

Cambio climático y recursos hídricos.

Demarcaciones Hidrográficas intracomunitarias de Andalucía

Andalucía, mayo de 2022

INTRODUCCIÓN

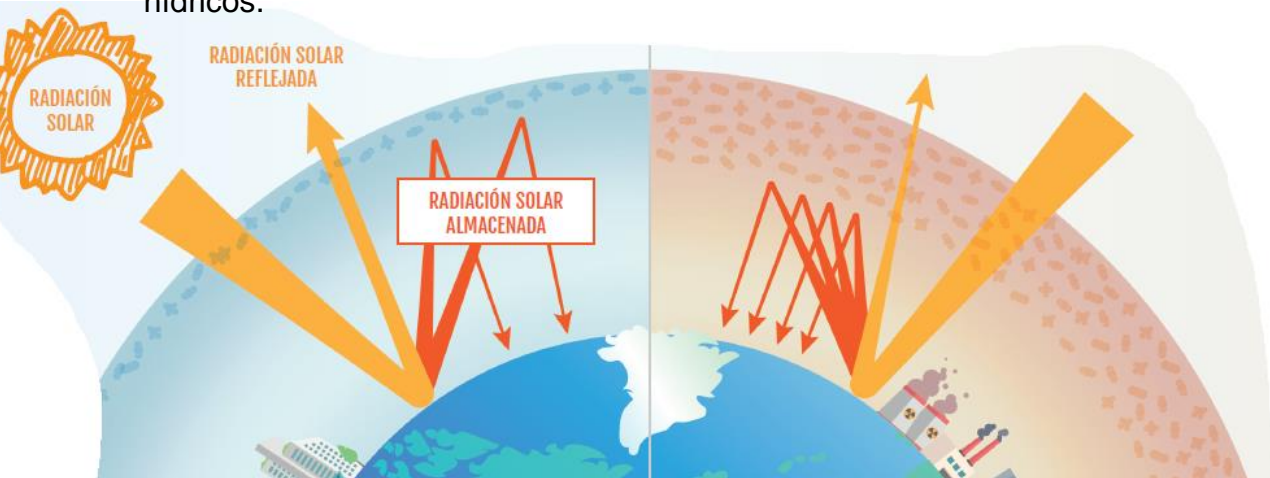
Introducción

CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS HÍDRICOS

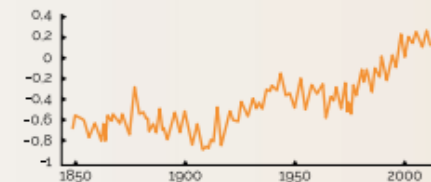
El cambio climático es la variación global del clima de la Tierra asociado al incremento de [GEI] en la atmósfera.

Dicho incremento se traduce en un balance energético positivo que contribuye al aumento de la T^a en el planeta.

El incremento de la T^a a su vez induce cambios en los sistemas atmosféricos, oceánicos, criosfera, etc (Cambios patrones precipitación, subida del nivel del mar, etc). Estos cambios redundan en la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos.



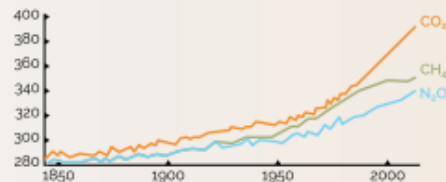
Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas



Promedio global del cambio del nivel del mar



Promedio global de concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI)



Consenso en su origen antropogénico.

Magnitud y velocidad del cambio

Introducción

PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

RD 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el reglamento de Planificación Hidrológica.

Artículo 1. Objetivos y criterios de la planificación hidrológica.

*4. De conformidad con el artículo 19.1 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, la planificación hidrológica, a efectos de su adaptación al cambio climático, tendrá como objetivos conseguir la **seguridad hídrica para las personas, para la protección de la biodiversidad y para las actividades socioeconómicas**, de acuerdo con la jerarquía de usos, reduciendo la exposición y vulnerabilidad al cambio climático e incrementando la resiliencia.*

Artículo 4 bis. Adaptación al cambio climático.

1. En consonancia con el artículo 19 de la Ley 7/2021, de 20 de mayo, a lo largo de cada ciclo de planificación los organismos de cuenca correspondientes elaborarán **un estudio específico de adaptación a los riesgos del cambio climático en cada demarcación hidrográfica** para su futura consideración en la revisión del plan hidrológico correspondiente.

Introducción

PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

RD 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el reglamento de Planificación Hidrológica.

Artículo 11. Inventario de recursos hídricos naturales.

*4. El plan hidrológico **evaluará el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación**. Para ello estimará los recursos que corresponderían a los escenarios climáticos previstos por el Ministerio de Medio Ambiente, que se tendrán en cuenta en el horizonte temporal indicado en el artículo 21.4.*

Artículo 21. Balances, asignación y reserva de recursos

*4. Con objeto de evaluar las tendencias a largo plazo, para el horizonte temporal del año 2027 el plan hidrológico estimará el balance o balances entre los recursos previsiblemente disponibles y las demandas previsibles correspondientes a los diferentes usos. Para la realización de este balance **se tendrá en cuenta el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación** de acuerdo con lo establecido en el artículo 11. El citado horizonte temporal se incrementará en seis años en las sucesivas actualizaciones de los planes.*

Introducción

PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

En cumplimiento de estas recomendaciones, los planes hidrológicos de las DDHH intracomunitarias de Andalucía contienen por primera vez un anejo específico en el que se analizan los efectos del cambio climático.

En dicho anejo se analizan los efectos sobre

- **Los recursos hídricos.**
- El régimen de sequías
- El régimen de inundaciones.
- Los ecosistemas continentales
- Los usos del agua



RECURSOS HÍDRICOS NATURALES

Recursos hídricos

Los recursos hídricos están constituidos por:

1. Recursos hídricos propios

➤ Naturales o Convencionales

- Superficiales: fluyentes y regulados
- Subterráneos

➤ No convencionales

- Reutilización
- Desalación

2. Recursos hídricos externos

- Trasvases/Trasferencias



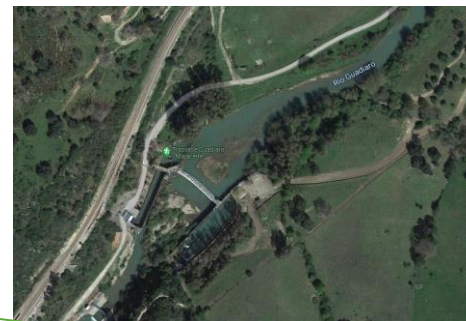
ES063MSPF000119040 RÍO GUADELETE III



ES063MSPF000206140 EMBALSE DE LOS HURONES



Tratamiento de aguas para su reutilización



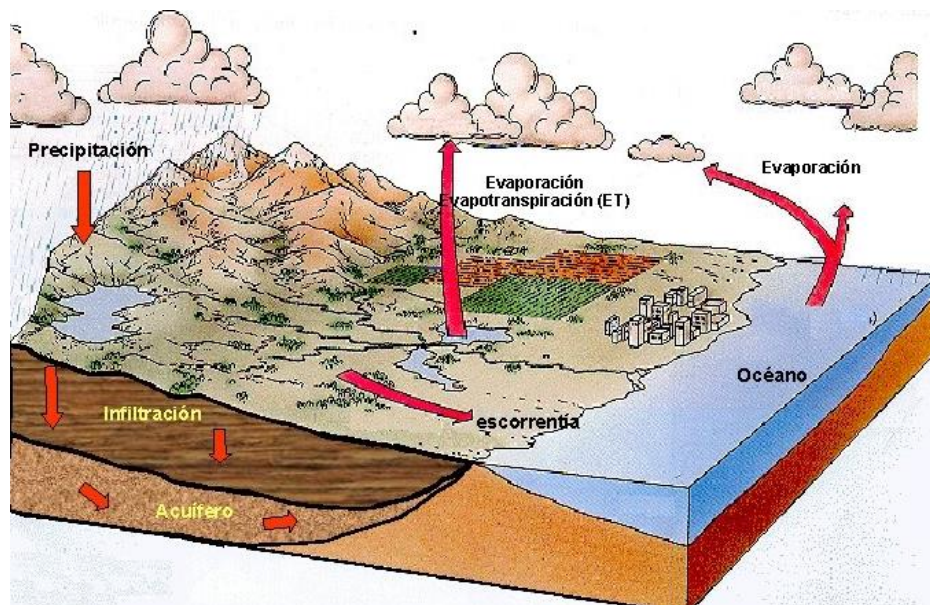
Trasvase Guadiaro-Majaceite

Introducción

RECURSOS HÍDRICOS NATURALES.

