



EBC 2030

ESTRATÈGIA
DE LA BIOECONOMIA
DE CATALUNYA 2030

Mapa de sòls vulnerables a la degradació a Cata- lunya: metodologia i resultats

Maig 2026

GRUP DE TREBALL

**CARBONI
AL SÒL**



Generalitat
de Catalunya

El Govern de
Tot hom



Mapa de sòls vulnerables a la degradació a Catalunya: metodologia i resultats

Maig 2026

Aquest document forma part dels resultats del projecte Carboni al sòl (2024-2025) finançat pel Fons Climàtic de la Generalitat de Catalunya. Els resultats complets del projecte estan disponibles a Ruralcat: <https://ruralcat.gencat.cat/web/guest/bioeconomia/carboni-al-sol>

© Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

© Imatges: imatges lliures de drets de Adobe Stock.

Avís legal

Aquesta obra està subjecta a una llicència Creative Commons del tipus reconeixement d'autoria i usos no comercials. La llicència es pot consultar a: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.ca>



Membres del Grup de treball Carboni al sòl



Índex

Introducció.....	1
Objectius	3
Metodologia.....	3
Resultats	7
Discussió	15
Conclusions.....	18
Línies de continuïtat	18
Agraïments	19
Bibliografia.....	20
Annexos	I

Paraules clau

Degradació del sòl
SIG
Erosió
Cartografia
Planificació territorial

Autoria

Marta Vilarnau Arjó - Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC)
Jaime Coello Gómez - Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC)
Pau Montero Estaña - Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)
Mercedes Ibáñez Raffaele - Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)
Vicenç Carabassa Closa - Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) i Universitat Autònoma de Barcelona

Citació recomanada

Vilarnau Arjó, M., Coello Gómez, J., Montero Estaña, P., Ibáñez Raffaele, M., Carabassa Closa, V.
2025. Cartografia de les àrees amb sòl vulnerable a la degradació a Catalunya. CTFC-CREAF.

Introducció

La degradació dels sòls és una preocupació global creixent, a causa de la relació directa d'aquesta amb la productivitat primària i, per tant, amb la viabilitat de la producció d'aliments i de la resta de recursos lligats a la bioeconomia, així com amb el cicle hidrològic i del carboni i la conservació de la biodiversitat, entre d'altres (Prăvălie *et al.*, 2024; Sollen-Norrlin *et al.*, 2020).

La degradació del sòl, tot i ser un concepte ampli i multifactorial, es pot sintetitzar com la reducció de la seva capacitat per produir béns o serveis (FAO, 2016). Als efectes d'aquest treball, la degradació s'expressa en funció de la funcionalitat del sòl, és a dir, els processos mitjançant els quals el sòl exerceix les seves capacitats essencials a l'ecosistema (Oldeman *et al.*, 1991; Oldeman i Van Lynden, 1996). Aquest enfocament inclou les interaccions de processos físics, químics i biològics que permeten al sòl mantenir funcions fonamentals com ara la protecció de la biodiversitat, la regulació del cicle de l'aigua i els nutrients o l'emmagatzematge de carboni, entre d'altres.

La degradació es pot deure a múltiples causes, que poden classificar-se en dues grans categories: naturals (riades o focs causats per fenòmens naturals, entre d'altres) i antròpiques (tècniques agrícoles inadequades, desforestació, canvi d'ús del sòl o sobrepastura, entre d'altres) (Ramola *et al.*, 2023).

Les conseqüències o els indicadors d'aquesta degradació poden ser tant ambientals (degradació física, química o biològica) com econòmics (pèrdua de productivitat i de viabilitat de les finques) (Ferreira *et al.*, 2022). La degradació física inclou fenòmens com el segellat, el decapatge del sòl, la compactació i l'erosió; la degradació química inclou la disminució de la matèria orgànica i el carboni edàfic, la contaminació i la salinització, i la degradació biològica consisteix en la pèrdua de biodiversitat del sòl (Jones *et al.*, 2004; Sollen-Norrlin *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2022).

Tot i que, a escala global, Europa i Euràsia són les regions menys afectades per la degradació de sòls (FAO, 2016), es considera que el 63% dels sòls europeus estan afectats per processos de degradació (Arias-Navarro *et al.*, 2024). Segons el Mapa de condició de la terra (Sanjuán *et al.*, 2014), a Espanya, el 20% del territori es considera degradat, i el 74% de la superfície és susceptible de desertificació per raons climàtiques. El 30% del sòl agrari està en un estat de degradació de moderada a molt alta (Prăvălie *et al.*, 2024).

En aquest context, la Unió Europea és pionera en el desenvolupament d'estratègies i normatives enfocades a revertir la degradació del sòl i a fomentar-ne la restauració. Entre aquestes estratègies destaca la menció explícita al Pacte Verd Europeu (COM(2019) 640) de la necessitat de protegir i restaurar els sòls. Totes les estratègies i les normatives que articulen el desenvolupament del Pacte Verd Europeu en matèria ambiental i climàtica fan referència a aquesta necessitat. Entre les figures més destacades en aquest sentit destaquen les estratègies europees de Sòls (COM(2021) 699), "De la granja a la taula" (COM(2020) 381), de Bioeconomia (Com (2018) 673/2), de Biodiversitat (COM(2020) 380), i d'Adaptació al canvi climàtic (COM(2021) 82), i, especialment, el Reglament (UE) 2024/1991, de restauració de la natura.

La restauració ecològica (RE) és el procés de donar suport a la recuperació d'un ecosistema que ha estat malmès, degradat o destruït (Nelson *et al.*, 2024). Es tracta d'una prioritat global per conservar la biodiversitat mentre es redueixen la desertificació, la degradació i els impactes antropogènics del canvi climàtic (Alexander *et al.*, 2016). La RE juga, per tant, un paper essencial per revertir la degradació del sòl (FAO, 2016). Tot i la seva rellevància estratègica de primer ordre, el desenvolupament de la RE està limitat principalment per la complexitat que suposa el plantejament de solucions integrals (incloent-hi un doble enfocament tècnic i socioeconòmic) que en garanteixin la viabilitat a llarg termini. Aquesta complexitat se suma sovint a un cost elevat i, en casos extrems en què s'ha assolit un punt de no retorn a la degradació, a un plantejament a molt llarg termini.

Per aquests motius, qualsevol planificació d'RE s'ha de fer sobre la base de: i) un diagnòstic de les causes de la degradació i de la seva severitat, per poder ii) definir i prioritzar les mesures més viables pel que fa al cost-eficàcia. Aquest treball se centra en la primera d'aquestes fases, aplicades al context de Catalunya: es presenta la metodologia i els resultats (com a primera versió i subjectes a actualitzacions futures) d'un procés de caracterització de sòls vulnerables a la degradació sobre la base de diferents indicadors i nivells de degradació a escala regional. Aquesta primera versió del Mapa de sòls vulnerables a la degradació a Catalunya (DegSolCat) servirà per definir una metodologia de priorització de la restauració.

Objectius

L'objectiu d'aquest treball és descriure la metodologia i els resultats principals de la primera versió del Mapa de sòls vulnerables a la degradació a Catalunya (DegSolCat), el qual pot estar subjecte a actualitzacions i modificacions posteriors. Per a això, s'ha emprat cartografia temàtica, bibliografia científica i tècniques SIG, i s'han consultat experts. Aquest Mapa servirà, en una segona fase, per crear la metodologia de Prioritat de restauració del sòl a Catalunya (PriResCat), una eina de suport a la planificació territorial en relació amb la restauració de sòls, també subjecta a actualitzacions futures.

Metodologia

Per a la creació del DegSolCat, s'ha seguit el procés següent:

En primer lloc, s'ha definit el concepte de degradació del sòl en el context català –com s'ha descrit a la Introducció–, i s'han identificat les fonts de degradació del sòl (FD) més rellevants en el context català, agrupades per tipus d'ús del sòl.

Per a cadascuna d'aquestes FD s'ha fet una cerca i una avaluació (en termes de resolució, actualització i metodologia) de la cartografia disponible o s'ha plantejat com generar una cartografia pròpia. Aquesta fase ha conclòs amb la selecció definitiva de les FD, la generació de la cartografia pròpia quan ha estat necessari, i l'establiment dels nivells de degradació per a cada FD (taula 1). Pel que fa als nivells de degradació, alguns estaven definits a la cartografia de base, mentre que d'altres s'han generat explícitament per a aquest treball (taula 1).

Cal esmentar que la metodologia de creació de les diferents FD és variable segons cada font recollida a la taula 1; per aquest, motiu hi ha FD que indiquen una degradació potencial (com l'erosió eòlica), d'altres que són estimacions fetes amb modelització (com l'erosió hídrica o l'excés de nitrats, entre d'altres) i d'altres comprovades a camp (com les d'activitats extractives).

És important destacar que es van descartar d'aquesta metodologia diverses FD que, tot i que eren rellevants, no complien els criteris de disponibilitat, qualitat, resolució espacial i temporal, i cobertura territorial, com ara la superfície afectada per processos d'erosió concentrada, el risc de desertificació, la contaminació per metalls pesants, la salinització de sòls, l'excés de fòsfor en sòls agraris o el dèficit de carboni edàfic (annex 1). Considerant la rellevància d'algunes d'aquestes variables en el context mediterrani, aquest treball es planteja com una primera aproximació metodològica i cartogràfica, oberta a processos de millora en estudis futurs.

Taula 1. Fonts de degradació seleccionades (FD), característiques de cada capa i nivells de degradació.

FD	Font	Resolució	Any de la cartografia disponible	Nivells de degradació
Erosió hídrica	(Panagos <i>et al.</i> , 2020)	100 × 100 m	2016	Molt baixa (0-2 t/ha/any); baixa (2-5 t/ha/any); moderada (5-10 t/ha/any); alta (10-20 t/ha/any); severa (> 20 t/ha/any).
Erosió eòlica	(Borrelli <i>et al.</i> , 2016)	100 × 100 m	2014	Cap, molt baixa, baixa, moderada, alta.
Excés de nitrats*	Creació pròpia a partir de la xarxa de mostreig de l'Agència Catalana de l'Aigua (Generalitat de Catalunya, n.d.) i el Mapa d'usos i cobertes del sòl de Catalunya (MUCSC) 2022 (DARPA, 2024a)	Vectorial	2011-2023	Risc baix (< 25 mg/l); risc intermedi (25-37,5); Vulnerable, concentració alta (37,5-50); vulnerable, concentració molt alta (50-80); Vulnerable, concentració extrema (> 80 mg/l).
Coberta vegetal defectiva**	Creació pròpia a partir d'EEA (2021) i del MUCSC 2022 (DARPA, 2024a)	10 × 10 m + Vectorial	Maig i juny de 2022, 2023 i 2024	Coberta vegetal defectiva: quan el valor mitjà d'NDVI de tres imatges de maig i juny de 2022, 2023 i 2024 està per sota de 0,4 (boscós a menys de 2.000 m d'altitud) o 0,2 (formacions de matollar a menys de 2.000 m d'altitud) o a la categoria "Sòl amb vegetació escassa o nul·la" en zones no antropitzades de la capa del MUCSC.
Activitats extractives i abocadors	Creació pròpia a partir del MUCSC 2022 (DARPA, 2024a), EXTCATA (DARPA, 2024b) i l'MCSC 2019-2022 (ICGC, 2022)	Vectorial	2019-2022	Polígons de l'EXTCATA (DARPA, 2024b) que coincideixen amb la categoria "Sòl nu o amb poca vegetació" (DARPA, 2024a) juntament amb la categoria "Mineria extractiva i abocadors" de l'MCSC 2019-2022 (ICGC, 2022).
Activitats extractives abandonades	Creació pròpia a partir del Mapa EXTABA (DARPA, 2024b)	Vectorial	2000-2024	Degradació baixa (índex d'autorrecuperació 5-10); moderada (3-5); alta (2-3); molt alta (1-2); severa (0).
Segellat del sòl	Creació pròpia a partir de l'MCSC 2019-2022 (ICGC, 2022)	Vectorial	2019-2022	Sòls artificials, edificacions, infraestructures de transport i equipaments esportius, zones en transformació al voltant de zones urbanes i infraestructures (excepte zones enjardinades) i zones en transformació a menys de 50 m de zones urbanes.
Decapatge del sòl	Creació pròpia a partir de l'MCSC 2019-2022 (ICGC, 2022)	Vectorial	2019-2022	Sòl nu urbà.
Construcció d'infraestructures de transport	Creació pròpia a partir de l'MCSC 2019-2022 (ICGC, 2022, 2013)	Vectorial	2019-2022	Buffer de 50 m al voltant d'infraestructures de transport, amb la categoria "Sòl nu urbà". El nivell de degradació depèn del pendent: degradació intermèdia (pendent < 5°); degradació alta (5-11°); degradació molt alta (11-35°); degradació severa (35-45°).

