



Las aguas subterráneas en Teruel: sequía, cambio climático y calidad

Marian Lorenzo
mlorenzo@cita-
aragon.es



INSTITUTO ARAGONÉS DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

Plan de Formación 2024 del Instituto Aragonés de Administración Pública

“EL SECTOR AGRARIO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO”

2024/0234-TE

Índice

1.- Importancia de las aguas subterráneas:

- Tipo de acuíferos
- Acuíferos de Teruel
- Evaluación de recursos
- Calidad
- Como interfiere el cambio climático en todos estos aspectos

2.- Plan Especial de Sequías (PES) Periodo de consulta pública hasta el 20/11/2024

3.- FITE-ResiTer: *“Estudio de la resiliencia de los acuíferos de Teruel al cambio climático y a los periodos prolongados de sequía para el sostenimiento de los regadíos y la población”.*

¿Por qué las aguas subterráneas son importantes?

Abastecimiento a la población y al regadío. Fundamental para los meses de estiaje y en zonas en las que no hay acceso a recursos superficiales.



Captación del aluvial del río Manubles para complementar los riegos con aguas del río (Zaragoza)

Seguridad hídrica. Las aguas subterráneas actúan como reservorios de agua de calidad para periodos prolongados de estiaje



Embalse de Calanda con niveles especialmente bajos abril 2024, www.lacomarca.net

Constituye el **caudal de base** de los ríos. De gran importancia en muchos de los ríos de la geografía española.



Nacedero del río Pitarque (Teruel)

Servicios ecosistémicos. De vital relevancia para el manteniendo de humedales y otros ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas.



Campos de cultivo junto a la Laguna de Gallocañada: LIC (1999), ZEPA (2001) y Convenio Ramsar.

Recurso importante para el abastecimiento urbano, el regadío y la industria

En Teruel casi el 70% de los abastecimientos urbanos se realizan con aguas subterráneas.

Los acuíferos actúan como un **gran reservorio** donde el agua está disponible todo el año. Las descargas de manantiales y los caudales de los ríos sufren fluctuaciones a lo largo del año por lo que no siempre pueden asegurar la disponibilidad del recurso.

Recurso, recurso renovable y reservas: Se entiende por *recurso* al volumen de agua del que se podría disponer en un acuífero o zona determinada, en un tiempo determinado. Cuando se refiere a la cantidad de agua que de forma natural entra y sale del acuífero durante eses periodo de tiempo se habla de *recurso renovable*

Cuencas	hm ³ /año	
Turia	217	324
Mijares	107	
Aguas Vivas	30	430
Río Martín	37	
Regallo	2	
Guadalope	215	
Algás	10	
Matarraña	67	
Jiloca	68	
Huerva cabecera	1	

Aportación en régimen natural (MAPAMA serie corta: 1980/81-2005/06)

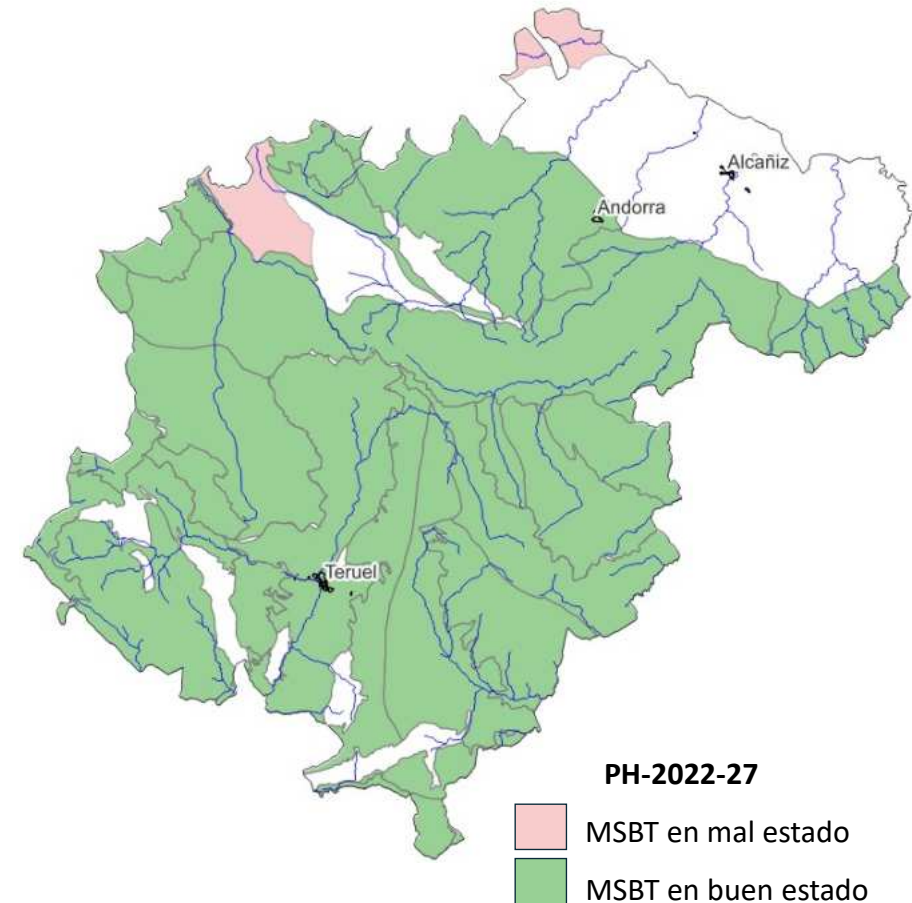
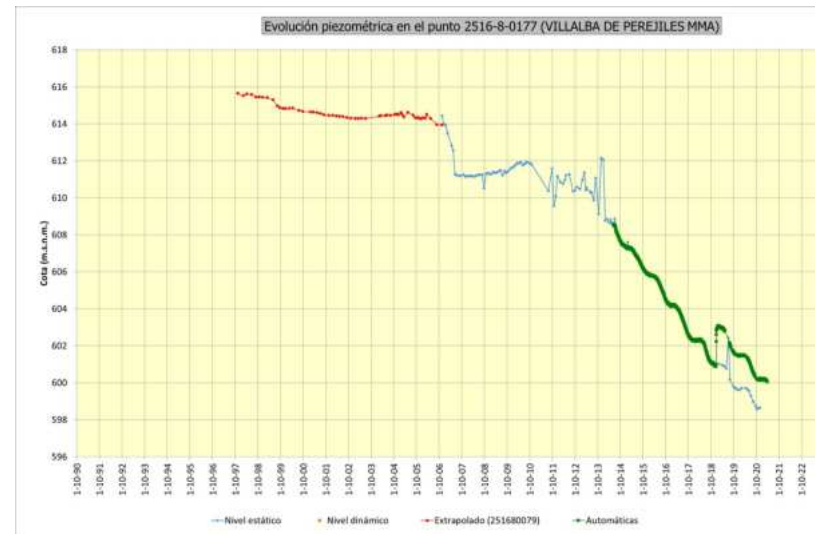
	CodMasa	Nom Masa	Recurso renovable MSBT (hm ³ /año)
Cuenca del Júcar	ES080MSBT080-101	Hoya de Alfambra	12
		Javalambre	29
	ES080MSBT080-102	Occidental	
	ES080MSBT080-103	Javalambre Oriental	83
	ES080MSBT080-104	Mosqueruela	7
	ES080MSBT080-111	Lucena - l'Alcora	76
	ES080MSBT080-112	Hoya de Teruel	29
	ES080MSBT080-113	Arquillo	4
	ES080MSBT080-114	Gea de Albarracín	4
	ES080MSBT080-115	Montes Universales	140
	ES080MSBT080-124	Sierra del Toro	6
Cuenca del Ebro	ES091MSBT084	Oriche-Anadón	2
	ES091MSBT087	Gallocanta	3
	ES091MSBT088	Monreal-Calamocha	9
	ES091MSBT089	Cella-ojos de Monreal	16
	ES091MSBT090	Pozondón	2
	ES091MSBT091	Cubeta de Oliete	47
	ES091MSBT092	Aliaga-Calanda	11
	ES091MSBT093	Alto Guadalope	3
	ES091MSBT094	Pitarque	29
	ES091MSBT095	Alto Maestrazgo	44
			389
			167

Recurso importante para el abastecimiento urbano, el regadío y la industria

Si extraemos más agua de la que corresponde al recurso renovable, estamos explotando las **reservas** del acuífero, generando un desbalance entre las entradas y las salidas.

Cuando se extrae de forma prolongada más agua de la que corresponde al recurso renovable, se produce un descenso continuado de los niveles piezométricos dando lugar a **acuíferos sobreexplotados** o MSBT en mal estado **cuantitativo**.

