

Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional  
Facultat de Geografia i Història  
Universitat de Barcelona



**Tesi doctoral**

***Reconstrucció paleoambiental holocena de Sierra Nevada  
a partir de registres sedimentaris***

Memòria presentada per en  
**Marc Oliva i Franganillo**  
Per optar al títol de Doctor en Geografia

Programa de Doctorat  
*Gestió ambiental, Paisatge i Geografia*  
Bienni 2004-2006

Els directors de tesi

Dr. Antonio Gómez Ortiz

Dr. Lothar Schulte

## CAPÍTOL 5

# **CRONOSTRATIGRAFIA DELS LÒBULS DE SOLIFLUXIÓ**



## **5. Cronostratigrafia dels lòbuls de solifluxió**

Els lòbuls de solifluxió, com a expressió morfològica periglacial d'àmbits alpins, es concentren en el pis supraforestal, constrets entre el cinturó crionival en la part superior i el *timberline* en la inferior. En relació amb la temperatura, les pulsacions climàtiques holocenes han desplaçat verticalment aquest cinturó subnival, i així els lòbuls engloben informació paleoambiental d'aquest àmbit d'alçada.

Els lòbuls de solifluxió s'han concebut com indicadors de les variacions climàtiques (Benedict, 1976), alhora que són conseqüència de les mateixes fluctuacions climàtiques que els han construït. La seva presència més o menys estesa arreu del planeta, tant en grans extensions a altes latituds com de manera puntual i concreta en muntanyes de latituds mitges i baixes, permet una comparació de les seves dinàmiques en diferents àmbits geogràfics.

Les darreres dos dècades hi ha hagut una profusió d'estudis que correlacionen la bioconstrucció dels lòbuls amb l'evolució paleoclimàtica regional i global. L'abast temporal queda circumscrit a l'Holocè, rarament excedeixen dels 7.000 o 8.000 anys BP, tot i que sovint només abracen els darrers mil·lennis. Molts estudis d'arreu del planeta daten la formació dels actuals lòbuls de solifluxió entorn a 3-2,5 ka BP, durant la pulsació més freda de la Neoglaciació (Benedict, 1976; Bell & Walker, 2005).

L'alternança de dipòsits solifluidals i horitzons orgànics permet deduir períodes d'estabilitat/inestabilitat de vessants gràcies als mètodes de datació. La successió de nivells edàfics permet obtenir tasses de bioformació i posar en relació l'ambient en el qual es va desenvolupar *in situ* l'horitzó orgànic en qüestió amb la seva cronologia temporal.

La reconstrucció paleoambiental a partir dels lòbuls s'ha focalitzat especialment en els Alps, on l'estudi i caracterització dels sòls que acullen els lòbuls ha estat la principal metodologia emprada. Steinman (1978), Gamper (1983), Veit (1988) i Veit & Höfner, (1993) determinen les fases d'activació de la solifluxió sincròniques amb períodes més freds i d'avenç glacial, mentre que moments més càlids possibiliten el desenvolupament de sòls i, per tant, l'estabilització dels vessants.

Altres estudis s'han basat en datacions d'un mateix horitzó orgànic a diferents distàncies respecte del front, establint així les edats de fossilització d'aquest sòl per la dinàmica solifluidal, mètode àmpliament estès a altes latituds, especialment a Escandinàvia (Elliot & Worsley, 1999; Matthews et al., 2005) i Nord-Amèrica (Benedict, 1966, 1970; Alexander & Price, 1980; Dyke, 1981; Smith, 1987; Blake, 1988; Friend, 1988 i Kinnard & Lewkowicz, 2006). L'establiment de tasses de desplaçament solifluidal anual seguint aquesta metodologia creiem que és més oportuna per àrees amb una solifluxió més continuada, ja que en indrets amb una solifluxió més puntual i anàrquica com Sierra Nevada, la irregularitat de la seva dinàmica induiria a errors geocronològics en la interpretació de les dades.

En la nostra recerca s'ha optat per seguir la metodologia utilitzada als Alps, ja que ens pot oferir una idea més fidedigne no només estrictament de la solifluxió durant l'Holocè a Sierra Nevada, sinó també de la pròpia evolució ambiental en els nivells cimers dels massís, finalitat que s'emmotlla més amb l'objectiu que persegueix la present tesi doctoral. Les condicions imperants durant els darrers mil·lennis a la Sierra han propiciat l'activitat/inactivitat de la solifluxió, denotant la proximitat dels processos periglacial dels seus límits climàtics i la seva sensibilitat a la variabilitat climàtica regional i global.

La taula 5.1 resumeix les datacions relatives als lòbuls de solifluxió a Sierra Nevada, que seran discutides individualment per a cada lòbul en les pàgines successives.

Es presenten les dades bàsiques d'ubicació, morfometria i tipologia de cada lòbul<sup>57</sup> acompanyades de la corresponent imatge gràfica, analítica i discussió de cada unitat analitzada en les valls de San Juan i Rio Seco.

---

<sup>57</sup> L'emplaçament i característiques morfomètriques de cada unitat es poden veure a la cartografia de cada sector, a l'apartat 4.2 i a l'annex, pàg. 314-321.

Taula 5.1. Dacions dels lòbuls de solifluxió de Sierra Nevada. Edats calibrades amb el programa CALIB 5.0.2 (Reimer et al., 2004).

DATACIONS DELS LÒBULS DE SOLIFLUXIÓ						
ID	Codi laboratori	Material	$\delta^{13}\text{C}\text{‰ PDB}$	Profunditat (cm)	Rang edat ( $^{14}\text{C}$ anys BP)	Rang edat (anys cal BP)
SJB3.2 (antic SJ3)	Ua-34875	pol·len	-27,8	52,5	3.105 ± 40	3.309 ± 92
SJB3.4eL (antic SJ3)	Ua-36082	pol·len	-28,3	29,5	1030 ± 35	957 ± 51
SJB3.6a (antic SJ3)	Ua-34876	pol·len	-28,7	13	1.035 ± 40	1.020 ± 126
SJB38.2 (antic SJ10)	Ua-34884	pol·len	-27,7	24	1.435 ± 40	1.342 ± 52
SJB38.4 (antic SJ10)	Ua-36081	pol·len	-26,6	54,5	830 ± 35	737 ± 59
SJB38.6 (antic SJ10)	Ua-34882	pol·len	-28,4	67,5	730 ± 40	650 ± 83
SJC39.2b	Ua-36079	pol·len	-26,9	61	3.585 ± 55	3.857 ± 140
SJC39.4	Ua-36080	pol·len	-26,7	48,5	2.460 ± 35	2.490 ± 128
SJC54.4	Ua-36084	pol·len	-28,2	83	6.160 ± 50	7.098 ± 60
SJC69.2	Ua-34883	pol·len	-28,2	89	700 ± 35	627 ± 66
RSA7.2a (antic RS8)	Ua-34881	pol·len	-29,4	88	10.995 ± 85	12.973 ± 112
RSA12.5a	Ua-36083	pol·len	-26,6	44	1.465 ± 35	1.354 ± 52
RSA30.5 (antic RS1)	Ua-34879	pol·len	-28,3	48,5	290 ± 40	376 ± 91
RSB1.4 (antic RS3)	Esteban Amat (1995)	<i>bulk sediment</i>	-	17	-	170 ± 120
RSB1.4 (antic RS3)	Ua-34880	pol·len	-28,7	54	670 ± 40	619 ± 64
RSB1.4 (antic RS3)	Esteban Amat (1995)	<i>bulk sediment</i>	-	98	-	1.120 ± 120

## 5.1 Vall de San Juan

- San Juan, sector A, lòbul 18

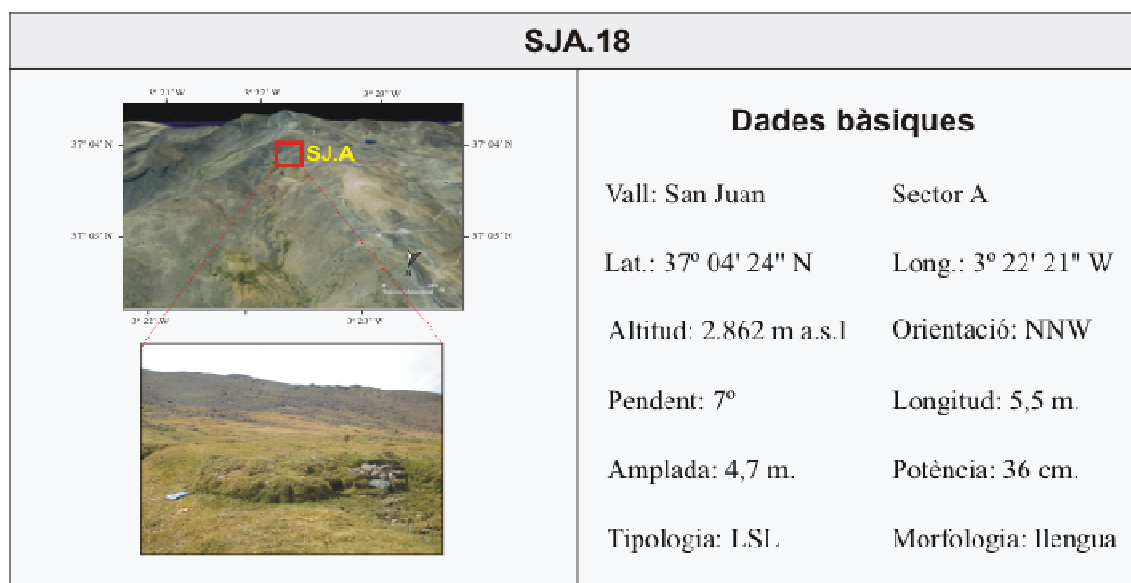


Figura 5.1. Localització i característiques del lòbul SJA.18.

**Descripció morfològica general:** lòbul de dimensions mètriques proper a les últimes congestes de neu en el sector més elevat de la vall de San Juan.

**Descripció del perfil:** el lòbul s'ha obert fins a una profunditat de 75 cm, nivell en que l'existència de graves de mitjanes dimensions (5-10 cm) dificultava una major penetració en el sòl. La seva litostratigrafia detecta l'existència de dos horitzons orgànics i dues fases solifluidals intercalades. La base del lòbul coincideix amb un paquet irregular d'uns 9 cm graves (19,6% en contingut), amb una matriu llimosa i només un 3,2% de  $C_{org}$ . El límit superior, irregular i brusc, marca l'inici del desenvolupament edàfic que assoleix valors torbosos (SJA18.3), associat a una fracció fina llimosa-argilosa, màxims de C/N i un pic de  $Fe_d$ . Gradualment, hi ha una disminució relativa de matèria orgànica i un augment del percentatge de graves, tot i no detectar-se variacions en la granulometria de la matriu < 2 mm. El sòl actual es defineix com un histosòl amb continguts de  $C_{org}$  que sobrepassen el 20%, poca proporció de graves i una matriu bàsicament constituïda per llims.

**Gènesi i edat:** la manca de datacions en aquest lòbul priva d'establir-hi una cronologia absoluta però la comparació amb altres lòbuls suggereix que el primer impuls solifluidal ( $S_3$ ) podria correspondre's amb una fase anterior al MWP, el qual indueix la formació d'un sòl ( $E_3$ ); el refredament esdevingut durant la LIA sembla traduir-se en una fase solifluidal relativa ( $S_2$  i  $S_1$ ) i l'escalfament posterior ha originat el sòl actual ( $E_1$ ).

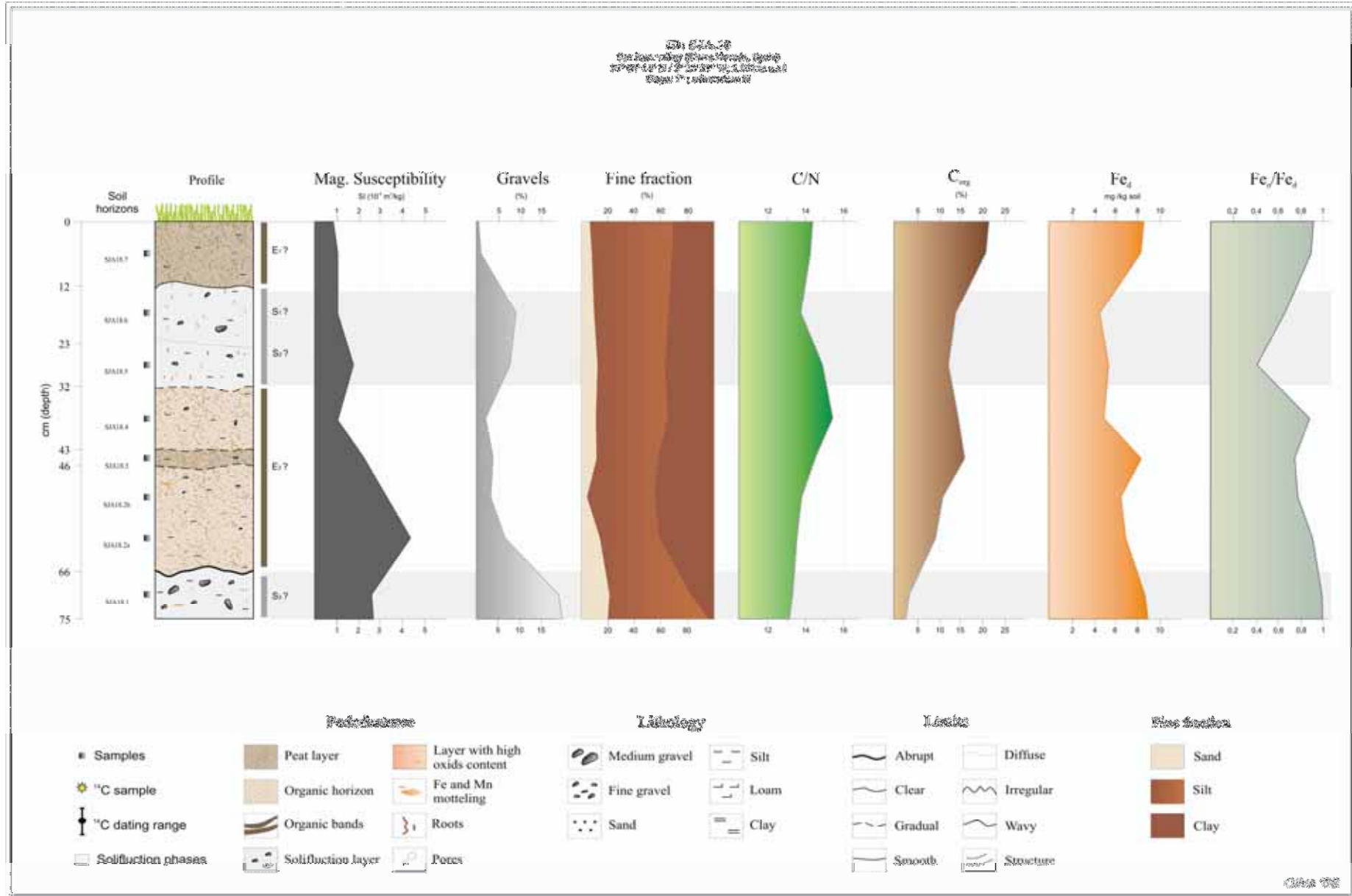


Figura 5.2. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJA.18.



- **San Juan, sector B, lòbul 3**

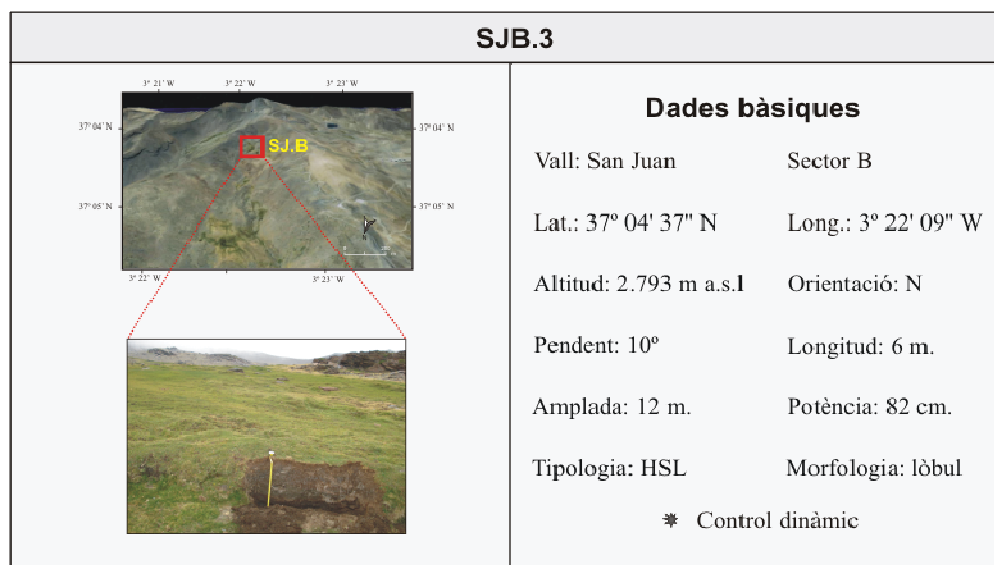


Figura 5.3. Localització i característiques del lòbul SJB.3.

**Descripció morfològica general:** ample lòbul emplaçat sobre una glacera rocosa d'edat Tardiglacial<sup>58</sup>. S'obre un metre de profunditat, amb dues parts molt diferenciades: la inferior, molt homogènia i amb moltes graves, i la superior, més orgànica. El lòbul SJB.3 es disposa en el sector distal de SJB, on les últimes pulsacions fredes de la desglaciació van facilitar l'existència d'una glacera rocosa. Per sobre d'aquesta, ja relict, es disposa una catifa vegetal amb nombrosos lòbuls de solifluxió associats.

**Descripció del perfil:** lòbul caracteritzat per dues parts ben diferenciades: la meitat inferior, de domini mineral, amb graves grans i mitjanes suportades en una matriu sorrenca, i la part superior, més orgànica, caracteritzada per una successió de dipòsits solifluidals i horitzons edàfics.

**Gènesi i edat:** l'agradació del lòbul comença durant la Neoglaciació, tal i com suggereix la datació del sòl fòssil inferior (SJB3.2) en  $3.309 \pm 92$  anys BP. Aquest sòl no es manifesta en els continguts de  $C_{org}$ , tot i que el pic de  $Fe_d$  i de la relació  $Fe_d/Fe_t$ <sup>59</sup> insinua l'antiguitat d'aquesta formació edàfica classificada com a regosòl ( $E_6$ ). El fet de que la ràtio  $Fe_o/Fe_d$  superi clarament la unitat és indicatiu de sòls poc desenvolupats (Mahaney & Sanmugadas, 1990); les tres corbes del Fe ajusten els períodes favorables a l'edafogènesi i el grau de desenvolupament dels sòls en aquest lòbul de San Juan, tot i que els resultats de les fraccions del ferro en altres lòbuls no mostren sempre aquesta congruència. El sòl

<sup>58</sup> Veure discussió pàgina 104.

<sup>59</sup> El  $Fe_t$  s'ha calculat a partir de XRF, veure apartat 3.1.2, pàg. 82.

incipient es construeix a partir d'un vessant de vegetació dispersa amb certa mobilització mineral, fet que explica el seu limitat desenvolupament. Una fase solifluidal relativa ( $S_5$ ) esdevé entorn a 3-2,8 ka BP. Progressivament, s'inicia la formació d'un potent horitzó torbós ( $C_{org} \sim 25-30\%$ ), només truncat per breus impulsos de vessants que es tradueixen en disminucions orgàniques i lleugers increments en la proporció de sorres.

