

Valoració de l'estat de jaciments quaternaris litorals rere el pas de la borrasca *Glòria* al llevant de Mallorca (Illes Balears)

Damià VICENS, Guillem X. PONS, Pau BALAGUER i Laura DEL VALLE

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Vicens, D., Pons, G.X., Balaguer, P i del Valle, L. 2021. Valoració de l'estat de jaciments quaternaris litorals rere el pas de la borrasca *Glòria* al llevant de Mallorca (Illes Balears). *In: Pons, G.X., Vicens D. i del Valle, L. (edit.). La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 239-260. ISBN 978-84-09-33509-1. Palma (Illes Balears).

La borrasca *Glòria*, va ser anomenada per l'AEMET el divendres 17 de gener de 2020 a les 00:00 UTC (01:00 hlp) a causa de l'emissió d'aviso de nivell vermell i taronja per ratxes de vent, pluja, neu i fenòmens costaners a partir de la matinada de diumenge 19 de gener a gran part del nord i est peninsular, així com a les Balears. Al llarg del dia 20, la borrasca *Glòria* va ser absorbida per un sistema depressiu de major grandària centrat al sud de la península Ibèrica i les Illes Balears. Els avisos de l'AEMET de fenòmens costaners de nivell vermell van afectar la major part dels litorals de les Balears, Catalunya i Comunitat Valenciana entre els dies 19 i 20, perllongant-se durant el 21 a Catalunya. A la resta de litorals de la Mediterrània es van emetre avisos de nivell taronja o groc. La borrasca generada, va repercutir a les Illes Balears amb un temporal de vent, pluja i a la mar. Els registres meteorològics inusuals i els danys causats sobretot al litoral del sud de Menorca i Llevant de Mallorca han donat fe de l'agressivitat de la mar quan les condicions són favorables. S'han visitat jaciments litorals del Pleistocè superior de Mallorca per tal d'avaluar els danys soferts rere el temporal.

Paraules clau: *Mallorca, borrasca Glòria, jaciments, Pleistocè superior, impactes.*

ASSESSMENT OF THE STATE OF COASTAL QUATERNARY SITES AFTER THE STORM GLORIA IN THE EAST OF MALLORCA (BALEARIC ISLANDS). The stormy event which started on Friday January 17th 2020 at 00:00 UTC (01:00 local time) was called Gloria by the AEMET (Spanish Meteorological Agency) due by the red and orange level warnings with strong wind gusts, snow and coastal stormy events. Since the early in the morning of January 19th these meteorological processes touched both the north and northeast side of Iberian Peninsula and Balearic Islands. During January 20th, Gloria storm was absorbed by a larger depressive system located over Alboran sea and southeast of Iberian Peninsula. Orange and red level warnings from AEMET reach the major part of the coasts of the Balearic Islands, Catalonia and Valencian Autonomous Community between 19th and 20th January and being persistent during 21th in Catalonia. At the same time orange and yellow level warnings were issued throughout the Mediterranean coasts. Gloria storm affected the Balearic Islands with strong winds, rain and storm surges in coastal areas. Meteorological data recorded were extraordinary which caused considerable damages to the Southern coasts of Menorca and Eastern coasts of Mallorca. Coastal deposits of the Upper Pleistocene of Mallorca have been visited and checked in order to assess the damage suffered after this storm event.

Keywords: *Majorca, Gloria storm, paleontological sites, Upper Pleistocene, impacts.*

Damià VICENS i Guillem X. PONS, Universitat de les Illes Balears, carrer. Valldemossa s/n, departament de Geografia, i Societat d'Història Natural de les Ba-

lears. Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos. 07011 Palma Email: dvicens7@hotmail.com i guillemx.pons@uib.es; Pau BALAGUER i Laura DEL VALLE Societat d'Història Natural de les Balears. Carrer Margarida Xirgu, 16 baixos 07011 Palma.

Introducció

L'estudi del Quaternari a Mallorca porta ja una llarga trajectòria, amb nombroses publicacions de diversos investigadors tant internacionals (Bate, 1909; Della Marmora, 1834; Haime, 1855; Hermite, 1879; Muhs *et al.*, 2010; Clemmensen *et al.*, 1997) com locals (Cuerda, 1962; 1975; Muntaner, 1957; Vicens, 2015, Fornós *et al.*, 2009; Pomar, 2016). Estudis enfocats majoritàriament al Quaternari litoral, més concretament del Pleistocè, tant de caire estratigràfic, morfològic com paleontològic, s'han dut a terme per la gran quantitat de dades que han facilitat aquests dipòsits per entendre millor els canvis climàtics ocorreguts en el passat, això com les oscil·lacions del nivell marí, migració de fauna, etc.

