

Les aigües subterrànies, element estratègic per la transició hídrica de Catalunya

RECÀRREGA D'AQÜÍFERS A CATALUNYA

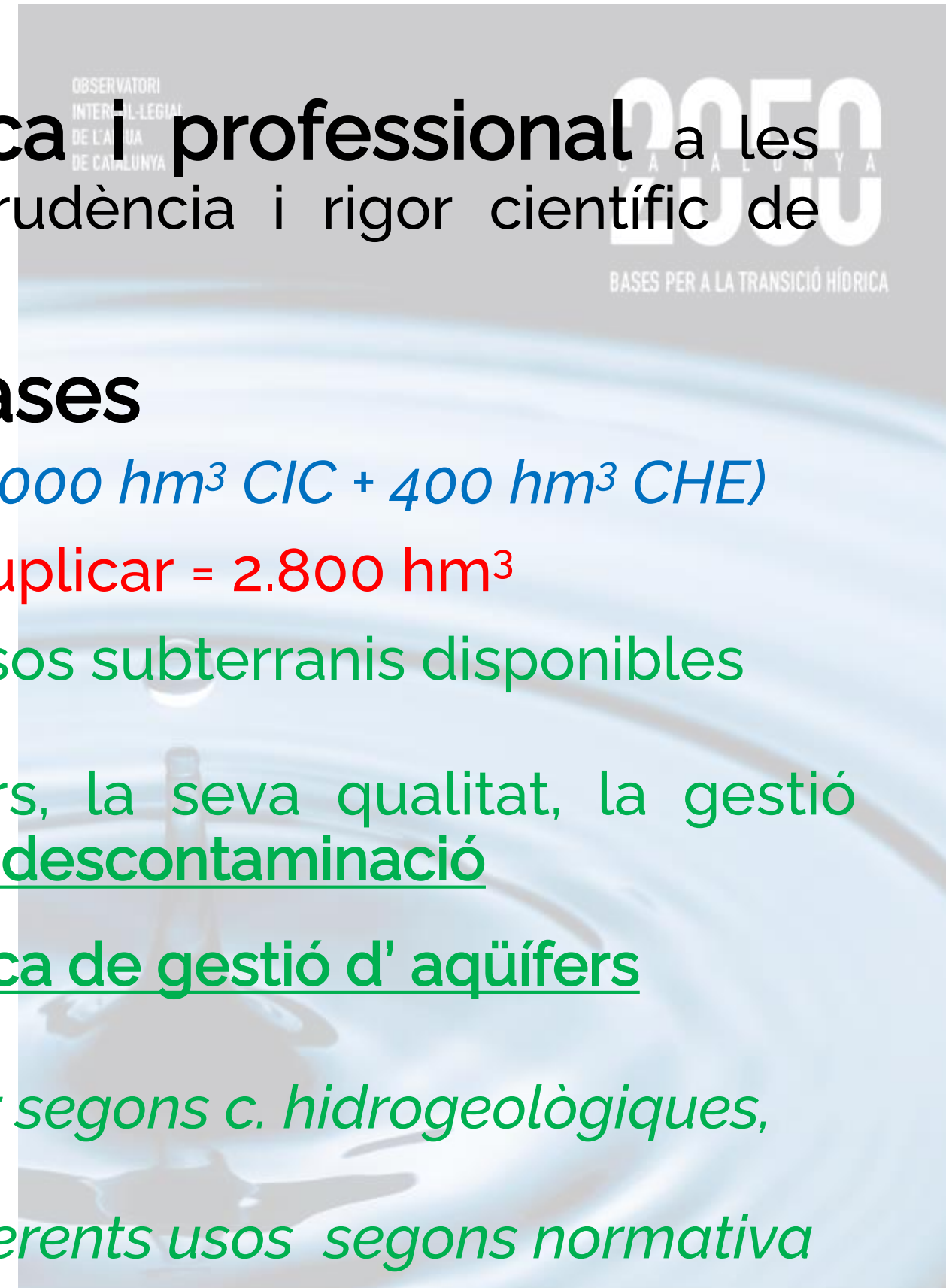
Zones i potencial

Comissió Tècnica de l'Aigua

- 2016
- Geòlegs col·legiats, àmplia experiència en aigua
- Gestionar serveis per la pràctica professional dels geòlegs en el sector de l'aigua
 - Assessorament tècnic i **formatiu** intern (webinars)
 - Divulgació en **xarxes socials** d'informació d'interès  
 - **Al·legacions** a l'administració pública
(denunciar aprofitaments indeguts en sequera / inclusió de geòlegs en ofertes laborals administració)
 - **Lluita envers intrusisme** no professional 
(escrits a mitjans de comunicació)
- Àmbits
 - **Planificació hidrològica** (pla de gestió de districtes, sequera)
 - **Tecnologia** aplicada en el sector (sensorització / monitorització / digitalització)
 - Normativa i **legislació** relacionada amb l'aigua
 - Avaluació d'**impacte ambiental** / activitats extractives
 - **Aportar coneixement** / assessorament professional / **sumar-nos a iniciatives** *Observatori Intercol·legial de l'aigua de Catalunya*

Bases per a la transició hídrica 2050

- **Aportar la nostra visió tècnica i professional** a les bases amb la mateixa honestat, prudència i rigor científic de l'Observatori
- **Segons el document de les bases**
 - capacitat subterrània 1.400 hm³ (1.000 hm³ CIC + 400 hm³ CHE)
 - **proposta de les bases pel 2050: duplicar = 2.800 hm³**
 - cal millor caracterització de recursos subterranis disponibles
- Cal millorar caracterització d'aqüífers, la seva qualitat, la gestió forestal i territorial, la seva protecció i descontaminació
- Redacció de projecte clau o guia bàsica de gestió d'aqüífers
 - *protecció necessària,*
 - *potencialitat d'explotació d'aqüífer segons c. hidrogeològiques,*
 - *quantitat i recuperació del recurs,*
 - *qualitat de l'aigua a utilitzar en diferents usos segons normativa*



Bases per a la transició hídrica 2050

- **Desequilibri reserves vs. demanda**
 - CIC: major demanda ús domèstic vs. menor recurs
 - CHE: major demanda ús agrícola vs. major recurs
 - Governança de l'aigua / visió global de país (xarxes interconnectades i resilient)
- **Desequilibri pressupostari**
 - Actuacions previstes de 21.265 M€ (> 57% destinat a millorar xarxes d'abastament = 100 hm³ d'estalvi)
 - Per contra, només un 1% de pressupost destinat a duplicar capacitat d'emmagatzematge d'aqüífers (de 1.400 a 2.800 hm³)
 - Enfocament de pressupostos més destinat a aigües subterrànies (permetrà incrementar clarament el recurs)



Recàrrega d'aqüífers: definició i beneficis

Definició:

- **Procés** pel qual **l'aigua superficial** s'infiltra fins a aigües subterrànies
 - *Aigua superficial: aigua pluvial o depurada, sobrant (excedent de recurs)*
 - **Procés**: natural, natural 'forçat', artificial controlat

Beneficis:

- Mantenir nivells freàtics, incrementar recurs d'aigua dolça (**quantitatiu**)
- Millora de la qualitat de l'aigua (**qualitatiu**)
- Prevenir intrusió marina, sobreexplotació
- Suport a ecosistemes i agricultura

Estat masses aigua subterrànies

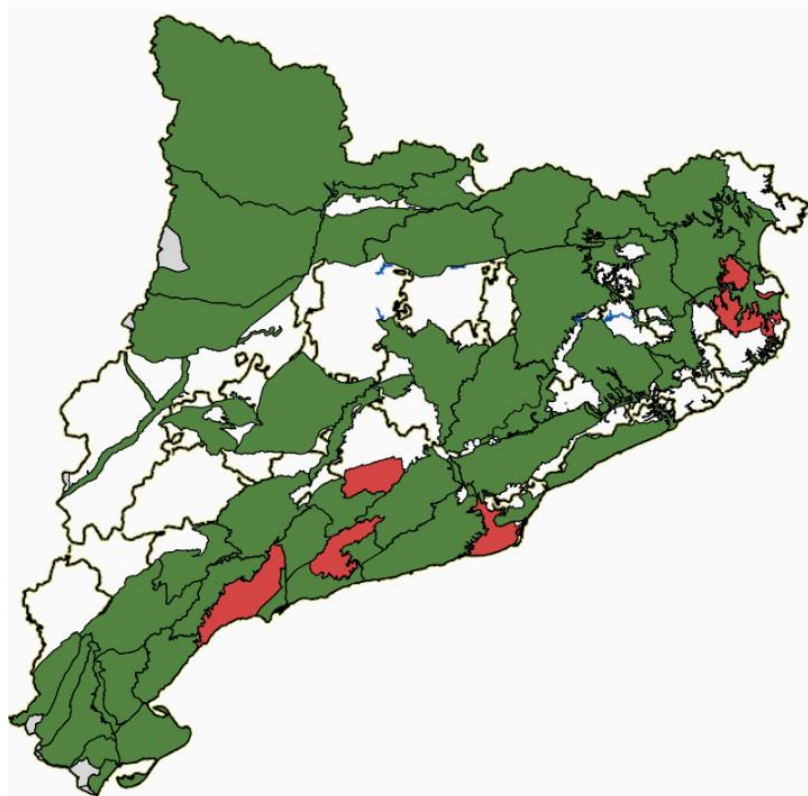


Agència Catalana
de l'Aigua

Estat de les masses d'aigua a Catalunya

Catalunya - Subterrànies

ESTAT QUÍMIC | Informe a 2023 (dades 2018 - 2023)