Prenent com a vàlida la datació de SJB3.6a a 13 cm de profunditat que resulta en  $1.020 \pm 126$  anys BP, la qual s'ajusta perfectament a la cronostratigrafia observada en altres lòbuls del massís, rebutgem la datació de SJB3.4eL a 30 cm, que dona una edat de  $957 \pm 51$  anys BP, evidenciant la injecció de pol·len modern i la necessitat d'anar amb especial cura a l'hora de seleccionar les mostres a datar. La datació superior constata que els processos edàfics van prevaldre en els sectors cimers de Sierra Nevada durant el RWP i MWP ( $E_5-E_3$ ), amb lleugers avenços solifluidals entorn a 2,5-2,3 i 1,9-1,7 ka BP ( $S_4$  i  $S_3$ ); el fet que la ràtio  $Fe_o/Fe_d$  augmenti en direcció a la superfície en el paquet torbós pot ser indicatiu d'edats més modernes (Arduino et al., 1984) o que condicions cada vegada més fredes privessin la formació d'òxids cristal·lins (Schwertman & Fitzpatrick, 1992; Bäumler & Zech, 1994). La fi d'aquestes condicions tèrmiques més càlides pels volts del s. XIII-XIV s'expressa en una inestabilització del vessant, amb dues fases solifluidals ( $S_2$  i  $S_1$ ) que suposen la mobilització del material més groller (graves i sorres), una caiguda de la fracció orgànica ( $\sim 6-7\%$ ) i dels valors de  $Fe_d$  i  $Fe_d/Fe_t$ , fases només interrompudes per una breu formació edàfica ( $E_2$ ). La remuntada tèrmica i l'increment de les precipitacions registrat en el conjunt d'Andalusia a mitjans de segle XIX (Rodrigo, 1994), a les acaballes de la LIA, determina un nou desenvolupament edàfic amb valors de  $C_{org} > 20\%$  ( $E_1$ ).

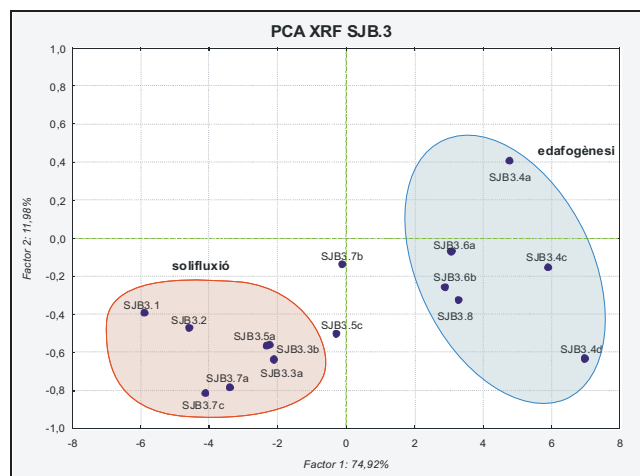


Figura 5.4. Factors que expliquen el contingut dels elements químics de les mostres de SJB.3.

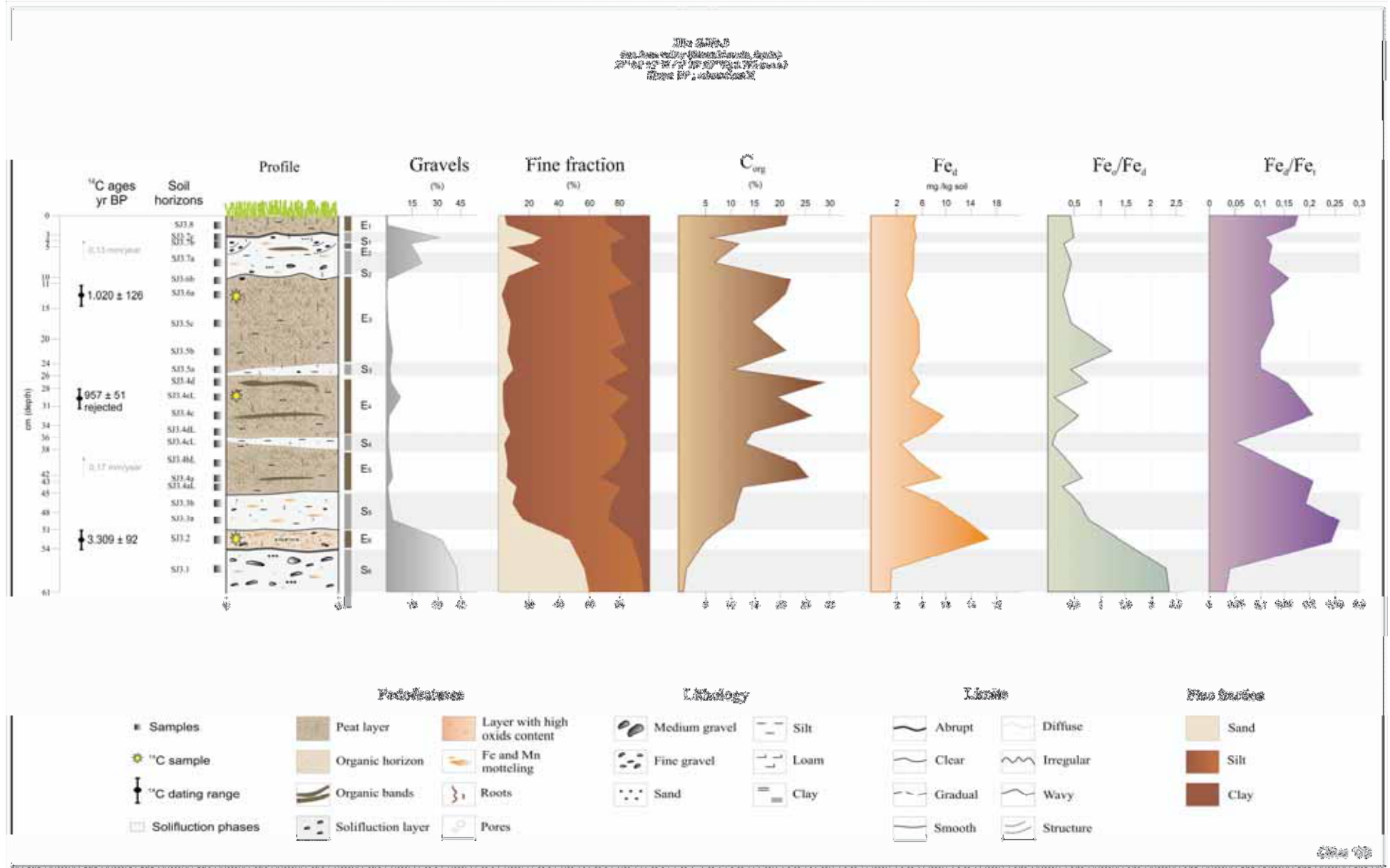


Figura 5.5. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJB.3.

La fluorescència de raigs X posa de relleu variacions en la composició química de les diferents unitats sedimentàries que configuren el lòbul SJB.3. La figura 5.4 mostra com s'estructuren les unitats litostratigràfiques d'aquest lòbul atenent a la seva composició geoquímica, evidenciant un comportament antagònic durant aquells moments en què impera l'edafogènesi i aquells en els quals dominen els processos solifluidals. Alguns elements (ex. CaO) romanen més elevats en els nivells edàfics i d'altres més mòbils tenen el seu màxim en els períodes de major mobilització de vessants (ex. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

- **San Juan, sector B, lòbul 11**

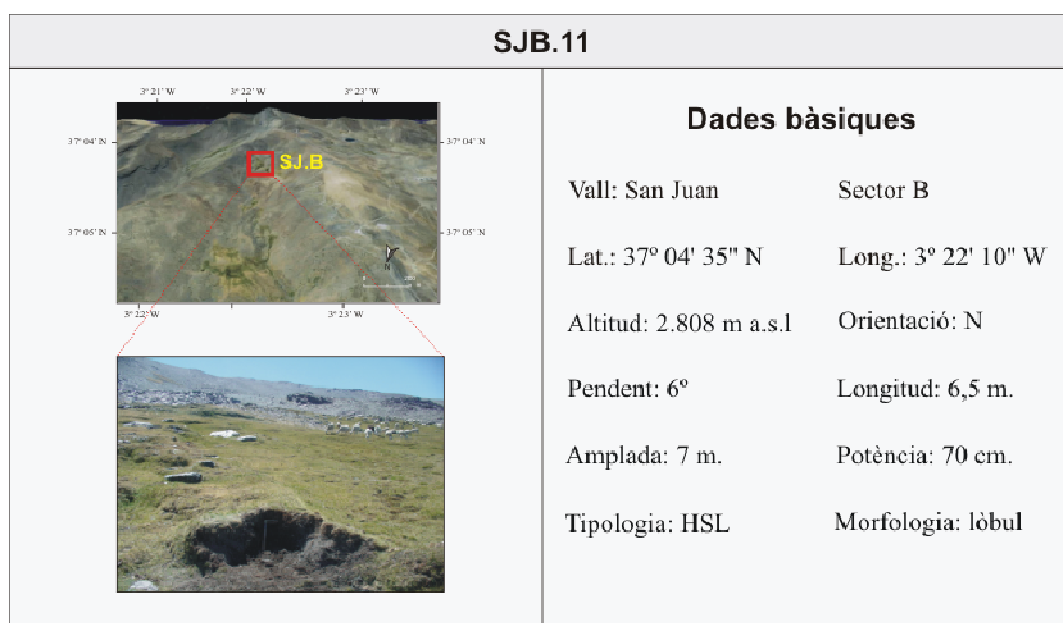


Figura 5.6. Localització i característiques del lòbul SJB.11.

**Descripció morfològica general:** lòbul de morfologia irregular situat just per sobre de SJB.3 que s'intueix de comportament anàrquic. L'estratigrafia del lòbul distingeix, a més del sòl actual, una fase edàfica anterior molt efectiva, amb continguts orgànics torbosos.

**Descripció del perfil:** s'ha obert un perfil de ~87 cm en el front del lòbul SJB.11 i la seva estructura permet distingir dues fases de dinàmica de vessants molt evidents interrompudes per dos episodis de formació de sòls. La unitat inferior es correspon amb una fase solifluidal amb un pic de MS gràcies a la notable aportació de graves (26,3%) i matriu llimosa-sorrenca, amb valors molt baixos de C<sub>org</sub> (2,1%). Seguidament, hi ha un canvi molt bruscat en la litostratigrafia amb un sobtat augment de la matèria orgànica i l'assoliment de percentatges torbosos que, sens dubte, són sinònim d'estabilització geomòrfica, amb màxims de Fe<sub>d</sub>, C/N, llims i argiles, i mínims de MS, graves i sorres.

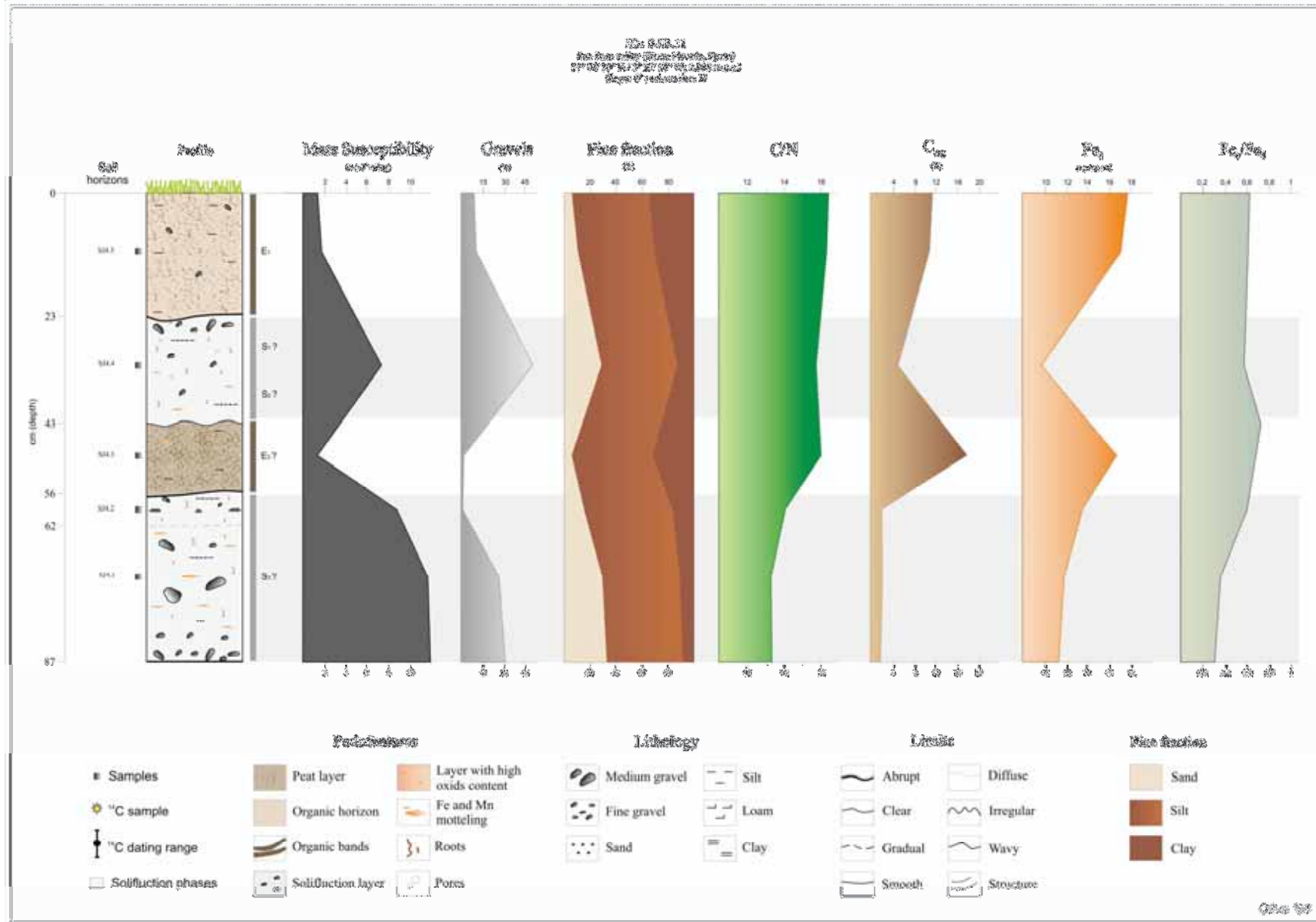


Figura 5.7. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJB.11.

La inestabilitat dels vessants es tradueix, posteriorment, en un brusc increment de graves (51,1%), augment relatiu de sorres i una caiguda del  $C_{org}$  (5,3%). Un nou desenvolupament edàfic fossilitza aquest dipòsit i possibilita l'extensió de la cobertura vegetal, frenant els processos solifluidals en aquest sector.

**Gènesi i edat:** la manca de datacions dificulta concretar la cronologia de formació d'aquesta geoforma. Basant-nos en les cronostratigrafies d'altres lòbuls de la mateixa vall, la base del lòbul es podria correspondre amb  $S_3$  i el nivell edàfic fossilitzat amb  $E_3$ . Mentre, el potent nivell de graves podria tenir el seu origen durant LIA ( $S_{2-1}$ ) i el sòl actual ésser conseqüència de l'escalfament registrat d'aleshores ençà ( $E_1$ ).

- **San Juan, sector B, lòbul 22**

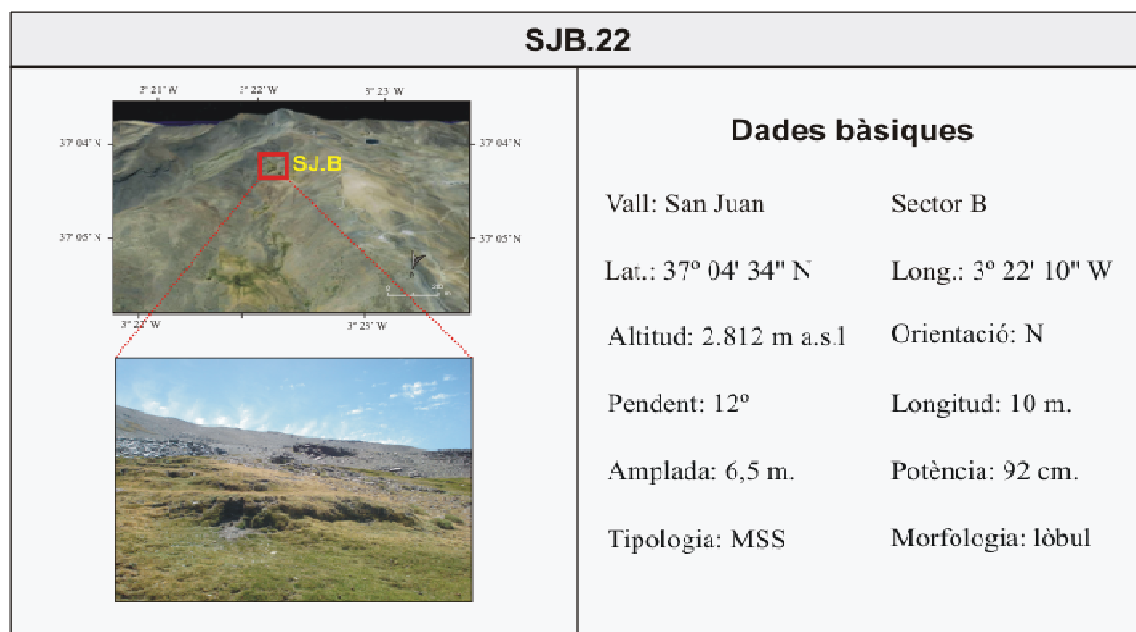


Figura 5.8. Localització i característiques del lòbul SJB.22.

**Descripció morfològica general:** mantell de solifluxió de notable potència i dimensions, amb un recobriment destacable de clastos superficials. Ubicat en el sector més elevat de San Juan sector B, aquesta geoforma solifluidal enllaça els talussos detrítics que entapissen els vessants amb un fons de vall de vegetació densa i torbosa on s'emplacen nombrosos lòbuls.

**Descripció del perfil:** la seva estructura interna conté també potents dipòsits solifluidals de graves fines i mitjanes. El potent dipòsit solifluidal sobre el qual es construeix el lòbul té una espessor de ~50 cm amb un contingut de graves petites i mitjanes d'entre un 20-30% i una matriu sorrenco-llimosa que determina valors elevats de MS i percentatges

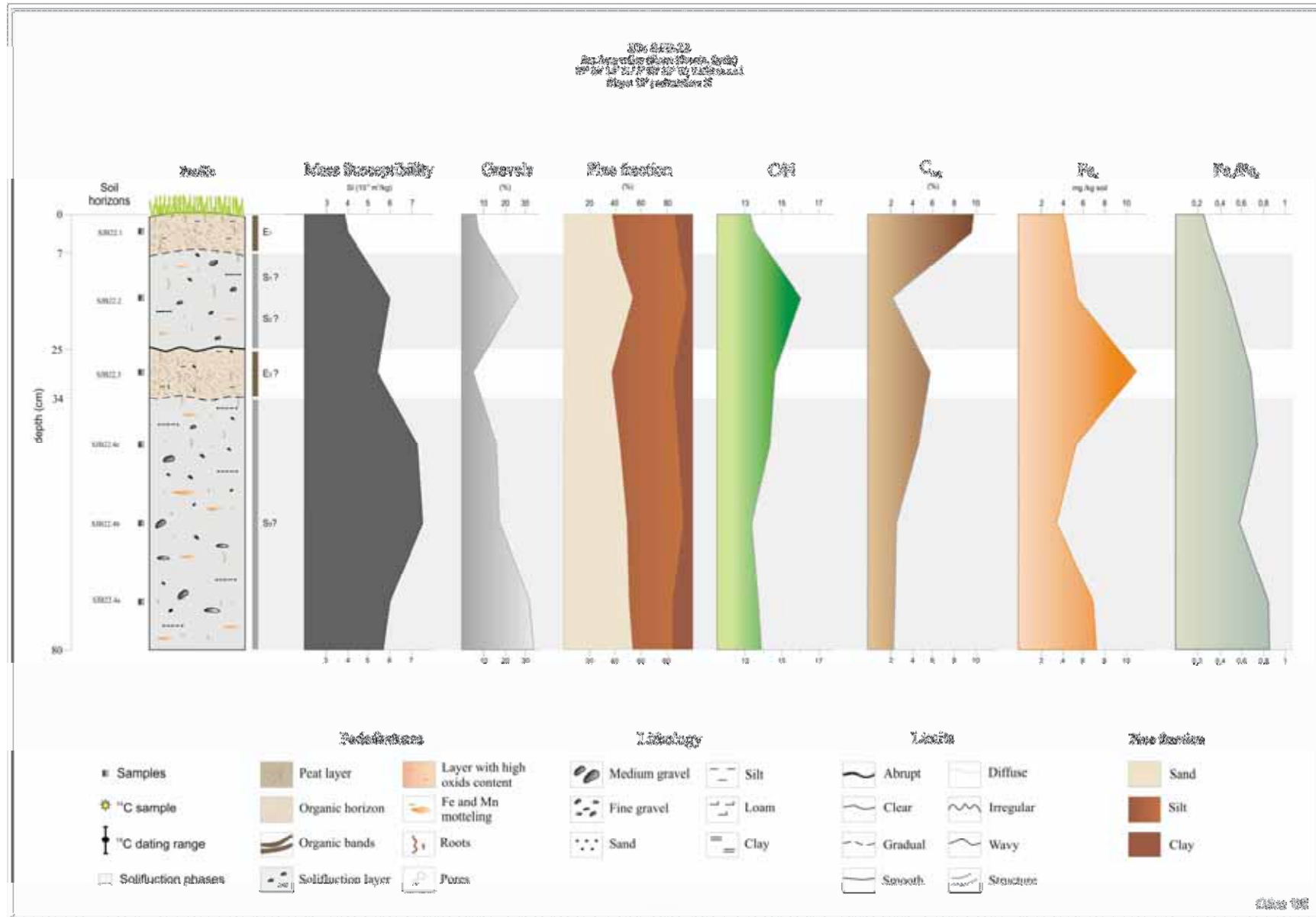


Figura 5.9. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJB.22.

de  $C_{org}$  inferiors al 5%. El progressiu augment de matèria orgànica va associat a una textura franca, mínims de MS i un pic de  $Fe_d$  que té un màxim al nivell SJB22.3. Una nova fase solifluidal trunca la formació orgànica aportant fins a un 26% de graves, increment de sorres i de la relació C/N i un mínim marcat de  $C_{org}$  (2%). Un nou desenvolupament edàfic explica l'actual cobertura vegetal dominant amb els valors més elevats de  $C_{org}$  del perfil.