* Aquesta FD només es considera en superfícies agràries: categories del MUCSC 2022 (DARPA, 2024a): 11 - Prats de terra baixa; 12 - Prats de terra mitjana; 13 - Prats supraforestals; 19 - Conreus herbacis de secà; 20 - Conreus herbacis de regadiu; 21 - Arrossars; 22 - Vinyes; 23 - Fruïters de secà; 24 - Fruïters de regadiu, i 25 - Cítrics.

** Aquesta FD només es considera en superfícies forestals per sota de 2.000 m: categories del MUCSC 2022 (DARPA, 2024a): 9 - Zones amb vegetació escassa o nul·la –excepte en entorns urbans o antropitzats–; 14 - Matollars; 15 - Boscós d'aciculifolis; 16 - Boscós d'escleròfil·les, i 17 - Boscós caducifolis.

En paral·lel a la selecció i la definició de les FD, s'ha establert un sistema per combinar les diferents FD en un únic índex unificat de vulnerabilitat a la degradació del sòl (IUDS). Aquest índex pren com a referència la metodologia usada pel *Global Assessment of Soil Degradation* (Oldeman *et al.*, 1991; Oldeman i Van Lynden, 1996), el qual defineix la degradació del sòl sobre la base dels seus efectes sobre la funcionalitat, la productivitat i el potencial de restauració i autorrecuperació de sòls, especialment en ecosistemes agrícoles. Tot i això, per al desenvolupament del DegSolCat s'han reformulat els nivells de degradació de forma genèrica per a tot tipus d'ecosistemes. La taula 2 mostra les categories de l'IUDS i la seva definició.

Taula 2. Definició de cada categoria de l'IUDS.

Categoria de vulnerabilitat a la degradació (IUDS)	Descripció
Poc rellevant	Les funcions del sòl es mantenen majorment intactes, i el sòl presenta una alta capacitat d'autorrecuperació; per tant, les funcions del sòl es poden recuperar si l'FD cessa. És possible una restauració passiva o bé es necessiten actuacions de gestió mínimes.
Moderada	Les funcions del sòl estan parcialment afectades. En aquest cas, calen actuacions per revertir la degradació a curt termini, però les funcions del sòl tenen un bon potencial de recuperació a mitjà termini si l'FD cessa.
Greu	Les funcions del sòl estan molt malmeses i només són restaurables sota actuacions intenses. A més, la productivitat es pot veure reduïda.
Extrema	Destrucció total del sòl i les seves funcions, a causa del seu decapatge. En aquests casos, la capacitat d'autorrecuperació del sòl és nul·la o molt baixa, i la seva restauració només seria possible mitjançant actuacions molt intenses, com la construcció de tecnosòls o altres tècniques per afavorir la creació d'un sòl nou. La productivitat es veu severament reduïda i ja no és possible l'explotació del sòl en termes productius.

Tenint en compte la definició de cada nivell de l'IUDS, s'assigna un valor IUDS a cada categoria de degradació de cada FD, adaptat a cada ús del sòl (taula 3), d'acord amb el Mapa d'usos i cobertes del sòl de Catalunya del 2022 (10 × 10 m) (DARPA, 2024a).

Taula 3. Fonts de degradació, nivells de degradació per a cada font i categoria de vulnerabilitat a la degradació IUDS.

Font de degradació	Categoria	Categoria IUDS
Erosió hídrica	Molt baixa	Poc rellevant
	Baixa	
	Moderada	Moderada
	Alta	Greu (en sòls agraris i zones cremades) / Moderada (resta de casos)
	Severa	Greu
Erosió eòlica	Cap	Poc rellevant
	Baixa	
	Moderada	Moderada (en sòls agraris i zones cremades) / Poc rellevant (resta de casos)
	Alta	Moderada
Excés de nitrats	Risc baix	Poc rellevant
	Risc intermedi	
	Vulnerable, concentració alta	Moderada
	Vulnerable, concentració molt alta	
	Vulnerable, concentració extrema	
Coberta vegetal defectiva	Coberta vegetal defectiva	Moderada

Font de degradació	Categoria	Categoria IUDS
Activitats extractives i abocadors	Present	Extrema
	Moderada	Poc rellevant
Activitats extractives abandonades	Alta	Moderada
	Molt alta	Greu
	Severa	Extrema
Segellat del sòl	Present	Segellat del sòl
Decapatge del sòl	Present	Greu
Construcció d'infraestructures de transport	Degradació intermèdia ($< 5^\circ$)	Poc rellevant
	Alta ($5-11^\circ$)	Moderada
	Molt alta ($11-35^\circ$)	Greu
	Severa ($35-45^\circ$)	

Per acabar, s'han afegit les capes de l'IUDS de cada FD. El procediment és el següent:

i) Identificació dels polígons del MUCSC 2022 (DARPA, 2024a) corresponents als usos del sòl exclosos de la metodologia: 1 - Aigües marines; 2 - Aigües continentals; 3 - Congestes; 8 - Sorral i platges, i 10 - Vegetació de zones humides. Aquests polígons no s'avaluen en les fases següents.

ii) Identificació dels polígons de sòl segellat (es consideren degradats, però no restaurables a curt termini), així que es tracta d'una categoria específica, que no s'avalua en la fase següent. Aquests polígons es corresponen principalment amb les categories 4 - Infraestructures viàries; 5 - Urbanitzacions; 6 - Zones urbanes, i 7 - Zones industrials i comercials del MUCSC 2022 (DARPA, 2024a).

iii) A la superfície restant es calcula la categoria IUDS de cada píxel, que és la que assoleix un valor de més vulnerabilitat a la degradació entre les FD que afecten aquell píxel.

El Mapa en una primera versió resultant d'aquest procés és el DegSolCat, generat en un doble format: mapa global i mapa per ús principal del sòl (DegSolCat-Forestal; DegSolCat-Agrari, i DegSolCat-Superfícies antropitzades).

Tot aquest procés s'ha definit en col·laboració amb un Comitè Assessor multidisciplinari –la composició del qual s'especifica en l'apartat Agraïments– que, a través de cinc reunions i processos de revisió, ha ajudat a consolidar les diferents fases de la metodologia.

Resultats

La metodologia seguida ha permès quantificar la superfície de cada categoria IUDS per a cada tipus principal d'ús de sòl (forestal, agrari i altament antropitzat), com es detalla a continuació.

Sòls vulnerables a la degradació en superfície forestal

Segons es pot observar a la taula 4, la major part de la superfície forestal presenta una vulnerabilitat a la degradació del sòl poc rellevant a causa de l'erosió hídrica, i només un 3% dels boscos presenten una vulnerabilitat greu a causa de l'erosió hídrica. Pel que fa a l'erosió eòlica, també la major part de la superfície es troba sota la categoria de poc rellevant, i la categoria moderada arriba a afectar només el 16% dels boscos.

En total, un 68% de la superfície forestal no presenta problemes de vulnerabilitat a la degradació del sòl, mentre que un 30% presenta un nivell de vulnerabilitat moderat. Només el 3% (549 km²) presenta un nivell de vulnerabilitat greu. En total, la superfície forestal a Catalunya representa el 59% del territori. La figura 1 mostra la distribució d'aquestes categories de vulnerabilitat a la degradació a Catalunya.

Taula 4. Fonts de vulnerabilitat a la degradació i categories IUDS en sòls forestals.

Font de degradació	Categoria IUDS	Superfície total (km ²)	% FD respecte a la superfície forestal	% FD respecte al total de Catalunya
Erosió hídrica	Poc rellevant	14.515	79	45
	Moderada	3.282	18	10
	Greu	549	3	1,7
Erosió eòlica	Poc rellevant	15.709	84	49
	Moderada	3.091	16	10
Coberta vegetal defectiva i sòl nu	Moderada	393	- ¹	1,2
		Superfície total (km ²)	% IUDS respecte a la superfície forestal	% IUDS respecte al total de Catalunya
TOTAL SUPERFÍCIE FORESTAL	Poc rellevant	12.890	68	40
	Moderada	5.635	30	18
	Greu	549	3	1,7

¹ No s'ha especificat el percentatge de superfície forestal afectada per aquesta font de degradació, ja que la coberta vegetal defectiva inclou solament superfície forestal per sota dels 2.000 msnm i el sòl nu s'ha inclòs de la categoria "Sòl amb vegetació escassa o nul·la" en zones no antropitzades de la capa del MUCSC i, per tant, pot no estar catalogat com a superfície forestal.

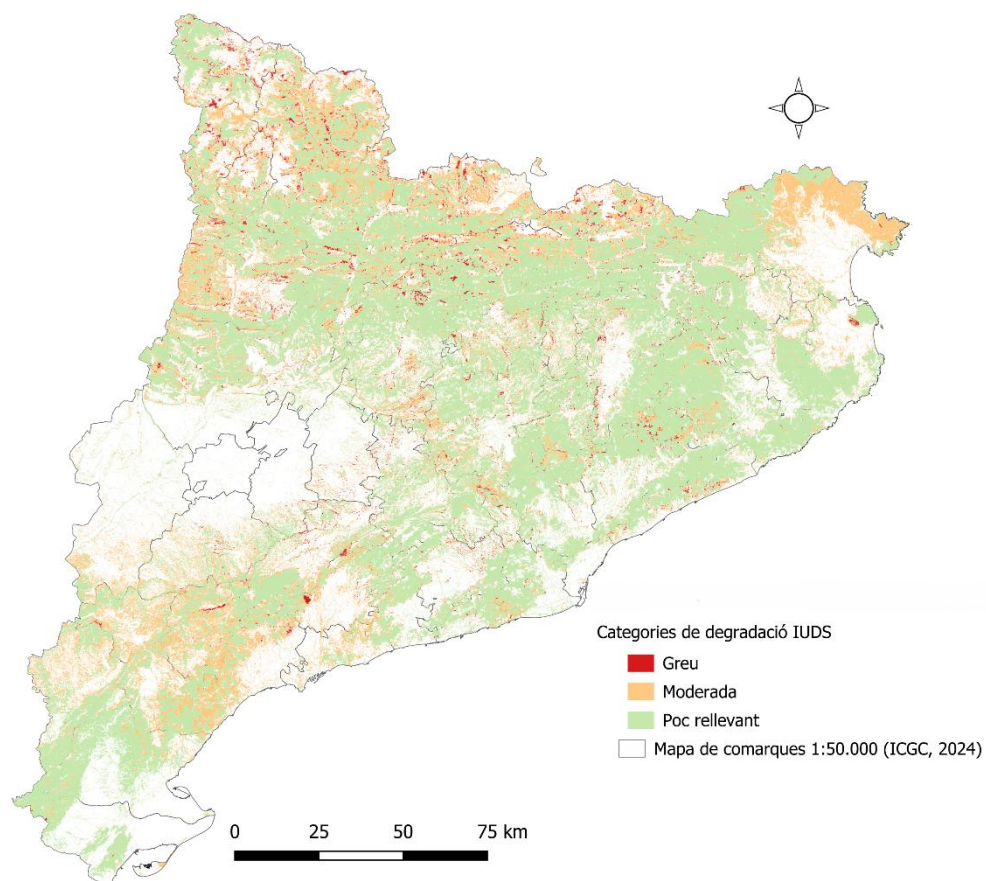


Figura 1. Mapa provisional de vulnerabilitat a la degradació de sòls forestals a Catalunya (DegSolCat-Forestal) sobre la base dels factors de degradació disponibles.

