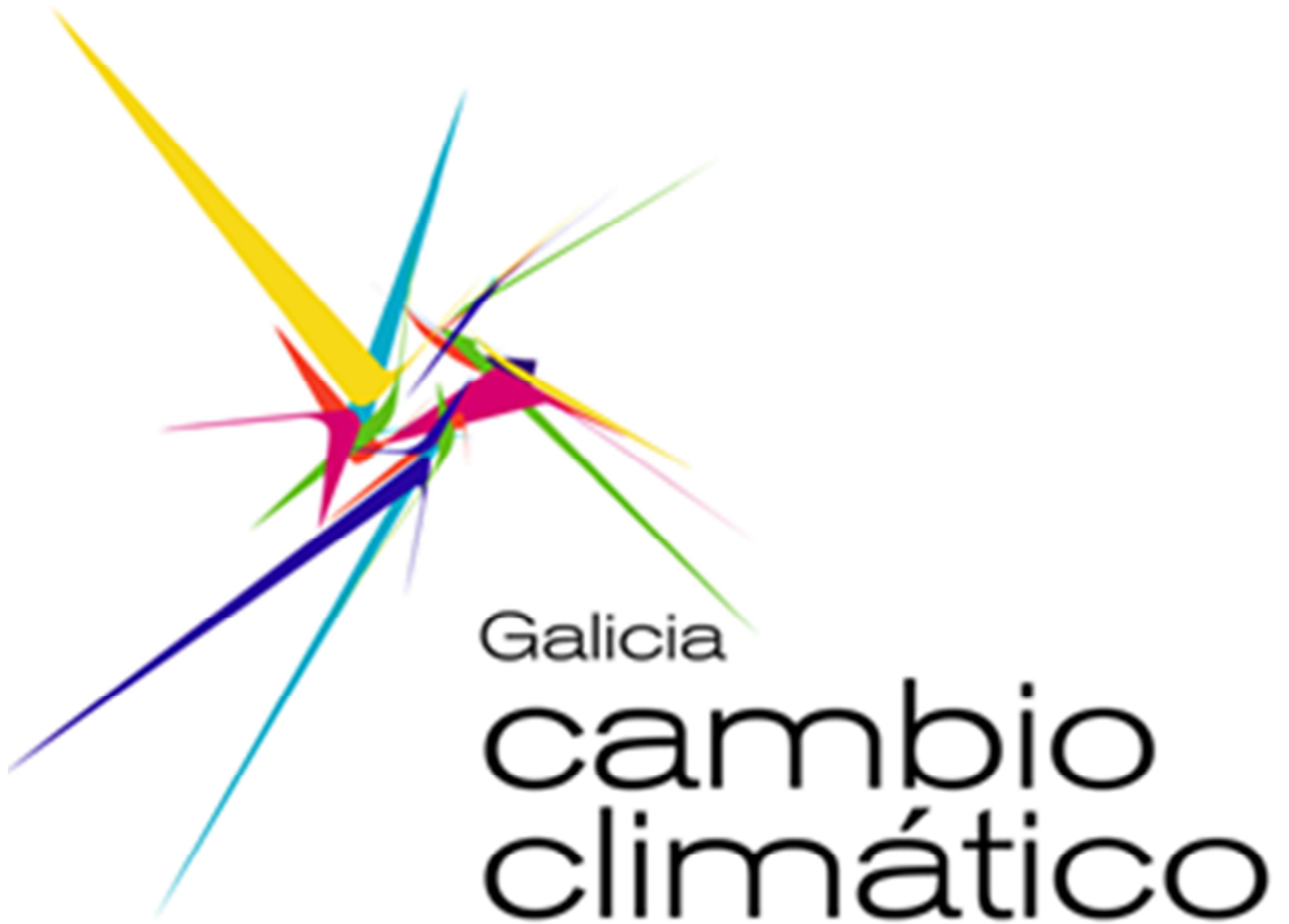


Quinto informe sectorial

Recursos hídricos



XUNTA DE GALICIA

5.- Recursos hídricos

5.1.- Introducción _4

Recursos hídricos e cambio climático_4

5.2.- Impacto do cambio climático nos recursos hídricos_5

Procedemento de análise_5

5.3.- Impacto sobre os recursos hídricos en Galicia_10

5.3.1.- Resultados_10

Precipitación _10

Evapotranspiración potencial_13

Evapotranspiración real_18

Humidade no solo_21

Recarga e volume subterráneo_24

Escorrenta_28

Precipitación máxima_33

Seca_48

5.3.2.- Resumo de resultados por demarcación_50

5.1.- Introducción

A conxunción dos aspectos climáticos e xeográficos particulares de Galicia, analizados en anteriores informes sectoriais, favorecen a existencia dunha densa rede fluvial na Comunidade Autónoma Galega. Os ríos galegos son curtos, a excepción do río Miño cunha lonxitude de case 350 km, e presentan un réxime regular con abundantes caudais propiciado polas precipitacións, así como, canles encaixadas e fortes pendentes.

Un aspecto a destacar ao falar dos ríos galegos é a formación de rías nas súas desembocaduras. As rías galegas, son fenómenos xeolóxicos moi especiais que se dan en poucos territorios. Trátase de vales tectónicos afundidos, de moderada profundidade, que forman costas transversais pola penetración do mar, estando afectados polos movementos das mareas, producíndose no seu interior unha mestura de auga doce do río coa do mar.

Recursos hídricos e cambio climático

Segundo o Cuarto Informe Técnico sobre o cambio climático e a auga, publicado polo IPCC no ano 2008, os rexistros de observacións e as proxeccións climáticas aportan abundante evidencia de que os recursos de auga doce son vulnerables e poden resultar gravemente afectados polo cambio climático, con moi diversas consecuencias para as sociedades humanas e os ecosistemas.

En dito informe, menciónase que as proxeccións para o século XXI apuntan a aumentos da precipitación en latitudes altas e parte dos trópicos e diminucións nalgunhas rexións subtropicais e latitudes medias e baixas. Ademais, como consecuencia do cambio climático, a escorrenta fluvial media anual e a dispoñibilidade de auga, aumentarían en latitudes altas e nalgunhas áreas tropicais húmidas e diminuirían nalgunhas rexións secas de latitudes medias e en rexións tropicais secas. A intensidade e variabilidade crecentes da precipitación agravarían o risco de inundacións e secas en numerosas áreas. Os aumentos da temperatura da auga e a variación dos fenómenos extremos, incluídas as crecidas e secas, afectarían á calidade da auga e agravarían a polución da mesma, así mesmo, os cambios na cantidade e calidade da auga afectarían á dispoñibilidade, á estabilidade, á accesibilidade e á utilización dos alimentos. Tamén produciría efectos na función e utilización das infraestruturas hídricas existentes e nas prácticas de xestión hídrica.

Así, ao feito de que a auga é un recurso limitado hai que sumarlle os efectos do cambio climático con previsións negativas de cara ao futuro, tal e como se acaba de citar. Desde xeito, xorde a necesidade de facer unha análise polo miúdo destas consecuencias sobre os recursos

hídricos, co fin de poder recompilar toda información que sirva de base para a toma de decisións en materia de adaptación.

O desenvolvemento deste epígrafe basearase, ao igual que se ven facendo noutros informes sectoriais, na aplicación para o caso concreto de Galicia, dos principais resultados obtidos no desenvolvemento do Plan Nacional de Adaptación ao Cambio Climático no sector dos recursos hídricos.

5.2.- Impacto do cambio climático nos recursos hídricos

Tal e como se mencionou con anterioridade, faise patente a necesidade de acadar un maior coñecemento dos posibles efectos do cambio climático sobre os recursos hídricos. Así, en base á información recompilada, poderanse formular actuacións de adaptación a tales efectos co obxecto de anticiparse a ditos impactos ou ben, aproveitarse das posibles oportunidades que puideran xurdir.

Con dito obxectivo, o PNACC promoveu o desenvolvemento dun *proxecto de avaliación dos impactos, vulnerabilidade e adaptación nos recursos hídricos en España*¹ a través dunha encomenda de xestión pola Dirección General del Agua do Ministerio de Medio Ambiente y Fomento ao Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) do Ministerio de Fomento, publicada o 11 de agosto de 2007 (BOE núm. 192).

Dito proxecto contempla a análise do efecto do cambio climático nos recursos hídricos en réxime natural en España, que son os correspondentes a un ciclo hidrolóxico no que non se ten realizado ningunha alteración humana, nin na cantidade, nin na secuencia temporal dos procesos hidrolóxicos.

Procedemento de análise

A análise do traballo desenvolvido polo PNACC baséase, por un lado, nos escenarios climáticos rexionalizados (chamados proxeccións) e por outro, nun modelo hidrolóxico desenvolvido polo CEDEX.

As proxeccións climáticas

Tal e como se menciona no Primeiro informe sectorial (análise de impactos; modelización climática), unha ferramenta matemática para a simulación do clima e avaliación dos efectos

¹ http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/EGest_CC_RH.aspx

das emisións de gases de efecto invernadoiro, a constitúen os denominados modelos de circulación global, sen embargo, estes amosan ser insuficientes para a análise do impacto do cambio climático nas diferentes fases do ciclo hidrolóxico. Por iso, compre recorrer ás técnicas de rexionalización que permiten obter resultados a escalas de maior detalle, mais axeitadas para os modelos hidrolóxicos.

Na análise empregáronse as proxección climáticas rexionais da Axencia Española de Meteoroloxía (AEMET), seleccionando un total de 12 proxeccións climáticas. Ditas proxeccións aportan datos climáticos diarios simulados en estacións meteorolóxicas ou en celas de reixa, tendo todas elas datos climáticos simulados para o período de control (1961-1990) e o 2071-2100 e, a metade delas ademais, simulacións para os períodos 2011-2040 e 2041-2070. As proxeccións acadáronse mediante a combinación de:

- Catro modelos de circulación global, dos que tres son modelos acoplados atmósfera-oceano (ECHAM4, CGCM2 e HadCM3) e outro exclusivamente atmosférico (HadAM3).
- Dous escenarios de emisións de GEI. Das catro familias de escenarios formuladas no ano 2000 polo IPCC, elixíronse os escenarios A2 e B2. Propoñendo o A2, unha visión mais pesimista do futuro, cun maior impacto no clima e, polo tanto, nos recursos hídricos.
- Catro técnicas de rexionalización, empregadas para acadar escalas a maior resolución en base aos resultados dos modelos globais. Foron estatísticas (análogos FIC e SDSM) e dinámicas (PROMES-UCM e RAO-SMHI).

Proxección	Modelo de circulación global	Rexionalización	1961-1990	2011-2040	2041-2070	2071-2100	Ámbito espacial	Detalle
I	CGCM2	Análogos FIC	✓	✓	✓	✓	Península ibérica e illas Baleares e Canarias	Estacións meteorolóxicas
II	ECHAM4	Análogos FIC	✓	✓	✓	✓		
III	HadAM3	Análogos FIC	✓			✓		
IV	HadCM3	SDSM	✓	✓	✓	✓		
V	HadCM3	PROMES-UCM	✓			✓	Península ibérica e Illas Baleares. Sen Illas Canarias	Celas de resolución 0,5 ^e
VI	ECHAM4	RCAO-SMHI	✓			✓		

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

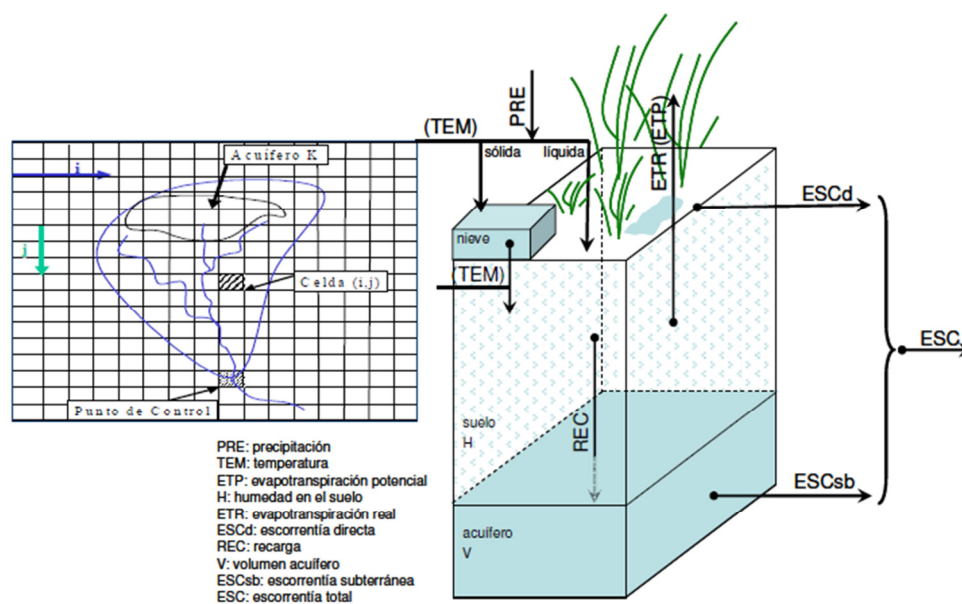
Táboa 1: Características das proxeccións obxecto de simulación hidrolóxica

O modelo hidrolóxico

O estudo empregou un modelo hidrolóxico para a avaliación do impacto do cambio climático nos recursos hídricos. Nel, introducíronse as distintas proxeccións de precipitación e

temperatura co obxecto de estimar os cambios de evapotranspiración, recarga subterránea e escorrenta superficial respecto do período de referencia.

O modelo foi aplicado no Sistema Integrado de Simulación Precipitación Aportación² (SIMPA), desenvolvido polo CEDEX. Traballa a escala mensual con simulación en celas dun km² de resolución, e contempla almacenamentos de auga en solos e acuíferos, permitindo así, elaborar mapas con valores mensuais estimados da humidade do solo, a evapotranspiración real, a recarga a acuíferos e a escorrenta superficial.



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

Figura 1: Esquema conceptual do modelo SIMPA.

As Demarcacións Hidrográficas (D.H.)

Enténdese por Demarcación Hidrográfica (D.H.) aquela zona terrestre e mariña que está composta por unha ou varias concas hidrográficas veciñas e as augas de transición, subterráneas e costeiras asociadas a ditas concas, segundo o artigo 16 bis.1 do Texto Refundido da Lei de augas aprobado polo RDL 1/2001, do 20 de xullo.

Foi a Directiva Marco da Auga, aprobada no ano 2000, a que creou o concepto de Demarcación Hidrográfica e o RD 125/2007, de 2 de febreiro, o que fixou o ámbito territorial das Demarcacións Hidrográficas intercomunitarias. Para a conca intracomunitaria de Galicia Costa, O Decreto 132/2008, de 19 de xuño, modifica o regulamento de Augas de Galicia para dar cumprimento á Directiva marco no relativo á determinación do ámbito da Demarcación Hidrográfica de Galicia-Costa e establece que dita Demarcación comprende o territorio de todas as bacías hidrográficas sitas integramente dentro da Comunidade Autónoma de Galicia, así como as augas de transición a elas asociadas, xunto coas subbacías vertentes na marxe

² <http://hercules.cedex.es/hidrologia/pub/proyectos/simpa.htm>

esquerda da rías do Eo, e as augas costeiras ata o límite sur da liña de con orientación 270º que pasa pola punta Bazar ao norte da desembocadura do Miño e ata o límite Leste da liña con orientación 0º que pasa pola punta Penas Brancas, ao oeste da ría do Eo.

A delimitación das Demarcacións Hidrográficas intercomunitarias e a composición dos seus respectivos Comités de Autoridades Competentes fixéronse normativamente nos Reais Decretos e as súas modificacións, que se citan na táboa 2. Se ben, para o caso da conca intracomunitaria de Galicia Costa, o Comité de Autoridades Competentes na Demarcación Hidrográfica Galicia Costa créase a través do Decreto 32/2012, do 12 de xaneiro, polo que se aproba o Estatuto da entidade pública empresarial Augas de Galicia definíndose a súa composición segundo a resolución do 21 de marzo de 2013 (DOG nº 125 do 3 de xullo de 2013).

Demarcacións hidrográficas intercomunitarias
REAL DECRETO 126/2007, de 2 de febreiro, por el que se regulan la composición, funcionamiento y atribuciones de los comités de autoridades competentes de las demarcaciones hidrográficas con cuencas
REAL DECRETO 125/2007, de 2 de febreiro, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones
REAL DECRETO 29/2011, de 14 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 125/2007
REAL DECRETO 1626/2011, de 14 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 126/2007
Conca intracomunitaria de Galicia-Costa
DECRETO 132/2008, de 19 de junio, por el que se modifica el Reglamento del organismo autónomo Aguas de Galicia, aprobado por el Decreto 108/1996, de 29 de febreiro
DECRETO 32/2012, de 12 de enero, por el que se aprueba el Estatuto de la entidad pública empresarial

Fonte: Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente. Augas de Galicia

Táboa 2: Reais Decretos Demarcacións Hidrográficas.



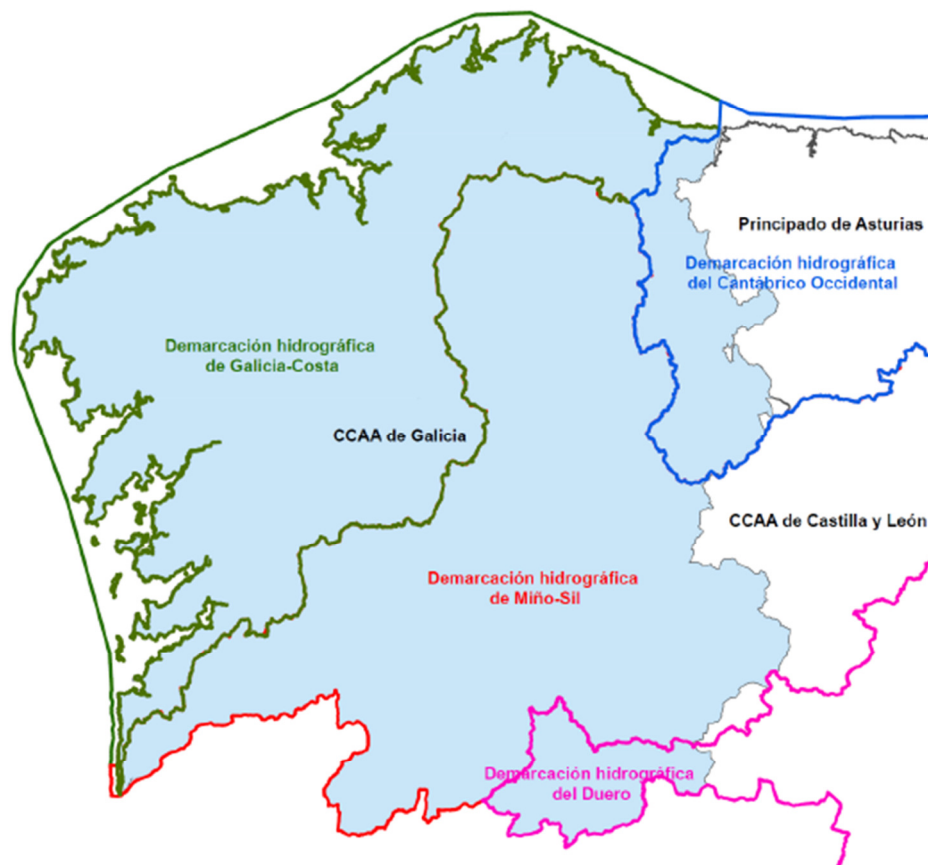
Fonte: Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente

Mapa 1: Mapa das Demarcacións Hidrográficas.

O día 4 de novembro do ano 2010 o Parlamento galego aprobou a Lei de Augas de Galicia 9/2010, cuxo artigo número 6 refírese ás Demarcacións Hidrográficas na Comunidade Autónoma.

Así, no punto 1, considera que aos efectos da mencionada lei, o territorio galego divídese en:

- a) A Demarcación Hidrográfica de Galicia-Costa, que inclúe as concas hidrográficas dos ríos que discorren na súa totalidade polo territorio de Galicia. Segundo o punto 2 da lei, esta Demarcación inclúe todas as augas subterráneas situadas baixo os límites definidos polas divisorias das concas, as correspondentes augas de transición e as augas costeiras delimitadas de acordo co que indica a normativa vixente.
- b) A parte galega da Demarcación Hidrográfica do Miño-Sil, que inclúe o territorio galego das concas hidrográficas dos ríos Miño e Sil.
- c) A parte galega da Demarcación Hidrográfica do Douro, que comprende a parte galega da conca do río Támega.
- d) A parte galega da Demarcación Hidrográfica do Cantábrico.



Fonte: Augas de Galicia

Mapa 2: Mapa das Demarcacións Hidrográficas Galegas.

5.3.- Impactos sobre os recursos hídricos en Galicia

A continuación describiranse, por un lado, os resultados obtidos no proxecto do PNACC, para a precipitación (PRE) e a evapotranspiración potencial (ETP) e, por outro, os derivados da utilización do modelo de recursos hídricos mensual de SIMPA para a simulación das sucesivas fases do ciclo hidrolóxico e estimación da evapotranspiración real (ETR), do estado de almacenamento no solo, da recarga subterránea (REC) e da escorrenta (ESC).

Tendo en conta que a análise espacial, desenvolvida no proxecto, para cada unha das variables consideradas é representada a través da desagregación por Demarcacións Hidrográficas (D.H.), neste epígrafe, tratarase de recompilar a maior información posible relativa ás Demarcacións Hidrográficas galegas consideradas. Ditas demarcacións son:

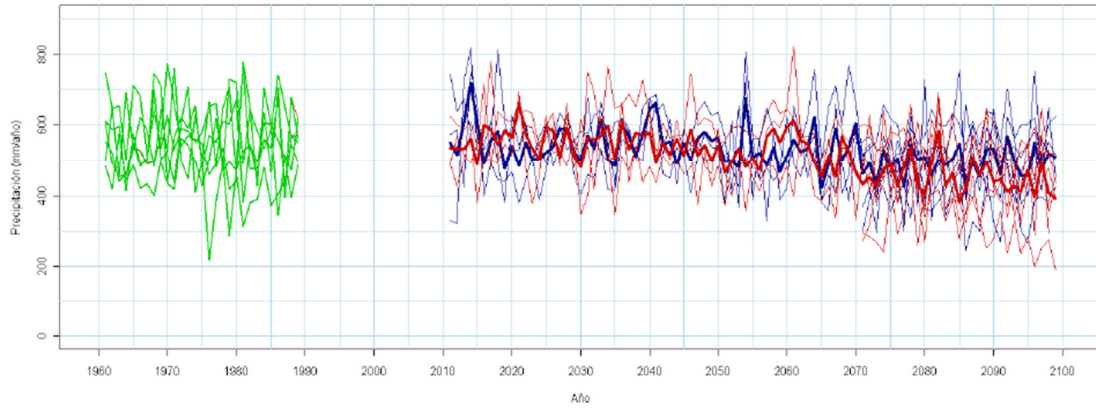
- D.H. Galicia-Costa
- D.H. Miño-Sil

A selección de ambas faise en base á súa distribución territorial, que abarca as catro provincias galegas e supón unha ampla superficie total que ven a representar a case totalidade do territorio galego. Descártanse as outras dúas: a D.H. do Douro e a D.H. do Cantábrico por ter, a parte galega, unha escasa representación respecto do total de cada unha das Demarcacións.