**Gènesi i edat:** aquest lòbul sembla emmotllar-se a un model cronostratigràfic molt estès a San Juan, tot i la indispensable dosi de cura necessària per establir correlacions sense datacions. La fase  $S_3$  podria ésser un episodi solifluidal previ al sòl  $E_3$  corresponent al MWP; durant la LIA es repeteix una fase d'instabilitat de vessants amb aportació de material ( $S_{2-1}$ ) que s'atura amb l'augment tèrmic experimentat des de finals de la LIA, donant origen al sòl actual ( $E_1$ ).

- **San Juan, sector B, lòbul 38**

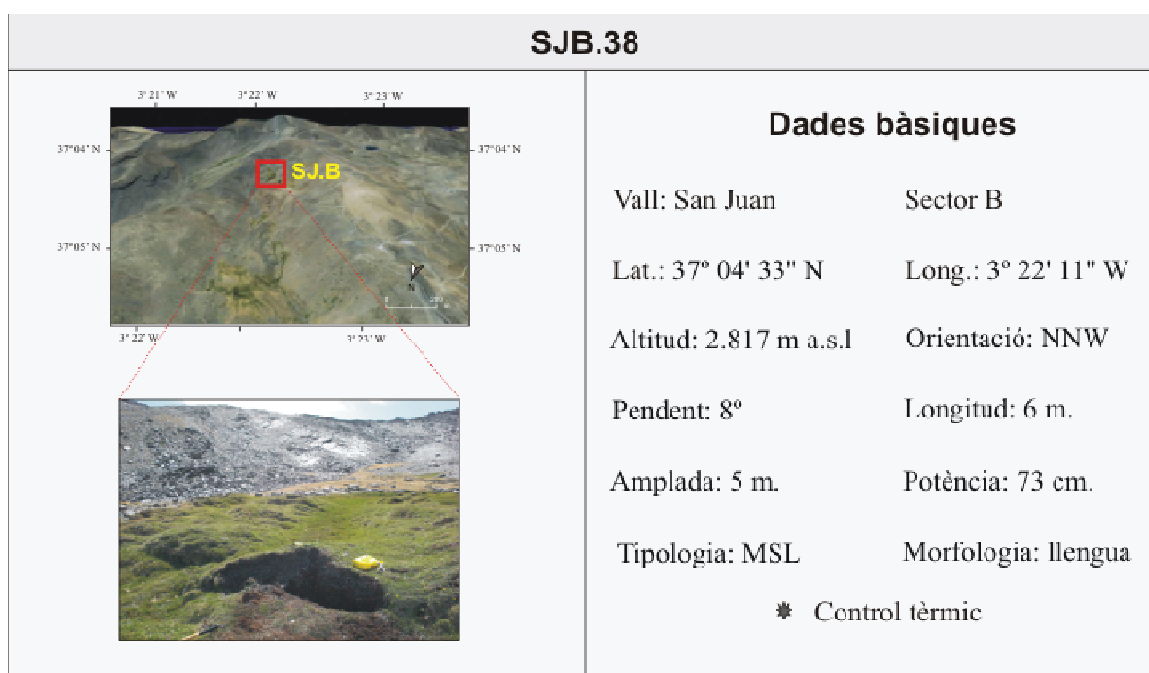


Figura 5.10. Localització i característiques del lòbul SJB.38.

**Descripció morfològica general:** lòbul de morfologia irregular amb elevat subministrament líquid. La seva gènesi està vinculada a la sortida d'un canal de desguàs de les aigües de fusió disposat entre dos lòbuls de solifluxió adjacents. S'ha definit com un *mudflow-affected solifluction lobe*, és a dir, una manifestació solifluidal de comportament anàrquic i impulsiu. La seva morfologia irregular i abonyegada indueix a considerar un desplaçament discontinu en el temps, amb diverses fases d'avenç i col·lapse.



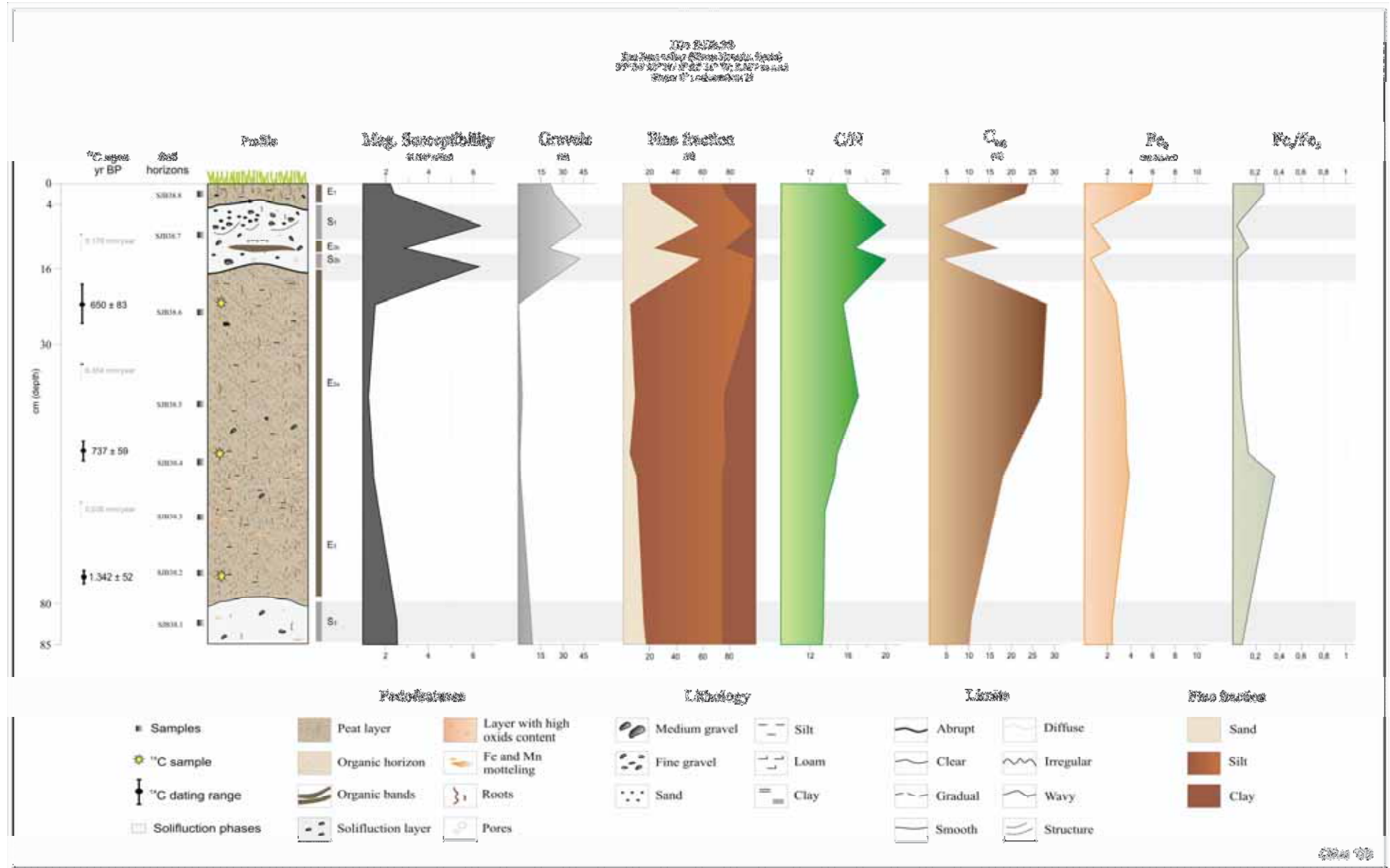


Figura 5.11. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJB.38.

**Descripció del perfil:** la presència d'un rierol adjacent al lòbul en qüestió suposa un input d'humitat que explica els elevats percentatges de matèria orgànica en tot el perfil. En aquest lòbul, l'índex  $Fe_o/Fe_d$  no és representatiu de l'edafogènesi; la presència del rierol a prop explica l'elevat nivell de l'aquífer que facilita la mobilització dels òxids de ferro desvirtuant així la utilitat d'aquesta ràtio.

**Gènesi i edat:** la base orgànica d'aquest lòbul és anterior a l'escalfament medieval, concretament s'emmarca en els DACP ( $E_3$ ), ja que està datada en  $1.342 \pm 52$  anys BP. La primera pulsació solifluidal mostra una proporció orgànica del 10% amb poca presència de graves i sorres ( $S_3$ ). Les dues datacions existents en el paquet orgànic de 40 cm d'espessor ( $737 \pm 59$  i  $650 \pm 83$  anys BP), molt properes en el temps, constaten el ràpid desenvolupament de la torba en aquest lòbul ( $E_{2a}$ ). Segons les tres datacions, el desenvolupament edàfic va prevaldre en aquest sector de San Juan entre  $\sim 600$ -1.300 AD ( $E_3$  i  $E_{2a}$ ). Igual que a SJB.3, durant la LIA es succeeixen dues fases solifluidals, la més recent de les quals mostra bosses de graves sense matriu fina, conseqüència d'episodis individualitzats de mobilització de material de vessant ( $S_{2b}$  i  $S_1$ ). Entremig s'insereix un nivell orgànic discontinu no datat que podria correspondre amb  $E_{2b}$  del perfil SJC.69, relatiu a una atenuació climàtica durant intervals menys rigorosos de la LIA. Tal i com succeeix en altres lòbuls, l'augment tèrmic posterior origina l'actual coberta edàfica ( $E_1$ ).

- **San Juan, sector B, lòbul 42**

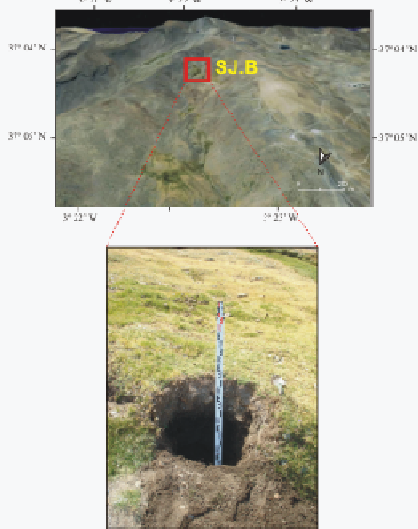
<b>SJB.42</b>	
	<b>Dades bàsiques</b>
Vall: San Juan	Sector B
Lat.: $37^{\circ} 04' 33''$ N	Long.: $3^{\circ} 22' 19''$ W
Altitud: 2.803 m a.s.l	Orientació: N
Pendent: $10^{\circ}$	Longitud: 10 m.
Amplada: 6 m.	Potència: 62 cm.
Tipologia: LSL	Morfologia: llengua

Figura 5.12. Localització i característiques del lòbul SJB.42.

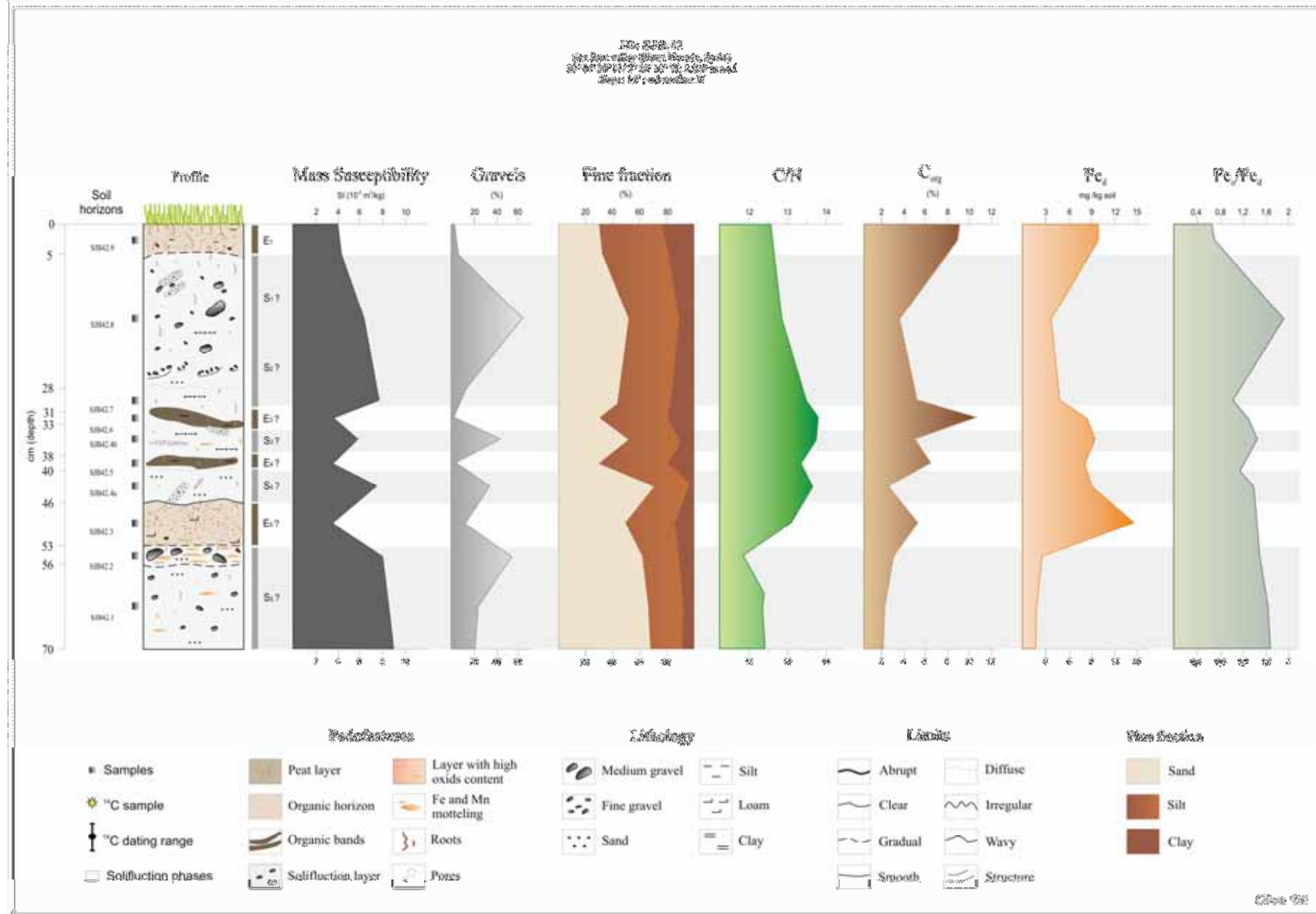


Figura 5.13. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJB.42.

**Descripció morfològica general:** lòbul situat al peu d'un ressalt rocós, pròxim a les últimes congestes de neu. Destaca la notable incisió antròpica en els lòbuls d'aquesta capçalera de barranc per derivació d'aigües.

**Descripció del perfil:** el lòbul SJB.42 presenta una successió de fases solifluidals i horitzons orgànics que mostren una dinàmica de vessants esmorteïda per breus fases d'incipient edafogènesi, sempre amb valors de matèria orgànica molt més baixos que en altres lòbuls més allunyats del vessant. La base es correspon amb una elevada aportació de graves i sorres, valors alts de MS i una escassa proporció de  $C_{org}$  (2-3%). L'estabilització d'aquesta dinàmica geomòrfica s'explicita en diferents fases de desenvolupament edàfic reflectides en augments de  $C_{org}$  i  $Fe_d$  (més elevats com més antics) i textures fines llimoses i franques, trencades per impulsos solifluidals relatius. Les gràfiques de MS, graves, granulometria i  $C_{org}$  evidencien aquesta successió encadenada d'esdeveniments ambientals. Una nova fase solifluidal determina continguts molt elevats de graves i una clara disminució orgànica, amb un màxim de  $Fe_o/Fe_d$ , que posa de relleu la necessitat d'anar amb especial cura a l'hora d'utilitzar aquesta ràtio com a indicadora de la intensitat de l'edafogènesi. La part superior del perfil expressa un nou desenvolupament edàfic.

**Gènesi i edat:** aquest lòbul respon a un patró similar a SJB.3, tot i que la posició més distal d'aquest últim respecte del vessant n'explica la major rellevància dels processos edàfics. La base del lòbul es podria relacionar amb  $S_5$  (Neoglaciació) i el paquet edàfic, menys desenvolupat i amb més presència de material de vessant que a SJB.3, contemplaria  $E_5-E_3$  (MWP-RWP). Destaca un dipòsit solifluidal de notable potència que deu correspondre a la LIA ( $S_2$  i  $S_1$ ) i el sòl actual ( $E_1$ ).

- **San Juan, sector C, lòbul 12**

**Descripció morfològica general:** lòbul vegetaltzat situat a una cota més baixa de la vall de San Juan. Té unes dimensions notables i el seu front enllaça suaument amb el pendent. La seva estratigrafia es caracteritza per una elevada presència de graves.

**Descripció del perfil:** tot i estar situat entre 300-400 m per sota dels lòbuls de SJA i SJB, presenta una estructura sedimentària força similar a aquells. La base del lòbul és un dipòsit sedimentari d'uns 30 cm constituït per una substancial proporció de graves mitjanes i grans (~40%); la matriu està conformada bàsicament per sorres en la part inferior amb un progressiu augment dels llims i un escàs contingut de matèria orgànica.