Les zones forestals més exposades a la degradació del sòl són les situades en zones amb més pendent (zones pirinenques), sotmeses a vents més intensos (costa nord de Girona), així com algunes masses forestals de les zones més seques (quadrant central de Tarragona).

Sòls vulnerables a la degradació en superfície agrària

La taula 5 mostra la superfície de sòl agrari vulnerable a la degradació segons cada FD. Els vectors principals de vulnerabilitat a la degradació són l'erosió hídrica i eòlica, amb un nivell de vulnerabilitat moderat al voltant del 50% i el 60% de la superfície, respectivament, i un 16% de vulnerabilitat greu en el cas de l'erosió hídrica. Pel que fa a l'excés de nitrats, gairebé el 40% de la superfície agrària presenta una vulnerabilitat moderada, és a dir, amb una concentració de nitrats en aigua superior a 50 mg/l.

En total, gairebé el 80% dels sòls agraris de Catalunya estan subjectes a un nivell de vulnerabilitat a la degradació moderat i el 5,6% arriba a un nivell greu. La superfície agrària a Catalunya representa el 34% del territori. La figura 2 mostra la distribució d'aquestes categories de vulnerabilitat a la degradació a Catalunya.

Taula 5. Fonts de degradació i categories IUDS en sòls agraris.

Font de degradació	Categoria IUDS	Superfície total (km ²)	% FD respecte a la superfície agrària	% FD respecte al total de Catalunya
Erosió hídrica	Poc rellevant	3.779	36	12
	Moderada	5.089	48	16
	Greu	1.783	16	5,6
Erosió eòlica	Poc rellevant	4.142	38	13
	Moderada	6.759	62	21
Excés de nitrats	Poc rellevant	6.892	63	21
	Moderada	3.971	37	12
	Categoria IUDS	Superfície total (km ²)	% IUDS respecte a la superfície agrària	% IUDS respecte al total de Catalunya
TOTAL SUPERFÍCIE AGRÀRIA	Poc rellevant	764	7	2,4
	Moderada	8.383	77	26
	Greu	1.783	16	5,6

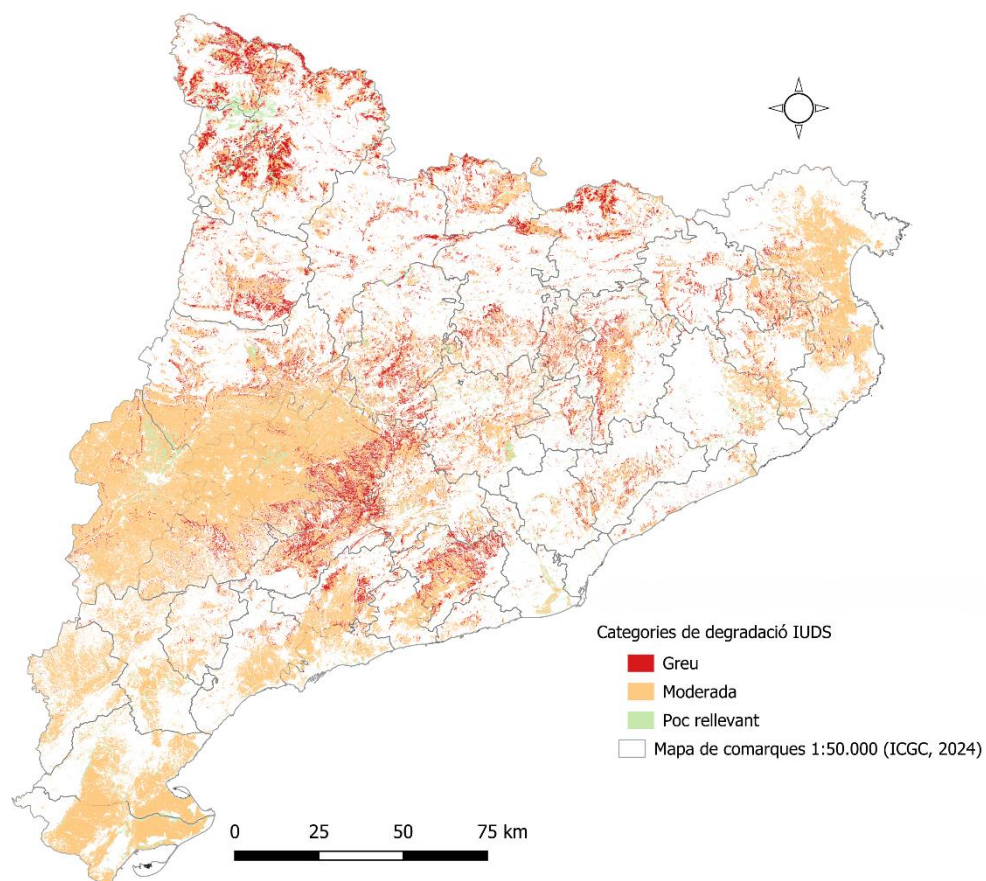


Figura 2. Mapa provisional de vulnerabilitat a la degradació de sòls agraris a Catalunya (DegSolCat-Agrari) sobre la base dels factors de degradació disponibles.

Les poques zones agràries que mostren un procés de vulnerabilitat a la degradació del sòl amb un risc greu de degradació són principalment les àrees pirinenques i el quadrant sud-oriental de Lleida.

Sòls vulnerables a la degradació en superfície altament antropitzada

L'impacte més gran al sòl, i el més estès en les superfícies altament antropitzades, és el segellat, que afecta una superfície de gairebé 1.500 km² (taula 6). Pel que fa a les FD classificades per l'IUDS, les activitats extractives donen lloc a nivells de degradació extrema en un total de 65 km², especialment en forma d'explotacions actives. En aquest tipus de sòls, l'erosió hídrica o eòlica no suposen un risc de vulnerabilitat a la degradació del sòl a la major part de la superfície, i només un 3% està exposada a una vulnerabilitat greu.

A escala global, la meitat d'aquesta superfície presenta un valor de vulnerabilitat a la degradació moderat, mentre que un terç assolix un valor extrem. Només el 12% d'aquesta superfície presenta un estat de vulnerabilitat poc rellevant. La superfície altament antropitzada i els sòls segellats representen un 5% del territori català. La figura 3 mostra la distribució d'aquestes categories de vulnerabilitat a la degradació a Catalunya.

Taula 6. Fonts de vulnerabilitat a la degradació i categories IUDS en sòls altament antropitzats.

Font de degradació	Categoria IUDS	Superfície total (km ²)	% FD respecte a la superfície antropitzada	% FD respecte al total de Catalunya
Erosió hídrica	Poc rellevant	90	70	0,3
	Moderada	35	27	0,1
	Greu	4	3	0,01
Erosió eòlica	Poc rellevant	149	80	0,5
	Moderada	37	20	0,1
Activitats extractives i abocadors	Extrema	61	100	0,2
Activitats extractives abandonades	Poc rellevant	2	14	0,01
	Moderada	4	23	0,01
	Greu	6	36	0,02
	Extrema	4	27	0,01
Decapatge del sòl	Greu	70	100	0,2
Construcció d'infraestructures de transport	Poc rellevant	32	75	0,1
	Moderada	6	14	0,02
	Greu	5	11	0,01
	Categoria IUDS	Superfície total (km ²)	% IUDS respecte a la superfície antropitzada	% IUDS respecte al total de Catalunya
TOTAL SUPERFÍCIE ALTAMENT ANTROPITZADA	Poc rellevant	23	12	0,1
	Moderada	88	47	0,3
	Greu	12	7	0,04
	Extrema	65	34	0,2
	Segellat del sòl	1.445	Fora de categoria ²	4,5

² El sòl segellat s'ha treballat de manera independent a la resta de categories d'avaluació de l'IUDS.

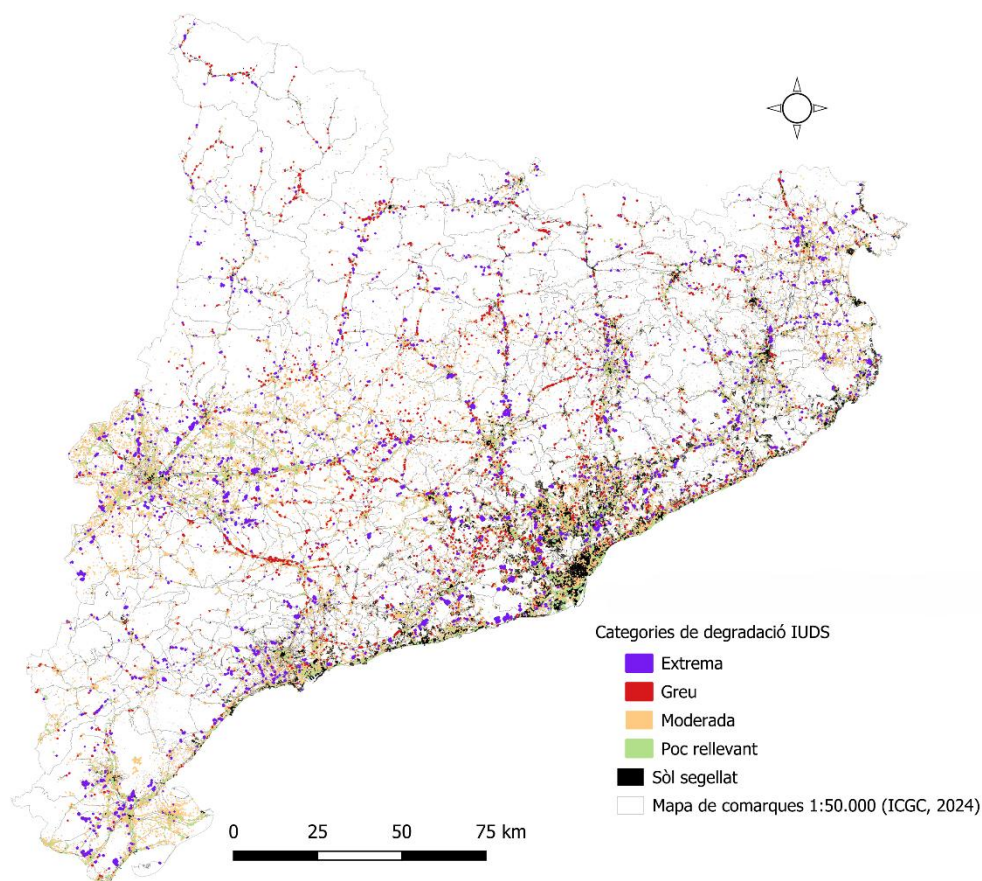


Figura 3. Mapa provisional de vulnerabilitat a la degradació de sòls altament antropitzats a Catalunya (DegSolCat-Sòls antropitzats) sobre la base dels factors de degradació disponibles.

Les zones més antropitzades de Catalunya es troben principalment a l'entorn metropolità, a l'àmbit litoral i seguint les principals infraestructures interiors, així com a algunes de les valls i els rius. La distribució dels diversos nivells de vulnerabilitat a la degradació no segueix un patró fix i apareixen distribuïdes pel conjunt del territori. Les activitats extractives i els abocadors suposen la font de degradació més severa en aquest tipus de sòls, si bé es tracta d'activitats regulades amb els seus plans de restauració associats.

Superfície total de sòls vulnerables a la degradació a Catalunya

La taula 7 mostra l'agregació de les categories de vulnerabilitat a la degradació a Catalunya. Pel que fa a la superfície, els estats de vulnerabilitat a la degradació poc rellevant i moderada ocupen més del 40% de la superfície cadascun. Les superfícies en un estat de vulnerabilitat greu (7,3% de Catalunya) i extrema (0,2%), que són on s'ha de centrar la restauració en el futur, suposen prop de 2.409 km² en total. També cal destacar la superfície de sòl segellat, que representa un 4,5% de la superfície.

Taula 7. Superfícies totals de cada FD i categoria de vulnerabilitat a la degradació a Catalunya.

La superfície total varia lleugerament respecte al total regional (32.114 km²), ja que no s'han tingut en compte alguns usos del sòl minoritaris, com s'esmenta a l'apartat de Metodologia.