El inventario de recursos hídricos naturales incluye las aguas que contribuyan a las aportaciones de los ríos y las que alimenten almacenamientos naturales de agua, superficiales o subterráneos.

Son los recursos que entran en la cuenca hidrográfica de forma natural, mediante el funcionamiento del ciclo hidrológico.

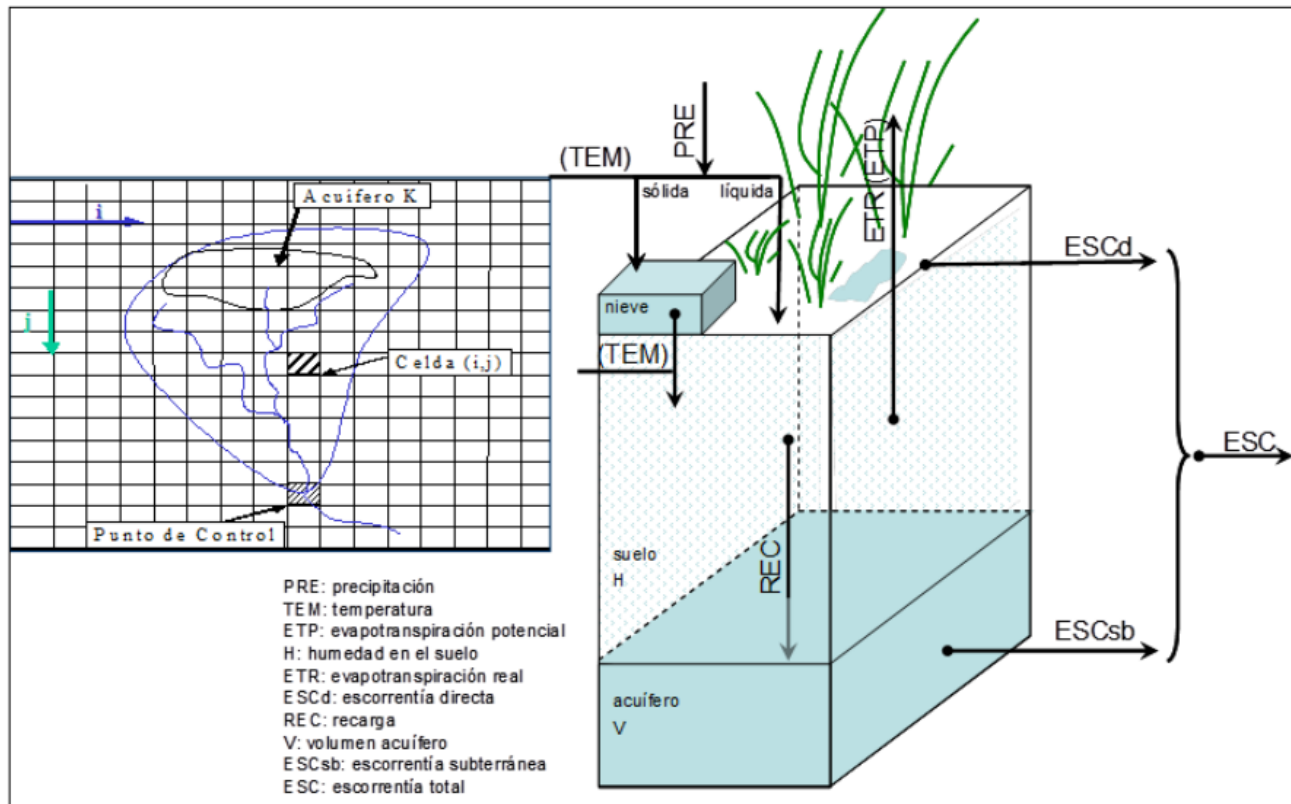
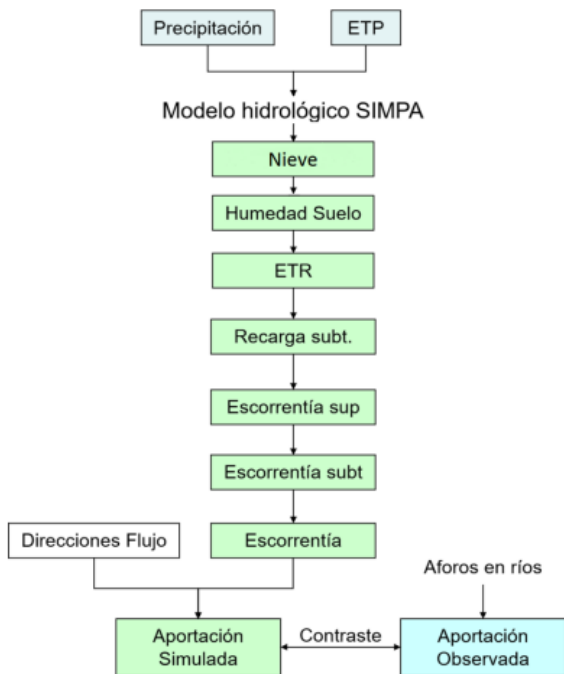


Evaluación de recursos hídricos naturales.

Modelo SIMPA (SIMULACIÓN PRECIPITACIÓN – APORTACIÓN)

