

# Importanța pot și gutter casturilor în platforma carbonată din Triasicul Mediu, Cordiliera Betică, sudul Spaniei

A. PEREZ LOPEZ

*Dpto. Estigrafia y Paleontologia, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus de Fuentenova, 18071-Granada, Spain*

## ABSTRACT

Pot și gutter cast au fost descrise pentru prima dată în partea inferioară a Formațiunii Majanillos, o unitate carbonată a Triasicului Mediu localizată în zona externă a Cordilerei Betice, din sudul Spaniei. Formațiunea Majanillos are trei membri; partea inferioară abundă în pot și gutter casts și intercalații subțiri de calcarite, interpretate ca tempestite; în partea mijlocie predomină strate de calcarenite, cu straticificație hummocky; în topul membrului se găsesc bioturbații nodulare de calcare.

Aceste succesiuni înregistrează pe termen lung un ciclu transgresiv al Triasicului, reconstituind un mediu marin de apă puțin adâncă cu depozite de dolomite cu granulație medie. Sedimentele calcarenitice sunt acumulate lângă țărm, dezvoltă depozite de furtună, atunci când curenții au transportat sedimente din afara șelfului, acestea fiind depozitate ca strate de tempestite. Pot și gutter casts caracterizează sedimentația în zona din apropierea țărmului.

Depozitele de furtună prelevează informații privind interpretarea paleobatrimetriei; se consideră că gutter casts manifestă o tendință de creștere a ratei de strate către exteriorul șelfului.

Identificarea acestor structuri în succesiunile marine de pretutindeni poate fi importantă în interpretarea mediilor depoziționale.

**Cuvinte cheie** platformă carbonată, gutter cast, Muschelkalk, pot cast, tempestite, Triasic.

## INTRODUCERE

Formațiunea Majanillos, unitatea carbonată a Triasicului Mijlociu din zona Subetică, este depozitată în sud-estul masivului Hercinian ( Iberian Meseta). Formațiunea din sudul Spaniei se întinde pe o distanță mai mare de 250 km și este compusă din facies de Muschelkalk, din succesiuni de depozite carbonatate de apă puțin adâncă din bazinul epicontinental european din perioada Triasicului.

Această lucrare face referință la partea inferioară a acestei unități carbonatate, respectiv la Membru 1 al formațiunii Majanillos, unde predomină pot și gutter casturile. Pot și gutter casts sunt structuri

erozionale izolate de mărimi variabile; pots sunt structuri rotunde, gutter casts sunt structuri lineare, cunoscute și sub denumirea de *rinnens, cut-and-fill, scour-and-fill, și furrows*.

Aceste structuri sedimentare, ce nu-și au originea în Triasicul epicontinental al Cordiliei Betice, au importanță sedimentologică pentru interpretarea mediilor depoziționale; ajută la descoperirea unor structuri similare în alte succesiuni.

Acest studiu folosește modelul tempestitelor pentru a stabili relațiile de facies adânc din depozitele platformei de Muschelkalk inferior.

Lucrarea demonstrează că pot și gutter casts sunt foarte folositoare pentru interpretarea depozitelor de furtună și a faciesului de apă puțin adâncă a mediilor carbonatate.

În acest studiu au fost luate în considerare depozite și structuri sedimentare tipice furtunilor.

Faciesul carbonat este comparat cu calcarele de apă puțin adâncă din Muschelkalk Superior din estul Franței, interpretat ca facies de șelf subtidal puțin adânc depozitat sub influența variabilă a curenților sau a furtunilor.

## STRATIFICAȚIA FORMAȚIUNII MAJINILLOS

Stratificația formațiunii Majanillos ( muschelkalk facies) este compusă din strate de calcar, marnă calcaroasă, marnă; este divizată în trei membrii; conține roci triasice=matricea depozitelor de alunecare nestratificate.

**Membru 1** este un strat de 20-50 m, conține calcare masive, dolomite, strate subțiri de calcar, calcar nodular, bioturbații nodular calcaroase, pot și gutter. Corespunde depozitelor de platformă Muschelkalk inferior, este un depozit system tract transgresiv, conține calcar oolitic brun format la mare energie la adâncime mică în bază, iar în top facies adânc de calcar nodular bioturbat. Mai sunt prezente ceratite în secțiunile de Calasparra și Valdepenas, precum și faciesuri de pot și gutter cast.

**Membru 2**, strat de 50 m, conține strate carbonatate cu resturi fosile ( Thalassinoides, Chondrites, Planolites), strate intercalate cu calcare bioclastice. Este un depozit de cortegiu de mare înaltă, un facies progradational de platformă carbonată.