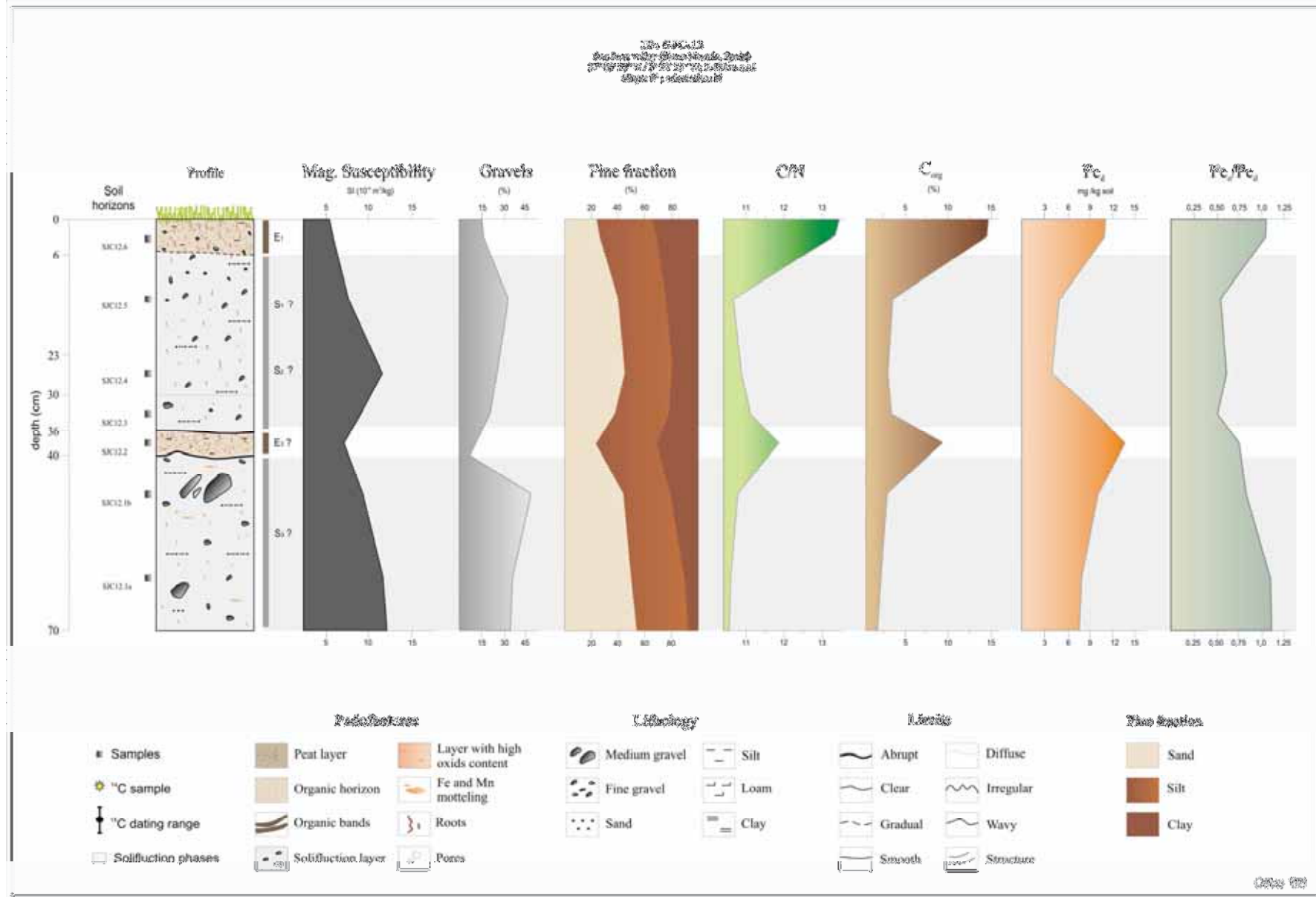


Figura 5.14. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJC.12.

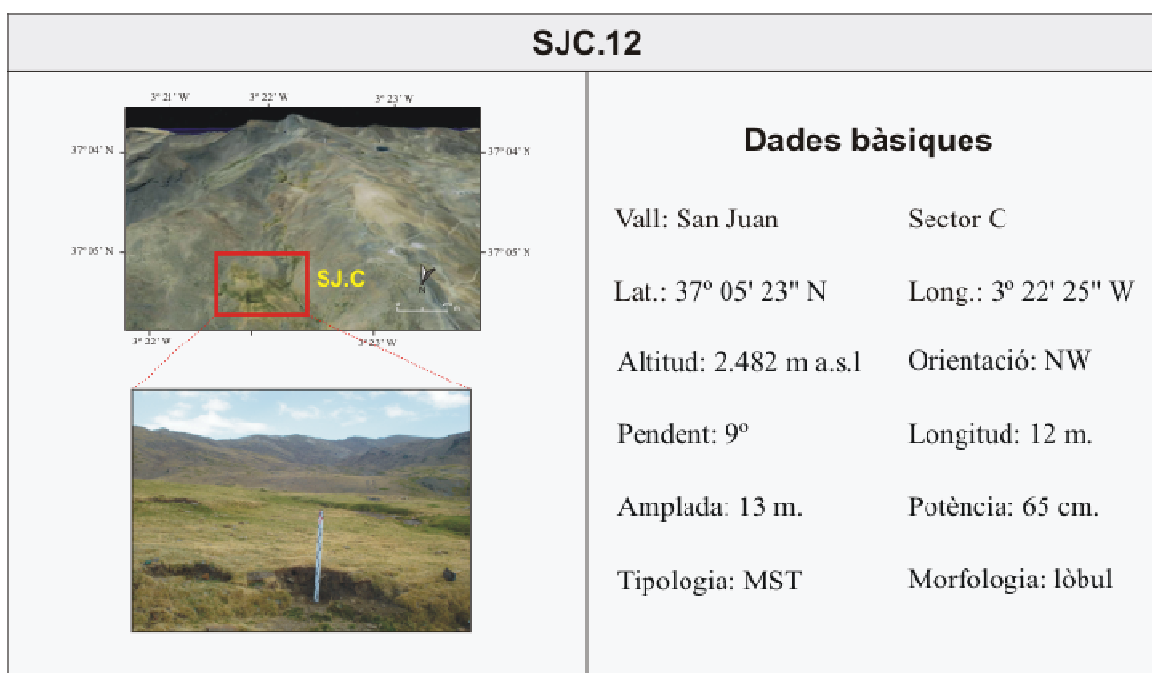


Figura 5.15. Localització i característiques del lòbul SJC.12.

El desenvolupament edàfic es percep en SJC12.2 amb un sobtat increment de  $C_{org}$  (10%), C/N,  $Fe_d$ , disminució de la MS i una textura franco-llimosa amb poca presència de graves. Aquest nivell orgànic és relativament estret i fou decapitat per una nova fase solifluidal amb abundant input de vessant, assolint percentatges de ~32% de graves petites i mitjanes i només un 3,4% de  $C_{org}$ . El fre dels processos de vessant i la intensificació de l'edafogènesi es manifesta en la recuperació orgànica que corona la part més superficial del lòbul.

**Gènesi i edat:** tal i com succeeix en altres lòbuls de San Juan, la base solifluidal inferior pot correspondre's amb  $S_3$ . El sòl intermedi es correlacionaria, doncs, amb  $E_3$ , possiblement d'edat baixmedieval, mentre que durant la LIA es dipositaren els dipòsits solifluidals més propers a la superfície ( $S_2$  i  $S_1$ ). La inèrcia tèrmica iniciada a la segona meitat del s. XIX es tradueix en el desenvolupament edàfic que arriba fins avui en dia ( $E_1$ ).

- **San Juan, sector C, lòbul 39**

**Descripció morfològica general:** lòbul de solifluxió de notable potència vertical en una àrea molt incidida per l'activitat humana. La seva estructura interna, però, no registra signes d'impacte antròpic.

**Descripció del perfil:** el lòbul mostra en la seva estratigrafia dos sòls fossilitzats inserits entre dipòsits solifluidals de notable potència.

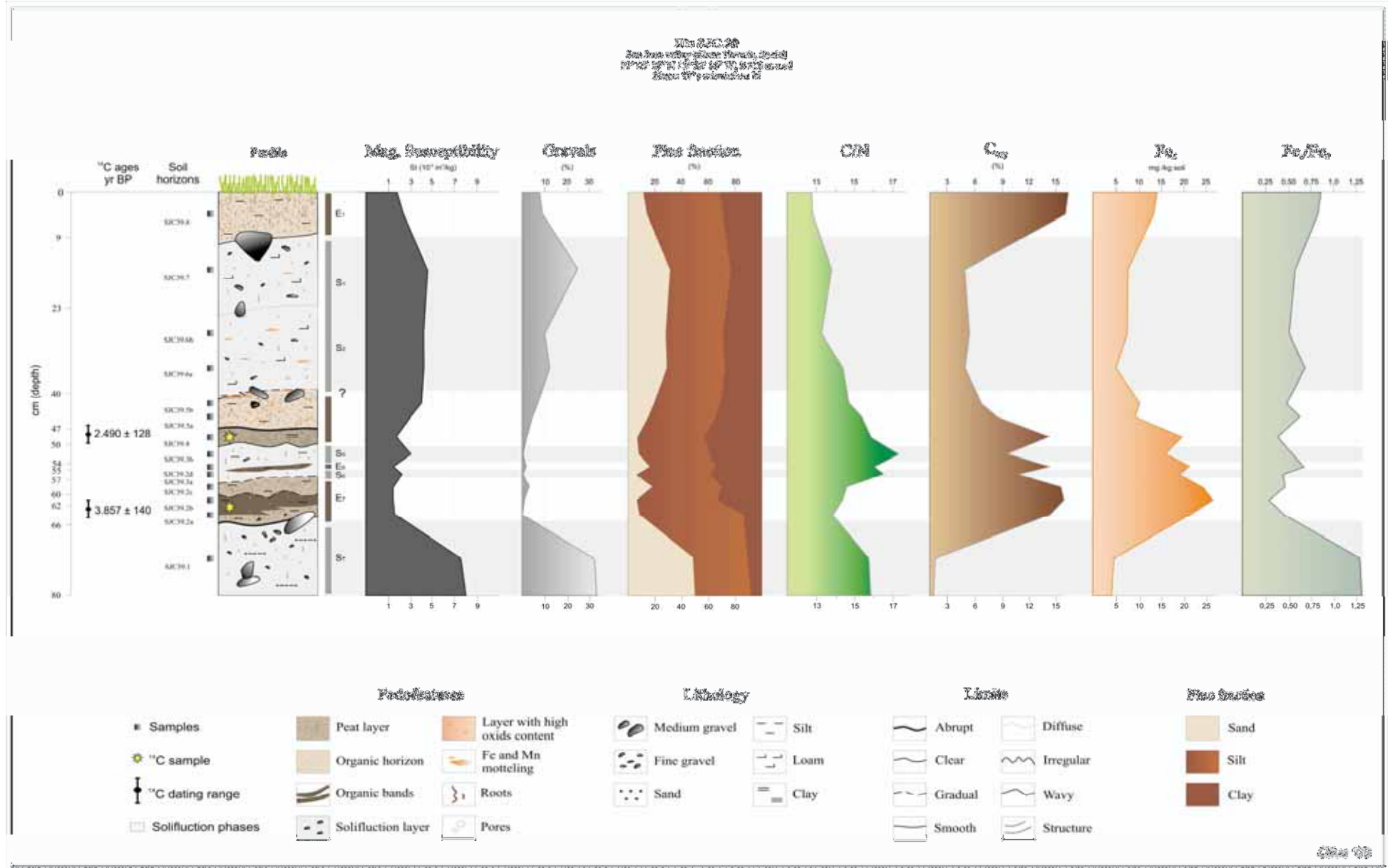


Figura 5.16. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJC.39.

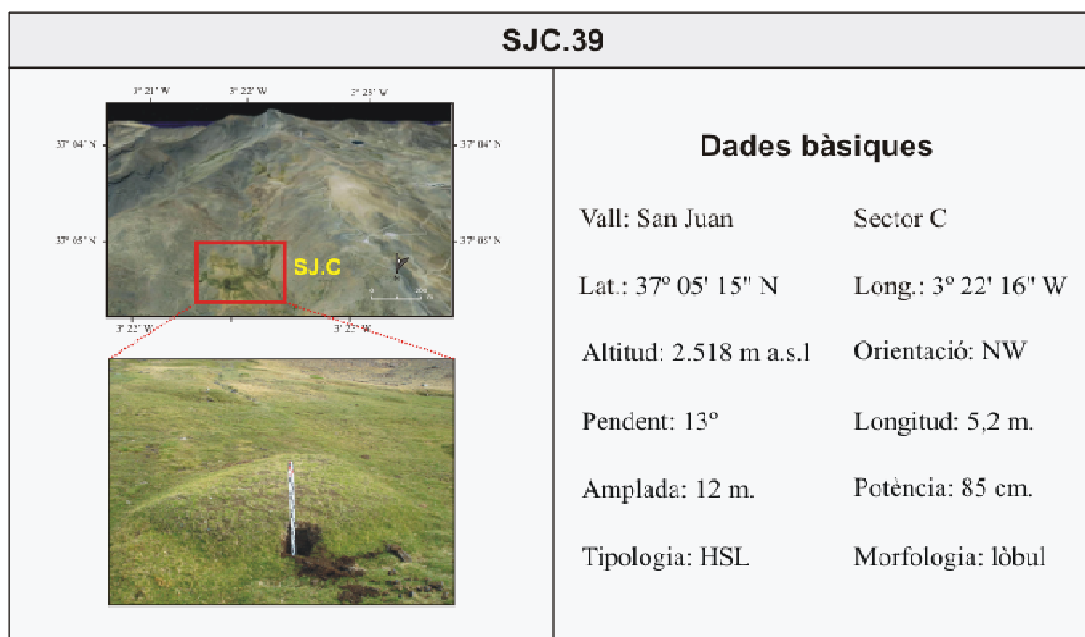


Figura 5.17. Localització i característiques del lòbul SJC.39.

**Gènesi i edat:** tot i disposar de dues datacions (-61 i -48,5 cm) en el perfil d'aquest lòbul, aquestes no són suficients com per tenir cronològicament emmarcada la seva estratigrafia. És un fet indicatiu del funcionament dels lòbuls, que sovint actuen sense regularitat respecte de les fluctuacions climàtiques. El lòbul té la seva base en un potent dipòsit de graves grans i mitjanes (33,9%), de matriu sorrenca i origen solifluidal (S<sub>7</sub>), que es veu interromput per un nou desenvolupament edàfic datat en  $3.857 \pm 140$  anys BP (E<sub>7</sub>), amb valors que ultrapassen el 15% de C<sub>org</sub> i altes ràtios de C/N<sup>60</sup>. Seguidament esdevé una inestabilitat de vessants amb màxims de C/N (S<sub>6</sub> i S<sub>5</sub>) només tallada per una breu formació edàfica (E<sub>6</sub>), que sembla correspondre's amb aquella datada en 3,3 ka BP a SJB.3. La datació de la base del paquet orgànic immediat resulta en  $2.490 \pm 128$  anys BP i permet determinar que el desenvolupament edàfic va prevaldre durant el RWP (E<sub>5</sub>), tot i que no podem precisar la cronologia d'aleshores ençà. La intensa activitat solifluidal constatada en el potent dipòsit de 30 cm de vessant insinua un període de domini de l'erosió que va poder decapitar el nivell edàfic fossilitzat, inferint possibles errors en la interpretació cronològica de la part superior del perfil sense més datacions que les existents. Aquest dipòsit, que registra un increment de graves grans i mitjanes i de sorres i una caiguda de la fracció orgànica (a 5-7% de C<sub>org</sub>), es podria correspondre amb la LIA, que en la majoria de lòbuls es manifesta com la fase solifluidal més activa dels darrers mil·lennis. La formació orgànica posterior fossilitza aquest dipòsit i permet el recobriment vegetal actual (E<sub>1</sub>).

<sup>60</sup> Ertel & Hedges (1984) afirmen que la torba sol presentar valors de C/N ~17.



- **San Juan, sector C, lòbul 44**

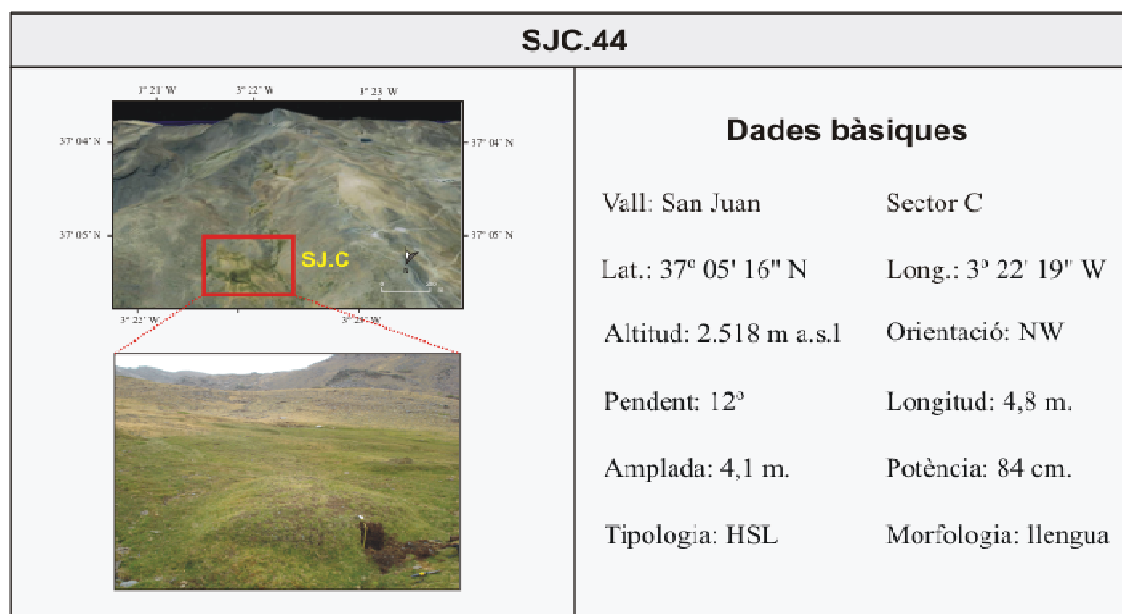


Figura 5.18. Localització i característiques del lòbul SJC.44.

**Descripció morfològica general:** lòbul de solifluxió de notable potència vertical desllorigat en el seu àpex per derivació d'aigües. El lòbul SJC.44 es va obrir per intentar copsar l'impacte humà en una zona especialment antropitzada per la derivació d'aigües en el sector central de SJC, pròxim al centre torbós.

**Descripció del perfil:** la seva estructura interna tampoc registra signes d'impacte antròpic, amb dues fases solifluidals i dues d'edàfiques. La base del lòbul es correspon amb un paquet solifluidal de 60 cm, constituït en un 40-75% per graves fines i mitjanes i un percentatge de sorres que oscil·la entre el 67-87% de la fracció fina ( $S_3$ ). Previ a la formació del nivell orgànic, destaca l'existència d'un nivell molt reduït amb abundants taques de ferro que es reflecteixen en un increment substancial de  $Fe_o$ , relatius a compostos complexos de Fe en presència abundant d'aigua (Mahaney & Sammugadas, 1990). Es percep el comportament antagònic que dibuixen la MS, contingut de graves, textura, C/N i  $Fe_o/Fe_d$  per una banda, i  $C_{org}$  i  $Fe_d$ , per altra, en els dipòsits solifluidals i els horitzons edàfics. El nivell edàfic fossilitzat inserit en aquest lòbul destaca per proporcions orgàniques elevades, màxims de  $Fe_d$  i un significatiu canvi en la textura de la matriu, amb clar domini de la composició llimosa-argilosa, evidenciant així canvis ambientals notables en el massís durant aquest període ( $E_3$ ). Com en altres lòbuls, la part superior combina un dipòsit solifluidal amb continguts de graves superiors al 65% ( $S_2$  i  $S_1$ ) i el sòl superior ( $E_1$ ), que reflexa valors elevats de  $C_{org}$  (16,3%).