Categoria IUDS	Superfície que ocupa (km ²)	% respecte al total de Catalunya
Poc rellevant	13.677	42,6
Moderada	14.107	43,9
Greu	2.345	7,3
Extrema	65	0,2
Segellat del sòl	1.445	4,5
TOTAL SUPERFÍCIE AVALUADA	31.637	98,5

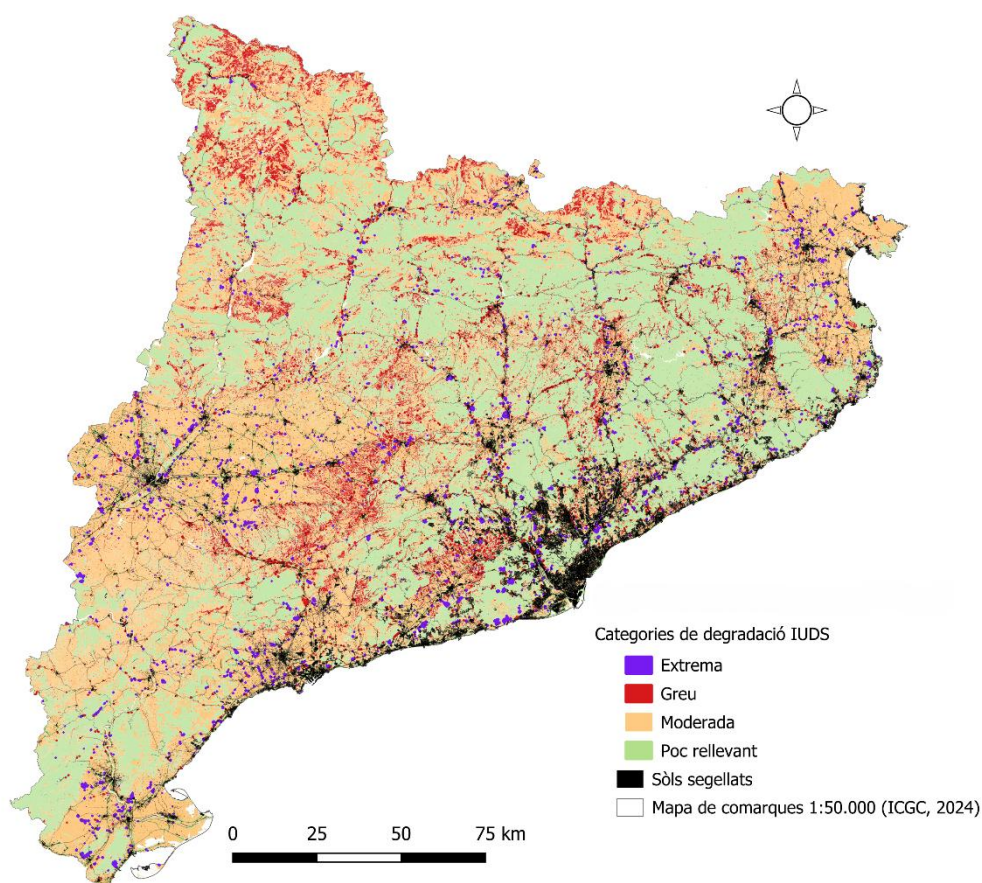


Figura 4. Mapa provisional de vulnerabilitat a la degradació de sòls de Catalunya (DegSolCat) sobre la base dels factors de degradació disponibles.

A la zona litoral, sobretot a les comarques del Barcelonès i el Vallès, hi ha més vulnerabilitat a la degradació per sòls segellats, mentre que en zones del Pirineu afectades per forts pendents, zones sotmeses a vents més intensos (costa nord de Girona), així com masses de les zones més seques (zona limítrofa sud de l'altiplà central, entre Lleida, Tarragona i Barcelona) trobem més vulnerabilitat a l'erosió.

D'altra banda, a causa de la gran superfície de terreny agrari i la forta incidència dels nitrats a les aigües, les planes de Lleida, Manresa i Vic es troben principalment amb una vulnerabilitat a la degradació moderada.

Les activitats extractives es troben repartides principalment al llarg de vies de comunicació, amb menys afectació als Pirineus, i més concentració al voltant de l'àrea metropolitana de Barcelona, Lleida i Tarragona.

Discussió

El Mapa de sòls vulnerables a la degradació de Catalunya estima, des d'una visió integral i detallada, la magnitud i la distribució de la vulnerabilitat a la degradació del sòl en aquesta regió. La metodologia emprada, la qual combina dades de teledetecció, fotointerpretació, anàlisi espacial, bibliografia temàtica i consulta a experts, ha demostrat ser eficaç per detectar els patrons de vulnerabilitat a la degradació en una primera versió i caracteritzar-ne la intensitat per les tipologies analitzades en aquest estudi.

Cal destacar el repte que suposa integrar diferents fonts de degradació, fruit de diferents processos, en un únic índex de vulnerabilitat a la degradació del sòl. A aquest efecte, el criteri expert ha resultat fonamental per convertir les categories de cada font de degradació (FD) en un índex unificat (IUDS), tenint en compte les implicacions de cada FD en la funcionalitat del sòl i el seu potencial d'autorrecuperació. Aquest IUDS ha mostrat ser eficient per sintetitzar la informació de naturalesa diferent en una única variable i tenir una visió global de l'estat de vulnerabilitat a la degradació dels sòls a Catalunya i de manera particular sobre els seus ecosistemes (agrari, forestal i sistemes altament antropitzats).

No obstant això, no s'han de perdre de vista les diferents FD que alimenten l'índex de degradació (IUDS), tant per fer una interpretació correcta dels processos i les amenaces que pateix el sòl realment (com a causa de les activitats extractives) i les que d'una manera potencial podrien afectar la seva funcionalitat (com ara l'erosió eòlica o l'excés de nitrats, entre d'altres), com per poder formular estratègies de restauració del sòl adaptades a cada amenaça. En aquest sentit, malgrat la precisió i l'ampli potencial del Mapa, hi ha algunes consideracions metodològiques que cal tenir en compte:

D'una banda, la resolució espacial de les diferents variables difereix entre les diferents capes utilitzades: les cartografies de sòls altament antropitzats són les que compten amb una resolució més gran (10 m/px), i l'erosió eòlica és la que té menys detall (500 m/px). Això suposa una pèrdua d'informació dels detalls que implica menys precisió. D'altra banda, la diferent naturalesa de la cartografia de cadascuna de les FD implica combinar variables que estimen el potencial de degradació obtingut a partir d'estimacions indirectes i modelitzacions (per exemple, l'erosió hídrica i eòlica) amb d'altres que representen una degradació *de facto* del sòl (per exemple, les activitats extractives). Per aquest motiu, el nivell de degradació extrem ha estat reservat per a activitats extractives, on es produeix un decapat del sòl previ a l'inici de l'extracció (Alcañiz *et al.*, 2009; Carabassa *et al.*, 2015). Cal esmentar que això no resta rellevància als nivells greu o moderat de l'IUDS, ja que, sota aquestes condicions, el sòl és altament vulnerable a degradar-se, si és que no està ja degradat.

D'altra banda, cal tenir en compte que algunes FD estan plantejades com a aproximacions indirectes, com és el cas de la vulnerabilitat a l'erosió eòlica o l'excés de nitrats. Tot i que l'excés de nitrats en aigües subterrànies no té per què implicar necessàriament un excés de nitrats en els sòls, aquesta FD s'ha incorporat a causa de diversos motius: i) l'excés de nitrats en sòls és una FD considerada en la cartografia europea de sòls degradats (Grizzetti *et al.*, 2023; EUSO, 2025), amb resultats concordants amb els trobats en el present treball; ii) certament la contaminació de les aigües per nitrats procedents en bona part de la sobrefertilització dels sòls és un problema ambiental de primer ordre a Catalunya (Reial decret 47/2022, de 18 de gener), que afecta el 49% dels municipis (ACA, 2022); iii) la superfície decretada com a vulnerable a nitrats segons la cartografia de zones vulnerables per nitrats d'origen agrari (DARPA, 2022) no ha deixat de créixer a Catalunya des del primer Decret de 1998 i, per tant, les mesures de mitigació aplicades fins al moment no són prou eficaces, i v) la superfície decretada oficialment com a vulnerable a nitrats es plasma en una cartografia a escala de terme municipal i amb un llindar de 37,5 mg/l i, per tant, s'ha aprofitat per generar una cartografia amb una resolució molt més detallada i amb categories que arriben fins a valors superiors a 80 mg/l, per posar en relleu les àrees més intensament afectades per aquest problema.

Tot i això, i per tenir en compte la manca d'una relació directa entre la contaminació de les aigües subterrànies i l'excés de nitrats al sòl adjacent i la ràpida mobilitat i capacitat de fluctuar que els nitrats poden tenir al sòl, s'ha considerat que la màxima categoria de degradació que aquesta FD pot generar és moderada. Aquesta categoria es dona ben per sobre de 50 mg/l, és a dir, un valor un 33% més alt que l'emprat a la normativa actual donada pel Reial decret 47/2022, de 18 de gener (37,5 mg/l).

La resolució del problema de la contaminació per nitrats de fonts agràries passa per una millor gestió de les dejeccions ramaderes. En aquest sentit, hi ha enfocaments de restauració agroforestal com ara la restauració de marges llenyosos en el perímetre inferior dels terrenys agraris (Montgomery *et al.*, 2020), així com en fileres intercalades (Moreno *et al.*, 2007), la restauració de la vegetació de ribera (Shtull-Trauring *et al.*, 2025) o la utilització d'esmenes orgàniques com ara el biocarbó (*biochar*), els quals han mostrat el seu interès per mitigar aquest problema, a més de generar cobeneficis sobre la productivitat i la protecció del sòl i la biodiversitat, i, per tant, aquesta informació pot ser útil per elaborar el Mapa de prioritats de restauració.

Finalment, encara que s'ha aconseguit identificar i plasmar al Mapa les principals fonts de degradació, el mapatge no ha abordat alguns possibles processos de deteriorament. Per exemple, no ha estat possible la incorporació de cartografia de xaragalls en no disposar d'una capa actualitzada. Tampoc no ha estat possible integrar cartografia de salinitat en sòls, tot i la seva importància a Catalunya i en altres zones del Mediterrani, ja que no es disposava de cartografia contínua per a tot el territori. El contingut relatiu de carboni al sòl és un altre aspecte clau en la identificació de sòls pobres i degradats (Carabassa *et al.*, 2015), que, per tant, puguin requerir actuacions de restauració. No obstant això, no s'ha considerat adequat agafar com a referència el Mapa d'estocs de carboni en sòls agrícoles (IRTA *et al.*, 2018), en no considerar-se un indicador fiable de degradació del sòl ja que no té en compte l'estoc de SOC potencial de cada sòl, tot i que no es descarta poder-la incorporar en una futura actualització del DegSolCat. En l'annex 1 s'indiquen totes les FD descartades i els motius per a cada una.

Tot i tenir en compte aquestes consideracions, el Mapa ens revela informació de gran valor sobre la vulnerabilitat a la degradació dels sòls. No obstant això, el Mapa en cap cas no s'ha de considerar com a mapa en l'àmbit executiu sense una comprovació prèvia a camp de l'estat real del sòl a les diferents zones. L'anàlisi ha revelat l'heterogeneïtat dels processos de degradació segons els diferents factors ambientals, socioeconòmics i geogràfics. Mentre que les àrees altament antropitzades, urbanes i periurbanes poden presentar una pèrdua total del sòl, una degradació pel segellat del sòl i un alt risc de transformació, les àrees més rurals poden presentar risc per fertilització inadequada o excessiva (Blanc *et al.*, 2019).

Les dades ens mostren com un 0,2% de Catalunya està afectat pel nivell de degradació extrem, el qual es dona per la presència d'activitats extractives. Encara que aquest percentatge pugui semblar baix a escala de Catalunya, el nivell de degradació és tan profund que requereix actuacions intensives per restaurar-lo. La legislació autonòmica vigent (Decret 343/1983, de 15 de juliol, sobre les normes de protecció del medi ambient d'aplicació a les activitats extractives) estableix l'obligatorietat de restauració. Tot i això, algunes restauracions són deficientes i també hi ha casos d'activitats extractives que han estat abandonades sense haver-se arribat a restaurar, i amb un grau d'autorrecuperació molt baix.