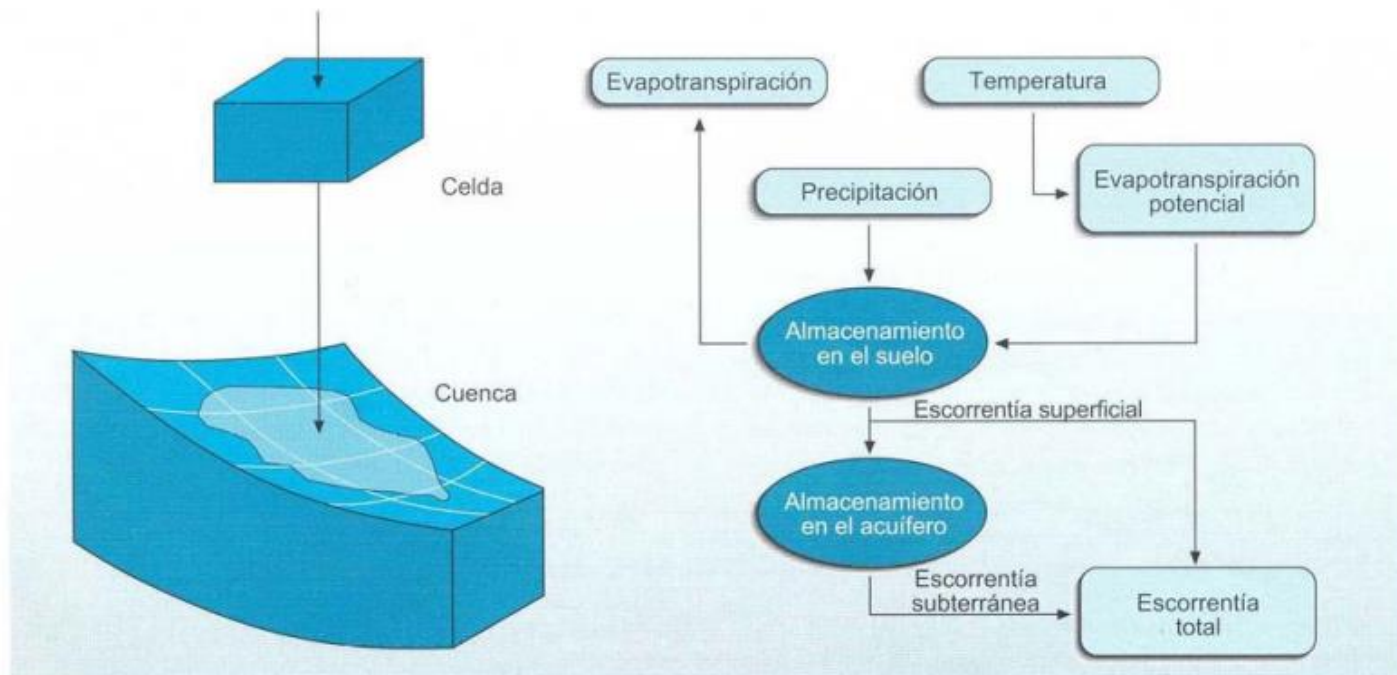
Funcionamiento
del modelo

Metodología



Evaluación de recursos hídricos naturales.

Modelo SIMPA (SIMULACIÓN PRECIPITACIÓN – APORTACIÓN)



Inventario de recursos hídricos naturales

Descripción e interrelación de las variables hidrológicas

Variables

Fase atmosférica

Precipitación
Temperatura
Evapotranspiración
potencial

Fase terrestre

Infiltración/Recarga
Evapotranspiración real
Escorrentías

Periodo de
análisis de
las variables

Serie larga
1940/41 a 2017/18

Serie corta
1980/81 a 2017/18

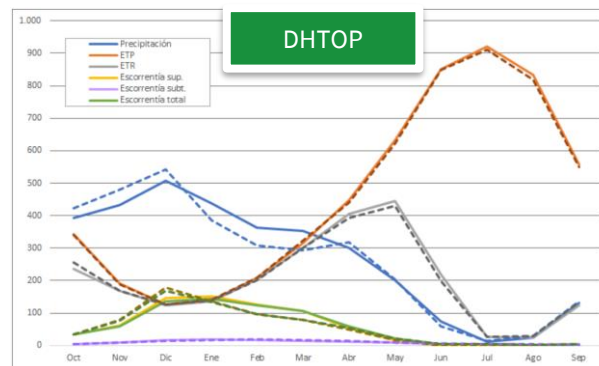
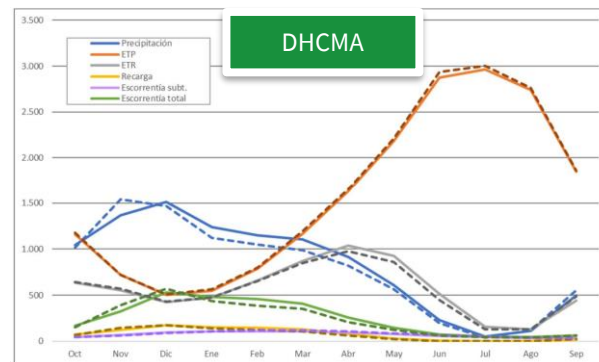
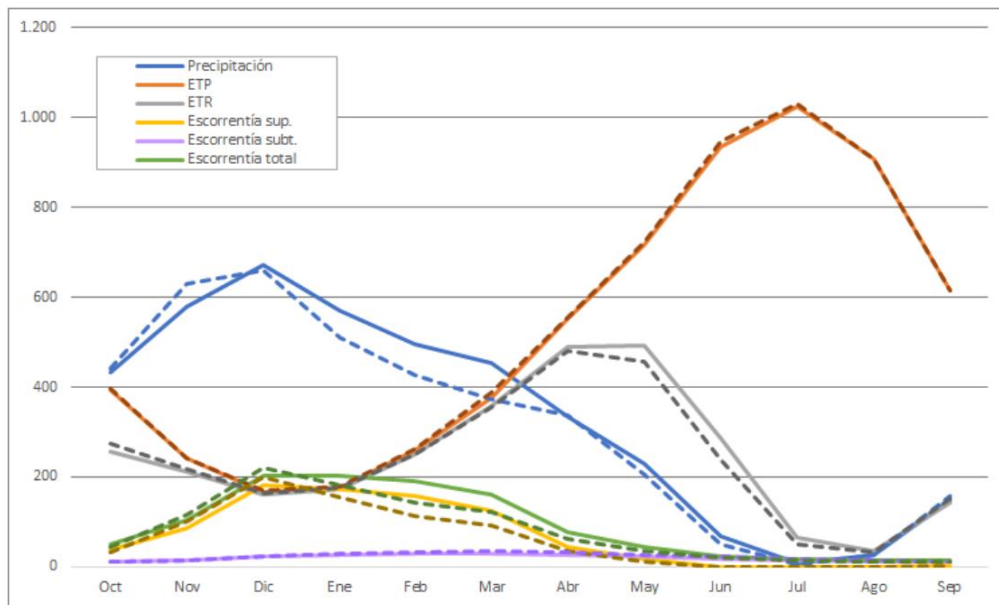
Variables	DHCMA		DHGB		DHTOP	
	Serie corta	Serie larga	Serie corta	Serie larga	Serie corta	Serie larga
Precipitación	547 mm	528 mm	674 mm	642 mm	680 mm	670 mm
Temperatura	15.8°C	16.1°C	17.5°C	17.8°C	17.9°C	18°C
Evapotranspiración potencial	1067 mm	1082 mm	1067 mm	1076 mm	1169 mm	1159 mm
Evapotranspiración real	981 mm/año	370 mm/año	490 mm/año	478 mm/año	508 mm/año	505 mm/año
Infiltración o recarga	52 mm/año	49 mm/año	45 mm/año	40 mm/año	26 mm/año	24 mm/año
Escorrentía	166 mm/año	158 mm/año	184 mm/año	164 mm/año	147 mm/año	142 mm/año

Inventario de recursos hídricos naturales

Inventario de recursos hídricos naturales

Evolutivo de las series mensuales

Evolución mensual DHGB.
Serie corta en continuo, serie larga discontinuo



Inventario de recursos hídricos naturales

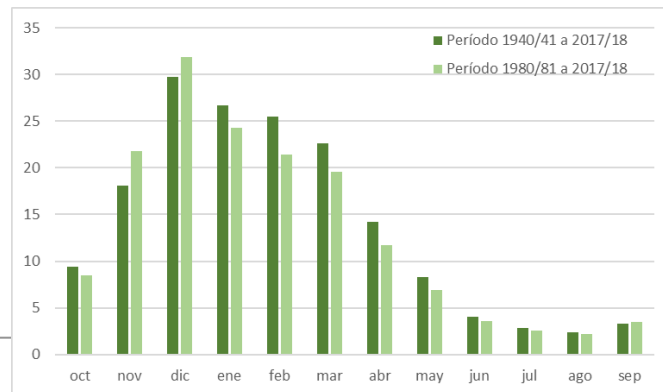
Descripción e interrelación de las variables hidrológicas

- ✓ Recursos hídricos naturales:
 - Aportación total: 4.488 hm³ (1980/81 a 2017/18).
 - Aportación subterránea: 1.568 hm³
 - Distribución espacial irregular.
 - Extrema variabilidad interanual.
 - Estiajes muy acusados coincidentes con los periodos de máxima demanda.