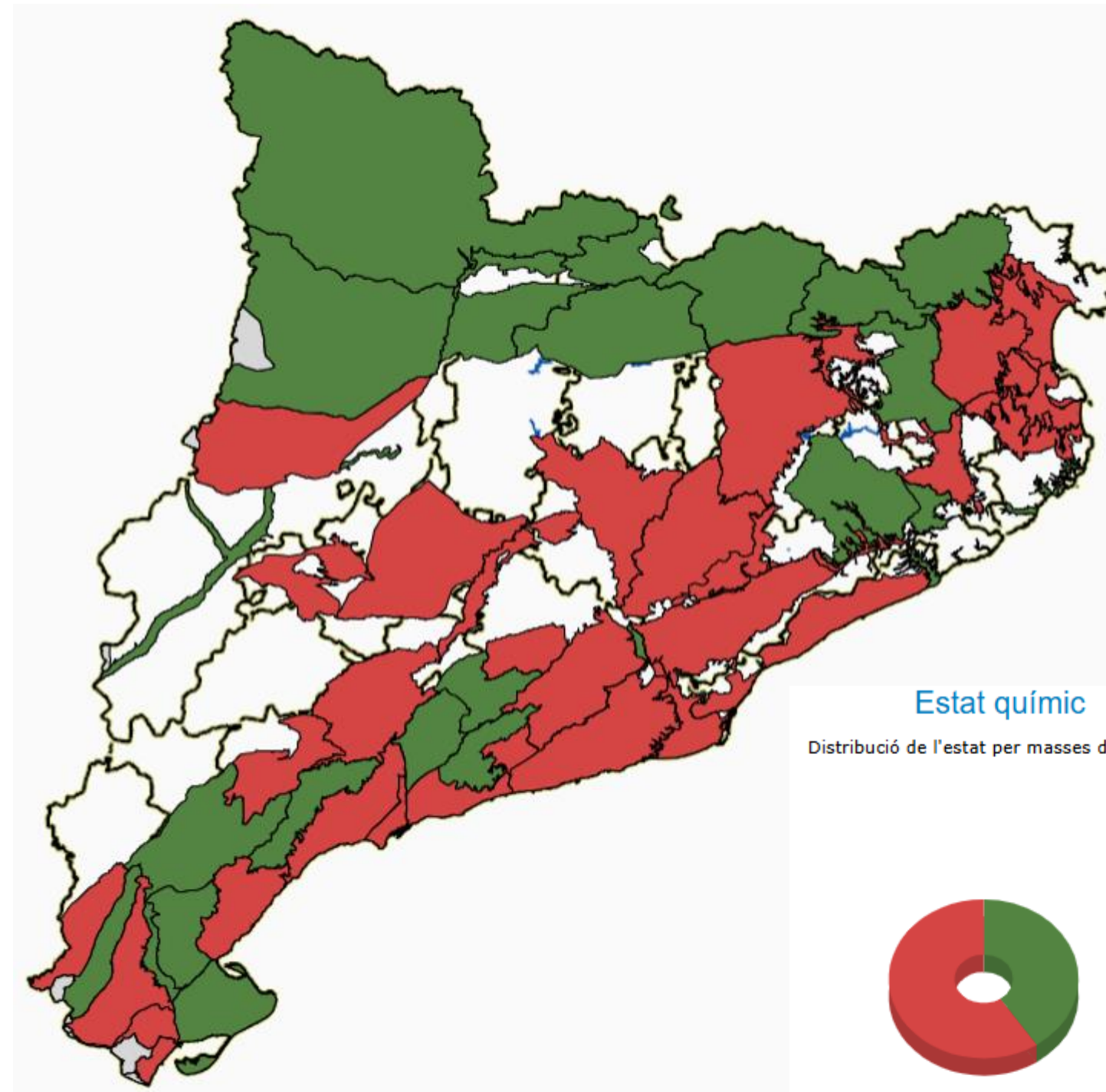


Estat quantitatiu

Distribució de l'estat per masses d'aigua



Bo: 58 de 64 (90,6%)
Dolent: 6 de 64 (9,4%)



Estat químic

Distribució de l'estat per masses d'aigua



Bo: 26 de 64 (40,6%)
Dolent: 38 de 64 (59,4%)

Al·luvial de Tortosa
Al·luvial del baix Segre Cat
Al·luvial del Segre mitjà
Al·luvial d'Urgell
Al·luvials de la Baixa Costa Brava
Al·luvials de la baixa i delta de la
Al·luvials de l'Albera i Cap de Creus
Al·luvials de l'alta i mitjana Tordera
Al·luvials del Ter Mitjà Brudent i
Al·luvials del Vallès
Alt Camp
Alt Urgell
Alta Anoia
Baix Besòs i Pla de Barcelona
Baix Camp
Baix Francolí
Baix Gaià
Baixa Garrotxa-Pla de l'Estanv
Bloc del Gaià-Bonastre
Cadí-Port del Comte
Calcàries de l'Alt Foix-Gaià
Calcàries de Tàrragona
Cardó - Vandellòs
Carme-Capellades
Conca alta de Cardener i Llobregat
Conca alta de Freixer i Ter
Conca alta de la Muga
Conca alta del Fluvià
Cubeta d'Abrera
Cubeta de Sant Andreu
Delta de l'Ebre
Detrític neogen de l'Empordà
Detrític neogen del Penedès
Detrític neogen del Vallès
Detrítics terciaris del Llobregat mitjà
Fluviodeltàic del Baix Ter
Fluviodeltàic del Fluvià - Muga
Fluviovolcànic de la Garrotxa
Fossa de Móra
Garraf
La Cerdanya
l'Ametlla de Mar- Perelló
Llamberia - Prades meridional
Maresme
Massís Axial Pirenaic Cat
Mesozoic de la Galera
Moianès-Sant Llorenç del Munt
Montseny-Guillerics
Paleògens del Baix Ter
Plana d'Alcanar
Plana de la Galera
Plana de Vic - Collsacabra
Plioquaternari de la Riera Santa
Plioquaternari de l'Onyar
Ports de Beseit (CHE) Cat
Ports de Tortosa
Prades - Alt Francolí
Prelitoral del Vallès
Priorat
Serra del Montsià
Serres marginals catalanes
Sorres de Santa Oliva
Tremol-Isosa
Vall baixa i Delta del Llobregat

Estat masses aigua subterrànies

Contaminant responsable del mal estat	% de MASub en mal estat	Problemàtiques que condicionen el mal estat
NO3	43,2%	La majoria per contaminació difusa d'origen agrari
CE	15,9%	Intrusió marina, contaminació puntual d'origen industrial o urbà, activitat minera
Cl	13,6%	Intrusió marina, contaminació puntual d'origen industrial o urbà, activitat minera
PCE – TCE	11,4%	Contaminació puntual d'origen industrial
SO4	9,1%	Intrusió marina, contaminació puntual d'origen industrial o urbà, activitat minera, contaminació difusa d'origen agrari
NH4	4,5%	Contaminació puntual d'origen industrial o urbà

Pla de gestió del DCFC (3r cicle planificació 2022-2027) (ACA)

CAPS DE BESTIAR		UNITATS
MAJOR	PORCÍ	8.192.796
	BOVÍ	676.097
	OVÍ I CABRUM	558.591
	EQUÍ	13.380
	TOTAL MAJOR	9.440.864
MENOR	AVIRAM	42.544.012
	CONILLS MARE	138.400
TOTAL MENOR		42.682.412
TOTAL		52.123.276

3 (>10%)	Noguera Osona Segrià	41%
7 (3-6%)	Alt Empordà Bages Berguedà Garrigues Pla d'Urgell Segarra Urgell	31%
32 (<3%)	Resta	28%

Font: Idescat (2020)

Actuacions de l'Agència en matèria d'aigües subterrànies

Exemples de tasques hidrogeològiques en la gestió de l'aigua

- Legalització de captacions
- Descontaminació d'aqüífers
- Pla especial d'actuació en situació d'alerta i eventual sequera
- Model de gestió coordinada per a l'abastament de l'Àrea Metropolitana de Barcelona
- Barrera contra la intrusió marina a l'aqüífer del Llobregat
- Reserves naturals d'aigües subterrànies

Sistemes hidrogeològics a Catalunya

La superfície de Catalunya es divideix en 4 sistemes hidrogeològics:

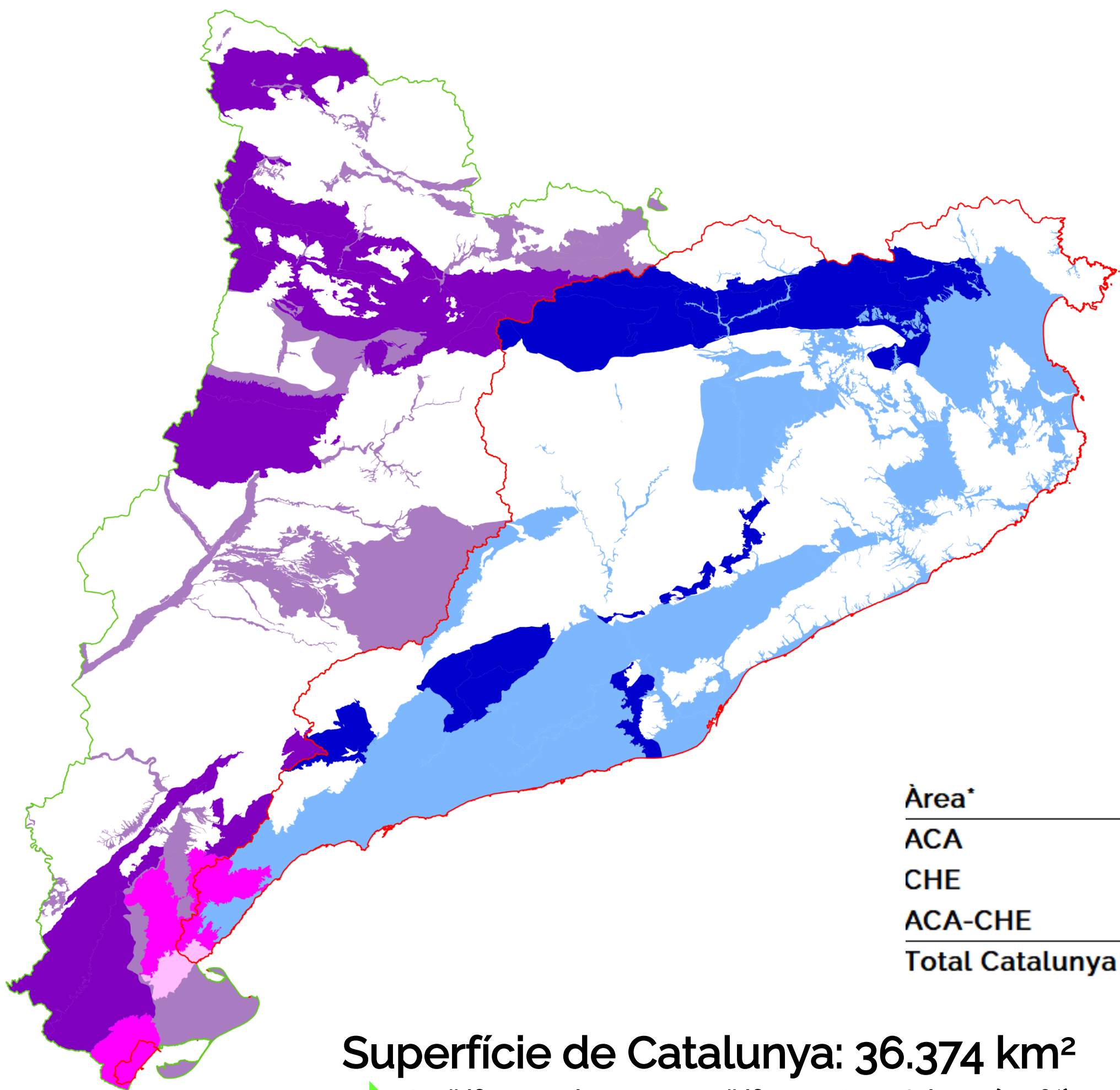
+
Nivell d'interès d'exploració

1) Aqüífer:

unitat hidrogeològica concreta (capa o formació amb continuïtat física i geològica) amb capacitat suficient per emmagatzemar l'aigua (porositat) i transmetre-la a través del subsol

2) Sistema aqüífers:

unitat de gestió integrada, agrupant diversos aqüífers interconnectats o amb relacions hidràuliques (flux entre ells), condicions de gestió comunes (captacions, pressions, contaminació) i/o un context hidrogeològic similar



DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS SISTEMES HIDROGEOLÒGICS

Conques hidrogràfiques

-  ACA (Agència Catalana de l'Aigua)
-  CHE (Confederació Hidrogràfica de l'Ebre)

Sistemes hidrogeològics

-  Sistema aqüífer ACA
-  Aqüífer ACA
-  Sistema aqüífer ACA-CHE
-  Aqüífer ACA-CHE
-  Sistema aqüífer CHE
-  Aqüífer CHE
-  Aqüítard
-  Aqüíclude

Sistema aqüífers + aqüífers

Àrea*	Unitats	%	Superfície (km ²)	%
ACA	110	69%	9.678,68	54%
CHE	45	28%	7.323,47	41%
ACA-CHE	4	3%	1.074,04	6%
Total Catalunya	159	100%	18.076,19	100%

Superfície de Catalunya: 36.374 km²

 **Aqüífers + sistema aqüífers: 18.076 km² (50%)**

ESPG 25831 UTM ETRS89 31 N

0 20 40 60 80 km

DIN A3 1:1.000.000



Recàrrega d'aqüífers: tipus

SISTEMA	TIPO DE DISPOSITIVO
DISPERSIÓ	BALSAS DE INFILTRACIÓN
	CANALES DE INFILTRACIÓN
	TÉCNICAS DE TRATAMIENTO SUELO/ACUÍFERO
	CAMPOS DE INFILTRACIÓN
	RECARGA ACCIDENTAL POR RETORNOS DE RIEGO
CANALES	DIQUES DE RETENCIÓN Y REPRESAS
	DIQUES PERMEABLES
	SERPENTEOS
	ESCARIFICACIÓN LECHO
	DIQUES SUBSUPERFICIALES/SUBTERRÁNEOS
	DIQUES PERFORADOS
POZOS	QANATS (GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)
	POZOS ABIERTOS DE INFILTRACIÓN
	POZOS PROFUNDOS Y MINISONDEOS
	SONDEOS
	DOLINAS, COLAPSOS...
	ASR
	ASTR
FILTRACIÓN	BANCOS FILTRANTES EN LECHOS DE RÍOS (RBF)
	FILTRACIÓN INTERDUNAR
	RIEGO SUBTERRÁNEO
LLUVIA	CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN IMPRODUCTIVO
SUDS	RECARGA ACCIDENTAL CONDUCCIONES Y ALCANTARILLADO
	SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE

Recàrrega d'aqüífers: tipus

(Simplificació conceptual)

1 Recàrrega natural (*nature based solution*):

- Infiltració directa de pluja al sòl
- Aigües cursos fluvials que s'infiltren en zones permeables
- Zones humides a mode 'esponja'

2 Recàrrega natural forçada (*blue green infrastructure*):

- *SUDS* (Sistemes Urbans de Drenatges Sostenibles), en zones urbanes
- Infraestructures artificials retenció i lenta infiltració, en zona rurals o periurbanes