D'altra banda, un 77% dels ecosistemes agraris presenta un nivell moderat de vulnerabilitat a la degradació i un 16% un nivell greu. Això és especialment preocupant en el context actual i s'han de tractar amb una atenció especial per definir estratègies de restauració que permetin mantenir la viabilitat tècnica i econòmica de l'agricultura alhora que es redueix l'impacte en el medi. No obstant això, cal tenir en compte que els nivells de degradació sobre el Mapa DegSolCat-Agrari es podran definir amb més precisió un cop es puguin incorporar, en una futura versió del Mapa, variables rellevants en l'àmbit agrari, com ara el contingut de carboni al sòl i la salinitat. Finalment, encara que els sòls d'ecosistemes forestals són els que presenten menys grau de vulnerabilitat a la degradació (amb un nivell de degradació greu al 3% dels boscos), no és menyspreable la superfície ocupada per aquesta categoria (549 km²).

Tenint en compte tota la informació referent a la vulnerabilitat a la degradació de sòls que proporciona el DegSolCat i les particularitats de cada ecosistema (sistemes altament antropitzats, forestals i agraris) s'identificaran les àrees prioritàries d'intervenció i s'implementaran polítiques de restauració, tenint en compte el nivell de degradació i també aspectes ecològics i socioeconòmics. A causa de les limitacions esmentades d'aquest Mapa, la prioritització de la restauració es limitarà a ser una eina metodològica sense una base cartogràfica associada, que permeti guiar la implementació de les restauracions futures un cop s'hagi creat una nova versió actualitzada i més completa del Mapa DegSolCat. Aquestes directrius de restauració són encara un treball en curs. Tant els objectius que planteja el DegSolCat com la seva metodologia pretenen servir de referència per desenvolupar eines similars en altres contextos geogràfics.

Conclusions

La metodologia emprada ha permès generar un Mapa de sòls vulnerables a la degradació (DegSolCat) a escala de Catalunya, subjecte a actualitzacions i modificacions que es recolliran en versions posteriors. Aquest Mapa s'organitza en quatre mòduls: un de general a escala autonòmica i tres mòduls en funció dels usos del sòl principals: agrari, forestal i zones altament antropitzades. Aquesta estructura facilitarà, en una propera fase, la creació d'una metodologia per prioritzar les zones que cal restaurar (basada tant en les categories de vulnerabilitat a la degradació per cada ús del sòl com en altres factors de priorització) i establir els criteris tècnics per guiar la restauració.

Segons el DegSolCat, el 0,2% del sòl a Catalunya presenta un nivell de vulnerabilitat a la degradació extrema a causa de l'afectació per activitats extractives en actiu o que encara no s'han rehabilitat. El 7,3% de la superfície presenta un nivell greu, i se situa principalment al Pirineu de Lleida i a les zones més seques del nord de Tarragona. Els sòls sotmesos a una vulnerabilitat moderada a la degradació representen el 43,9% i es troben sobretot en zones de fort pendent del Pirineu, les planes del nord de Girona i les zones agràries de la plana de Lleida i del delta de l'Ebre. El 42,6% de la regió presenta una vulnerabilitat a la degradació poc rellevant. D'altra banda, el segellat del sòl és un dels processos de degradació de gran intensitat que afecta un 4,5% de tot el territori, i sovint afecta sòls amb una aptitud agrària bona.

La metodologia emprada es basa principalment en bases cartogràfiques disponibles públicament, cosa que en pot facilitar la replicació o l'adaptació en altres àrees i contextos geogràfics. Cal recalcar que, pel que fa a algunes de les FD que afecten els sòls de Catalunya, no disposem de prou informació per incorporar-les al procés descrit i, com a conseqüència, no s'han tingut en consideració. En aquest sentit, el DegSolCat es presenta com un primer pas cap a la identificació dels sòls vulnerables a la degradació, però no es tracta d'uns resultats definitius i en cap cas no ha de tenir un caràcter executiu per si sol, sinó que s'ha de tractar conjuntament amb validacions *in situ* per afinar-ne la capacitat de determinar sòls degradats.

Línies de continuïtat

En el marc del projecte Carboni al sòl. Millora de la qualitat dels sòls i de la seva capacitat d'embornal, es preveu una segona fase en el període 2026-2028, a la qual es podrà fer una actualització del DegSolCat, que inclouria una avaluació de la metodologia i la cartografia generades, per tal de complementar-les i millorar-les, si es considera necessari, amb noves variables que, per manca de cartografia l'any 2024, no es van poder considerar (els xaragalls, la desertificació i el C edàfic, entre d'altres). Es preveu mantenir el funcionament com a equip de treball, amb la participació de personal de perfil científic i tècnic, així com d'administracions. Com a resultat d'aquest procés s'espera generar una nova versió de la cartografia derivada (DegSolCat_2).

Agraïments

Projecte Carboni al sòl. Millora de la qualitat dels sòls i de la seva capacitat d'embornal, finançat pel Fons Climàtic de la Generalitat de Catalunya.

El Comitè Assessor està format per les persones següents (en ordre alfabètic pel cognom): Salvador Blanch (DARPA), Giada Centenaro (UdL), Xavier Clopés (DARPA), Teresa Cervera (CPF), Jordi Cortina-Segarra (Universitat d'Alacant), Francesc Domingo (IRTA), Immaculada Funes (IRTA), Josu G. Alday (UdL), Robert González (ARC), Maite Martínez (IRTA), Eduard Piera (FC), Irene Raya (CREAF), Pere Rovira (CTFC), Miquel Segarra (FC) i Marc Vicens (ICGC).

Bibliografia

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. 2022. Avaluació de la problemàtica originada per l'excés de nitrats d'origen agrari en les masses d'aigua subterrànies a Catalunya. Informe tècnic.

ALCAÑIZ, J. M.; ORTIZ, O.; CARABASSA, V. 2009. Utilització de llots de depuradora en restauració. Manual d'aplicació a activitats extractives i terrenys marginals. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

ALEXANDER, S.; ARONSON, J.; WHALEY, O.; LAMB, D. 2016. The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. *Ecology and Society*, 21(1). <https://doi.org/10.5751/ES-08288-210134>.

ARIAS-NAVARRO, C.; BARITZ, R.; JONES, A. 2024. The state of soils in Europe: Fully evidenced, spatially organised assessment of the pressures driving soil degradation. <https://doi.org/10.2760/7007291>.

BLANC, S.; GASOL, C. M.; MARTÍNEZ-BLANCO, J.; MUÑOZ, P.; COELLO, J.; CASALS, P.; MOSSO, A.; BRUN, F. 2019. Economic profitability of agroforestry in nitrate vulnerable zones in Catalonia (NE Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17(1), e0101. <https://doi.org/10.5424/sjar/2019171-12118>.

BORRELLI, P.; PANAGOS, P.; BALLABIO, C.; LUGATO, E.; WEYNANTS, M.; MONTANARELLA, L. 2016. Towards a Pan-European Assessment of Land Susceptibility to Wind Erosion. *Land Degradation and Development*, 27(4), 1093–1105. <https://doi.org/10.1002/ldr.2318>.

ALCAÑIZ, J. M.; ORTIZ, O.; CARABASSA, V. 2009. Utilització de llots de depuradora en restauració. Manual d'aplicació a activitats extractives i terrenys marginals. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA, P. i A. 2022. Cartografia de zones vulnerables de Catalunya. In *Generalitat de Catalunya*. https://agricultura.gencat.cat/web/.content/07-ramaderia/dejeccions-ramaderes-fertilitzants-nitrogenats/enllacos-documents/fitxers-binariis/ZV_mapa_general_Catalunya.pdf.

DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA, P. i A. 2024a. Bases cartogràfiques d'usos i cobertes del sòl. In *Generalitat de Catalunya*. <https://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/usos-sol-subsol/usos-sol/index.html>.

DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA, P. i A. 2024b. Bases cartogràfiques de focus emissors. <https://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/cartografia-sig/bases-cartografiques/focus-emissors/index.html#activitats-extractives>.

EEA. 2021. High Resolution Vegetation Phenology and Productivity: Vegetation Indices Quality Flag (raster 10m) - version 1 revision 1. In *EEA geospatial data catalogue*. <https://land.copernicus.eu/en/products/vegetation/high-resolution-vegetation-indices-quality-flag>.

EUSO. 2025. EUSO Soil Degradation Dashboard. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/>.

FAO. 2016. Estado Mundial del Recurso Suelo. Resumen Técnico. *Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 1–95. <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>.

FERREIRA, C. S. S.; SEIFOLLAHI-AGHMIUNI, S.; DESTOUNI, G.; GHAJARNIA, N.; KALANTARI, Z. 2022. Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences. *Science of the Total Environment*, 805, 150106. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150106>.

GENERALITAT DE CATALUNYA. n.d. *Consulta de dades de control de la qualitat i la quantitat de l'aigua al medi*. Agència Catalana de l'Aigua. Darrera consulta el 8 d'agost de 2024 a <https://aplicacions.aca.gencat.cat/sdim21/>.

GRIZZETTI, B.; VIGIAK, O.; AGUILERA, E.; ALOE, A.; BIGANZOLI, F.; BILLEN, G.; CALDEIRA, C.; DE MEIJ, A.; EGGLE, L.; EINARSSON, R.; GARNIER, J.; GINGRICH, S.; HRISTOV, J.; HUYGENS, D.; KOEBLE, R.; LASSALET, L.; LE NOË, J.; LIAKOS, L.; LUGATO, E.; PANAGOS, P.; PISONI, E.; PISTOCCHI, A.; SANZ COBEÑA, A.; UDIAS, A.; WEISS, F.; WILSON, J.; ZANNI, M. 2023. Knowledge for Integrated Nutrient Management Action Plan (INMAP). *Publications Office of the European Union, Luxembourg*, ISBN 978-92-68-02654-0, doi:10.2760/692320, JRC129059.