Distribución mensual de la escorrentía total (mm/mes)

Ámbito	Serie 1980/81 a 2017/18		
	Media	Máximo	Mínimo
DHCMA	2.834,40	10.035,48	412,55
DHGB	977,74	3.273,38	111,32
DHTOP	676,04	2.352,82	47,49
Total	4.488,18	15.661,68	571,36

Aportaciones totales (hm³/año)



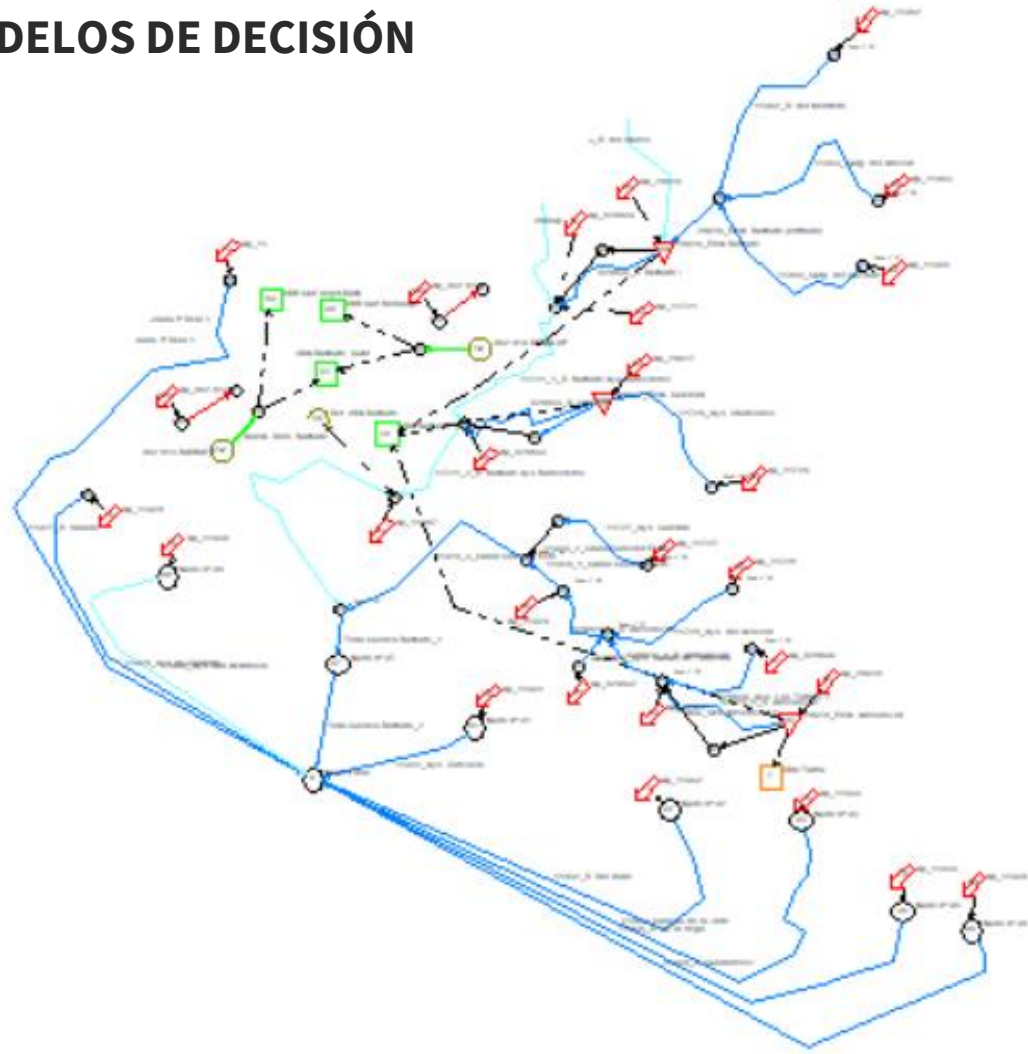
APORTACIONES NATURALES EN MODELOS DE DECISIÓN

El modelo reproduce la topología natural del Sistema de explotación, conectando las demandas con los recursos a través de las masas de agua y/o infraestructuras hidráulicas, de acuerdo con las reglas de prioridad y de operación definidas, y realizando la simulación del cumplimiento de los criterios de garantía a lo largo de las series históricas de referencia (serie corta).

Las aportaciones naturales superficiales (flechas) constituyen las entradas de recursos al Sistema, pudiendo alimentar infraestructuras de regulación.

Las aportaciones subterráneas se asocian a las masbt (octógonos) y funcionan como depósitos naturales con sus recursos disponibles.

Recursos naturales \leftrightarrow Recursos disponibles.



RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES Y EXTERNOS

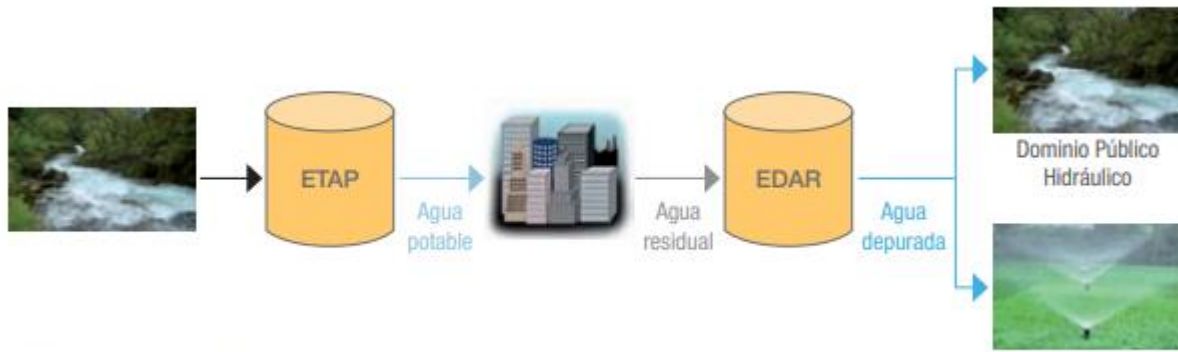
RECURSOS NO CONVENCIONALES: REUTILIZACIÓN DE AGUAS

Recursos procedentes de la utilización de efluentes de depuradoras, normalmente procedentes del ciclo urbano.

Régimen jurídico: Real Decreto 1620/2007 por el que se regula el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Uso compartido entre necesidades ambientales y usos consuntivos.

Recurso estable pero limitado. Coste más elevado que recursos regulados (depende del uso y exigencias de calidad, 0,20–1,20 €/m³)

Usos potenciales: Usos industriales, agrícolas, usos recreativos (campos de golf). Actualmente 36 Hm³.