3 Recàrrega artificial (*MAR, managed aquifer recharge*):

- Basses d'infiltració
- Pous, sistemes *ASR*, *ATR*, *ASTR*

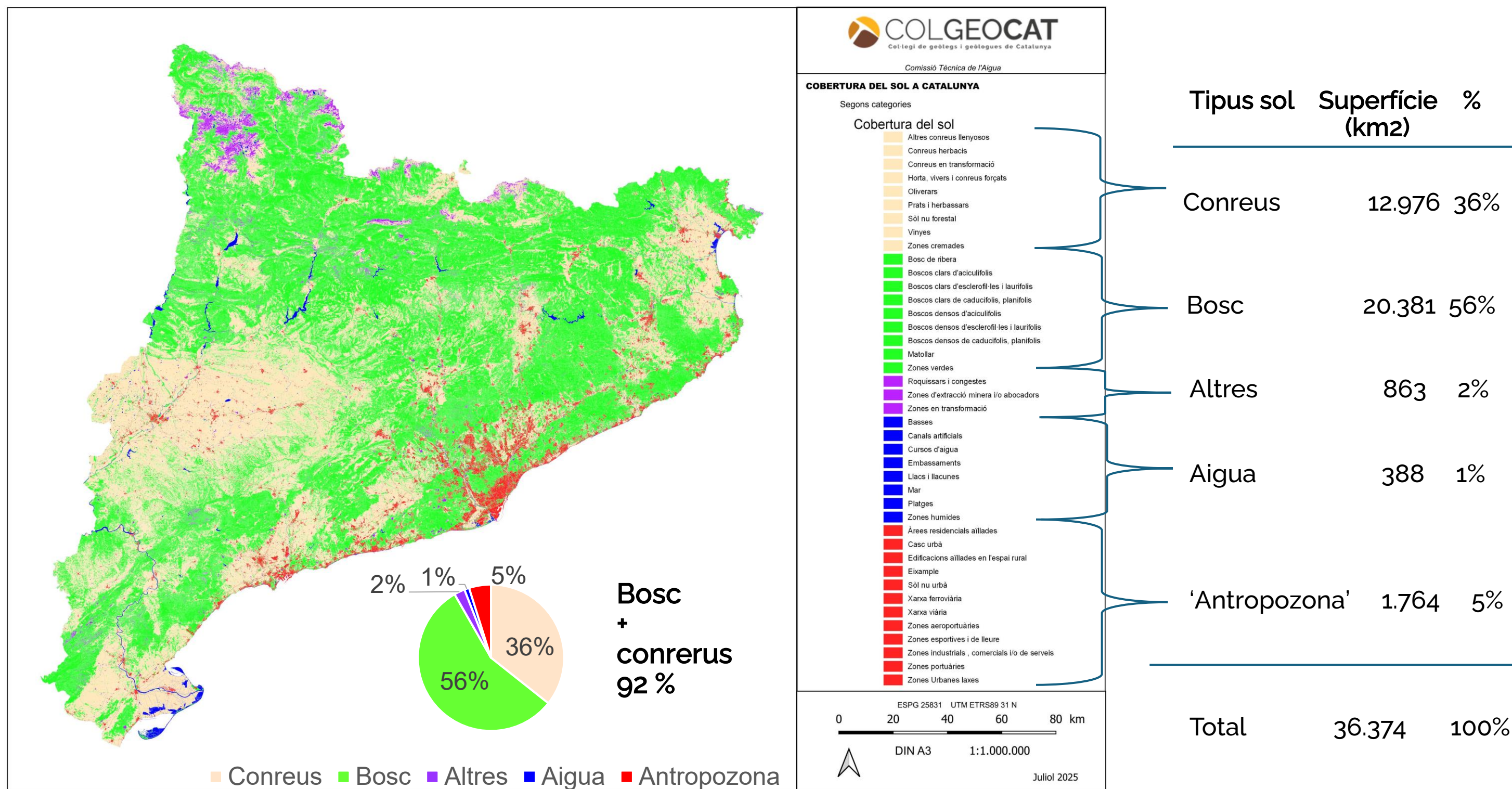
Recàrrega natural d'aqüífers

També influenciada pel tipus de cobertura vegetal del sòl

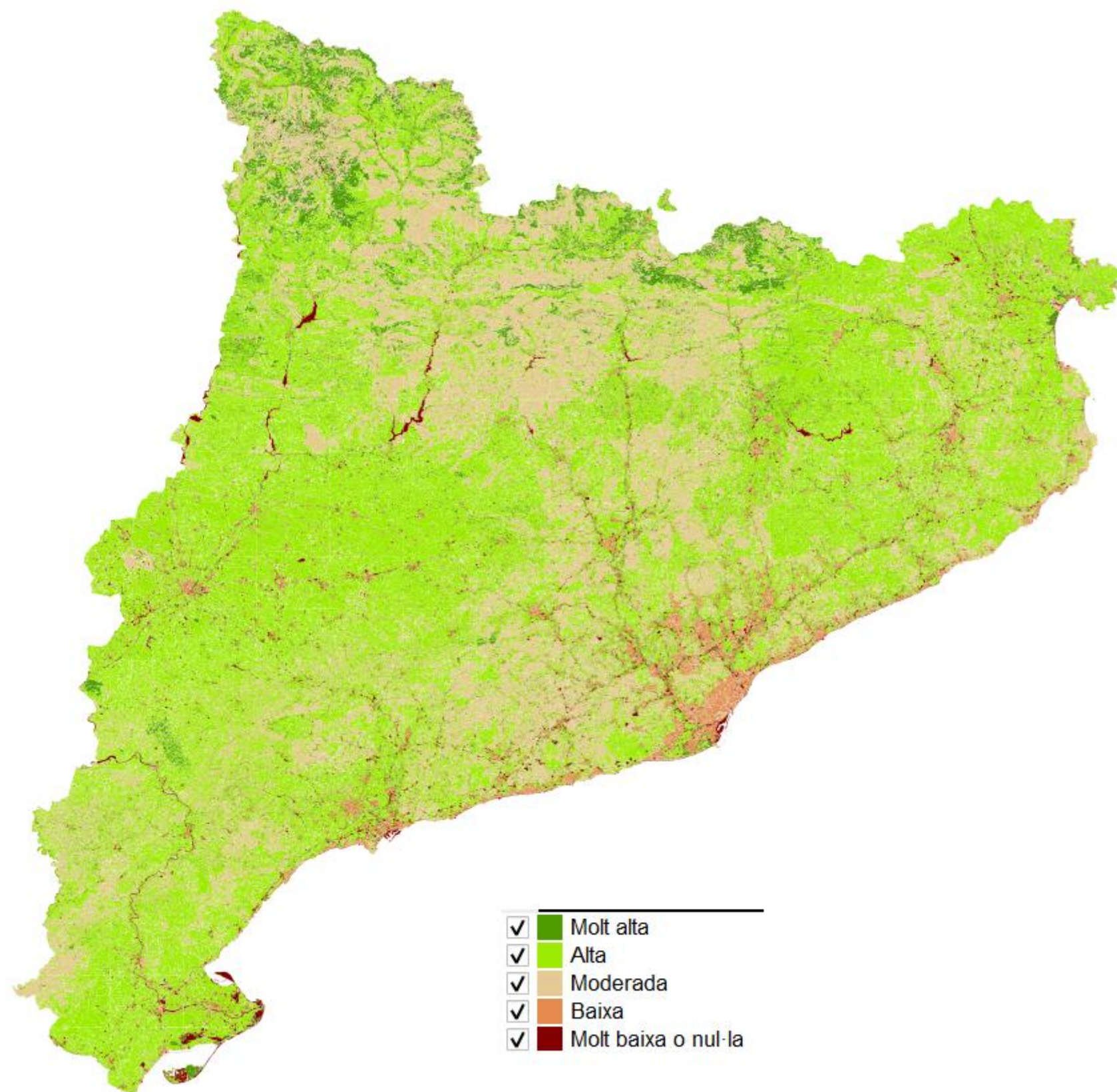
- Termes d'ecohidrologia (interaccions entre vegetació, aigua i sòl, incloent la capacitat d'infiltració afavorida per la vegetació)
- Criteris com ara:
 - Intercepció vegetal
Aigua de pluja que no infiltra: retinguda per fulles, branques i troncs i absorbida per la planta
 - Transmissivitat vegetal
Capacitat de la coberta vegetal de permetre/afavorir el pas de l'aigua fins al sòl
Les arrels, l'estructura del sòl segons vegetació, i la matèria orgànica acumulada promouen la infiltració
 - Facilitació de recàrrega
Terme operatiu per descriure com certes cobertes vegetals afavoreixen la recàrrega dels aqüífers

1 Recàrrega natural d'aqüífers

Cobertura del sòl a Catalunya: 41 categories

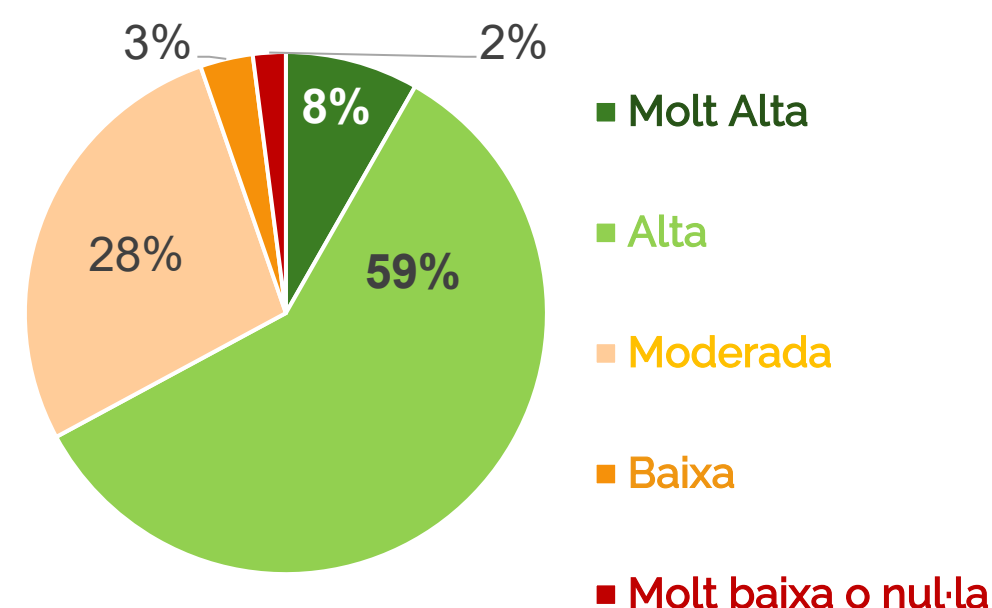


Es proposa el terme *Capacitat de transferència** per cada cobertura sòl:



- ✓ Molt alta
- ✓ Alta
- ✓ Moderada
- ✓ Baixa
- ✓ Molt baixa o nul·la

Capacitat de transferència al subsòl	Superfície (km2)
Molt Alta	3003,49
Alta	21413,68
Moderada	10027,98
Baixa	1187,98
Molt baixa o nul·la	740,59

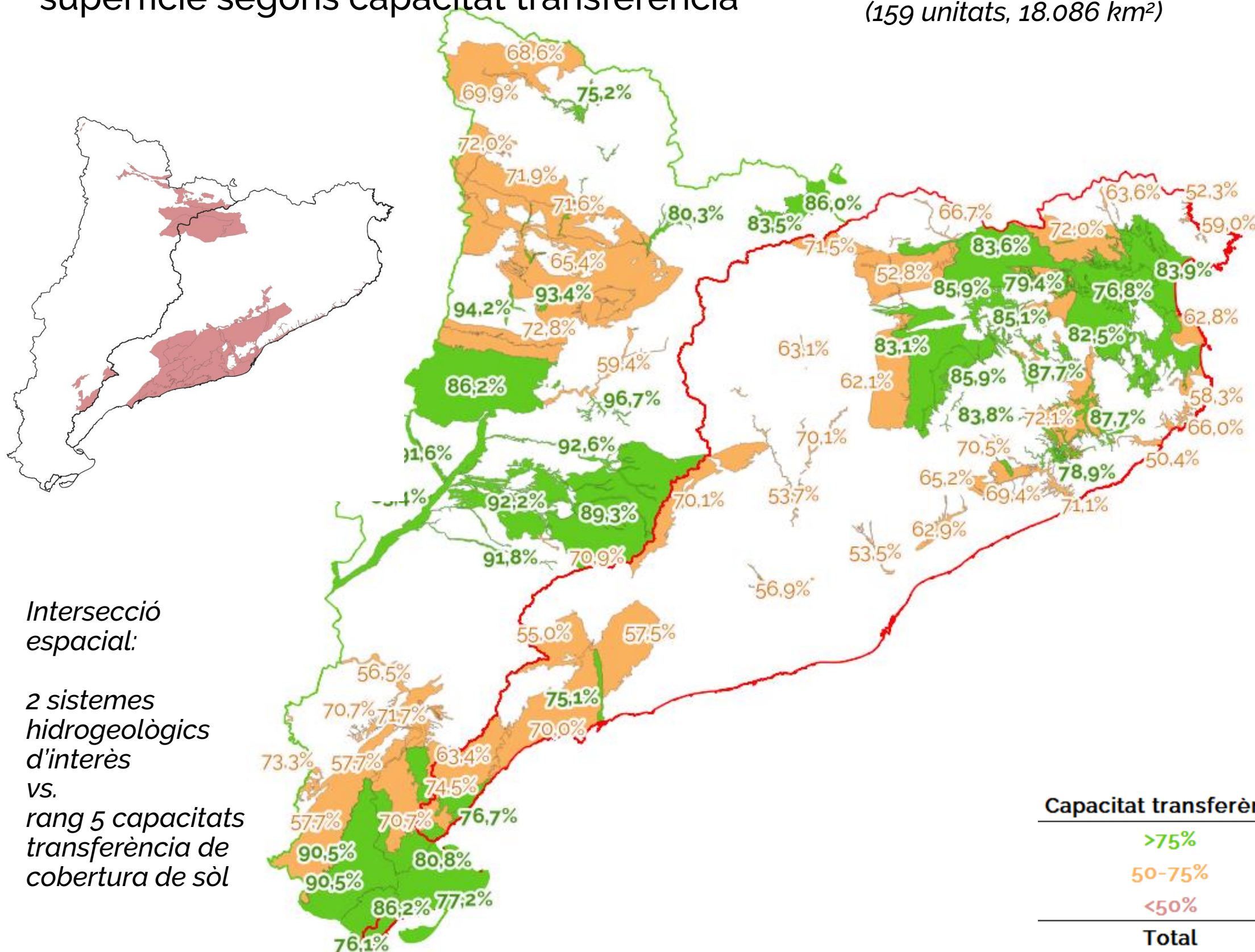


'Capacitat de transferència':
67% Alta a Molt alta

* Capacitat de la coberta del sòl a transferir l'aigua en superfície cap al subsol

Resultats: zones i potencial

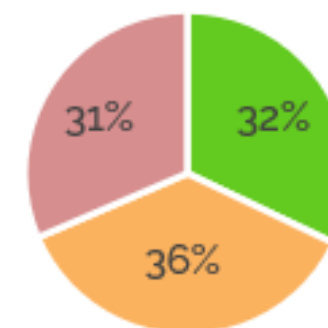
Aqüífers i sistemes d'aqüífers amb cobertura vegetal en superfície segons capacitat transferència (159 unitats, 18.086 km²)



68% d'unitats amb > 50 % de cobertura vegetal en superfície amb capacitat teòrica alta-molta alta de transferència d'aigua al subsol



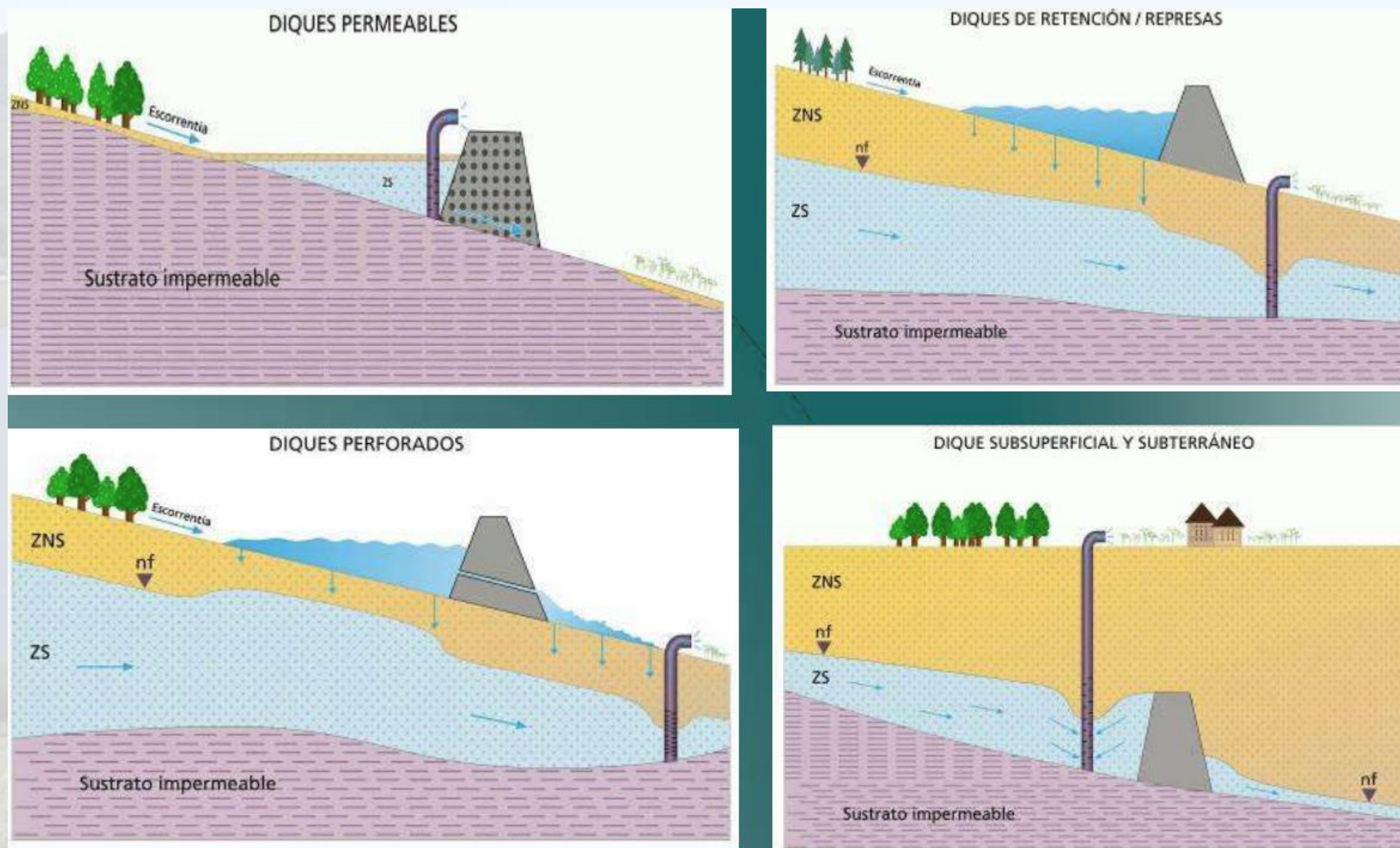
Unitats



■ >75% ■ 50-75% ■ <50%

2 Recàrrega natural forçada (*blue green infrastructure*)

- Infraestructures artificials retenció i lenta infiltració, en zona rurals o periurbanes