De las MSBT de Teruel solo está en mal estado CUANTITATIVO: 082 Huerva-Perejiles y Campo de Belchite (Cuenca del Ebro)



No todos los acuíferos son iguales. Tipología de acuíferos-grandes rasgos

A. Acuíferos detríticos

Aluviales, terrazas, glacis... y otros materiales cuaternarios

- ✓ Formados por gravas, arenas y limos con un espesor muy variable (normalmente <20 m), lo que confiere una elevada heterogeneidad en cuanto a parámetros hidrodinámicos
- ✓ Se trata de acuíferos de permeabilidad entre alta a muy alta con un nivel freático cercano a la superficie, lo que hace que sean **muy vulnerables** a la contaminación.
- ✓ Su **recarga** se realiza por infiltración de las precipitaciones y los retornos de riego sobre toda su superficie y en menor medida por aportes del río en los episodios de avenidas.



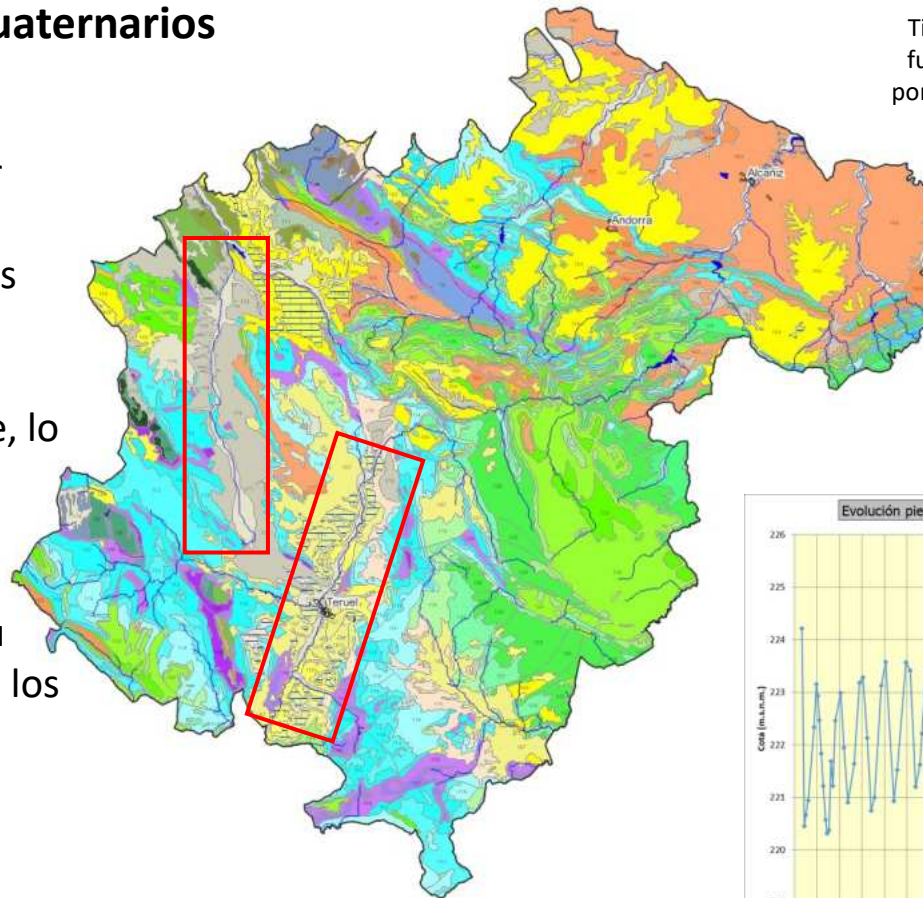
Areniscas rojas



Arenas



Arenas-niveles de gravas

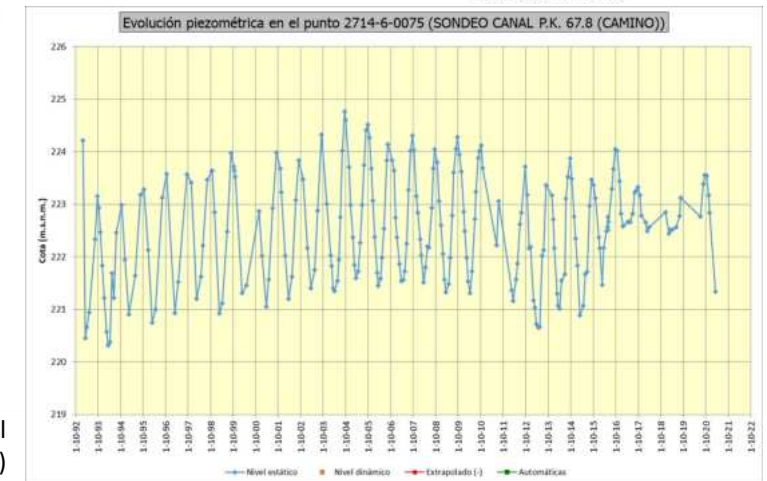


Tipología de acuífero en función del origen de su porosidad. Fuente: IGME, 2009



Acuífero detrítico

Piezómetro Aluvial del Ebro (Zaragoza)



No todos los acuíferos son iguales. Tipología de acuíferos-grandes rasgos

A. Acuíferos detríticos

Rellenos de cuencas sedimentarias terciarias

- ✓ Formados por conglomerados, areniscas, arenas, lutitas... una amplia variabilidad litológica. Suelen tener gran espesor y extensión
- ✓ La principal recarga corresponde a la infiltración de las precipitaciones y, en zonas de regadío por los retornos del riego
- ✓ En profundidad pueden presentar niveles con diferente permeabilidad lo que da lugar a acuíferos denominados multicapa.
- ✓ La profundidad del nivel freático en estos acuíferos varía de unas zonas a otras pudiendo superar los 100 m. El espesor de la ZNS (profundidad del nivel freático) y su composición (tamaño de grano), hacen que su vulnerabilidad a la contaminación difiera de unas zonas a otras.



