidrológica para cada periodo de impacto con respecto al **periodo de control**: 1970-2000. Se completa con **análisis de tendencias**.
- Análisis de evolución de las **sequías** como consecuencia del cambio climático. El estudio de las sequías se realiza estudiando la evolución del índice de precipitación estandarizado (SPI) para cada uno de los periodos de impacto

Temperaturas

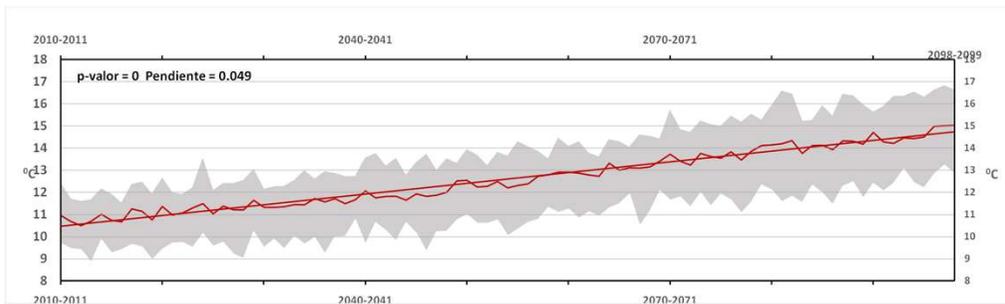
Vertiente mediterránea; RCP4.5



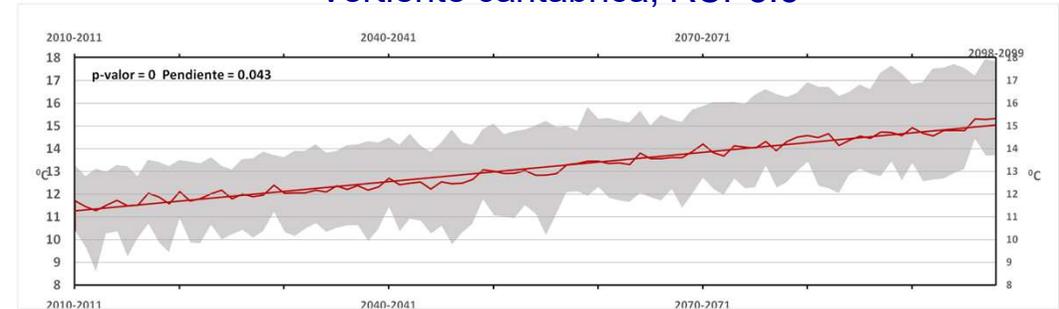
Vertiente cantábrica; RCP4.5



Vertiente mediterránea; RCP8.5



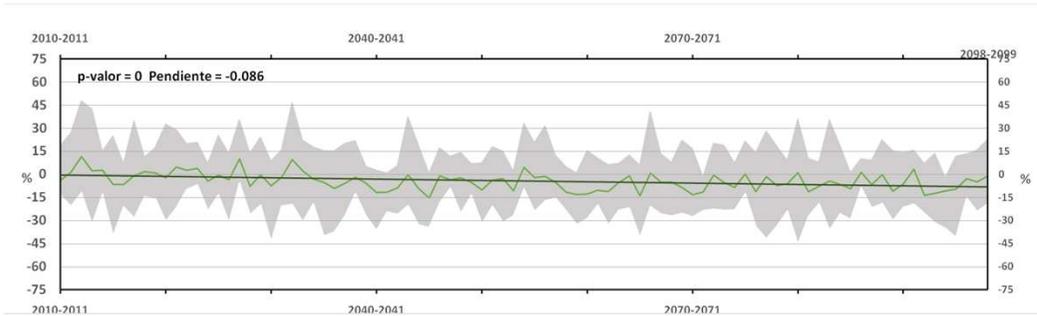
Vertiente cantábrica; RCP8.5



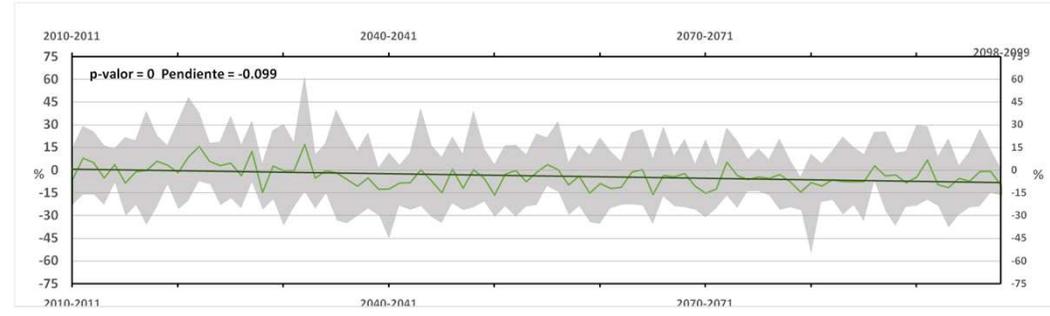
N Las temperaturas muestran una tendencia ascendente a lo largo del siglo XXI estadísticamente significativa, más acentuada para el escenario de emisión RCP 8.5 y ligeramente superior en la vertiente mediterránea. Elevada dispersión entre modelos.