5.3.1.- Resultados

Precipitación (PRE)

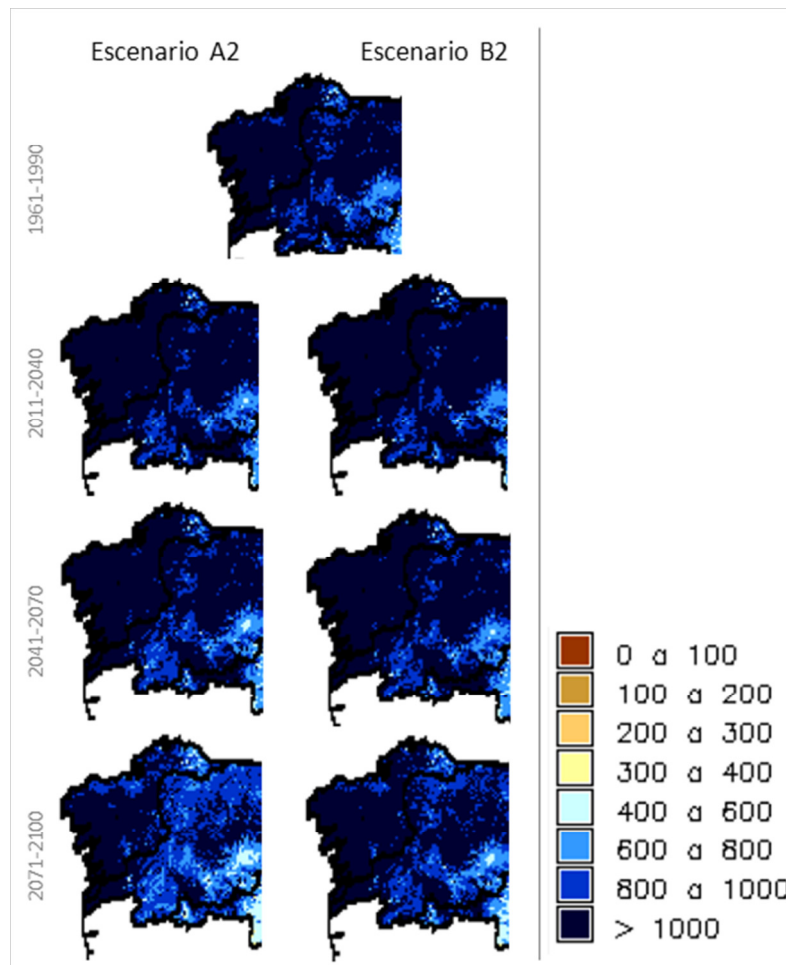
A precipitación amosa unha gran variabilidade con respecto do resto de variables do ciclo hidrolóxico, cunha tendencia xeral decrecente en relación ao período de control (1961-1990), aínda que si se dan singularidades en función do período, proxección e escenario. A tendencia mencionada é suave ao longo do primeiro período 2011-2040, agravándose a medida que avanza o século XXI.



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

Gráfica 1: Series de PRE anual en España. Escenario A2 (vermello), B2 (azul). Trazo grueso: media das proxeccións.

A análise dos seguintes mapas, obtidos mediante promedios do conxunto de proxeccións de cada escenario, non amosa tendencias significativas respecto do período de control, se ben, de cara ao último período (2071-2100), si se aprecia certa redución da PRE anual na zona interior, especialmente no escenario A2.

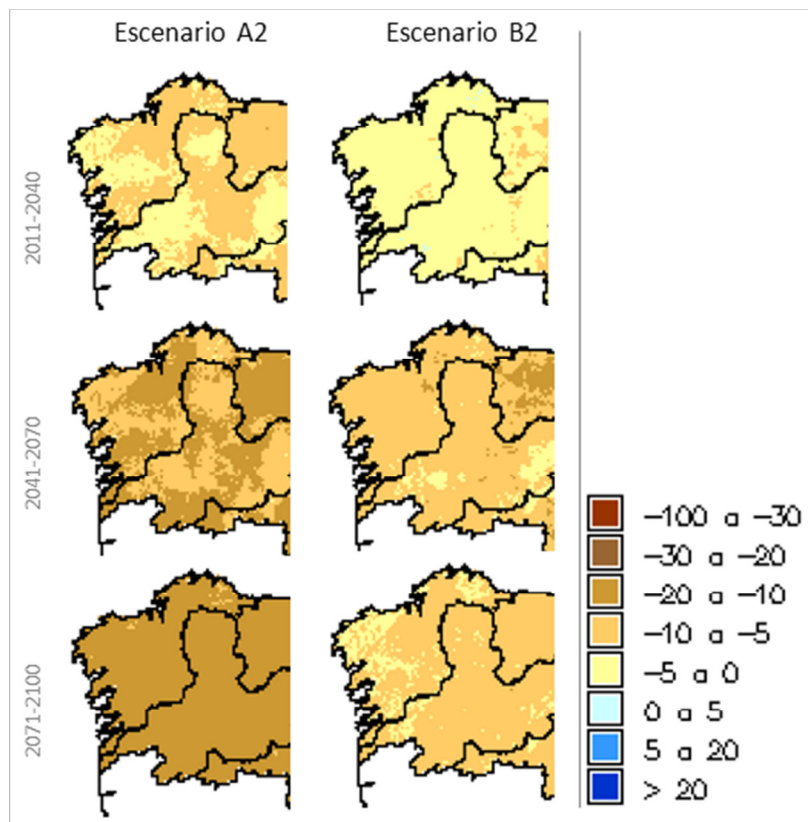


Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 2: PRE anual (mm) para o período de control e períodos do s.XXI.

A mesma conclusión pode sacarse da observación dos mapas de desviación da PRE media anual respecto da relativa ao período de control (Gráfica 3), coa maior redución (-10 a -20%) no escenario A2 no período 2071-2100.

Na táboa 3 que recolle as desviacións agregadas por demarcación hidrográfica, obsérvase que no ECHAM4-FIC aparecen as maiores reducións da PRE, especialmente no escenario A2 a partir do 2041, tanto en Galicia-Costa como en Miño-Sil. No HadAM3-FIC, danse aumentos en ambos escenarios.



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

Gráfica 3: Δ PRE anual (%) por período do s. XXI respecto do período de control.

D.H.	Período	Escenario A2		Escenario B2	
		Modelo Global	Rexion-alización	Modelo Global	Rexion-alización
Galicia Costa		CGCM2	FIC	CGCM2	FIC
	2011-2040	-2		1	
	2041-2070	-4		-4	
	2071-2100	-14		-2	
		ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC
	2011-2040	-14		-9	
	2041-2070	-23		-15	
	2071-2100	-27		-18	
		HadAM3	FIC	HadAM3	FIC
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100	5		1	
		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM
	2011-2040	-2		-3	
	2041-2070	-6		-5	
	2071-2100	-20		-1	
		HadCM3	PROMES	HadCM3	PROMES
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100	-12		-8	
	ECHAM4	RCAO	ECHAM4	RCAO	
2011-2040					
2041-2070					
2071-2100	-24		-10		
		Media		Media	
2011-2040	-6		-3		
2041-2070	-11		-8		
2071-2100	-16		-6		
Miño - Sil		CGCM2	FIC	CGCM2	FIC
	2011-2040	-2		0	
	2041-2070	-5		-4	
	2071-2100	-14		-2	
		ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC
	2011-2040	-15		-10	
	2041-2070	-24		-16	
	2071-2100	-28		-19	
		HadAM3	FIC	HadAM3	FIC
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100	7		2	
		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM
	2011-2040	-1		0	
	2041-2070	-3		-3	
	2071-2100	-18		2	
		HadCM3	PROMES	HadCM3	PROMES
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100	-13		-8	
	ECHAM4	RCAO	ECHAM4	RCAO	
2011-2040					
2041-2070					
2071-2100	-29		-13		
		Media		Media	
2011-2040	-6		-3		
2041-2070	-10		-7		
2071-2100	-17		-6		

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

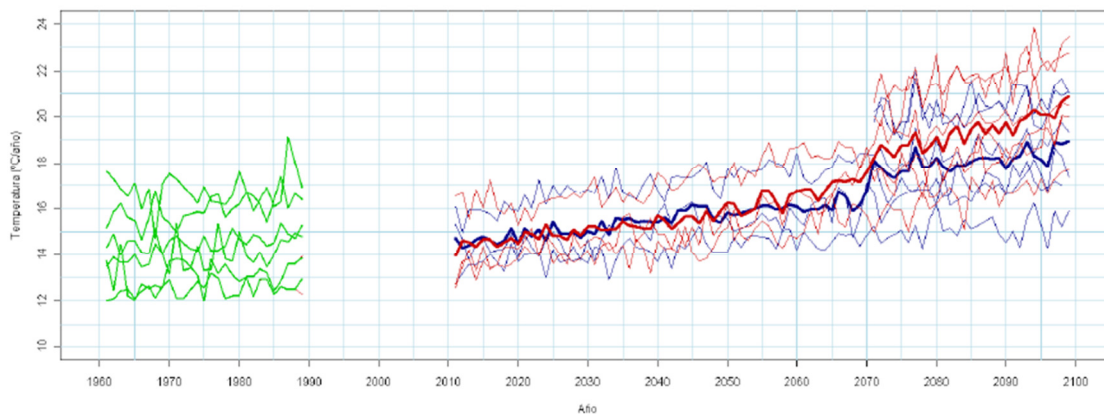
Táboa 3: Δ PRE anual (%) por D.H., proxección e período.

Evapotranspiración potencial (ETP)

A evapotranspiración potencial (ETP) é a cantidade máxima de auga que se pode evaporar desde un solo completamente cuberto de vexetación, desenvolvido en óptimas condicións e sen limitacións na dispoñibilidade de auga.

Na medida en que o cálculo da ETP faise en base á temperatura (TEM), resumiranse primeiramente os resultados do proxecto do PNACC para a mesma. Así, na seguinte gráfica obsérvase a evolución anual da TEM en España, que constata un quentamento no horizonte temporal da análise. Tendo en conta os valores medios das proxeccións relativas ao escenario A2, no período 2011-2040 os incrementos medios son arredor do 1,5°C, no 2041-2070 de 2,9°C e no 2071-2100 de 4,8°C. No B2 son de 1,6°C, 2,5°C e 3,6°C, respectivamente.

Unha aproximación lineal ao gradiente de TEM estima de media un aumento, nos escenarios A2, de arredor a 5,5°C/100 anos e 3,3°C nos B2.



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

Gráfica 4: Series de TEM anual en España. Escenario A2 (vermello), B2 (azul). Trazo grosso: media das proxeccións.

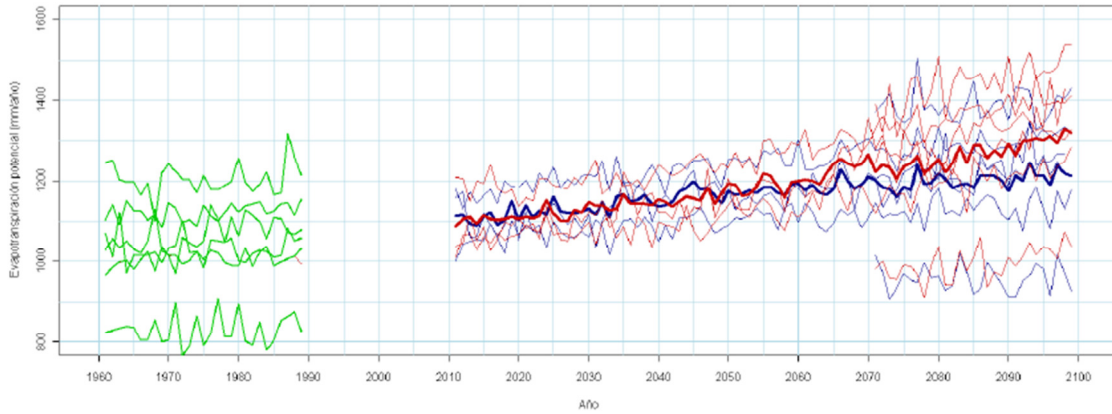
A análise por D.H. amosa que é o modelo global ECHAM4, con rexionalizacións FIC e RAO que rexistra maiores incrementos da TEM, algo maiores na D.H. Miño-Sil, chegando a estimar un aumento de 5,9°C nesta demarcación (ECHAM4- RAO-A2).

D.H.	Período	Escenario A2		Escenario B2	
		Modelo Global	Rexionalización	Modelo Global	Rexionalización
Galicia Costa	2011-2040 2041-2070 2071-2100	CGCM2	FIC	CGCM2	FIC
			1,0	0,9	
			1,8	1,4	
	2041-2070		2,9	1,9	
		ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC
			1,5	1,6	
	2071-2100		2,8	2,5	
			4,1	3,3	
		HadAM3	FIC	HadAM3	FIC
	2011-2040 2041-2070 2071-2100				
			3,1	2,4	
		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM
	2011-2040 2041-2070 2071-2100		0,7	0,9	
			1,8	1,6	
			3,4	2,4	
	2071-2100	HadCM3	PROMES	HadCM3	PROMES
			3,1	2,2	
2011-2040 2041-2070 2071-2100	ECHAM4	RCAO	ECHAM4	RCAO	
		5,0	4,1		
	Media	Media			
2011-2040 2041-2070 2071-2100		1,1	1,1		
		2,1	1,8		
		3,6	2,7		
Miño - Sil	2011-2040 2041-2070 2071-2100	CGCM2	FIC	CGCM2	FIC
			1,2	1,1	
			2,3	1,8	
	2041-2070		3,7	2,4	
		ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC
			1,9	1,9	
	2071-2100		3,4	3,0	
			5,1	4,1	
		HadAM3	FIC	HadAM3	FIC
	2011-2040 2041-2070 2071-2100				
			4,1	3,2	
		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM
	2011-2040 2041-2070 2071-2100		1,0	1,1	
			2,3	2,2	
			4,4	3,1	
	2071-2100	HadCM3	PROMES	HadCM3	PROMES
			3,8	2,7	
2011-2040 2041-2070 2071-2100	ECHAM4	RCAO	ECHAM4	RCAO	
		5,9	4,6		
	Media	Media			
2011-2040 2041-2070 2071-2100		1,4	1,4		
		2,7	2,3		
		4,5	3,3		

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

Táboa 4: Δ TEM anual (°C) por D.H., proxección e período.

As variacións na ETP³ son o reflexo das amosadas para a TEM, estimándose incrementos en toda España, con valores medios de entre 6 e 28%, maiores nos escenarios A2.

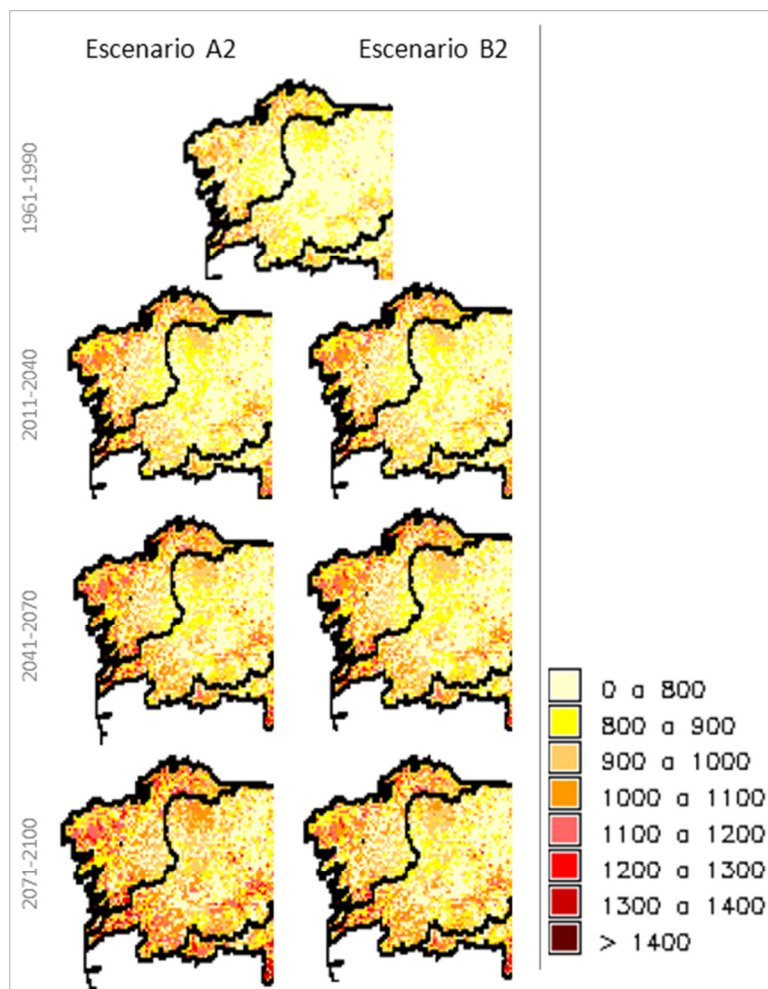


Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 5: Series de ETP anual en España. Período de control (verde), escenario A2 (vermello), B2 (azul). Trazo grueso: media das proxeccións.

Tamén se aprecian aumentos progresivos da ETP nos mapas galegos, especialmente no litoral e sur da comunidade, se ben, os valores respecto do resto de España son inferiores, comportamento que se da en todo o norte peninsular.

³ Calculada mediante a combinación dos métodos Penman-Monteith e Hargreaves.
 $ETP_r = 0,0023 \cdot (TDM + 17,8) \cdot (TMX - TMN)^{0,5} \cdot R_A$

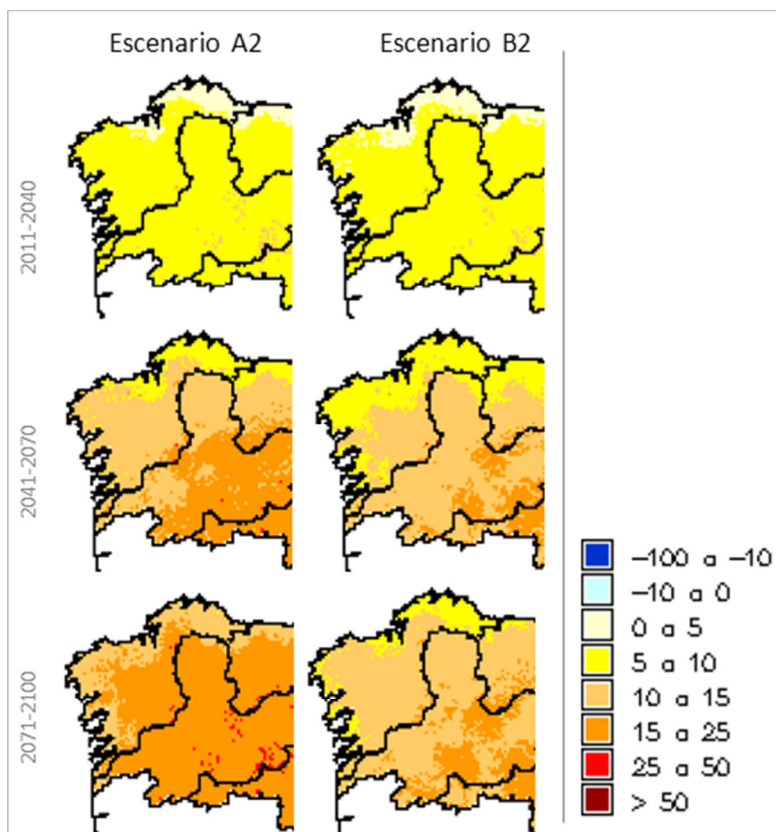


Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 6: ETP anual promedio das proxeccións. Período de control e s.XXI

A continuación, a gráfica 7 mostra as desviacións dos promedios da ETP de cada período respecto do control. Todos os mapas representan desviacións positivas, con tendencia ao incremento, maior no escenario A2.

Na táboa 5 obsérvase que é o ECHAM4-RCAO o que rexistra maiores aumentos nas demarcacións galegas consideradas, en maior proporción na D.H. Miño-Sil, na que chega a estimar un incremento do 30%.



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

Gráfica 7: ΔETP (%) en cada período do s.XXI respecto de período de control.

D.H.	Período	Escenario A2		Escenario B2	
		Modelo Global	Rexionalización	Modelo Global	Rexionalización
Galicia Costa	2011-2040	CGCM2	5	CGCM2	4
	2041-2070	FIC	9	FIC	7
	2071-2100	FIC	15	FIC	9
	2011-2040	ECHAM4	6	ECHAM4	6
	2041-2070	FIC	12	FIC	10
	2071-2100	FIC	19	FIC	14
	2011-2040	HadAM3		HadAM3	
	2041-2070	FIC		FIC	
	2071-2100	FIC	14	FIC	10
	2011-2040	HadCM3	5	HadCM3	5
	2041-2070	SDSM	10	SDSM	10
	2071-2100	SDSM	20	SDSM	13
	2011-2040	HadCM3		HadCM3	
	2041-2070	PROMES		PROMES	
	2071-2100	PROMES	19	PROMES	14
	2011-2040	ECHAM4		ECHAM4	
	2041-2070	RCAO		RCAO	
	2071-2100	RCAO	23	RCAO	17
		Media		Media	
2011-2040			5		5
2041-2070			10		9
2071-2100			18		13
Miño - Sil	2011-2040	CGCM2	7	CGCM2	5
	2041-2070	FIC	13	FIC	10
	2071-2100	FIC	22	FIC	13
	2011-2040	ECHAM4	8	ECHAM4	8
	2041-2070	FIC	16	FIC	14
	2071-2100	FIC	26	FIC	19
	2011-2040	HadAM3		HadAM3	
	2041-2070	FIC		FIC	
	2071-2100	FIC	20	FIC	15
	2011-2040	HadCM3	7	HadCM3	7
	2041-2070	SDSM	15	SDSM	15
	2071-2100	SDSM	30	SDSM	20
	2011-2040	HadCM3		HadCM3	
	2041-2070	PROMES		PROMES	
	2071-2100	PROMES	23	PROMES	18
	2011-2040	ECHAM4		ECHAM4	
	2041-2070	RCAO		RCAO	
	2071-2100	RCAO	29	RCAO	20
		Media		Media	
2011-2040			7		7
2041-2070			15		13
2071-2100			25		17

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

Táboa 5: ΔETP (%) por D.H., proxección e período.