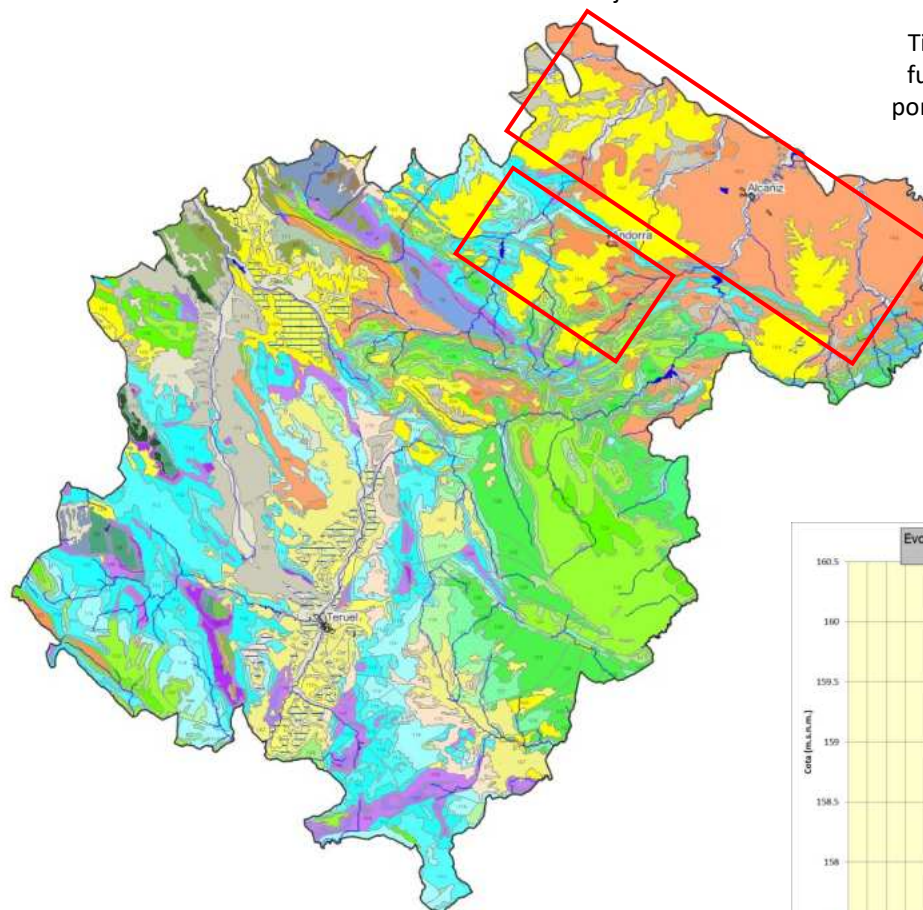
Areniscas rojas



Arenas



Arenas-niveles de gravas

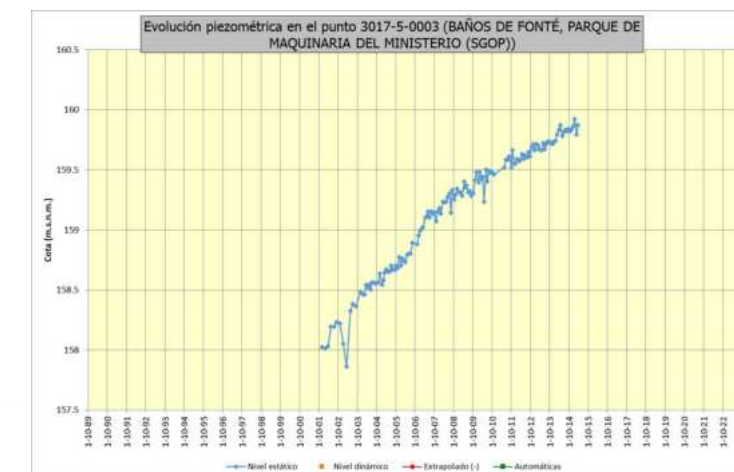


Tipología de acuífero en función del origen de su porosidad. Fuente: IGME, 2009



Acuífero detrítico

Piezómetro en el Terciario de la depresión del Ebro (Zaragoza)



No todos los acuíferos son iguales. Tipología de acuíferos-grandes rasgos

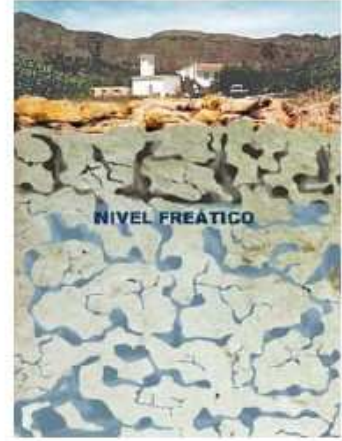
C. Acuíferos carbonatados

Procesos de karstificación en rocas carbonatadas del Cretácico y Jurásico marino

- ✓ La formación de grandes conductos favorece la rápida circulación del agua por lo que suelen ser acuíferos poco inerciales, con subidas y bajadas rápidas del nivel freático.
- ✓ La alta permeabilidad que presentan estas formaciones acuíferas hace que sean **muy vulnerables** a la contaminación.

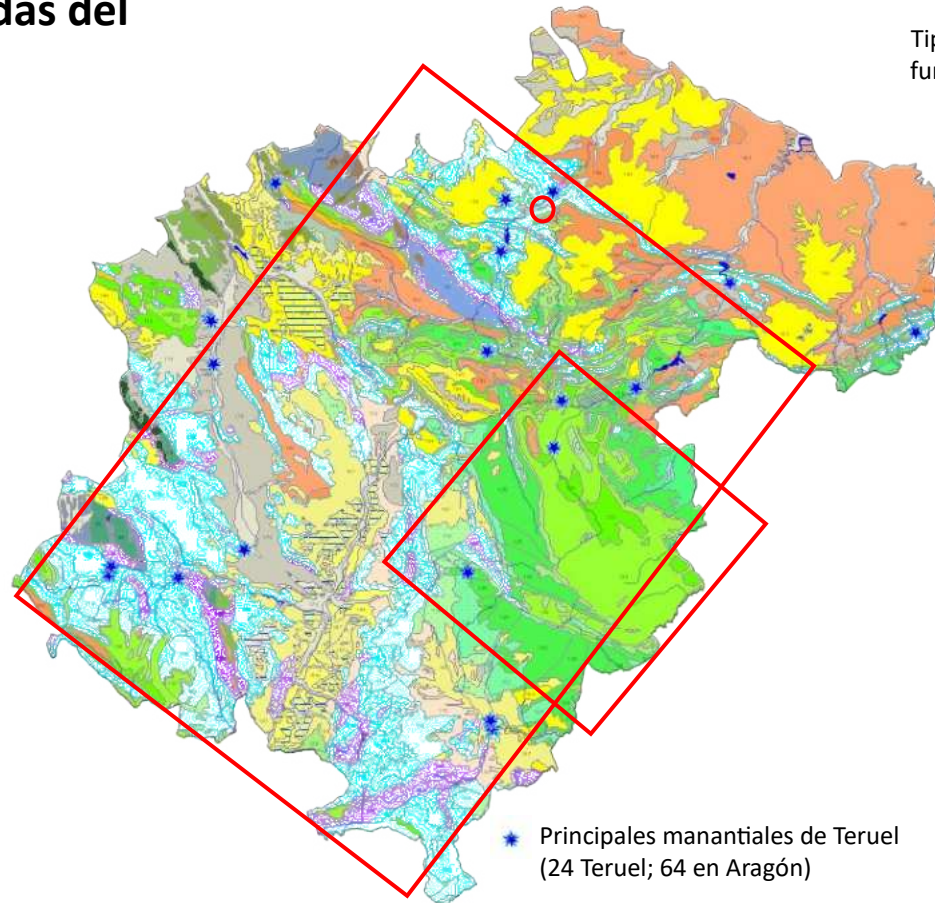


Calizas karstificadas



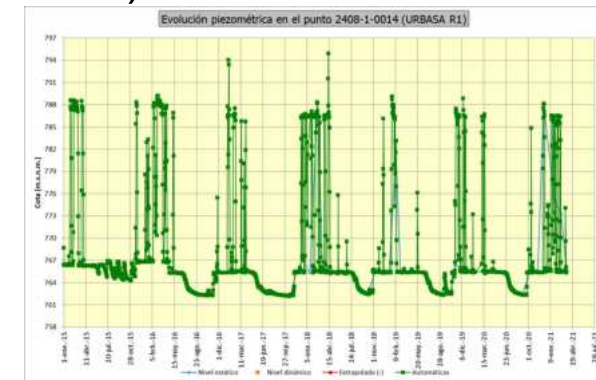
Acuífero kárstico

Tipología de acuífero en función del origen de su porosidad. Fuente: IGME, 2009



★ Principales manantiales de Teruel (24 Teruel; 64 en Aragón)

Existen pozos de emergencia para abastecimiento por sequía en estas formaciones: Forcall (1.100 m; NF 220 m) y Morella (1.122 m; NF 501 m)