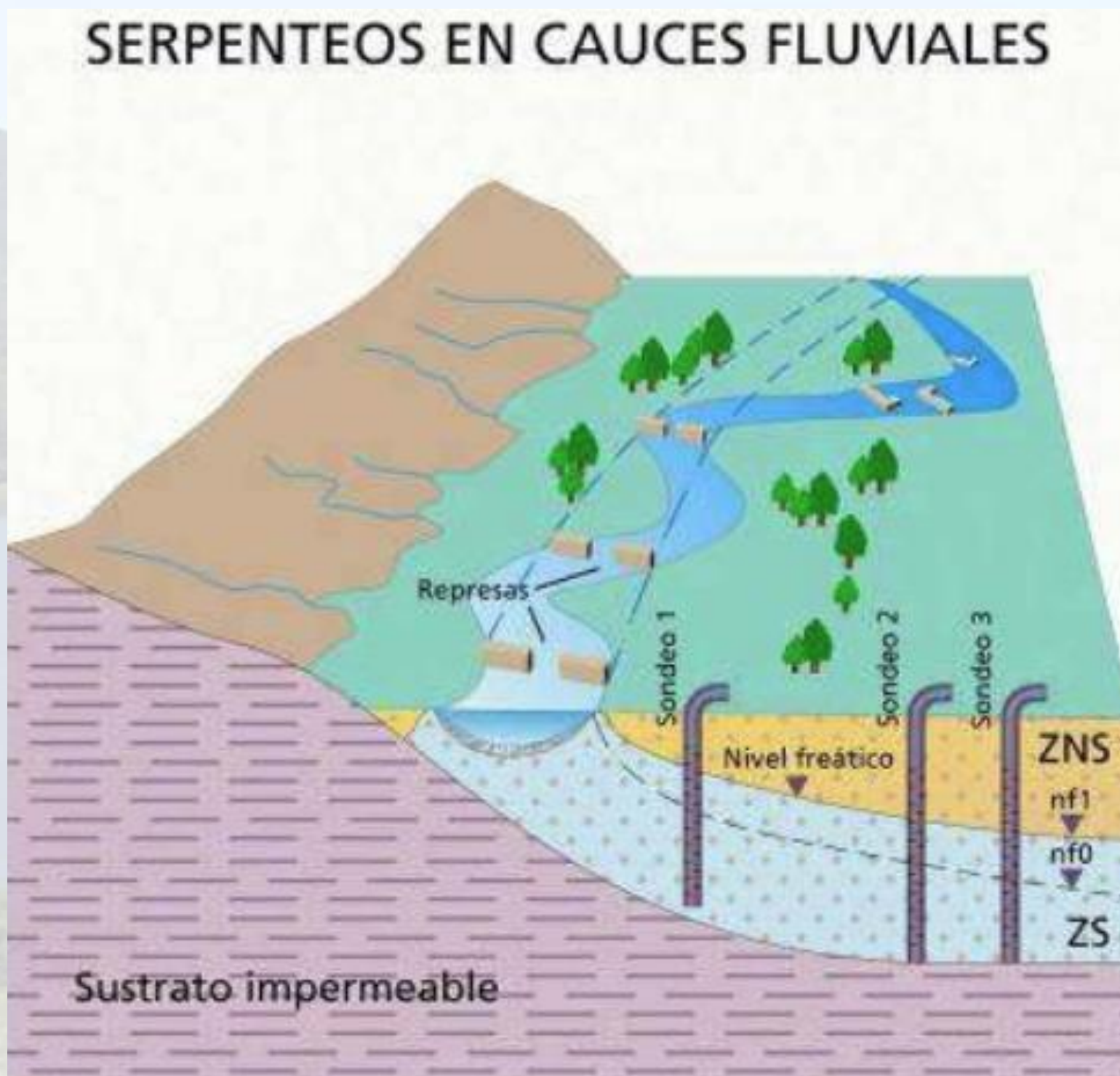


Objectiu: aturar la velocitat de l'aigua, disminuir escorrentiu, afavorir la lenta infiltració

2 Recàrrega natural forçada (*blue green infrastructure*)



2 Recàrrega natural forçada (*blue green infrastructure*)



2 Recàrrega natural forçada (*blue green infrastructure*)

- *SUDS* (Sistemes Urbans de Drenatges Sostenibles), en zones urbanes



Objectiu: disminuir superfície impermeable urbana, incrementar la infiltració

3 Recàrrega artificial (*managed aquifer recharge*)

➤ Basses d'infiltració

Requeriments bàsics

Sòl permeable + nivell freàtic controlat
Aigua neta o pretractada
Espai suficient i adequat + permisos

Característiques

Profunditat 0,5–2 m + gran superfície
Pretractament (reixes, decantació)
Pous de control i drenatge

Funcionament

- 1 Entrada d'aigua → decantació
- 2 Infiltració pel sòl filtrant
- 3 Recàrrega natural de l'aqüífer

Manteniment

Neteja i retirada sediments
Control infiltració i qualitat d'aigua

Riscos

- ⚠ Anòxia, eutrofització
- ⚠ Colmatació, contaminació
- ⚠ Estancament, mosquits

Bones pràctiques

- 🌱 Vegetació filtrant
- 🔄 Disseny adaptatiu (planta pilot)
- 📊 Seguiment piezomètric i analític