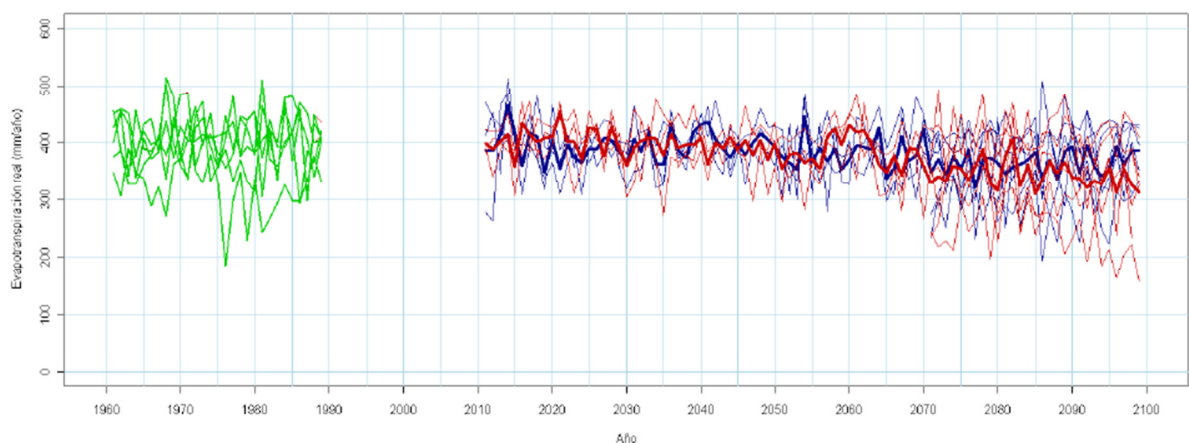
Evapotranspiración real (ETR)

A evapotranspiración consiste na perda de humidade dunha superficie pola evaporación directa, xunto coa perda da auga por transpiración da vexetación. A evapotranspiración que ocorre na realidade na que se atopa o cultivo no campo, difire ás veces dos límites máximos ou potenciais establecidos, así, para facer referencia á cantidade de auga efectivamente utilizada pola evapotranspiración, debe empregarse o concepto de evapotranspiración actual ou efectiva, ou mais axeitadamente, o de evapotranspiración real (ETR).

A ETR é mais difícil de calcular que a ETP ou que a ETO (*evapotranspiración de referencia* - similar á ETP pero aplicada a un cultivo específico estándar, de crecemento activo, que cubre totalmente o solo e sen déficit hídrico), xa que ademais das condicións atmosféricas que inflúen na ETP e na ETO, intervén a magnitude das reservas de humidade do solo e os requirimentos dos cultivos.

Na análise, o modelo SIMPA estima a ETR en base a características climáticas, como a evapotranspiración potencial (ETP) e hidrolóxicas, como o modelo de xeración da escorrenta (ESC) e capacidade de almacenamento no solo.

As proxeccións sinalan un ascenso da ETP o que daría lugar a un aumento da ETR si existise dispoñibilidade de auga suficiente. Sen embargo, a precipitación (PRE) e as dispoñibilidades mensuais de auga diminúen o que implica que a evolución anual da PRE e da ETR sexa decrecente. Así, no escenario A2, as proxeccións, en termos medios para España, apuntan a diminucións de -3% (2011-2040), -7% (2041-2070) e -13% (2071-2100). Sendo no B2, de -5% (2011-2040), -6% (2041-2070) e -7% (2071-2100).

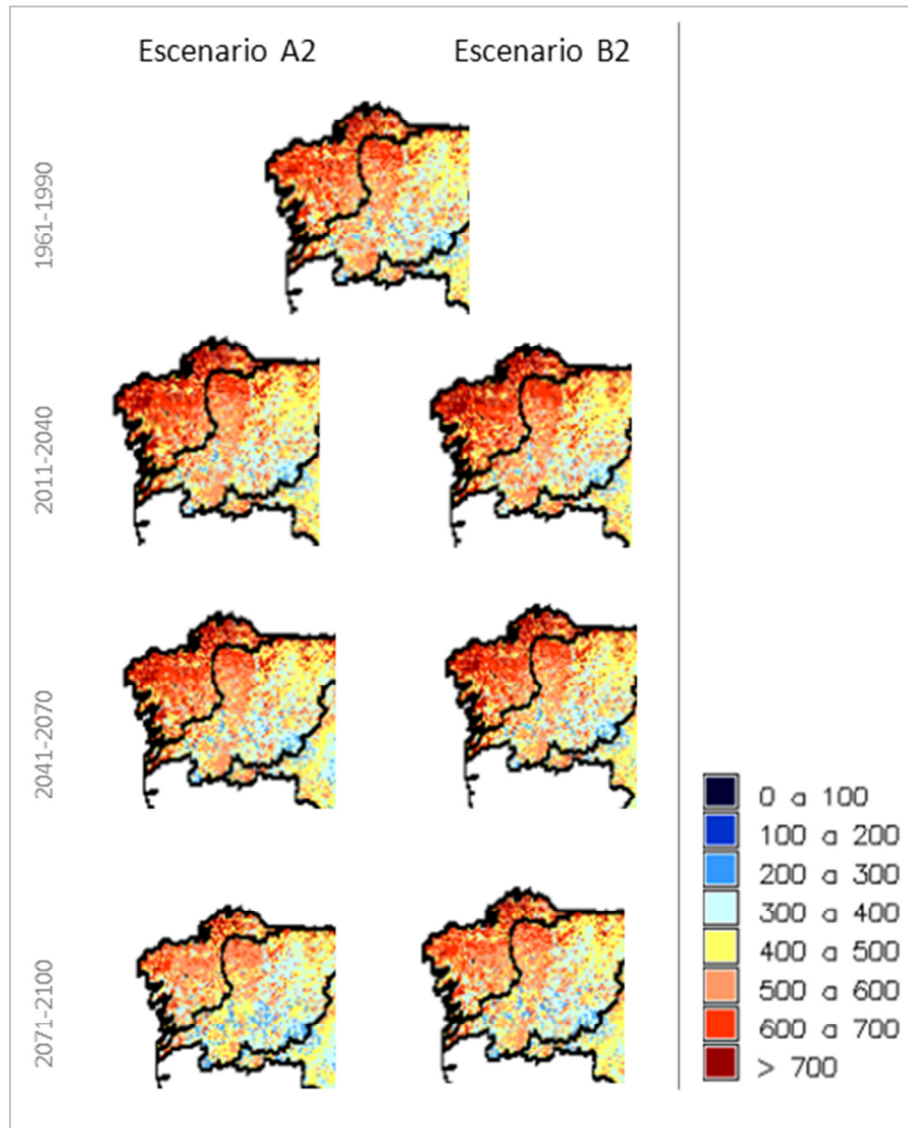


Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 8: Series de ETR (mm) anual en España. Período de control (verde), A2 (vermello), B2 (azul). Trazo grosso: media das proxeccións.

A análise para Galicia dos valores medios da ETR para cada un dos períodos considerados, mostra que, ao igual que sucede no caso peninsular, na observación dos mapas (gráfica 9) non

son apreciables diferencias significativas en ambos escenarios, a excepción do último período da análise (2071-2100), en que si se observa certa diminución na dispoñibilidade de auga.

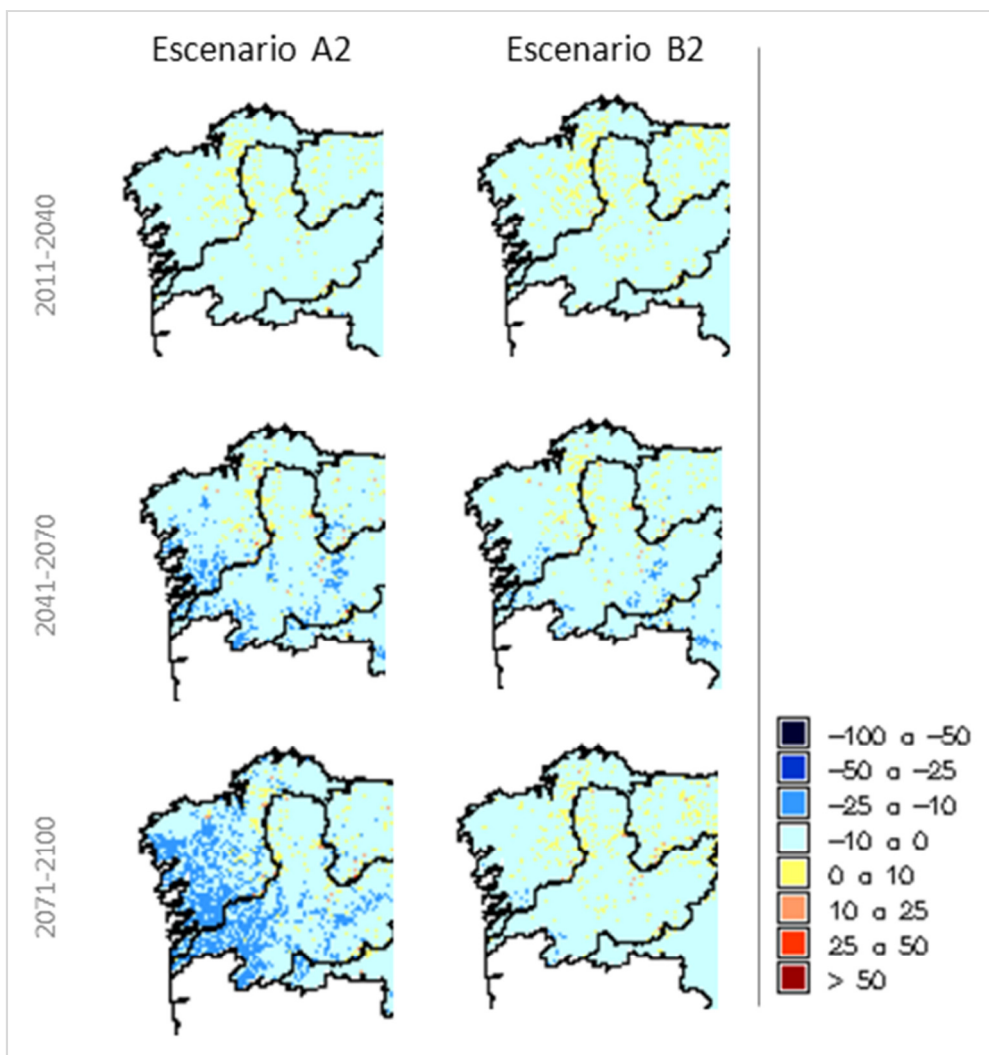


Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 9: ETR (mm) media anual no período de control e por período do século XXI.

O estudo das tendencias da ETR determínase en termos de variación porcentual respecto do período de control (1961-1990) e faise para os escenarios futuros de emisións (A2 e B2) nos distintos períodos temporais.

Dito estudo amosa unha lixeira diminución xeneralizada a toda a xeografía galega no período 2011-2040, a excepción de certos puntos localizados no límite provincial entre A Coruña e Lugo nos que a ETR aumenta. No 2041-2070, obsérvase nos mapas a aparición de puntos de maior diminución da ETR, sobre todo no suroeste da Comunidade, tendencia que se agudiza de cara ao último período considerado (2071-2100) para o escenario A2.



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

Gráfica 10: Δ ETR (%) por período do século XXI respecto ao período de control.

Os valores concretos das desviacións respecto do período de control, para cada unha das D.H. galegas consideradas, poden apreciarse na seguinte táboa (táboa 6) para as diferentes proxeccións realizadas cos distintos modelos globais e rexionalizacións, nos dous escenarios de emisión de gases de efecto invernadoiro (A2 e B2) e os tres períodos temporais considerados (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100).

Os resultados amosan unha diminución, en termos porcentuais, da ETR cuxos valores medios se reducen no tempo, algo mais no escenario A2 que no B2, tanto na demarcación de Galicia Costa como na do Miño-Sil.

D.H.	Período	Escenario A2		Escenario B2		
		Modelo Global	Rexiona-lización	Modelo Global	Rexiona-lización	
Galicia Costa	2011-2040	CGCM2	FIC	CGCM2	FIC	
	2041-2070		-3		-1	
	2071-2100		-6		-2	
	2011-2040	ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC	
	2041-2070		-7		-4	
	2071-2100		-11		-7	
	2011-2040	HadAM3	FIC	HadAM3	FIC	
	2041-2070		-2		-3	
	2071-2100		-16		-10	
	2011-2040	HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM	
	2041-2070		-5		-4	
	2071-2100		-8		-7	
	2011-2040	HadCM3	PROMES	HadCM3	PROMES	
	2041-2070		-7		-7	
	2071-2100		-17		-10	
	2011-2040	ECHAM4	RCAO	ECHAM4	RCAO	
	2041-2070		-21		-10	
	2071-2100		-21		-10	
	2011-2040		Media		Media	
	2041-2070		-5		-3	
	2071-2100		-8		-6	
	2011-2040		-11		-7	
	Miño - Sil	2011-2040	CGCM2	FIC	CGCM2	FIC
		2041-2070		-3		-1
2071-2100			-3		-2	
2011-2040		ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC	
2041-2070			-4		-1	
2071-2100			-8		-5	
2011-2040		HadAM3	FIC	HadAM3	FIC	
2041-2070			-12		-8	
2071-2100			-16		-11	
2011-2040		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM	
2041-2070			2		0	
2071-2100			-5		-4	
2011-2040		HadCM3	PROMES	HadCM3	PROMES	
2041-2070			-7		-9	
2071-2100			-16		-10	
2011-2040		ECHAM4	RCAO	ECHAM4	RCAO	
2041-2070			-6		-7	
2071-2100			-22		-10	
2011-2040			Media		Media	
2041-2070			-5		-3	
2071-2100			-7		-7	
2011-2040			-10		-6	

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

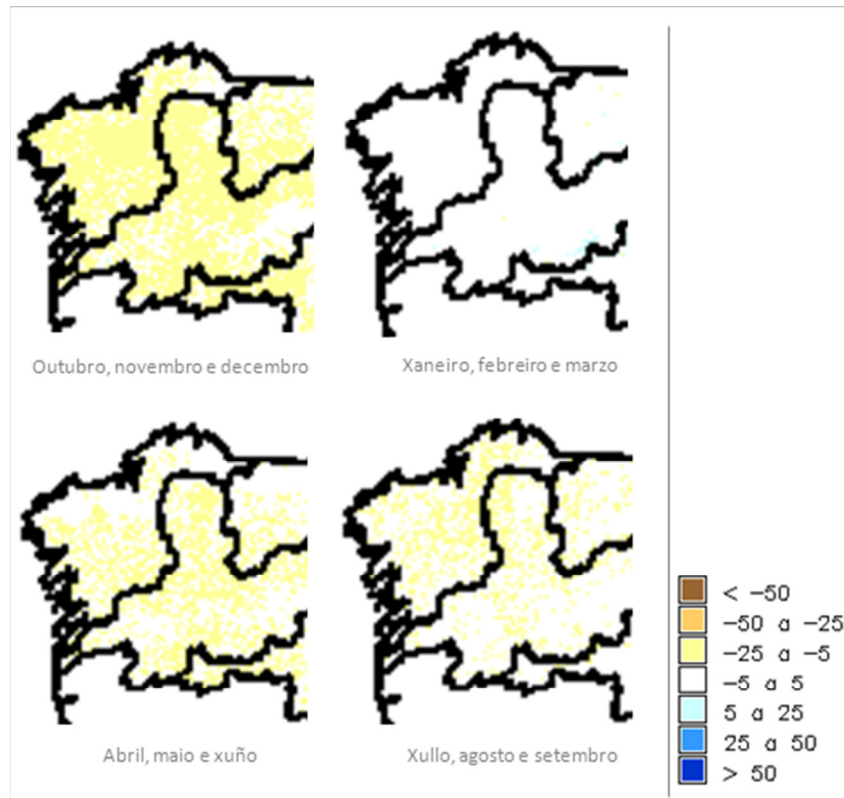
Táboa 6: Δ ETR (%) por D.H., proxección e período.

Humidade no solo

A humidade do solo é a cantidade de auga almacenada tanto dentro, como na superficie das terras, dispoñible para a evaporación. Tamén pode entenderse como a humidade contida na porción do solo por encima do nivel freático, incluíndo o vapor de auga nos poros do solo.

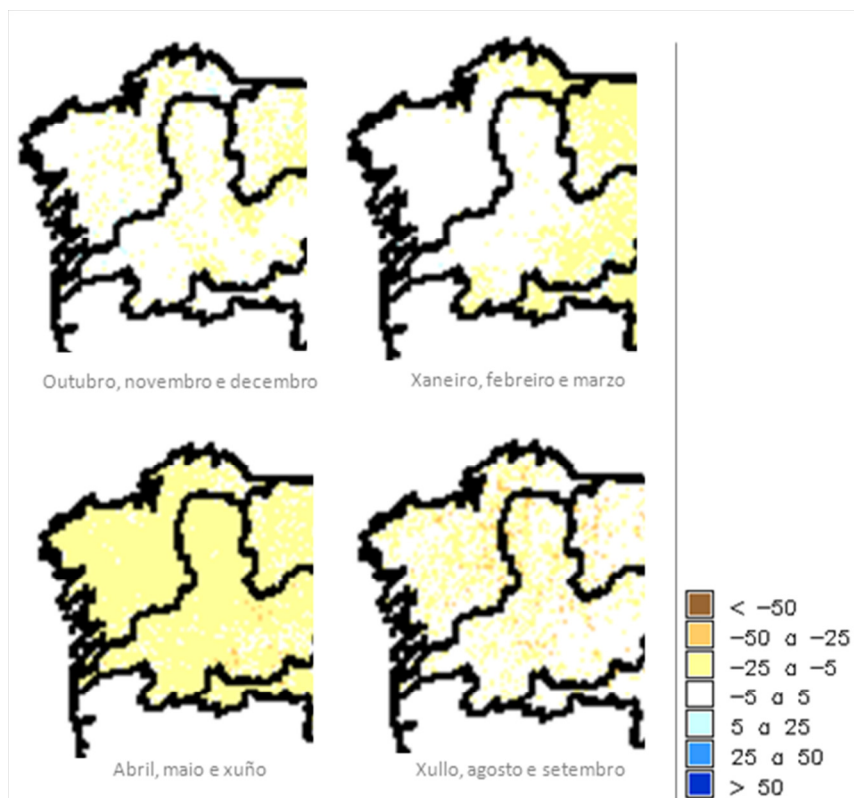
Segundo o modelo hidrolóxico aplicado na análise (SIMPA), para cada cela do solo realízase o balance da auga que permite a estimación da dispoñibilidade da auga e a evapotranspiración real (ETR). Así, a auga procedente da precipitación (PRE) acumúlase no solo segundo o esquema de xeración de escorrenta (ESC) e da humidade máxima almacenable no solo ($H_{m\acute{a}x}$). O solo baléirase segundo a demanda de auga ou evapotranspiración potencial (ETP); sendo, deste xeito, o resultado mensual do modelo, o estado final de almacenamento de auga no solo, HMS.

Unha primeira análise de impacto, refírese á avaliación do descenso medio da porcentaxe de almacenamento de auga no solo (HSM), estandarizado pola humidade máxima almacenable ($H_{m\acute{a}x}$), en cada período do século XXI respecto do período de control (1961-1990).



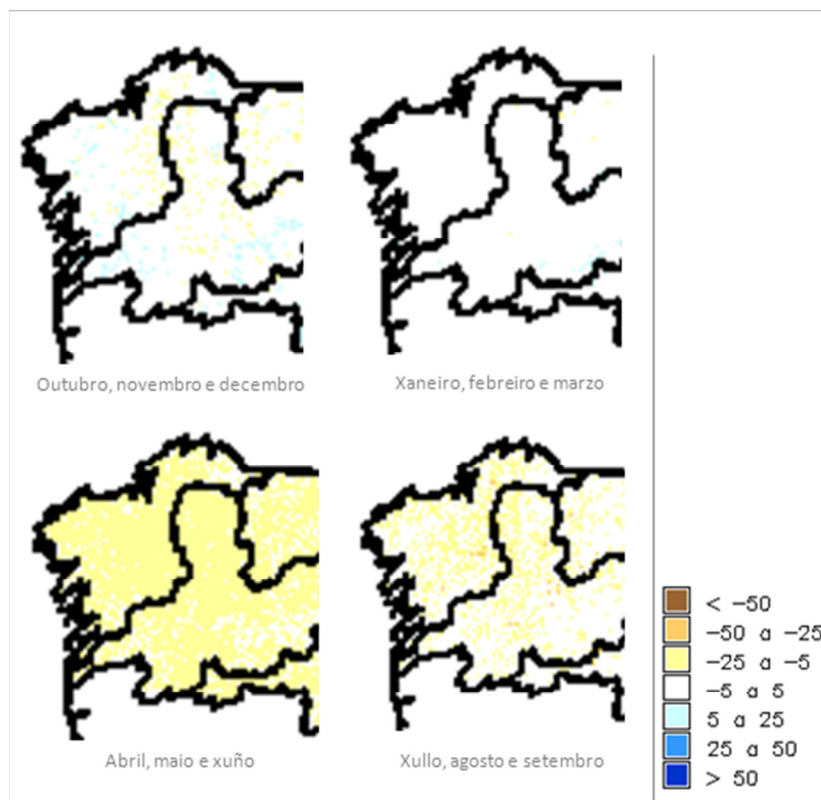
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 11: Variación $HMS/H_{m\acute{a}x}$ (%) do período 2011-2040 respecto do período de control, escenario A2.



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

Gráfica 12: Variación $HMS/H_{m\acute{a}x}$ (%) do período 2071-2100 respecto do período de control, escenario A2.



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

Gráfica 13: Variación $HMS/H_{máx}$ (%) do período 2071-2100 respecto do período de control, escenario B2.

A nivel peninsular se observa un empeoramento do impacto cara final de século para o escenario A2 e unha recuperación para o B2; as variacións prodúcense fundamentalmente no outono e inverno, sendo o impacto desprezable no verán, debido a que o solo está tradicionalmente seco. Nos mapas galegos, o maior impacto ten lugar nos meses de outubro a decembro no período 2011-2040 (escenario A2), trasladándose aos meses de abril a xuño de cara a finais de século para ambos escenarios. As variacións son practicamente nulas de xaneiro a marzo en todos os mapas.

Os resultados da análise como índice de territorio⁴, da desviación do contido total de auga no solo respecto á do período de control, para cada unha das dúas D.H. consideradas, amósase a continuación na táboa 7. Obsérvanse ao longo do período 2011-2040 descensos dos valores anuais medios de entre -7 e -9%, algo maiores no escenario A2, seguindo así, o comportamento xeral das D.H. do norte peninsular, que presentan reducións en torno ao 8%. Non existen tampouco, ao igual que no resto de España, grandes discrepancias entre proxeccións, recollendo os peores resultados o modelo ECHAM4 con redución de entre -12 a -17%, mais negativas para o escenario A2.

⁴ Emprégase como índice de cada territorio a desviación do contido total de auga no solo respecto do período de control.

No 2041-2070, a diminución nos valores anuais medios están entre o -11 e o -13%, estando por debaixo da media nacional que é de -18%, se ben, compre mencionar que o modelo ECHAM4 prevé reducións dun -22% na D.H. Galicia-Costa e dun -23 na D.H. Miño-Sil, no escenario A2.

No ultimo período (2071-2100), o descenso nos valores anuais medios sitúanse entre -15 e -22%, sendo a media española do -28% para todos os escenarios. Obsérvase así, que as D.H. consideradas supoñen os menores descensos en comparación co resto nacional.

D.H.	Período	Escenario A2		Escenario B2	
		Modelo Global	Rexionalización	Modelo Global	Rexionalización
Galicia Costa		CGCM2	AnFIC	CGCM2	AnFIC
	2011-2040		-6		-3
	2041-2070		-8		-7
	2071-2100		-18		-9
		ECHAM4	AnFIC	ECHAM4	AnFIC
	2011-2040		-15		-12
	2041-2070		-22		-17
	2071-2100		-28		-23
		HadAM3	AnFIC	HadAM3	AnFIC
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100		-8		-10
		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM
	2011-2040		-5		-7
	2041-2070		-9		-10
	2071-2100		-21		-11
		HadCM3	PRUDENCE - UCM	HadCM3	PRUDENCE - UCM
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100		-23		-16
		ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	ECHAM4	PRUDENCE - SMHI
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100		-32		-23
		Media		Media	
2011-2040		-9		-7	
2041-2070		-13		-11	
2071-2100		-22		-15	
Miño - Sil		CGCM2	AnFIC	CGCM2	AnFIC
	2011-2040		-5		-2
	2041-2070		-9		-7
	2071-2100		-18		-9
		ECHAM4	AnFIC	ECHAM4	AnFIC
	2011-2040		-17		-15
	2041-2070		-23		-20
	2071-2100		-31		-25
		HadAM3	AnFIC	HadAM3	AnFIC
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100		-9		-11
		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM
	2011-2040		-5		-7
	2041-2070		-8		-10
	2071-2100		-22		-11
		HadCM3	PRUDENCE - UCM	HadCM3	PRUDENCE - UCM
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100		-21		-14
		ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	ECHAM4	PRUDENCE - SMHI
	2011-2040				
	2041-2070				
	2071-2100		-31		-22
		Media		Media	
2011-2040		-9		-8	
2041-2070		-13		-12	
2071-2100		-22		-15	

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

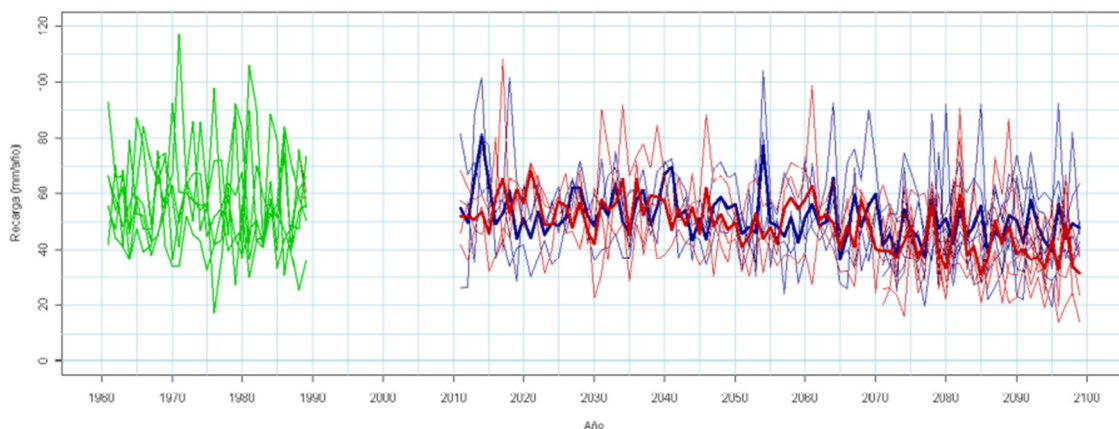
Táboa 7: Δ HMS (%) por D.H., proxección e período.

Recarga e volume subterráneo

A recarga (REC) é o proceso polo que se engade auga externa á zona de saturación dun acuífero, ben en forma directa dunha formación, ben indirecta, por medio doutra formación.

A recarga no modelo hidrolóxico de Témex⁵ depende de dous factores: do parámetro de condutividade hidráulica vertical (mm/mes) e da carga de excedente calculada mensualmente polo modelo. A maior condutividade ou carga de auga, maior infiltración mensual. O cálculo faise só para celas definidas como acuífero, asumíndose nula no resto.

O valor medio da REC en España do conxunto de proxeccións presenta unha tendencia decrecente. Os valores son similares para os escenarios A2 e B2 ata o 2070 , pero de cara ao último (2071-2100), é o escenario A2 o que acusa maior descenso.



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

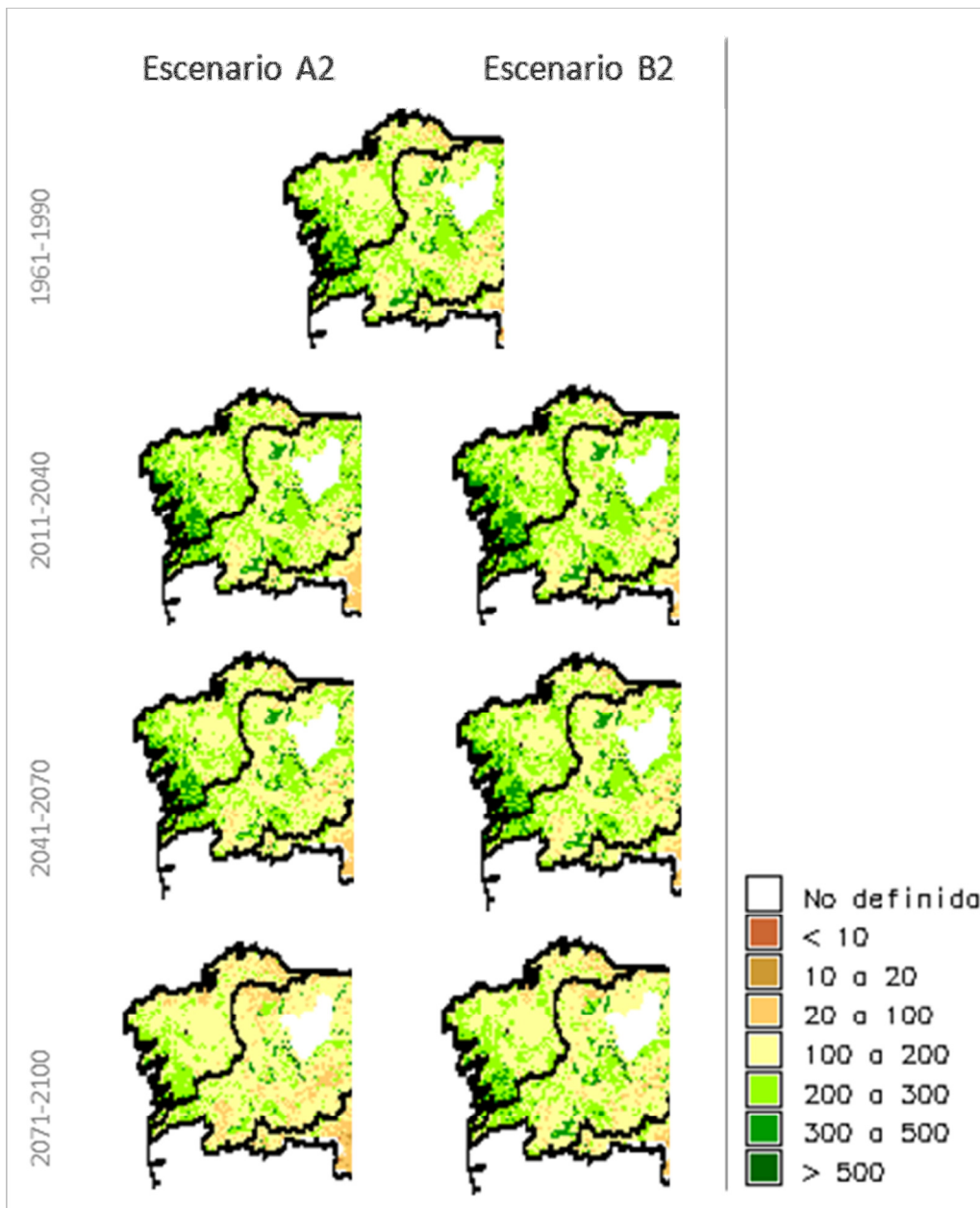
Gráfica 14: Series de REC anual en España. Verde-período de control, vermello-escenario A2, azul-escenario B2.

Trazo grosso-media das proxeccións.

A continuación (Gráfica 15) amósanse os mapas de REC representativos das medias anuais do conxunto de proxeccións, para cada período e escenario. A categoría definida como “No definida” representa os conxuntos de celas non definidos como unidades hidroxeolóxicas e aqueles con REC media anual inferior a 1 mm.

A observación dos mapas non permite apreciar cambios significativos entre os escenarios e tampouco entre os distintos períodos, con valores de REC superiores aos 100 mm/ano en toda a xeografía galega, con amplas zonas que superan os 200 mm/ano. Si se observa certa redución desas zonas de mais de 200 mm/ano, no 2041-2070 agravándose de cara ao último período (2071-2100), con incidencia algo menor no escenario B2.

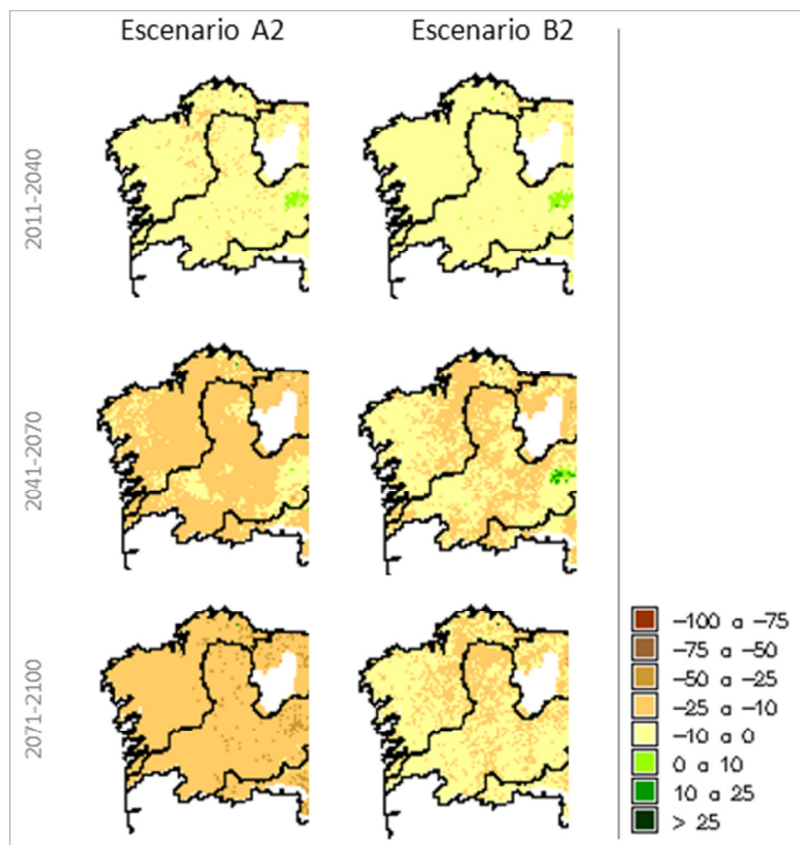
⁵ Modelo hidrolóxico de simulación continua de caudais medios mensuais en función de precipitacións acumuladas mensuais e evapotranspiracións potenciais. Desenvolvido no 1977 por J.R. Témex, seu uso en España está moi estendido. Este modelo permite que se produzan excedentes de auga aínda que o solo non estea cheo, realizando un reparto do excedente máis realista que outros modelos entre a auga que escorre superficialmente e a auga que infiltra ao acuífero. Considera unha única zona de almacenamento no solo.



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

Gráfica 15: REC anual simulada para o período de control e por período do século XXI.

A continuación, amósanse na gráfica 16 os mapas de desviacións da REC respecto do período de control. Ditros resultados, en termos porcentuais, permiten obter as mesmas conclusións con certas reducións da REC a partir do 2041-2070, que se acentúan no tempo, con maior incidencia para o escenario A2. Os valores por D.H. están recollidos na táboa 8, detectándose en ambas demarcacións (Galicia-Costa e Miño-Sil) comportamentos semellantes coincidentes coas tendencias descritas con anterioridade.



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

Gráfica 16: Δ REC anual (%) por período do século XXI respecto ao período de control.

D.H.	Período	Escenario A2		Escenario B2	
		Modelo Global	Rexiona- lización	Modelo Global	Rexiona- lización
Galicia Costa	2011-2040 2041-2070 2071-2100	CGCM2	FIC	CGCM2	FIC
		-4	0	-6	-6
		-5	-16	-6	-6
	2011-2040 2041-2070 2071-2100	ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC
		-16	-24	-11	-16
		-30	-21	-21	-21
	2011-2040 2041-2070 2071-2100	HadAM3	FIC	HadAM3	FIC
		0	-6	-6	-6
		-19	-11	-11	-11
	2011-2040 2041-2070 2071-2100	HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM
		-5	-8	-6	-10
		-22	-8	-8	-8
	2011-2040 2041-2070 2071-2100	HadCM3	PRUDENCE - UCM	HadCM3	PRUDENCE - UCM
		-19	-11	-11	-11
		-19	-11	-11	-11
2011-2040 2041-2070 2071-2100	ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	
	-34	-17	-17	-17	
	-34	-17	-17	-17	
2011-2040 2041-2070 2071-2100	Media		Media		
	-8	-12	-6	-10	
	-20	-11	-11	-11	
Miño - Sil	2011-2040 2041-2070 2071-2100	CGCM2	FIC	CGCM2	FIC
		-2	0	-5	-5
		-5	-16	-5	-5
	2011-2040 2041-2070 2071-2100	ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC
		-18	-28	-14	-18
		-34	-23	-23	-23
	2011-2040 2041-2070 2071-2100	HadAM3	FIC	HadAM3	FIC
		2	-4	-4	-4
		2	-4	-4	-4
	2011-2040 2041-2070 2071-2100	HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM
		-4	-5	-4	-8
		-22	-4	-4	-4
	2011-2040 2041-2070 2071-2100	HadCM3	PRUDENCE - UCM	HadCM3	PRUDENCE - UCM
		-18	-9	-9	-9
		-18	-9	-9	-9
2011-2040 2041-2070 2071-2100	ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	
	-36	-19	-19	-19	
	-36	-19	-19	-19	
2011-2040 2041-2070 2071-2100	Media		Media		
	-7	-12	-5	-10	
	-21	-11	-11	-11	

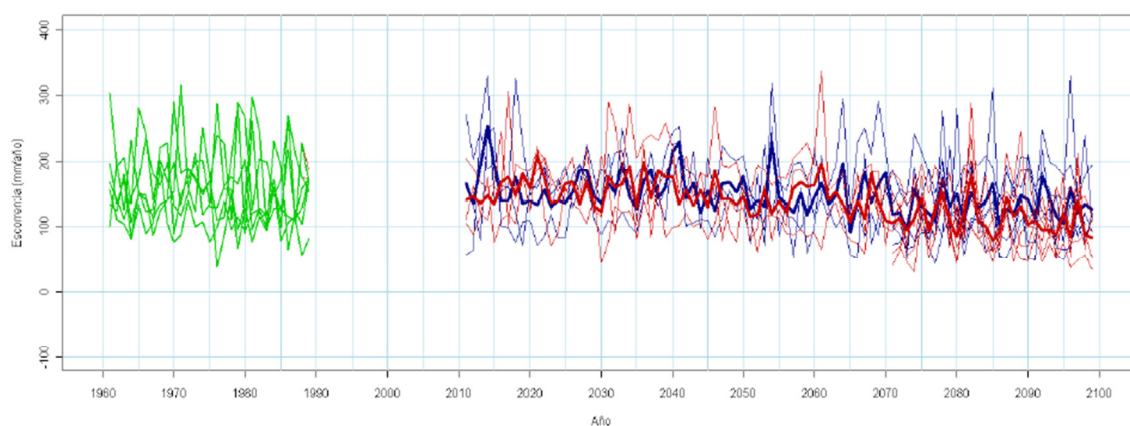
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Táboa 8: Δ REC anual (%) por D.H., proxección e período.

Escorrenta (ESC)

A escorrenta (ESC) é aquela parte das precipitacións que non se evapora, ou ben, a parte da precipitación que se presenta en forma de fluxo de auga. Pode falarse de escorrenta superficial cando só se considera a parte da precipitación que flúe pola superficie do solo ata a corrente máis próxima. De escorrenta subterránea, como parte da escorrenta dun curso de auga que, provinte dun acuífero, rexurdiu na canle a través dunha fonte ou por percolación. A escorrenta total é a suma de todos os compoñentes de escorrenta.

Na análise do PNACC considerouse a estimación da ESC (mm) como resultado final das sucesivas fases do ciclo hidrolóxico simuladas. A escorrenta, segundo o modelo de Témez está condicionada pola precipitación (PRE), polo limiar de escorrenta, almacenamento e capacidade de regulación do solo, polas evaporacións potenciais e reais e polas características hidrodinámicas que condicionan a recarga e descarga dos acuíferos.



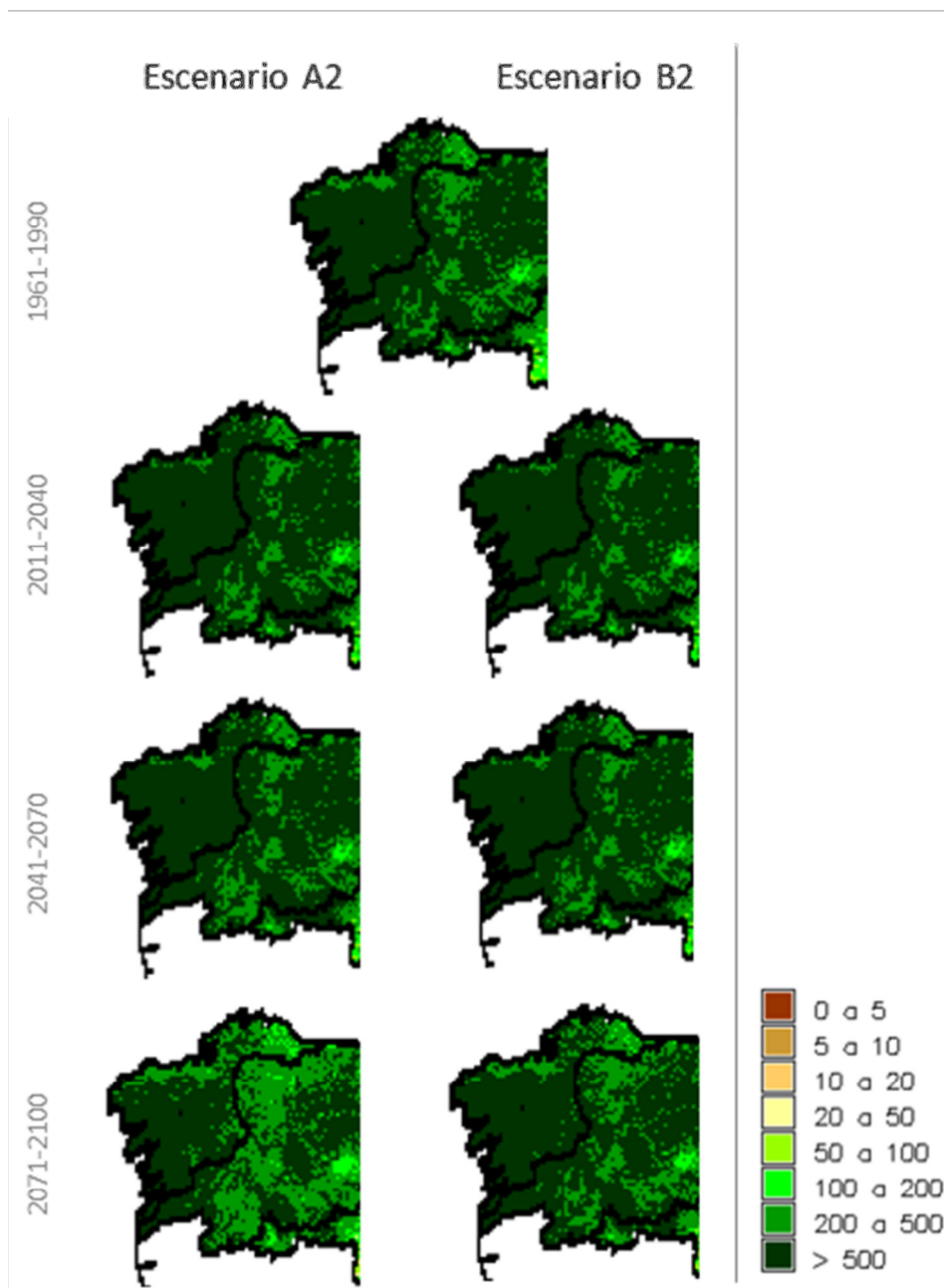
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 17: Series ESC anual en España. Verde: período de control, vermello: escenario A2, azul: escenario B2. Trazo grosso: media das proxeccións.

De acordo coa gráfica 17, as series de valores da ESC anual agregados en España, presentan unha tendencia de lixeiro descenso ao longo do horizonte temporal, con valores similares para os dous escenarios ao principio e posterior diferenciación do escenario A2, que presenta un maior descenso. Compre mencionar que, en España, a ESC presenta importantes variacións na distribución espacial, aparecendo no norte valores de ESC de máis de 500 mm/ano, fronte a valores realmente escasos no val do Ebro, áreas do sueste e centro peninsular ou as Illas Canarias orientais.

Nos seguintes mapas pode apreciarse, tal e como se mencionou, que de acordo ao comportamento dos territorios do norte, en Galicia os valores maiores de 500 mm/ano son maioritarios no total da comunidade. Ambos escenarios mostran resultados moi similares ata o último período considerado (2071-2100), no que o escenario A2, en maior proporción que o

B2, recolle certas reducións na ESC. Se ben, as diminucións que se prevén para Galicia, en comparación cos resultados para o resto de España, son pouco significativas.



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

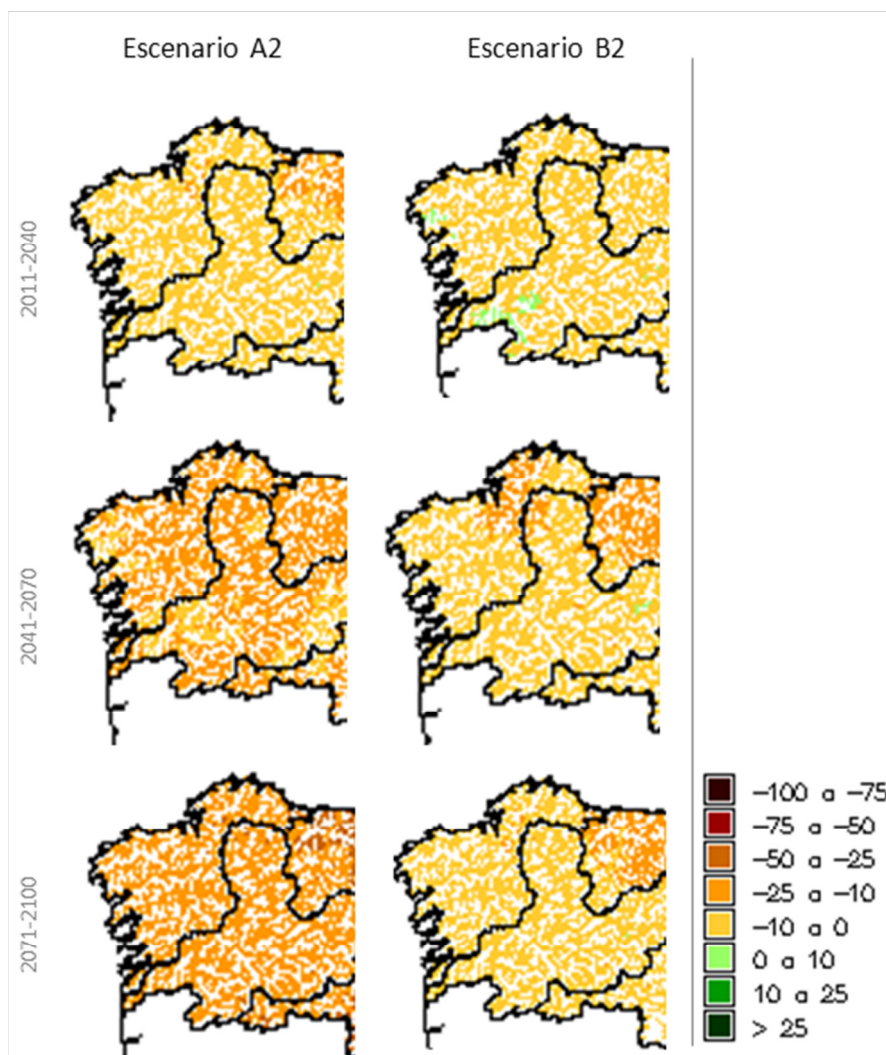
Gráfica 18: ESC (mm) anual do conxunto de proxeccións para o período de control e s. XXI.

A análise da aportación⁶ (APN) realizada no marco do PNACC, ven a ratificar os comportamentos mencionados, co rexistro de pequenas diminucións.

A APN dun río nun punto da rede fluvial é o volume de auga que por el pasa durante un período temporal. A análise da mesma fíxose para masas de auga cunha conca de vertente

⁶ Unidade de expresión da escorrenta. O volume de auga recollido nun determinado tempo, pode expresarse como: unidade de superficie (altura de escorrenta), velocidade de saída (caudal) ou volume xerado nese tempo (aportación).

igual ou superior a 10 km² e un caudal igual ou superior a 100 l/s en réxime natural, representándose nos seguintes mapas, os valores medios de todas as proxeccións.



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

Gráfica 19: Δ APN (%) na rede hidrográfica, proxección e período.

A redución media da APN nas concas galega no primeiro período (2011-2040) sitúase entre 0 e -10%, presentando ambos escenarios resultados similares, se ben, no B2 aprécianse certas áreas de crecemento da APN de 0 a 10%, na conca do Xallas e tramo inferior do Miño. No seguinte período (2041-2070), o escenario B2 segue a representar, na maior parte da xeografía, reducións de 0 a -10%, a excepción do norte da D.H. Galicia-Costa con zonas de -10 a -25%. O A2, sen embargo, presenta maioritariamente diminucións de -10 a -25%. No último período (2071-2100), o escenario B2 presenta melloría, coa xeneralización de 0 a -10% e o A2, pola contra, empeoramento con redución total de -10 a -25%.

A análise da variación da ESC anual en porcentaxe, para as dúas D.H. consideradas, amosa comportamentos similares en ambas demarcacións, con peores resultados no escenario A2

que no B2, con tendencia temporal a maior diminución, a excepción do B2 que apunta a lixeiras mellorías de cara ao 2071-2100. Con todo, os valores previstos para Galicia, presentan menores reducións das previstas para o resto de España.

O modelo mais pesimista é o ECHAM4-FIC que prevé maiores reducións, que se agravan no tempo e con resultados algo máis negativos para a D.H. Miño-Sil. Sen embargo, para a mesma demarcación, o modelo HadCM3-SDSM presenta resultados de crecemento con tendencia á melloría.

D.H.	Período	Escenario A2		Escenario B2		
		Modelo Global	Rexióna-lización	Modelo Global	Rexióna-lización	
		CGCM2	FIC	CGCM2	FIC	
Galicia Costa	2011-2040		-1		2	
	2041-2070		-4		-5	
	2071-2100		-18		-2	
		ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC	
	2011-2040		-20		-13	
	2041-2070		-31		-21	
	2071-2100		-36		-23	
		HadAM3	FIC	HadAM3	FIC	
	2011-2040					
	2041-2070					
	2071-2100		11		4	
		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM	
	2011-2040		-1		-2	
	2041-2070		-4		-1	
	2071-2100		-22		6	
		HadCM3	PRUDENCE - UCM	HadCM3	PRUDENCE - UCM	
	2011-2040					
	2041-2070					
	2071-2100		-16		-8	
		ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	
2011-2040						
2041-2070						
2071-2100		-29		-9		
		Media		Media		
2011-2040			-6		-3	
2041-2070			-12		-8	
2071-2100			-19		-5	
Miño - Sil	2011-2040		-1		0	
	2041-2070		-6		-4	
	2071-2100		-19		-2	
		ECHAM4	FIC	ECHAM4	FIC	
	2011-2040		-21		-15	
	2041-2070		-34		-22	
	2071-2100		-38		-25	
		HadAM3	FIC	HadAM3	FIC	
	2011-2040					
	2041-2070					
	2071-2100		11		3	
		HadCM3	SDSM	HadCM3	SDSM	
	2011-2040		1		2	
	2041-2070		0		1	
	2071-2100		-20		11	
		HadCM3	PRUDENCE - UCM	HadCM3	PRUDENCE - UCM	
	2011-2040					
	2041-2070					
	2071-2100		-17		-8	
		ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	ECHAM4	PRUDENCE - SMHI	
2011-2040						
2041-2070						
2071-2100		-34		-15		
		Media		Media		
2011-2040			-6		-3	
2041-2070			-12		-7	
2071-2100			-21		-6	

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

Táboa 9: Δ ESC anual (%) por D.H., proxección e período.

Eventos extremos

Como xa se ven mencionando no presente documento, o Cuarto Informe Técnico sobre o cambio climático e a auga, publicado polo IPCC no ano 2008, xa menciona a importancia do efecto do cambio climático sobre os recursos hídricos e como os eventos extremos, que se prevén máis frecuentes de cara ao futuro, lles afectarán especialmente.

Dada a importancia deste feito, as secas e inundacións teñen un tratamento diferenciado na planificación hidrolóxica a través do desenvolvemento dunha lexislación específica para regular a actuación fronte a estes fenómenos.

Neste sentido, o *RD 907/2007, do 6 de xullo, polo que se aproba o Regulamento da Planificación Hidrolóxica*, establece que os plans hidrolóxicos terán en conta plans dependentes específicos relacionados coas secas e as inundacións e así o determina no seu artigo 59 de situacións hidrolóxicas extremas, que se desenvolve en tres puntos:

1. O plan hidrolóxico, cos datos históricos dispoñibles sobre precipitacións e caudais máximos e mínimos, establecerá os criterios para a realización de estudos e a determinación de actuacións e obras relacionadas con situacións hidrolóxicas extremas. Como consecuencia destes estudos determinaranse as condicións en que pode admitirse en situacións hidrolóxicas extremas o deterioro temporal, así como, as masas de auga ás que se refire o artigo 38.
2. Establecerá as medidas que deben adoptarse en circunstancias excepcionais correspondentes a situacións hidrolóxicas extremas, incluíndo a realización de plans ou programas específicos como os indicados no artigo 62.
3. As administracións competentes delimitarán as zona inundables tendo en conta os estudos e datos dispoñibles que os organismos de conca deben trasladar ás mesmas, de acordo co previsto no artigo 11.2 do texto refundido da Lei de Augas. Para elo contarán co apoio técnico destes organismos e, en particular, coa información relativa a caudais máximos na rede fluvial, que a administración hidráulica deberá facilitar.

Tamén a *Orde ARM/256/2008, do 10 de setembro, pola que se aproba a Instrución de Planificación Hidrolóxica*, establece un apartado para outros contidos no que recolle, nun primeiro punto, o rexistro dos programas e plans mais detallados. Segundo este, os plans hidrolóxicos terán en conta na súa elaboración os Plans especiais de alerta e eventual seca e, no seu caso, os Plans de emerxencia ante situacións de seca previstas, dos que incorporarán un resumo, incluíndo o sistema de indicadores e límites de funcionamento empregados e as principais medidas de prevención e mitigación propostas. Tamén contemplarán os plans relacionados coa protección fronte ás inundacións, dos que incorporarán un resumo, incluíndo a avaliación de riscos e as medidas adoptadas. O plan hidrolóxico terá en conta, na súa elaboración, aqueles plans e programas mais detallados sobre as augas, realizados polas administracións competentes no ámbito da demarcación hidrográfica dos que incorporará os resumos correspondentes.

Neste sentido, por exemplo no ámbito da demarcación hidrográfica de Galicia Costa, co obxectivo xeral de minimizar os efectos negativos ambientais, económicos e sociais de eventuais situacións de seca, e de dar cumprimento ao previsto no artigo 26 da Lei 9/2010, do 4 de novembro, de augas de Galicia e no Plan hidrolóxico da demarcación hidrográfica de

Galicia-Costa, aprobado polo Real Decreto 1332/2012, de 14 de setembro, establecéronse unha serie de medidas no Plan de Seca da Demarcación Hidrográfica Galicia Costa, que foi aprobado polo Consello da Xunta de Galicia o 1 de agosto de 2013 (DOG nº 191, do 7 de outubro de 2013). Non obstante, compre resaltar que dito plan non avalía o efecto do cambio climático na variación da frecuencia de aparición de fenómenos de seca, senón que describe as técnicas e indicadores necesarios para a identificación e xestión destes episodios, así como, posibles medidas para paliar os seus efectos.

De igual xeito, e para dar cumprimento á 3ª fase da implantación da Directiva 2007/60/CE relativa a avaliación e xestión dos riscos de inundación, estase a traballar na elaboración dos Plans de Xestión de Risco de Inundación.

Se ben, ante a realidade anteriormente descrita, resulta fundamental a análise de eventos extremos e a evolución futura dos mesmos co obxecto de dispor dunha información relevante que poda servir de orientación na planificación hidrolóxica. Os resultados do proxecto desenvolvido no marco do PNACC descríbense a continuación para a precipitación máxima e seca.

Precipitación máxima (PMX)

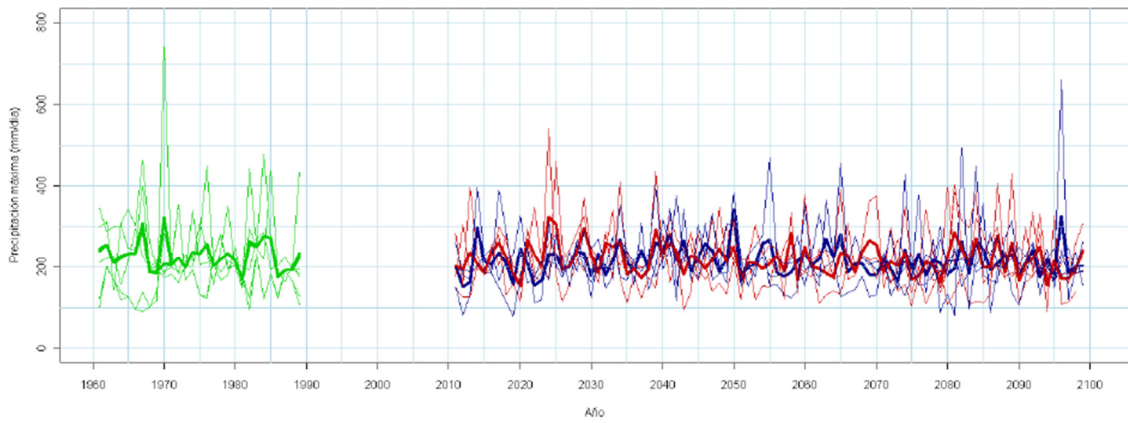
Neste epígrafe resumiranse os resultados da dobre análise desenvolvida no proxecto de *Evaluación del impacto de cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural*, centrada por un lado, no estudio cualitativo de cambios nas series de índices relacionados con extremos, e por outro, na cuantificación en termos de cuantís de PMX de cada proxección climática.

1.- Análise cualitativa (análise de tendencias)

Tendencia global

A análise da tendencia global da PMX centrouse no estudo de series de máximos absolutos rexionais, a través da selección do máximo anual do conxunto de estacións, por rexión e ano, para dar lugar a unha serie temporal que analizar.

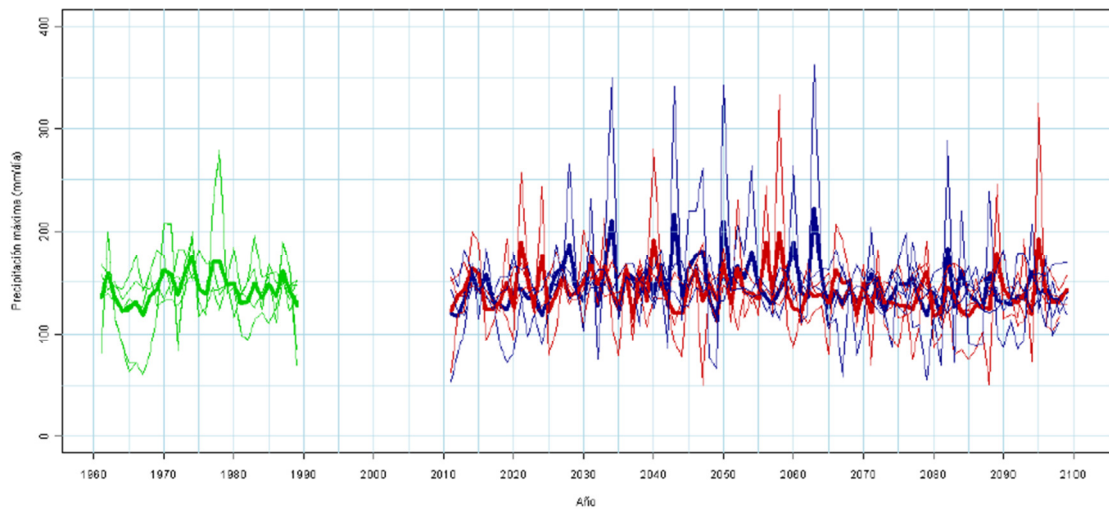
Na gráfica 220, amósanse 8 series de PMX absoluta das 4 proxeccións e os dous escenarios A2 e B2 para o total de España. Nela, pode apreciarse unha tendencia lixeiramente decrecente en ambos escenarios respecto do período de control (1960-1990), se ben, este resultado non é significativo xa que se está a aplicar unha condición de equiprobabilidade á totalidade do territorio español.



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

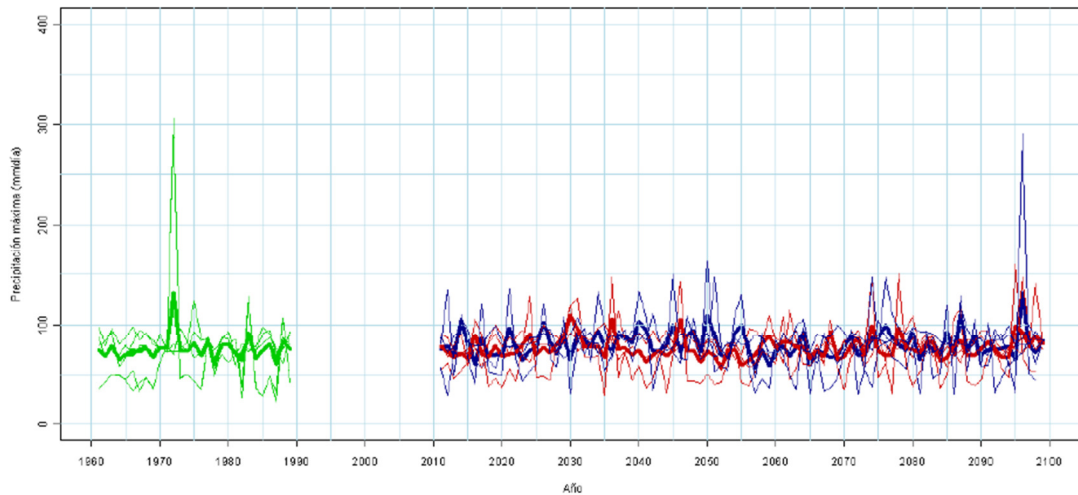
Gráfica 20: Series de PMX absoluta en España. Verde: período de control, vermello: escenario A2, azul: escenario B2. Trazo grosso: media das proxeccións.

A análise desenvolvida a maior escala, en rexións de menores dimensións, mostra as series de máximos absolutos das rexións: noroccidental atlántica, Levante, centro e suroeste, representándose na seguinte gráfica (gráfica 21), as relativas á primeira. Nela non se observa unha tendencia significativa na PMX, se ben, pode dicirse en xeral, que ao igual que nas demais rexións costeiras, presenta unha maior variabilidade da PMX absoluta respecto de rexións interiores (gráfica 22).



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

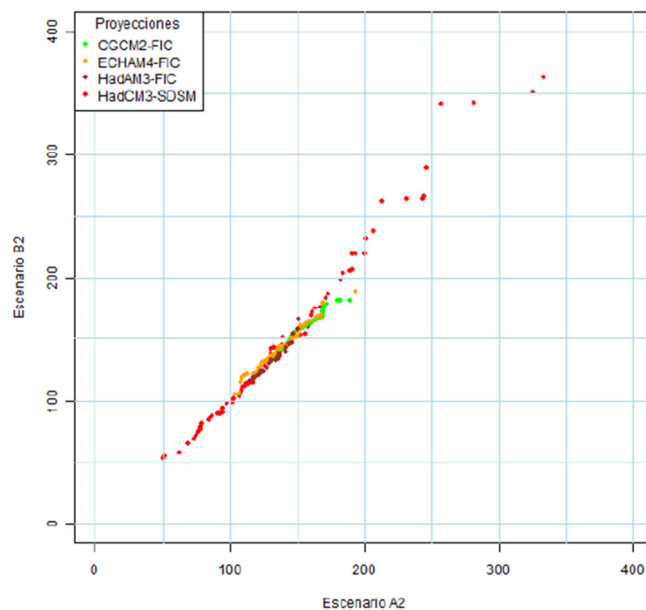
Gráfica 21: Series de PMX (mm) no noroeste de España. Verde: período de control, vermello: escenario A2, azul: escenario B2. Trazo grosso: media das proxeccións.



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

Gráfica 22: Series de PMX (mm) no centro de España. Verde: período de control, vermello: escenario A2, azul: escenario B2. Trazo grosso: media das proxeccións.

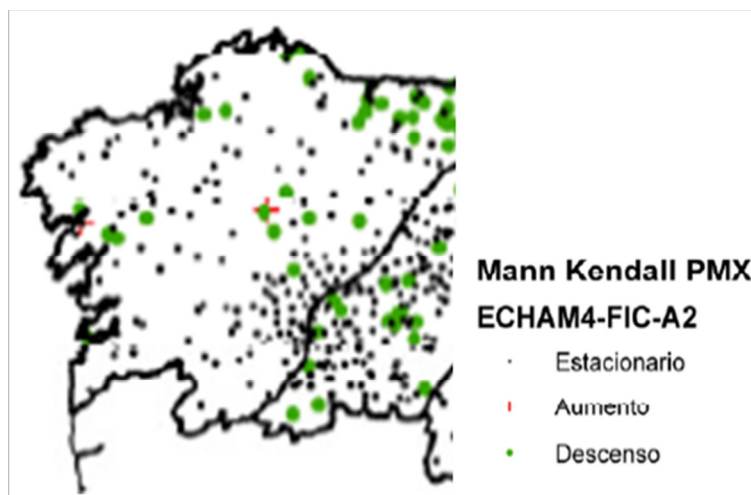
A continuación, aparece representada unha gráfica de diagramas QQ de valores coa mesma frecuencia de ocorrencia para series de PMX absolutos rexionais, comparando as frecuencias do escenario A2 no eixo de abscisas e as do B2 no de ordenadas, indicando a similitude de cuantís para a mesma frecuencia de ocorrencia o axuste sobre a diagonal de 45°. Neste caso, tampouco aparecen claras diferenzas entre os dous escenarios.



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

Gráfica 23: Diagramas QQ entre escenarios A2 e B2 da PMX absoluta (mm).

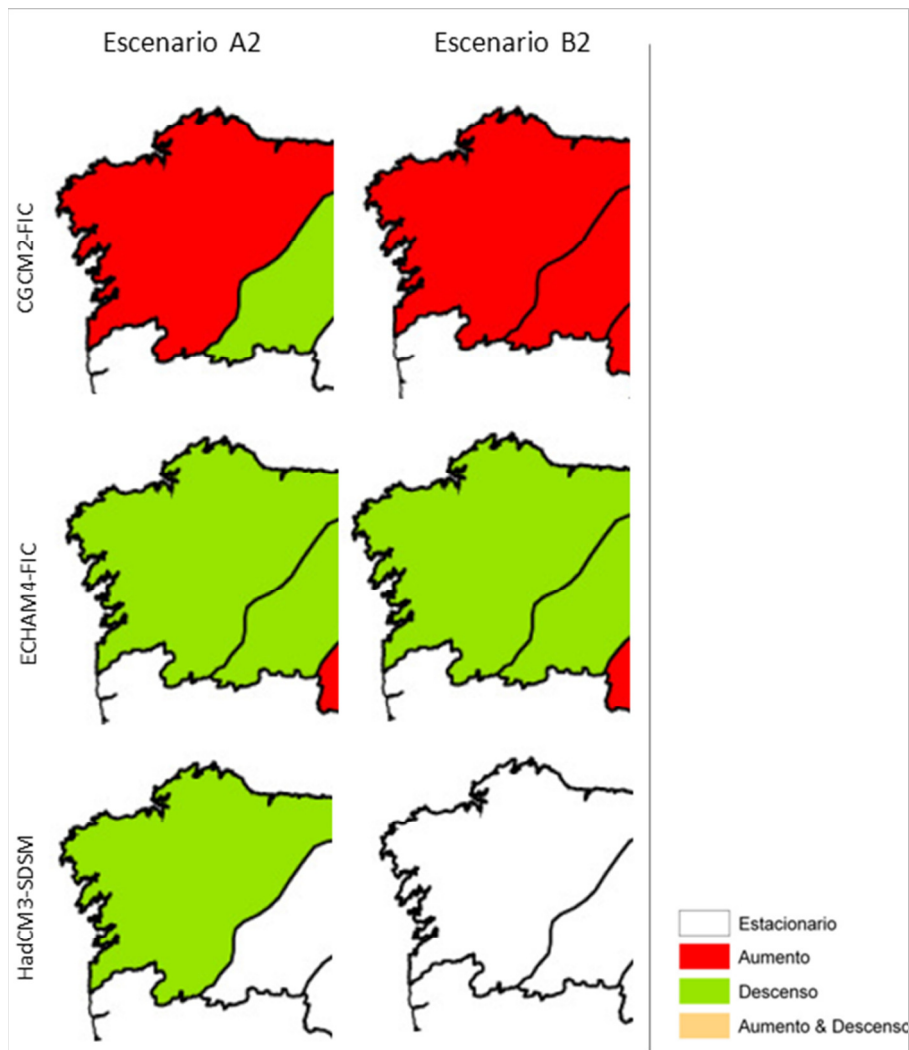
Outra maneira de tratar de identificar pautas de crecemento consiste na análise dos valores de PMX proxectados en cada estación, comprobar a súa tendencia e estimar a posibilidade de obter unha conclusión a nivel rexional. Para iso, aplícase o test Mann Kendall a cada serie de cada estación e despois o test binomial para valorar, a nivel rexional, a evidencia de cambio.



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

Gráfica 24: Test de Mann Kendall en series PMX de estaciones meteorológicas (ECHAM4-FIC-A2).

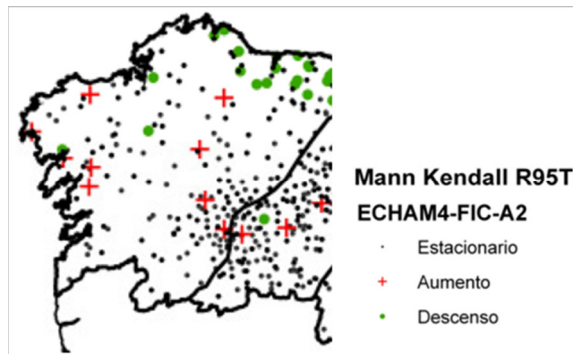
Tampouco se pode deducir a existencia dun patrón claro de evolución da PMX en Galicia coa aplicación do test (gráfica 25), pois seu resultado fai patentes discrepancias entre as proxeccións non existindo un incremento claro da PMX, a excepción de CGCM2-FIC que si apunta ao aumento en ambos escenarios. Ademais, tendo en conta as características diferenciadoras de ambos escenarios (A2-sen medidas correctoras e B2-con medidas), leva a pensar que o A2 debería presentar resultados máis positivos que o B2, aspecto que non se da en ningunha das proxeccións. De feito, en ECHAM4-FIC os resultados amosan unha redución en ambos escenarios e os do HadCM3-SDSM un descenso no A2 e un estancamento no B2.



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

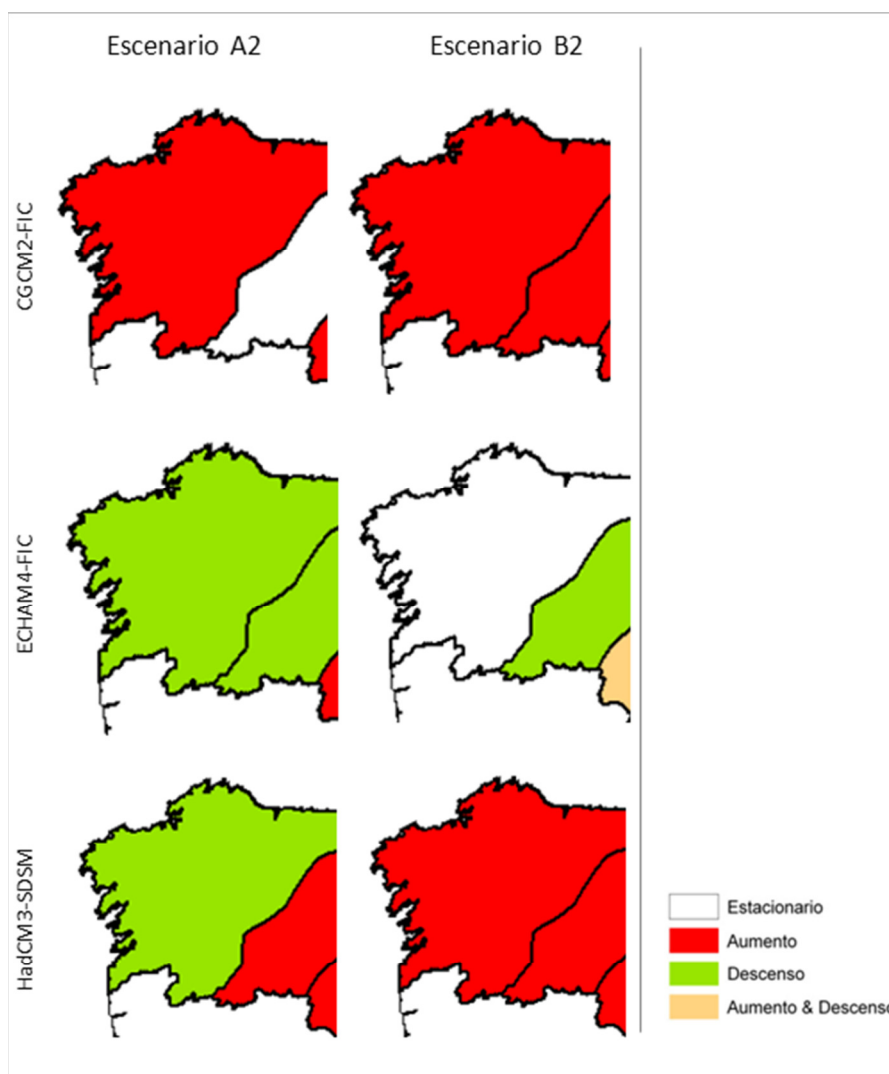
Gráfica 25: Rexionalización do test de Mann Kendall en series PMX de estacións meteorolóxicas.

Se a análise se centra no índice R95T (cociente entre as precipitacións diarias superiores ao percentil 95% e a PRE anual), que ven a amosar a importancia das precipitacións extremas no total anual, a aplicación do test ven a probar se os aumentos/descensos da intensidade de chuvia ao longo do século XXI son significativos. No CGCM2-FIC, o índice aumenta nos dous escenarios, no ECHAM4-FIC, diminúe no A2 e estáncase no B2 e no HadCM3-SDSM, diminúe no A2 e aumenta no B2, se ben, compre considerar que é a distribución da PRE anual a que condiciona o aumento do índice R95T.



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

Gráfica 26: Test de Mann Kendall en series R95T de estaciones meteorológicas (ECHAMa-FIC-A2).



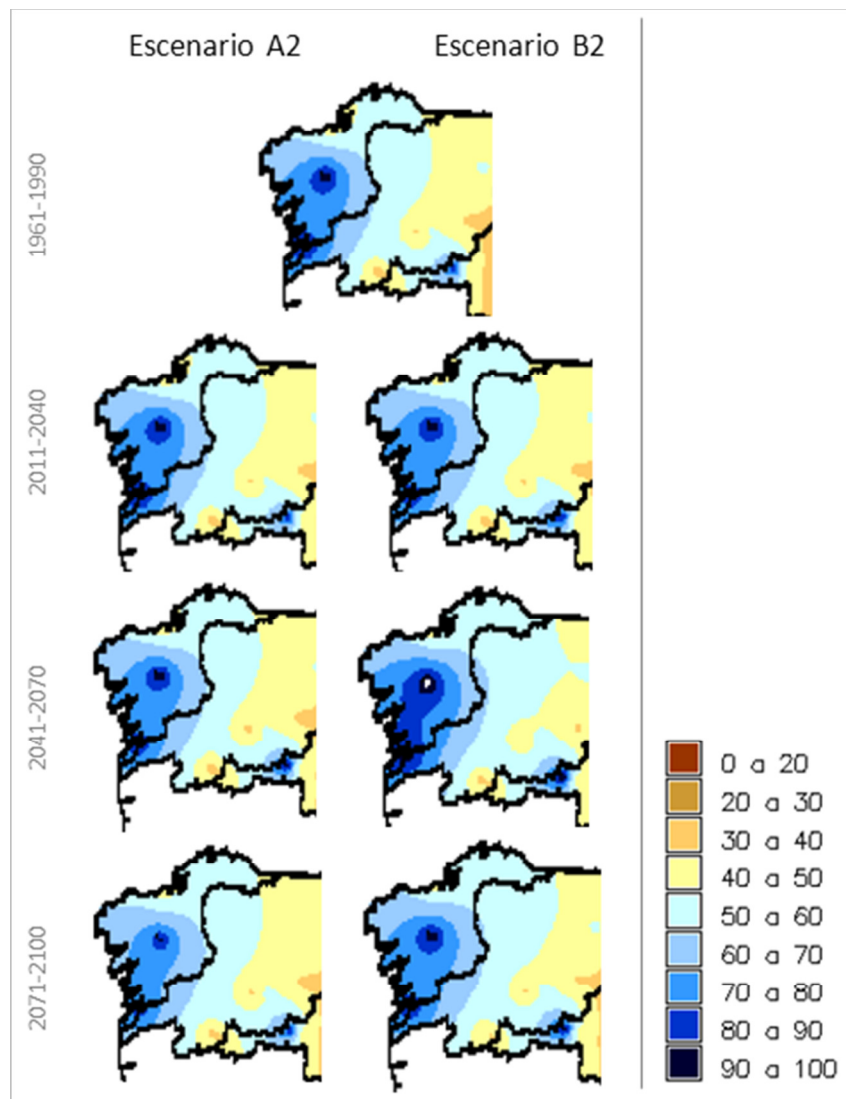
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 27: Test de Mann Kendall en series R95T de estaciones meteorológicas (ECHAMa-FIC-A2).

Tendencia por períodos

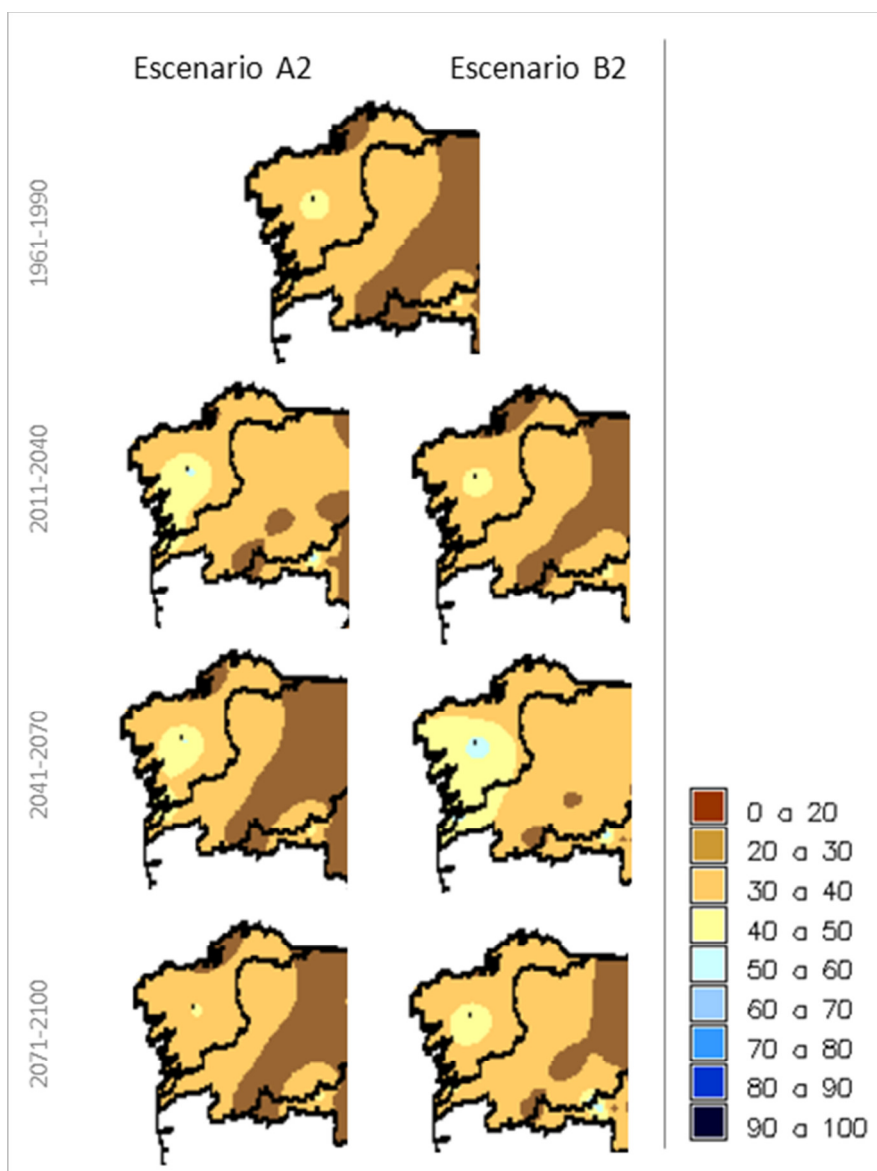
Esta análise faise para os períodos considerados no desenvolvemento do proxecto: 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, mediante a comparación das distribucións de frecuencia da PMX e do R95T coa do período 1961-1990.

Os resultados das medias de PMX (gráfica 28) nos diferentes períodos non mostran grandes variacións, observándose en todos os mapas as maiores medias na zona occidental e as menores, no límite oriental e sur da provincia de Ourense. Se ben, o promedio das desviacións típicas (gráfica 29) das proxeccións mostra un lixeiro aumento, algo superior na zona central e central-oriental e algo inferior no leste.



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

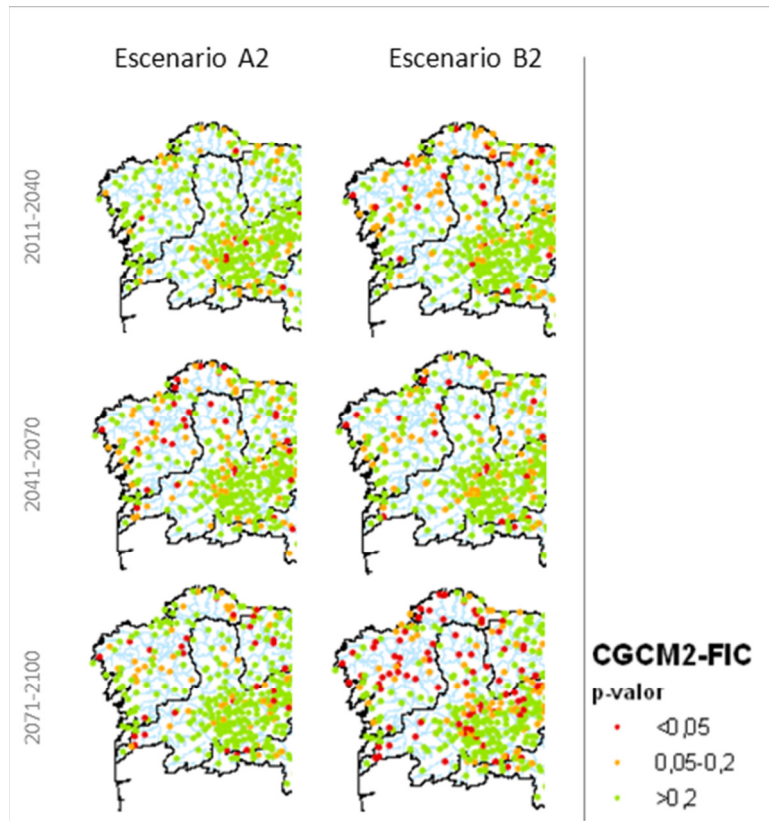
Gráfica 28: Mapa de medias de PMX promediadas do conxunto de proxeccións (mm).



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

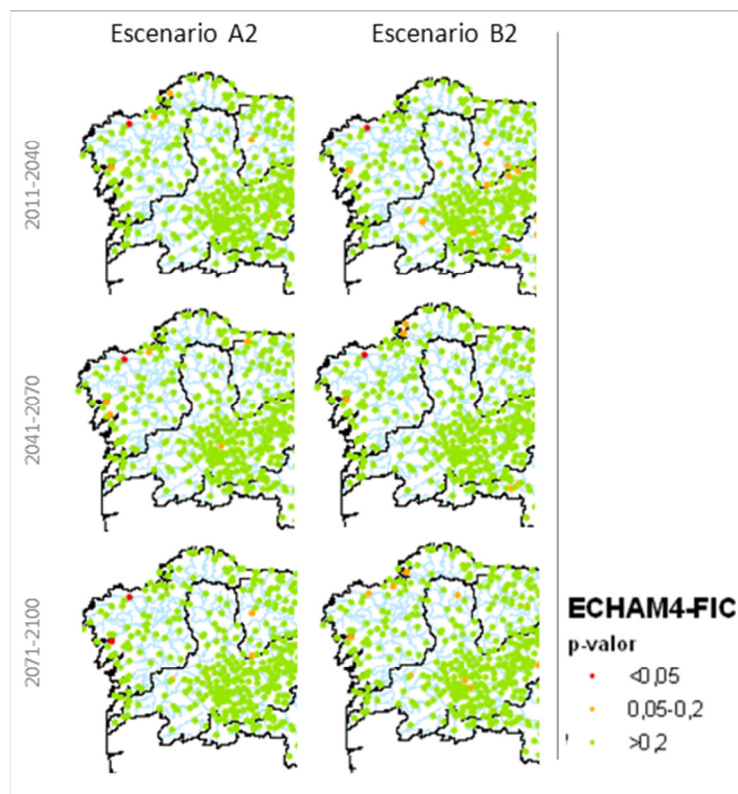
Gráfica 29: Mapa de desviación típica de PMX promediada de proxeccións (mm).

En definitiva, non se pode falar de resultados claros de cambio coa análise dos parámetros media e desviación típica promediados. Por iso, no proxecto do PNACC empregáronse uns tests de contraste de hipóteses, o Wilcoxon e o Fligner Killeen, aplicados ás estacións, distinguindo cada unha das proxeccións. Os resultados da aplicación do primeiro test (Wilcoxon) ás series de PMX tampouco veñen a amosar grandes cambios, con este test contrastouse o ascenso das PMX sobre un nivel de significación do 5% cun intervalo de razoable dúbida ata o 20%.



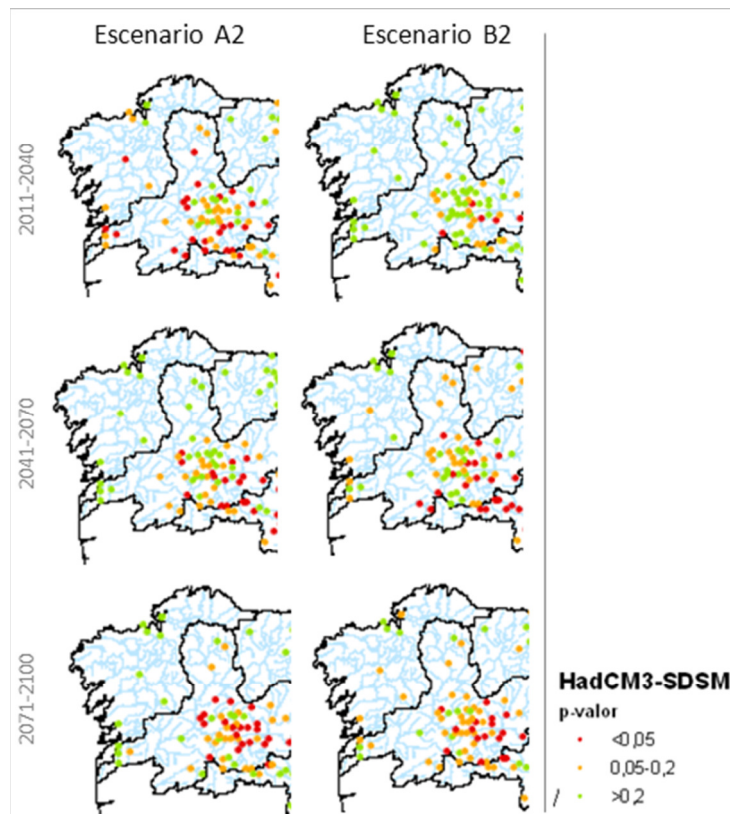
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 30: Test Wilcoxon: p-valor en CGCM2-FIC e períodos de estudio.



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

Gráfica 31: Test Wilcoxon: p-valor en ECHAM4-FIC e períodos de estudio.



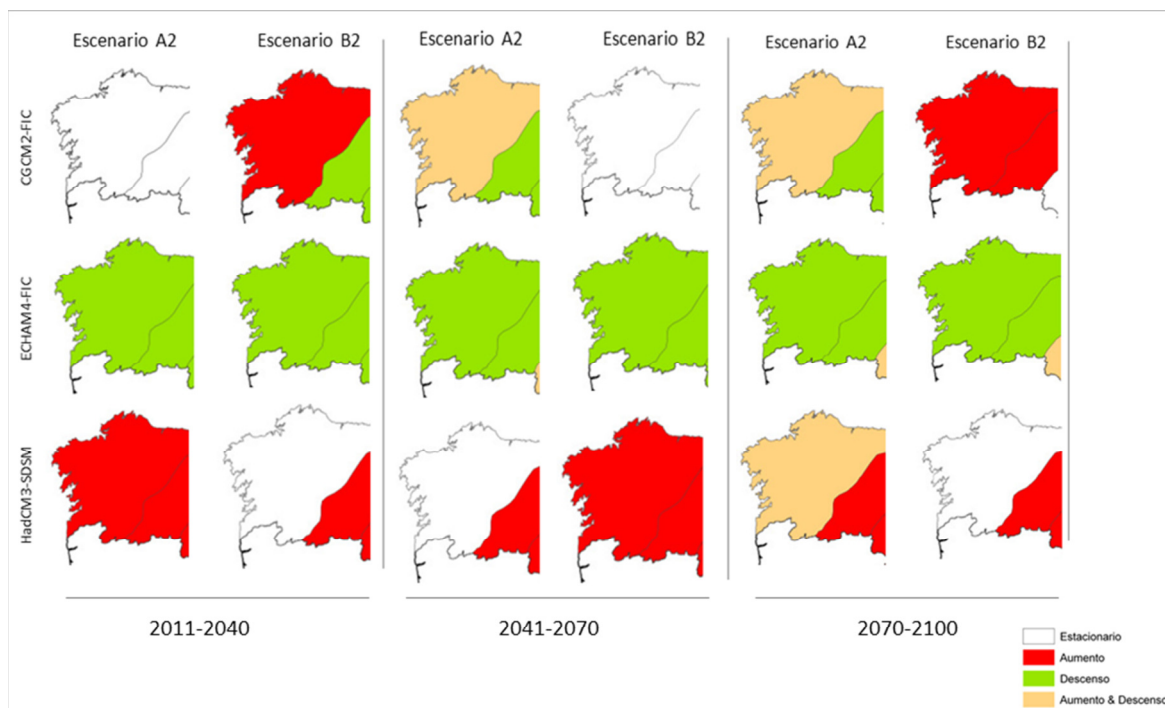
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 32: Test Wilcoxon: p-valor en HadCM3-SDSM e períodos de estudio.

De acordo coas gráficas anteriores, os resultados do test de Wilcoxon para cada proxección non amosan cambios importantes en Galicia, especialmente no ECHAM4-FIC no que non se observan impactos significativos. No CGCM2-FIC, tampouco aparecen resultados relevantes, se ben, aumenta a incidencia de cara ao último período para o escenario B2. No HadCM3-SDSM si se aprecian cambios nas concas do Miño e Sil, con aumento de incidencia de cara ao período 2071-2100, algo maior no escenario A2.

Ademais de aplicar o test a cada unha das series de PMX, contrastouse a súa significación rexional empregando o procedemento baseado nunha distribución binomial. Os mapas resultantes de aplicar o test binomial aparecen na seguinte gráfica, amosando en ECHAM4-FIC unha evidencia de descenso de PMX en todos os períodos e escenarios considerados, sen resultados tan evidentes nas outras proxeccións.

Compre mencionar que no proxecto do PNACC, tamén se aplicou o test de Wilcoxon ás series anuais de R95T en cada estación e os resultados rexionalizáronse igualmente, mediante a aplicación dunha binomial, o que permitiu observar que os aumentos de PMX veñen acompañados do aumento de R95T, dándose ademais, mais zonas nas que aumenta a R95T que a PMX, debido á diminución de PRE.