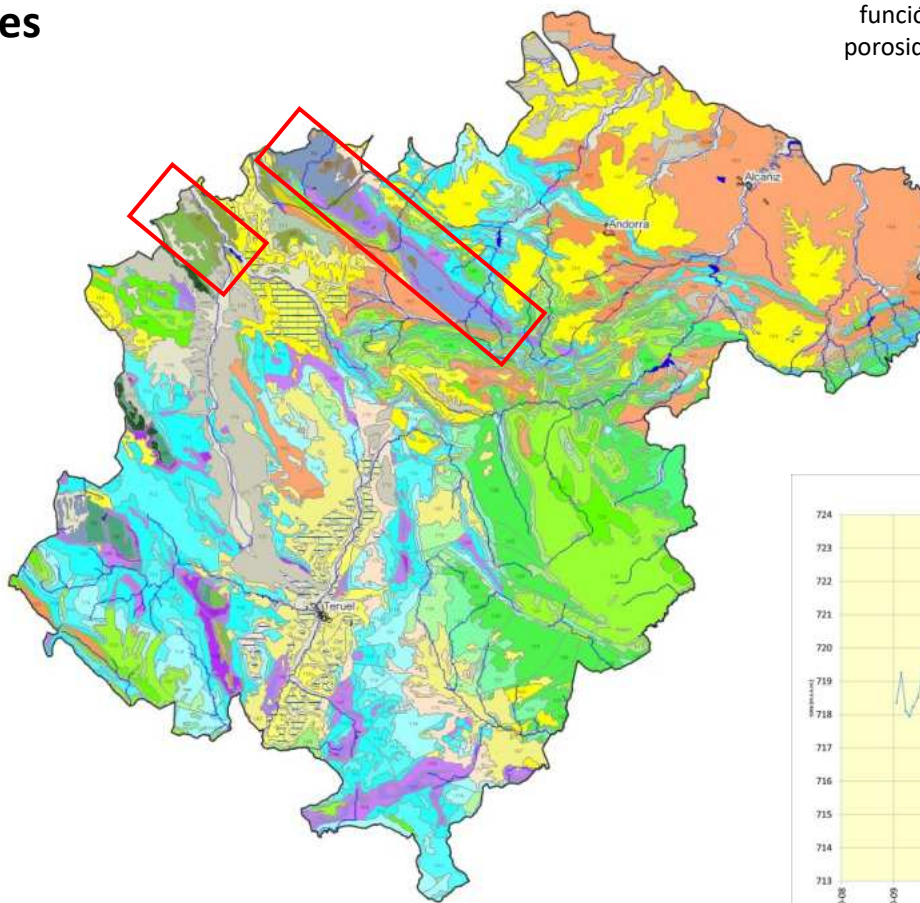


No todos los acuíferos son iguales. Tipología de acuíferos-grandes rasgos

C. Acuíferos por fracturación y fisuración

Esquistos, pizarras, cuarcitas y otras formaciones Paleozoicas

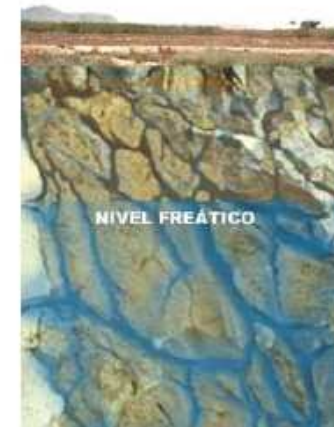
- ✓ Son acuíferos poco productivos de media a baja permeabilidad
- ✓ La infiltración y movimiento del agua se reducen a las zonas de alteración, fracturas y diaclasado.
- ✓ Las principales zonas su explotación se sitúan en las zonas de vaguada donde se recogen los flujos sub-superficiales.
- ✓ Son acuíferos poco vulnerables a la contaminación y dada la dificultad del movimiento del agua, la contaminación suele ser de carácter local.



Esquisto



Tipología de acuífero en función del origen de su porosidad. Fuente: IGME, 2009

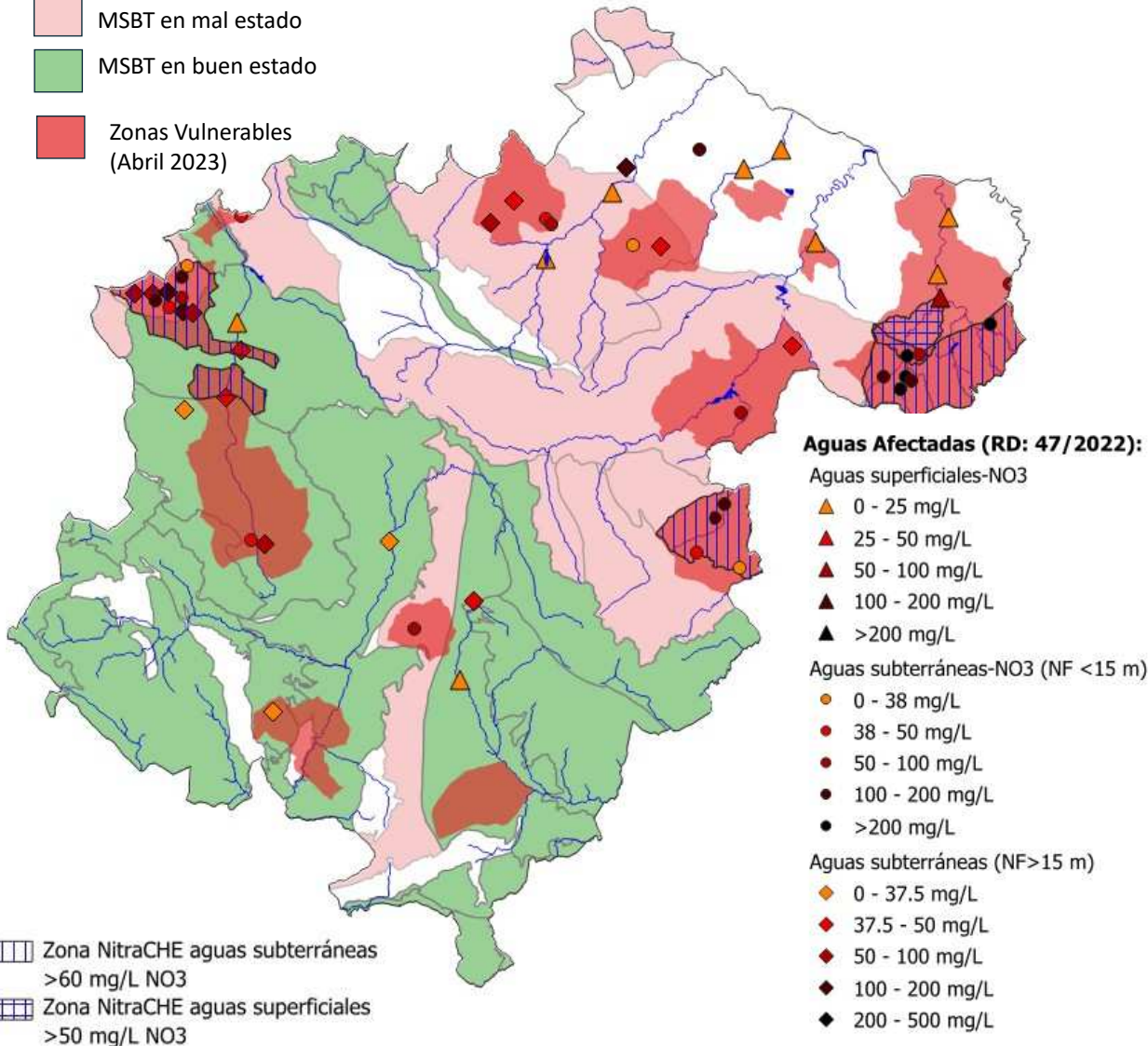


Acuífero fisurado



Calidad de las aguas subterráneas

- MSBT en mal estado
- MSBT en buen estado
- Zonas Vulnerables (Abril 2023)



No todas las aguas son aptas para el abastecimiento urbano

Principal problema es la contaminación por NITRATOS

Directiva 91/676/CEE

- ✓ Aguas Afectadas por contaminación de Nitratos
- ✓ Zonas Vulnerables:
 - Aplicación de **códigos de buenas prácticas** agrarias. Limitación al abonado orgánico (170 kg/ha y año)
 - **Programas de Acción.** Actualmente en proceso de elaboración de VI Programa Zonas NitraCHE
- ✓ Limitación a las nuevas concesiones y ampliaciones de granjas en las zonas definidas como NitraCHE

Masas de agua subterráneas en mal estado cualitativo (PH-2022-27)

11 MSBT en mal estado

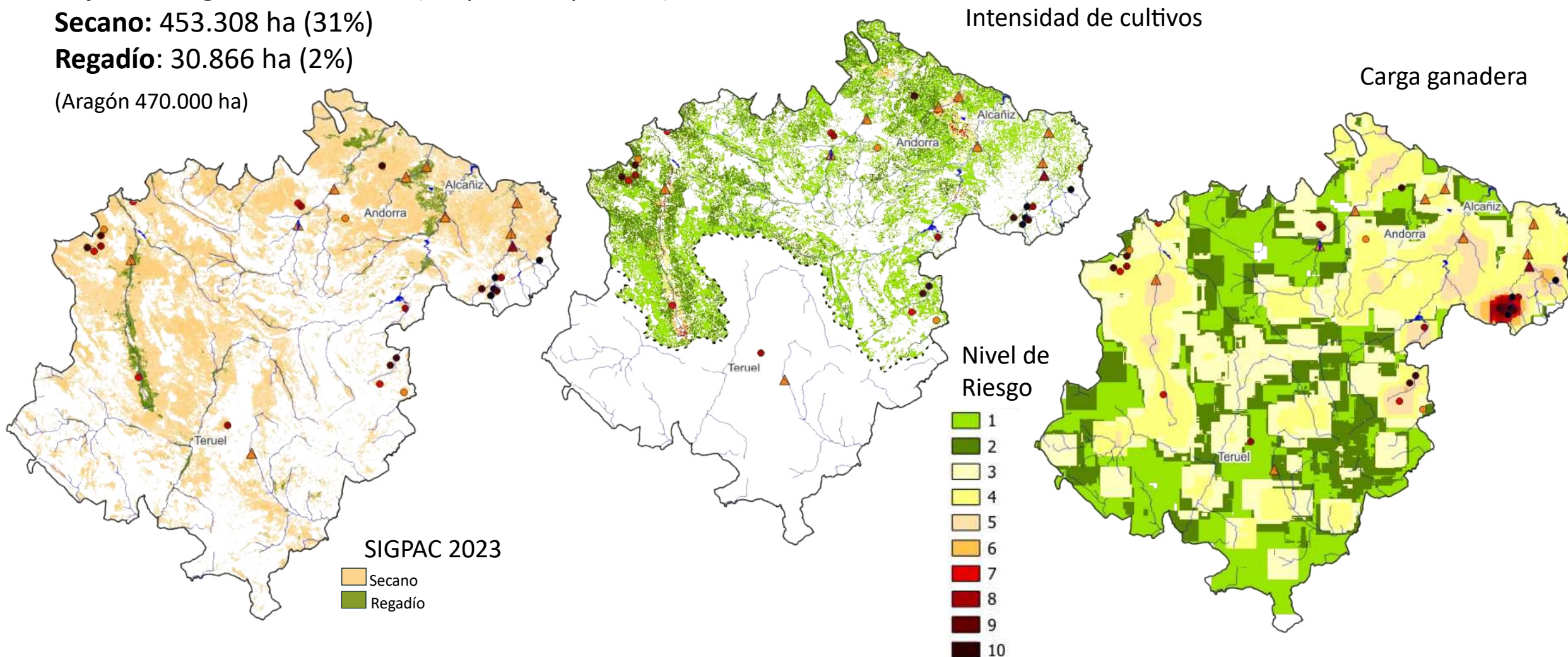
Contaminación por NITRATOS es de origen agrario