Un dels estudis transcendentals del Quaternari mallorquí foren els realitzats pels investigadors locals Andreu Muntaner i Joan Cuerda, amb la culminació dels seus estudis iniciats a finals dels anys 40 amb la publicació de dos excel·lents articles que sintetitzaven els treballs realitzats a la badia de Palma des del punt de vista estratigràfic (Muntaner, 1957) i paleontològic (Cuerda, 1957), tot coincidint amb la visita a Mallorca dels congressistes del V Congrés Internacional de l'INQUA (*International Quaternary Congress*). Que suposà un impuls de l'estudi del Quaternari per part d'autors nacionals i internacionals sobretot del Pleistocè de Mallorca (Ginés *et al.*, 2012). Els dipòsits quaternaris estan composts majoritàriament per la intercalació d'eolianites, dipòsits al·luvials-col·luvials, marins i/o paleosòls, tots aquests tenen un grau de cementació mitjà-baix, els quals es veuen constantment erosionats i afectats per les onades, vents, etc., i sobretot en moments de fortes tempestes, com ocorregué els dies 19 i 20 de gener, quan la borrasca anomenada *Glòria* afectar el litoral balear, sobretot a la part de llevant, on també destrossar passejos marítims i infraestructures turístiques situades prop de la mar. Davant la magnitud dels danys ocasionats es visitaren els jaciments del Pleistocè superior per observar i avaluar els possibles danys sobre els jaciments després del pas del temporal marítim.

Geomorfologia litoral dels jaciments estudiats

Els jaciments paleontològics inventariats en aquest estudi es troben gairebé arreu de la costa de l'illa de Mallorca, a totes les vessants costaneres excepte de la vessant NW. Els jaciments es troben repartits a totes les unitats morfoestructurals que condicionen els relleus de Mallorca i per tant, també les seves àrees costaneres. D'aquesta manera els jaciments es troben en els relleus estructurats modelats per l'orogènia Alpina, a les conques post-orogèniques (interior de grans badies) i relleus tabulars post-orogènics. En tots els casos, excepte a les conques post-orogèniques, tots els jaciments són dipòsits adherits sobre els materials predominants que constitueixen cada una de les unitats de relleu, normalment disposats de manera discordant, i en alguns casos erosiva. Els jaciments dels àmbits dels relleus estructurats es localitzen a la Serra de Tramuntana (jaciments 1 i 25, Fig. 1) i a les Serres de Llevant (jaciments 19-24, Fig. 1). Els jaciments localitzats a les conques post-

orogèniques es troben a la Conca de Palma (Badia de Palma) (jaciments 2-4, Fig. 1) i a la Conca de Campos (Jaciments 5-9, Fig 1). Els jaciments de les Unitats Tabulars Post-Orogèniques del Miocè Superior són els més nombrosos i es localitzen a la Marina de Llevant (jaciments 10-18, Fig. 1).

Els materials corresponents al Quaternari ocupen al voltant del 21% de la línia de costa de l'illa de Mallorca (Balaguer *et al.*, 2019). A la Serra de Tramuntana els materials del Quaternari són més freqüents a les vessants NE i SW que és allà a on hi ha les majors entrants i ports naturals, aquests representen al voltant del 4,2% del total de les costes d'aquesta unitat. Pel que fa a la Unitat d'Alcúdia que és allà a on es troba el jaciment de la Platja de Sant Joan, la línia de costa constituïda pels materials del Quaternari són del voltant del 21%. (Balaguer, 2005). A les Serres de Llevant els materials del Quaternari es troben al voltant d'un 16% de la línia de costa, a les Marines de Migjorn i Llevant la línia de costa formada per materials del Quaternari són del voltant del 20%. Pel que fa a les costes rocoses de les conques post-orogèniques de Palma i de Campos les costes rocoses sense modificar per part de l'home, la major part són costes de perfil esglaonat d'altures inferiors als 3 m i ocupen el 14% i el 70% de la línia de costa respectivament.