Precipitaciones

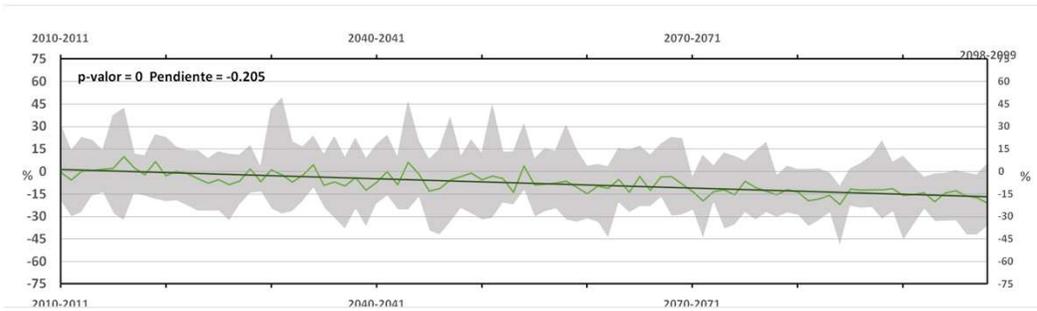
Vertiente mediterránea; RCP4.5



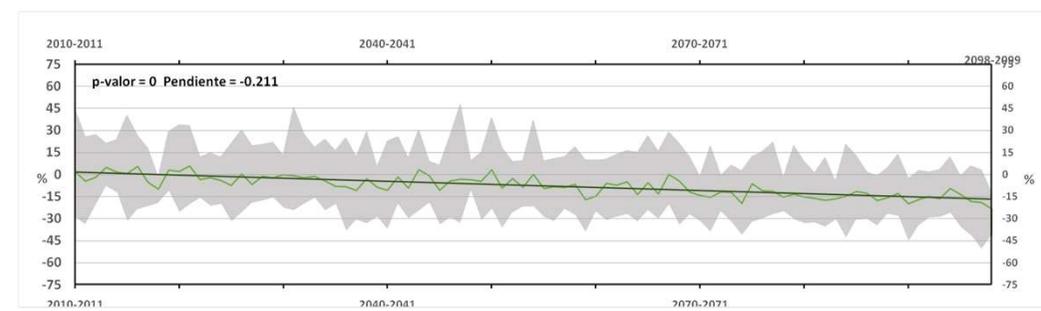
Vertiente cantábrica; RCP4.5



Vertiente mediterránea; RCP8.5



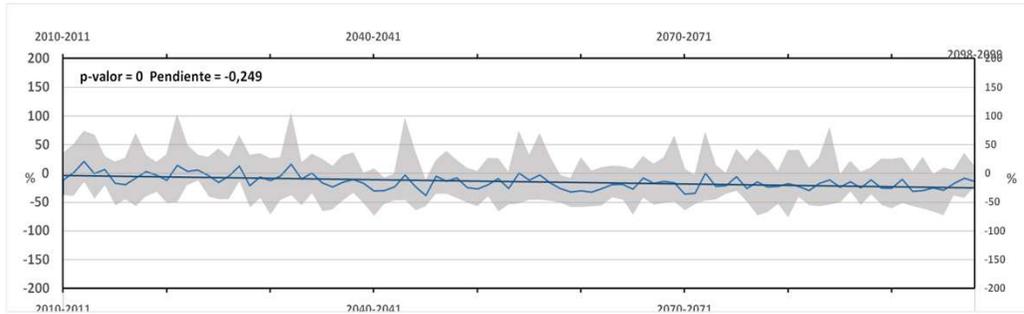
Vertiente cantábrica; RCP8.5



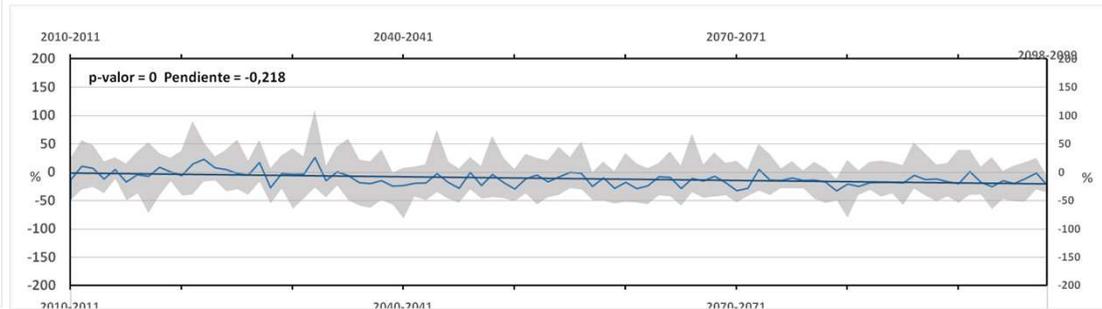
Las proyecciones de la **precipitación** a lo largo del periodo 2010-2100 revelan una tendencia **decreciente** estadísticamente significativa, más acentuada para el escenario de emisión RCP 8.5. Elevada dispersión entre modelos.

Aportaciones

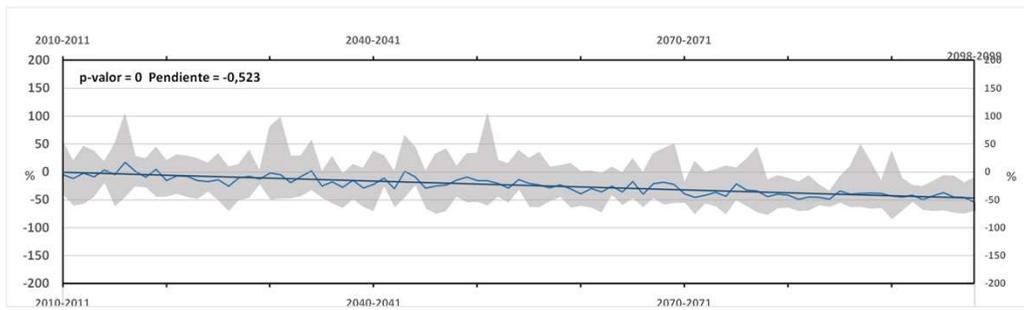
Vertiente mediterránea; RCP4.5



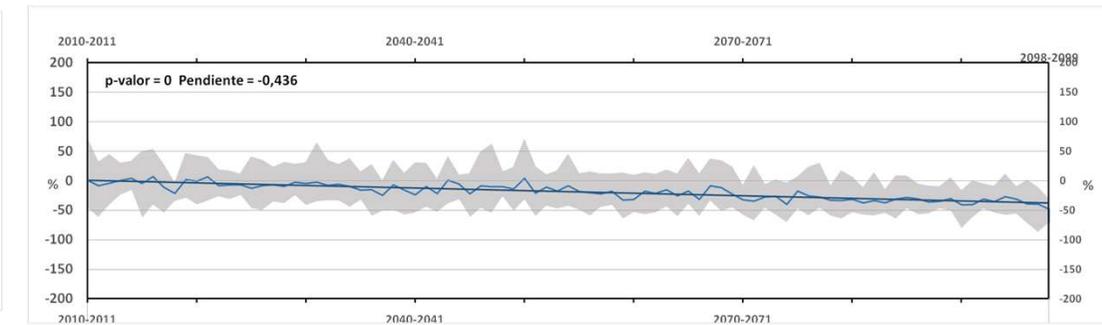
Vertiente cantábrica; RCP4.5



Vertiente mediterránea; RCP8.5



Vertiente cantábrica; RCP8.5



N De acuerdo con la **disminución de la precipitación y aumento de la temperatura** esperados, se prevé **una tendencia decreciente de las aportaciones** a lo largo del periodo 2010-2100, algo más acusada para la vertiente mediterránea y para el escenario de emisión RCP 8.5