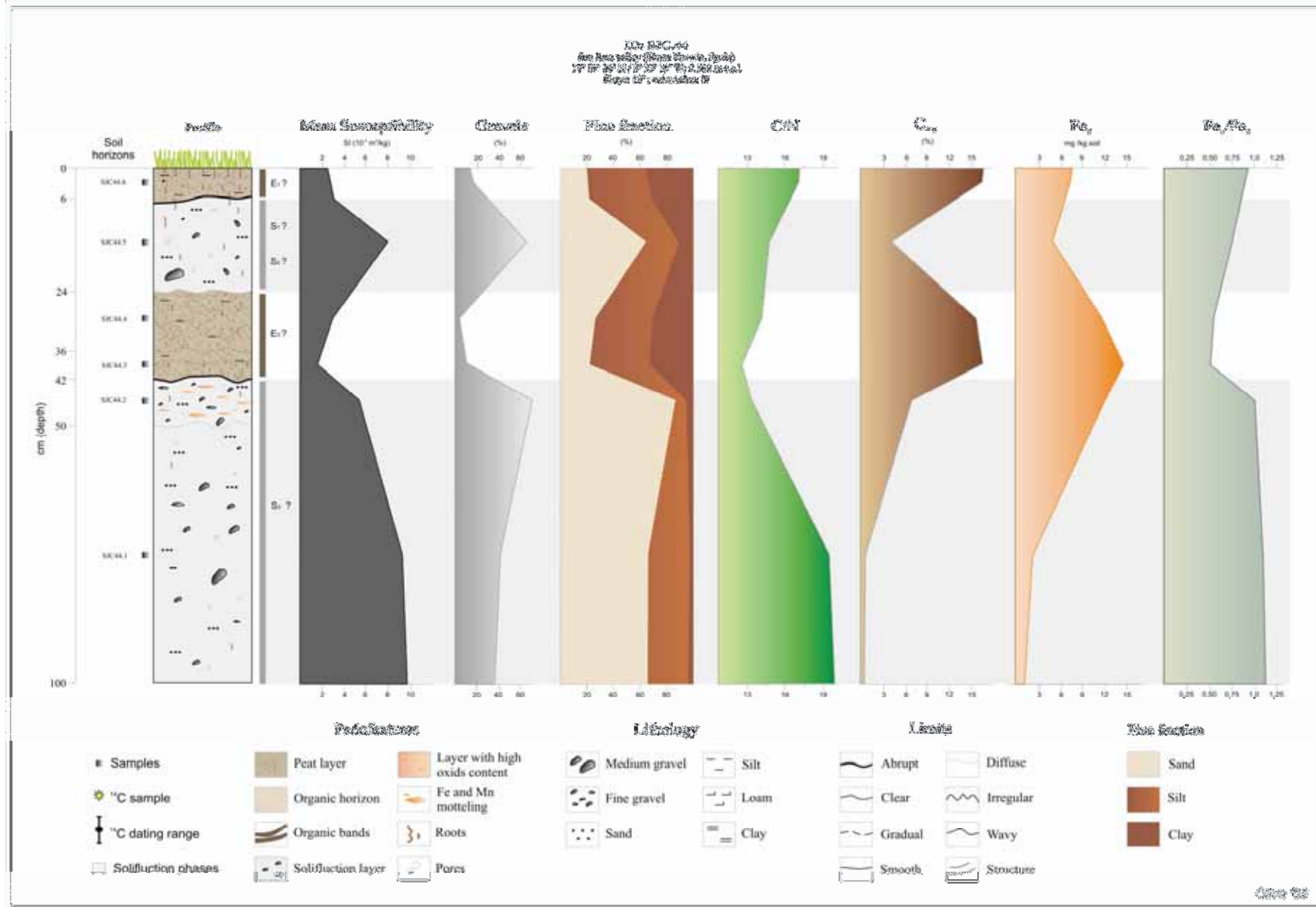


Figura 5.19. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJC.44

**Gènesi i edat:** tampoc es veuen rastres d'impacte humà en l'estructura d'aquest lòbul, que té una estratigrafia molt semblant als anteriors, amb una fase solifluidal ( $S_3$ ) que es podria correspondre amb aquella prèvia al MWP, el qual sembla relacionar-se amb la formació de  $E_3$ . La part superior es caracteritza per dipòsits de vessant possiblement associats a la LIA ( $S_2$  i  $S_1$ ) i el desenvolupament edàfic impera des del final d'aquesta pulsació freda ( $E_1$ ).

- **San Juan, sector C, lòbul 54**

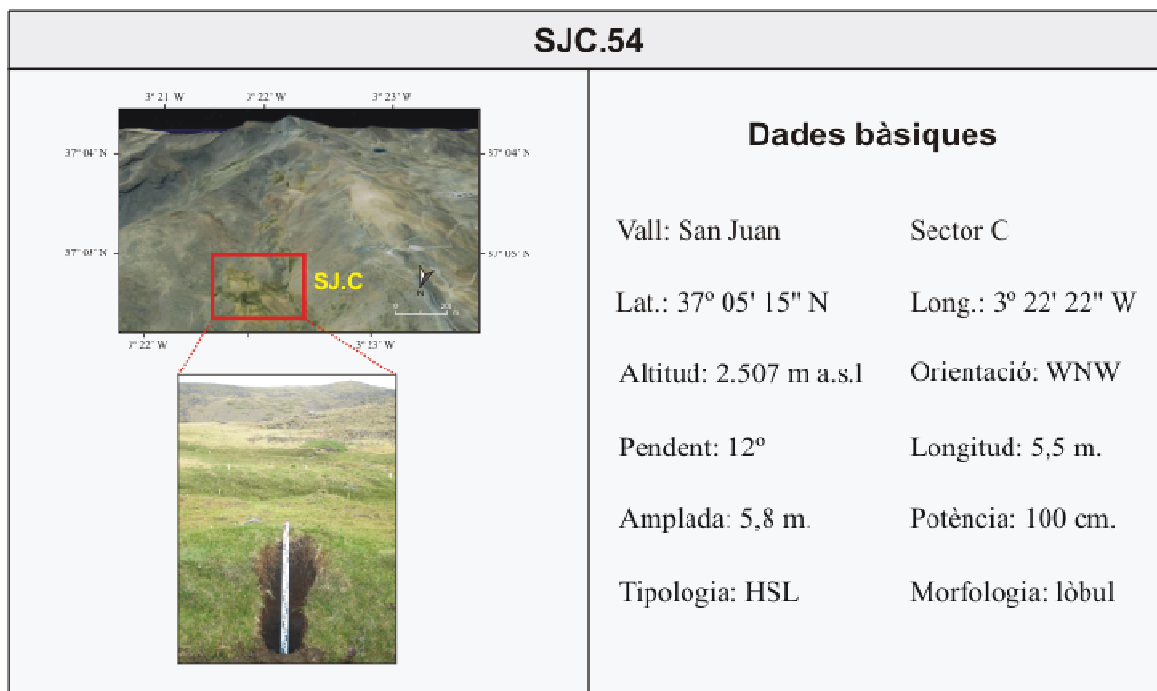


Figura 5.20. Localització i característiques del lòbul SJC.54.

**Descripció morfològica general:** successió de lòbuls de solifluxió de notable potència vertical en un sector distal de SJC. La proximitat al rierol propicia un elevat nivell freàtic.

**Descripció del perfil:** el lòbul es caracteritza per presentar elevats percentatges orgànics en tota la seva estructura. En la part inferior destaquen dos horitzons molt orgànics de característiques torboses.

**Gènesi i edat:** el lòbul SJC.54 destaca per una interessant seqüenciació de fases solifluidals i nivells edàfics. La datació existent a 83 cm de profunditat, que resulta en  $7.098 \pm 60$  anys BP, suggereix que la formació del lòbul va esdevenir amb anterioritat a aquesta data. Es constaten dues fases solifluidals prèvies tot i que la manca de més datacions no permet limitar-les cronològicament. La base del lòbul es caracteritza per continguts de graves de fins al 37%, una matriu franca i escassa matèria orgànica.

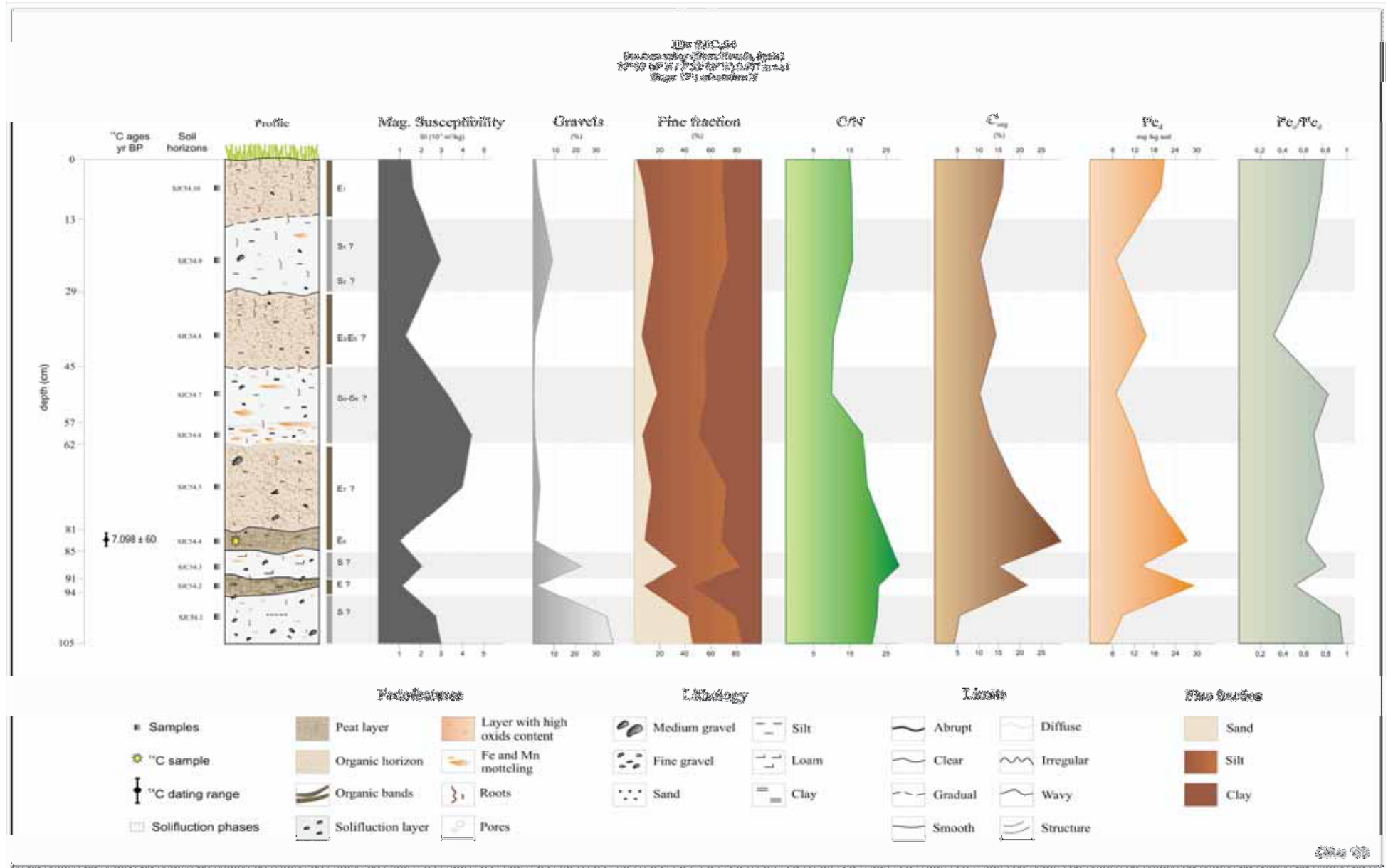


Figura 5.21. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJC.54.

Es succeeixen llavors dues fases edàfiques que assoleixen valors torbosos ( $E_7$  i  $E_8$ ) i atenent a la datació existent devien desenvolupar-se prèviament a 7,1 ka BP, separades per una breu pulsació solifluidal ( $S_8$ ). El desenvolupament orgànic frena el dinamisme geomòrfic de vessant i presenta una textura llimosa-argilosa, amb màxims de  $Fe_d$ . L'existència d'una sola datació i la manca d'horitzons edàfics de tipologies contrastades a Sierra Nevada que serveixen de marcador temporal fa molt difícil de precisar la cronologia posterior. El recobriment vegetal actual es correspon amb la formació  $E_1$ , que encimbella la geoforma lobular.

- **San Juan, sector C, lòbul 69**

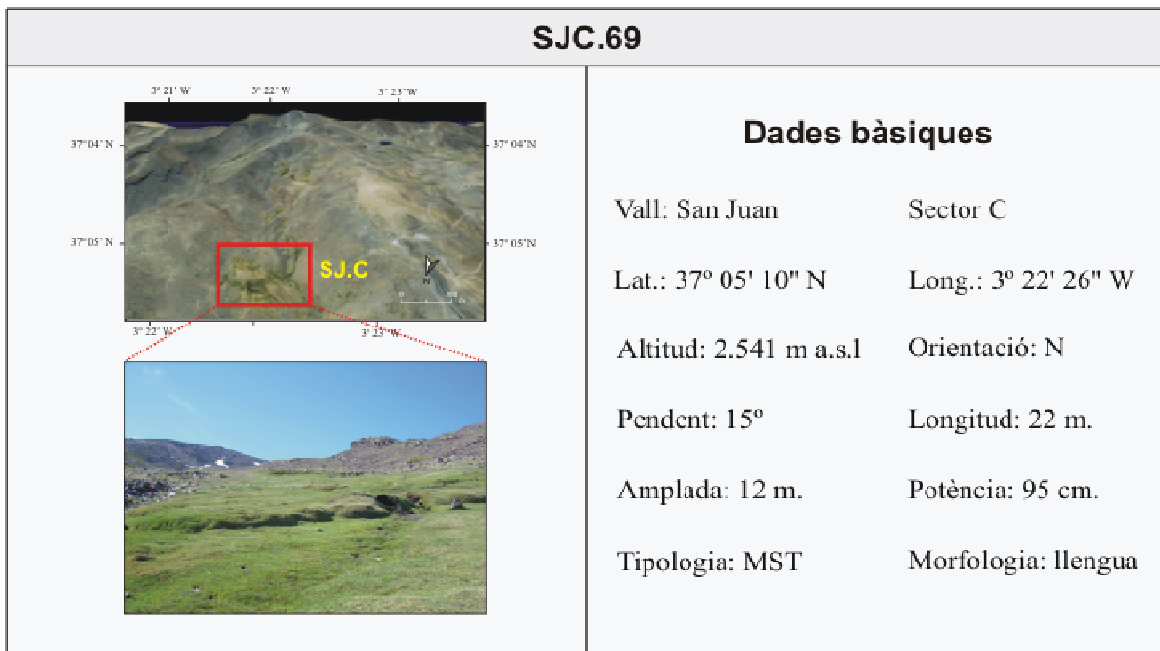


Figura 5.22. Localització i característiques del lòbul SJC.69.

**Descripció morfològica general:** lòbul del sector més elevat de SJC, amb un pendent notable. Té una longitud destacable acomodant-se a la topografia existent. Les aigües de fusió delimiten diferents successions de lòbuls que es solapen. L'emplaçament del lòbul SJC.69 determina una pauta de comportament ben diferent de la resta dels lòbuls, ja que el pendent molt elevat i una disponibilitat hídrica superior per la seva proximitat al torrent (que circula pel seu flanc esquerre), possibiliten un major dinamisme tant dels processos solifluidals com dels edàfics.

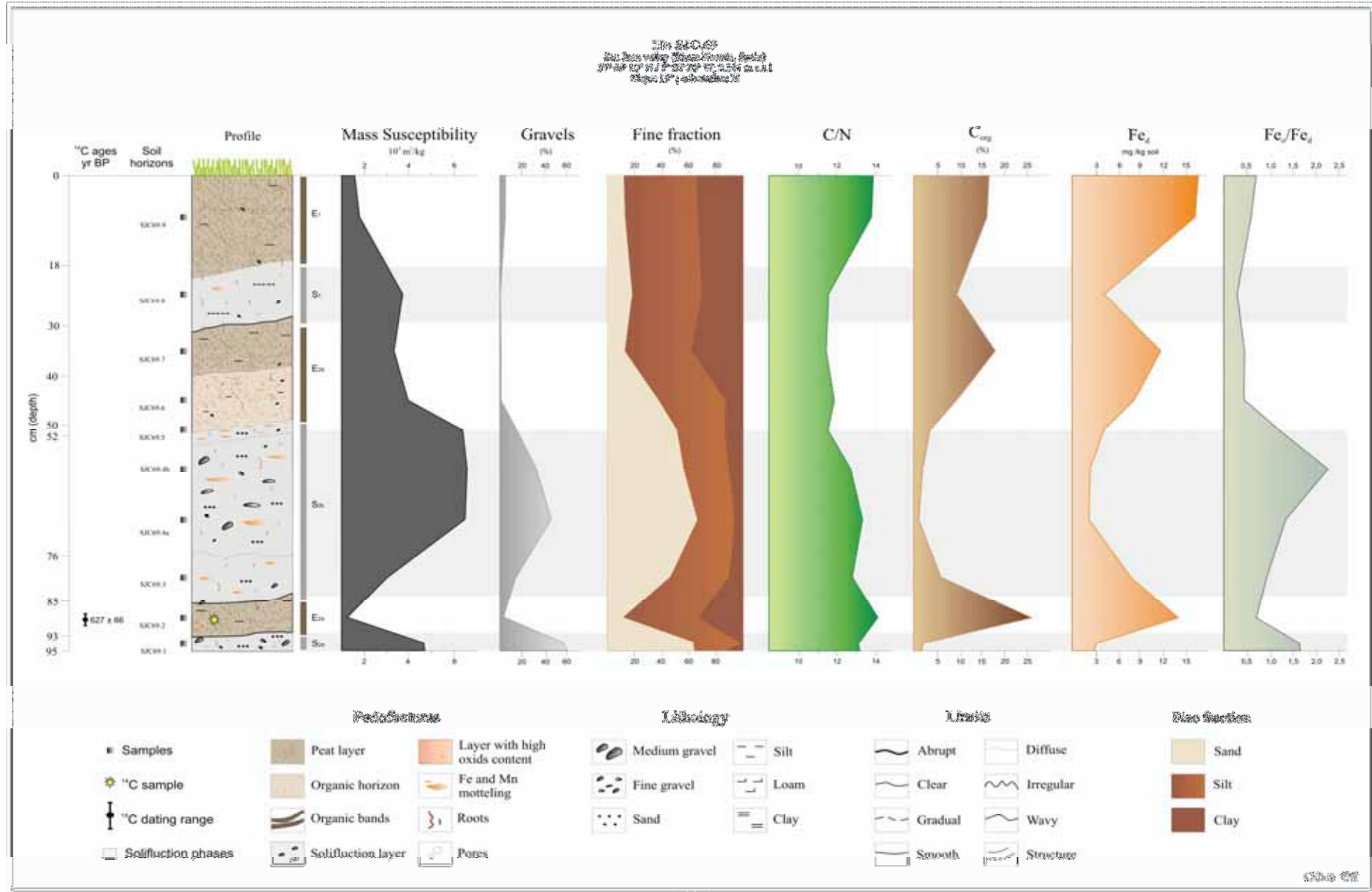


Figura 5.23. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul SJC.69.

**Descripció del perfil:** el lòbul conté dos sòls fossilitzats en la seva estructura amb un nivell freàtic elevat per la proximitat al curs d'aigua. L'horitzó orgànic inferior destaca per assolir continguts torbosos.

**Gènesi i edat:** el lòbul comença la seva agradació en una primera pulsació de la LIA ( $S_{2a}$ ), possiblement durant els segles XIII i XIV amb una elevada aportació de graves (>60 %) i sorres, en aquest sector de gran pendent al costat del curs d'aigua. La progressiva bioconstrucció del lòbul, l'increment de la seva potència vertical i la pròpia redistribució de les aigües derivada seu creixement expliquen la gradual menor aportació de graves.

Una fase edàfica, amb continguts de  $C_{org}$  molt elevats (augment del 2,1 al 26,2%) i pic de  $Fe_d$ , esdevé durant el segle XIV ( $E_{2a}$ ), segons la datació que resultà en  $627 \pm 66$  anys BP a 89 cm de profunditat. Aquest horitzó es veu tallat per un potent dipòsit de vessant de ~45 cm de potència, que comporta increments en el percentatge de graves (15-45%), de sorres, disminucions de  $C_{org}$  i  $Fe_d$  ( $S_{2b}$ ). Un horitzó orgànic amb valors de fins a 18% de  $C_{org}$  es desenvolupa segurament al llarg del segle XVIII, centúria climàtica relativament més benigne al sud-est peninsular (Rodrigo et al., 1999), amb temperatures i precipitacions moderades ( $E_{2b}$ ). La darrera pulsació de la LIA a la Península Ibèrica, a cavall dels segles XVIII i XIX suposa un avanç solifluidal menor i una relativa caiguda del contingut orgànic ( $S_1$ ). Finalment, des de 1850, l'augment tèrmic registrat es reflecteix en un augment de  $C_{org}$  i C/N ( $E_1$ ).

- **Altres perfils de San Juan**

Per tal de seleccionar els perfils de referència sobre els quals realitzar l'anàlisi dels diferents horitzons que contenen els lòbuls, es van sondejar manualment nombroses unitats per decidir sobre quines treballar i aquelles que era més convenient descartar pel fet de presentar una estratigrafia menys resolutiva.

El limitat nombre de lòbuls al circ de Rio Seco va facilitar la presa de decisions, mentre a San Juan, en canvi, els més de 150 lòbuls existents en dificultava la selecció. A més, cal tenir en compte la catalogació del sector cim de Sierra Nevada com a Parc Nacional, que limita l'impacte antròpic i restringeix l'extracció de mostres a un nombre reduït de lòbuls.