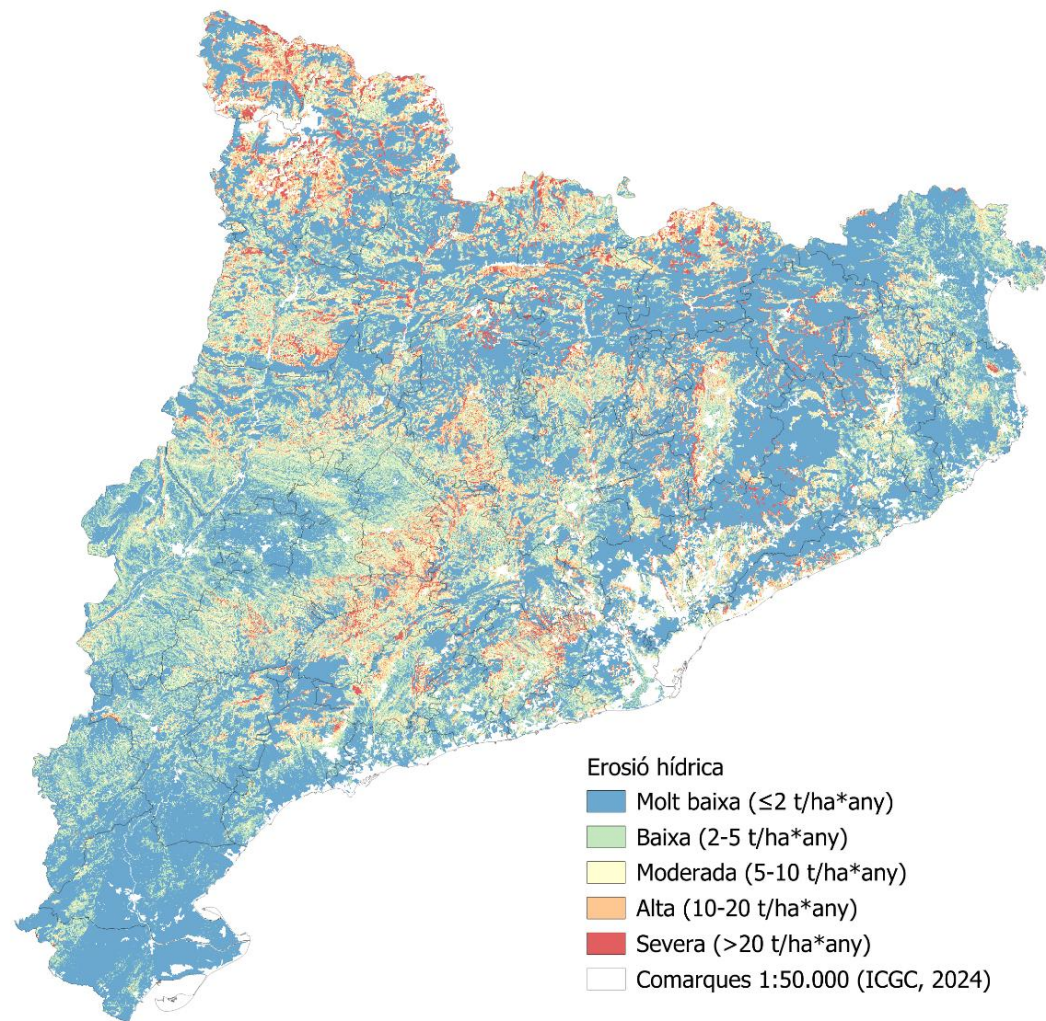
- INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA. 2013. *Model d'Elevacions del Terreny (BT-5M v2.0)*. <https://www.icgc.cat/es/Datos-y-productos/Bessons-digitals-Elevacions/Modelo-de-elevaciones-del-terreno-de-15x15-m>.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA. 2022. *Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya v1.0 - 2019-2022*. <https://www.icgc.cat/ca/Territori-sostenible/Cobertes-del-sol>.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA. 2024. *Servei de Mapa Base. Divisions administratives, Comarques 1:50.000*. <https://www.icgc.cat/ca/Geoinformacio-i-mapes/Servei-de-Mapa-Base>.
- IRTA; CREAM; CTFC; DARP; ICGC. 2018. Mapa de l'estoc de carboni orgànic en sòls agrícoles. <https://www.icgc.cat/ca/Ambits-tematics/Territori-sostenible/Sols/Cartografia-digital-de-sols>.
- JONES, R. J. A.; HIEDERER, R.; RUSCO, E.; LOVELAND, P. J.; MONTANARELLA, L. 2004. The map of organic carbon in topsoils in Europe. In *The Journal of Applied Corporate Finance* Vol. 15. (Vol. 72, Issue 1). https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/OCtopMapBkLet76.pdf.
- NELSON, C. R.; HALLETT, J. G.; ROMERO MONTOYA, A. E.; ANDRADE, A.; BESACIER, C.; BOERGER, V.; BOUAZZA, K.; CHAZDON, R.; COHEN-SHACHAM, E.; DANANO, D. 2024. Standards of practice to guide ecosystem restoration: A contribution to the United Nations Decade on Ecosystem Restoration 2021–2030 (FAO; SER; IUCN (ed.)). Food & Agriculture Org.
- MONTGOMERY, I.; CARUSO, T.; REID, N. 2020. Hedgerows as ecosystems: service delivery, management, and restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51(1), 81–102.
- MORENO, G.; LÓPEZ, L.; OLIVEIRA, F.; CHUNA, M. 2007. Eficacia de los sistemas agroforestales en el control de la lixiviación de nitrato. *Cuadernos de la sociedad española de ciencias forestales*, (22), 113–118.
- OLDEMAN, L. R.; HAKKELING, R. T. A.; SOMBROEK, W. G.; BATJES, N. 1991. Global assessment of human-induced soil degradation (GLASOD). World map of the status of human-induced soil degradation. *Wageningen, Netherlands: Winand Staring Centre–ISSSFAO–ITC*.
- OLDEMAN, L. R.; VAN LYNDEN, G. W. J. 1996. Revisiting the Glasod Methodology. <https://doi.org/10.1201/9781003068716-22>.
- PANAGOS, P.; BALLABIO, C.; POESEN, J.; LUGATO, E.; SCARPA, S.; MONTANARELLA, L.; BORRELLI, P. 2020. A soil erosion indicator for supporting agricultural, environmental and climate policies in the European union. *Remote Sensing*, 12(9), 1365. <https://doi.org/10.3390/RS12091365>.
- PRĂVĂLIE, R.; BORRELLI, P.; PANAGOS, P.; BALLABIO, C.; LUGATO, E.; CHAPPELL, A.; MÍGUEZ-MACHO, G.; MAGGI, F.; PENG, J.; NICULIȚĂ, M.; ROȘCA, B.; PATRICHE, C.; DUMITRAȘCU, M.; BANDOC, G.; NITA, I. A.; BIRSAN, M. V. 2024. A unifying modelling of multiple land degradation pathways in Europe. *Nature Communications*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-48252-x>.
- RAMOLA, G. C.; SAHU, L.; RATHOD, D.; KUKRETI, A. 2023. Soil degradation and deterioration: causes, effects and case studies. In *Soil restoration: assessment and reclamation*.
- SANJUÁN, M. E.; BARRIO, G. del; RUIZ MORENO, A.; ROJO, L.; PUIGDEFÁBREGAS, J.; MARTÍNEZ, A. 2014. Evaluación y seguimiento de la desertificación en España: Mapa de la Condición de la Tierra 2000-2010.
- SHTULL-TRAURING, E.; EGOZI, R.; BEN-YONA, M.; BERNSTEIN, N. 2025. Insights From Intensive Stream Monitoring in an Eastern Mediterranean Agricultural Catchment Illuminate Anthropogenic Impact on Water Quality. *River Research and Applications*, 41(1), 138–151.
- SOLLEN-NORRLIN, M.; GHALEY, B. B.; RINTOUL, N. L. J. 2020. Agroforestry benefits and challenges for adoption in Europe and beyond. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17), 7001. <https://doi.org/10.3390/su12177001>.

Annexos

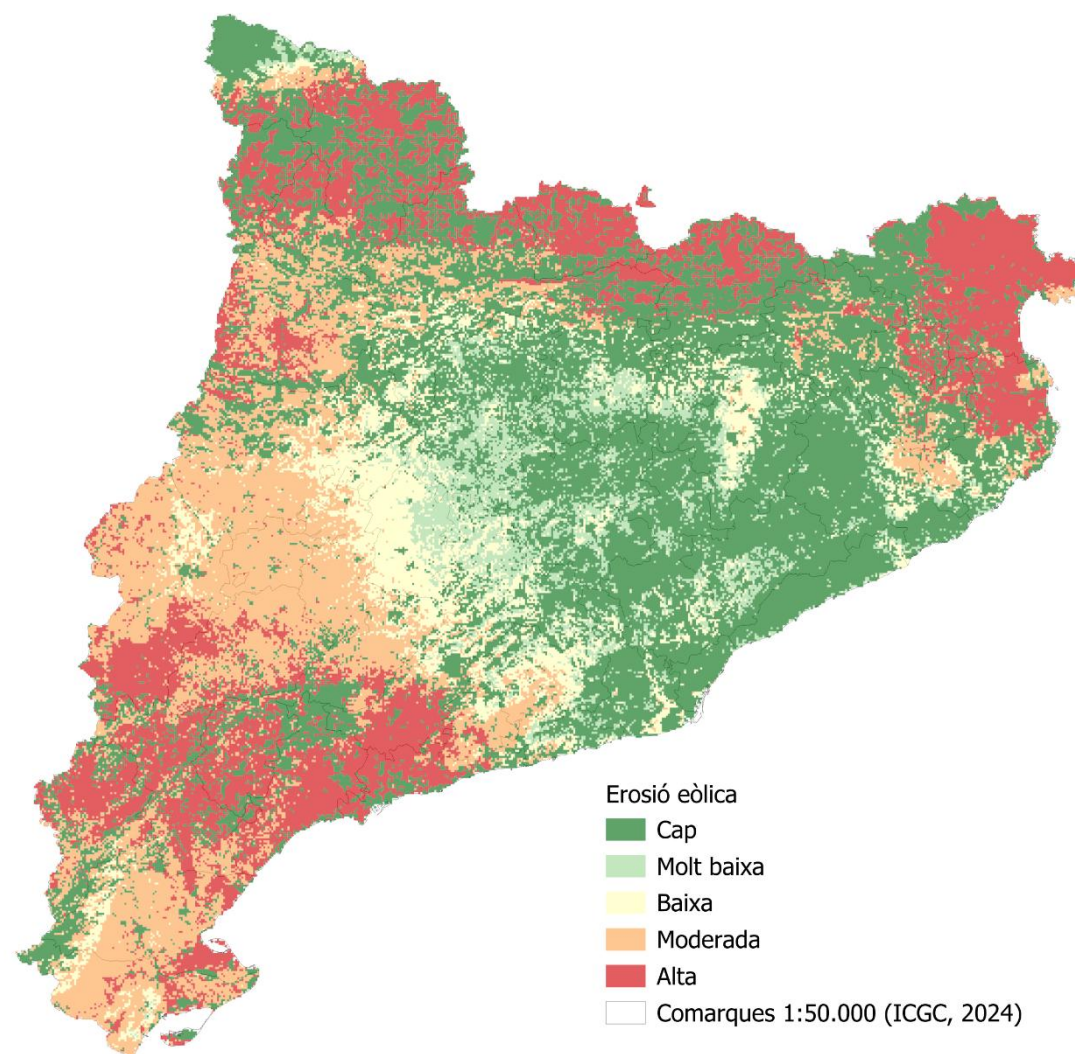
1. Taula resum de les fonts de degradació descartades

Variable descartada	Motiu pel qual no s'ha considerat
Sòls salins i sòdics	Cartografia molt incompleta per a tot el territori.
Condició de la terra	No ha estat d'interès per establir zones degradades per la seva escala grollera (1 × 1 km) i desactualització (2000-2010). Sí que ha ajudat a inspirar l'enfocament.
Desertificació/vulnerabilitat al canvi climàtic	No ha estat d'interès per establir zones degradades per la seva escala grollera i desactualització, a més de la potència de computació necessària.
Sòls contaminats per metalls pesants	Cartografia massa grollera (resolució 1 × 1 km) o bé incompleta del territori (segons les fonts consultades).
Balanç de fòsfor	Cartografia massa grollera (1 × 1 km).
Xaragalls	Cartografia més actual no disponible en el moment de la creació del Mapa.
Dèficit de carboni edàfic	Limitacions de la cartografia (solament disponible per a l'estoc de C en camps agrícoles), i no s'ha considerat un indicador fiable de degradació del sòl.
Espècies exòtiques invasores	Resolució molt grollera (10 × 10 km) i limitada a poques espècies exòtiques invasores de flora i fauna.
Acidificació per nitrats	Manca de dades.

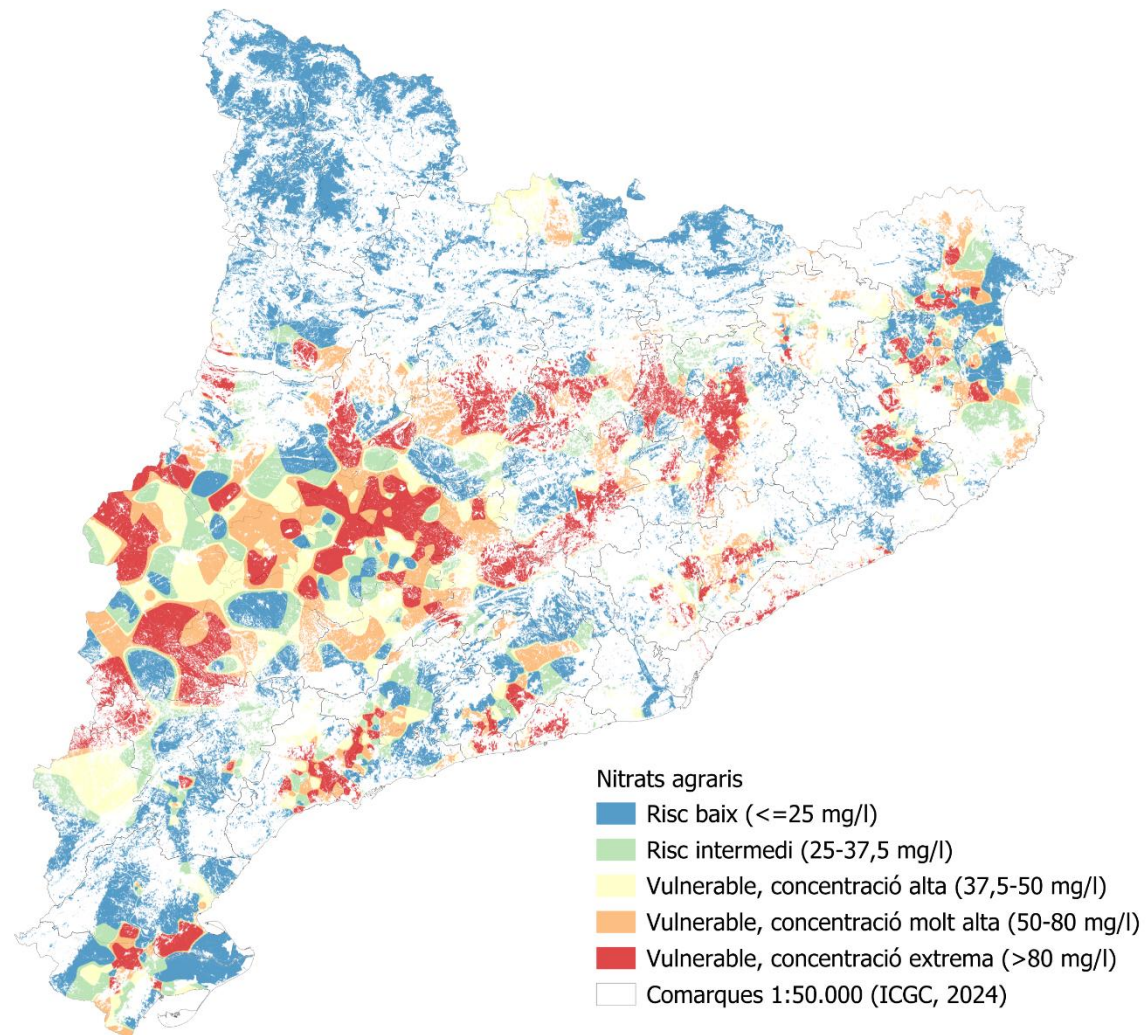
2. Mapa d'erosió hídrica



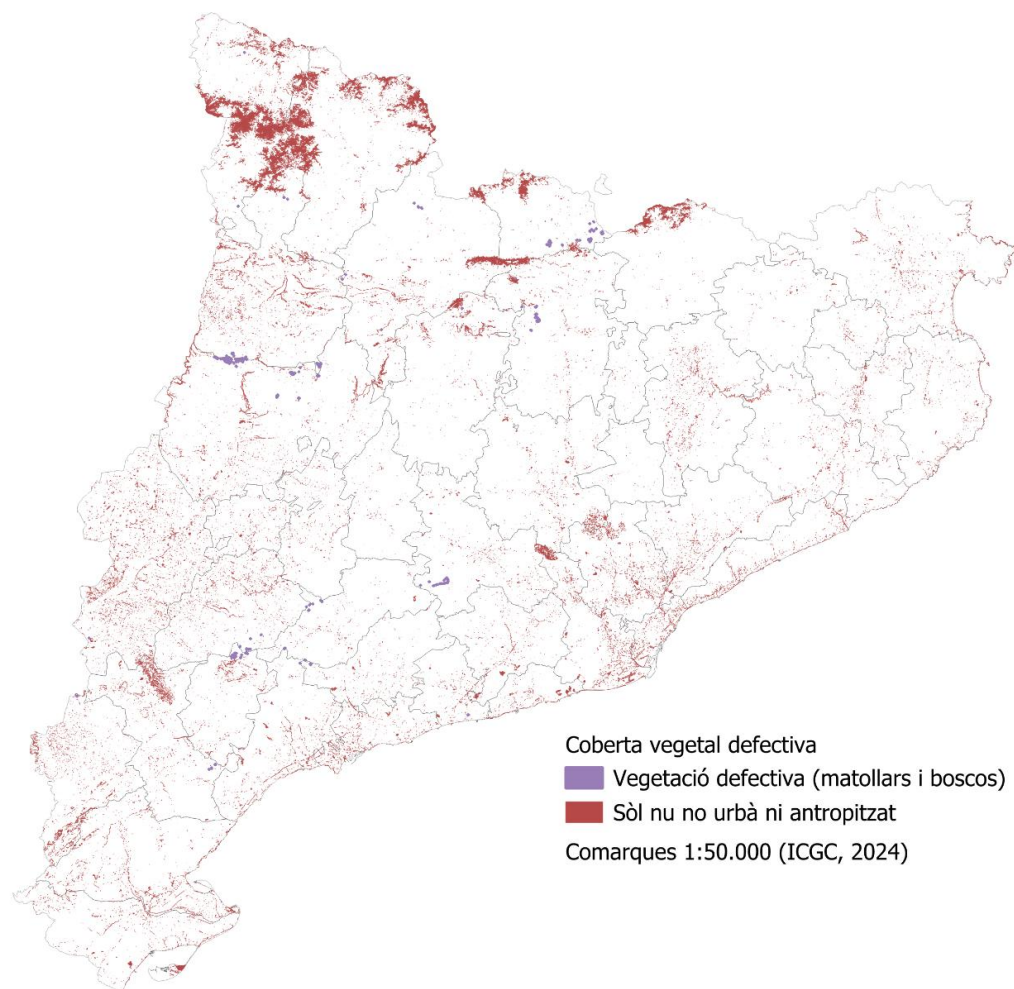
3. Mapa d'erosió eòlica



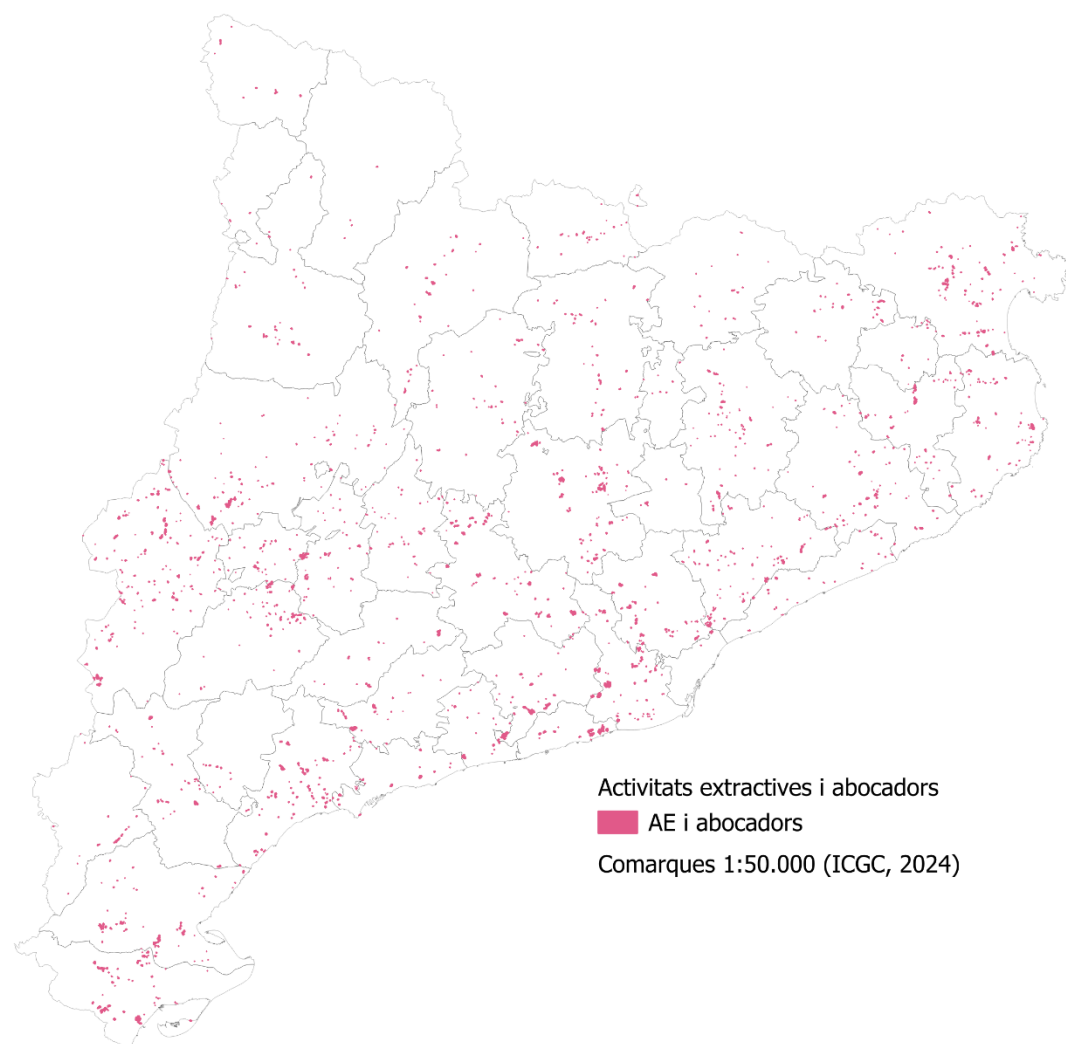
4. Mapa d'excés de nitrats



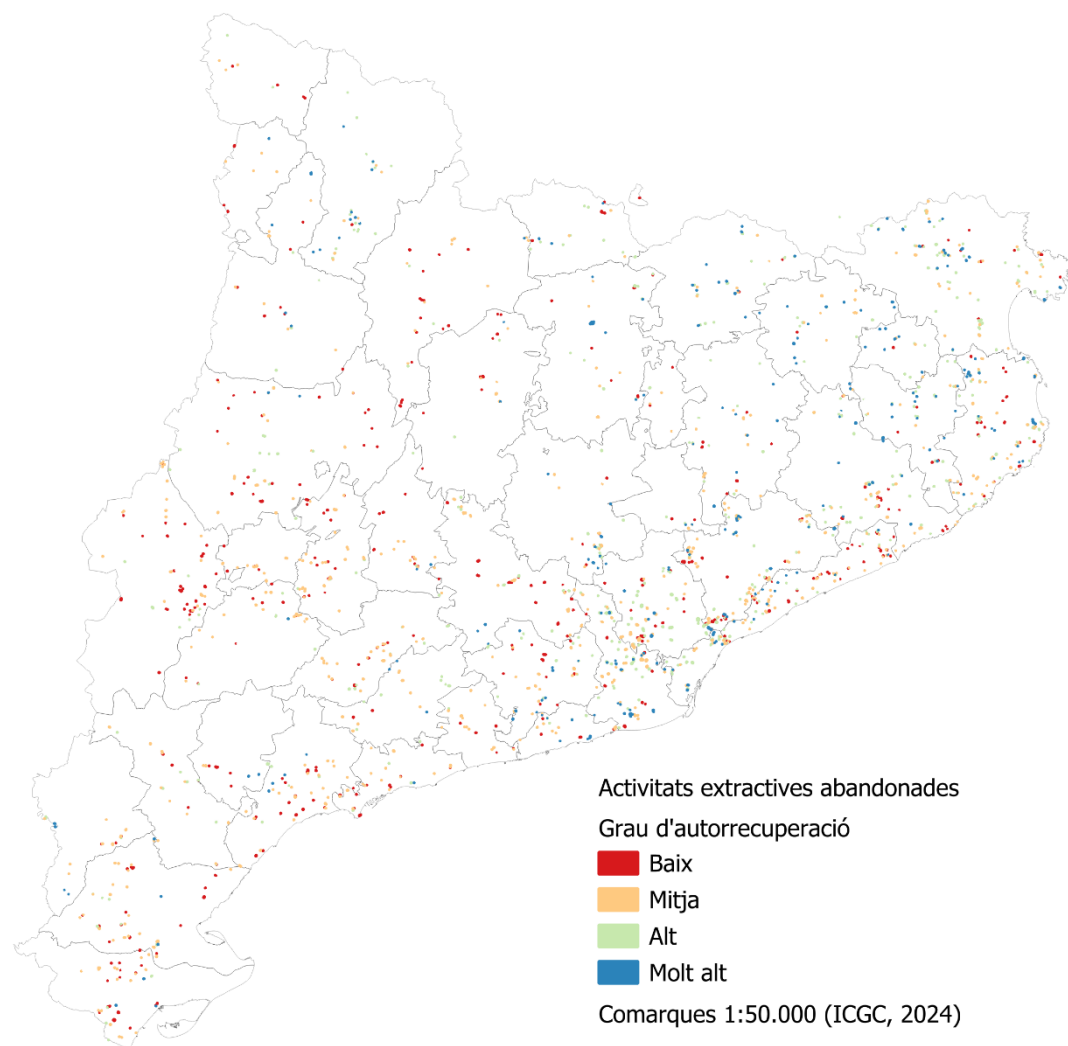
5. Mapa de coberta vegetal defectiva



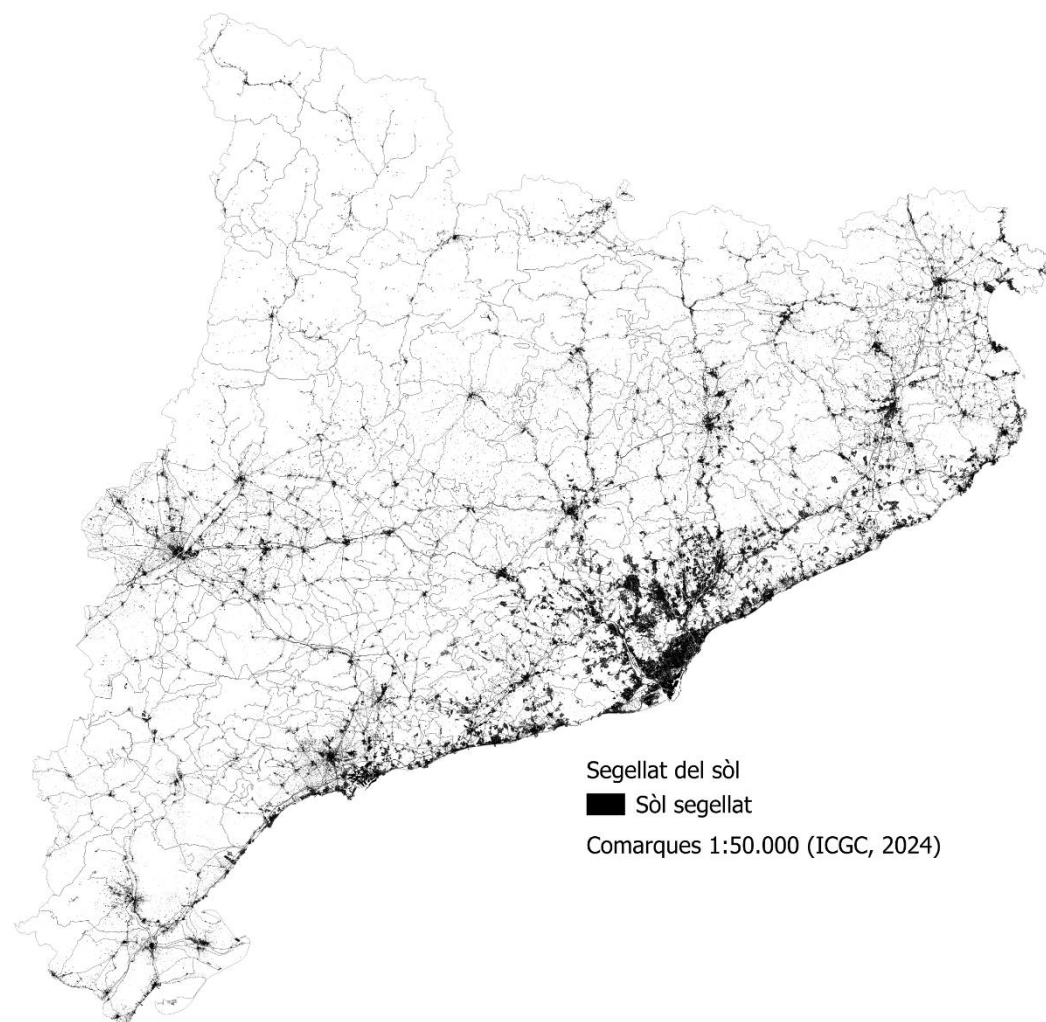
6. Mapa d'activitats extractives i abocadors



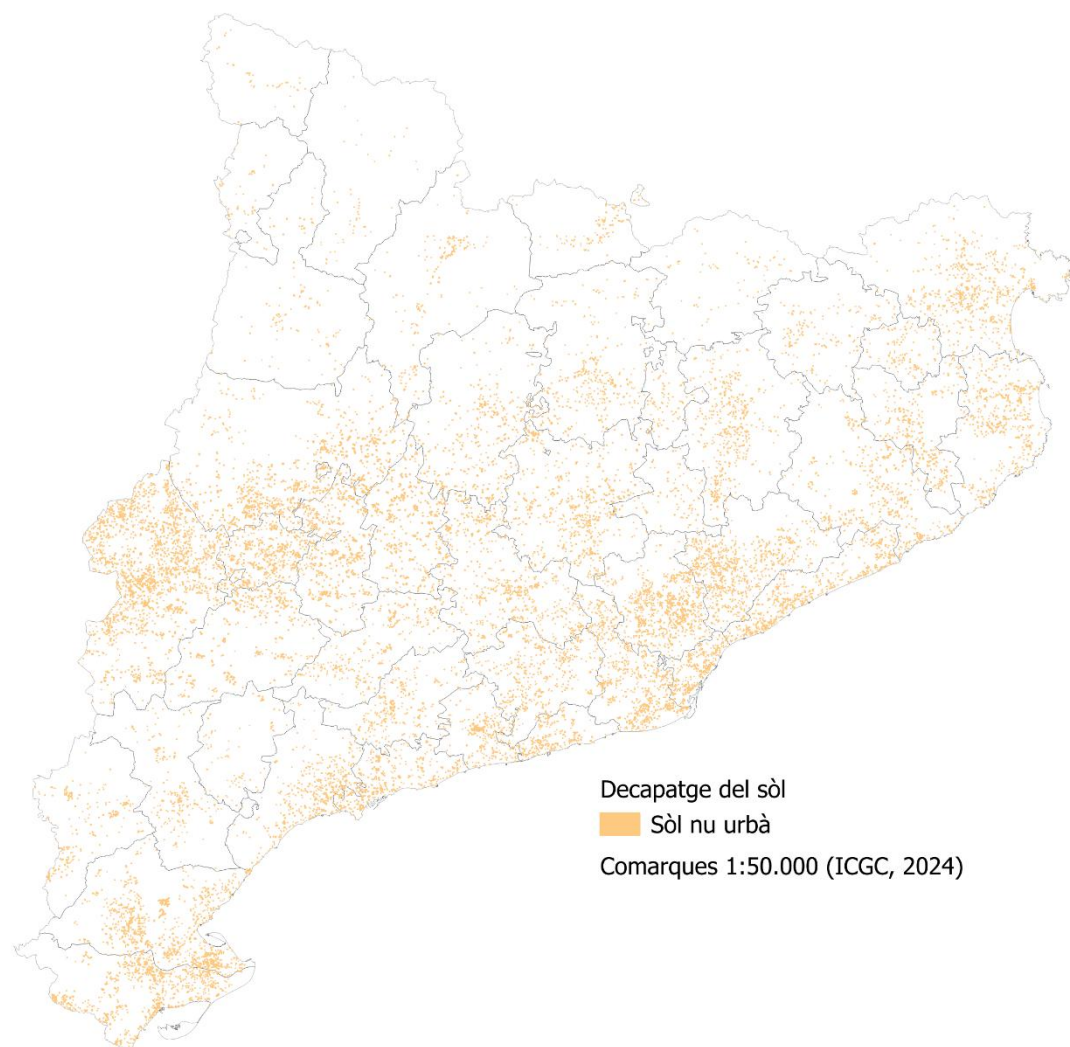
7. Mapa d'activitats extractives abandonades



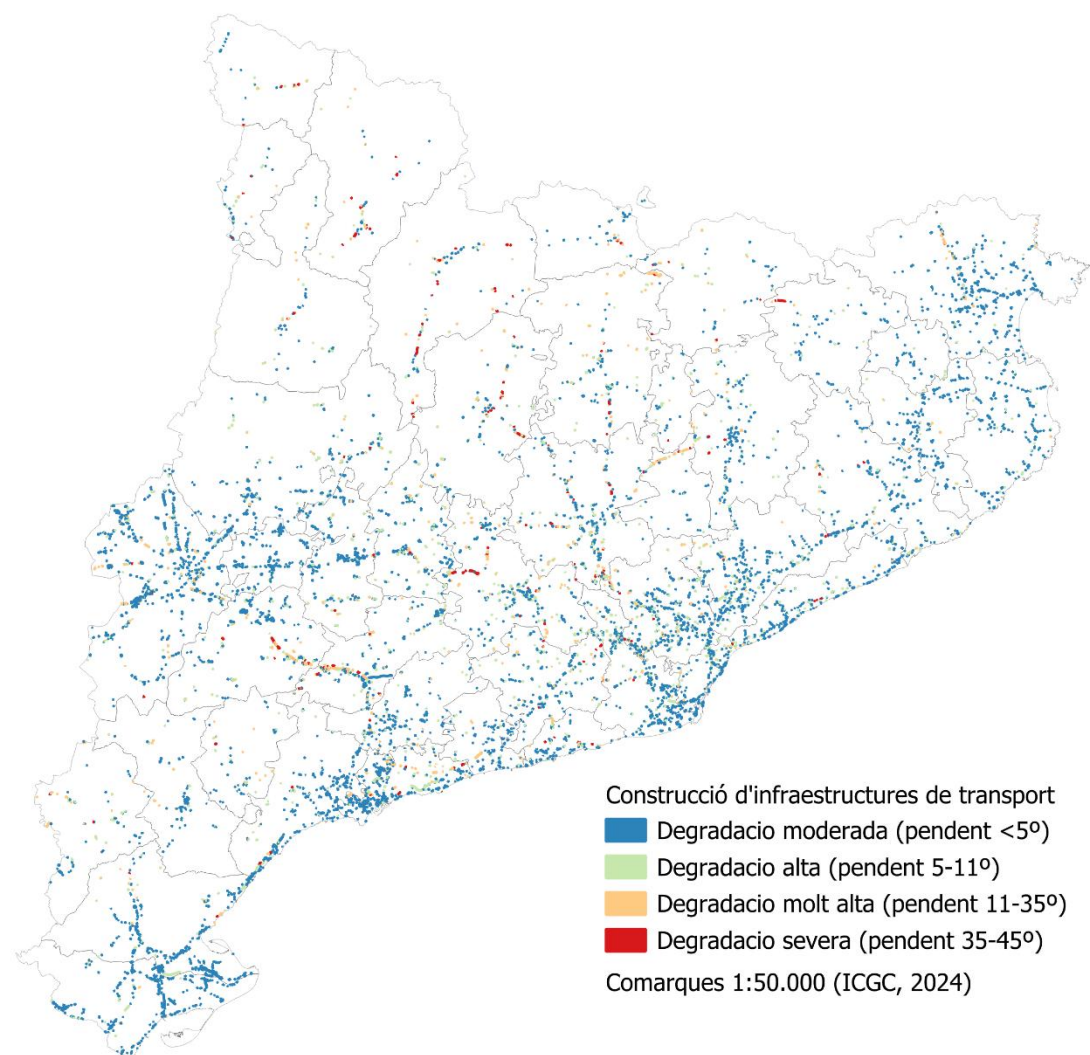
8. Mapa de sòls segellats



9. Mapa de decapatge del sòl



10. Mapa de construcció d'infraestructures de transport





GRUP DE TREBALL
**CARBONI
AL SÒL**



Generalitat
de Catalunya

tot hom El Govern de