Cambios de cada periodo de impacto con respecto al periodo de control 1970-2000

Los cambios en las aportaciones son más acusados que los obtenidos en la precipitación.

Se espera una reducción significativa de las aportaciones, más acusada conforme se avanza en el siglo XXI. El descenso se agudiza para escenario de emisión RCP 8.5 y vertiente mediterránea.

Elevada dispersión de resultados

Aportaciones en régimen natural 1940-2015 son: 1499 hm³/año en a la vertiente cantábrica y 3407 hm³/año en la mediterránea.

El RCP 4.5: 1262 hm³/año en la vertiente cantábrica 2719 hm³/año en la mediterránea en 2100

RCP 8.5: vertiente cantábrica 1002 hm³/año 2017 hm³/año en la mediterránea para el año 2100

Precipitación

| Descripción | Período | Δ Precipitación (%) para el RCP 4.5 | | | Δ Precipitación (%) para el RCP 8.5 | | |
|--------------------------|-----------|-------------------------------------|------|------|-------------------------------------|-------|------|
| | | Min. | Med. | Max. | Min. | Med. | Max. |
| D.H. Cantábrico Oriental | 2010-2040 | -6,8 | 0,3 | 12,7 | -9,2 | -2,1 | 9,9 |
| | 2040-2070 | -11,3 | -6,4 | -0,7 | -12,6 | -6,3 | 2,1 |
| | 2070-2100 | -10,1 | -6,0 | -0,3 | -24,2 | -14,8 | -6,5 |
| D.H. Ebro | 2010-2040 | -11,2 | -0,7 | 9,4 | -7,0 | -2,5 | 9,0 |
| | 2040-2070 | -10,8 | -6,5 | -0,1 | -12,1 | -6,5 | 0,3 |
| | 2070-2100 | -12,1 | -6,0 | 0,9 | -21,5 | -14,7 | -5,8 |

Aportaciones

| Descripción | Período | Δ Aportación (%) para el RCP 4.5 | | | Δ Aportación (%) para el RCP 8.5 | | |
|--------------------------|-----------|----------------------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|
| | | Min. | Med. | Max. | Min. | Med. | Max. |
| D.H. Cantábrico Oriental | 2010-2040 | -14,2 | -2,0 | 15,2 | -15,8 | -6,7 | 8,4 |
| | 2040-2070 | -20,6 | -14,8 | -9,8 | -28,0 | -16,4 | -7,3 |
| | 2070-2100 | -23,1 | -15,8 | -5,9 | -44,1 | -33,1 | -20,4 |
| D.H. Ebro | 2010-2040 | -22,1 | -4,5 | 13,7 | -16,3 | -9,3 | 5,1 |
| | 2040-2070 | -26,4 | -19,0 | -11,2 | -35,1 | -22,0 | -6,0 |
| | 2070-2100 | -32,8 | -20,2 | -12,4 | -54,3 | -40,8 | -27,1 |



Cambios de cada periodo de impacto con respecto al periodo de control 1970-2000

- N A nivel de cuenca, los cambios son más acusados en las que presentan mayor irregularidad en sus aportaciones
- N Alhama, Queiles con disminuciones superiores al 15 %
- N Ega y Linares reducirían sus aportaciones respectivamente un 9 y un 11 %.
- N Las cuencas de la vertiente cantábrica y cuencas con cabeceras en ríos pirenaicos presentarían reducciones menores

| Punto | Descripción | Período | Δ Aportación (%) para el RCP 4.5 | | | | | | | | | | | |
|-------|--|-----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | C01 | C02 | C03 | Min. | Med. | Max. |
| 3300D | Ega | 2010-2040 | -12,5 | -13,1 | -9,8 | -30,2 | -22,3 | 11,9 | 11,1 | -37,0 | 17,6 | -37,0 | -9,4 | 17,6 |
| 4100H | Arga en Eugui | 2010-2040 | -2,9 | -7,0 | -2,4 | -11,1 | -9,4 | 5,6 | 13,7 | -15,2 | 15,0 | -15,2 | -1,5 | 15,0 |
| 4600C | Arga | 2010-2040 | -7,2 | -8,1 | -3,2 | -17,9 | -13,8 | 11,6 | 15,3 | -26,7 | 22,2 | -26,7 | -3,1 | 22,2 |
| 5300K | Irati en embalse de Itoiz (con Urrobi) | 2010-2040 | -4,8 | -7,3 | -3,0 | -11,1 | -9,2 | 6,4 | 11,9 | -14,5 | 11,3 | -14,5 | -2,2 | 11,9 |
| 5200K | Salazar | 2010-2040 | -11,7 | -11,1 | -10,6 | -20,6 | -15,8 | 8,0 | 18,2 | -26,1 | 14,8 | -26,1 | -6,1 | 18,2 |
| 5300M | Irati | 2010-2040 | -5,9 | -7,9 | -3,3 | -13,2 | -10,4 | 6,9 | 12,6 | -14,7 | 12,4 | -14,7 | -2,6 | 12,6 |
| 5000B | Aragón en Yesa | 2010-2040 | -10,3 | -6,1 | -8,4 | -11,3 | -10,1 | 11,5 | 9,2 | -20,9 | 12,2 | -20,9 | -3,8 | 12,2 |
| 5400E | Zidacos | 2010-2040 | -18,8 | -19,0 | -19,7 | -39,8 | -30,2 | 34,3 | 26,5 | -40,9 | 47,5 | -40,9 | -6,7 | 47,5 |
| 5500F | Aragón | 2010-2040 | -10,5 | -6,5 | -8,9 | -12,2 | -10,6 | 12,1 | 10,2 | -20,8 | 13,0 | -20,8 | -3,8 | 13,0 |
| 6000A | Alhama | 2010-2040 | -16,8 | -14,5 | -28,8 | -23,8 | -22,4 | 15,6 | -27,6 | -19,5 | -5,9 | -28,8 | -16,0 | 15,6 |
| 7000B | Queiles | 2010-2040 | -14,1 | -18,7 | -26,2 | -34,1 | -15,6 | 7,5 | -28,5 | -43,6 | -13,9 | -43,6 | -20,8 | 7,5 |
| 2000A | Linares | 2010-2040 | -20,9 | -11,2 | -13,3 | -39,9 | -28,0 | 20,1 | 0,0 | -43,5 | 32,6 | -43,5 | -11,6 | 32,6 |
| 9400K | Bidasoa en Enderlatza | 2010-2040 | -4,0 | -8,1 | -2,3 | -13,7 | -9,6 | 3,8 | 14,0 | -14,5 | 15,7 | -14,5 | -2,1 | 15,7 |
| 9520D | Urumea en embalse de Añarbe | 2010-2040 | -2,9 | -8,5 | -2,4 | -14,8 | -7,8 | 1,2 | 16,7 | -12,3 | 16,8 | -14,8 | -1,6 | 16,8 |