3 Recàrrega artificial (*managed aquifer recharge*)

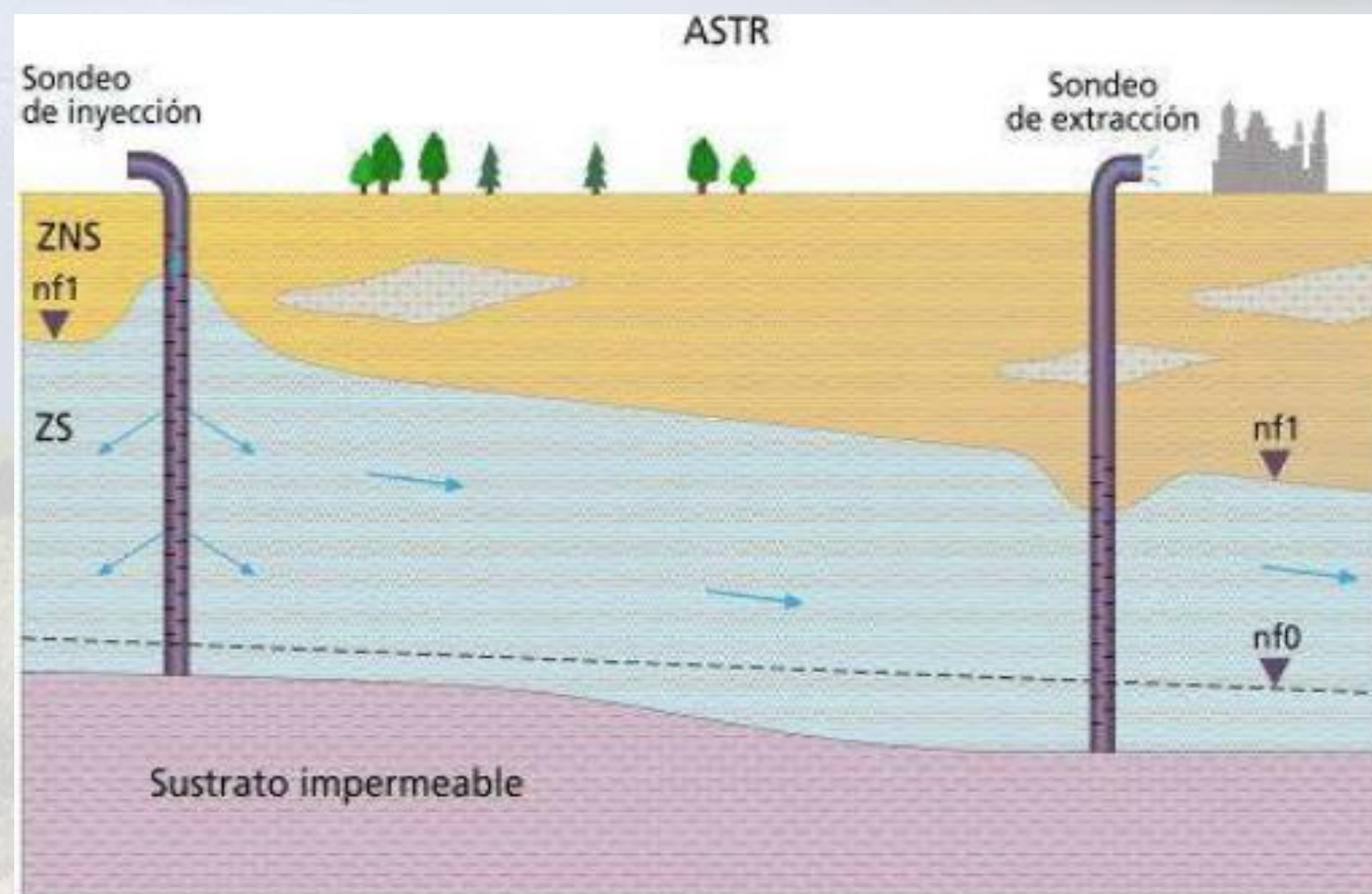
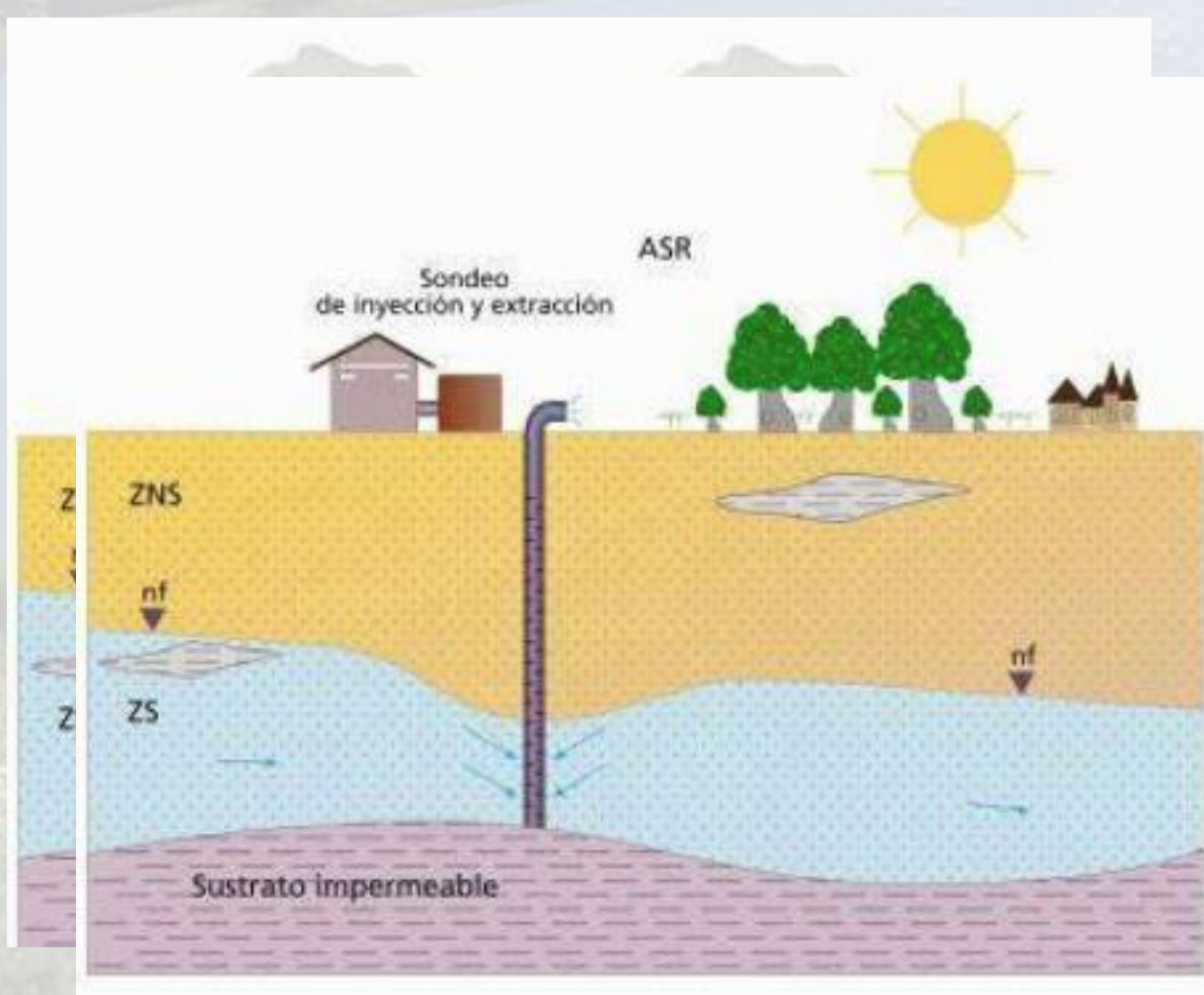
➤ Basses d'infiltració



3 Recàrrega artificial (managed aquifer recharge)

➤ Pous d'injecció, sistemes ASR, ATR, ASTR

Acrònim	ASR	ATR	ASTR
Significat	<i>Aquifer Storage and Recovery</i> (Emmagatzematge i bombament)	<i>Aquifer Treatment and Recovery</i> (Tractament i bombament)	<i>Aquifer Storage, Transfer and Recovery</i> (Emmagatzematge, transport i bombament)
Objectius prioritaris	Emmagatzematge	Emmagatzematge, transport i qualitat aigua	Emmagatzematge, transport i millorar qualitat aigua
Número de pous	Un sol pou	Pous de recàrrega i bombament diferenciats i separats	Pous de recàrrega i bombament diferenciats i separats
Funcionament	Injecció en períodes d'excedents + bombament en períodes alta demanda	Períodes i cabals de recàrrega i bombament poden ser o no sincrònics	Injecció i bombament simultanis però cabals injecció permanents i cabals i/b poden ser diferents



3 Recàrrega artificial (*managed aquifer recharge*)

➤ Pous d'injecció, fases

Fase	Objectiu	Metodologia	Resultat
1 Estudi previ i caracterització del terreny	Aptitud aquífer per rebre aigua	Anàlisi hidrogeològica (permeabilitat, profunditat, tipus de sòl) + topografia + qualitat aigua disponible	Ubicacions potencials per a recàrrega
2 Avaluació de la font d'aigua	% aigua s'utilitzarà i idoneïtat segons normativa	Estudi aigua pluja, rius, depuradores, dessalinitzadores + control qualitat + possible tractament	Font estable i segura per a injecció o infiltració
3 Disseny del sistema de recàrrega	Tecnologia més adequada	Basses infiltració / pous injecció (ASR, ASTR) / galeries filtrants / etc	Projecte tècnic amb càlculs cabals, materials + control de qualitat
4 Construcció i posada en marxa de la planta pilot *	Funcionament a petita escala	Execució infraestructura + proves hidràuliques i d'infiltració + ajustos operatius	Dades reals per optimitzar disseny definitiu
5 Monitorització i seguiment	Comportament aquífer i qualitat aigua	Seguiment nivells piezomètrics + analítiques aigua + manteniment instal·lacions	Validació projecte + adaptació a llarg termini

** Especial atenció en la colmatació dels pous, sistema de manteniment en bombaments*

Recàrrega d'aqüífer amb aigua regenerada

➤ Normativa qualitat aigua regenerada

Marc normatiu:

- [Reial decret 1085/2024](#): regula reutilització aigües a Espanya
- Reglament (UE) 2020/741: estableix els requisits mínims de qualitat

Usos permesos:

- Agrícola, urbà, ambiental, industrial i **recàrrega d'aqüífers**

Recàrrega d'aqüífers:

- Per infiltració: qualitat Classe A o superior
- Per injecció directa: Classe A+ o tractament avançat (MBR + desinfecció)
- Controls obligatoris: E. coli, turbidesa, DQO, metalls, contaminants emergents

Classes:

- **A: recàrrega amb seguiment + mesures complementàries, aqüífers amb + tractament**
- **A+: purificació molt elevada, aigua injectable a aqüífers destinats a aigua potable**

Responsables:

- ACA, entitats locals i operadors d'EDAR

Recàrrega d'aqüífer amb aigua regenerada

➤ Sistemes EDR i MBR (sortida EDARS)

EDAR → MBR/EDR → Aigua regenerada → Aqüífer

EDR (*Enhanced Disinfection / Regeneration*):

- Inclou tractaments com UV, ozó, ultrafiltració o osmosi inversa
- Redueix patògens + contaminants emergents
- Millora la seguretat sanitària i mediambiental

MBR (*Membrane BioReactor*):

- Combina procés biològic + filtració per membranes
- Elimina sòlids, bacteris i virus: obtenció aigua qualitat alta
- Apte per aigua regenerada per recàrrega d'aqüífers o ús urbà

Objectiu:

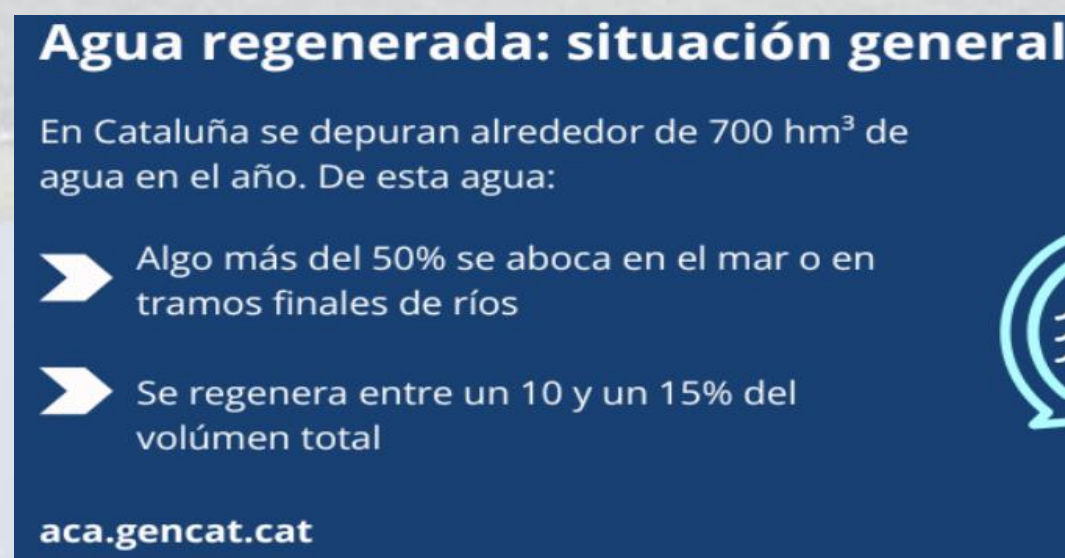
- Assolir aigua regenerada **Classe A+**, apta per a recàrrega d'aqüífers

Recàrrega d'aqüífer amb aigua regenerada

2022

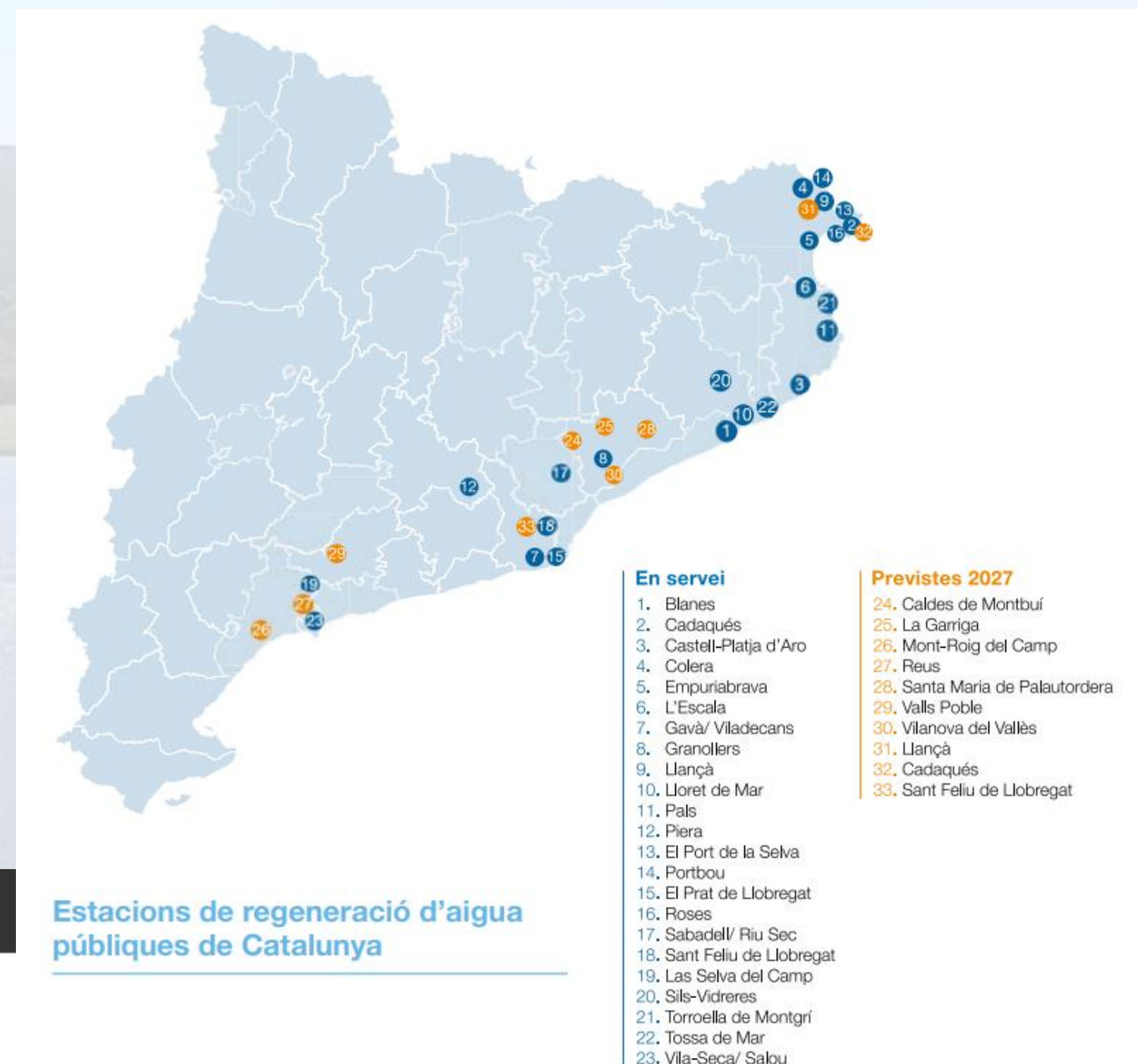


2024



2040

gencat | Agència Catalana de l'Aigua



L'aigua regenerada. Estratègia 2040

Aquest Pla recull les diferents actuacions previstes per l'ACA per assolir, en un horitzó proper (2040), uns cabals regenerats d'aproximadament **245 hm³/any de reutilització directa**, als quals s'afegirien 186 hm³/any de reutilització indirecta.

431 hm³

Recàrrega d'aqüífer amb aigua regenerada

Objectiu 2040: 431 Hm³

Ús / any	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Ambiental	14,1	20,4	37,0	43,2	31,9	25,4	20,0	18,5	17,9	16,4	18,6	19,1	18,2	17,7	26,6	26,7	35,8	47,8	14,2	13,5																	
Pre-potable¹	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	35,8	25,7																	
Agrícola	2,9	2,9	2,2	4,7	2,3	1,9	2,0	1,9	1,9	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,9	1,6	5,6	5,9	13,7	10,7																	
Recreatiu	4,7	4,3	4,6	5,8	6,3	5,6	5,8	5,6	4,9	4,5	5,1	5,2	6,8	4,7	5,1	5,0	5,5	5,4	6,0	4,5																	
Urbà	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2																	
Industrial + serveis interns EDAR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	2,4	3,5	3,9	4,8	5,5	5,7	5,6	5,8	11,5	11,5	7,7																	
	22,1	28,0	44,3	54,1	41,0	33,3	28,3	26,4	26,5	25,3	29,4	30,5	32,2	30,6	39,6	39,1	53,0	71,2	81,5	62,3	83,7	91,1	98,5	105,9	113,3	120,7	128,1	135,5	142,9	150,3	157,7	165,1	172,5	179,9	187,3	194,7	

Progressió últims 20 anys. Font: ACA

A partir de 2019-2024, projecció de 15 anys fins a 2040

Projectes, estudis o proves pilot destacades:

- Tossa de Mar
- Port de la Selva
- Roses
- Riu Llobregat
- Conca del Besòs
- Camp de Tarragona
- Cambrils
- Penedès
- Terrassa

< 200 Hm³ vs. 431 Hm³

**Molts pocs projectes de recàrrega
d'aqüífers amb aigua regenerada**

CONCLUSIONS

- **La recàrrega d'aqüífers suposa incrementar el recurs disponible de manera quantitativa i qualitativa**, prevé la intrusió marina i és un suport als ecosistemes
- Duplicar **reserves subterrànies disponibles dels 1.400 hm³ actuals als 2.800 hm³**
- **De les 159 unitats hidrogeològiques d'interès** (aqüífer-sistema aqüífer): **un 68% d'unitats disposa > 50 % de cobertura vegetal** en superfície **amb una capacitat** teòrica **alta-molta alta de transferència d'aigua al subsol**
- **La recàrrega d'aqüífers pot ser natural, natural forçada o bé artificial** (depenent de les condicions de contorn inicials i l'objectiu final que es vol assolir)
- **La recàrrega d'aqüífers artificial requereix 5 fases:** estudi previ, avaluació font d'aigua, disseny sistema, implantació planta pilot i explotació (monitorització) **i una especial prevenció a la colmatació dels pous i el sistema de manteniment del bombament**
- **Cal regenerar molta més aigua i cal executar molts més projectes (ara mateix és la manera més important / viable d'incrementar el recurs).** La recàrrega amb aigües regenerades requereix pretractaments importants (cal acomplir amb normativa)
- **Cal una governança política de l'aigua que aposti per molts més recursos en la recàrrega d'aqüífers**, resolent-se desequilibris territorials de gestió i de pressupost
- **Cal un projecte clau o guia bàsica de gestió d'aqüífers** enfocat de manera detallada per a cada aqüífer en la seva protecció, descontaminació, caracterització, potencial de recàrrega i bones pràctiques d'explotació
- **Hi ha moltes zones amb molt potencial, però hi ha molta feina a fer: calen recursos**

MOLTES GRÀCIES

Estany de Montcortès

Òscar Franch Armengol

28/10/2025