**Membru 3**, de 20-35 m, este format în principal din marnă cu strat subțire de carbon, cu gips și depozite clastice terigene de facies Keuper (triasic superior).

## MEDI SI FACIESURI SEDIMENTARE

Litofaciesul, structurile sedimentare și ciclurile sedimentare reprezentate în Membru 1 ajută la interpretarea istoriei depoziționale a platformei carbonatate a primei părți a Triasicului, din sudul Masivului Iberian.

Cinci litofaciesuri principale sunt prezente în Membru 1:

1) *dolomitul brun*. Faciesul mesocristalin de dolomite brun apare local în partea inferioară a secțiunii Muschelkalk, stratele variază de la 1 la 3 metri, în general sunt masive, unele strate au stratificație oblică.

Prezența oidelor, care sugerează textura originală a granoclasării și natura cristalină a dolomitelor indică originea sedimentelor calcarenite poroase, care au fost depozitate sub condiții de energie slabă, iar mai târziu dolomitizate; stratigrafic, dolomitele apar deasupra faciesului Buntsandstein de silte roșii și de gresie.

Dolomitele au fost primele sedimente de stadiu transgresiv și corespund depozitelor de țărni de energie înaltă.

2) *Calcar laminat*. Conține strate subțiri (>2 metri), laminații de calcar și calcisiltite, uneori boiturbate, cu origine microbială; stratele au laminații paralele, în top având ondulații de curent, mici,

cu grosimi de la câțiva mm la 60 cm. Structura calcisiltitelor este o laminație paralelă, interpretată ca o stratificație plană superioară; relativ, energia mare a acestor strate se datorează prezenței resturilor de Diplocraterion; indicatorul zonei de țărni jos.

3) *Strate de marnă și marnă calcaroasă.* Stratele de marnă sunt intercalate de stratele de marnă calcaroasă. Grosimea stratelor variază de 10 la 15 m, conțin marnă albă, calcar cenușiu, dar și mici porțiuni de măr și silt. În partea inferioară apar calcisiltite (30-75%), conglomerate (2-5%), partea superioară conține marnă.

Structurile sedimentare de calcisiltite includ laminații paralele, ondulații, tabulare; aceste laminații corespund unor canale colmatate, cu acrecție laterală, tipice pentru depozitele subtidale. La scara decimetrică, suprafețele erozionale ondulate predomină în acest facies, fiind rezultatul influenței curenților oscilatori de fund; prezența ceratitelor și bivalvelor sugerează depozitarea sub nivelul turbulent. Topul stratelor de argilă marcat de cutări cu profil asimetric, situate perpendicular cu

structurile lineate, indică aceeași direcție a paleocurenților. Cutările sunt consecința curenților de pe fundul apei, ce au format sedimente coezive. Strate de calcar marnă aparțin depozitelor subtidale, stratele de marnă depozitelor de șelf. Aceste fining-up unități sunt cicluri de adâncime superioară, ca acele care apar în Muschelkalk-ul din Bazinul german, unde marnele caracterizează zonele depozitionale adânci ale rampei.

4) *Calcar nodular bioturbat.* Acest facies turbiditic manifestă o masivitate omogenă-textura bioturbată. Stratele variază între 1 și 2 metri, având culori predominante în tonuri de gri. În găurile din acest facies sunt recunoscute depuneri de plante-plantolite orizontale. Stratele subțiri, mai mici de 5 cm, de dolomite bioclastice apar la poalele succesiunii de dolomite bioturbate, dar în unele cazuri, acestea includ granule mari de dolomite în bază, iar în top granule fine de sediment; aceste strate subțiri pot fi interpretate ca turbidite asemănătoare cu tempestitele din afara șelfului.

#### **DEPOZITE SI STRUCTURI EROZIONALE GENERATE DE FURTUNA**

Faciesul Membrului 1 a fost interpretat ca sediment depozitat în rampa carbonată noroioasă, bazându-se pe faciesul secvențial și absența depozitului de energie mare care poate corespunde barierei șelfului. Depozitele de furtună furnizează importante informații referitoare la variațiile paleobatrimetriei rampei, regimului energetic mecanismelor depozitionale. Membrul 1 e caracterizat de o abundență relativă a depozitelor macrogranulare, iar structurile indică o creștere abruptă a energiei generate de curenții de furtună. De exemplu : suprafețele erozionale și conglomerate de claste netede, strate de dolomite oolitice și scheletice și canale rotunde erozionale.

a) *Strate oolitice și scheletale.* Stratele de calcar sunt prezente în faciesul de calcar noroios din partea superioară a Membrului 1; aceste strate de calcar conțin particule de oolite (allocheme), fosile (bivalve, gastropode, fragmente de echinoderme), care indică un mediu depozitional de mare puțin adâncă. Stratele scheletice și oolitice au grosimi între 2 și 50 cm, au continuitate extensivă laterală. Stratele lenticulare au în baza eroziuni ascuțite și dispun pe fiecare gradație laminații paralele sau laminații oblice, multe aflorimente arată conglomerate bioclastice cu aceste laminații. Ondulații de valuri apar în topul unor strate scheletale, și acestea sunt incluse în găuri măloase; în unele secțiuni, stratele de calcar scheletal se află în asociații cu stratele subțiri de conglomerate de claste micritice. În secțiunea Cabra, stratele scheletale au stratificație hummocky; spațiu dintre hummocks e de 1-5m, iar grosimea lor depășește 20 cm.

Stratele conțin suprafețe de conglomerări, cu stratificație hummocky pe calcarele scheletale, și, sub stratele structural sunt calcare cu stratificație oblică cu oolite. Seturile de strate hummocky au grosimea de 60 cm și, în ciclul Membrului 1, sunt localizate strate de calcar mârlos, dedesubt este faciesul de

calcar nodular (în exteriorul faciesului de șelf); acest tip de stratificație poate fi generat de furtuni sau de intense curgeri multidirectionale de apă din timpul furtunilor de iarnă.

Multe dintre trăsăturile sedimentare observate sunt tipice depozitelor de furtună, sau tempestitelor, care sunt intercalate cu depozite de vreme normală, cu granulație fină. Tempestitele scheletale și oolitice sunt considerate depozite de șelf interior, deasupra bazei valurilor de furtună. Tempestite cu noroi uscat sunt depozitate în zona cu apă puțin adâncă, chiar lângă baza valurilor de vreme normală.

a) Gutter casts. În stratele subțiri de facies de calcar marnă apar canale înguste cu grosimi de 2 și 60 cm, secțiunile având forma de U și V, și planul geometric este rectilinear sau sinuos. Câteva canale au un profil complex, pot fi mai globulare, neregulate forme, baza netedă. De obicei, sunt izolate, uneori sunt și conglomerate; canalele sunt umplute cu granulație fină (calcisiltite) de resturi de cochilii de bivalve și gastropode, corpul este masiv și are o alternanță de silt carbonatic și nisip scheletal cu sortare normală sau laminație planară, unduțiile de valuri apar în topul canalelor, canalele se pare că sunt produse de curgeri verticale, indicate de prezența fosilelor schelete, care sunt dispuse către canale;

axele lungi ale canalelor sunt unimodale pentru fiecare secțiune a stratificației, **orientarea diferită este rezultatul rotației tectonice a aflorimentului, care poate fi demonstrată de hărțile geologice.**

Paleocurenții indicați de canale sunt mai mult sau mai puțin perpendiculari pe creasta liniei, orientarea oscilatorie a unduțiilor apare în topul unor canale, canalele probabil sunt orientate perpendicular către paleolitoral. Canalele Formațiunii Majanillos apar în faciesul de calcar marnos, care arată depozitele de litoral. Canalele mai apar în calcisiltite laminate, uneori cu Diplocraterion depozitate, care nu se asociază niciodată cu noroi uscat sau cu depozite supratidale. Prin urmare, canalele sunt dezvoltate în zona subtidală de mică adâncime; cele mai mari canale au fost găsite în faciesul calcaros, asociate cu ceratitele, ce sunt considerate interiorul depozitelor de șelf, acumulându-se în baza valurilor de vreme bună; canalele au fost formate de curgeri turbulente din urma furtunilor; curgerile au erodat substraturile cu granulație fină, stratele au ramas umplute atunci cu sediment, când energia curgerilor și-a micșorat intensitatea. Canalele au fost interpretate ca structuri subtidale, găsite în medii fluvial vechi și în depozite lacustre

b) Pot cast. Sunt formate prin umplerea unor cavități de eroziune non-lineare, asociate câteodată cu gutter casts; au forme cilindrice de mărimi variabile, interiorul pot casturilor are granulație fină (calcisiltite), pot fi formate din litosoluri, la fel ca gutter casts. Pot cast sunt bine dezvoltate în secțiunea Calasparra, dar nu apar în Cambil; poziția stratigrafică este mai limitată decât a gutter casturilor.

Pot cast apar împreună cu gutter cast, deci se dezvoltă în medii asemănătoare; pot cast sunt mai puțin frecvente decât gutter, în multe aflorimente; pot cast nu apar împreună cu depozitele de apă puțin adâncă ale faciesului de calcar, unde predomină calcisiltitele, și, nici cu depozite adânci unde există strate de tempestite.

Pot cast au o rază batimetrică mică și au nevoie, într-o oarecare măsură de condiții batimetrice specific mediului marin, decât în râuri.

Cavitățile sunt umplute de curgeri cu rotații verticale generate de furtuni, și doar în condiții de energie mare se produc aceste curgeri; deci se poate concluziona că aceste structuri s-au format în zona subtidală, probabil lângă baza valurilor de vreme bună. Multe din pot casturi asociate cu gutter în aflorimentul Calasparra, au în structură sedimente fine și mici cantități cu fragmente scheletale, formate în condiții de vreme normală, păstrate în alternanțe de argilit (roca rezultată din recristalizarea argilei) și roci carbonatice alcătuite din particule biogene.

#### **Trăsături caracteristice depozitelor de furtună**

Frecvența și grosimea pot și gutter casturilor variază de la un afloriment la altul; la Cambil nu există pot cast, însă predomină gutters. Aceasta secțiune e cea mai subțire și prezintă faciesul subtidal de apă

putin adanca, unde abunda strate subtiri de calcisiltite. Tempestitele din acest afloriment sunt cele mai subtiri, 3 cm.

In stratul Cabra si sectiunea Jauja, sunt observate o multime de gutters impreuna cu pots. Aceste structure apar in Xalasparrá, ocupand o pozitie paleogeografica între Cambil, Cabra si Jauja.

Pozitia originala a acestor aflorimente este diferita de locatia prezenta; au fost schimbate de tectonica Tertiáruului: forelandul a fost localizat in Masivul Hercinian, si rocile triasice spre vest in alte superpozitii.

### **Tempestite**

Faciesul sectiunii din Spania este format in baza de calcar laminat, ce trece in strate de calcar malos si calcare nodular cu texture bioturbate. In mijocul stratelor subtiri de calcar-marna, apar pot casts, gutter casts si intercalatii fine de calcarenite; in partea superioara predomina strate de calcare cu stratificatie hummocky.

Acest facies este acumulat in rampa carbonatá, depozitarea fáându-se de tãrmul apropiat pâna la shelf, unde depozitele de tempestite sunt importante.

Acest model de tempestite este aplicat Membrului 1 al Formației Majanillos; prezenta pot si gutter casts este asociata ca o zona de tecere de la mediu marin de apa putin adanca pana medii cu depozite de furtuna. Acesti curenti de furtuna formeaza structuri erozionale ( gutter si pot) pe fundul mării, unde fusese stabilizatá zona de trecerre.

Pe langa baza valurilor de furtuna, unde calcarele nodular bioturbate au fost depozitate, stratele de tempestite au desrescut repede din partea central catre bazin.

### **CONCLUZII**

Cel mai vechi depozit din Triasicul mediu, ce corespunde faciesului inferior de Muschelkalk ( Membru 1 al Formatiiunii de Majanillos), a fost depozitat in rampa carbonata adancá;áaceasta rampa este situatá in marginea bazinului epicontinental in care adancimea apei este aproape de baza furtunilor, fapt indicat de existenta depozitelor de furtuna.

Tempestitele indicá existenta unei zone bypass de langa tarm sugerand un ciclu transgresiv, depozitele de furtuna sunt considerate importante pentru interpretarea mediilor marine asociate cu depozitele de vreme normalá.

Existenta zonei de apa putin adanca si a tarmului extins, in care sunt caractere de energie relativ inalte; in acest sistem depozitional adanc particule de calcisilt formeaza strate plane de regim de curgere superior, si, sedimentele maloase constitue un substrat coeziv

Zona din apropierea tarmului functioneaza ca o zona sedimentara de trecere, in care curentii provoaca structure erozionale ( gutter si pot casts), ce au fost umplute cu sediment cand energia curgeriilor a scazut la sfarsitul furtunii.

Stratele de tempestite se dezvoltá in partea cea mai adanca a rampei, fapt ce duce la acumularea calcarelor nodular boiturbate.

In concluzie, gutter casts sunt formate in zona subtidala de mica adancime.

### **BIBLIOGRAFIA**

Allen, J.R.L. and Friend, P.F. (1968) Deposition of the Catskill facies, Appalachian region: with notes on some other Old Red Sandstone basins. Geol. Soc. Am. Spec. Paper, 106, 21±74.

Arnborg, L. (1957) Erosion forms and processes on the bottom of the River aÈngermanaÈlven. Geogr. Ann., 39, 32±47.

Ashley, G.M. (1990) Classi@cation of large-scale sub-aqueous

bedforms: a new look at an old problem. *J. Sed. Petrol.*, 60, 160±172.

Azema, J., Foucault, A., Fourcade, E., GarcõÂa HernaÂndez, M., GonzaÂlez Donoso, J.M., Linares, A., Linares, D., LoÂpez Garrido, A.C., Rivas, P. and Vera, J.A. (1979) *Las Microfacies Del JuraÂsico y CretaÂcico de las Zonas Externas de las Cordilleras BeÂticas*. University of Granada, Granada, 83 pp.

Berry, F.G. (1961) Longitudinal ripples from a non-marine horizon in the Bembridge marls (Oligocene) of the Isle of Wight, Hampshire, England. *J. Sed. Petrol.*, 38, 114±127.

Bertrand, M. and Kilian, W. (1889) Etudes sur les terrains secondaires et tertiaires dans les provinces de Grenade et Malaga. In: *Mission d'Andalousie. Mem. Acad. Sci.*, 30, 377±379.

Blumenthal, M. (1927) Versuch einer tektonischen gliederung der betischen cordilleren von Central, und SuÈd-West Andalusien. *Eclogae Geol. Helv.*, 20, 487±592.

Bridges, P.H. (1972) The signi@cance of toolmarks on a Silurian erosional furrow. *Geol. Mag.*, 109, 405±410.

Browne, G.H. (1994) Pot and gutter casts from the Chapel Island Formation, southeast Newfoundland ± Discussion. *J. Sed. Res.*, A64, 706±707.

Busnardo, R. (1975) PreÂbeÂtique et sub-beÂtique de Jaen aÁ Lucena (Andalousie). Introduction et Trias. *Doc. Lab. GeÂol. Fac. Sci. Lyon*, 66.

Daley, B. (1968) Sedimentary structures. *Neues Jb. Geol. PalaÈontol. Abh.*, 156, 285±304.

Dott, R.H. and Bourgeois, J. (1982) Hummocky strati@cation: Signi@cance of its variable bedding sequences. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93, 663±680.

Duke, W.L. (1985) Hummocky cross-strati@cation, tropical hurricanes, and intense winter storms. *Sedimentology*, 32, 167±194.

Duke, W.L., Arnott, R.W.C. and Cheel, R.J. (1991) Shelf sandstone and hummocky cross-strati@cation: new evidence on a stormy debate. *Geology*, 19, 625±628.

Duringer, P. and Vecsei, A. (1998) Middle Triassic shallowwater limestones from the Upper Muschelkalk of eastern France: the origin and depositional environment of some early Mesozoic @ne-grained limestones. *Sed. Geol.*, 121, 57±70.

Flood, R.D. (1983) Classi@cation of sedimentary furrows and a model for furrow initiation and evolution. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 630±639.

GarcõÂa CorteÂs, A., Mansilla, H. and Quintero, I. (1991) Puesta de mani@esto de la Unidad OlistostroÂmica del Mioceno Medio, en el Sector Oriental de las Cordilleras BeÂticas (provincias de JaeÂn, AlmerõÂa, Murcia y Alicante). *Bol. Inst.*

Geol. Min. Esp., 102, 524±535.

García Hernández, M., López Garrido, A.C., Rivas, P., Sanz de Galdeano, C. and Vera, J.A. (1980) Mesozoic paleogeographic evolution of the external zones of the Betic Cordillera.

Geol. Mijnbouw, 59, 155±168.

García Rossel, L. (1973) Estudios Geológicos de la Transversal Ubeda-Huelma y Sectores Adyacentes. PhD Thesis, University of Granada, Spain.

Goy, A. and Martínez, G. (1996) Nautiloideos del Triásico Medio en la Cordillera Ibérica y en la parte oriental de las Cordilleras Béticas. Cuad. Geol. Ibérica, 20, 271±300.

Goy, A. and Peñalva-López, A. (1996) Presencia de cefalópodos del tránsito Anisiense-Ladiniense en las facies Muschelkalk de la Zona Subbética (Cordillera Bética). Geogaceta, 20, 183±186.

Greensmith, J.T. (1965) Calciferous sandstone series sedimentation at the Eastern end of the Midland Valley of Scotland. J. Sed. Petrol., 35, 223±242.

Handford, C.R. (1986) Facies and bedding sequences in shelfstorm-deposited carbonates ± Fayetteville shale and Pitkin limestones (Mississippian), Arkansas. J. Sed. Petrol., 56, 123±137.