RECURSOS NO CONVENCIONALES: DESALACIÓN DE AGUAS

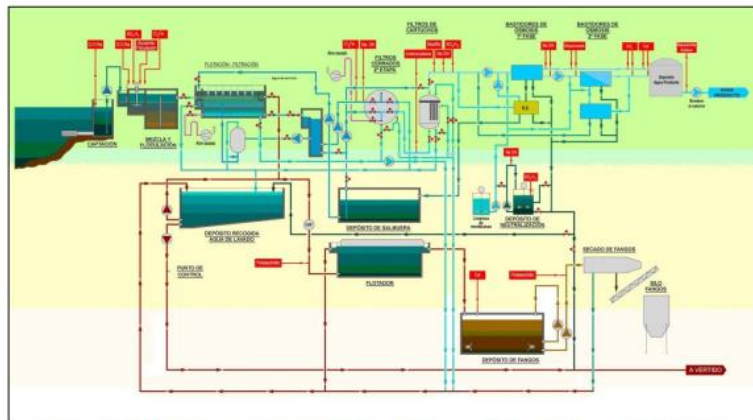
Recursos procedentes de la desalinización de agua de mar (IDAM) o aguas salobres mediante diferentes procesos (ósmosis inversa).

- Elevado coste energético y económico (0,8-1,2 €/m³). Inversiones elevadas (400-2.300 €/m³.día). Producción de efluentes (salmuera).

- + Recurso estable y de elevada calidad, apto para usos urbanos. Solución a situaciones de escasez permanente. Coste de amortización en descenso.

Usos potenciales: Consumo humano, usos industriales y/o agrícolas con alto valor añadido.

Actualmente en servicio 6 instalaciones con 81,5 Hm³ (117 Hm³) (DHCMA).



RECURSOS EXTERNOS

Recursos procedentes de otras demarcaciones hidrográficas.

Regulación Ley 10/2001 PHN, Leyes específicas, Planes Hidrológicos.

Condicionadas a necesidades hídricas presentes y futuras de las cuencas cedentes, evaluación ambiental y canon de trasvase.

	TRANSFERENCIAS ENTRANTES	TRANSFERENCIAS SALIENTES	OTROS RECURSOS GESTIONADOS
DHCMA	Tajo-Segura (DHT): 27 hm3 Negratín-Almanzora (CHG): 50 hm3 Sistema Bujeo (DHGB) 1,5 hm3	Guadiaro-Majaceite (DHGB): -46,6 hm3 (mod.) -34 hm3 (media real)	
DHTOP		Trasvase Guadalquivir Ley 10/2018: -19,99 hm3 Transferencia Matalascañas (CHG): - 2,53 hm3	Recursos sistema Chanza Piedras*: 223 hm3 Recursos Bocachanza*: 28,8 hm3 (máx 75 hm3)
DHGB	Guadiaro-Majaceite(DHCMA): 46,6 hm3 (mod.) 34 hm3 (media real)	Sistema Bujeo: -1,5 hm3.	

*DHTOP: Recursos externos del Chanza gestionados por la JdA s/Real Decreto 1560/2005, procedentes de sistema de explotación preexistente a la división administrativa que creó la DHTOP.

** No incluye: Recursos en masbt compartidas ni otras situaciones de hecho.

Recursos hídricos existentes

Inventario de recursos hídricos



Recursos hídricos	DH	PH 1º ciclo	PH 2º ciclo	PH 3º ciclo	Variación
Aportación natural (hm3/año)	DHCMA	2.092,3	2.092,3	2.225,8	6,4%
	DHGB	957,7	975,0	978,0	0,3%
	DHTOP	712	694,7	676,0	-2,7%
	Total	3.762,0	3.762,0	3.879,9	3,1%
Reutilización (hm3/año)	DHCMA	21	27,4	23,0	-16,1%
	DHGB	9,5	9,5	10,6	10,5%
	DHTOP	0,0	0,0	2,4	-
	Total	30,5	36,9	35,9	-2,7%
Desalinización (hm3/año)	DHCMA	23	43,8	81,5	86,1%
	DHGB	0,0	0,0	0,0	-
	DHTOP	0,0	0,0	0,0	-
	Total	23	43,8	81,5	86,1%
Recursos externos (hm3/año)	DHCMA	43	42,5	38,5	-9,4%
	DHGB	56	52,0	46,6	-10,4%
	DHTOP	(225)	(278,0)	(278,0)	0,0%
	Total	324	330,0	324,6	-1,6%

CONSIDERACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS

CONSIDERACIONES DEL CC EN LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS.

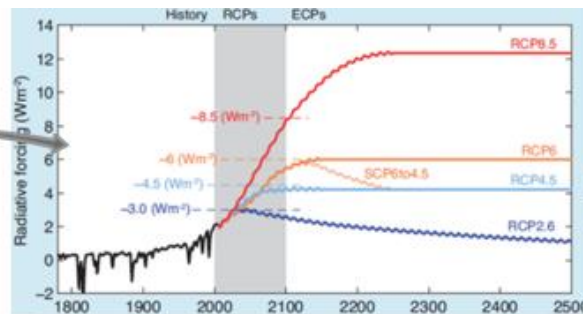
Mejora metodológica sustancial en los trabajos de elaboración de los planes hidrológicos del tercer ciclo (2022-2027).

Metodología basada en los trabajos del CEDEX “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS Y SEQUÍAS EN ESPAÑA”

Segundo ciclo: -8%

Tercer ciclo

- 12 proyecciones climáticas (RCP2.6, RCP4.5, RCP6 y RCP8.5)
- Tres periodos de impacto

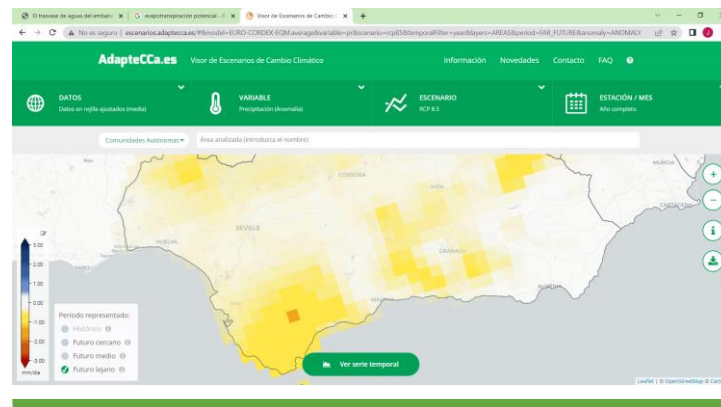


- PI1: 2010-2040 (de oct 2010 a sept 2040), también conocido como *corto plazo*.
- PI2: 2040-2070 (de oct 2040 a sept 2070), también conocido como *medio plazo*.
- PI3: 2070-2100 (de oct 2070 a sept 2100), también conocido como *largo plazo*.

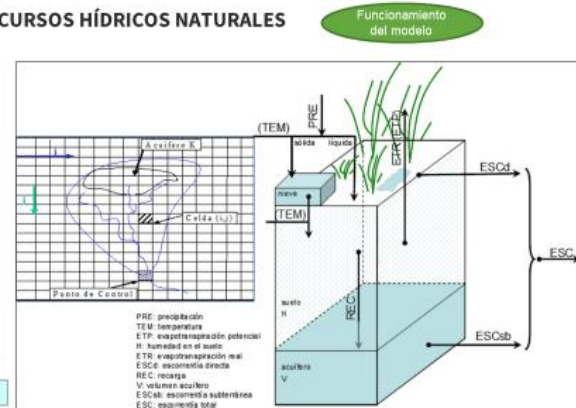


CONSIDERACIONES DEL CC EN LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS.