L'estructura sedimentària dels lòbuls no considerats per l'anàlisi mostra un patró molt estès en els lòbuls de San Juan (figura 5.24 i 5.25): l'existència de dues fases edàfiques i dues de solifluidals. En general, les unitats que es presenten agrupades en aquest apartat tenen una estratigrafia que presenta menys variacions que en els lòbuls anteriors analitzats individualment, els quals ofereixen una millor resolució dels canvis ambientals esdevinguts en el massís durant els darrers mil·lennis.

El fet de controlar cronològicament la formació i desenvolupament de l'horitzó orgànic E<sub>3</sub> (MWP) tant a Rio Seco com a San Juan, permet utilitzar-lo com a referència cronològica relativa, ja que tots els lòbuls aquí presentats presenten aquest nivell edàfic més o menys desenvolupat en el seu perfil. Així, es pot considerar que els lòbuls comencen la seva agradació durant una fase solifluidal que es correspon amb la S<sub>3</sub>, prèvia a l'horitzó E<sub>3</sub>, és a dir, molt possiblement relacionada amb la fase freda coneguda com a DACP.

Durant l'època baixmedieval es desenvolupa el nivell orgànic E<sub>3</sub>, que, en els racons de microtopografia més favorable, assoleix característiques torboses (SJB.25 i SJA.12). La baixada de temperatures registrada durant la LIA al continent europeu s'explicita en les alçades nevadenses amb una activació de la solifluxió en dues pulsacions (S<sub>2</sub> i S<sub>1</sub>), tot i que en aquests lòbuls només es detecten individualitzades a SJB.34, enmig de les quals s'insereix un petit nivell edàfic incipient (E<sub>2</sub>).

En tots els lòbuls descrits a les figures 5.25 i 5.26, des de finals de la LIA s'ha desenvolupat una nova coberta edàfica, que oscil·la entre els 5 i 40 cm de potència, depenent de la topografia on s'assenta el lòbul i que propicia el recobriment vegetal dominant en tots ells.



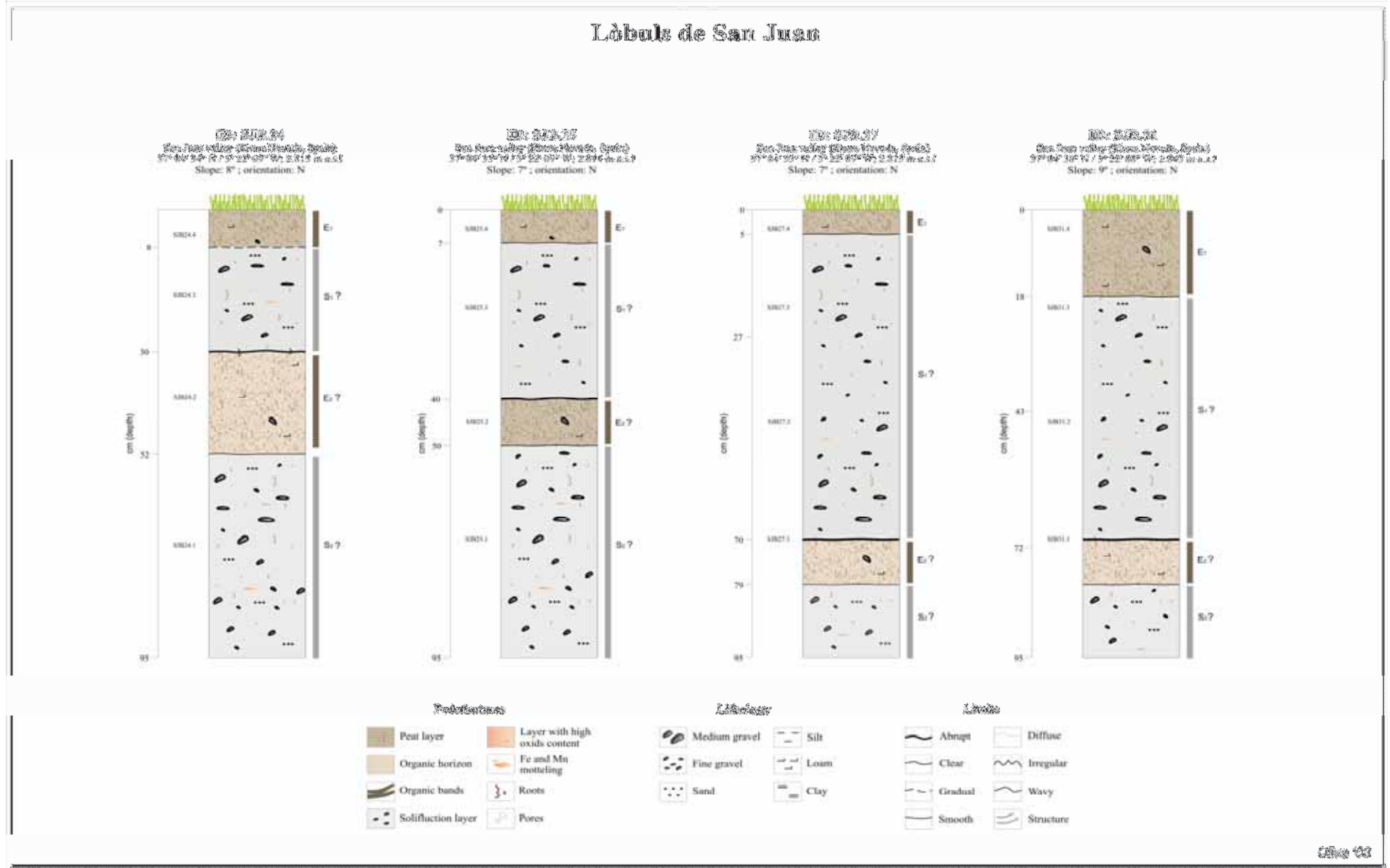


Figura 5.24. Perfils litostratigràfics de diferents lòbuls de la vall de San Juan (SJB.24, SJB.25, SJB.27, SJB.31).

### Lòbuls de San Juan

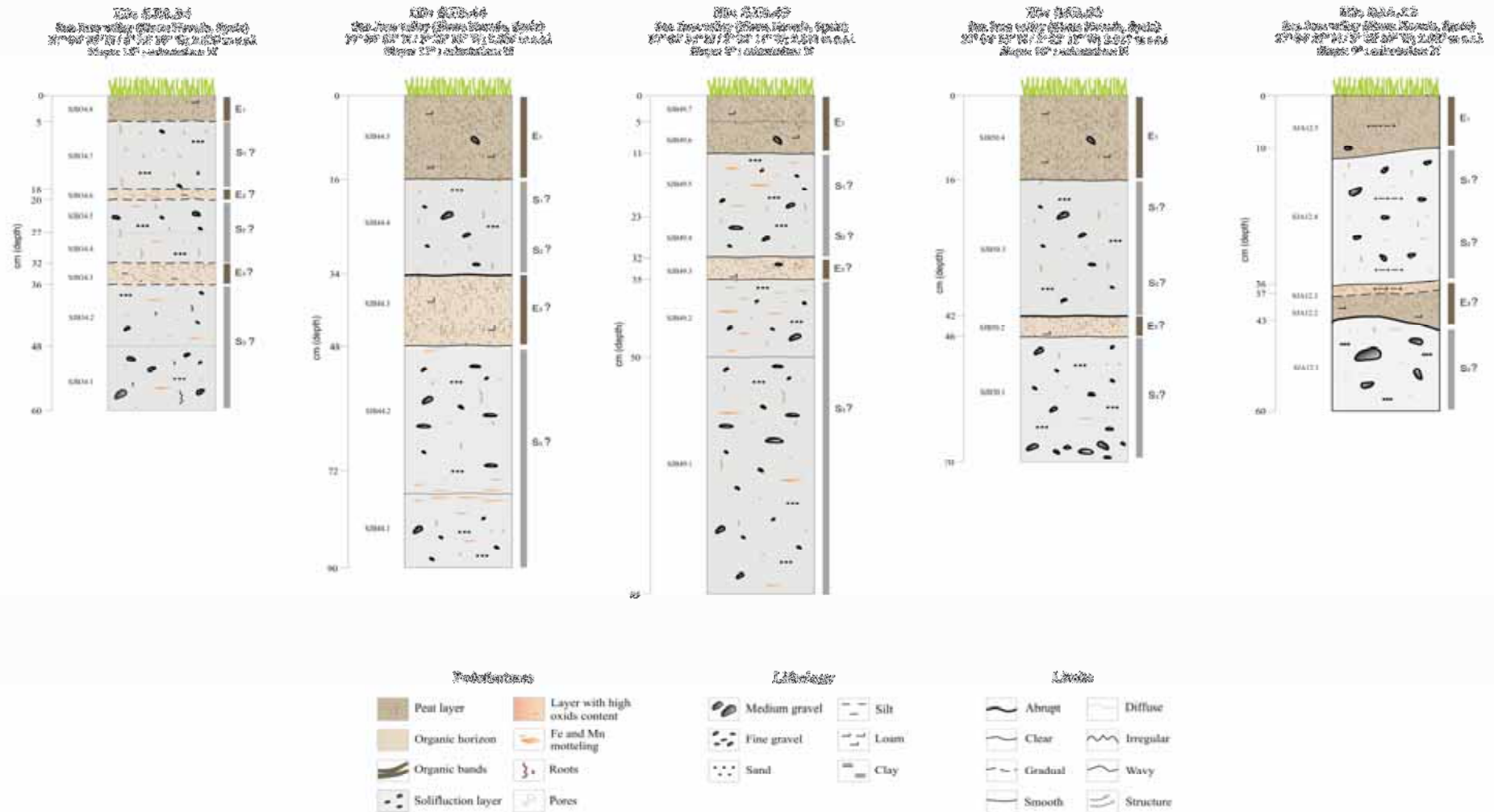


Figura 5.25. Perfils litostratigràfics de diferents lòbuls de la vall de San Juan. (SJB.34, SJB.44, SJB.49, SJB.50, SJA.12).

## 5.2 Vall de Rio Seco

- Rio Seco, sector A, lòbul 7

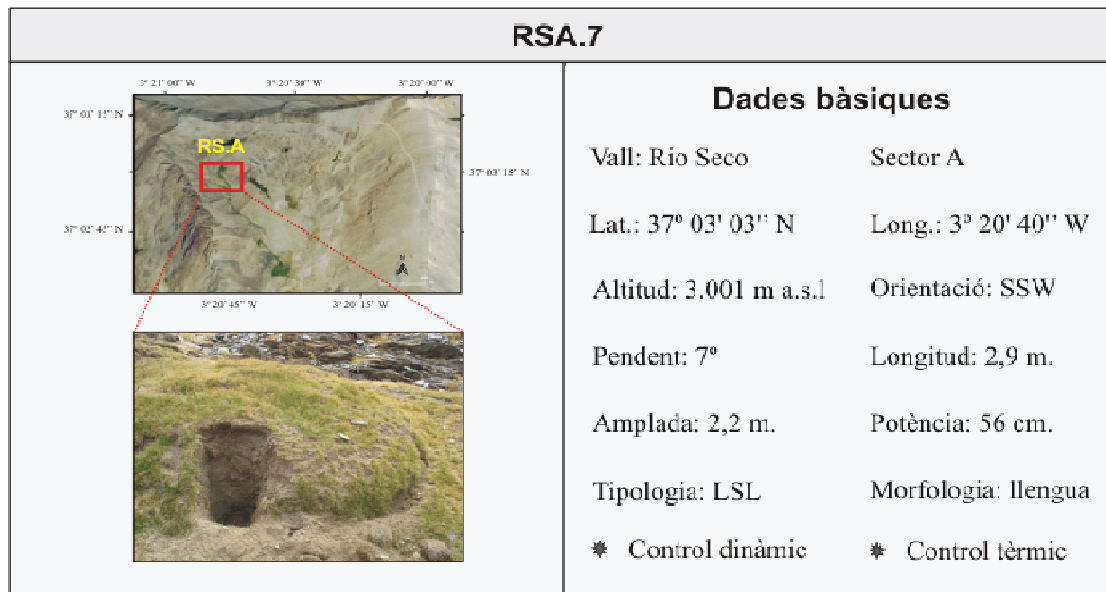


Figura 5.26. Localització i característiques del lòbul RSA.7.

**Descripció morfològica general:** lòbul de morfologia ben definida que denota la inactivitat solifluidal actual en la capçalera del sector de RSA. En aquest lòbul de RSA s'ha monitorat el règim tèrmic del sòl i s'ha realitzat un control del seu moviment des d'agost de 2006 fins a agost del 2008. Malgrat la presència d'una capa glaçada de fins a 70 cm de profunditat, no es va detectar cap desplaçament en aquest lòbul<sup>61</sup>, deduint així que la seva formació està lligada a altres condicions climàtiques més favorables.

**Descripció del perfil:** el lòbul detecta una paulatina disminució del contingut de graves, just al contrari que la tendència general de major contingut en  $C_{org}$  al llarg de tot el perfil, tot i romandre sempre en valors molt baixos.

**Gènesi i edat:** un primerenc desenvolupament edàfic datat en l'escalfament Bølling<sup>62</sup>, just entre les dues crisis fredes del Tardiglaciari, insinua que el circ de Rio Seco devia romandre lliure de gel durant aquest període. Els valors elevats de  $Fe_d$ , tot i no ajustar-se amb increments de  $C_{org}$ , apunten a l'existència d'un paleosòl classificat com a Go. La manca de més datacions en aquest lòbul no permet precisar l'edat dels dos impulsos solifluidals detectats en aquest lòbul, tot i que la comparació amb RSA.12 insinua que el sòl intermedi podria haver-se desenvolupat durant el MWP.

<sup>61</sup> Veure apartats 4.3.1 i 4.3.2.

<sup>62</sup> Veure apartat 2.2.3, pàg. 53.

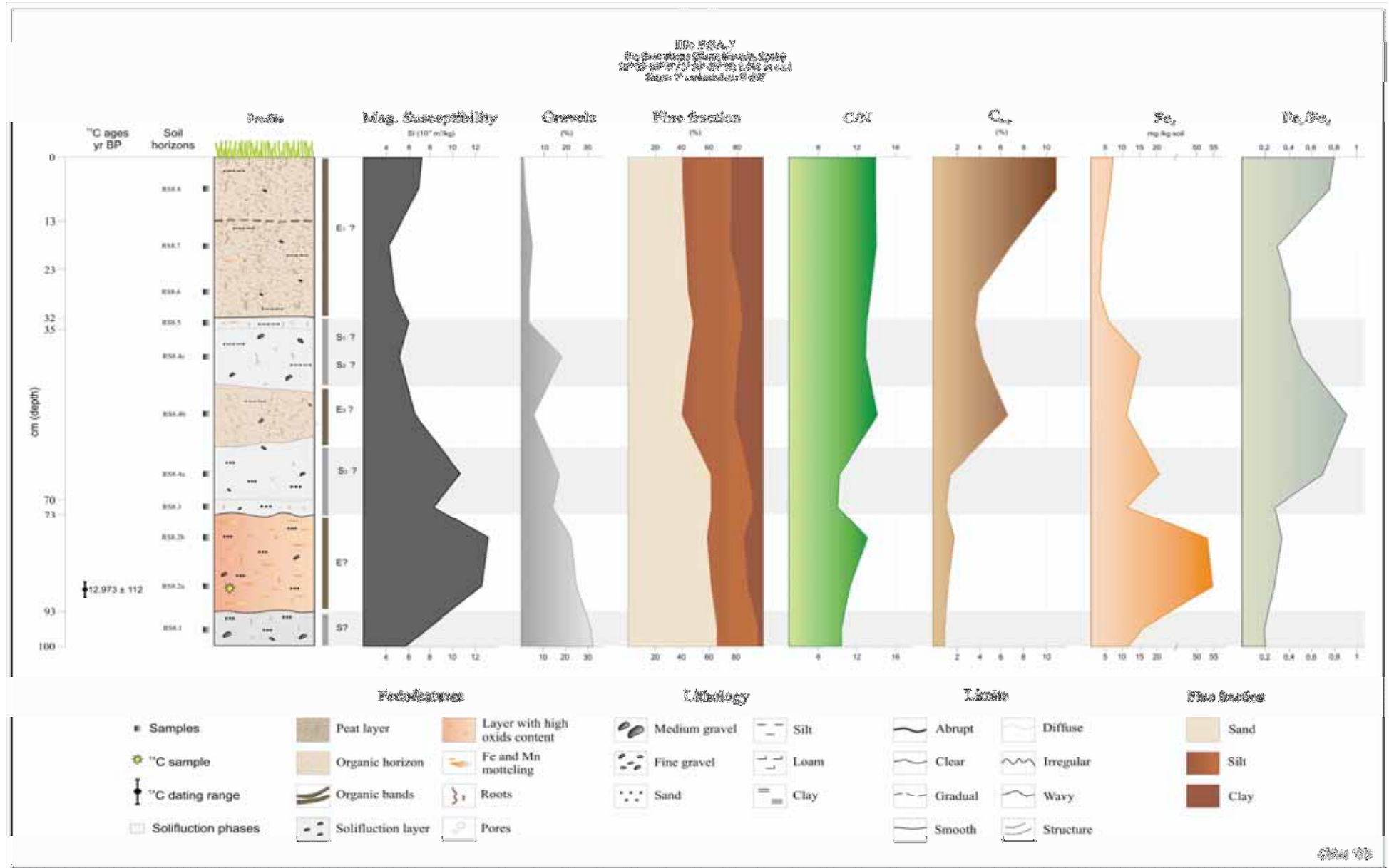


Figura 5.27. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul RSA.7.

- **Rio Seco, sector A, lòbul 12**

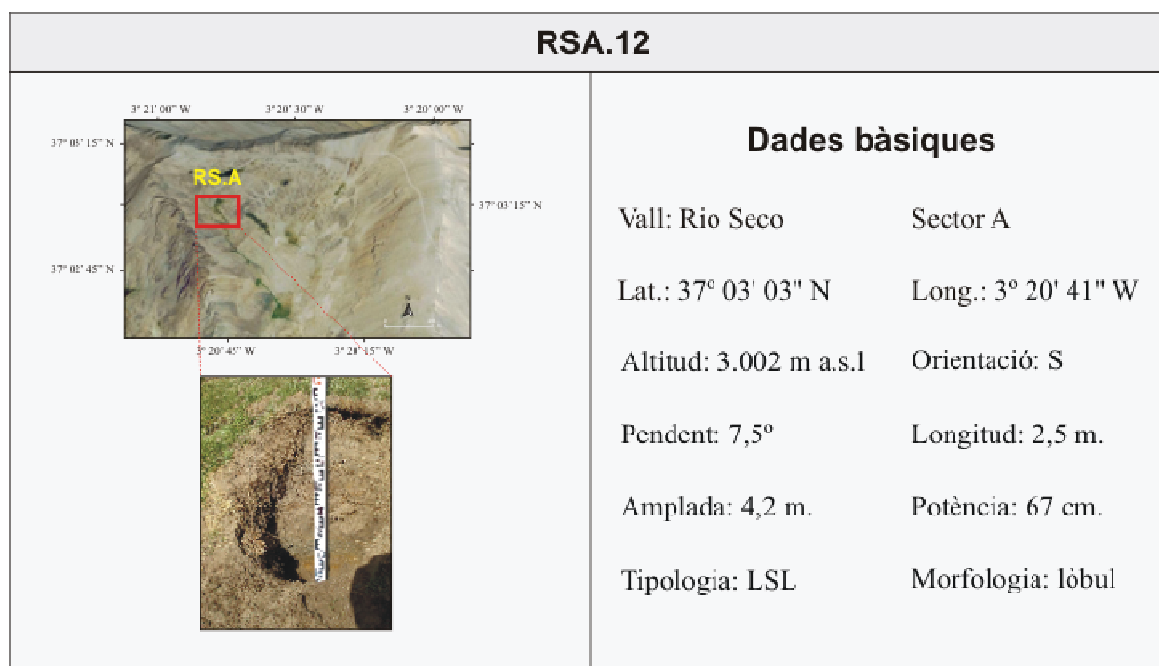


Figura 5.28. Localització i característiques del lòbul RSA.12.

**Descripció morfològica general:** ample lòbul del circ de Rio Seco de front ben definit. S'insinua també la seva inactivitat en les condicions climàtiques actuals.