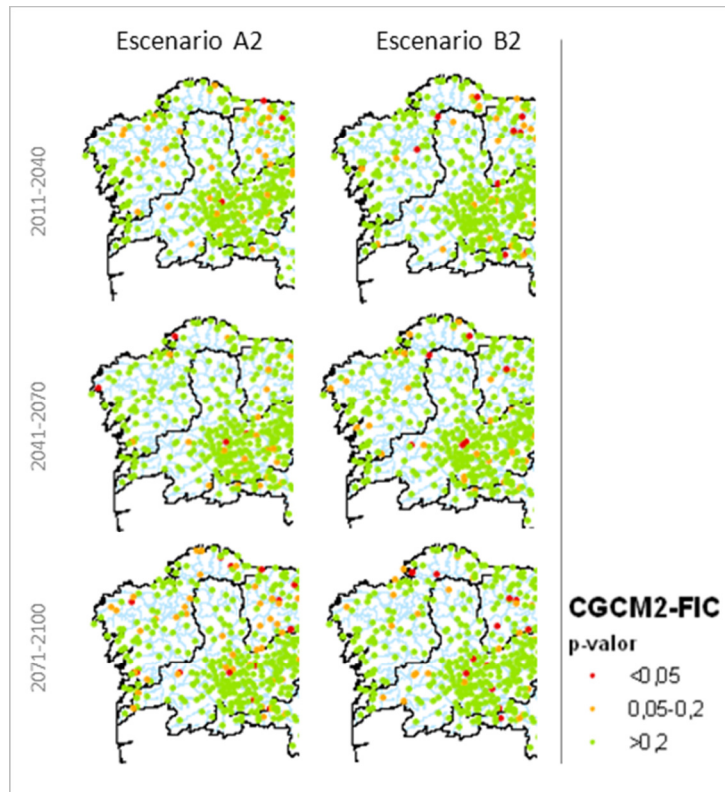


Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 33: Rexionalización do test Wilcoxon en series PMX de estacións meteorolóxicas, períodos 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100 vs. 1961-1990.

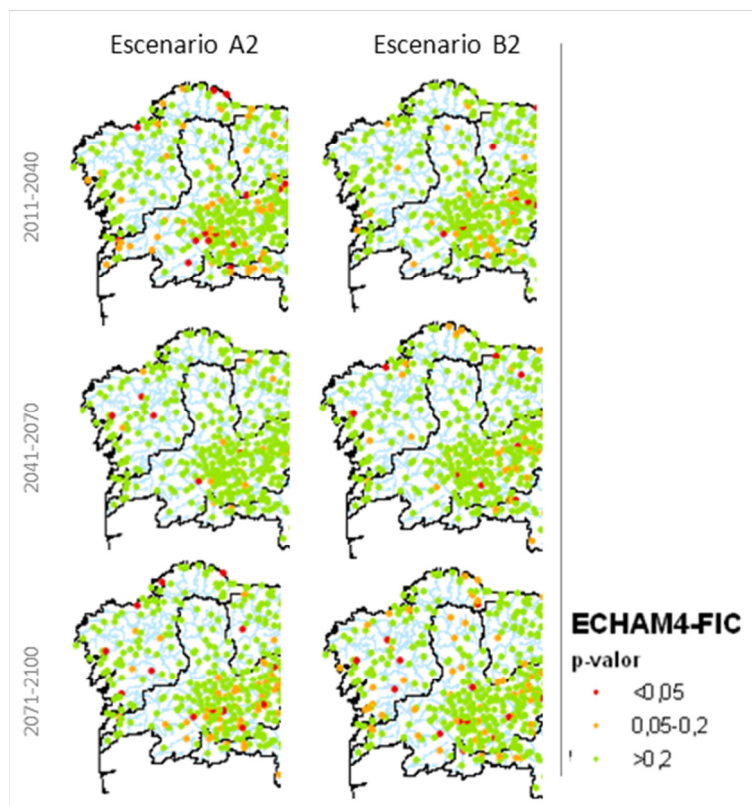
A aplicación do outro test considerado (test de Fligner Killeen) fíxose seguindo o mesmo esquema que o anterior. Este test ven a funcionar como un indicador do impacto de cambio climático na medida en que da idea do aumento da variabilidade das series de PMX. Coa súa aplicación non se pode concluír a ausencia dun cambio significativo (gráficas de 34 a 36). Se ben, o ECHAM4-FIC mostra un lixeiro impacto respecto dos demais e o HadCM3-SDSM no escenario B2 de cara ao período 2041-2070.

Na análise de significación rexional (gráfica 37) non se pode concluír que exista un acordo entre as diferentes proxeccións nin tendencias claras de aumento/descenso da PMX. A excepción do CGCM2-FIC, que si apunta a descensos na PMX en ambos escenarios.



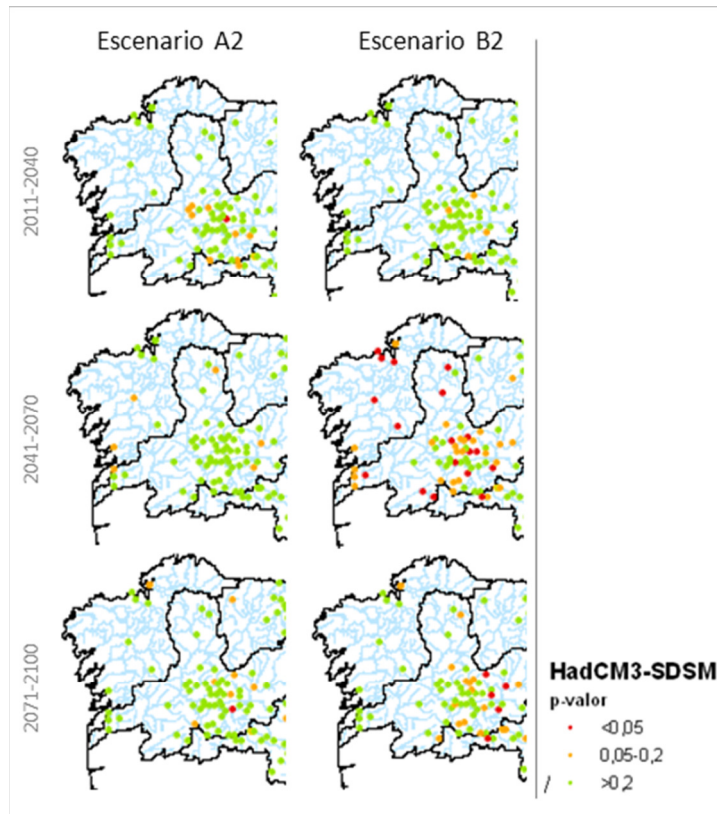
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 34: Test Fligner Killeen: p-valor en CGCM2-FIC e períodos de estudio.



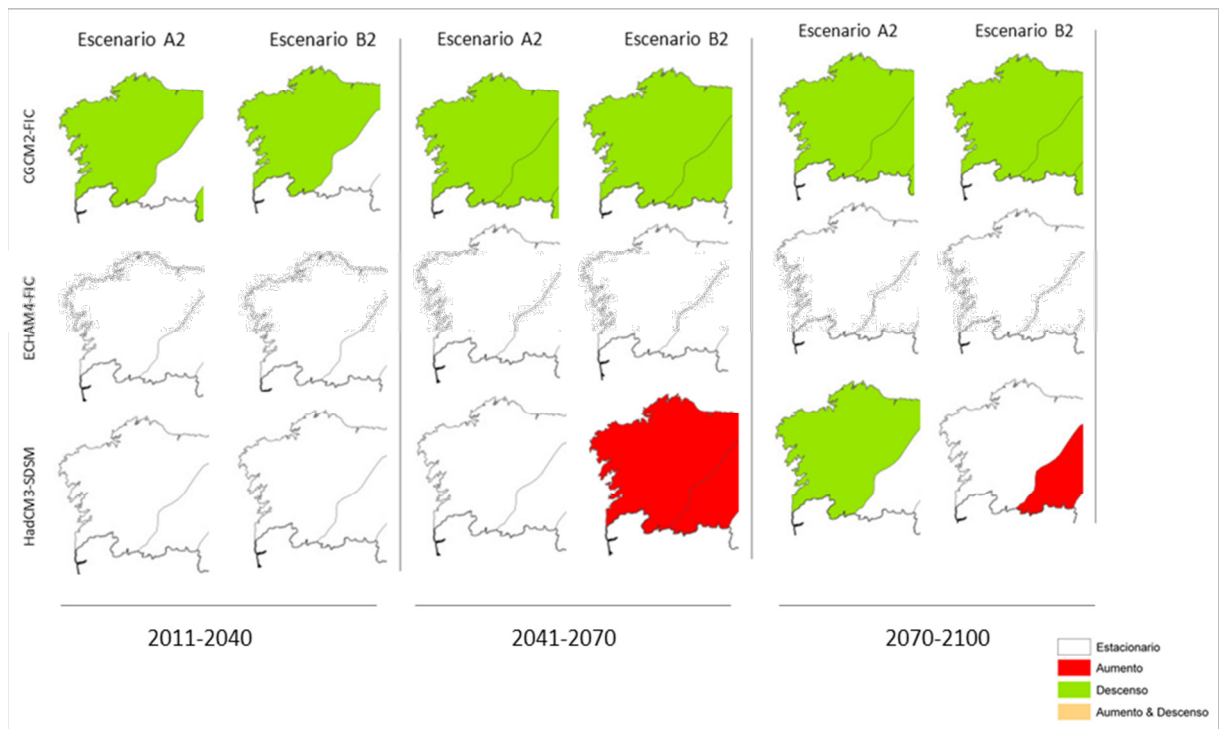
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 35: Test Fligner Killeen: p-valor en ECHAM4-FIC e períodos de estudio.



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

Gráfica 36: Test Fligner Killeen: p-valor en HadCM3-SDSM e períodos de estudio.



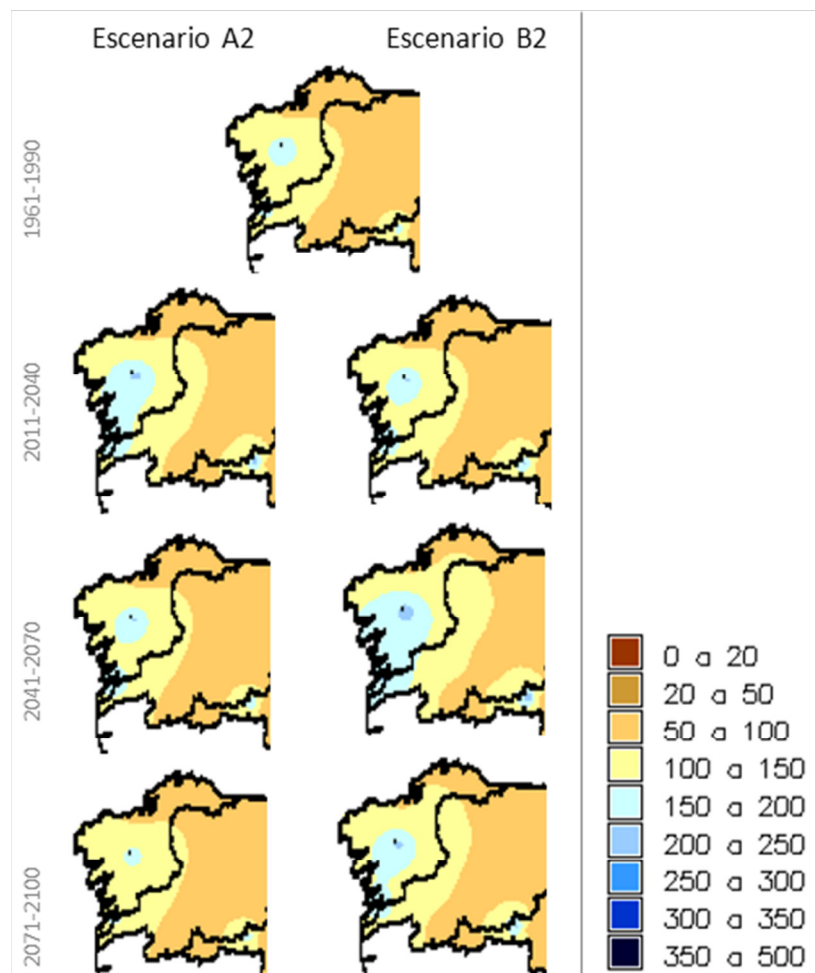
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 37: Rexionalización do test Fligner Killeen en series PMX de estacións meteorolóxicas, períodos 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100 vs. 1961-1990.

2.- Análise cuantitativa

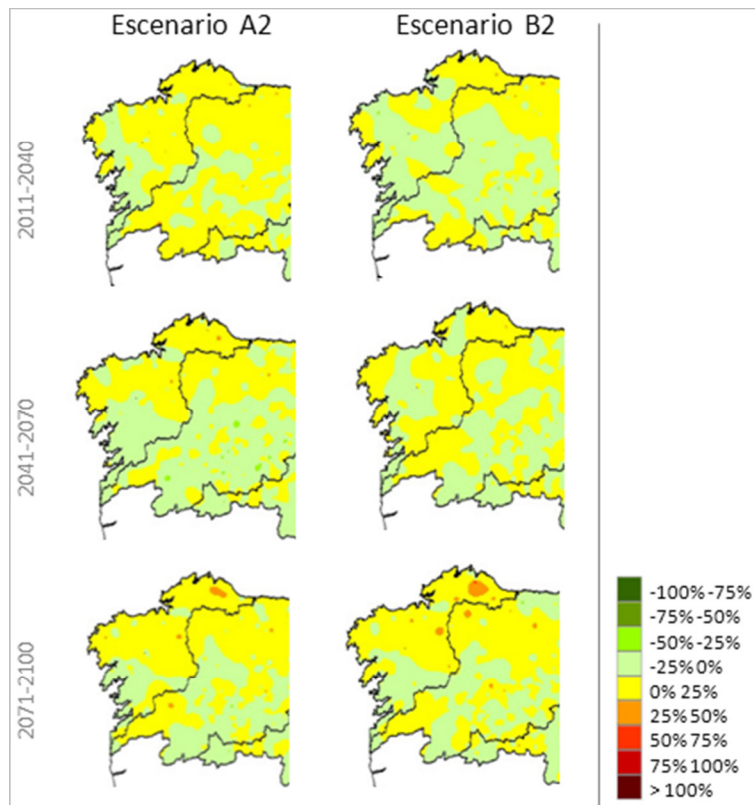
Se ben, a análise anterior baseouse no estudo cualitativo de cambios nas series de índices relacionados con extremos, neste apartado, resumiranse algúns dos resultados da análise da cuantificación en cuantís de PMX de cada proxección feita no proxecto de *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural*.

Unha das partes da análise cuantitativa consistiu na aplicación dunha lei de frecuencia a cada unha das estacións, co obxecto de estimar o cuantil asociado ao período de retorno (T) de 100 anos. A interpolación dos cuantís de cada estación, permitiu a obtención dunha serie de mapas, que de xeito simplificado, amósanse a continuación e representan a distribución espacial do cuantil en dito período de retorno. A comparación dos cambios respecto do período de referencia amosa a ausencia de variacións significativas.



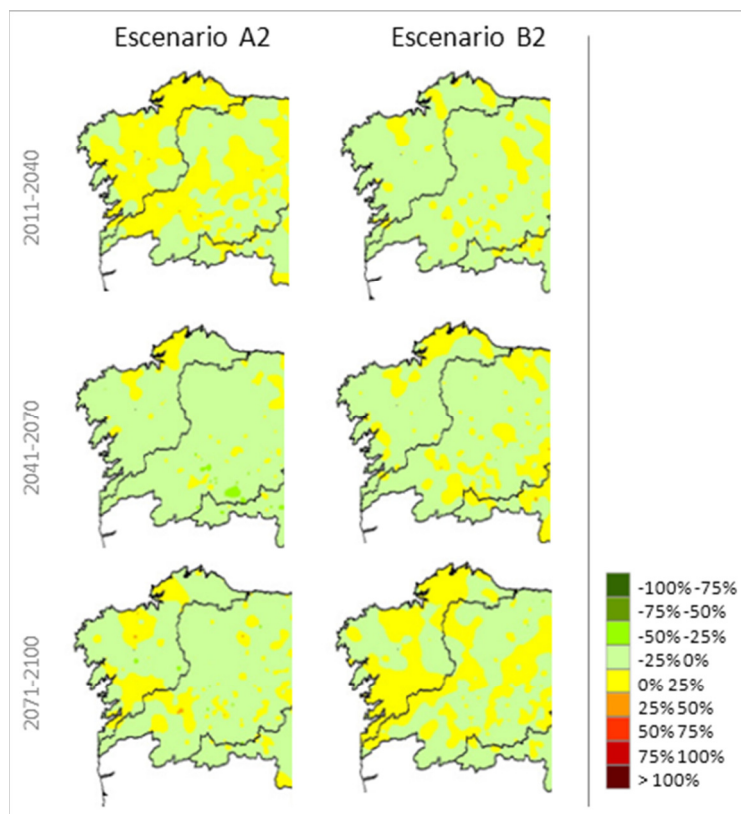
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 38: Mapas promedio do conxunto de proxeccións de PMX para un T de 100 anos (mm).



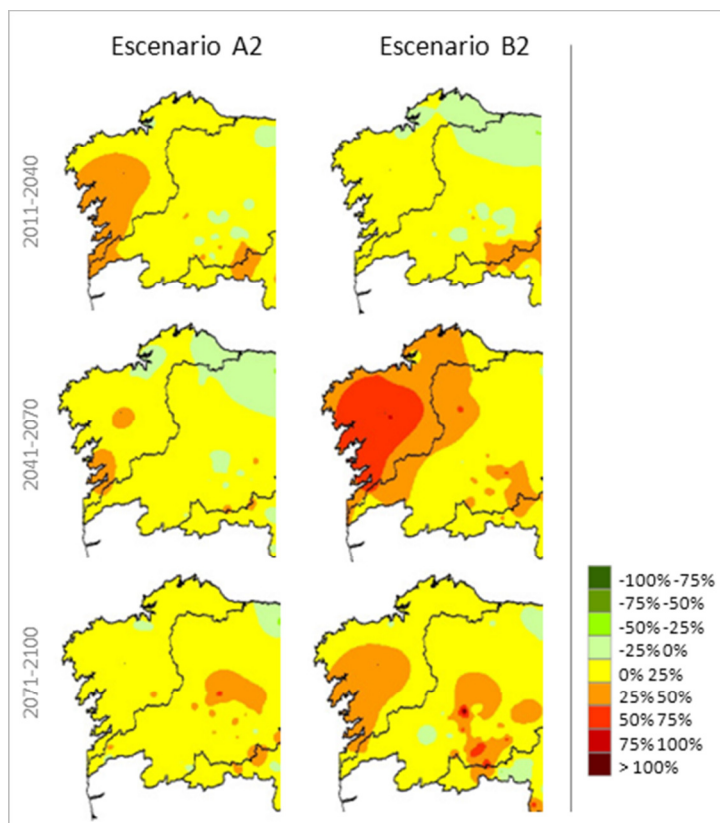
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 39: Mapas de Δ (%) dos cuantís de PMX respecto do 1961-1991 para un T 100 anos. CGCM2-FIC.



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

Gráfica 40: Mapas de Δ (%) dos cuantís de PMX respecto do 1961-1991 para un T 100 anos. ECHAM4-FIC.



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

Gráfica 41: Mapas de Δ (%) dos cuantís de PMX respecto do 1961-1991 para un T 100 anos. HadCM3-SDSM.

Nas gráficas 39, 40 e 41, poden observarse as desviacións dos mapas de cuantís respecto do período de control. En CGCM2-FIC o cuantil da PMX presenta pequenas variacións entre -25% e +25% en todos os períodos, aparecendo aumentos localizados de entre o 25 e 50% de cara ao período 2071-2100, arredor das concas do Landrove, Ouro e cabaceira do Eume. En ECAHM4-FIC apúntase en maior medida cara unha redución de ata -25% na maior parte de Galicia, se ben, de cara ao último período da análise, no escenario B2 aparecen mais áreas con aumentos de ata 25%. É no HadCM3-SDSM no que si se aprecia aumento da PMX, mais intensamente (entre 50 e 75%) na franxa occidental da D.H. Galicia-Costa, no escenario B2, no período 2041-2070.

Seca

A seca é unha anomalía transitoria na que a dispoñibilidade de auga, en calquera das fases do ciclo hidrolóxico, sitúase por debaixo dos requirimentos estatísticos dunha área xeográfica determinada durante un período de tempo. Tende a definirse a seca en varias formas principais: a seca meteorolóxica (decae a PRE), agronómica (falta de humidade no solo), subterránea ou hidrolóxica (déficit continuo da ESC da superficie que afecte aos niveis inferiores).

No proxecto do PNACC, a análise centrouse no estudo da variable ESC promediada do conxunto de proxeccións simuladas polo modelo SIMPA, empregándose posteriormente o modelo ARMA⁷ para a xeración de series sintéticas que permitisen identificar secas (déficit respecto da mediana de cada serie) de 2 a 5 anos. As series consideradas foron de 30 anos de ESC.

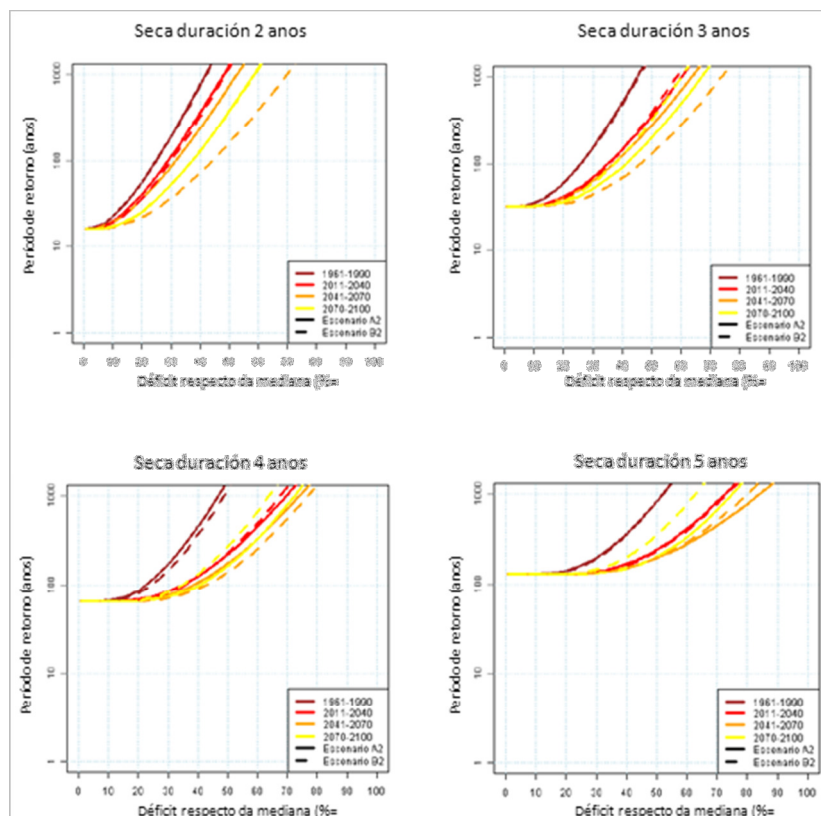
Coa identificación das secas, pódese caracterizar a súa distribución de frecuencias e o período de retorno asociado a cada evento para, finalmente, pasar a representar os resultados en gráficas compostas, aparecendo en abscisas o déficit respecto da mediana (%) e en ordenadas o logaritmo do período de retorno, para cada duración de seca de entre 2 e 5 anos.

Os resultados da análise amósanse a continuación na gráfica 42, que ven a representar as tendencias da seca para o total de España. No proxecto non se amosan os resultados concretos obtidos para as D.H. do noroeste, pero si, para unha mostra representativa de concas de diferentes características climáticas e hidrolóxicas, nas que se inclúen D.H. do Cantábrico, para as que se obtiveron resultados similares que os obtidos para España.