- Definición de escenarios climáticos regionales a partir de modelos de circulación global (downscaling)
- Utilización de modelo SIMPA con series de datos de entrada obtenidos a partir de dichos escenarios climáticos regionales
- Consideración de dos escenarios climáticos (RCP4.5 y RCP8.5) y 6 MCG, en tres períodos de impacto.
- Obtención de porcentajes de escorrentía por zona considerada para cada combinación de escenario y MCG.
- Consideración de la serie de aportaciones modificada en los balances a 2039 (PH contiene balances situación actual, 2027 y 2039)



EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES Modelo SIMPA



Cambio climático

Porcentaje de cambio anual en la escorrentía superficial

ESC Δ Anual (%)		RCP 4.5									RCP 8.5								
		F4A	M4A	N4A	Q4A	R4A	U4A	Mx	Med	Mn	F8A	M8A	N8A	Q8A	R8A	U8A	Mx	Med	Mn
CMA	2010-2040	6	-4	-33	-6	-25	43	43	-3	-33	12	-11	-25	-18	-23	-1	12	-11	-25
	2040-2070	-4	-3	-15	-2	-36	11	11	-8	-36	-5	-25	-47	-17	-46	20	20	-20	-47
	2070-2100	0	-21	-39	-16	-49	6	6	-20	-49	-29	-25	-29	-42	-65	4	4	-31	-65

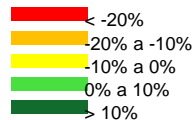
ESC Δ Anual (%)		RCP4.5									RCP8.5								
		F4A	M4A	N4A	Q4A	R4A	U4A	Mx	Med	Mn	F8A	M8A	N8A	Q8A	R8A	U8A	Mx	Med	Mn
Guadalete - Barbate	2010-2040	10	-7	-38	-11	-25	48	48	-4	-38	15	-13	-31	-21	-21	6	15	-11	-31
	2040-2070	-2	-2	-21	-8	-37	14	14	-10	-37	-5	-27	-51	-18	-47	31	31	-20	-51
	2070-2100	1	-24	-43	-16	-52	12	12	-20	-52	-31	-27	-31	-49	-67	7	7	-33	-67

ESC Δ Anual (%)		RCP4.5									RCP8.5								
		F4A	M4A	N4A	Q4A	R4A	U4A	Mx	Med	Mn	F8A	M8A	N8A	Q8A	R8A	U8A	Mx	Med	Mn
Tinto – Odiel - Piedras	2010-2040	1	-4	-36	-8	-21	54	54	-2	-36	14	-5	-36	-17	-22	-1	14	-11	-36
	2040-2070	-8	-6	-19	-4	-37	15	15	-10	-37	-14	-26	-51	-16	-46	34	34	-20	-51
	2070-2100	-1	-25	-44	-12	-50	25	25	-18	-50	-26	-24	-35	-48	-65	21	21	-29	-65

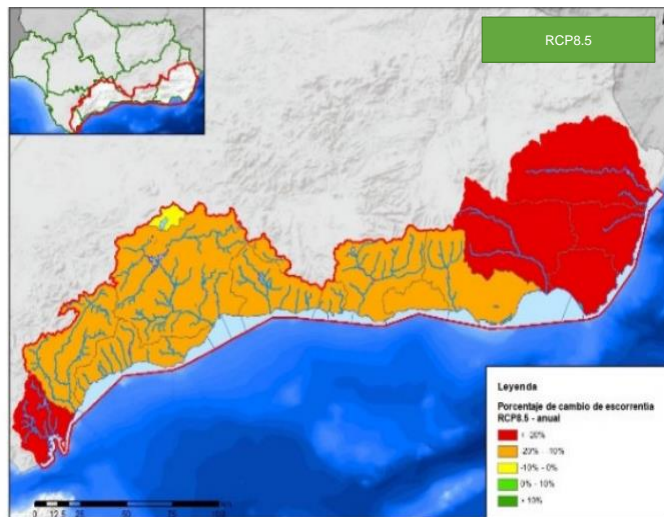
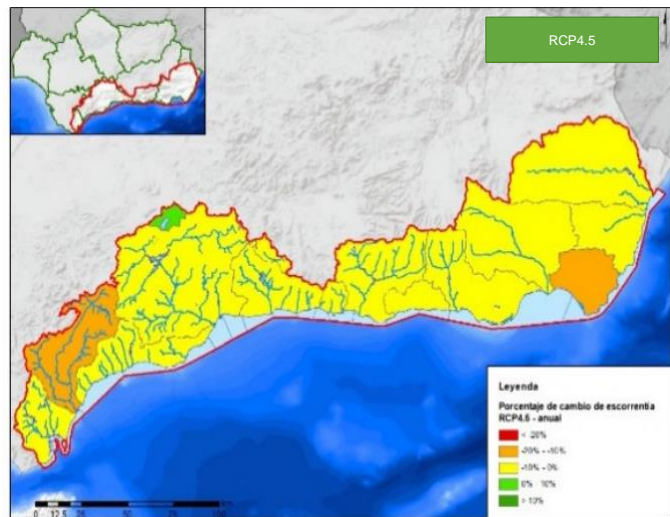
Cambio climático

Porcentaje de cambio anual en la escorrentía superficial: Cuencas Mediterráneas Andaluzas

Porcentaje de cambio de la escorrentía



Horizonte 2039



ático

Zonas	RCP4.5				RCP8.5			
	OND	EFM	AMJ	JAS	OND	EFM	AMJ	JAS
I-1	-14	4	-14	-14	-24	-7	-26	-24
I-2	-13	3	-13	-19	-21	-4	-22	-25
I-3	-10	7	-11	-15	-20	-5	-24	-23
I-4	-12	6	-10	-12	-22	-7	-22	-20
I-5	-12	17	19	9	-21	0	-3	-11
II-1	-12	7	-9	-14	-23	-7	-19	-21
II-2	-11	-4	-7	-8	-20	-13	-15	-15
III-1	-11	7	-4	-17	-23	-5	-12	-24
III-2	-13	6	-8	-13	-21	-4	-17	-20
III-3	-13	15	-10	-12	-22	3	-19	-22
III-4	-11	10	-11	-13	-20	-3	-21	-21
IV-1	-11	5	-13	-17	-23	-11	-27	-28
IV-2	-20	-14	-12	-21	-31	-32	-34	-39
V-1	5	-1	-3	-7	-20	-37	-40	-37
V-2	0	-7	-7	-8	-10	-27	-27	-25

Cambio climático

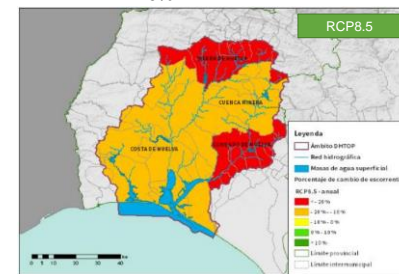
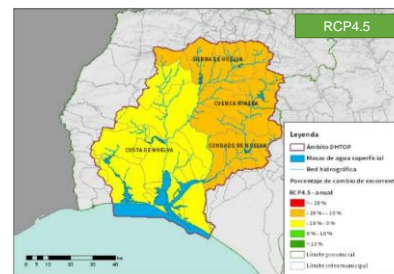
Porcentaje de cambio anual en la escorrentía superficial: Cuencas Atlánticas Andaluzas

Horizonte 2039

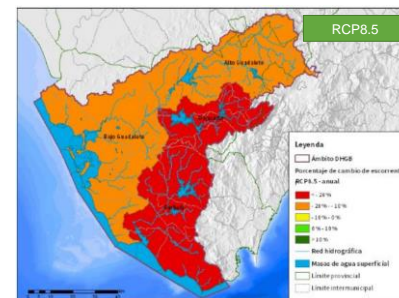
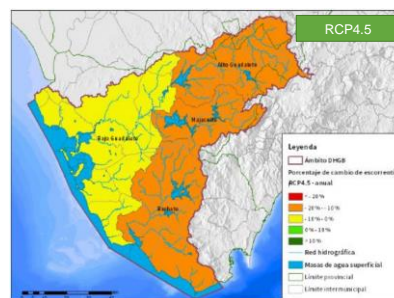
Porcentaje de cambio de la escorrentía