**Descripció del perfil:** lòbul molt proper a RSA.7 amb una estratigrafia semblant. Les corbes de graves, matèria orgànica i fraccions del ferro dibuixen tendències paral·leles. El lòbul té en la seva base dos nivells de sòl fossilitzats que podrien correspondre's amb aquell horitzó *gley* descrit per RSA7.2, mostrant valors molt elevats de  $Fe_d$  i baixos de  $C_{org}$ . A més, cal destacar que ambdós horitzons contenen proporcions molt elevades de sorres (>85%), separats per una fase mineral de matriu més fina. La meitat superior del perfil presenta una diferència notable respecte la inferior: hi dominen les tonalitats més fosques amb continguts orgànics superiors (~10%).

**Gènesi i edat:** la datació del nivell orgànic a 48 cm de la superfície resulta en  $1.354 \pm 52$  anys BP indicant que el desenvolupament edàfic va dominar durant el MWP ( $E_3$ ), posteriorment a la fase solifluidal prèvia ( $S_3$ ). La part superior del lòbul es relaciona amb un dipòsit de vessant corresponent a la LIA, indicatiu d'una menor cobertura vegetal i una activació dels processos solifluidals en aquesta vall ( $S_2$  i  $S_1$ ). Finalment, l'augment tèrmic registrat d'aleshores ençà propicia un nou desenvolupament edàfic que s'allarga fins als nostres dies ( $E_1$ ).

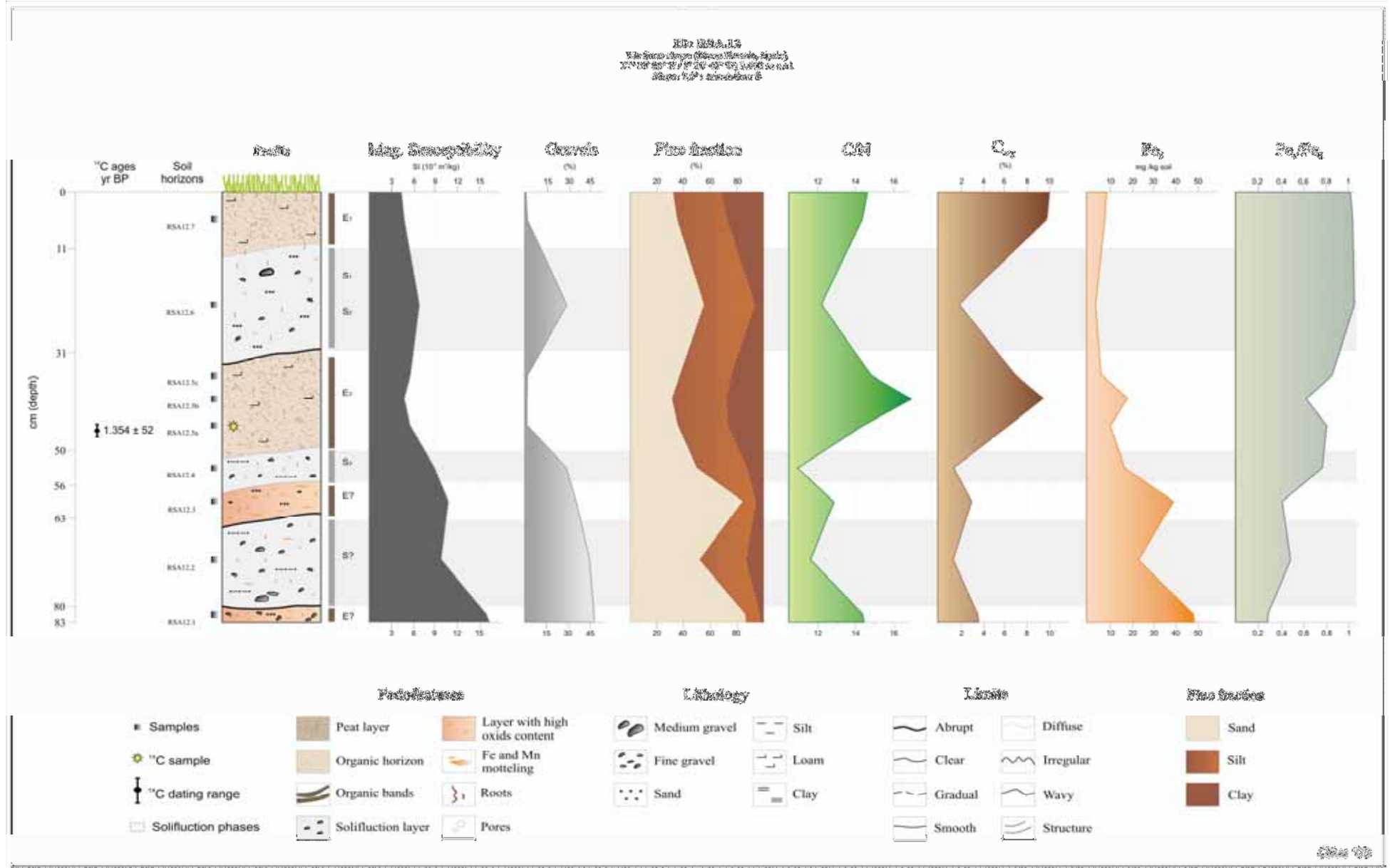


Figura 5.29. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul RSA.12.

- **Rio Seco, sector A, lòbul 20**

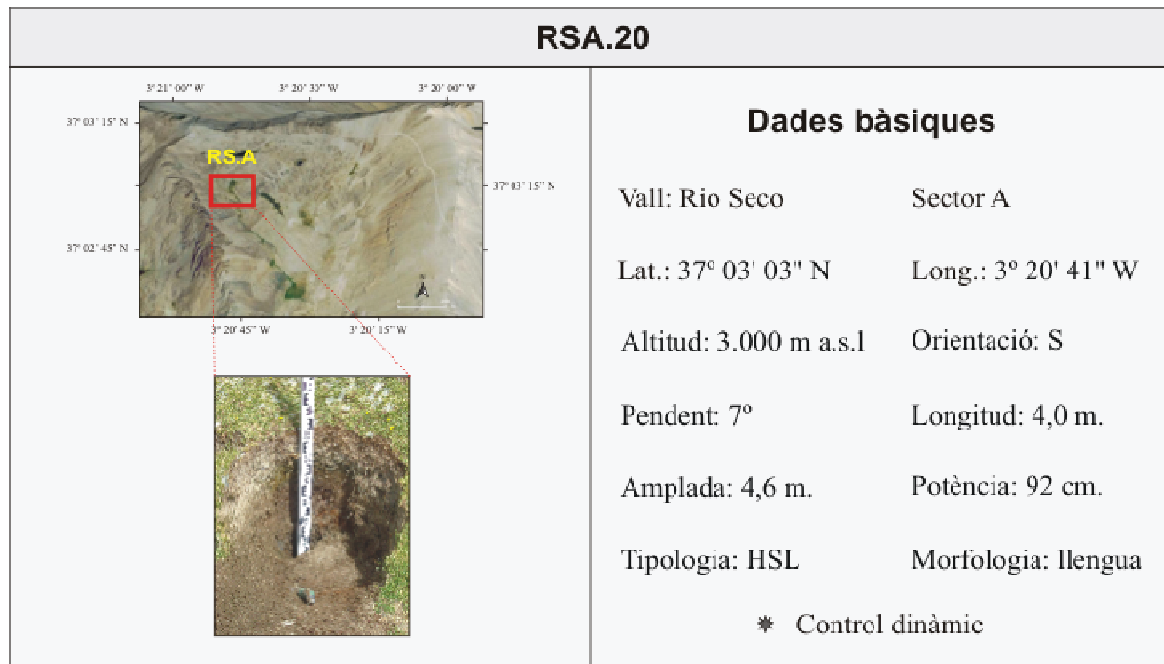


Figura 5.30. Localització i característiques del lòbul RSA.20.

**Descripció morfològica general:** lòbul de morfologia ben definida que denota la inactivitat solifluidal actual en la capçalera del sector A de Rio Seco.

**Descripció del perfil:** la seva estructura interna és bastant diferent a les unitats adjacents de Rio Seco anteriorment comentades. Tot i la proximitat a RSA.7 i RSA.12, l'estratigrafia del lòbul mostra una seqüenciació sensiblement diferent, amb un potent horitzó orgànic inserit en el lòbul. Aquest sòl fossilitzat sembla correlacionar-se eficientment amb els sòls superiors de RSA.7 i RSA.12, més orgànics, i és molt posterior al paleosòl datat a RSA.7, que té una edat notablement més antiga.

**Gènesi i edat:** el lòbul RSA.20 mostra dues fases solifluidals i dues d'orgàniques. L'edifici lobular neix lligat a una fase solifluidal amb un elevat contingut de graves i sorres i un escàs contingut de matèria orgànica que podria correspondre's amb S<sub>3</sub>. Un paquet orgànic d'uns 20 cm d'espessor es desenvolupa seguidament amb increments substancials de C<sub>org</sub>, Fe<sub>d</sub>, una mínima presència de graves i una matriu llimosa-argilosa (E<sub>3</sub>). Aquest horitzó va ser sepultat per un nou impuls de vessant amb elevada aportació de graves fines (23-25%) i una caiguda del C<sub>org</sub> a valors de ~3% que possiblement és l'època LIA (S<sub>2</sub> i S<sub>1</sub>). El vessant s'estabilitza amb la recuperació orgànica: la cobertura edàfica permet la colonització vegetal en aquest lòbul de Rio Seco (E<sub>1</sub>).

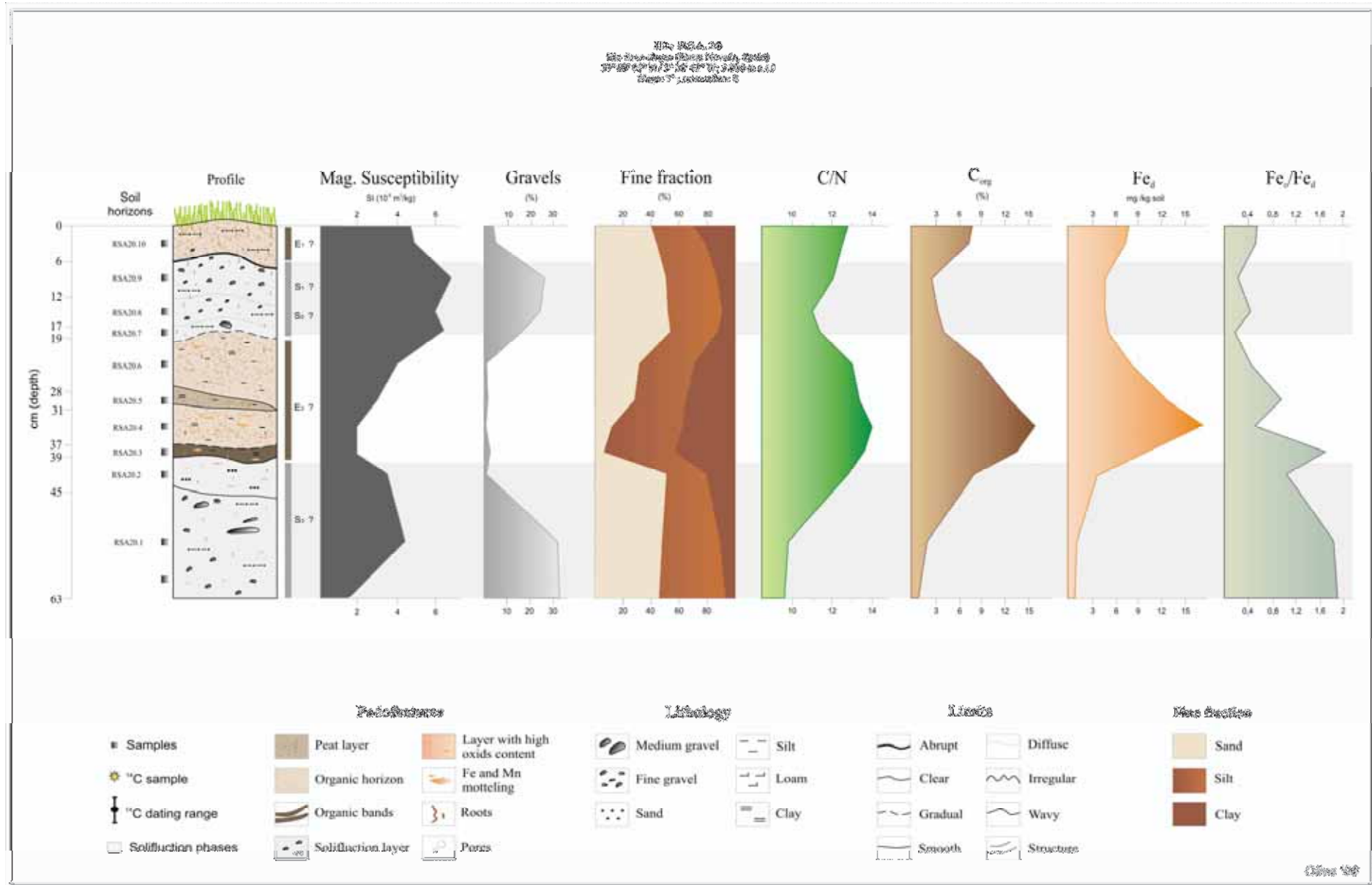


Figura 5.31. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul RSA.20.



- **Rio Seco, sector A, lòbul 30**

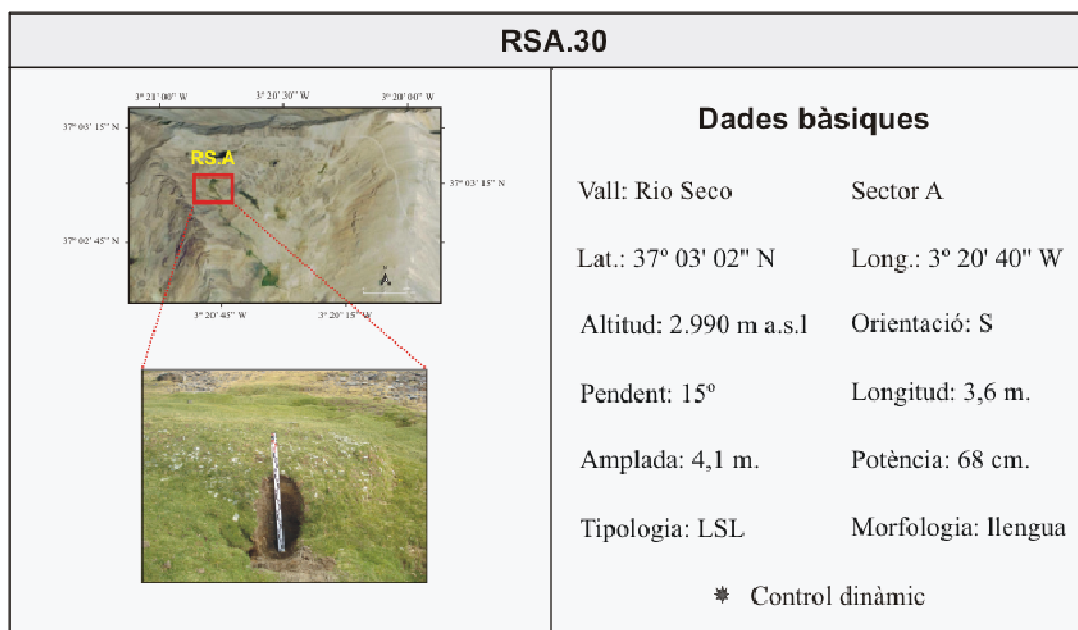


Figura 5.32. Localització i característiques del lòbul RSA.30.

**Descripció morfològica general:** lòbul emplaçat en un àmbit de marcat pendent a la cota més baixa de RSA. Delimitat per un rierol en el marge dret, la seva estructura presenta un nivell torbós intercalat entre dipòsits solifluidals. Durant els anys de monitoratge 2005-2008, no es va detectar moviment horitzontal en aquest lòbul, tot i que les estagues tendeixen a ser engolides per la torba que creix en vertical<sup>63</sup>.

**Descripció del perfil:** El lòbul comença la seva agradació amb diferents impulsos solifluidals constituïts per una aportació fluctuant de graves i sorres i una proporció orgànica ~2% (S<sub>2</sub>). El brusco desenvolupament edàfic arriba a valors del 17,1%, amb un augment de C/N, una matriu llimosa i nul·la presència de graves (E<sub>2</sub>). Una nova fase solifluidal esdevé a les darreres pulsacions fredes de la LIA, entre el segle XVII i principis del segle XIX (S<sub>1</sub>); la notable extensió prèvia de la cobertura vegetal va dificultar la mobilització de graves, constatant-se un major desplaçament de sorres. Tot i que la vegetació frena els processos de vessant, gradualment, es detecta que l'augment relatiu de matèria orgànica va paral·lel a un major contingut de sorres i graves (E<sub>1</sub>).

**Gènesi i edat:** el pendent es percep com un paràmetre determinant en aquest sector per entendre un origen més recent dels lòbuls conforme el grau d'inclinació augmenta (els anteriors tres lòbuls presentats es mouen en pendents d'entre 7-7,5° i aquest en té 15°) i les

<sup>63</sup> Veure apartat 4.3.2, pàg. 147.

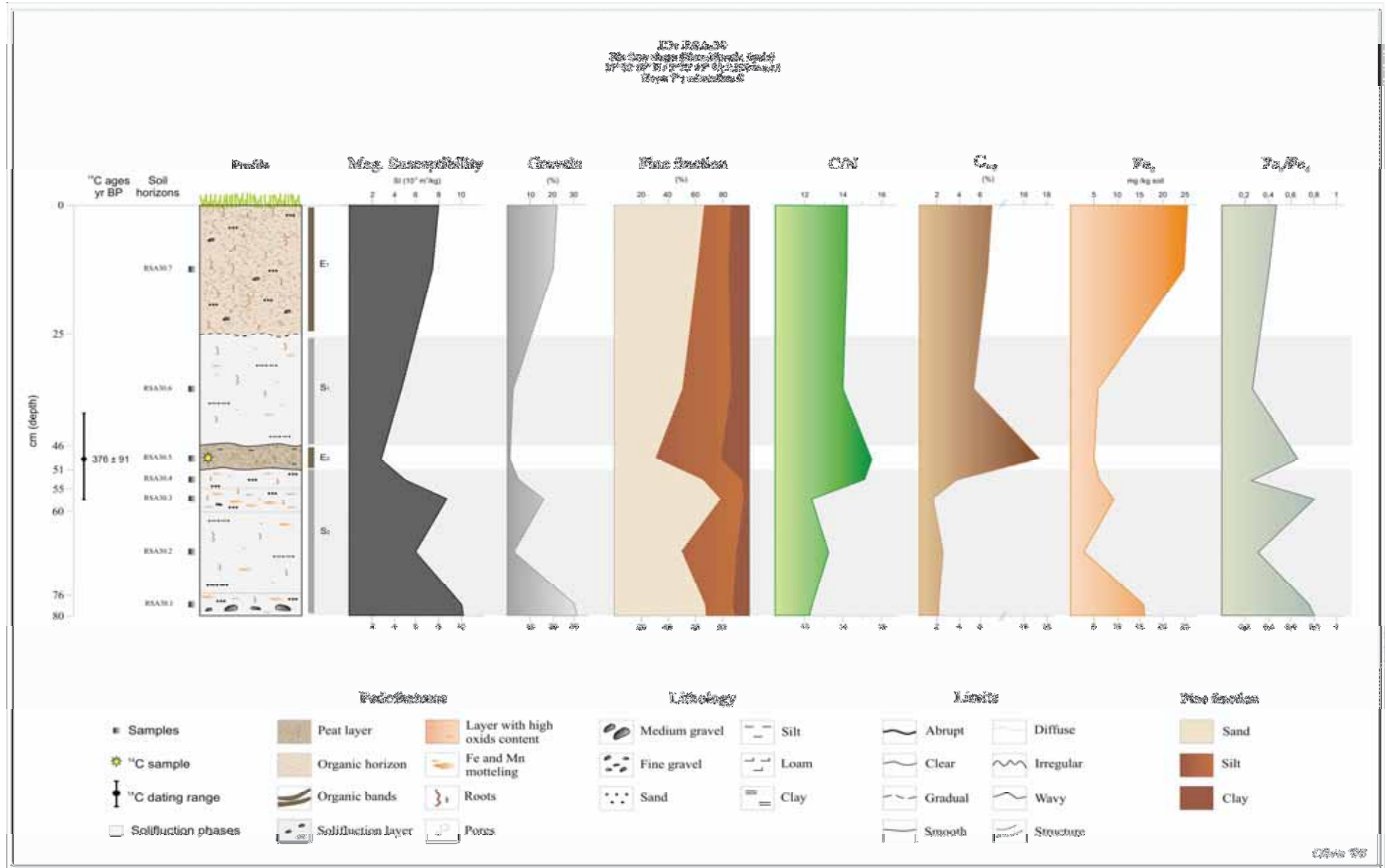


Figura 5.33. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul RSA.30.

unitats s'emplacen a menor alçada. Admetent com a vàlida la datació de l'horitzó torbós emplaçat a 49 cm de profunditat que resulta en  $376 \pm 91$  anys BP, aquesta suggereix un lòbul de recent creació, amb un origen lligat a les pulsacions fredes de la LIA. Cal remarcar, però, que la datació té un ampli rang d'error i, per tant, cal concebre-la amb precaució. Així, es referma l'existència de varies generacions de lòbuls a Rio Seco; en el sector RSA es detecta que els lòbuls més antics estan en capçalera i progressivament diferents mantells solifluidals d'edat més moderna van avançar cap a posicions més distals conduïts per uns pendents superiors.

- **Rio Seco, sector B, lòbul 1**

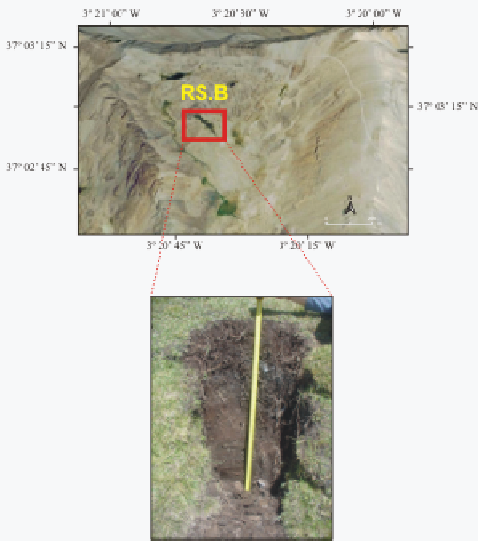
<b>RSB.1</b>	
	<b>Dades bàsiques</b>
Vall: Rio Seco	Sector B
Lat.: 37° 03' 02" N	Long.: 3° 20' 34" W
Altitud: 2.952 m a.s.l	Orientació: E
Pendent: 14°	Longitud: 20 m.
Amplada: 8 m.	Potència: 102 cm.
Tipologia: HSL	Morfologia: llengua
* Control dinàmic	

Figura 5.34. Localització i característiques del lòbul RSB.1.

**Descripció morfològica general:** lòbul emplaçat al peu d'un ressalt rocós per on s'infiltra l'aigua procedent de les llacunes superiors. Esteban Amat (1995) va focalitzar els anàlisis pol·línics de la seva tesi doctoral en aquest lòbul.

**Descripció del perfil:** l'alta disponibilitat d'aigua en el sector de RSB es tradueix en la formació d'aquest lòbul amb elevats continguts orgànics al llarg de tot el seu perfil. Aquest lòbul va ser estudiat per Esteban Amat (1995) en la seva tesi doctoral, realitzant dues datacions en la mateixa unitat que van resultar en una edat de  $1.120 \pm 120$  (-98 cm) i  $170 \pm 120$  anys BP (-17 cm). La nostra datació en el sòl intermedi ha validat les datacions prèvies resultant una edat de  $619 \pm 64$  anys BP (-54 cm).

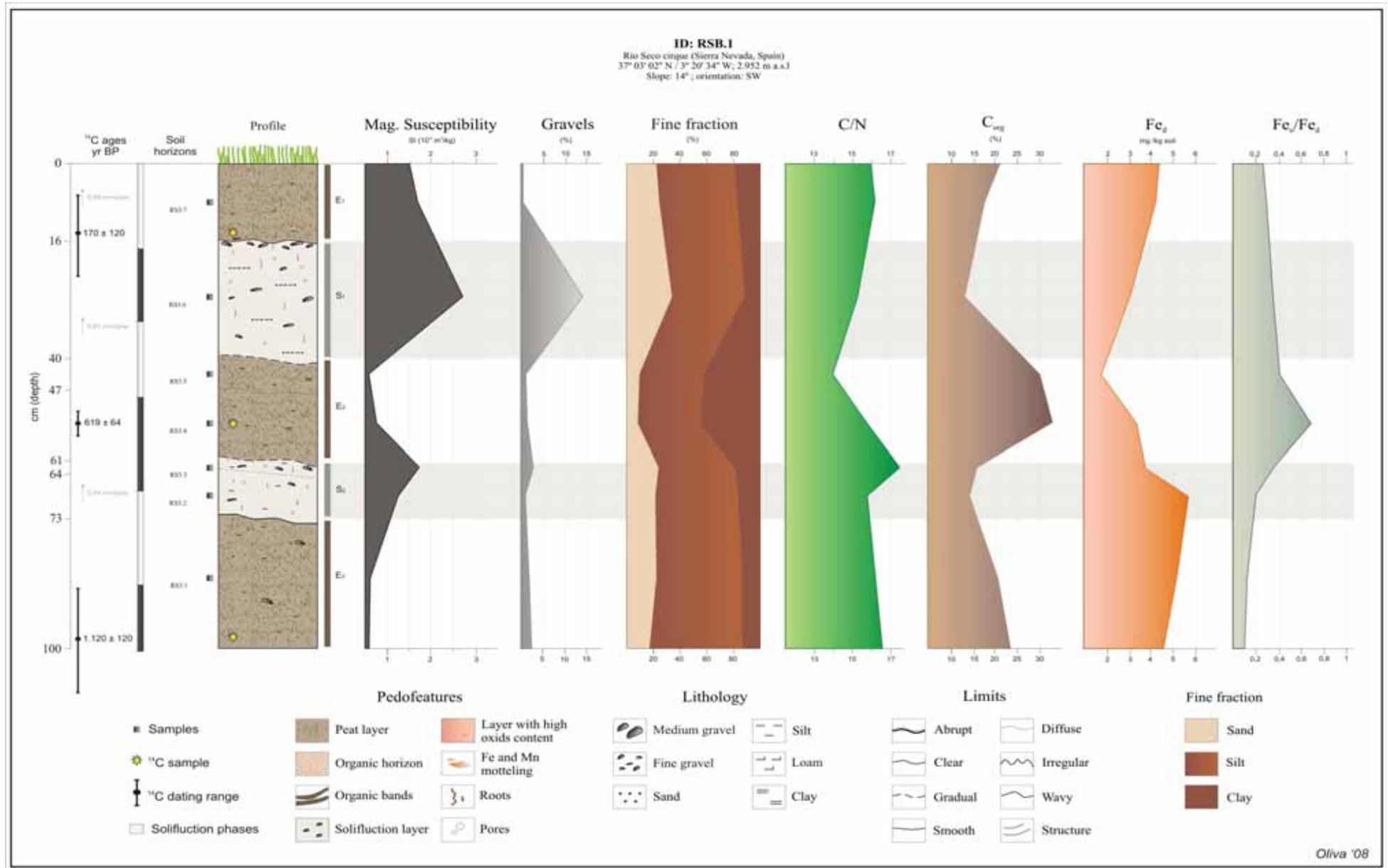


Figura 5.35. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul RSB.1.

**Gènesi i edat:** la base del lòbul es construeix durant el MWP amb una destacada formació orgànica ( $E_3$ ). Un primer impuls solifluidal ve caracteritzat per un augment de graves i sorres, amb caiguda de la part orgànica ( $S_2$ ). Un nou desenvolupament edàfic esdevé entre el s. XIV i finals del s. XVI, amb els màxims de  $C_{org}$  ( $E_2$ ). Rodrigo et al. (1999) determinen la màxima intensitat de la LIA a Andalusia entre 1590-1650, que es reflecteix a la Sierra amb un repunt d'activitat solifluidal, elevada aportació de graves i una brusca caiguda de  $C_{org}$  ( $S_1$ ).

Des de la segona meitat de s. XIX, la recuperació tèrmica es manifesta en la formació edàfica actual ( $E_1$ ). Les corbes de  $Fe_d$  i  $Fe_o$  no ofereixen cap informació sobre els canvis ambientals esdevinguts durant el darrer mil·lenni que cobreix el lòbul RSB.1.

- **Rio Seco, sector B, lòbul 4**

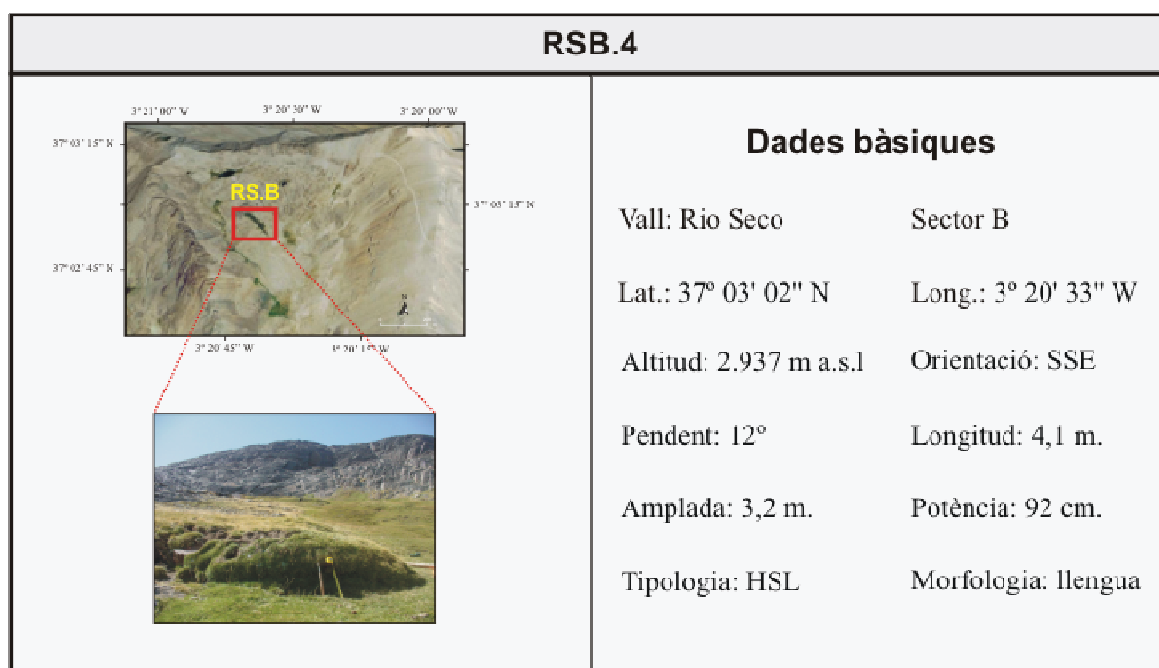


Figura 5.36. Localització i característiques del lòbul RSB.4.

**Descripció morfològica general:** lòbul de considerable potència vertical en una part més distal de RSB. La nitidesa de la seva morfologia indueix a considerar la seva inactivitat sota el règim climàtic actual.

**Descripció del perfil:** en una part més distal de RSB apareix aquest lòbul de notable potència, l'estratigrafia del qual reflexa poques variacions sedimentològiques, sense grans

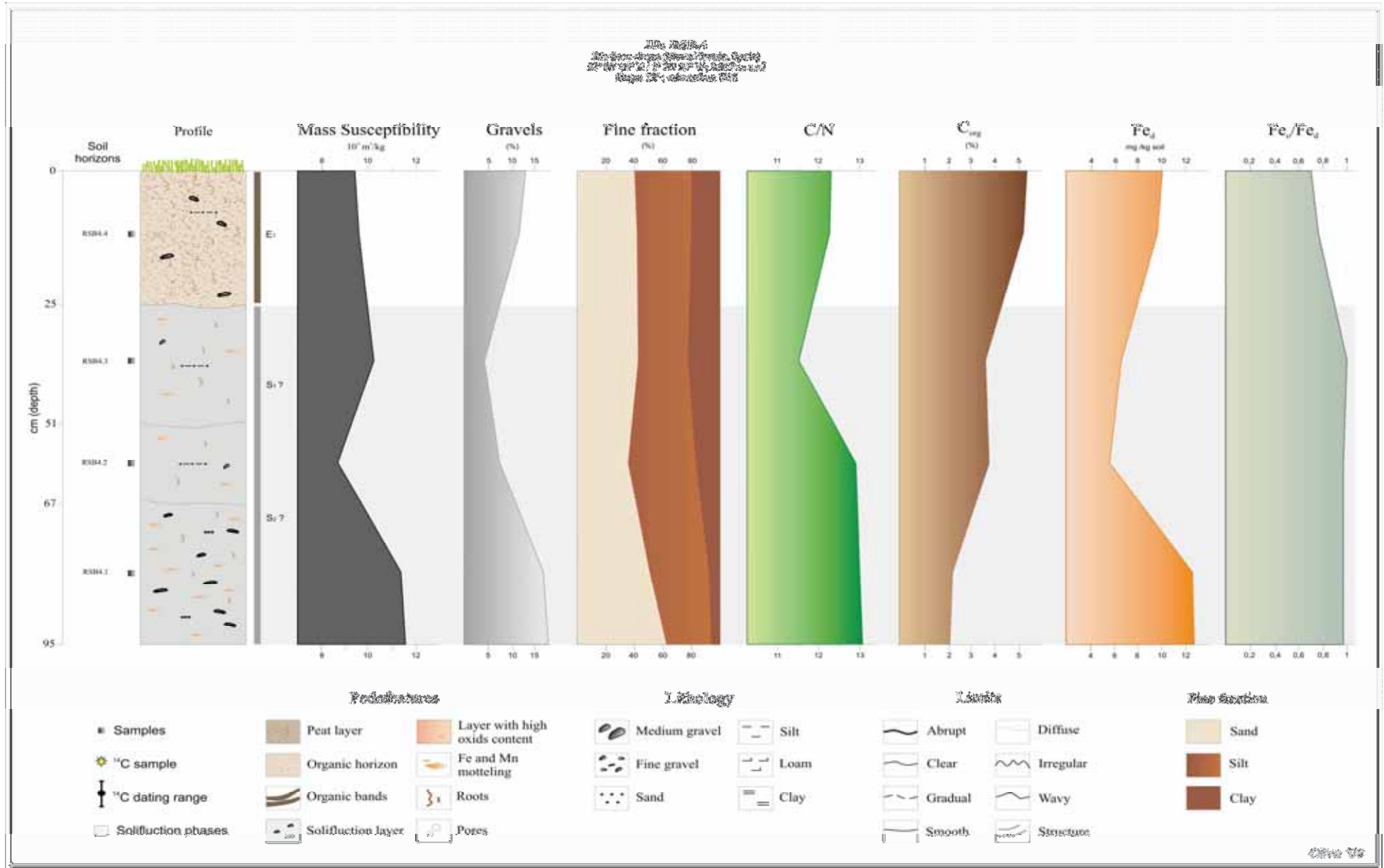


Figura 5.37. Litostratigrafia i característiques geoquímiques del lòbul RSB.4.

variacions en el seu perfil. Les corbes de la textura fina i fraccions del ferro no mostren tendències significatives, essent especialment estable la granulometria al llarg de tot el perfil. El lòbul sembla insinuar una tendència creixent en la proporció de  $C_{org}$ , superior al 5% en el sòl actual ( $E_1$ ), contingut que permet un dens tapís vegetal. En canvi, les graves mostren una relació decreixent tot i un lleuger repunt en el sòl actual.

**Gènesi i edat:** la manca de datacions fa difícil d'establir la geocronologia dels successos ambientals que amaga aquest lòbul, tot i que la seva posició relativament marginal, escorada en el marge occidental del sector RSB, sembla ésser determinant per explicar un comportament relativament anàrquic respecte de la dinàmica observada en altres lòbuls de Rio Seco (figura 5.37).

### **5.3 Discussió dels registres**

L'estudi sedimentològic de més de trenta lòbuls de solifluxió ha constatat una alternança continuada de dipòsits solifluidals i de nivells edàfics fossilitzats per la dinàmica geomòrfica de vessant.

Els dipòsits solifluidals es caracteritzen per una proporció de graves significativa, fraccions fines constituïdes per un alt contingut de sorres i valors de matèria orgànica escassos. En canvi, els horitzons orgànics destaquen per presentar valors de  $C_{org}$  elevats (fins a 25%), dominància de la fracció fina composta per llims i argiles i escassa o nul·la presència de graves. Les corbes de granulometria i  $C_{org}$  són, generalment, ben explicatives de la dicotomia solifluxió-edafofògenesi. Per contra, la determinació de les diferents fraccions del ferro i les ràtios considerades no sempre són indicadors útils dels processos dominants, ja que la mobilitat dels òxids de ferro en indrets amb abundant presència d'aigua dificulta la interpretació en clau paleoambiental; en general, es constata però, que el  $Fe_d$  sí que correlaciona amb els horitzons orgànics.

Tenint en compte els perfils presentats, cal ressaltar la dificultat de correlacionar les unitats litostratigràfiques en els diferents lòbuls estudiats. La pròpia configuració microtopogràfica, disposició morfològica de diverses generacions de lòbuls i disponibilitat d'aigua són factors que han anat canviant en el temps, impossibles de desxifrar a l'actualitat i que han tingut un paper decisiu en l'activitat de la solifluxió a Sierra Nevada.

En el cas de la Sierra no hem pogut aplicar la metodologia aplicada per Veit (1988) als Alps austríacs, on l'existència de diferents tipus de sòls que es repetien en l'estructura interna dels lòbuls de la seva àrea d'estudi, li va permetre de delimitar temporalment la cronologia de la solifluxió en aquell sector. Només s'han trobat dues tipologies de sòls fòssils en els lòbuls de la vall de San Juan i Rio Seco: histosòls i regosòls. Tampoc s'ha pogut utilitzar la metodologia emprada per Gamper (1983) que, per establir la cronologia de la solifluxió al llarg de l'Holocè en un sector de muntanya dels Alps suïssos, va dedicar centenars de datacions a aquesta finalitat. En el cas de Sierra Nevada, el reduït nombre de datacions disponible dificulta l'emmarcament geocronològic de la solifluxió.

Un altre fet que cal tenir en compte són els processos erosius que dominen en ambients solifluidals, ja que aquests poden decapitar els nivells edàfics fòssils i induir errors si, com en el nostre cas, considerem una sedimentació lineal continuada per delimitar el *timing* de la solifluxió i de l'edafogènesi, inferint errors en la interpretació cronològica del perfil en qüestió. A més, la microtopografia (pendent, aigua, textura, ubicació respecte el vessant) determinen que unes unitats litostratigràfiques en un lòbul tinguin una potència i en un altre adjacent un espessor molt diferent. Per exemple, a San Juan, el sòl fòssil del lòbul SJC.54 està datat en  $7.098 \pm 60$  anys BP a 83 cm de profunditat, mentre que un nivell edàfic situat a 89 cm a SJC.69 va resultar en  $627 \pm 66$  anys BP.

Finalment, cal un raonament crític de la utilització del concentrat de pol·len fòssil com a font de material datable. L'existència de nombroses arrels actuals o subactuals per la pròpia morfologia dels lòbuls de solifluxió va portar-nos a considerar la seva eliminació mitjançant el procediment habitualment emprat per a la concentració de pol·len fòssil, que va ésser finalment el material datat. Els problemes derivats de la seva aplicació semblen resumir-se en la possible injecció de pol·len per fluctuacions de l'aquífer, ja que la tothora probable contaminació de les mostres preses és independent del mètode emprat. *A posteriori*, hem de fer una aproximació crítica del mètode utilitzat: caldria haver datat altres fraccions orgàniques de les mostres per poder comparar els resultats obtinguts i validar així la seva utilitat. Tot i així, som conscients de la dificultat d'obtenir resolucions en registres solifluidals inferiors a  $\pm 200$  anys (Matthews, 1993).

Malgrat aquestes dificultats i argumentacions crítiques, l'apartat 7.1 pretén l'establiment d'una síntesi cronològica de la solifluxió a Sierra.