Compre facer mención ao grao de incerteza asociado a estes resultados, que obriga a interpretar estes datos con cautela, pois á incerteza da simulación dos procesos atmosféricos e á rexionalización, súmase a asociada aos procesos hidrolóxicos e aos eventos secos e extremos.

En termos xerais, as secas aparecerán mais frecuentemente. Aquelas de dous anos de duración empeoran no tempo para o escenario A2, para o B2, é no período 2041-2070 no que se dan os peores resultados. Nas de longa duración, é a mediados de século (2041-2070) o peor período, con resultados mais negativos para o escenario B2 que para o A2. Estas tendencias tamén se dan na análise das diferentes D.H. consideradas.

⁷ Modelo autorregresivo de media móbil – ARMA(p,q). É una ferramenta para a predición de futuros valores dunha determinada serie de datos (X_t), formado por unha parte regresiva (p) e outra de media móbil (q).



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

Gráfica 42: Frecuencia da seca para distintas duracións en España.

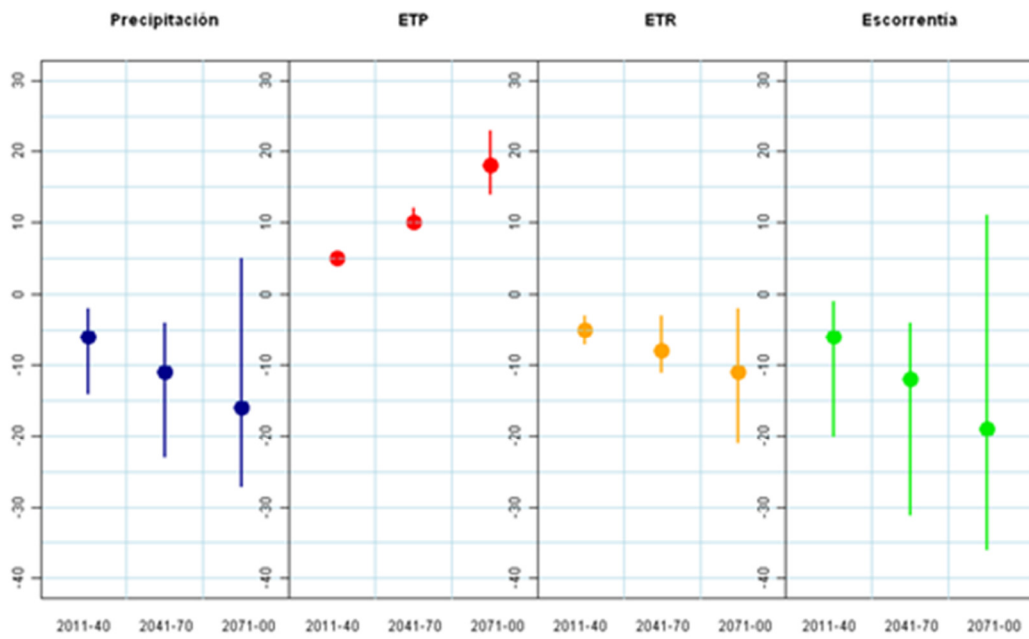
5.3.2.- Resumo de resultados por demarcación

A continuación, farase un resumo dos resultados obtidos para as principais variables hidrolóxicas analizadas e para os eventos extremos de PRE e seca. Ademais, amosaranse unha serie de gráficas nas que aparecen representados os valores medios, así como, o rango de variación das desviacións das proxeccións de ditas variables hidrolóxicas ao longo do século XXI respecto do período de control 1961-1990.

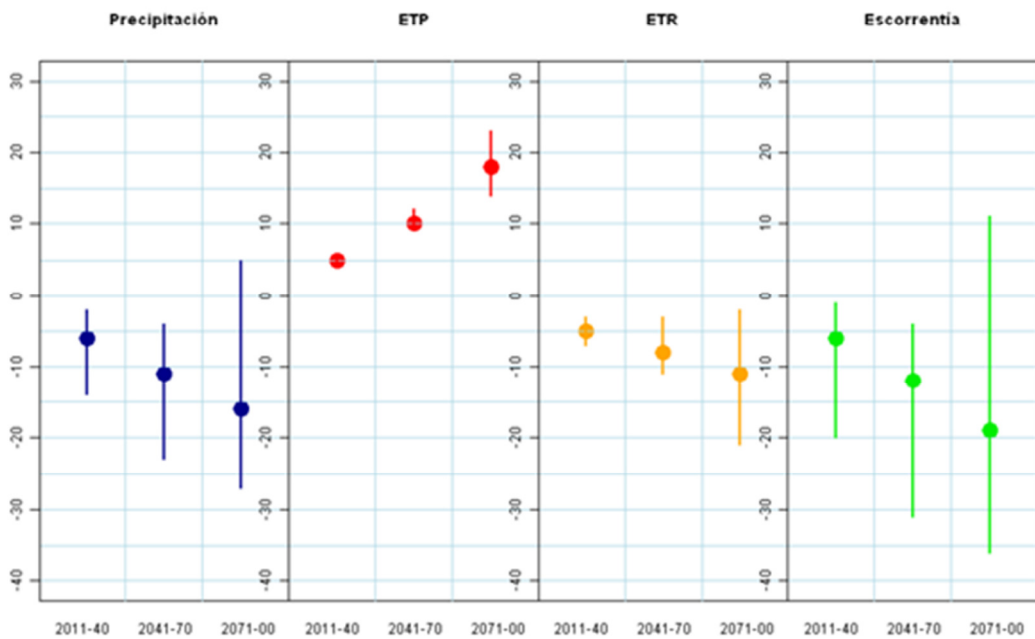
D.H. Galicia-Costa

Variable	Tendencia
PRE	↘
ETP	↗
ETR	↘
ESC	↘
Eventos extremos	
PMX	En concas internas algunhas proxeccións (HadAM3-FIC e HadCM3-SDSM) prevén aumento dos eventos máximos no último período dp séc.XXI
Seca	Non hai evidencias nas series de cambios importantes respecto do período de control

Desviacións anuais das proxeccións (%). A2



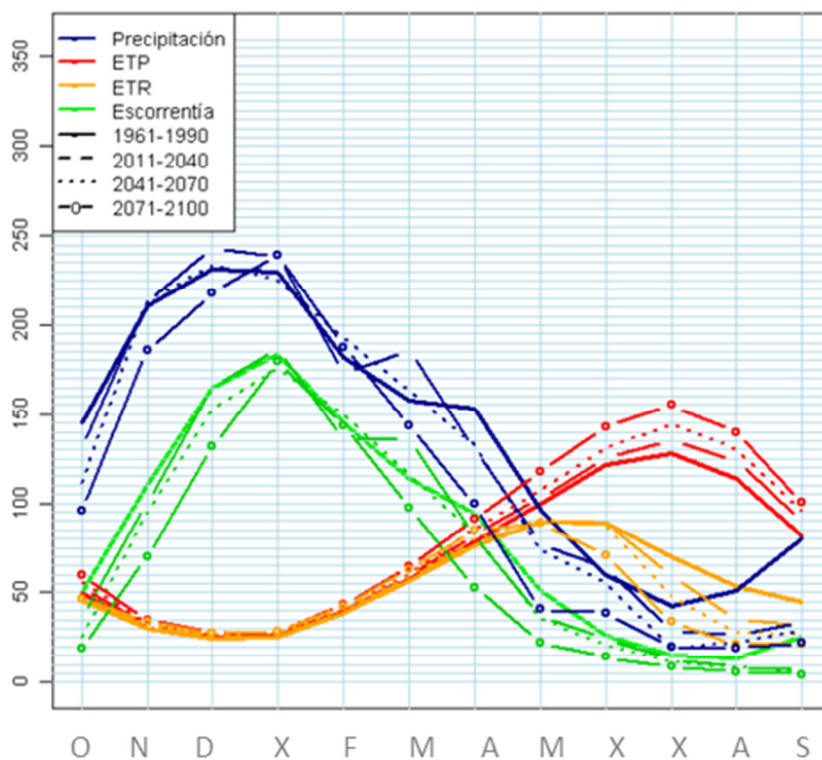
Desviacións anuais das proxeccións (%). B2



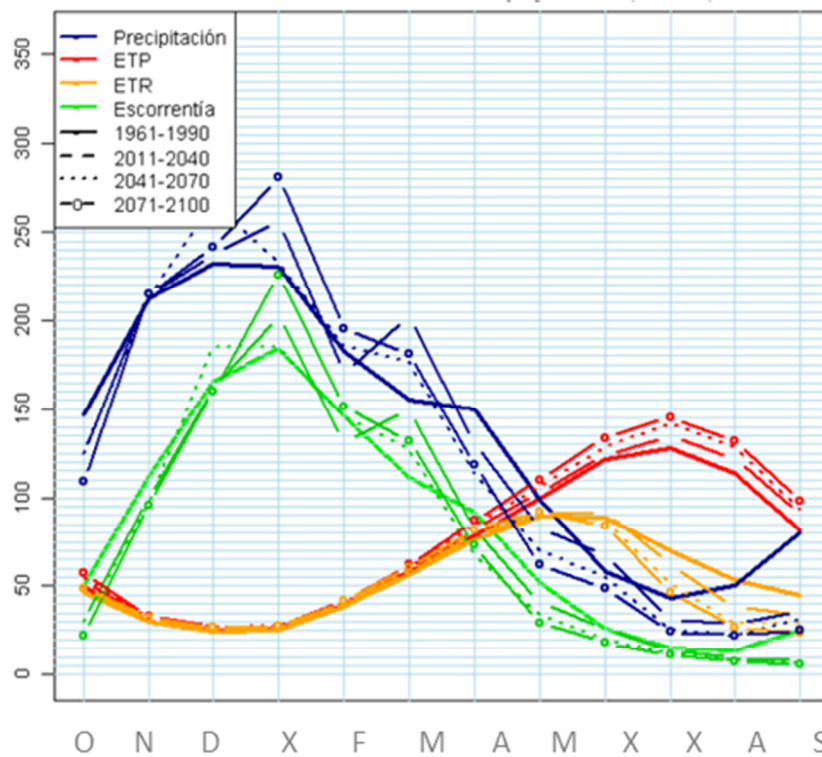
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 43 - 1: Estimación da evolución de variables hidrolóxicas nas concas internas de Galicia-Costa.

Medias mensuais das proxeccións (mm/mes). A2



Medias mensuais das proxeccións (mm/mes). B2



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

Gráfica 43 - 2: Estimación da evolución de variables hidrolóxicas nas concas internas de Galicia-Costa.

Neste epígrafe, compre mencionar que, a nivel da Comunidade Autónoma de Galicia, o vixente Plan hidrolóxico da demarcación hidrográfica de Galicia-Costa (PHGC), que foi aprobado polo Real Decreto 1332/2012, de 14 de setembro, segue a liña marcada no presente informe pois é conforme ao traballo que, en dito Plan, segue Augas de Galicia sobre a avaliación do cambio climático. Nel, xa se recolleron resultados existentes derivados do Plan Nacional de Adaptación ao Cambio Climático, en concreto, considerouse o escenario de incremento de 1°C da temperatura e mantemento da precipitación, o que implicaba un coeficiente de redución global das achegas a empregar na Demarcación Hidrográfica Galicia-Costa do 2%.

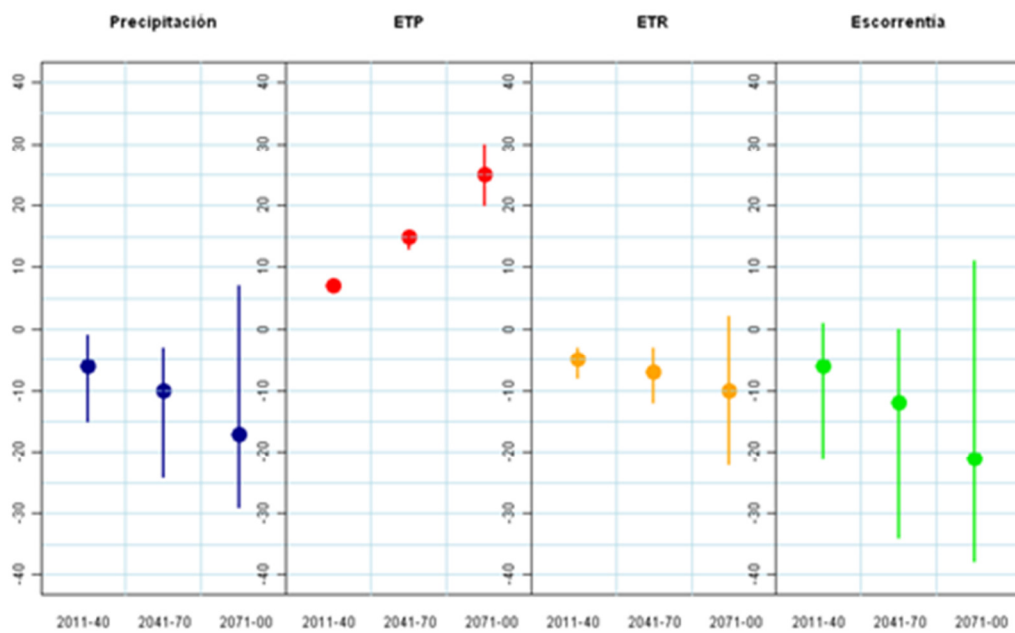
Ademais, no PHGC tamén se empregou o modelo hidrolóxico SIMPA desenvolvido polo CEDEX para a realización do inventario de recursos en réxime natural. Se ben, compre destacar que os resultados do mencionado modelo particularizáronse a través dos rexistros históricos obtidos na rede de estacións de aforo dispoñibles en Augas de Galicia.

Por outra banda, segundo a Instrución de Planificación Hidrolóxica (IPH), aprobada por orde ARM/2656/2008 do 10 de setembro, a realización de balances hídricos dentro do ámbito da demarcación, deberán realizarse para distintos escenarios temporais, que coinciden cos diferentes períodos de actualización dos Plans Hidrolóxicos: 2015, 2021, 2027... Non obstante, a propia IPH reflicte que debe terse en conta o efecto do cambio climático para os balances que se realicen para 2027 en adiante (apartado 3.5.2 da IPH), polo que o futuro Plan Hidrolóxico Galicia Costa, deberá conter un balance para o ano 2027 que teña en conta a variación dos recursos hídricos por mor do cambio climático,.

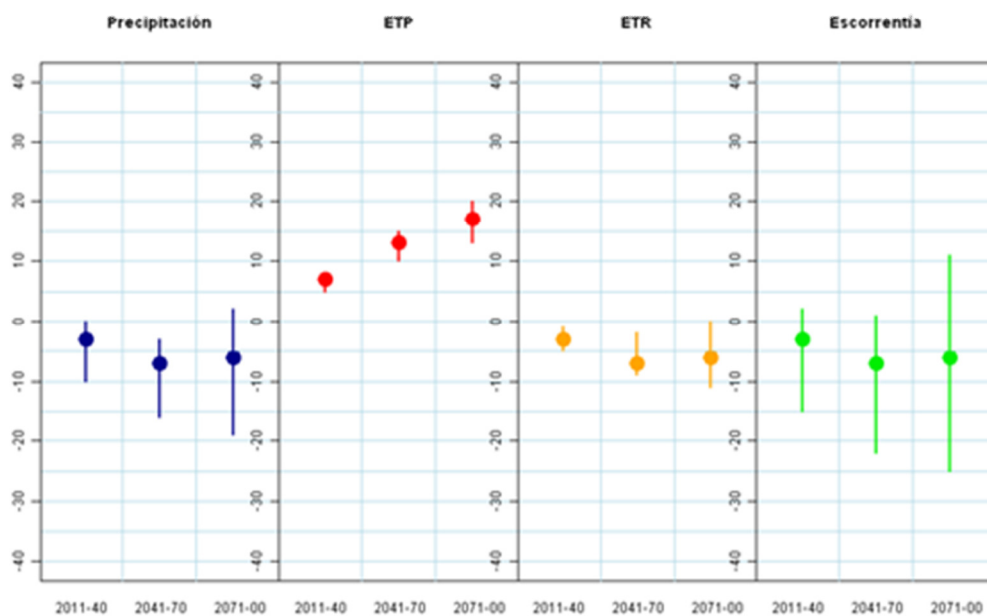
Neste sentido, de cara á actualización do PHGC, o presente informe permite obter un punto de partida para a análise concreta, na Demarcación Hidrográfica de Galicia-Costa, da evolución das achegas e dos efectos asociados a eses cambios. Así, neste informe sectorial, a análise permite concluír, con carácter xeral, unha tendencia decrecente na escorrenta, que ven a representar o parámetro de maior relevancia para Augas de Galicia. De feito, na táboa 9 na que se resumen os resultados de Δ ESC anual (%) por D.H., proxección e período, pode apreciarse para o período 2011-2040 unha porcentaxe de diminución do -6% no escenario A2 e do -3% para o escenario B2, datos a ter en conta no primeiro período de actualización do PHGC, ano 2015.

Variable	Tendencia
PRE	↘
ETP	↗
ETR	↘
ESC	↘
Eventos extremos	
PMX	As proxeccións HadAM3-FIC e HadCM3-SDSM amosan un aumento das PMX ao final do século XXI
Seca	Prevese un empeoramento das condicións de seca ao longo deste século, aumentando a súa frecuencia e intensidade

Desviacións anuais das proxeccións (%). A2



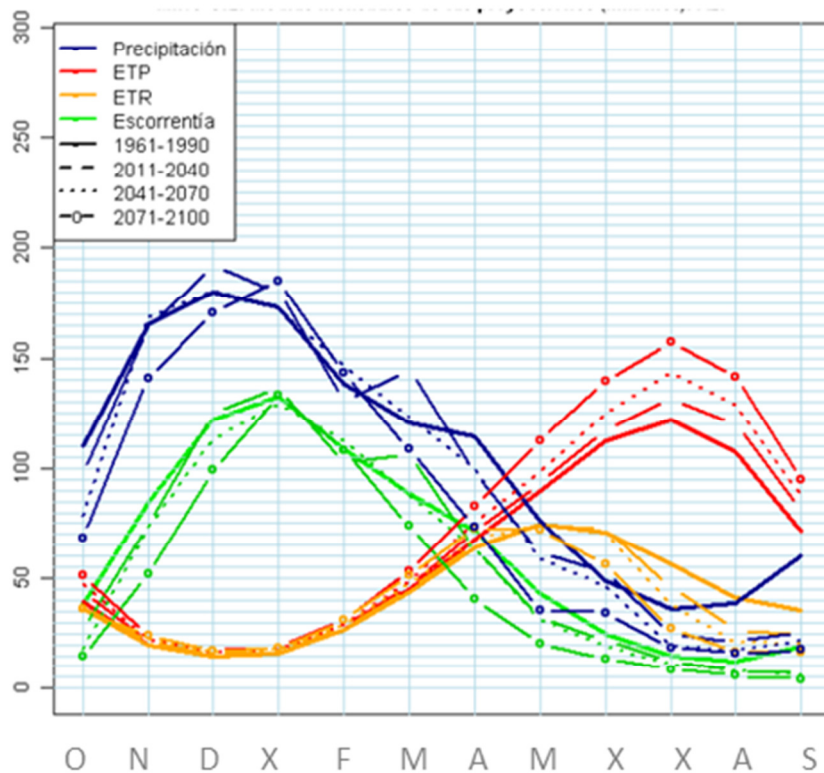
Desviacións anuais das proxeccións (%). B2



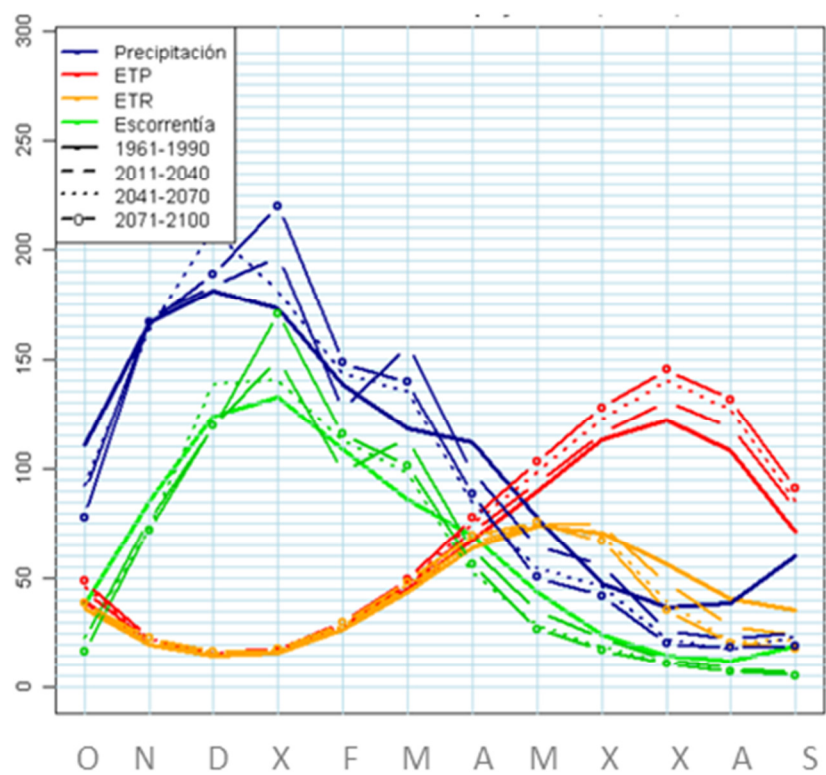
Fonte: Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

Gráfica 44 - 1: Estimación da evolución de variables hidrolóxicas na D.H. Miño-Sil.

Medias mensuais das proxeccións (mm/mes). A2



Medias mensuais das proxeccións (mm/mes). B2



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

Gráfica 44 - 2: Estimación da evolución de variables hidrolóxicas D.H. Miño-Sil.

Bibliografía e documentación

- Álvarez M., J. Puertas J., Soto B., Díaz-Fierros F. Análisis regional de las precipitaciones máximas en Galicia mediante el método del índice de avenida. Ingeniería del Agua. Nº4, páx 283-290
- Estrela, Teodoro. *Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos*. Centro de Estudios Hidrográficos; Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Gabinete de Formación y Documentación, 1992.
- Ferrer, J., Ardiles, L., (1994) *Análisis estadístico de las series anuales de máximas lluvias diarias en España*. Ingeniería Civil. No 95, páx 87-100
- IPCC (2008). *Climate change and water*. Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds. Cambridge University Press. IPCC Secretariat, Geneva, 210 páx.
- Libro Blanco del Agua en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 1998
- *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 2010
- *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 2012
- *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los sistemas de explotación*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 2012
- *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 2012
- *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Informe final*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 2012
- *Plan Hidrológico de Galicia-Costa*. Augas de Galicia. Xunta de Galicia. Aprobado RD 1332/2012 de 14 de septiembre (BOE nº 223, 15/09/2012)
- *Informe resumen de los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua. Ambito territorial: Galicia-Costa*. Augas de Galicia. Xunta de Galicia. 2005
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Demarcaciones hidrográficas*. [Consulta: ano 2014]. Disponible en: <http://hispagua.cedex.es/instituciones/demarcaciones>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Demarcaciones hidrográficas*. [Consulta: ano 2014]. Disponible en:

http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/Demarcaciones_hidrograficas.aspx

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Observatorio Nacional de la sequía*. [Consulta: año 2014]. Disponible en:
<http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/>