Zonas	RCP4.5				RCP8.5			
	OND	EFM	AMJ	JAS	OND	EFM	AMJ	JAS
61 Condado de Huelva	-18	5	-12	-20	-26	-5	-29	-26
58 Costa de Huelva	-16	7	-3	-5	-26	-6	-25	-21
72 Cuenca Minera	-17	2	-15	-20	-24	-6	-29	-15
88 Sierra de Huelva	-17	0	-15	-32	-23	-6	-28	-37



Zonas	RCP4.5				RCP8.5			
	OND	EFM	AMJ	JAS	OND	EFM	AMJ	JAS
Alto Guadalete	-15	2	-12	-16	-22	-4	-22	-23
Bajo Guadalete	-15	8	-3	-6	-25	-6	-19	-18
Majaceite	-14	3	-13	-33	-21	-3	-22	-35
Barbate	-15	3	-10	-22	-25	-7	-21	-29



Cambio climático

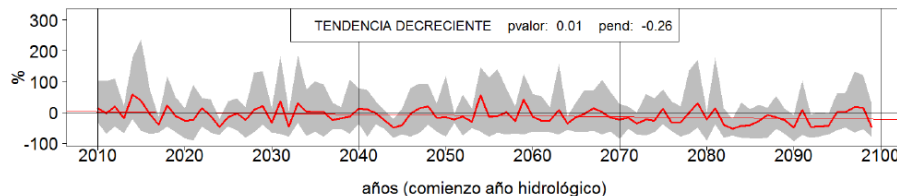
Impactos previsibles

Afección a:

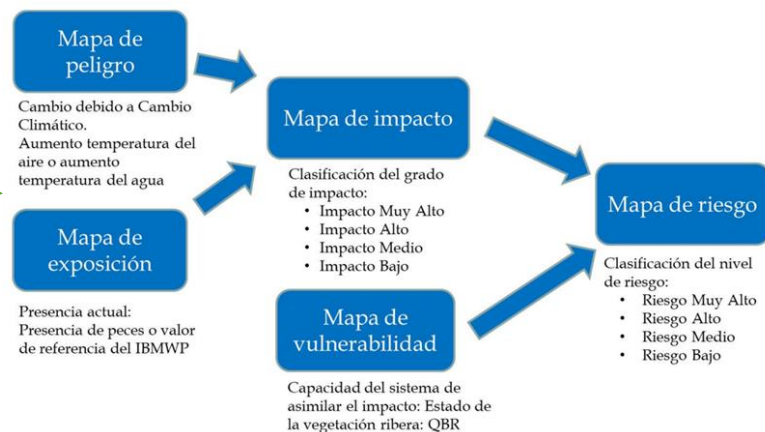
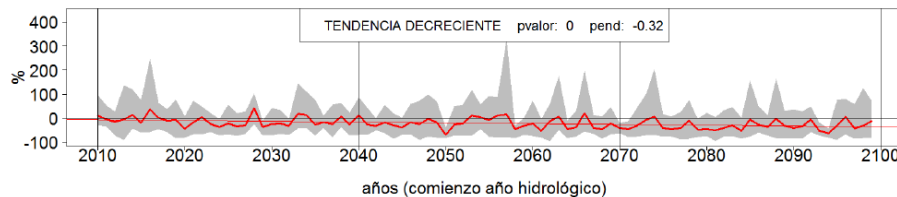
- ✓ Recursos hídricos
- ✓ Demandas de agua
- ✓ Calidad del agua
- ✓ Procesos ecológicos y biodiversidad
- ✓ Extremos climáticos

Consideración de dos escenarios de reducción de la escorrentía (RCP4.5 y RCP8.8) en la elaboración de los balances a 2039.

Evolución del cambio de ESC ANUAL CC. Mediterráneas Andaluzas RCP: 4.5



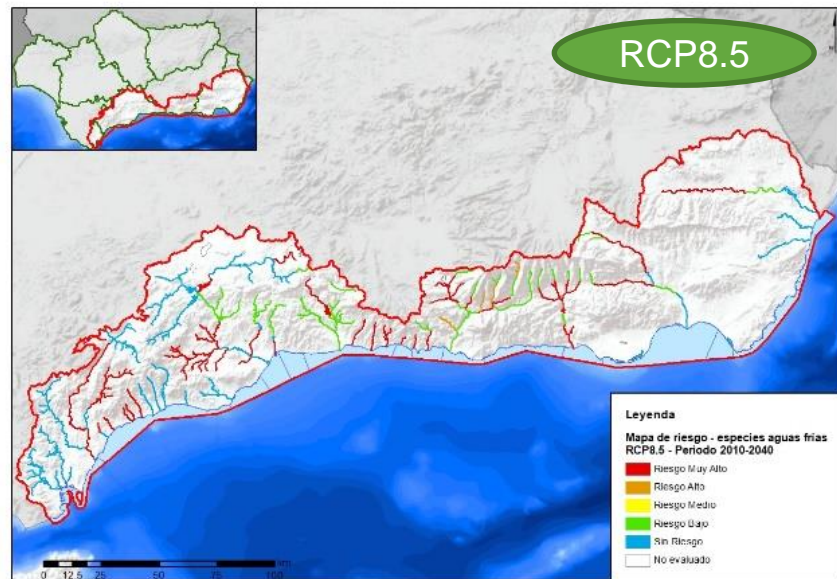
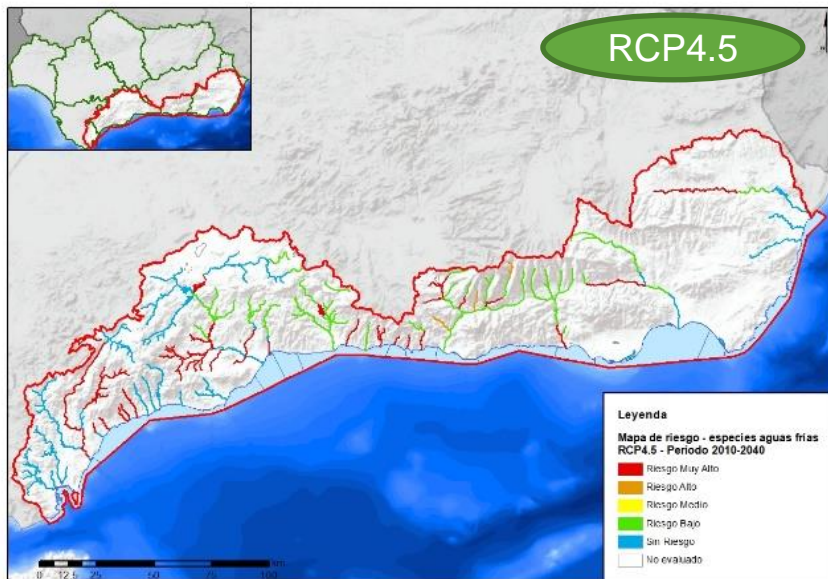
Evolución del cambio de ESC ANUAL CC. Mediterráneas Andaluzas RCP: 8.5