Cambios en el ciclo anual de las aportaciones

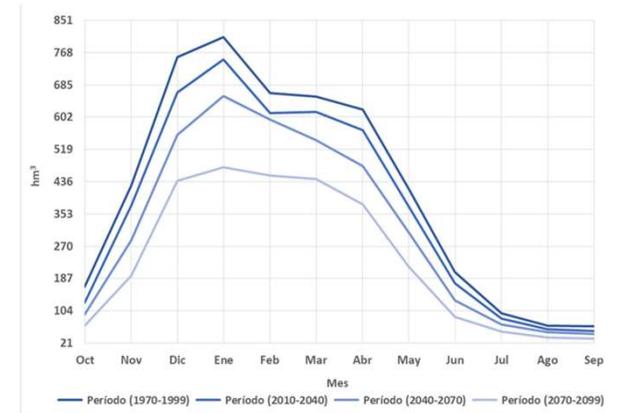
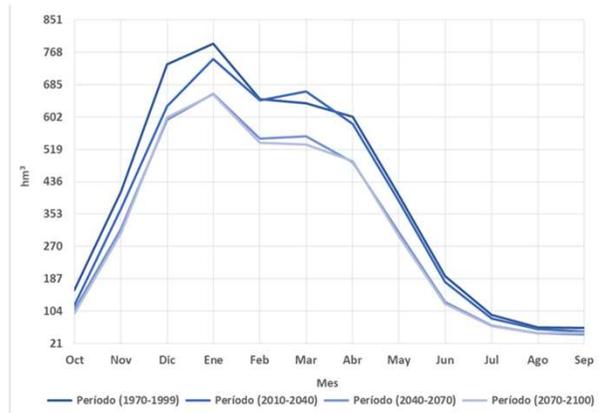


No se observa una clara señal de cambio en la distribución a nivel mensual de las aportaciones.

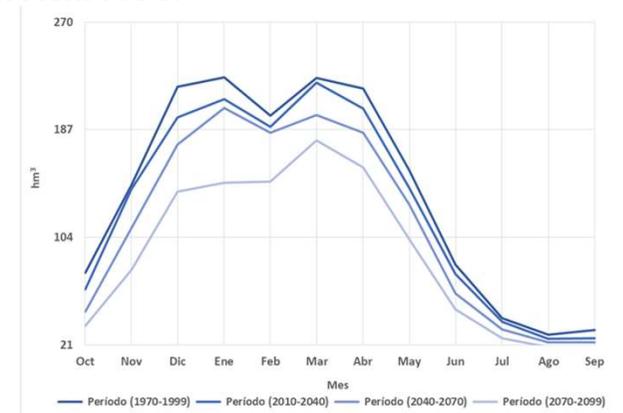
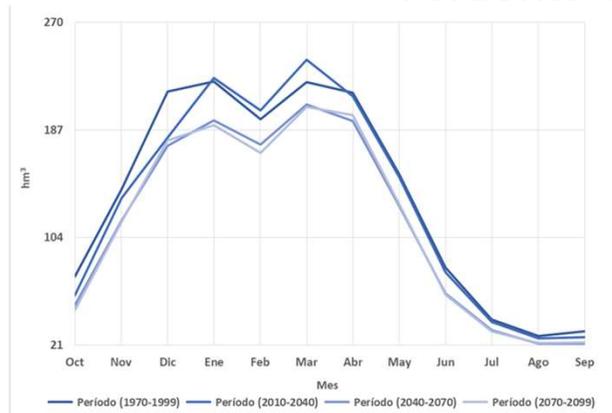


No se aprecian desplazamientos de máximos o mínimos de aportación dentro del año, siendo lo más destacable cómo el máximo de aportación de invierno/primavera que dan las proyecciones para el periodo de control, se va suavizando progresivamente conforme avanza el siglo XXI.

Vertiente mediterránea



Vertiente cantábrica

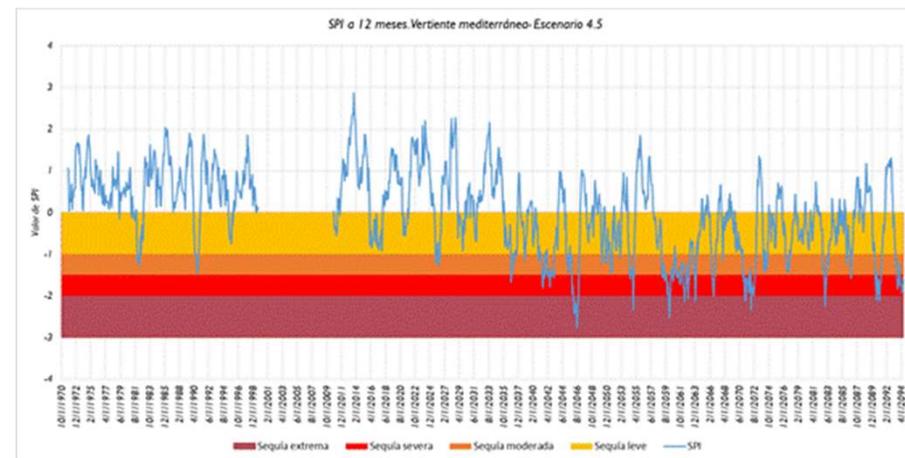


Análisis de sequía meteorológicas. Índice SPI a 12 meses

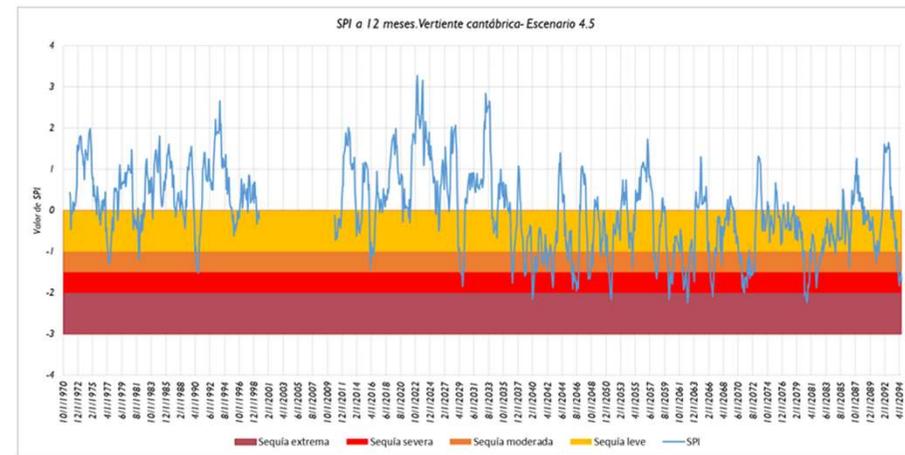
Vertiente mediterránea: Escenario RCP 4.5

Vertiente mediterránea

| Punto de análisis | Sequias moderadas entre 1970-2000 | Duración media de las sequías en el periodo 1970-2000 | Sequias moderadas entre 2010-2040 | Duración media de las sequías en el periodo 2010-2040 | Sequias moderadas entre 2040-2070 | Duración media de las sequías en el periodo 2040-2070 | Sequias moderadas entre 2070-2100 | Duración media de las sequías en el periodo 2070-2100 |
|-------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| XB | 2 | 11 | 4 | 16 | 9 | 19 | 6 | 21 |
| IXB | 3 | 10 | 4 | 23 | 8 | 25 | 4 | 29 |
| 2000A-B | 2 | 10 | 4 | 21 | 5 | 33 | 8 | 18 |
| 3100Q-B | 1 | 11 | 5 | 15 | 9 | 22 | 6 | 24 |
| 3200K-B | 1 | 11 | 5 | 17 | 8 | 23 | 7 | 21 |
| 3300D-B | 2 | 11 | 4 | 20 | 8 | 22 | 7 | 21 |
| 4100H-B | 2 | 11 | 4 | 23 | 7 | 32 | 4 | 30 |
| 4200C-B | 2 | 10 | 4 | 23 | 9 | 23 | 6 | 23 |
| 4300C-B | 1 | 11 | 6 | 15 | 7 | 31 | 6 | 28 |
| 4500C-B | 1 | 9 | 4 | 16 | 9 | 21 | 7 | 21 |
| 4600C-B | 2 | 9 | 5 | 14 | 9 | 19 | 7 | 18 |



Vertiente cantábrica



Ej: Cuantificación de las sequías moderadas que superan el umbral del valor 1 del SPI, en el escenario RCP 4.5.

Escenario RCP 4.5: aumento del número y duración de las sequías con respecto al PC

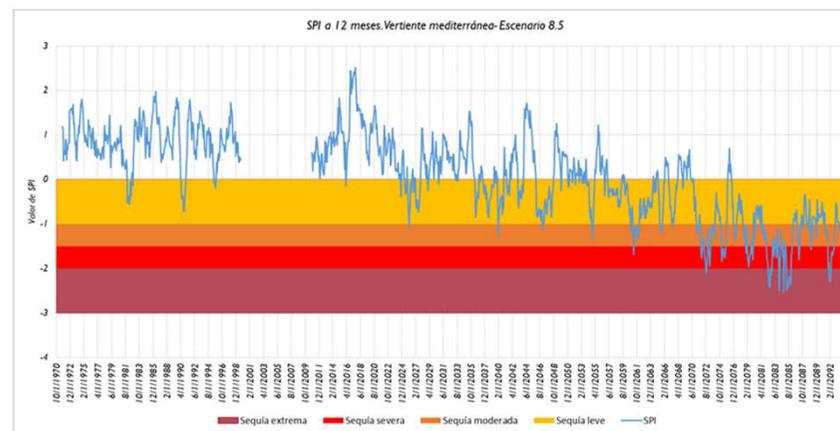


Análisis de sequía meteorológicas. Índice SPI a 12 meses

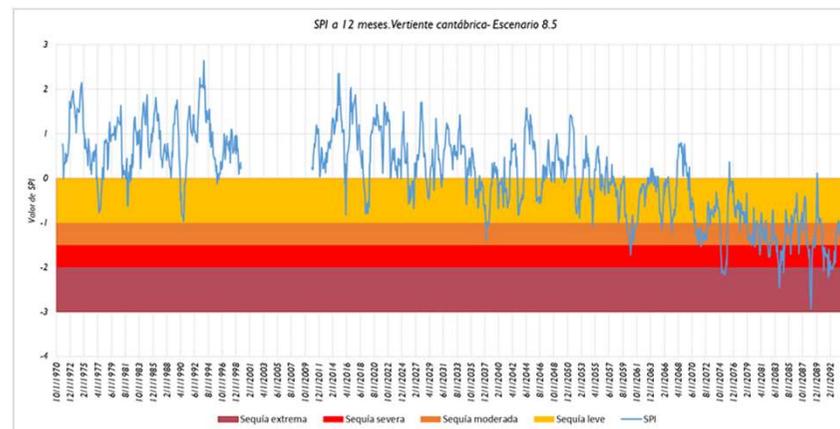
Vertiente mediterránea: Escenario RCP 8.5

Vertiente mediterránea

| Estación | Sequias moderadas entre 1970-2000 | Duración media de las sequias en el periodo 1970-2000 | Sequias moderadas entre 2010-2040 | Duración media de las sequias en el periodo 2010-2040 | Sequias moderadas entre 2040-2070 | Duración media de las sequias en el periodo 2040-2070 | Sequias moderadas entre 2070-2100 | Duración media de las sequias en el periodo 2070-2100 |
|----------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| XC | 0 | 11 | 2 | 9 | 5 | 18 | 1 | 59 |
| IXC | 0 | 35 | 1 | 12 | 5 | 27 | 1 | 14 |
| 2000A-C | 0 | | 2 | 11 | 4 | 13 | 3 | 22 |
| 3100Q-C | 0 | 11 | 2 | 13 | 5 | 14 | 1 | 60 |
| 3200K-C | 0 | | 2 | 12 | 4 | 17 | 1 | 59 |
| 3300D-C | 0 | 11 | 2 | 12 | 5 | 16 | 1 | 58 |
| 4100H-C | 0 | 2 | 1 | 12 | 3 | 27 | 1 | 63 |
| 4200C-C | 0 | 13 | 1 | 16 | 4 | 20 | 1 | 61 |
| 4300C-C | 0 | 17 | 2 | 14 | 3 | 45 | 0 | 6 |
| 4500C-C | 0 | 10 | 2 | 12 | 4 | 21 | 1 | 58 |
| 4600C-C | 0 | 12 | 2 | 11 | 4 | 20 | 1 | 58 |



Vertiente cantábrica



Ej: Cuantificación de las sequías moderadas que superan el umbral del valor 1 del SPI, en el escenario RCP 8.5.

Escenario RCP 8.5: la situación se ve agudizada. Periodo 1970-2000 permanentemente en sequía



NADAPTA THE CLIMA PROJECT

GESTIÓN ADAPTATIVA DEL AGUA

Estrategias de adaptación

1 RECURSOS HÍDRICOS: CONTINUACIÓN DE ESTUDIOS DE DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO DEL CC. ADAPTACIÓN DE PLANES SECTORIALES AL CC (NADAPTA)

Estudio de impacto del CC en las garantías de satisfacción de las demandas de agua en Navarra

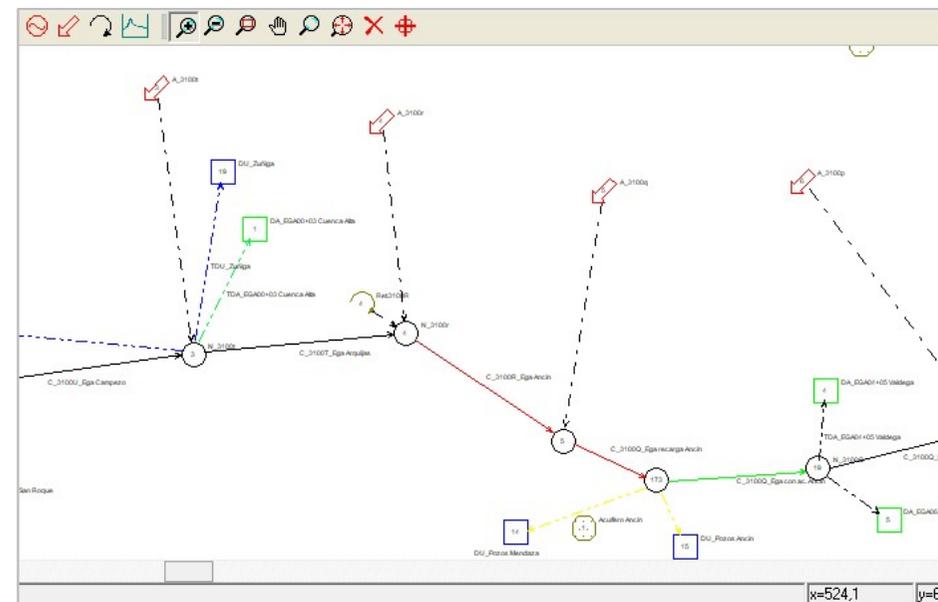
BALANCE ENTRE

RECURSOS HÍDRICOS ↔ **DEMANDAS DE AGUA**

RRHH-BDH (sit. actual) y RRHH CC(sit. futura)

- N** Objetivo: identificar los sistemas hídricos más vulnerables al cambio climático
- N** Se modeliza explotación del sistema: recursos hídricos, demandas, gestión embalses, Q ecológicos
- N** Demandas de agua en colaboración con INTIA (Regadíos) y departamento de Cohesión Territorial del GN (Abastecimiento)

Modelo de Gestión Aquatool (colab. UPV)



