

# Proposta d'aplicació de la geoètica a l'ensenyament universitari a partir d'un dilema geoètic com a estudi de cas

*“ La ciencia natural no es limita a descriure i interpretar la natura, és una part de la interfície entre la natura i nosaltres ” [Heisenberg 1958]*

AUTORA: RAQUEL SERRANO CANSECO  
TUTORS: JOAN POCH SERRA I FRANCESC BELLAUBÍ  
GRAU DE GEOLOGÍA FACULTAT DE CIÈNCIES  
CURS 2021-2022

## Index

<b>1. Resum</b>	3
1.1 Resum	3
1.2 Resumen	3
1.3 Abstract	3
<b>2. Introducció i objectius</b>	4
2.1 Introducció i motivació	4
2.2 Objectius	4
<b>3. Conceptes bàsics i antecedents</b>	4
3.1 Geoètica	4
3.2 Situació a la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)	5
<b>4. Metodologia i materials</b>	5
<b>5. Cas d'estudi</b>	7
5.1 Context geogràfic, socioeconòmic i històric	7
5.2 Context geològic	9
5.2.1 Geologia de la zona	9
5.2.2 Procesos de subsidencia	11
<b>6. Plantejament d'escenaris del dilema geoètic</b>	13
6.1 Escenari de tragedia	13
6.2 Escenari de preservació	13
6.3 Escenari de geoenginyeria	14
6.4 Escenari de concertació	15
6.5 Taula del dilema geoètic	16
<b>7. Resultats i discussió</b>	17
<b>8. Conclusió</b>	19
<b>9. Webgrafia</b>	20
<b>10. Annexos</b>	21
Annex 1: Mapa de perillositat a futur	21
Annex 2: Aspectes quantitius del pla d'actuació de Sallent	21

# **1. Resum**

## **1.1 Resum**

L'objectiu del treball és demostrar la utilitat de la geoètica per ser aplicada a l'ensenyament universitari mitjançant un estudi de cas a la conca minera potàssica de la Catalunya central en relació als problemes de subsidència del Barri de l'Estació de Sallent de Llobregat (Bages). L'estudi de la problemàtica de la subsidència provocada per les activitats mineres en relació a la geologia no han estat suficient per arribar a un punt d'equilibri entre la societat i la mineria. Es suggereix el dilema geoètic com un nova metodologia per estudiar diferents situacions possibles, plantejant diferents escenaris: tragèdia, preservació, geoenginyeria i concertació.

L'aplicació del dilema geoètic confronta valors, actituds i solucions per diferents situacions descrivint quantitativament els escenaris i proposant un territori resilient on la mineria i la preservació del medi natural no siguin activitats excloents.

Aquest estudi de cas constitueix un exemple d'aplicació pràctica de la geoètica amb la finalitat d'incloure-la al Grau de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. D'aquesta forma es fan recomanacions per atendre el compromís de la pròpia Universitat d'implantar competències ètiques en el Grau.

Paraules clau: dilema geoètic, geoètica, preservació, concertació, geoenginyeria

## **1.2 Resumen**

El objetivo del trabajo es demostrar la utilidad de la geoética para ser aplicada a la educación universitaria mediante un estudio de caso de la cuenca minera potásica de la Cataluña Central. Este se relaciona con los problemas de subsidencia del Barrio de la Estación a Sallent de Llobregat (Bages). Los estudios de la problemática de la subsidencia relacionada con la actividad minera y la geología no han sido suficiente para llegar a un punto de equilibrio entre la sociedad y la minería. Se sugiere el dilema geoético como nueva metodología de estudio, creando diferentes escenarios posibles: tragedia, preservación, geoingeniería y concertación.

La aplicación del dilema geoético confronta valores, actitudes y soluciones para las diferentes situaciones, describiendo cuantitativamente los escenarios y proponiendo un territorio resiliente con la minería y la preservación del medio natural que no sean excluyentes.

Este estudio de caso constituye un ejemplo de aplicación práctico de la geoética con la finalidad de incluirla en el Grado de Geología de la Universidad Autónoma de Barcelona. De esta manera se harán recomendaciones para atender el compromiso de la propia universitat de implementar competencias éticas al grado.

Palabras clave: dilema geoético, geoética, preservación, concertación, geoingeniería

## **1.3 Abstract**

The objective of this work is to propose the usefulness of geoethics to be applied to university education through a case study of the catalan mining basin related to the subsidence problems of the Barri de l'Estació in Sallent de Llobregat ( Bages county, Catalonia). The study of subsidence problems related to mining activity and geology did not allow to reach a solution between society and mining. The geoethical dilemma is suggested as a new study method to develop different possible scenarios. The application of the geoethical dilemma derives from the need to expose different values, attitudes and solutions in order to quantitatively evaluate which would be the best steps to achieve a resilient territory where mining and the conservation of the natural environment are not mutually exclusive activities but complementary. Four scenarios will be evaluated: tragedy, preservation, geoengineering and concertation.

This case study is an example of practical application of geoethics to be included in the Geology Degree of the Autonomous University of Barcelona. In this way, recommendations will be made to meet the commitment of the university to implement ethical competences to the degree.

Key words: geoethical dilemma, geoethics, preservation, concertation, geoengineering

## **2. Introducció i objectius**

### **2.1 Introducció i motivació**

La idea de fer aquest treball surt dels interessos personals de trobar un punt de contacte entre les dues branques d'estudi i treball que motiven actualment l'autora, la Geologia i l'Educació Social. És molt important ser conscients de qui som i que fem en qualsevol àmbit, però acabant la carrera ens adonem que la quantitat de coneixements adquirits, aplicats sense cap principi ètic poden tenir conseqüències negatives tant per la societat com pel medi geològic. El concepte de geoètica que s'explicarà durant el treball relaciona l'ètica, la societat i la geologia. La interacció d'aquestes disciplines es coneix amb el nom de geologia social (social geosciences) (Stewart and Gill, 2017). Durant el darrer curs s'ha cursat l'assignatura d'Anàlisi de Riscos Geològics, i s'ha pogut profunditzar en metodologies i estudis que han servit per adonar-se que hi ha diferents punts de vista que poden ser una solució per alguns problemes del territori.

El motiu per haver escollit un cas d'estudi referent a la geologia minera es deu al fet que és una activitat força conflictiva que provoca nombrosos impactes tant negatius com positius, tant ambientals com socials. Concretament, la geoètica s'aplicarà a un cas d'estudi sobre les subsidències del Barri de l'Estació (Bages) afectat per l'explotació per mineria de potassa mitjançant galeries.

En aquesta zona d'estudi s'han dut a terme diversos plans d'accions i prevencions com: *Recopilació, anàlisi i síntesi de la informació geològica sobre el procés de subsidència a Sallent (2005-2009)*, *Pla d'emergències per risc de subsidència en el barri de l'estació (Sallent)* i han participat diversos grups de l'administració: Institut Geològic de Catalunya, PROCICAT, Direcció General de Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic, *Generalitat de Catalunya*. Tot i el nombre d'estudis realitzats, encara no s'ha trobat un punt d'acord que permeti desenvolupar una activitat minera exempta de conflictes envers la població. Mitjançant el dilema geoètic es proposen diferents escenaris possibles que poden ajudar a plantejar una solució per millorar la convivència amb l'activitat minera, partint de la convicció que la tradició minera forma part de la societat del Bages.

A partir de l'estudi de cas es farà una proposta d'aplicació de la geoètica dins la docència universitària de la geologia a la UAB seguint amb la Competència de Responsabilitat Ètica que forma part de les competències de la UAB des de 2018 i que demana que s'apliqui la nova competència als diferents graus abans del curs 2023-2024 (UAB, 2019).

### **2.2 Objectius**

#### **Generals**

- Elaborar una proposta d'aplicació de la geoètica al grau de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).
- Donar a conèixer la geoètica mitjançant el dilema geoètic com a eina metodològica.

#### **Específics**

- Aplicar el dilema geoètic a un cas d'estudi.
- Analitzar la situació actual de la geoètica a les aules universitàries (UAB).
- Establir recomanacions de cara a la docència de la geoètica.

## **3. Conceptes bàsics i antecedents**

En aquest apartat s'exposen els conceptes bàsics que es consideren necessaris pel treball.

### **3.1 Geoètica**

Els geocientífics tenen el coneixement i les habilitats específiques que es requereixen per donar suport a la vida humana i el benestar, també per garantir que els recursos naturals es gestionin i s'usin de manera sostenible. Això implica obligacions ètiques i és per això que els geocientífics han d'adoptar uns valors ètics per realitzar el millor possible el seu servei al públic (Declaración de Ciudad del Cabo sobre Geoètica, 2016). La cultura geològica consisteix en mètodes, valors i història, que té en compte la forma de pensar sobre la natura i la sensibilitat específica per abordar els problemes i les seves respectives solucions. (Peppoloni, Di Capua, 2012). Degut a l'aport a la societat de la geologia i els geocientífics, el seu treball i sensibilitat sobre la natura i actuació en emergències mediambientals, és necessari que es fixin uns valors de referència i observació amb esperit crític, aquests serien els requisits geoètics.

Quan es qüestiona quin paper juguen els geòlegs i geòlogues en la geoètica la resposta és clara, és una qüestió de responsabilitat aportada pel coneixement adquirit. Com indiquen Peppoloni i Di Capua 2012, s'han de tenir en compte dues dimensions, per una banda, la individual pel que fa a compromís ètic per la investigació, compromís com a base del coneixement i aprenentatge permanent i, per altra banda, la dimensió social respecte a les obligacions ètiques que sorgeixen de la possessió de coneixements específics que tenen conseqüències sobre la societat.

Segons Peppoloni i Di Capua, (2012) la geoètica ha de promoure la reflexió i el pensament crític sobre diversos temes entre els quals destaquen els següents: comparació de problemes globals per definir objectius comuns, ús racional i sostenible dels georecursos, difusió adequada de resultats científics i informació responsable dels riscos per gestionar de la manera més eficaç possible envers la població i els riscos, promoció de grups de treball dins les universitats i associacions professionals pel desenvolupament de la geoètica.

Tenint clars els temes dels quals ha de parlar la geoètica, és important la difusió d'aquesta, objectiu de la IAPG (International Association for Promoting Geoethics). La IAPG treballa per promoure els valors i principis de la geoètica mitjançant la cooperació internacional i el debat. Per complir la seva missió ha dissenyat una pàgina web on es publiquen articles relacionats amb la geoètica i s'organitzen reunions, activitats i simposis en l'àmbit nacional i internacional. ([www.geoethics.org](http://www.geoethics.org))

### **3.2 Situació a la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)**

En el document “*Guia per treballar i avaluar les competències generals de la UAB*” realitzat pel Vicerectorat de Programació Acadèmica i Qualitat i en col·laboració amb el vicerectorat d'Alumnat i Ocupabilitat i l'Oficina de Qualitat Docent, es van formular cinc noves competències generals l'any 2018. Entre aquestes cinc competències que es van estudiar i van passar diverses fases per ser aprovades trobem la *CG03: Actuar amb responsabilitat ètica i respecte envers els drets i deures fonamentals, la diversitat i els valors democràtics*. Aquesta competència s'ha d'incloure a tots els graus abans del curs 2023-2024 i en el document mencionat hi ha propostes d'aplicació, activitats i avaluació per ajudar a dur a terme la tasca. Tenint aquesta informació es pot observar que la demanda de la Universitat Autònoma de Barcelona consideraria l'aportació de la geoètica, al Grau de Geologia.