Cambio climático

Mapas de Riesgos

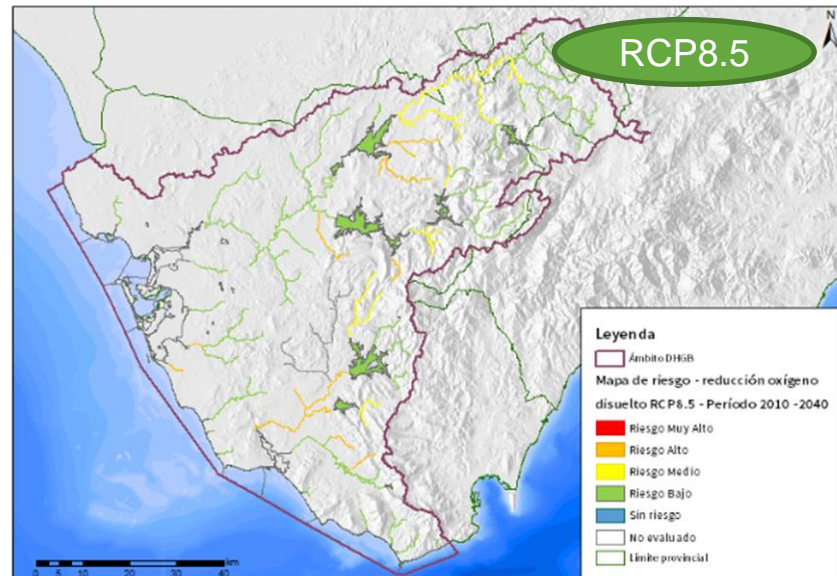
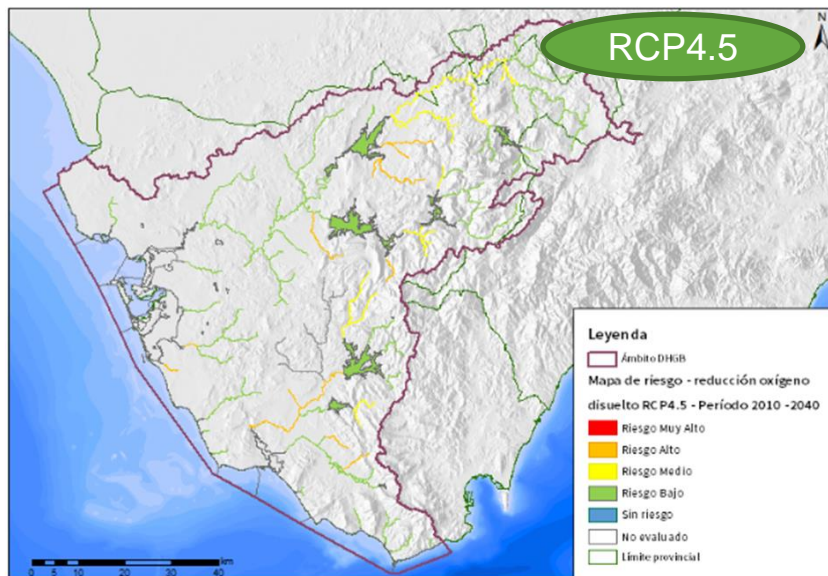
Mapa de riesgo de pérdida de hábitat para especies de aguas frías para 2010-2040.



Cambio climático

Mapas de Riesgos

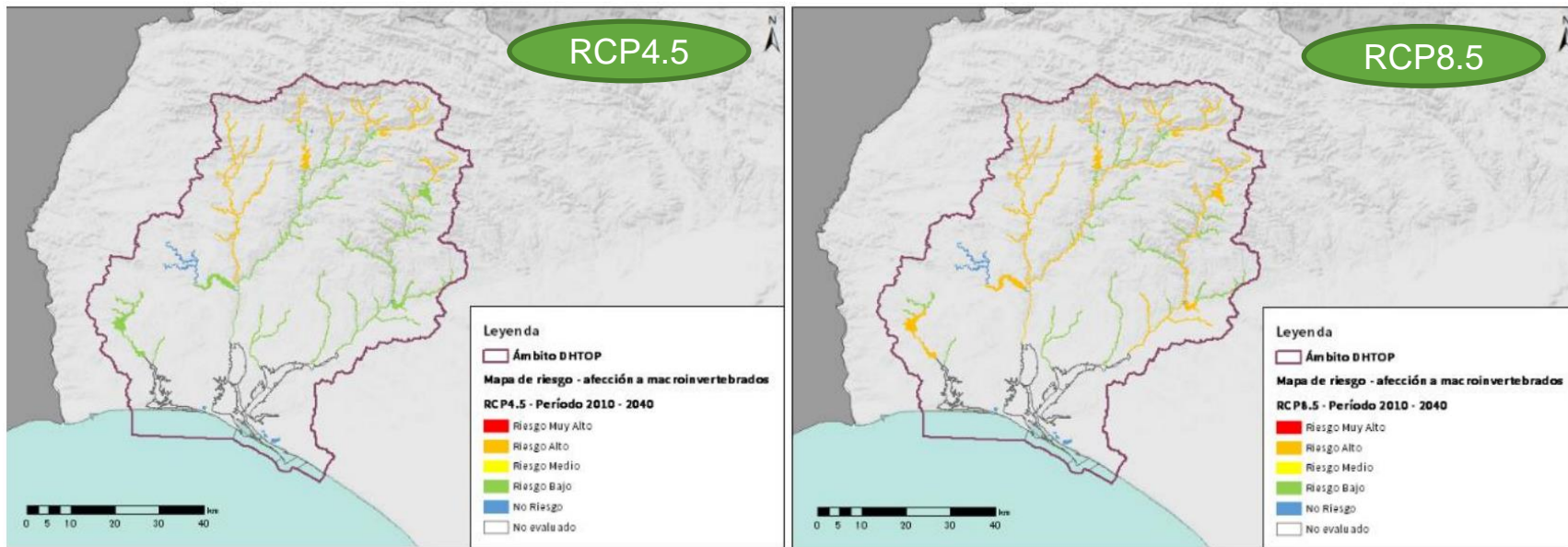
Mapa de riesgo de reducción de oxígeno disuelto para 2010-2040.



Cambio climático

Mapas de Riesgos

Mapa de riesgo de afección a macroinvertebrados para 2010-2040.



CONCLUSIONES

Efectos previstos en escenarios futuros:

- Una reducción considerable y creciente de la escorrentía superficial en los próximos años, para ambos escenarios de emisiones considerados, RCP4.5 y RCP8.5 y en todas las demarcaciones.
- Menor cantidad de recursos disponibles.
- Incremento en la frecuencia e intensidad de sequías.
- Incremento de consumos : 3-5% demanda urbana, 4-7% demanda regadío.
- Régimen pluviométrico con precipitaciones más concentradas e intensas.
- Aumento del nivel medio del mar a 2040 (aproximadamente 6 cm a final del SXXI).
- Incremento en el número de días y noches cálidos al año, frecuencia y duración de olas de calor, riesgo de incendios forestales y reducción en el número de días de heladas.
- Efectos inducidos sobre la calidad de los recursos hídricos.
- Alteraciones de los sistemas naturales (Ecosistemas acuáticos y terrestres asociados al agua). Deriva de las condiciones de referencia de las masas de agua.

CONCLUSIONES

Medidas y criterios a adoptar en la gestión de los recursos hídricos

- Mejora de la capacidad de modelización y predicción de los escenarios climáticos y sus efectos sobre los sistemas hidrológicos.
- Elaboración del Estudio Específico de Adaptación al Cambio Climático de las DDHH según indicaciones de la Ley 7/2021 CCTE.
- Prudencia en la planificación sectorial: Observación de escenarios a largo plazo en las decisiones públicas y privadas.
- Incremento de la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles (Usos urbanos, usos agrarios)
- Constitución de reservas estratégicas para episodios de escasez (recursos subterráneos)
- Dotación de infraestructuras para incrementar la capacidad de regulación de las cuencas hidrográficas y/o de laminación de avenidas.
- Recursos no convencionales para la resolución de escasez permanente sobrevenida: Optimización de potencial de reutilización de aguas, infraestructuras de desalación, etc.



Junta de Andalucía

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN