

GEOLOGIA

Descoberta d'un aflorament singular de guixos oligocens al pantà de Santa Anna (comarca de la Noguera, Lleida).

Josep Maria Salvany¹

RESUM

S'han estudiat les roques de guix de l'Oligocè inferior emergides en el pantà de Santa Anna durant la caiguda del seu nivell de l'aigua durant el 2022. Són guixos que mostren un variat conjunt de litofàcies laminades i nodulars que corresponen al desenvolupament d'una antiga salina sulfatada continental que va estar sotmesa a períodes de dessecació per causes evaporítiques.

Paraules Clau: Oligocè inferior, guix laminat, guix selenític, guix nodular, salina, sabkha .

ABSTRAT

The lower Oligocene gypsum rocks emerged in the Santa Anna reservoir (county of Noguera, Lleida) during the fall of its water level during 2022 have been studied. The gypsum shows several laminated and nodular lithofacies that correspond to the development of an ancient continental sulphate salina that was subjected to periods of desiccation by evaporitic causes.

Keywords: Lower Oligocene, laminated gypsum, selenitic gypsum, nodular gypsum, salina, sabkha

¹Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya.
c/ Jordi Girona 1-3, edifici D2, 08034 Barcelona. e-mail: josepm.salvany@upc.edu

1. INTRODUCCIÓ

El pantà de Santa Anna es troba en el riu Noguera Ribagorçana, al Nord de la població d'Alfarràs, en la comarca lleidatana de la Noguera. La caiguda del nivell de l'aigua del pantà durant l'any 2022 va deixar al descobert diversos afloraments de roques mesozoiques i cenozoiques que havien estat submergides sota l'aigua durant força dècades.

Un d'aquests afloraments, proper al petit poble abandonat de Boix, ha resultat ser d'especial interès geològic. Constitueix un conjunt de capes de roques detrítiques, carbonatades i evaporítiques (guixos) atribuïdes a l'Oligocè inferior (Rupelià) segons el mapa geològic 1:50.000 de l'ICGC del 2006 (unitat cartogràfica OPlgp, figura 1). L'interès d'aquest aflorament és doble: (1) les ca-

pes de guix constitueixen un variat conjunt d'estructures sedimentàries (litofàcies) de notable interès sedimentològic; (2) l'aflorament permet corroborar que la sedimentació evaporítica durant l'Oligocè inferior es va estendre més al Nord de la zona fins ara coneguda, limitada a l'avantpaís plegat de la Conca de l'Ebre.

En aquest article es vol oferir una descripció dels diferents materials identificats (principalment els guixos), i exposar el seu origen geològic a l'escala local de l'aflorament. La descripció es basa principalment en les observacions de camp realitzades durant el curt període d'emersió de l'aflorament. Posteriorment, el pantà ha recuperat els nivells alts que el caracteritzen habitualment tornant a inundar aquests afloraments.

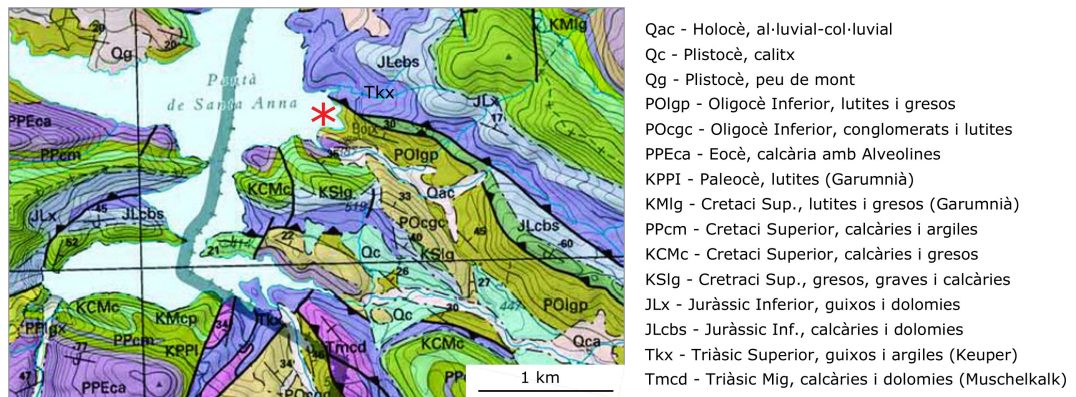


Figura 1: Mapa geològic de l'entorn del pantà de Santa Anna (font: ICGC, 2006). L'asterisc en vermell indica la localització de l'aflorament estudiat en les proximitats del petit poble abandonat de Boix

2. MARC GEOLÒGIC

El pantà de Santa Anna s'estén transversalment sobre les anomenades Serres Marginals Catalanes de la zona sud-pirenaica (POCOVÍ, 1978). Aquestes serres constitueixen diversos encavalca-

ments formats per formacions mesozoiques i paleògenes que s'han desplaçat cap al Sud durant l'aixecament del Pirineu fins topar amb els materials autòctons del marge Nord de la Conca de l'Ebre (avantpaís plegat).



Figura 2: (A) Localització de l'aflorament estudiat (requadre blanc) en la riba oriental del pantà de Santa Anna. S'indica l'encavalcament de guixos triàsics del Keuper (K) que delimiten pel Nord la sèrie oligocena (O). A la dreta sobresurt entre els arbres el campanar de l'església del poble de Boix. (B) Vista de l'aflorament estudiat amb les dues capes principals de guix (blanc) i els materials detrítics que les engloben (marró).

En aquest context estructural, els materials estudiats constitueixen una part d'un d'aquests encavalcaments. Formen una estructura monoclininal inclinada cap

al Nord, que queda limitada en aquesta direcció per un front d'encavalcament format per guixos triàsics (Keuper), i cap al sud per una discordança sobre

formacions més antigues de l'Eocè i del Cretaci (figura 1). Aquesta sèrie oligocena presenta una potència aproximada de l'ordre del centenar de metres. Els guixos es localitzen en la part mitja de la sèrie, intercalats entre nivells detrítics i carbonatats (figures 2A i 2B).

Des d'un punt de vista estratigràfic, els guixos estudiats poden considerar-se una prolongació cap al Nord dels anomenats guixos d'Artesa (SÁEZ et al., 1991; SERRA et al., 1992), que afloren en diferents punts del nucli de l'anticlinal de Cubells-Montclar, que s'estén d'Est a Oest des d'Artesa de Segre fins a Camarasa (unitat Y2 d'ULLASTRE I MASRIERA, 1995). Alhora, aquests guixos d'Artesa són lateralment equivalents als nivells més alts de la Formació Guixos de Barbastre que representen una extensa unitat evaporítica continental desenvolupada durant l'Eocè terminal i l'Oligocè inferior al llarg de tot el marge Nord de la Conca de l'Ebre, des de Catalunya fins a Navarra (RIOS, 1963; QUIRANTES, 1978; RIBA et al., 1983; SENZ & ZAMORANO, 1992).

3. RESULTATS

Els guixos oligocens de l'aflorament de Boix formen dues capes principals, de 2 m de gruix la inferior i 1,2 m la superior, separades per un tram intermedi de 5 m

de potència format per materials detrítics i carbonatats (figura 2B). Cada una d'aquestes capes principals de guix està composta per capes menors de 10 a 30 cm de gruix on s'identifiquen les següents litofàcies:

Guix laminat: Forma làmines de guix de fins alguns centímetres de gruix que solen estar plegades. El grau del plegament pot ser variable (figures 3A i 3B). Quan els plecs són més accentuats les làmines estan trencades i formen estructures enterolítiques més o menys complexes.

Guix selenític: És el cas d'algunes làmines de fins alguns centímetres de gruix i diversos metres de continuïtat lateral que al sostre presenten morfologies dentades (figura 3C). Cada una de les dents de la làmina correspon a un antic cristall de guix (actualment preservat com a pseudomorf) de creixement vertical en forma de punta de fletxa de fins uns pocs centímetres de longitud.

Guix micro-nodular: Són capes de fins a diversos centímetres de gruix on el guix es presenta en forma de petits nòduls esfèrics de menys d'un centímetre de diàmetre, densament empaquetats (estructura en mosaic), de color gris clar (figura 3A). Poden formar capes individuals entre el guix laminat, o be estar englobant nòduls de mida superior.

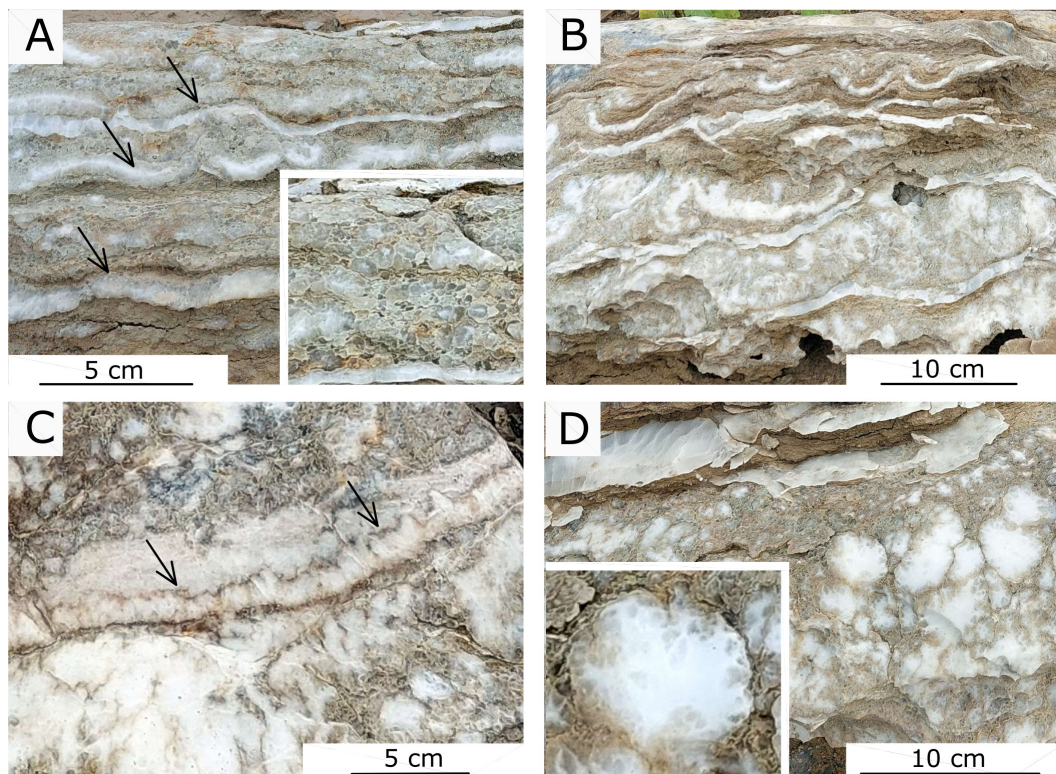


Figura 3: *Litofàcies del guix: (A) Alternança de nivells de guix laminat (fletxes) i de guix micro-nodular (detallat en la imatge ampliada). (B) Guix laminat deformat formant estructures enterolítiques. (C) Làmina amb pseudomòrfes de guix selenític (fletxes). (D) Guix nodular. En la imatge ampliada, s'observen les dues varietats del guix secundari que formen l'aflorament: guix alabastrí (blanc) i guix porfiroblàstic (gris clar), respectivament formant la part interna i externa d'un dels nòduls.*

Guix nodular: Són nòduls de fins alguns centímetres de longitud, de color blanc, i morfologies esfèriques (figura 3D) o allargades perpendicularment a l'estratificació (figures 4A i 4B). Poden ser nòduls individuals o agregats de nòduls més o menys apretats entre si. El seu desenvolupament sol haver comportat la deformació de les làmines de guix per sobre (creixement dels nòduls cap

a munt) o per sota (creixement cap a vall).

Guix macro-nodular: Són nòduls de 20 a 40 cm de diàmetre, englobats en capes de guix nodular o micro-nodular. Són de guix blanc, molt pur. Es caracteritzen per mostrar morfologies i estructura interna complexes. Sovint donen morfologies en coliflor que s'expandeixen cap a munt (figura 4C) i/o cap avall

(figura 4D), deformant les capes supra i subjacents respectivament.

Adicionalment, el guix es presenta també en forma de betes de guix fibrós,

de color blanc intens i de fins uns pocs centímetres de gruix, disposades més o menys paral·leles a l'estratificació de la roca entre les diferents litofàcies de guix que hem descrit.

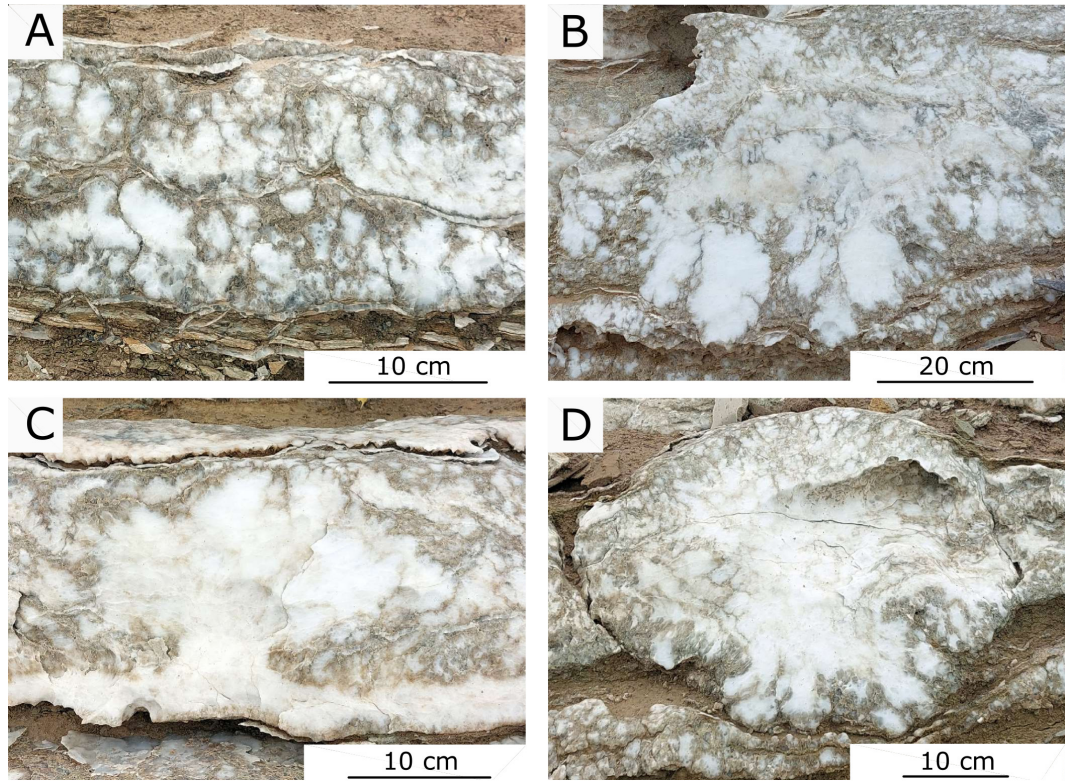


Figura 4: *Litofàcies del guix: (A) Guix nodular de morfologia allargada i creixement vertical cap a munt. (B) Guix nodular de morfologia allargada i creixement vertical cap a vall. (C) Macro-nòdul amb morfologia de coliflor. (D) Macro-nòdul d'estructura interna amb ramificacions que s'obren cap a munt i cap a vall. S'observa com el seu creixement ha deformat les capes de guix que el delimiten per sota i per sobre.*

Les dues capes principals de guix presenten una distribució vertical de litofàcies similar. La litofàcies laminada està restringida als nivells superiors de les capes, alternant amb nivells de guix

micro-nodular. Els macro-nòduls estan alineats de manera discontinua en la part intermèdia de les capes, englobats entre nòduls més petits i micro-nòduls. La part inferior de les capes són domi-

nantment de guix micro-nodular amb freqüents intercalacions de betes de guix fibrós.

Els materials detrítics que s'intercalen entre les capes de guix són argil·lites, limolites i gresos de gra fi poc cimentats (es desfan fàcilment amb les mans). Les

argil·lites són massives i de color rogenc (figura 5A). Les limolites i gresos són de color marró clar, estan laminats i presenten freqüents estructures de corrent que es mostren en forma de laminació lenticular en les seccions de les capes (figura 5B), i en forma de ripples en la seva superfície (figura 5C).

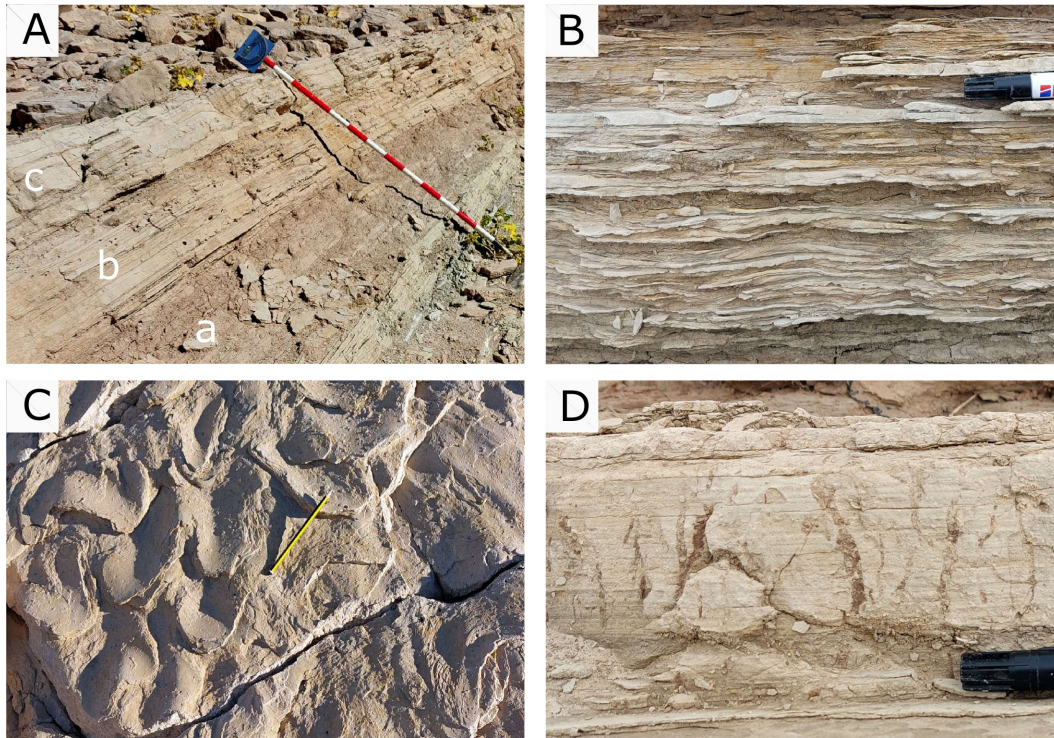


Figura 5: *Litofàcies dels materials detrítics i carbonats: (A) Capes d'argila (a), de gres (b) i de carbonat (c). La barra que fa d'escala té 1,5 m de longitud; (B) estructura laminada lenticular d'una capa de gres; (C) ripples linguoids en el sostre d'una capa de gres; (D) capa carbonatada laminada amb estructures de bioturbació.*

Les capes carbonatades tenen menys d'un metre de gruix i estan intercalades entre els materials detrítics. Pre-

senten estratificació planar centimètrica, ocasionalment amb estructures de bioturbació al sostre de la capa. Aques-

tes estructures de bioturbació són principalment traces subverticals d'arrels de plantes (figura 5C).

4. DISCUSSIÓ

Els guixos oligocens de Boix representen una història geològica que cal separar en dues etapes: (1) la història sedimentària (model deposicional), desenvolupada durant l'Oligocè inferior; (2) la història post-sedimentària, desenvolupada des del final de la sedimentació oligocena fins a l'actualitat.

4.1 Història sedimentària

El conjunt de materials descrits es varen formar en un sistema lacustre continental subministrat per aigües i sediments procedents del Pirineu que estava llavors en procés de formació. Les aigües eren riques en sulfats i clorurs procedents de la dissolució d'antigues formacions evaporítiques, principalment triàsiques, del subsol del Pirineu.

Les argiles, llims i sorres fines representen fangs detrítics depositats en el fons del sistema lacustre en estadis de baixa concentració de les aigües i freqüents aportacions d'aigua. La presència d'estructures de corrent i manca d'estructures de dessecació d'aquests dipòsits fa pensar que el llac deuria ser de poca profunditat, però relativament estable.

Els nivells carbonatats amb estructures de bioturbació serien indicatius de períodes de major activitat orgànica.

Les capes de guix representen el sediment del llac en etapes de major concentració de les seves aigües, degut a un augment del volum d'aigua evaporat i/o disminució de les aportacions d'aigua. La precipitació del guix ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) es va produir en assolir-se el grau de saturació en sulfat càlcic de l'aigua del llac. Aquest guix va precipitar principalment en forma de petits cristalls en la massa d'aigua (cristalls de gra fi), que tot seguit es varen acumular en el fons del llac formant un sediment laminat.

El guix selenític representa cristalls de mida major (fins uns pocs centímetres) crescuts en el fons del llac formant crosques que representen un creixement més lent i continu que el guix de gra fi, indicatiu de períodes de major estabilitat de la salinitat del llac (ALI-BIK et al., 2013). Aquest tipus d'ambient sedimentari és el que s'anomena una salina sulfatada i els guixos precipitats directament de les aigües del llac s'anomenen guixos primaris (WARREN, 2006). Les salmorres residuals més concentrades i enriquides en clorurs haurien drenat cap a zones més internes del sistema lacustre oligocè (Fm. Barbastre) on s'hauria produït la precipitació de la sal ($NaCl$). Les diferents litofàcies nodulars repre-

senten estadis de dessecació del llac en moments de màxima evaporació i mínima aportació d'aigua. L'aigua del llac passa a tenir una posició subterrània somera (nivell freàtic proper a la superfície) on es continua evaporant i concentrant per bombament evaporític. En aquesta situació el sulfat càlcic precipita com anhidrita ($CaSO_4$) de manera intersticial en l'entorn del nivell freàtic (zona vadosa-capilar). Aquesta anhidrita creix en forma de nòduls deformant i trenquen les làmines originals de guix. El caràcter marcadament plàstica de les deformacions que van associades al creixement d'aquesta anhidrita nodular indica un origen precoç, abans de la litificació del sediment. Aquest tipus d'ambient sedimentari és el que s'anomena una sabkha (WOOD & WOLFE, 1969; WARREN, 2006).

4.1 Història post-sedimentària

El guix és un mineral que té poca estabilitat en subsol. Per damunt d'unes poques desenes de graus de temperatura es deshidrata i recristal·litza en forma d'anhidrita. Això ha passat en tots els sediments de guix antics que durant llargs períodes de temps geològic han quedat enterrats fins algunes desenes o centenars de metres de profunditat sota els efectes de les altes temperatures i pressions pròpies del subsol de la Terra.

Pel contrari, l'anhidrita es un mineral que és estable a similars profunditats. En produir-se el retorn a la superfície per causes tectòniques i/o erosives, tota l'anhidrita, tant la originalment formada en el medi sedimentari (anhidrita de sabkha) com la originada per la deshidratació del guix durant l'enterrament, s'hidraten a partir de la infiltració de les aigües de la pluja i es transforma en guix.

Aquest guix s'anomena guix secundari i és el que normalment trobem als afloraments i fins a una certa profunditat (rarament superior a algunes desenes de metres). Aquest guix secundari es caracteritza per presentar textures cristallines ben diferents de les dels guixos primaris (ORTÍ CABO, 1977).

Les transformacions de guix primari en anhidrita i posteriorment l'anhidrita en guix secundari és el que es coneix com a cicle diagenètic del sulfat càlcic, ben conegut des dels treballs clàssics de MURRAY (1964) i HOLLIDAY (1970). Els guixos oligocens de Boix són un bon exemple d'un cicle complert d'aquestes transformacions. Es presenten ara amb les dues varietats texturals típiques del guix secundari: la alabastrina (principalment) i la porfiroblàstica (figura 3D). Tot i que la textura cristallina de la roca canvia en cada transformació mineral, les estructures sedimentàries origi-

nals (litofàcies) solen mantenir-se estables i això permet fer-ne la seva interpretació sedimentària com si estiguéssim veient els sediments originals. Alguns cristalls primaris del guix, com els cristalls selenítics, poden també quedar preservats com a pseudomòrfes en guix secundari alabastrí, com és el cas de les crostes selenítics que hem descrit.

No tots els afloraments de guixos antics són de caràcter secundari. Algunes formacions guixenques s'han pogut mantenir inalterades (sense deshidratar) fins a l'actualitat pel fet d'haver estat poc enterrades, i es poden observar ara les textures cristallines originals pràcticament intactes. També es dona el cas d'afloraments de guixos que en part estan en forma de guix primari i en part estan com a guix secundari, degut a una anhidritització parcial durant el seu enterament (vegeu per exemple l'estudi de SALVANY et al., 1994). Però aquests són casos poc freqüents que només es donen en formacions evaporítiques d'edats ge-

ològiques relativament joves, només neògenes o quaternàries.

5. CONCLUSIONS

1. Els guixos emergits a la riba oriental del pantà de Santa Anna, corresponen a dos episodis evaporítics intercalats en la sèrie detrítica-lacustre continental de l'Oligocè inferior sud-pirenaic. Són equivalents laterals dels Guixos d'Artesa que afloren a l'anticlinal de Cubells.
2. Són guixos secundaris que es presenten principalment amb diverses litofàcies nodulars i en menor mesura amb litofàcies laminada i selenítica.
3. Aquests guixos corresponen al desenvolupament d'un ambient evaporític sulfatat de tipus salina-sabkha desenvolupament en la zona d'enllaç entre el Pirineu i la Conca de l'Ebre.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALI-BIK, M.W.; METWALLY, H.I.M.; WALI, A.M.A. & KAMEL, M.G. (2013). Facies and geochemistry of non-marine gypsum, EMISAL. *Geologica Acta* (11-4), p. 409-420.
- ICGC (2006). Mapa Geològic Comarcal de Catalunya, 1:50.000. Núm. 23, Noguera. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- HOLLIDAY, D.W. (1970). The petrology of secondary gypsum rocks: a review. *Journal of Sedimentary Petrology* (40-2), p. 734-744.
- POCOVÍ, A. (1978). Estudio geológico de las Sierras Marginales Catalanas (Prepirineo

- de Lérida). *Acta Geológica Hispánica* (13-3), p. 73-79.
- MURRAY, R.C. (1964). Origen and diagenesis of gypsum and anhydrite. *Journal of Sedimentary Petrology* (34-3), p. 512-523.
- ORTÍ CABO, F. (1977). Aproximación al estudio petrográfico de las microestructuras de las rocas de yeso secundario y a su origen. Instituto de Investigaciones Geológicas Diputación Provincial Universidad de Barcelona (32), p. 87-152.
- QUIRANTES, J. (1978). Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros. Tesis Doctoral. Instituto Fernando el Católico, CSIC, Diputación Provincial de Zaragoza, 200 pp.
- RIBA, O.; REGUANT, S. & VILLENA, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la Cuenca terciaria del Ebro. In: *Geología de España, libro jubilar J.M. Ríos*, tomo II, Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 131-159.
- RÍOS, J.M. (1963). Materiales salinos del suelo español. IGME, memoria 64. Madrid. 161 pp.
- SÁEZ, A.; VERGÉS, J.; TABERNER, C.; PUEYO, J.J.; MUÑOZ, J.A. & BUSQUETS, P. (1991). Eventos evaporíticos paleógenos en la cuenca antepaís surpirenaica: ¿causas climáticas-causas tectónicas?. In: F. Colombo (Ed.) *I Congreso del Grupo Español del Terciario, Libro-Guía Excursión nº 5*. Universitat de Barcelona. 85 pp.
- SALVANY, J.M.; MUÑOZ, A. & PÉREZ, A. (1994). Nonmarine evaporitic sedimentation and associated diagenetic processes of the southwestern margin of the Ebro Basin (Lower Miocene), Spain. *Journal of Sedimentary Research* (A64-2), p. 190-203.
- SENZ, J.G. & ZAMORANO, M. (1992). Evolución tectónica y sedimentaria durante el Priabonense-Mioceno inferior, en el frente de cabalgamiento de las Sierras Marginales occidentales. *Acta Geológica Hispánica* (27-1/2), p. 195-209.
- SERRA, J.; CAPDEVILA, J. & MAESTRO, E. (1992). Descripción e interpretación de las litofacies evaporíticas de Artesa de Segre (Eoceno Superior del NE de la Cuenca del Ebro). *Geogaceta* (11), p. 38-41.
- ULLASTRE, J. & MASRIERA, A. (1995). El Mesozoico de Artesa de Segre: precisiones estratigráficas y análisis tectónico-sedimentario del "frente" sudpirenaico entre Artesa y Camarasa (Pirineo catalán, España). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona* (4), p. 181-209.
- WARREN, J.K., (2006). Chapter 3: Sabkhas, saline mudflats and pans. In: J.K. Warren (Ed.) *Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons*. Springer, Berlin, p. 139-219.
- WOOD, G.V. & WOLFE, M.J. (1969). Sabkha cycles in the Arab/Darb Formation off the Trucial Coast of Arabia. *Sedimentology* (12), p. 165-191.