Aquest treball té la intenció de donar recomanacions directament al Grau de Geologia aportant un estudi de cas pràctic com a mètode d'aplicació de la geoètica.

## **4. Metodologia i materials**

Una recerca amb Google Academy mostra el creixent interès en la geoètica (figura 1).

Posteriorment, es va revisar la informació sobre que es fa respecte temes ètics a la universitat a partir de documents de competències generals de la UAB. Un cop vistos els requisits demanats per la universitat es va concretar la cerca en la situació al Grau de Geologia buscant l'estat teòric de la situació mitjançant l'anàlisi de guies docents i l'estat de situació real duent a terme entrevistes a professorat per tal de ser conscients de que passa a les aules.

**Resultats de recerca a Google Academy**

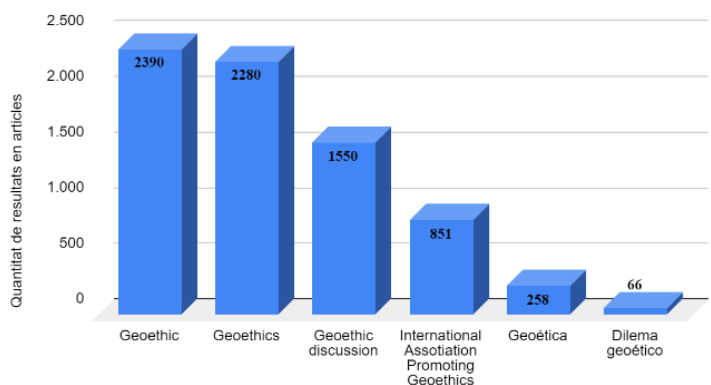


Figura 1: Resultats de la recerca de diferents conceptes per veure la situació en el camp de les publicacions. Font informació: Google Academy, Font creació: Pròpia

El fruit d'aquesta recerca va ser l'anàlisi de les guies docents del Grau de Geologia de la UAB (43 en total) entre les quals es van trobar dues frases que podem considerar que tenen en compte l'ètica: "Valorar els problemes morals i ètics de les recerques i reconèixer la necessitat de seguir els codis de conducta professionals" (trobat a 10 guies docents) i "Demostrar una conducta ètica i cívica durant les sortides de camp" (trobat a 1 guia docent). Per tant, es pot dir que de forma teòrica s'ha aplicat la competència a un 25% de les assignatures impartides. Aquesta cerca es va complementar amb 15 entrevistes de les quals es van extreure els resultats de la taula (figura 2). D'aquestes entrevistes es dedueix el desconeixement generalitzat sobre la geoètica i les seves aplicacions, la manca de coneixement necessari i seguretat per aplicar-ho a la docència. També es va fer una segona ronda d'entrevistes per aprofundir en quines eren les maneres viables d'aplicar la geoètica a la carrera en cas que ho veiessin necessari, s'han tingut en compte les respostes obtingudes per fer la proposta d'aplicació.

	Si	Potser	No
Sap que es la geoètica	1	1	13
N'ha sentit a parlar	1	7	7
Creu que és important	9	2	4
Disposició d'aplicar-ho a la carrera	7	4	4
Tenen clar com aplicar-ho	0	0	15

Figura 2: Resultats quantificables de les entrevistes. Font: Pròpia

Donat el desconeixement de la temàtica que contrasta amb el nombre de publicacions científiques trobades. Es va decidir mostrar l'aplicació de la geoètica mitjançant el dilema geoètic i es va cercar un cas d'estudi adient per dur-ho a terme, d'aquesta manera treure'n conclusions per a l'ensenyament al Grau de Geologia. Cal dir que hi ha altres mètodes per tractar els conflictes geoètics derivats de la mineria (Boon 2020) però a diferència dels altres mètodes, el dilema geoètic té un enfocament més pedagògic emprant processos de concertació (Bellaubi, 2022). L'estudi de cas escollit ha sigut el de la zona minera de Sallent a causa del seu impacte mediàtic pel fet que es van començar a desallotjar un total de 522 persones dels seus habitatges l'any 2009 sense cap catàstrofe més enllà d'esquerdes i fractures dels edificis. Una vegada entesos els processos geològics de la zona del Barri de l'Estació de Sallent (Bages), es va fer un estudi geològic sobre la zona i les problemàtiques associades a la mineria de la zona.

Quan la geologia va estar clara es van cercar estudis per tenir els antecedents necessaris i es va investigar l'entorn socioeconòmic per tal d'incloure una nova perspectiva. Aquesta nova perspectiva pretén trobar la interacció entre la geologia i la societat per veure les aportacions possibles a l'hora de considerar diferents decisions incloent els actors socials principals. S'espera poder emprar aquestes aportacions per descriure escenaris que inclourien diferents valors dels actors involucrats. Posteriorment, es va aplicar sobre el cas del Barri de l'Estació, per mostrar l'escenari passat, i prenent en compte situacions dins la conca minera potàssica de la Catalunya Central i per descriure escenaris.

### Dilema geoètic

Un dilema geoètic és un plantejament d'escenaris geoambientals passats, presents o futurs pel que fa a valors socioeconòmics i ambientals que entren en conflicte. Els escenaris es duen a terme per l'observació i anàlisi de dades. En aquest mètode es generen quatre escenaris en forma de matriu: tragèdia, preservació, geoenginyeria i concertació. La descripció quantitativa dels escenaris permet abordar la planificació territorial tot i que cada escenari té un nivell d'incertesa d'acord amb la informació disponible quan es genera. Els escenaris es construeixen tenint en compte dues variables, la vulnerabilitat socioeconòmica i l'impacte geològic (segons els treballs de Cendrero & Panizza 1999), que són el resultat de dos actors que interactuen cadascun en diferents valors ambientals i socioeconòmics i que reflecteixen actituds i solucions tècniques dins de l'àmbit de la geologia ambiental. Els actors socials que no intervenen directament donaran informació addicional per poder aproximar-se el màxim a cada situació descrita per l'escenari. L'escenari de tragèdia ve associat a una actitud on els actors prioritzen valors socioeconòmics, això provoca impactes ambientals negatius i augmenta la vulnerabilitat socioeconòmica. En un escenari anomenat de geoenginyeria s'implementen accions ambientals d'enginyeria geològica sobre el medi que intenten disminuir l'impacte negatiu de l'activitat corresponent. Per contrari, en un escenari de preservació es prioritza el valor del patrimoni geològic. L'escenari de concertació mostra una situació en què els diferents

actors que intervenen en el territori assumeixen una actitud de col·laboració, segons principis de solidaritat i responsabilitat entre ells i amb el medi geològic, de manera que el territori augmenta la seva resiliència conservant el seu capital cultural i natural. Arribar a escenari resilient necessita mètodes geopropectius que combinen la prospectiva social, la participació ciutadana i la modelització geològica.

Els escenaris tal com es defineixen no tenen tractament estadístic ni mostren tendències o correlacions sinó una interpretació i comprensió d'actituds, pràctiques socials i comportaments (Bellaubi, Mallarach, Sardà, 2021).

### **Estudi de cas**

L'estudi de cas, com ja s'ha mencionat, és una metodologia d'investigació quantitativa (Alvarez (2012)), a continuació es mostren les característiques bàsiques d'un estudi de cas.

- a) Es realitza una descripció del context i s'observa la relació entre la situació en particular i el seu context.
- b) Són estudis holítics. La realitat es veu de forma profunda tenint en compte tots els fenòmens en la seva complexitat.
- c) Són fidels al fenomen investigant mitjançant un reflex de la peculiaritat i particularitat de la situació.
- d) Són heurístics. Tenen l'objectiu de despertar la voluntat de comprensió dels lectors.
- e) Són el fruit d'investigacions, observacions i conclusions.
- f) Estudien fenòmens actuals i, per tant, hi ha una renovació d'informació i implicació constant per part de l'autor o autora.
- g) Interrelacionen dades i tenen nombroses fonts de dades i anàlisis.

Cebreiro López i Fernández Morante (2004) proposen fer un estudi de cas quan "l'objecte que es vol indagar és difús, complex, esmunyedís o controvertit". Per tant, es recomana fer servir aquest mètode per analitzar situacions i problemes fortament vinculats al context en el qual es donen. (López i Morante, 2004). En el cas d'estudi realitzat hi ha un fort lligam entre el context socioeconòmic de la zona i un augment de la subsidència geològica que resulta de l'explotació minera de les potasses.

## **5. Cas d'estudi**

### **5.1 Context geogràfic, socioeconòmic i històric**

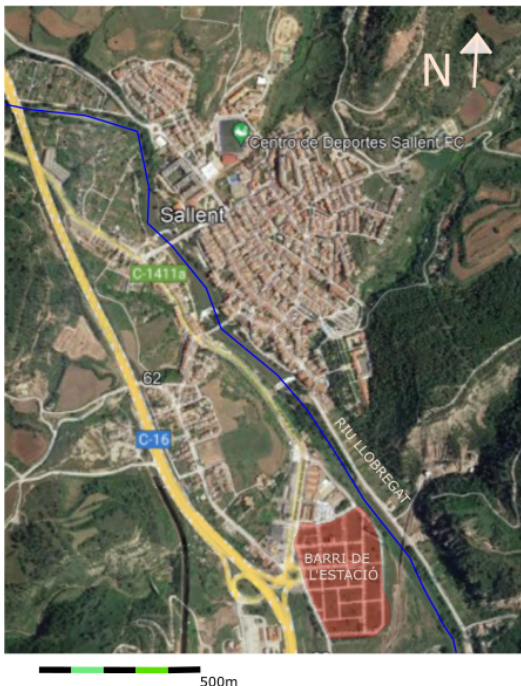


Figura 3: Situació geogràfica de la zona d'estudi. El barri de l'Estació es troba a l'oest del riu Llobregat mentre que el municipi actual de Sallent el trobem a l'altra banda del riu. Font: google earth

Sallent de Llobregat és un municipi de la comarca del Bages, província de Barcelona, que compta amb 65,63 km<sup>2</sup> i s'estén a les dues bandes del riu Llobregat (figura 3).

Durant la major part del segle XX va ser un poble que vivia de la mineria de la zona (Fàbrega i Enfedaque, 2017). Actualment, qui explota la potassa és Iberpotash, qui forma part de la companyia ICL.

Observant la història que envolta les mines del Bages, es pot veure com rere el descobriment de les mines de potassa de Súria l'any 1912, Espanya va invertir en la cerca de més explotacions de potassa a la Conca Potàssica Catalana. Aquesta inversió va donar els seus fruits amb l'inici de la mineria entre 1918 i 1934 de les mines de Súria, Cardona, Sallent i Balsareny. Des del moment de creació i obertura fins a l'actualitat s'han explotat les diferents mines, excepte Balsareny que no va arribar a posar-se en funcionament. Després la mina de Cardona va aturar la seva explotació l'any 1990, Sallent i Súria han patit diverses problemàtiques (accidents laborals, avingudes, esfondraments de cavitats...) i segueixen en funcionament però en condicions diferents de les originals. (Fàbrega i Enfedaque, 2017).



El cas d'estudi se centra en la problemàtica relacionada a les subsidències del Barri de l'Estació que van provocar l'evacuació del barri, com es pot veure en la figura 4, el barri com a lloc habitat ja no existeix.

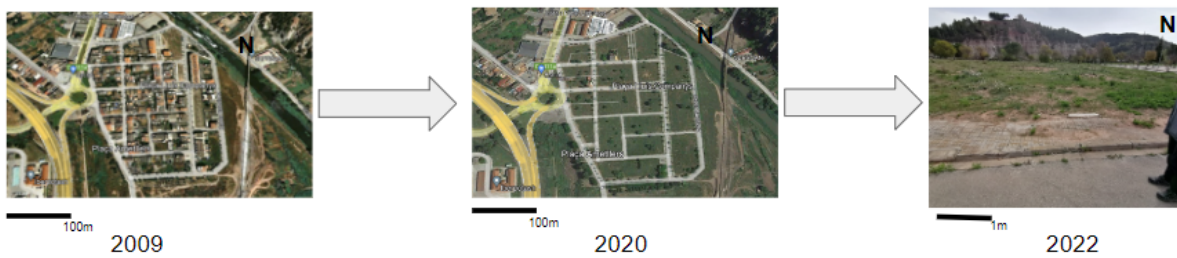


Figura 4: Evolució del barri de l'estació des de 2009 a l'actualitat. Es pot observar com en la imatge de 2009 hi havia diversitat de vivendes i aquestes s'han anat derruint fins arribar al barri desocupat i sense vivendes que es pot observar en l'actualitat. Font :google earth i imatges pròpies

El barri de l'Estació està situat sobre els límits d'explotació de potassa de l'antiga Mina Enrique, en la qual es va treballar entre 1923 i 1974. Aquesta tenia una profunditat de 260 metres i es va explotar de forma intensiva. Es va crear un sistema de cambres sostingudes per pilars que suportaven la superfície sent un 20% d'aquesta. (Plataforma Cívica MONTSALAT (<https://montsalat.cat/>, últim accés el 09.06.2022)).

La mina ha estat en el punt de mira des de 1934, quan es va veure que patia diverses entrades d'aigua. Posteriorment, una avinguda l'any 1954 va fer que es perforés una galeria per trobar la cavitat on s'acumulava l'aigua, van veure que era una cavitat de 28 m de diàmetre i uns 110 m de profunditat i que hi havia molts materials despresos tant de les parets com del sostre de la cavitat. Aquesta gran cavitat es va usar per abocar la sal de rebuig que generava la mina. ( PROCICAT, 2012)

A causa de diverses problemàtiques (accidents laborals, manteniment de cavitats insuficient, entrades d'aigües...) la mina va ser abandonada (1976-1977), aleshores es va omplir amb salmorra de NaCl per procurar que no hi hagués desestabilitzacions del terreny. L'objectiu era estabilitzar els processos de dissolució de sals i en conseqüència l'esfondrament que generaven les avingudes d'aigua i la dinàmica de mines (Moya et al, 1979). Malauradament, l'any 1997 es va observar que diversos edificis del barri patien algunes irregularitats. Davant la situació el Departament de Política Territorial i Obres Públiques va encarregar a l'Institut Geològic de Catalunya (IGC) que realitzés uns estudis per determinar la problemàtica. Des d'aquell moment hi ha hagut auscultacions de la zona, avaluacions de l'extensió i evolució de les subsidències i presa de mesures preventives i de control. Els treballs duts a terme tenen implementació de Xarxa d'Alineació d'alta precisió i aplicació de tècniques inSAR, estudis geofísics, sondatges del subsòl, controls de moviments, assajos in situ i ex situ, estudis geològics, geotècnics i hidrològics, modelitzacions geomecàniques. Va ser important per tots els estudis poder delimitar la zona en unitats estratigràfiques i saber on s'havien produït les avingudes (figura 6).

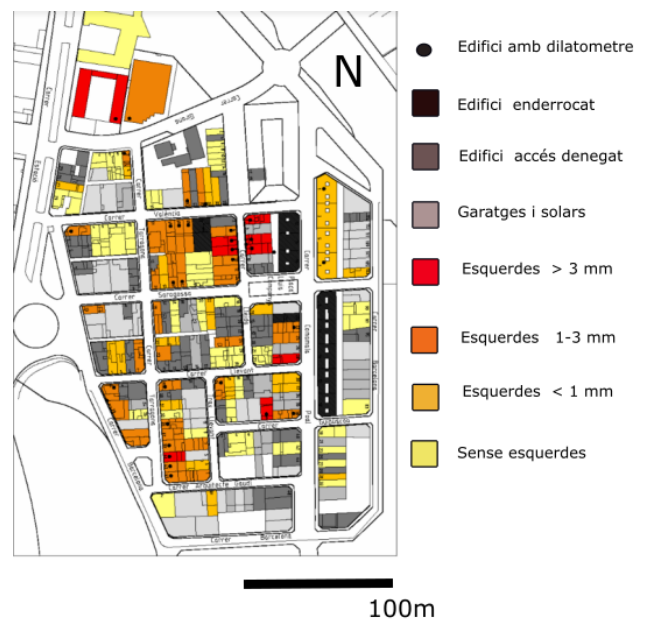


Figura 5: Situació dels edificis del barri de l'estació a l'any 2012 segons les esquerdes. Font: Pla d'actuació. Subsidències barri de l'Estació. Sallent - 2012 (PROCICAT), Generalitat de Catalunya

Com indica el Pla d'actuació (PROCICAT, 2012), la relació entre subsidències i danys sobre edificis depèn de diferents factors (velocitat de subsidència, temps d'explotació, mida, tipologia, orientació d'estructures...) i per això s'han realitzat diversos mapes en els quals es veu el risc dels habitatges del barri de l'Estació, un exemple és la figura 5.



Cal mencionar que mentre les esquerdes de les cases creixien i la problemàtica lligada a la subsidència es feia més evident, l'Ajuntament de Sallent continuava catalogant la zona com a urbanitzable i donava llicències de construcció, va ser l'any 2000 quan aquesta catalogació del terreny es va modificar per la D.G d'Urbanisme de la Generalitat de Catalunya. Quan aquests canvis van ser efectuats es van haver de fer diversitat de negociacions per indemnitzar el patrimoni perdut i el reallotjament a barris geològicament segurs. Per dur a terme el reallotjament l'Institut català del Sòl i INCASOL van construir 2 edificis de pisos de protecció oficial amb 40 habitatges, en ple nucli de Sallent. (*Plataforma Cívica MONTSALAT* (<https://montsalat.cat/>, últim accés el 09.06.2022)).

Amb els estudis realitzats es va quantificar que a la zona que duia a terme el pla d'evacuació d'emergència vivien 522 persones que podien ser desallotjades dels seus habitatges en cas d'activació del pla. També s'havia de tenir en compte que podien haver-hi problemes o interrupcions amb els serveis de gas, aigua i llum en cas d'emergències, aquestes eren considerades les conseqüències directes, en mesures indirectes contaven que l'institut IES Llobregat, al marge del barri, es veïés afectat.

El Pla d'actuació (PROCICAT,2012) menciona que les mesures de protecció bàsica a la població eren la informació i evacuació en cas d'un previsible col·lapse del terreny o un possible esfondrament d'habitatges. Per tant, queda clara la necessitat d'entendre a la perfecció la geologia de la zona i les seves característiques i problemàtiques.

## 5.2 Context geològic

### 5.2.1 Geologia de la zona

Sallent està situat a la Depressió Central Catalana, a la part oriental de la conca terciària de l'Ebre. Els materials de la conca són el producte de l'erosió de Pirineus, Serralades litorals i Serralada Ibèrica. Durant l'Eocè, la conca de l'Ebre era una part del mar Atlàntic i com a tal s'emplenava de sediments marins. A finals de l'Eocè, inicis de l'Oligocè la conca va passar a ser endorreica a causa de la connexió parcial cíclica amb mar obert, aquest va ser el moment en el qual es van dipositar grans quantitats de sals sòdiques i potàssiques a la part central de la conca (Fm. Cardona), actualment coneixem aquesta conca com a Conca Potàssica Catalana. (IGC, 2005-2009). A partir dels 36 Ma la conca va passar a omplir-se de sediments continentals.

En la zona d'estudi es pot observar aquest reompliment en forma de tall (figura 6).

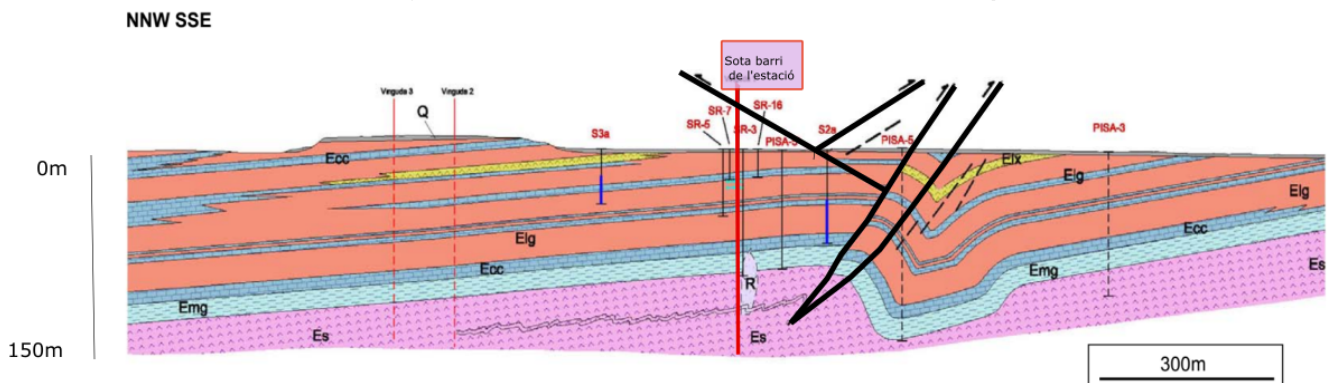


Figura 6: Perfil representatiu longitudinal escala 1:10.000. En aquest tall veiem sals sòdiques i potàssiques. Podem observar diferents litologies. La successió seria de profunditat a superfície: Sals sòdiques i potàssiques (Es) dins aquesta capa i tallant les següents tenim R en representació de runam que hi ha dins la cavitat. Posteriorment, trobem margues grises (Emg), alternances entre capes de limolites i gresos (Eig) i calcàries grises (Ecc), amb una capa intermèdia de limolites amb guixos (Eix) que són els que veiem a la falla de guix de la zona, i per últim trobem els materials del quaternari representats per argiles i graves fluvials(Q). Representat en vermell veiem l'avinguda número 1, aquesta és a donar a les cambres inferiors del barri de l'Estació. També es pot veure un conjunt de falles que en 2 dels casos arriben a la capa de sals. Font: Recopilació, anàlisi i síntesi de la informació geològica sobre el procés de subsidència a Sallent (2005-2009), Institut Geològic de Catalunya.

A Sallent i voltants afluïren, com s'ha pogut observar al camp, la Fm Súria i la Fm. Artés. A la figura 7 es pot veure un tall esquemàtic realitzat al camp en el qual es situen els materials d'aquestes dues formacions i es pot observar la fracturació dels materials de la Fm Súria que podrien ser un indicador de pròxims esfondrament o inestabilitats.

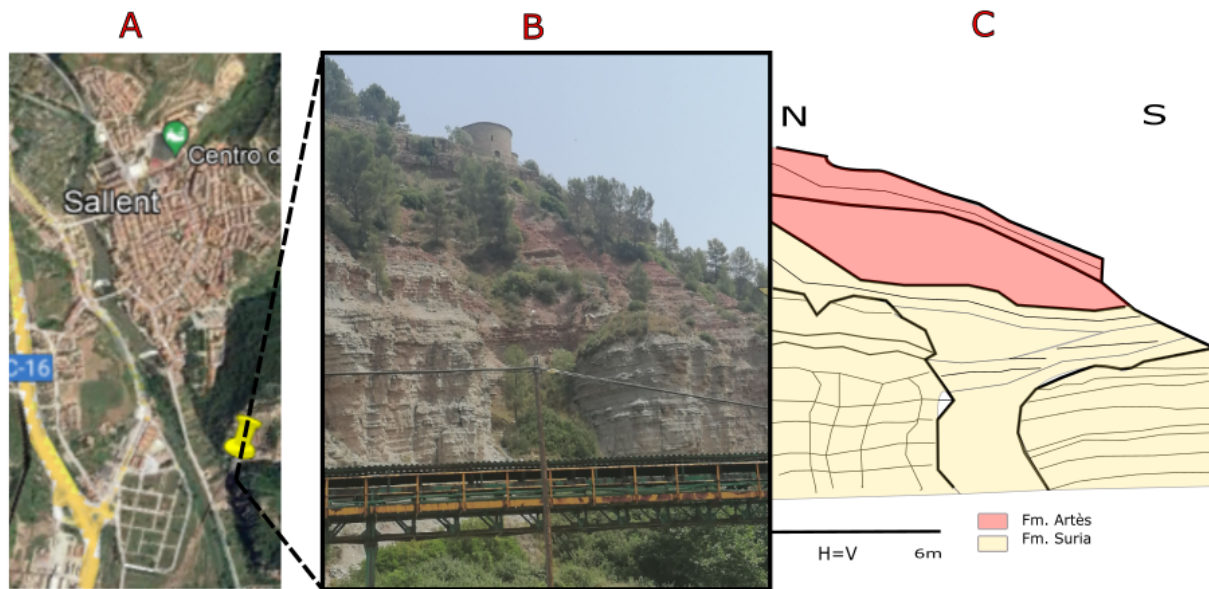


Figura 7: En aquesta figura s'observa la imatge (B) i el tall esquemàtic (C) d'una parada realitzada situada en el tall geogràfic (A). Es pot veure a la base la Formació Súria amb les seves calcutites i arenisques grisencs característiques (B), en aquest aflorament és visible la fracturació dels materials, això pot indicar perill d'esfondrament. A la part superior es veu la Formació Artés amb tons vermells en la qual veiem calcutites i arenisques i a la part superior de forma més tabular s'observen calcàries. Font: Pròpia, Google earth

Els materials que trobem a les formacions de la zona serien els següents:

- Fm. Cardona: No s'ha pogut veure al camp però se sap que està en profunditat per nombrosos sondejos realitzats. La definició de Pueyo, 1975, ens explica que consta de dipòsits de precipitació. El cos té evaporites en 3 unitats diferents, una primera unitat amb sal de base, 200 m d'halita bandejada amb aspecte translúcid o blanquinós, una segona fase amb desenes de metres d'halita i clorurs potàssics com carnal·lita i silvinita i una tercera fase amb desenes de metres de gruix d'halita alternada amb lutites grises.
- Fm. Súria: Arenisques i lutites al·luvials lacustres amb coloracions blanquinoses, segons la definició de Sáez, 1987, consta de 400m. Es diferencien dos membres, inferior sense episodis de llacs carbonatats somers i superior amb presència de llacs.
- Fm. Artés: Lutites i arenisques de ventalls al·luvials, segons la descripció de Riba, 1967, té una extensió de 800m.

Tot i que no ha estat possible observar la totalitat dels materials al camp, com és el cas de la Fm. Cardona que aflora en altres indrets, es pren consciència de la importància de les correlacions estratigràfiques i es té en compte la figura 8 que mostra l'extensió lateral de les unitats estratigràfiques que caracteritzen la Conca Potàssica en el marc de la conca foreland. Com es pot observar a la figura, la zona del cas d'estudi és el punt de canvi entre els cicles transgressius-regressius marins i les fàcies lacustres.

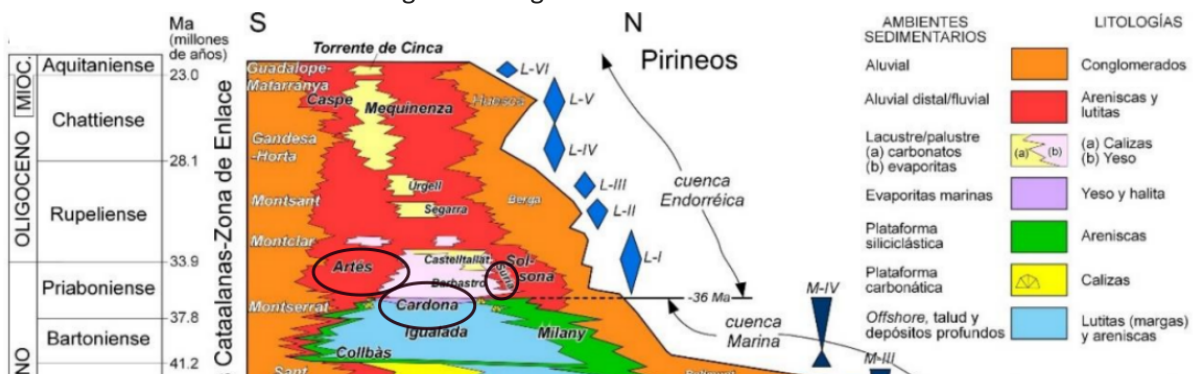


Figura 8: S'observa el reompliment estratigràfic d'avantpaís del Pirineu Oriental i s'inclou la conca tardana de l'Ebre. Pel que fa al cas d'estudi, s'han encerclat les 3 formacions de les quals es parla al treball. Analitzant la figura es pot seguir la ciclicitat marina transgressiva i regressiva a la part inferior i la part de cicles lacustres a la meitat superior, el canvi es produeix als 36 Ma aproximadament. Font: Anadón et al, 1989; Vergés et al, 1998, i Cabrera et al, 2011, Oms et al, 2016.

La hidrogeologia de la zona es important per aquest estudi degut a les modificacions pel que fa a cavitats, esfondraments i inestabilitats provocades per les avingudes, segons els estudis desenvolupats per l'ICC i RSE l'any 2002 i l'Estudi hidrogeològic de l'entorn de Sallent i Balsareny (FCIHS, 2009), trobem 2 aqüífers salins propers al Barri de l'Estació. L'aqüífer al·luvial i el terciari. En el primer cas es tracta d'un aqüífer amb mitjana - alta permeabilitat connectat al riu, es disposa en diferents cubetes separades per afloraments de substrat terciari. El riu Llobregat és l'eix drenant dels aqüífers en materials terciaris. Es sap que la circulació d'aigua regional té un sentit NO-SE, però a escala del barri de l'Estació el sentit del flux és O-E. S'ha vist que per sota el barri de l'Estació circula, per la secció estratigràfica localitzada, 60-160m3 /dia d'aigua (ICC,1997-2003).

Els resultats analítics, junt amb el model conceptual de funcionament, indiquen que aquesta aigua entra en les cavitats amb capacitat de dissoldre. Així, el model conceptual de funcionament hidrogeològic indica que la circulació d'aigua té capacitat per incrementar la velocitat de subsidència de la zona de forma natural (ICC,1997-2003).

La següent figura mostra l'evolució dels esdeveniments i estudis realitzats:.

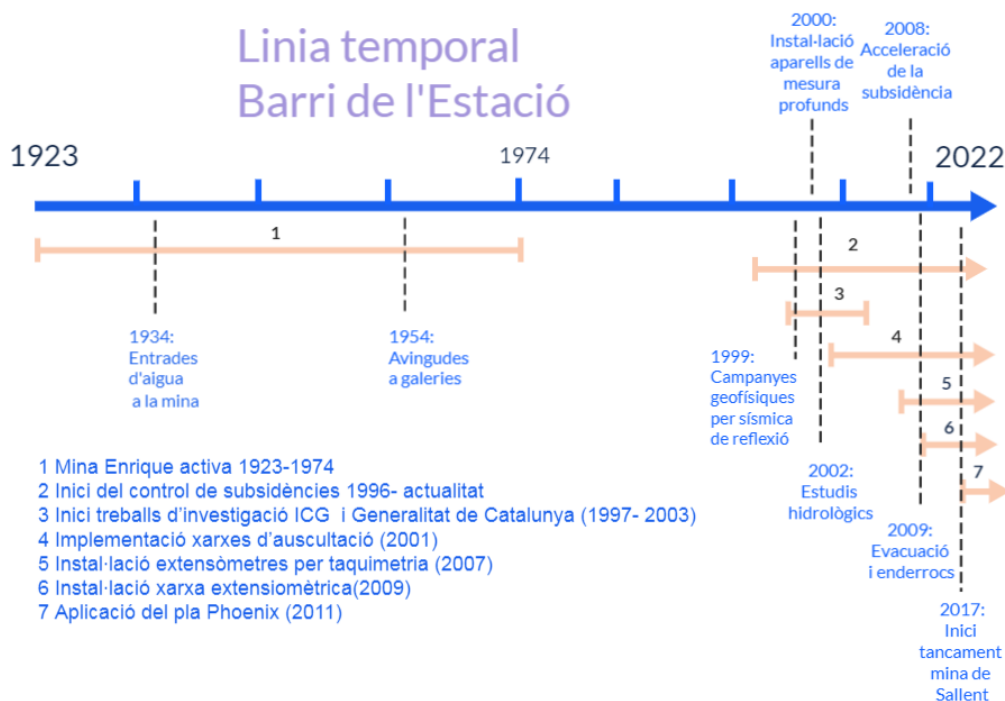


Figura 9: Escala temporal des de l'inici de l'activitat minera al subsòl del Barri de l'Estació fins a l'actualitat. Es detallen processos, monitoratges i esdeveniments ocorreguts en el període de temps determinat. Font Pròpia, informació recopilada de: "Estudi del procés d'esfondrament del terreny que afecta els barris de l'Estació i de la Rampinya de Sallent (Bages) 1997-2003", Recopilació, anàlisi i síntesi de la informació geològica sobre el procés de subsidència a Sallent (2005-2009), Batlle i Mascareñas, 1995, Valle, 1997.

### 5.2.2 Procesos de subsidencia

Una subsidència és un enfonsament local o regional progressiu i més o menys regular de la superfície terrestre que no contempla el moviment lateral, la durada o l'escala del fenomen (Diccionari Geologia,1997). En el cas d'estudi que es tracta aquesta subsidència és deguda a factors antròpics i naturals combinats: mineria i terreny càrstic. No es pot determinar el grau d'implicació de cada factor per falta d'estudis. Les subsidències generen gran perillositat en zones amb construccions, aquestes poden ser danyades o destruïdes. Per aquest motiu la seva detecció, anàlisi i monitoratge són tan importants per minimitzar costos i materials, tant econòmics com humans. El seguiment de les subsidències es pot fer de diverses formes: observacions geotècniques, anivellació topogràfica d'alta precisió, radars, satèl·lits són algunes de les que s'han usat a Sallent.



Figura 10: Fórmula de distorsió angular i representació. Font: Skempton et al., 1956

Un dels mètodes que es va usar per calcular els nivells de subsidència a Sallent va ser el càlcul de la distorsió angular, mostra del càlcul en la figura 10. La distorsió angular és la relació angular



entre la distància de dos punts i la subsidència diferencial entre ells. Es va crear un mapa de la zona segons la distorsió angular calculada (figura 11).

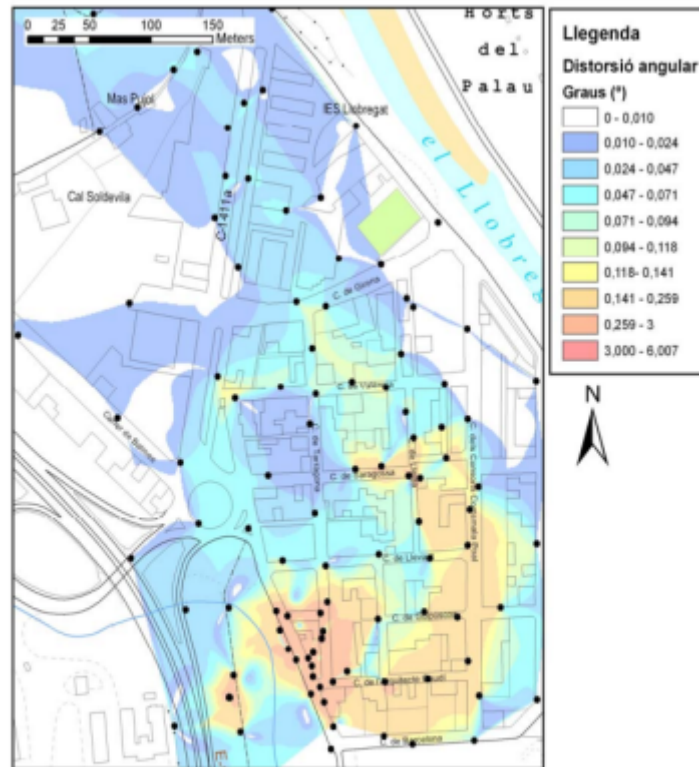


Figura 11: Representació de l'afecció de la distorsió angular en el barri de l'Estació. Font: Pla d'actuació Subsidències barri de l'Estació 2012, PROCICAT, Generalitat de Catalunya

Amb els estudis mencionats (figura 9) es va crear un pla extensiu d'anàlisi i vigilància que inclogués la caracterització geològica, geotècnica i hidrogeològica del terreny i se'n van fer modelitzacions per calcular la perillositat (annex 1). El pla d'actuació contemplava accions segons els valors de màxim esfondrament. Les accions es poden trobar de forma quantificable a l'annex 2. Com s'indica a l'article "Estudi del procés d'esfondrament del terreny que afecta els barris de l'Estació i de la Rampinya de Sallent (Bages) 1997-2003", (ICC/AR-151-03), l'estudi va apuntar a la probabilitat de la presència de buits d'origen miner i presència d'activitat dissolutiva de grans dimensions. S'ha mencionat anteriorment que es va determinar que el subsòl estava ple de buits i per això es van realitzar les campanyes geofísiques esmentades a la figura 9. Amb aquestes es va treure la conclusió de que el subsòl del barri indicava una intensitat de fracturació molt elevada que podria estar relacionada a moviments del terreny. Es van detectar dues zones anòmales, una coincidint amb el sector de màxim esfondrament i l'altre coincidint amb una cavitat en el torrent de Soldevila. Amb els estudis de 2001 es van trobar dues opcions viables per l'augment de volum de buits, dissolució de sals o tubificació del buit (es desplaça del sostre cap a superfície). Aquesta fracturació està agreujada per la tectònica de la zona.

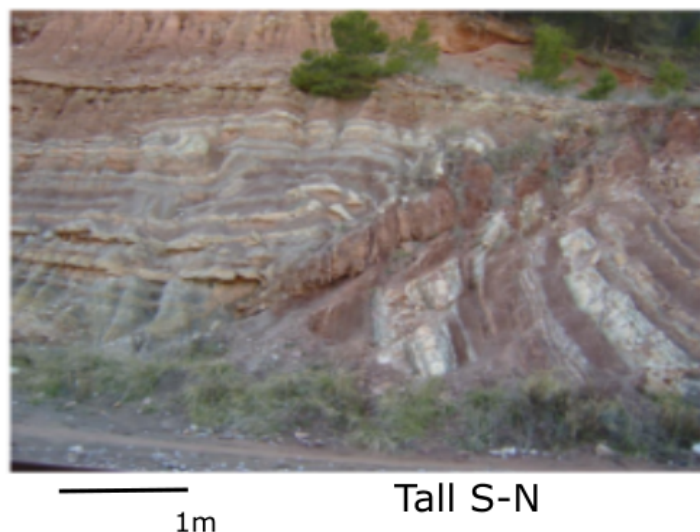


Figura 12: Falla inversa de guix observable a Sallent. Aquesta falla es un accident tectonic de 10km aproximadament que va en direcció SW-NE. Té una component Pirinenca clara. La falla té una component plàstica corresponent a diapir de la Fm. Cardona, situada sota la Fm. Artes. Aquesta falla afecta a materials eocènic i oligocènics de la Depressió de l'Ebre. Font: Revista el medi natural del Bages <https://elmedinaturaldelbages.cat/es/geologia-es/la-geomorfologia/falla-del-guix-sallent-2/>

Sallent es troba en un ambient terciari salí. Se situa a una zona amb plecs i falles que queden representats per un anticlinal fallat per vergència sud, desenvolupat en

calcàries i com a resultat de tectònica d'injeccions per dipòsits salins inferiors. Aquests dipòsits salins inferiors causen, en alguns casos, desplaçaments importants que representem com a cabalgaments (IGC, 2005-2009).

Estructuralment la zona d'estudi està formada per una sèrie monoclin (cabussant 6º NNW afectada per un encavalcament (falla de guix) en direcció N70ºE (SO-NE). Aquesta falla es pot continuar durant 20 km des del Riu cardener fins a xocar amb un anticlinal a Santa Maria d'Oló. El pla principal de la falla de guix capbussa 20ºN de forma general, arribant a zones de 40º. La falla és rellevant en l'estudi del cas perquè és a Sallent on es troba el salt més gran d'entre 70-100 m en la vertical. Hi ha altres plans amb salts d'ordre mètric propers. A la figura 12 veiem la falla de Guix.

Un cop analitzada la deformació dels diferents materials es va determinar que el més possible és que la deformació es donés en profunditat degut a blocs rígids amb fractures subverticals. La geometria general genera un mecanisme de cisalla que s'ha pogut observar en alguns dels extensòmetres. A causa del tipus de mecanisme es poden provocar moviments sobtats fins a arribar al col·lapse del terreny, és creus que això va passar al 2008. Una de les conseqüències d'aquest tipus de moviment és el desprendiment del sostre de la cavitat, ja s'ha comentat un exemple.

Es considera que hi haurà progressivament una evolució de la cavitat per ruptura, desprendiments i col·lapses. La teoria del col·lapse està recolzada per 14 anys de presa de dades que donen resultats pròxims als d'aquest tipus de subsidència.

Tot i que sigui complicat determinar el moment exacte en el qual succeirà, la xarxa d'auscultació ens permet saber que la dinàmica i evolució del procés encara és activa i en acceleració i es considera que això succeeix perquè el buit augmenta cap a superfície i la cobertora s'aprima.

## 6. Plantejament d'escenaris del dilema geotècnic

En el dilema geotècnic es presenta la situació específica del Barri de l'Estació en el primer escenari anomenat de tragèdia, és així perquè és l'escenari on coneixem que va passar i el podem descriure en detall- A la resta d'escenaris s'han cercat situacions actuals o futures dins la conca minera potàssica que puguin resultar realistes degut a la continuïtat estratigràfica dins la conca. L'impacte i la vulnerabilitat de cada escenari està resumit a la taula.

### 6.1 Escenari de tragèdia

En aquest escenari de tragèdia es té en compte les afectacions i repercussions observables en relació al problema de subsidència i l'activitat minera. Tot i que no s'ha pogut accedir als mapes antròpics i de riscos de la zona concreta, s'ha trobat un mapa en el qual es veuen superposades l'activitat de la mina i la situació del barri de l'estació, on les galeries de la mina ocupaven quasi tot el subsòl del barri (figura 13).

La interpretació que es fa de les decisions dels actors és la següent: l'empresa minera que operava a la zona des de fa anys va continuar fent-ho, possiblement sense un estricte control geoambiental. Es considera que es van prioritzar els beneficis econòmics directes per l'empresa i indirectes pel desenvolupament comarcal.

La mineria per galeria va associada a la vulnerabilitat a l'incrementar la subsidència natural del terreny, aquest va ser el fet que va provocar la reubicació dels veïns del barri i les pèrdues econòmiques.

### 6.2 Escenari de preservació

En aquest escenari es considera l'aturada de l'activitat minera a causa de la pressió social i, per tant, la

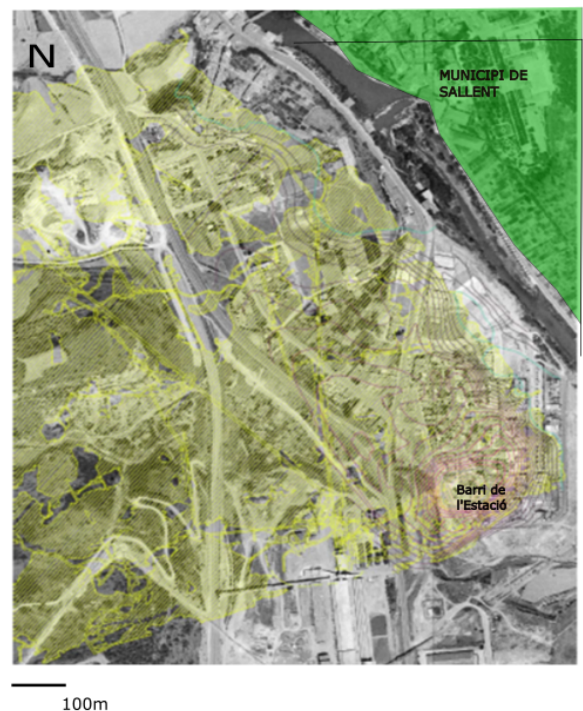


Figura 13: Superposició del mapa de mineria de la zona amb el barri de l'Estació. Podem observar el barri totalment cobert per la zona d'explotació, en canvi en el nucli municipal no hi ha afeccions de la mineria. Font: Recopilació, anàlisi i síntesi de la informació geològica sobre el procés de subsidència a Sallent (2005-2009), Institut Geològic de Catalunya



restauració immediata de l'espai degradat per l'activitat minera prioritant la preservació del patrimoni natural. S'ha de tenir en compte que normalment i contrari al cas en el qual es troba la mineria de Sallent, les propostes de restauració es creen en paral·lel als progressos de la mina per poder equilibrar la situació, en el cas d'estudi no s'ha fet un pla prou ampli per les activitats dutes a terme degut a les normatives a les que s'han adaptat, s'ha hagut de fer a posteriori.

La llei cobreix alguns dels mètodes de rehabilitació de forma molt pautada, com és el cas de reompliment de cavitats amb materials de construcció i demolició. En aquest cas tenim Guia para la rehabilitación de huecos mineros con residuos de construcción y demolición (RCD), Ministerio para la Transacción Ecológica, Gobierno de España”.

Un exemple de Pla de Rehabilitació en una mina de potassa dins del nostre país seria Mina Muga. Un pla de rehabilitació inclou un avantprojecte d'abandonament definitiu de l'aprofitament, aquest és l'espai on es defineixen les mesures adoptades i per adoptar per tal de garantir la seguretat de persones i béns. En el cas de Mina Muga, es fan explotacions interiors, com a Sallent, és per aquest motiu que es considera que pel que fa a la superfície només haurien de desmantellar edificis i maquinària, el punt més important en aquest tipus de mines es el reompliment correcte de les cavitats per donar estabilitat al terreny. Els reompliments de Mina Muga es plantegen amb els mateixos residus de la mina, així s'eliminen els dipòsits temporals com seria el cas de la Muntanya del Cogulló per Sallent. Un cop es desmantella i estabilitza la situació el pla indica que s'acondiciona la superfície per recuperar el seu estat natural previ. Per dur a terme aquesta tasca s'aporta noves terres i vegetació, inclús en alguns casos fauna. (GEOALCALI, 2020). Per dur a terme aquestes accions s'ha de fer un control previ a la deshabilitació de la mina com es pot veure a la figura 14.



Figura 14: Pla de restauració de Mina Muga. Font : Geoalcali (2020). Plan de restauración, Proyecto Mina Muga, Memoria.

Rere tot el tractament descrit en el pla de restauració adient, es podria habilitar la zona com a espai verd o espai de protecció de flora i fauna destinat al benefici educatiu, cultural i d'oci de la població local.

### 6.3 Escenari de geoenginyeria

En aquest escenari l'empresa minera desenvolupa la seva activitat d'una manera més sostenible i respectuosa. No es pot negar que la mineria pot aportar molts beneficis, però s'ha de tenir en compte que la ubicació de l'activitat minera depèn de la localització dels jaciments, aquest fet condiona els impactes mediambiental i socials.

En l'estudi de cas, les actuacions que s'estan duent a terme són les del projecte Phoenix. Aquest projecte planificat per la mateixa empresa del grup ICL i presentat l'any 2011-2012, planteja diferents etapes. En la primera fase la primera part a complir és "Les

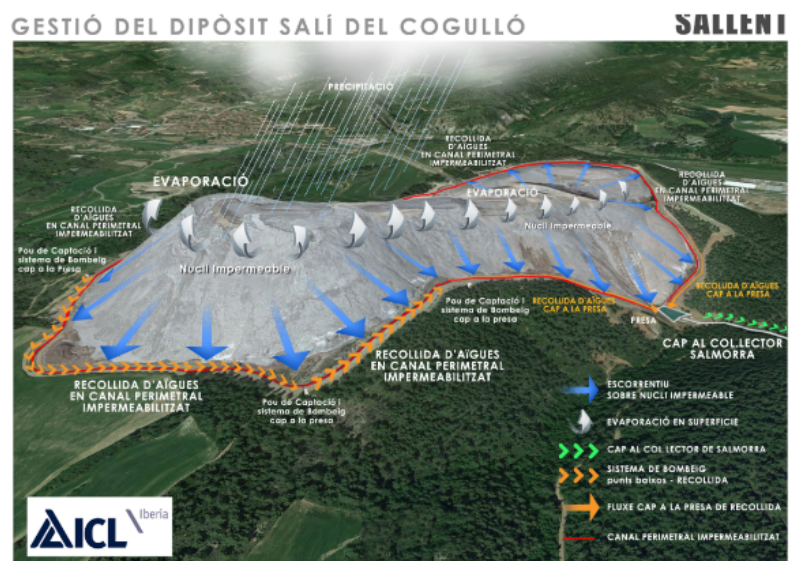


Figura 15: Gestió del dipòsit de sal, podem observar en vermell la línia de canal perimetral impermeabilitzat i en taronges les aigües salines recollides que van cap a la presa. També s'ha assenyalat amb fletxes blaves l'escorrentia i en fletxes grises l'evaporació. Font: <https://www.icliberia.com/>



limitacions d'exploració de Sallent/ Balsareny" en aquesta fase l'empresa també menciona la voluntat de fer sostenible l'exploració. Per dur a terme aquest primer punt hi ha un pla de moviment de treballadors cap a la mina de Súria i habilitació de les parts logístiques de les mines de Sallent i Balsareny per tractaments en planta. L'altre punt rellevant en aquests plans és fer sostenible i respectuosa l'exploració és la gestió de la muntanya de sal del Cogulló. Per aquesta banda s'han fet un seguit d'adaptacions i renovació de mètodes de gestió per a la muntanya, alhora que s'atura l'exploració a la zona de Sallent. La metodologia emprada per tal de retirar la muntanya que, com mencionen a la seva revista pròpia ICL Iberia Magazine nº20, (desembre 2020), trigarà més de 30 anys en acabar-se.

A la figura 15 es pot observar un esquema dels tractaments que es pensen dur a terme al voltant de la muntanya de sal. Les mesures correctores que es tenen en compte per fer desaparèixer la muntanya a llarg termini són: 2 xarxes de canal perimetrals per cada dipòsit que fan que l'aigua dolça no entri al dipòsit i per la banda contrària una xarxa que recol·lecten les aigües salines de l'interior que va directe a una presa, visible a la part dreta de la xarxa en la imatge. Entre aquestes xarxes es considera que es podria mantenir una estabilitat de captació d'aigües. També s'analitzaran les aigües obtingudes per veure l'evolució del Cogulló. (ICL, 2011-2012).

### 6.4 Escenari de concertació

Aquest darrer escenari presenta una situació on hi ha una convivència entre l'activitat minera, la societat i la conservació del medi (figura 16). Per això es fa necessari parlar de la mineria responsable (IAPG, 2017). Com indica l'article White Paper on Responsible Mining, "La mineria responsable demostra que respecta i protegeix els interessos de totes les parts interessades, salut humana i medi ambient, i també contribueix de forma perceptible i justa al desenvolupament econòmic del país productor i el benefici de la comunitat local, adoptant pràctiques internacionals" (IAPG, 2017).

La visualització d'aquest escenari té com a punt de partida el Geoparc de la Catalunya Central considerant zones d'interès geològic i miner que coexisteixen amb la mateixa activitat minera. Per arribar a aquest escenari caldria un mediador que procures pels interessos conjunts dels actors.

En la seva proposta de l'any 2011, (Climent, Poch, Gual, (2011)), es volia donar resposta a la petició de necessitat de posta en valor del patrimoni natural i cultural. Tenint en compte que estem parlant d'un Geoparc involucrat en el Bages, és molt important la relació d'aquest amb la mineria de la zona i la seva geologia. El Geoparc també ens parla d'usar el territori com a zona pilot per a activitats de geoconservació amb el Departament de Planificació i sostenibilitat. El parc ha de vigilar la preservació dels espais en dos casos diferents: espais amb sòl urbanitzable i espais legalment protegits. (Climent, Poch, Gual, (2011)).

La coexistència d'exploracions de recursos naturals amb la preservació del medi no és nova i té antecedents amb el model nord-americà que integra la preservació (parcs naturals) i la conservació (parcs forestals). Això vol dir que el parc incorpora una visió ampla de desenvolupament territorial tot considerant les ODS (objectius de desenvolupament sostenible) i esdevé un «living-lab» on s'incorporen solucions basades en la natura (Lupp et al 2021). Segons aquesta visió el territori del geoparc esdevé un espai de recerca, investigació, divulgació, emprenedoria cívica (que permet innovació) on es pugués visitar i interactuar amb la història i el patrimoni cultural i geològic del territori sense que això implica el tancament de l'activitat, fent-la més transparent per la ciutadania i implicada en inversions de caràcter local de manera que no busca només el benefici econòmic, també busca el benefici social i ambiental. Un espai de "living lab" voldria dir una ciutadania compromesa amb la creació d'un territori resilient per conviure en la mineria participen en la seva gestió (per exemple monitoreig de lixivats, subsidiència segons una aproximació de ciència ciutadana, pràctiques de formació a l'empresa minera i col·laboració amb l'escola de mines o universitats.

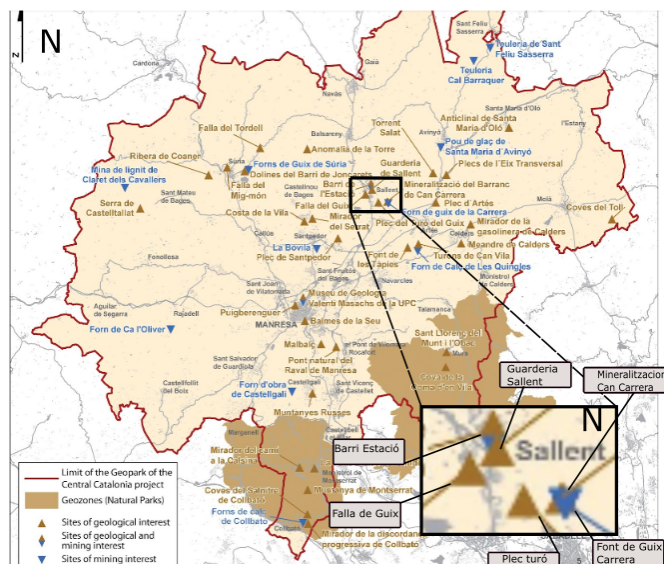


Figura 16: Observem com en aquest escenari hi ha un seguit de punts d'interès geològic (triangles marrons), miners (triangles blaus) i geològicominers ( ambdots triangles). Font: Modificat (Candidatura geoparc del Bages) de Mata et al (2020)

## 6.5 Taula del dilema geològic

administració autonòmica i local com a observador	Població local Acceptació per motius econòmics i laborals de la mineria	Població local Priorització de la preservació del patrimoni natural
Empresa minera  Priorització de beneficis econòmics	<p>1. <u>Tragèdia</u>  <b>Impacte:</b> Explotació minera per galeries que provoca subsidència del terreny degut a mineria en el subsòl (Barri de l'Estació, Sallent) augmentant el procés de la subsidència natural de la zona.</p> <p><b>Vulnerabilitat:</b> Evacuació del barri i pèrdues econòmiques associades, reubicació de la població, tancament de la mineria.</p>	<p>2. <u>Preservació</u>  <b>Impacte:</b> Estabilització del terreny, recuperació i rehabilitació de terres, transformació del paisatge malmès per la mineria zones verdes per la població.</p> <p><b>Vulnerabilitat:</b> L'empresa ha de tancar i realitzar una inversió elevada per deixar en bones condicions el terreny sense benefici.</p>
Empresa minera  Implementació d'un programa de responsabilitat social corporativa	<p>3. <u>Geoenginyeria</u>  <b>Impacte:</b> Estabilització del terreny per reompliment de cavitats, tractament de deixalles en superfície (lixiviats, impacte visual...).</p> <p><b>Vulnerabilitat:</b> Costos econòmics d'inversió tecnològica per l'empresa minera.</p>	<p>4. <u>Concertació</u>  <b>Impacte:</b> Minería responsable i compromesa amb el territori a partir d'un "living lab", protecció de l'espai de patrimoni cultural, històric i miner que inclou: programes d'educació en universitats, situacions "living lab", turisme interactiu...</p> <p><b>Vulnerabilitat:</b> Necessitat de cooperació dels actors i de mediació política amb una inversió minera i de l'administració.</p>

## 7. Resultats i discussió

### Dilema geoètic:

Com s'ha explicat en el dilema geoètic aplicat al cas d'estudi de Sallent, el plantejament dels escenaris ens permet trobar opcions pels diferents actors i cercar un escenari de concertació.

Aquest escenari només és possible si s'obre un espai de diàleg transparent en la participació dels representants dels dos actors, societat (associacions, ajuntament, associacions de veïns...) i mineria, obert a la participació del Geoparc del Bages, Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya en representació del territori i els estudis realitzats i altres observadors o participants de la zona. Val a dir que a Catalunya es va iniciar un procés similar a la Delta de la Tordera (Universitat de Girona, 2020).

En aquest espai de diàleg es proposen els següents objectius:

- Establir quins són els índexs de subsidència deguts a la mineria i quins al terreny, per aquest punt és necessari aprofundir en el coneixement geològic i modelitzar la subsidència del terreny tot involucrant a la població (per exemple amb un monitoratge actiu de la subsidència) segons una aproximació de ciència ciutadana (Di Capua, 2022), definir projectes de recerca amb universitats, projectes de final de carrera.
- Impulsar models d'explotació minera i desenvolupament del territori compatibles amb la conservació del medi geològic. No hem d'oblidar que la geodiversitat està a la base de la biodiversitat (<https://www.geodiversityday.org/>). Tot i que l'aplicació de mètodes quantitativs és àmpliament utilitzada en l'estudi de sistemes socioecològics, és útil a l'hora de reduir la incertesa de cada escenari mitjançant la modelització geològica incloent agents socials. Arribar a un escenari resilient necessita mètodes geoprospectius (Houet i Gourmelon 2014) que combinen la prospectiva, la participació i la modelització geològica.
- Donar importància a la història minera i geològica de la zona ampliant la oferta del Geoparc mirant altres geoparcs que han tingut èxit, el model escocès sembla ser un bon referent (<https://www.nwhgeopark.com/>).
- Se sap que dur a terme aquest tipus de diàleg no és senzill, però es creu que es podria realitzar satisfactòriament si totes les parts implicades hi estan disposades, és necessari un petit sacrifici per a un resultat més satisfactori i respectuós amb l'entorn natural, cultural i històric.

Cal remarcar la suma que fa l'aplicació del dilema geoètic als estudis geològics habituals duts a terme dins el Grau de Geologia. Dóna un valor afegit, els estudis usuals troben moltes dades quantitatives i qualitatives geològiques que rere un anàlisi i interpretació s'usaran per especificar una realitat. Afegint el dilema geoètic podem aportar una visió de la situació social i les afectacions que poden tenir els estudis anteriors per tal d'executar la millor actuació possible amb el plantejament de tots els escenaris i intentar arribar al punt de concertació dels actors.

El dilema geoètic s'ha proposat com a nova metodologia integradora de les quals hi ha exemples concrets com són els de: anàlisi de riscos geològics (Bellaubi Mallarach, Sarda, 2021), conservació del patrimoni geològic (Bellaubi i Lagunov, 2020), l'explotació d'aigües subterrànies (Bellaubi y Arasa 2021)... Aquest plantejament ens permet visualitzar la importància social de la geologia.

### Proposta pla d'accions referent a l'ensenyament

Es proposa la creació d'una proposta de pla d'accions futures amb els resultats obtinguts de les entrevistes a professorat. Aquest pla d'actuació ( figura 17) està dissenyat per poder complir-se durant un quadrimestre per tal d'iniciar a les aules en el següent.

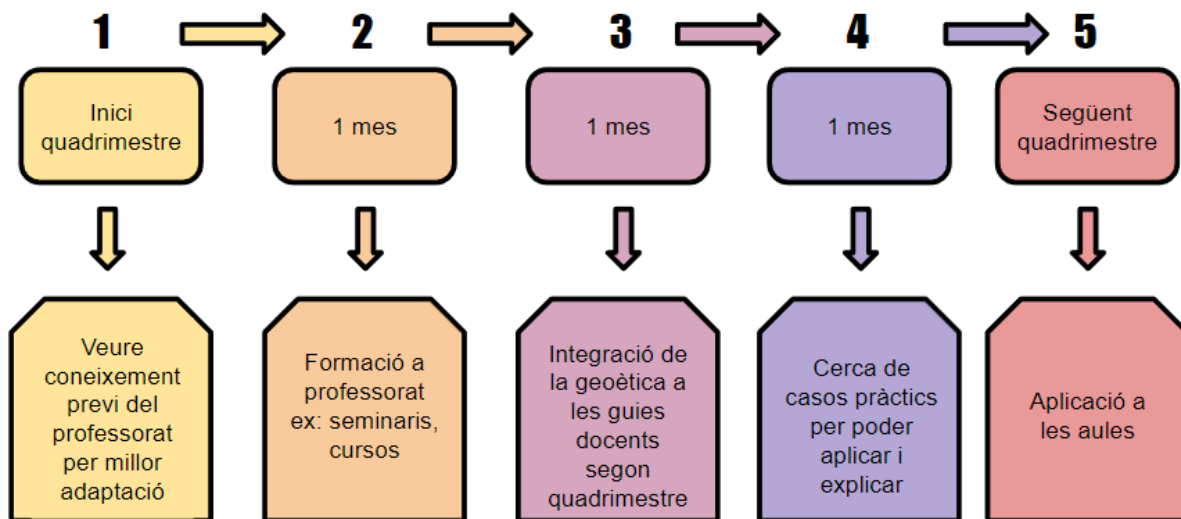


Figura 17: Proposta de pla d'actuació per fases per implementar la geoètica a la carrera del Grau de Geologia de la UAB mitjançant la formació i recerca. Font: Pròpia

S'han dissenyat 5 fases per tal de poder arribar a aplicar la geoètica a les aules. En el primer dels punts es tractaria d'una fase de reconeixement, saber d'on venim per saber on anem, s'ha d'iniciar amb una bona base per poder construir. En la segona fase i després del reconeixement es formaria al professorat mitjançant seminaris i cursos donats per professionals en la matèria com podria ser la IAPG (International Assotiation Promoting Geoethics). Amb aquest punt també es podria ajudar a complir amb els drets i deures del professorat de mantenir una formació continuada. En el tercer pas es crearia un grup de treball encarregat per poder trobar assessoraments i informacions necessàries en quant a revisió de guies docents i formacions per alumnes. En la quarta fase es triarien assignatures concretes i es cercarien casos d'estudi viables per a cadascuna tenint en compte que es pogués aplicar el mètode del dilema geoètic. En la darrera frase es portaria el coneixement a l'aula mitjançant l'explicació de casos d'estudi a les assignatures triades mitjançant classes de teoria, pràctiques, sortides de camp o seminaris. Un exemple parlat amb un docent per a dur a terme el dilema en les classes lligades a la paleontologia seria el plantejament de dilema envers la bona praxi d'una investigació per mitjà de la burocràcia respecte les facilitats per a dur a terme investigació, també hi hauria altres exemples a proposar com els mencionats a l'article de De Miguel et al (2021). Un altre exemple d'activitats relacionades podria ser aplicar en les sortides del camp de certes assignatures en les quals veiem poblacions afectades per algun risc geològic una part de petita investigació o contextualització de la població o actors de la zona afectada.

Es considera que amb aquest pla d'accions progressiu es podria arribar a aplicar la geoètica dins els límits establerts per la universitat en el curs 2023-2024.

## **8. Conclusió**

La realització d'aquest treball de final de grau ha permès aplicar la geoètica a partir d'un dilema geoètic a un cas d'estudi relacionat amb la geologia minera. Això ha permès veure la viabilitat de la metodologia en estudis de cas i preparar una proposta de cinc fases d'aplicació del mateix en la docència de la UAB.

L'estudi de la situació real a la Universitat Autònoma de Barcelona ha permès observar que és necessària l'aplicació de la geoètica a la carrera, no només per la normativa que ho demana abans del curs 23-24 sinó també per enfrontar casos reals durant el Grau. És important la conscienciació a l'alumnat i professorat de la importància de les geociències en la societat i els seus efectes directes, només d'aquesta forma es podrà tenir una visió de la geologia en el món real abans d'acabar la carrera.

L'aplicació del dilema geoètic a un estudi de cas és adequat reflexionar al voltant de possibles solucions derivades de la convivència entre la societat i la geologia. El cas triat, subsidències de la mineria de potasses a Sallent, ha estat adient pel fet de que es un clar exemple de les fases de la problemàtica del terreny envers la societat que l'habita i l'entorn.

## Webgrafia

- Alberruche del Campo, E., Fernández Naranjo, F. J., Arranz González, J. C., Rodríguez Gómez, V., Perucha Atienza, M., Vadillo Fernández, L., ... & Rodríguez Pacheco, R. L. (2018). Guía para la rehabilitación de huecos mineros con residuos de construcción y demolición (RCD).
- Alvarez-Alvarez, C & San Fabian, JL. (2012). La elección del estudio de caso en la investigación cualitativa.
- Arvanitidis N., Boon J., Nurmi P. and Di Capua G. (2017). White Paper on Responsible Mining. IAPG- International Association for Promoting Geoethics, <http://www.geoethics.org/wp-responsible-mining>.
- Bellaubi, F., & Arasa, A. (2021). Geoethics in groundwater management: the geoethical dilemma in La Galera aquifer, Spain. *Geological Society, London, Special Publications*, 508(1), 213-224.
- Bellaubi, F., & Lagunov, A. (2020). A Value-Based Approach in Managing the Human-Geosphere Relationship: the Case of Lake Turgoyak (Southern Urals, Russia). *Human Ecology*, 48(5), 599-608.
- Bellaubi, F.; Mallarach, JM; Sardá, R. (2021). Una aproximación geoética para desbloquear un modelo socioecológico Problema de Gobernanza: El Caso del Río Tordera (Cataluña, España). *Sustentabilidad* 2021,13, 4253. <https://doi.org/10.3390/su13084253>
- Cabrera, L., Arbués, P., Cuevas, J. L., Garcés, M., López-Blanco, M., Marzo, M., & Valero, L. *Geo-Guías*, 7.
- Cebreiro López, B. (y M. C. Fernández Morante) 2004 "Estudio de casos", en F. Salvador Mata, J. L. Rodríguez Diéguez y A. Bolívar Botia, *Diccionario enciclopédico de didáctica*. Málaga, Aljibe
- Citizen Science Assotiation: <https://citizenscience.org>
- DeMiguel, D., Brilha, J., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Gilabert, V., ... & Azanza, B. (2021). Linking geological heritage and geoethics with a particular emphasis on palaeontological heritage: The new concept of 'palaeontoethics'. *Geoheritage*, 13(3), 1-16.
- Di Capua, G., Peppoloni, S., Bobrowsky, P (2016). Declaración de Ciudad del Cabo sobre Geoética (IAPG)
- Diccionari de la Geologia de l'institut d'estudis catalans (1997). Subsidència. <https://cit.iec.cat/DGEOL/default.asp>
- El medi natural del Bages (2022). Falla de guix (Sallent). <https://elmediaturaldelbages.cat/es/geologia-es/la-geomorfologia/falla-del-guix-sallent-2/>
- Fàbrega I Enfedaque, A. (2017). El patrimoni de la mineria de la potassa al Bages.
- Geoalcali (2020). Plan de restauración, Proyecto Mina Muga, Memoria.
- Geocat Gestió de Projectes S.A. (2009). Recopilació, anàlisi i síntesi de la informació geològica sobre el procés de subsidència a Sallent (2005-2009)
- IAPG (International Association Promoting Geoethics) : <https://www.geoethics.org/>
- ICL Iberia : ICL Iberia)
- Institut Cartogràfic Catalunya. Estudi del procés d'esfondrament del terreny que afecta els barris de l'Estació i de la Rampinya de Sallent (Bages) 1997-2003, (ICC/AR-151-03)
- Lupp, G.; Zingraff-Hamed, A.; Huang, J.J.; Oen, A.; Pauleit, S. Living Labs—A Concept for Co-Designing Nature-Based Solutions. *Sustainability* 2021, 13, 188. <https://dx.doi.org/10.3390/su13010188>
- Oms, O.; Climent, F. y González, M. (Editores) (2016). Excursiones geológicas por la Cataluña Central. Monografía tècnica 6. ICGC. 196 pp
- Oms, O., Gual, G., Fondevilla, V., Ferraro, FX., Poch, J., Santamaria, J (2019). Inventari d'espais d'interès geològic i miner del geoparc mundial UNESCO de la Catalunya central
- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2022). Geoethics: Manifesto for an Ethics of Responsibility Towards the Earth. <https://www.geoethics.org/geoethics-manifesto>
- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2012). Geoethics and geological culture: awareness, responsibility and challenges. *Annals of Geophysics*.
- Peppoloni S. and Di Capua G. (2021). Current Definition and Vision of Geoethics. In: Bohle M. and Marone E. (eds), *Geo-societal Narratives - Contextualising geosciences*. Palgrave Macmillan, Cham, pp. 17-28. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-79028-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79028-8_2)
- Plataforma Cívica MONTSALAT, <https://montsalat.cat/> (09.06.2022)
- Procesi, M.; Di Capua, G.; Peppoloni, S.; Corirossi, M.; Valentinelli, A. Science and Citizen Collaboration as Good Example of Geoethics for Recovering a Natural Site in the Urban Area of Rome (Italy). *Sustainability* 2022, 14, 4429. <https://doi.org/10.3390/su14084429>
- PROCICAT (2012). Pla d'actuació d'emergències per risc subsidències en el Barri de l'Estació (Sallent)
- Rodríguez-Lloveras, X., Marturiá, J., López, F., Buxó, P., Mucchi, L., Gigli, G., ... & Trippi, F. Barrio de l'Estació (Sallent), De zona residencial a zona experimental. Monitorización de movimientos del terreno mediante el sistema WI-GIM.
- Ros i Badosa, J. (2021). Guia per treballar i avaluar les competències generals de la UAB. Universitat de Girona (2022). I després del Glòria, què? La regressió de platges i deltes a debat des de la Geoètica. <https://www.udg.edu/ca/campuspatrimoni/Detall-noticies/eventid/11186>
- Vasconcelos, C., Torres, J., Vasconcelos, L., & Moutinho, S. (2016). Sustainable development and its connection to teaching geoethics. *Episodes Journal of International Geoscience*, 39(3), 509-517.



## 9. Annexos:

### Annex 1: Mapa de perillositat a futur

Entre els estudis realitzats, es van fer diverses modelitzacions de que passaria en el barri de l'Estació en cas de que no s'hi fes res. Els estudis realitzats per l'Institut Cartogràfic de Catalunya l'any 2009, van donar com a resultat la següent modelització en base a la distorsió angular i les seves conseqüències previstes pels següents anys.

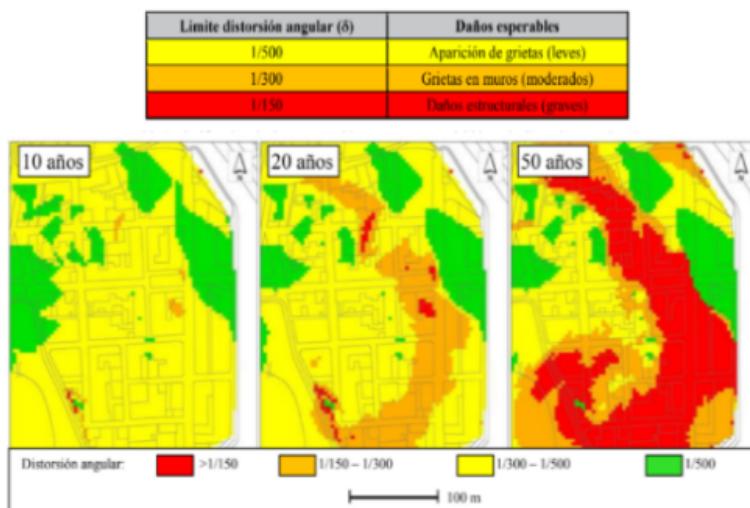


Figura 18: Zonificacions en el barri de l'Estació de la distorsió angular previsible en cas de no actuació en els propers 10, 20 i 50 anys. Font: Institut Cartogràfic de Catalunya

### Annex 2: Aspectes quantitius del pla d'actuació de Sallent

El Pla d'Actuació d'Emergències per risc de Subsidiència en el Barri de L'Estació (Sallent), Proccat 2005, va establir uns criteris d'actuació segons diferents escenaris possibles per tal de quantificar la problemàtica. Es plantejaven 3 situacions diferents:

#### → Situació 1:

Es defineixen 2 tipologies de valors de paràmetres de velocitat d'esfondrament amb comprovació prèvia dels registres i anàlisi de valoració de tècnics de l'IGC i Grup assessor Tècnic.

En el Cas 1, la velocitat d'esfondrament assoleix un dels següents valors de referència en el sector de màxim esfondrament:

- 7 mm/mes en superfície.
- 10 mm/mes d'esfondrament total a 40-60 m profunditat
- 15 mm/mes d'esfondrament total a 70-100 m de profunditat.
- 25 mm/mes d'esfondrament total a 120-142 m de profunditat.

Actuació: increment de la freqüència de mesures d'anivellació com a mínim a una lectura setmanal durant 1 mes. Les mesures sobre els dilatòmetres situats en els edificis s'incrementarà en el mateix valor, com a mínim.

En el Cas 2: S'assoleix la velocitat d'esfondrament en algun dels següents valors del sector de màxim esfondrament:

- 2,5 mm/setmana en superfície

- 3,5 mm/setmana d'esfondrament total a 40-60 m de profunditat
- 5 mm/setmana d'esfondrament total a 70-100 m de profunditat
- 10 mm/setmana d'esfondrament total a 120-142 m de profunditat

En aquest cas es faran lectures diàries durant un període mínim de 1 setmana. Les mesures sobre els dilatòmetres situats en els edificis s'incrementarà en el mateix valor, com a mínim.

En qualsevol dels casos la velocitat pot ser mesurada directament amb la instrumentació de superfície o seguiment del subsòl. Es farà una valoració i reunió Urgent amb Grup Assessor Tècnic per saber la tendència de l'alerta.

→ Situació 2:

Un dels sistemes de mesura de velocitat en profunditat dona valors d'Emergència 1 però amb previsió d'efectes més limitats espacialment que l'Emergència 1 i sempre sota criteri del Grup Assessor Tècnic que valorarà la situació.

→ Situació 3:

Quan les evidències sobre el terreny, especialment pel que fa a l'afectació als habitatges, els serveis bàsics (aigua, clavegueram, ...) i la seva possible evolució, evidencien un possible augment important de la velocitat d'esfondrament.

En aquest cas, caldrà confirmar i comprovar la lectura de les mesures d'anivellació.

Afectació als habitatges: l'afectació als habitatges evidencia un increment important en l'evolució dels danys, però no es requereix una evacuació d'emergència. O que impliqui la necessitat d'estipular en un 15% el total dels habitatges de tot el barri.