Superficie agrícola de Teruel (No pasto ni pastizal)

Secano: 453.308 ha (31%)

Regadío: 30.866 ha (2%)

(Aragón 470.000 ha)



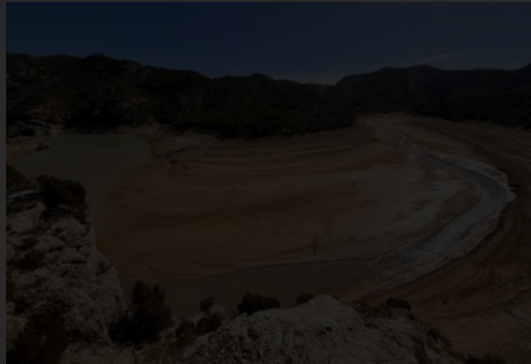
¿Por qué las aguas subterráneas son importantes?

Abastecimiento a la población y al regadío. Fundamental para los meses de estiaje y en zonas en las que no hay acceso a recursos superficiales.



Captación del aluvial del río Manubles para complementar los riegos con aguas del río (Zaragoza)

Seguridad hídrica. Las aguas subterráneas actúan como reservorios de agua para periodos prolongados de estiaje



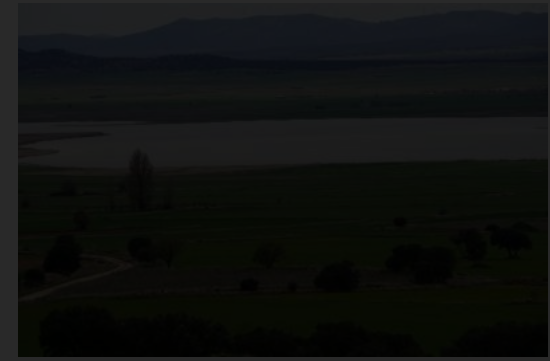
Embalse de Calanda con niveles especialmente bajos abril 2024, www.lacomarca.net

Constituye el **caudal de base** de los ríos. De gran importancia en muchos de los ríos de la geografía española.



Nacedero del río Pitarque (Teruel)

Servicios ecosistémicos. De vital relevancia para el manteniendo de humedales y otros ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas.



Campos de cultivo junto a la Laguna de Gallocanta: LIC (1999), ZEPA (2001) y Convenio Ramsar.

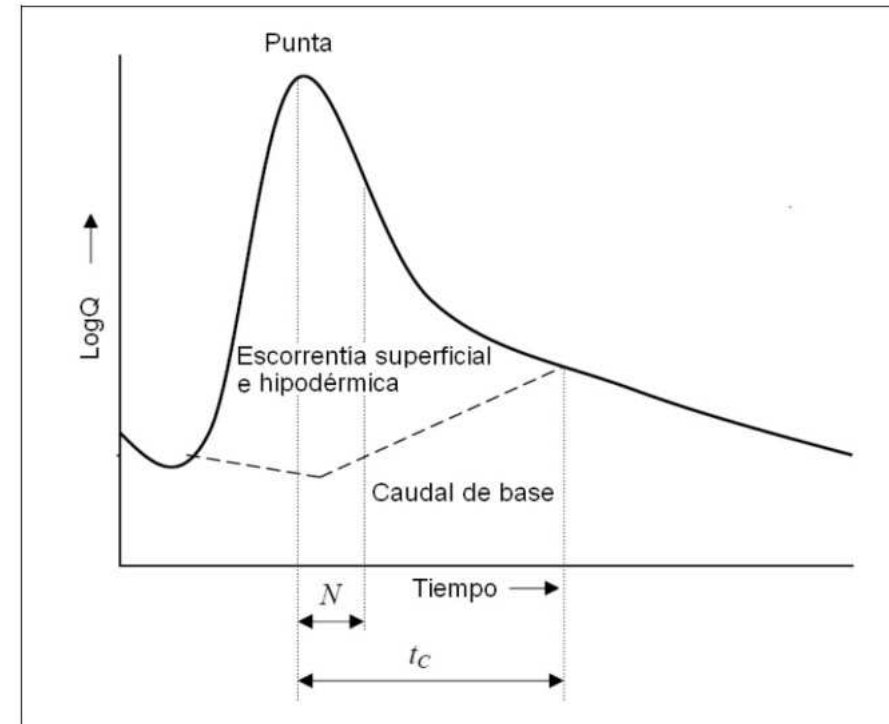


Descomposición de hidrograma

- ✓ Evaluación de recursos
- ✓ Determinación de parámetros hidrodinámicos del acuífero
- ✓ Mejora del modelo conceptual del acuífero
- ✓ Análisis de tendencias. Descensos: incremento de la explotación de los recursos, cambios en los usos del suelo, cambio climático

Ríos no regulados ni con derivaciones de agua

Estaciones de aforo preferentemente con canal de aguas bajas



¿Por qué las aguas subterráneas son importantes?

Abastecimiento a la población y al regadío. Fundamental para los meses de estiaje y en zonas en las que no hay acceso a recursos superficiales.



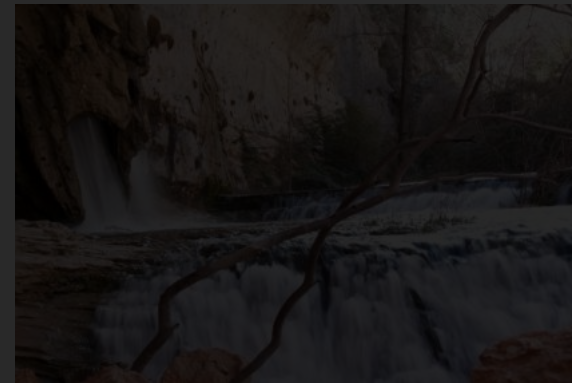
Captación del aluvial del río Manubles para complementar los riegos con aguas del río (Zaragoza)

Seguridad hídrica. Las aguas subterráneas actúan como reservorios de agua para periodos prolongados de estiaje



Embalse de Calanda con niveles especialmente bajos abril 2024, www.lacomarca.net

Constituye el **caudal de base** de los ríos. De gran importancia en muchos de los ríos de la geografía española.



Nacedero del río Pitarque (Teruel)

Servicios ecosistémicos. De vital relevancia para el manteniendo de humedales y otros ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas.



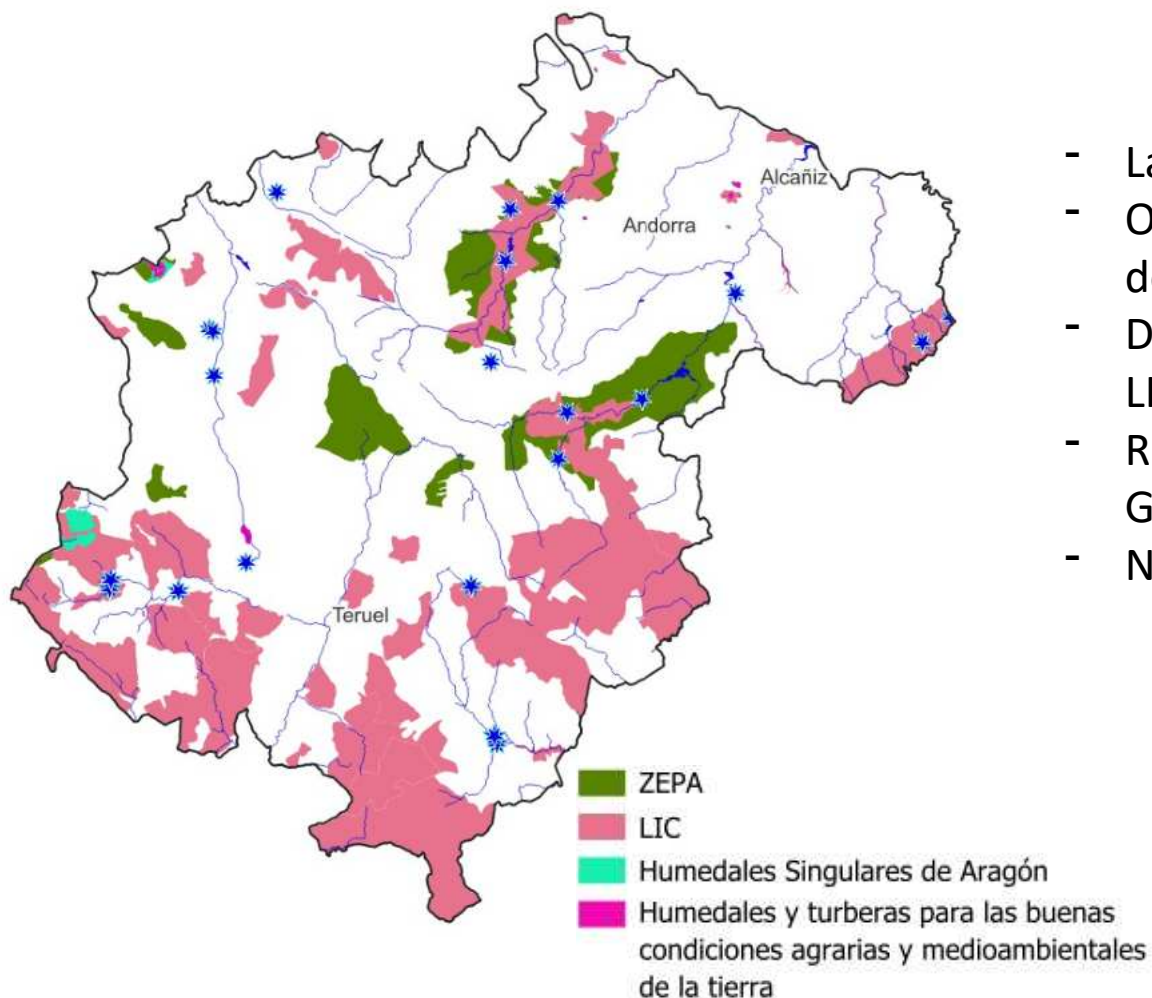
Campos de cultivo junto a la Laguna de Gallocañta: LIC (1999), ZEPA (2001) y Convenio Ramsar.

Humedales, LICs y ZEPAS relacionados con las aguas subterráneas en Teruel

Muchos lugares pertenecientes a la Red Natura 2000, así como numerosos ecosistemas, dependen de las aguas subterráneas (EDAS: ecosistemas dependientes de aguas subterráneas):

- Laguna de Gallocanta (Ramsar, Humedal singular, Reserva Natural)
- Ojos de Monreal, Caminreal y Fuentesclaras (Humedales Singulares de Aragón, DECRETO 204/2010)
- Desfiladeros del río Martín o el Parque cultural del río Martín (ZEPA-LICs), el Río Matarranya (LIC) o Algars (LIC)
- Río Guadalupe-Maestrazgo o las Muelas y Estrechos del río Guadalupe (ZEPA-LICs)
- Numerosos hábitats (Directiva Hábitat 92/43/CEE)

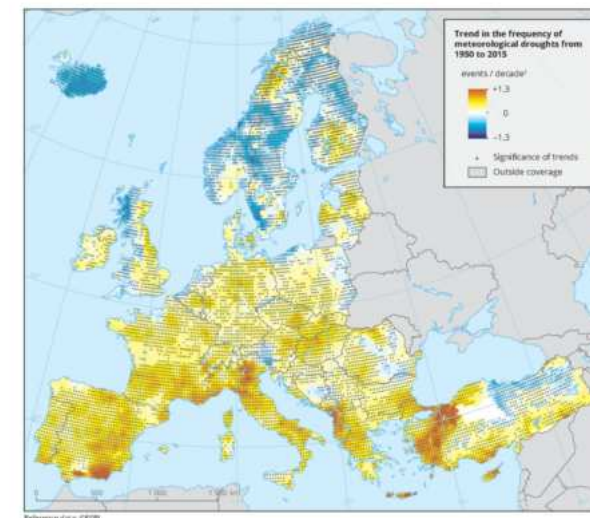
Afecciones sobre las aguas subterráneas por descenso de los aportes de agua o variación en la estacionalidad, contaminación, etc., van a repercutir sobre el sostenimiento de estas zonas con un alto valor ambiental.



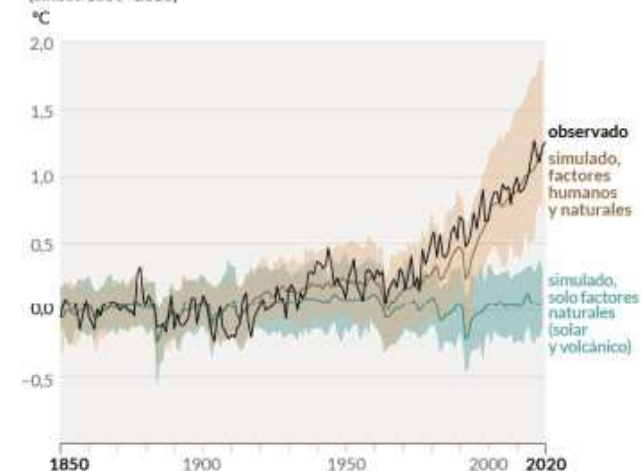
¿Cuál es la prognosis de cambio climático y como va a repercutir en los acuíferos?

Cambio climático 2021. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas (IPCC 2021)

- Cada una de las últimas cuatro décadas ha sido sucesivamente más cálida que cualquier década anterior desde 1850.
- El cambio climático ya influye en muchos fenómenos meteorológicos y **climáticos extremos**, y ha contribuido al **incremento de las sequías agrícolas y ecológicas** (déficit anormal de humedad del suelo) debido a una mayor evapotranspiración terrestre.
- Se observan cambios en la **intensidad** y la **frecuencia** de las sequías meteorológicas

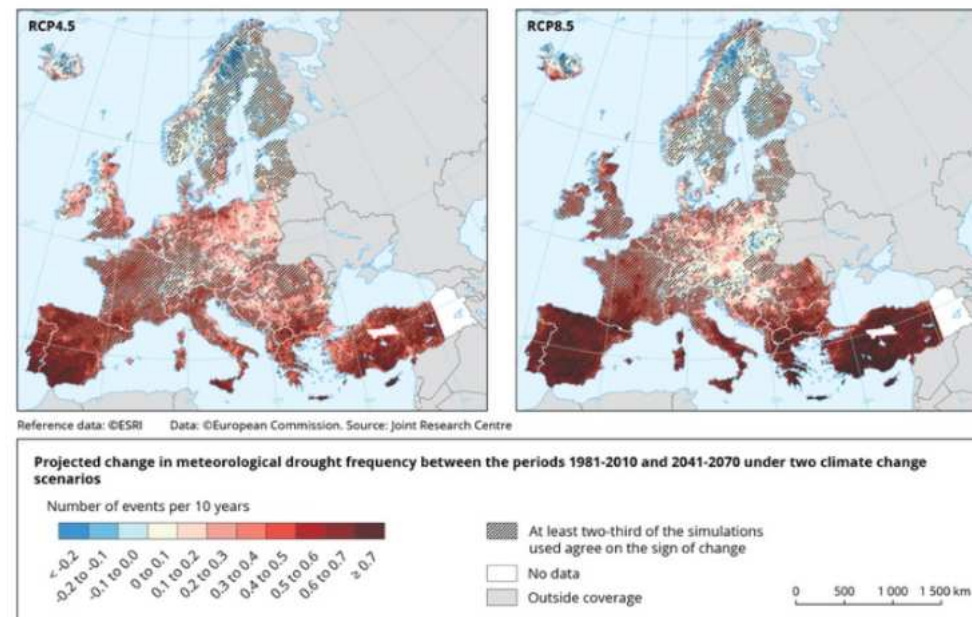


(b) Cambio en la temperatura global en superficie (media anual) observado y simulado utilizando factores humanos y naturales y solo factores naturales (ambos 1850-2020)



PREVISIÓN

- Frecuencia de los déficits hídricos ↑ (efectos diferentes regional y estacionalmente).
- Sequías hidrológicas ↑ (área mediterránea)
- Calentamiento global entre ↑ 2,5 y 5,5 °C (2071-2100 - escenario RCP 8.5)
- Olas de calor extremas mucho más frecuentes en el sur.
- ↓ Precipitaciones y ↑ irregularidad
- ↑ Evapotranspiración: ↓ contenido medio de humedad del suelo a largo plazo.
- ↓ Recarga de acuíferos, ↓ escorrentía superficial y caudales circulantes
- ↓ Disponibilidad media de agua en las MSPF y MSBT disminuirá en el sur y suroeste de Europa En el escenario de aumento de la temperatura de 3 °C (escenario RCP 8.549), se estima que la descarga media estival en España y otras partes será un **20-40 %** inferior a la actual.



<https://www.eea.europa.eu/> (2024)

Déficit hídrico: periodos en los que los caudales quedan por debajo de los niveles medios

Escasez hídrica: los recursos hídricos no pueden satisfacer las demandas

Sequía meteorológica o hidrológicas: descenso del régimen de precipitaciones vs descenso del recurso

Estrés hídrico: incluye sequía y escasez de agua

Cambio climático en Teruel - Prognosis

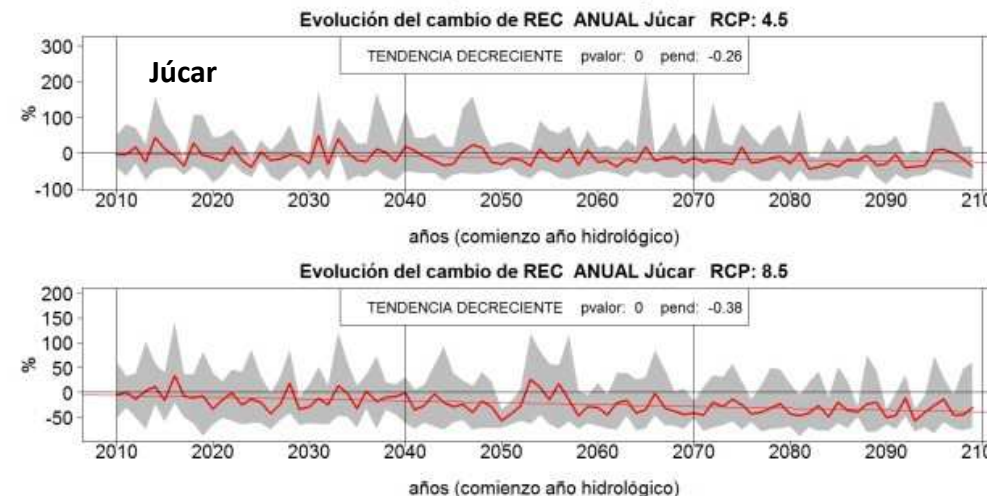
Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España (CEDEX, 2017)

REC 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
Júcar	2010-2040	3	1	-15	-6	-24	18	18	-4	-24	11	-11	-18	-19	-24	-4	11	-11	-24
	2040-2070	-8	-6	-7	-11	-32	-9	-6	-12	-32	-14	-21	-32	-20	-47	-9	-9	-24	-47
	2070-2100	-8	-16	-25	-17	-43	-11	-8	-20	-43	-35	-28	-24	-40	-58	-20	-20	-34	-58
Ebro	2010-2040	-1	-4	-2	-5	-10	12	12	-2	-10	-3	-8	-6	-8	-9	-3	-3	-6	-9
	2040-2070	-8	-11	-8	-10	-16	-5	-5	-10	-16	-7	-16	-12	-13	-21	1	1	-11	-21
	2070-2100	-6	-13	-11	-8	-21	-3	-3	-10	-21	-21	-29	-13	-28	-34	-9	-9	-22	-34

- ✓ Importantes variaciones según la proyección climática
- ✓ Por lo general se observa descenso de la recarga de acuíferos

Recurso renovable	Var CC	Recurso renovable	Var CC
Hoya de Alfambra	11 -13%	Hoya de Teruel	27 -6%
Javalambre Occidental	25 -13%	Arquillo	4 -7%
Javalambre Oriental	78 -5%	Gea de Albarracín	3 -32%
Mosqueruela	2 -71%	Montes Universales	114 -18%
Lucena - l'Alcora	72 -5%	Sierra del Toro	3 -51%

Recurso renovable en situación de cambio climático por masa de agua subterránea y variación con respecto al recurso en situación actual. **Horizonte 2039 RCP 8.5** (Inventario de Recursos Hídricos - PHJ, 2023)



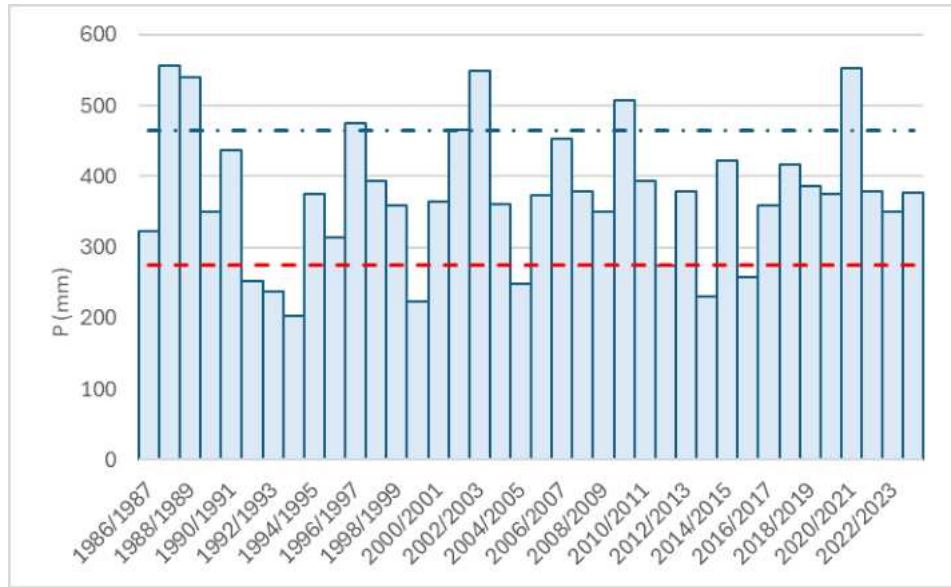
- ✓ De forma generalizada se observa un incremento de la recarga en los meses de invierno y disminución en verano

Cambio climático - Repercusiones

- ✓ Descenso de los niveles piezométricos y de la descarga de los acuíferos
- ✓ Menor aporte a los ríos, descenso de los caudales de base.
- ✓ Incremento de la concentración de contaminantes (NO_3)
- ✓ Afecciones a los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas (EDAS)
- ✓ Aumento de la demanda de agua subterránea
- ✓ Pérdida de la garantía de abastecimiento urbano y otros usos

Cambio climático en Teruel - Observaciones

Teruel (AEMET): 1987/88 - 2023/24



Plan Especial de Sequías (PES)

Ley 10/2001, de 5 de julio, ordena a los organismos competentes a establecer un sistema global de **indicadores hidrológicos** que permita prever estas situaciones y sirva de referencia para su identificación, y a elaborar **planes especiales de actuación** en situaciones de alerta y eventual sequía

Objetivo es minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales episodios de sequías, entendidas en este caso con carácter genérico

Situaciones de sequía prolongada, asociadas a la disminución de las precipitaciones y de los recursos hídricos en régimen natural y sus consecuencias sobre el medio natural (independientes de los usos socioeconómicos asociados a la intervención humana).

Escasez coyuntural, asociadas a problemas temporales de falta de recurso para la atención de las demandas de los diferentes usos socioeconómicos del agua. Queda fuera de su ámbito la **escasez estructural**, producida cuando estos problemas de escasez de recursos en una zona determinada son permanentes.

Ámbitos de gestión:

Unidades Territoriales a efectos de sequía prolongada (UTS), basadas en la hidrografía y consistente con los inventarios de recursos de los planes hidrológicos

Unidades Territoriales a efectos de escasez (UTE) relacionadas principalmente con los sistemas de explotación.

Plan Especial de Sequías (PES)

Unidades Territoriales Teruel:

EBRO Río Martín (UTS8 y UTE8), Río Guadalope (UTS9 y UTE09B), Matarraña (UTS10 y UTE10) y parte de la cuenca del Jalón (UTE5 y UTS5)

JÚCAR Turía y Alto Turia (UTS4A y UTE4) y Mijares – Plana de Castejón (UTS2 y UTE2)

Indicadores de sequía:

Aportaciones a embalses y en estaciones de aforo y precipitaciones



Indicadores de escasez:

Reservas a fin de mes en embalses, aportaciones en estaciones de aforo, acumulaciones en forma de nieve y los niveles piezométricos



Plan Especial de Sequías (PES)

Escenario Normalidad: no adopción de medidas

Escenario de Prealerta: inicio de la disminución de los recursos disponibles. Se pueden aplicar medidas de ahorro y control de la demanda

Información

Escenario de Alerta: Intensificación de la disminución de los recursos disponibles, riesgo de no poder atender las demandas. Medidas de conservación y movilización de los recursos, reducción del suministro, mayor vigilancia en zonas de alto valor ambiental.

Activación de las medidas de alerta del Plan de emergencia del sistema de abastecimiento; Reserva mínima para abastecimiento en embalses; Reducción del volumen de agua superficial para el regadío; Revisión de los desembalses para hidroeléctricas; campañas de concienciación ciudadana

Escenario de Emergencia: Máximo grado de afección por disminución de recursos. Se incluyen medidas excepcionales y extraordinarias.

Asegurar reserva mínima para abastecimiento; Medidas de emergencia contempladas en los Planes de emergencia grandes abastecimientos; movilización extraordinaria de embalses, volúmenes muertos; Vigilancia de la explotación en el entorno de zonas protegidas; Incremento de las medidas de ahorro de usuarios agrícolas, e incremento de la proporción de recursos subterráneos en el abastecimiento, etc.

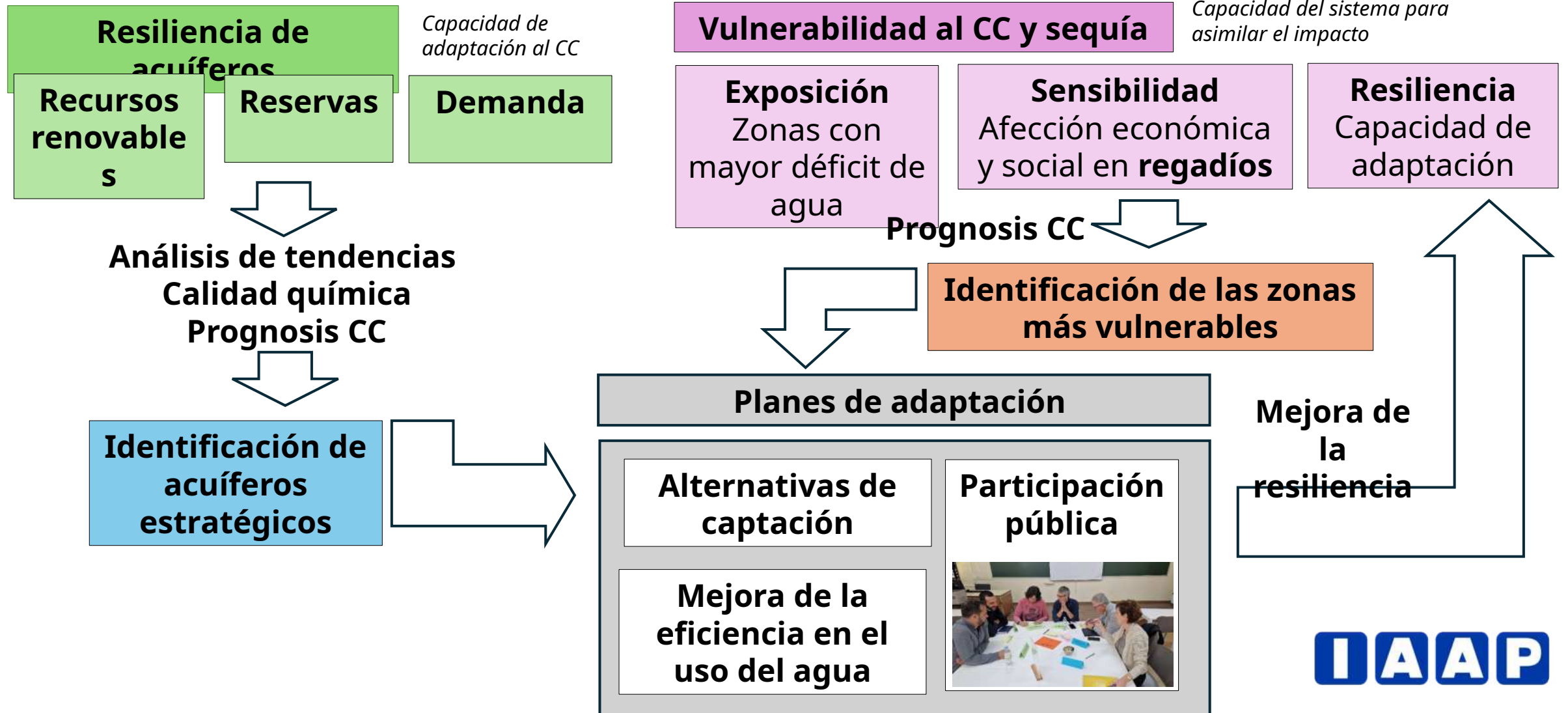
Sequía prolongada: Aplicación de un régimen de caudales ecológico menos exigente salvo para las zonas protegidas

Indicadores de escasez				
Indicador	Detectar la situación de imposibilidad de atender las demandas			
	1,00 - 0,50	0,30 - 0,50	0,15 - 0,30	0,00 - 0,15
Situaciones de estado	Ausencia de escasez	Escasez moderada	Escasez severa	Escasez grave
Escenarios de escasez	Normalidad	Prealerta	Alerta	Emergencia
Tipología de acciones y medidas que activan	Planificación general y seguimiento	Concienciación, ahorro y seguimiento	Medidas de gestión (demanda y oferta), y de control y seguimiento [art. 55 del TRLA]	Intensificación de las medidas consideradas en alerta y posible adopción de medidas excepcionales [art. 58 del TRLA]

Combinación UTS / UTE	Tipo de evento / episodio (meses)				Duración episodios sequía extraordinaria (nº de episodios)			% meses en		
	tipo 0	tipo 1a	tipo 1b	tipo 1a+b	1 o 2 meses	3 o 4 meses	5 meses o más	sequía prolongada	escasez coyuntural	sequía extraordinaria
UTS 08 / UTE 08	31	22	32	54	7	0	8	21,2%	31,2%	21,4%
UTS 09 / UTE 09	75	30	27	16	5	4	5	23,8%	21,6%	14,3%
UTS 09 / UTE 09A	71	30	31	19	6	2	6	23,8%	23,0%	15,9%
UTS 09 / UTE 09B	86	14	38	20	7	2	5	23,8%	22,0%	14,7%
UTS 10 / UTE 10	52	25	40	24	9	2	5	20,0%	27,6%	17,7%

Sequía extraordinaria : escasez en alerta + sequía prolongada o escasez en emergencia

FITE-ResiTer: "Estudio de la resiliencia de los acuíferos de Teruel al cambio climático y a los periodos prolongados de sequía para el sostenimiento de los regadíos y la población" (2024-2026)



Conclusiones

- Teruel es una provincia con un importante **recurso subterráneo**.
- Se localizan algunos **acuíferos de gran relevancia** de los que se abastecen numerosas poblaciones, así como sostienen un elevado número de ecosistemas dependientes de aguas subterráneas (EDAS).
- Sería necesario incorporar alguna figura de protección para su sostenimiento, como es el caso de las **Reservas Naturales de Aguas Subterráneas**.
- La elevada carga ganadera de algunas zonas de Teruel ha repercutido sobre la calidad de las MSBT. Existen varias zonas declaradas como **vulnerables a la contaminación por nitratos** e incluidas en zona **NitraCHE**.
- Los acuíferos regionales de esta provincia son excelentes **indicadores de cambio climático**. Requieren de un mayor seguimiento, estudio y análisis.
- Los escenarios de cambio climático en Teruel indican un **descenso de la recarga** y con ello un descenso de los recursos subterráneos de esta provincia.



Las aguas subterráneas en Teruel: sequía, cambio climático y calidad

Marian Lorenzo
mlorenzo@cita-
aragon.es



INSTITUTO ARAGONÉS DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

Plan de Formación 2024 del Instituto Aragonés de Administración Pública

“EL SECTOR AGRARIO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO”

2024/0234-TE