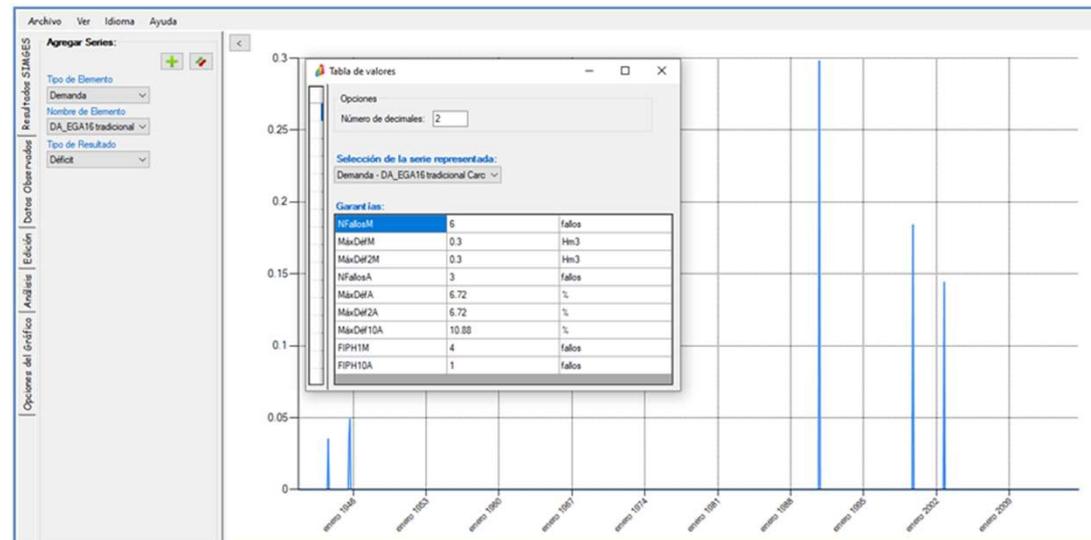
1 RECURSOS HÍDRICOS: CONTINUACIÓN DE ESTUDIOS DE DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO DEL CC. ADAPTACIÓN DE PLANES SECTORIALES AL CC (NADAPTA)

¿QUÉ OBTENDREMOS?

Diagnóstico de cada sistema : para cada demanda de agua: Déficit y garantía de suministro (sit.actual, situación futura CC)

Modelo para simulación de la gestión del agua en Navarra. Apoyo para la planificación

- Modelo inicial que mejorará con un mejor conocimiento del consumo de agua para regadío



Adaptación de los distintos planes sectoriales y actuaciones de Navarra a los resultados obtenidos en los estudios de **NADAPTA**: teniendo en cuenta la problemática obtenida en cada cuenca en cuanto a los déficit y las garantías de suministro obtenidas. Las actuaciones propuestas en la planificación deberían primar la “gestión de la demanda” frente a una política de “gestión de la oferta”: ahorro de agua, mejorar la eficiencia del uso, evitar el deterioro de los recursos hídricos (objetivos DMA).

2 GESTIÓN DE INUNDACIONES (NADAPTA)

Implantación de planes de emergencia frente a inundaciones a nivel municipal.

Programa de medidas de los PGRI: Modificación del Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones de la Comunidad Foral de Navarra

Objetivos. Dotar a los ayuntamientos con:

- Un **Plan de actuación local** frente a inundaciones, que permita proporcionar a sus ciudadanos un nivel de protección adecuado y reducir en la medida de lo posible los daños materiales que pudieran ocasionarse.
- Herramienta informática** para la implantación de dichos planes que facilite la alerta temprana y la operatividad de los mismos.

WEB

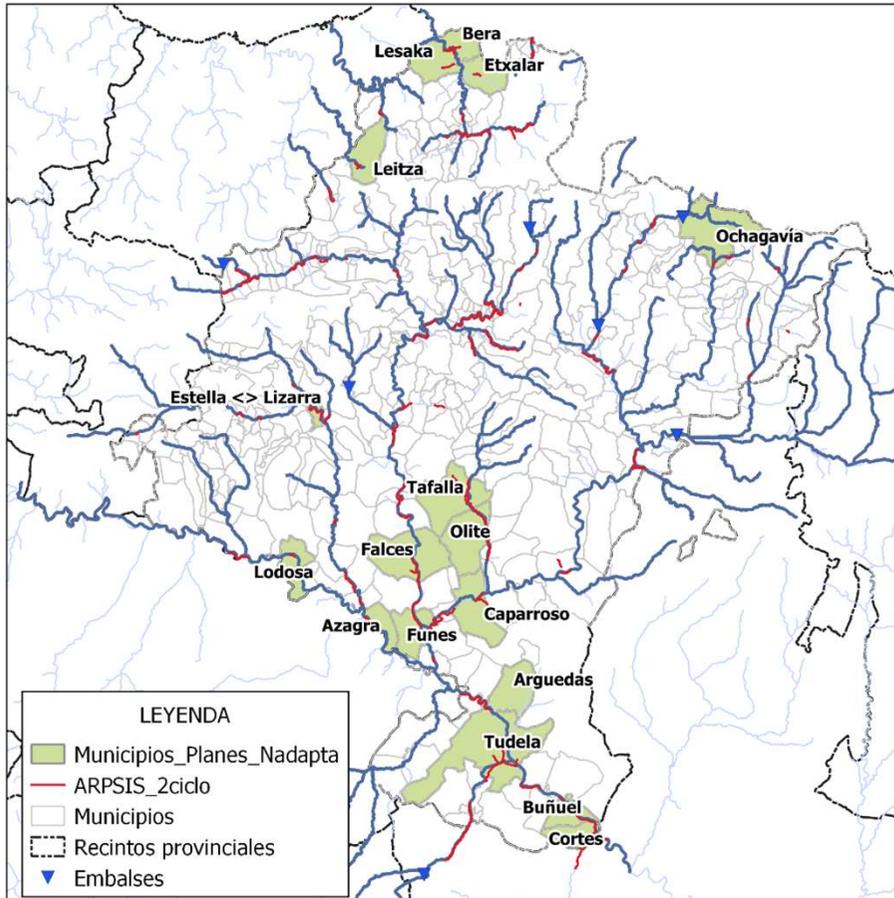


MÓVIL





2 GESTIÓN DE INUNDACIONES (NADAPTA)



- Elaborados los planes de emergencias de: Funes, Caparroso, Estella, Falces, Lodosa, Azagra, San Adrián, Tafalla, Cortes, Olite y Arguedas.
- Portales Web con planes elaborados (consulta del plan de emergencias e información cartográfica para el público en general):

<https://www.riada-funes.tesicnor.com/>

<https://www.avenida-caparroso.tesicnor.com/>

<https://www.bola-estella.tesicnor.com/>

<https://www.riada-falces.tesicnor.com/>

<https://www.inundacion-san-adrian.tesicnor.com/>

<https://www.ura-tafalla.tesicnor.com/>

<https://www.izokin->

[doneztebe.tesicnor.com/es/home_es/](https://www.doneztebe.tesicnor.com/es/home_es/)

<https://cortes.sedelectronica.es/transparency/0732af08-0748-47e4-b0b1-630ca7cd1bc1/>



3 SEGUIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN DE CAUDALES Y CALIDAD DE LAS AGUAS (GN/GAN)

- N Las redes de control del agua del GN son esenciales para efectuar un seguimiento y diagnóstico del estado actual del recurso hídrico (cuantitativa y cualitativamente)
- N En dichas redes se registra tanto de forma manual como automática diversos parámetros relacionados con la calidad y cantidad de las aguas superficiales y subterráneas:
 - Red de hidrometría: Estaciones de control del nivel piezométrico y estaciones de control foronómico
 - Red de control de la calidad físico-química de las aguas superficiales y subterráneas, red de control de la calidad biológica de los ríos.

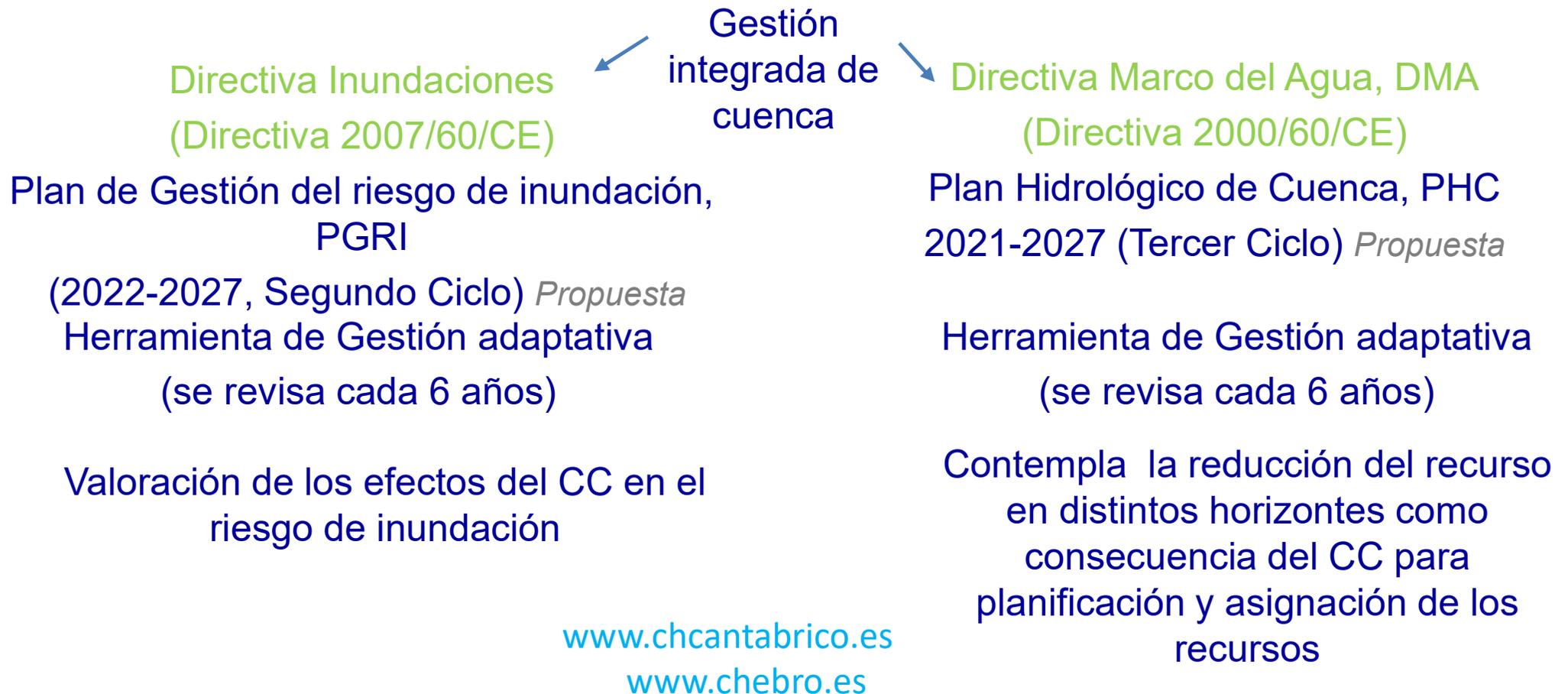
WEB del AGUA en NAVARRA

- Datos en tiempo real de las estaciones de aforo y de la red automática de calidad del agua
- Memorias con los datos anuales de todas las redes de control.





4 OTRAS ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN A NIVEL DE DH: PLANES HIDROLÓGICOS Y PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN (CONFEDERACIONES HIDROGRÁFICAS)





CONCLUSIONES

- Distintos trabajos en Navarra corroboran la **evidencia del cambio climático**: se **observa** un aumento de temperatura claro en las estaciones meteorológicas.
- A **futuro**: los modelos climáticos del IPCC que predicen la evolución del clima en el futuro aplicados al conocimiento actual de los modelos precipitación-escorrentía que tenemos en Navarra nos advierten de una probable **reducción de los recursos hídricos** y un **aumento de las sequías** conforme avance el siglo.
- La Planificación hidrológica no debería orientarse tanto en estimar el porcentaje de reducción de los recursos hídricos, - dada la imposibilidad de eliminar la **incertidumbre** de las proyecciones climáticas-, sino a identificar los sistemas de recursos hídricos más **vulnerables** y proponer medidas de **adaptación**.
- Para estar preparados para el futuro resulta esencial **conocer bien el presente**. Es necesario contar con redes de medida del recurso hídrico (Redes control GN). Asimismo resulta esencial conocer el consumo real de las demandas de agua existentes.

¡GRACIAS!

ESKERRIK ASKO!