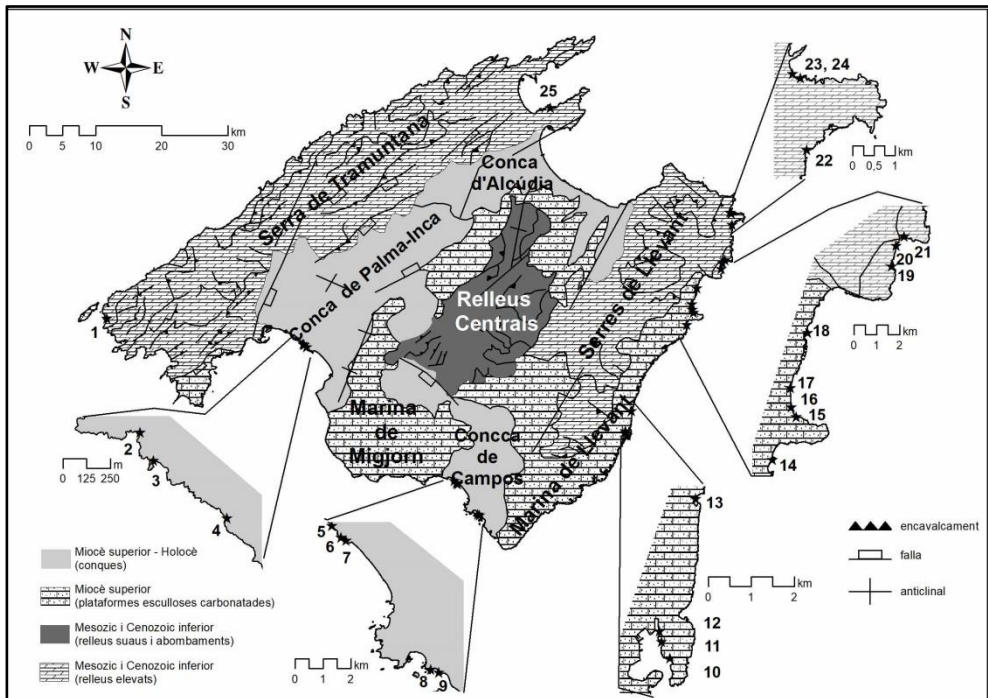


Fig. 1. Mapa amb la ubicació dels jaciments analitzats.
Fig. 1. Map with the location of the analyzed sites.

La borrasca *Glòria*

En aquest apartat s'han posat les dades aportades per l'AEMET (*Agencia Estatal de Meteorologia*). Aquesta borrasca ha donat amb diferent intensitat quatre tipus de fenòmens meteorològics que són els de precipitació, nevades, ratxes de vent i onatge. Els valors més excepcionals s'han donat a precipitacions en forma d'aigua o neu, temperatures mínimes i alçada d'onades. Quant a ratxes de vent no es pot considerar especialment adversa.

S'han omès les dades dels valors màxims de ratxes de vent registrades entre els dies 19 i 20, que corresponen amb l'existència pròpiament de la borrasca *Glòria*, a l'Estat Espanyol a excepció de les de les Illes Balears. S'ha procedit de la mateixa manera amb els valors màxims en 24 hores de precipitacions. No se comenta res de les nevades ja que aquestes no varen afectar les Balears.

Formació i evolució posterior de la borrasca Glòria segons l'AEMET

Al llarg del divendres 17 de gener de 2020 un vòrtex en nivells alts situat a l'Atlàntic nord (Fig. 2), pròxim a Terranova a primeres hores, es va desplaçar ràpidament en direcció a Europa, al temps que es generava una baixa en superfície. Al migdia del 18 el vòrtex i la baixa es trobaven al nord-oest de la península Ibèrica. Durant la tarda del dia 18 de gener i primeres hores del 19 la van recórrer en direcció SE, arribant a la Mediterrània. En aquest moment, a el passar a sotavent de la península Ibèrica, la baixa en superfície es va aprofundir lleugerament convertint-se en la borrasca *Glòria*, que al migdia del 19 tenia el seu centre entre Eivissa i el cap de la Nau. Durant els dies 19 i 20 de gener es quant el borrasca va començar a colpir amb intensitat les costes del llevant peninsular. Tot i que el valor de la pressió en aquest centre no era especialment baix, al voltant de 1011 hPa, el fet que es formés un potentíssim anticicló centrat al sud de la Gran Bretanya, amb un màxim històric de més de 1050 hPa, va fer que s'establís un fort gradient de pressió des del sud de França fins Balears. Aquest gradient provocar vents forts amb ratxes molt fortes i un onatge que va aconseguir valors rècord en aquesta zona de la Mediterrània, a més d'aportar gran quantitat d'humitat i precipitacions a les comarques litorals i a les Balears.

La borrasca *Glòria* va romandre en la posició descrita durant menys de 24 hores, ja que al llarg del dia 20 es va desplaçar en direcció sud-oest fins a ser absorbida per una baixa més gran centrada en aquest moment al mar d'Alboran i que abastava la meitat sud peninsular i la major part del Marroc. Malgrat aquesta atenuació de la borrasca, les tempestes i el fort vent continuarien ja que l'anticicló es localitzava en una posició més meridional al nord de la península Ibèrica i el corredor generat per l'anticicló (N) i baixa pressió (S) continuava actiu. Durant els dies 20 i 21 és quant la tempesta marina en el llevant tindria més intensitat, a la Fig. 2 es pot observar la proximitat de les isòbares a la meitat nord de Mallorca reflectint el fort gradient de vent de component E i NE que es va afectar al llevant de Mallorca. Aquesta baixa pressió de grans dimensions, que ja no era pròpiament *Glòria*, va persistir fins al dimecres 22, el mateix que el potent anticicló al nord de la península Ibèrica, el que va provocar que el temporal marítim del Llevant iniciat amb *Glòria* continuàs aportant grans quantitats de precipitació en les comunitats de la Mediterrània, que van ser de neu en cotes baixes, per sobre de 300 metres en alguns casos. Entre les províncies de Tarragona, Castelló de la Plana i Terol va arribar a acumular-se en alguns punts més d'un metre de neu nova.

De dijous 23 fins al dissabte 25 la borrasca que havia absorbit a *Glòria* va continuar molt activa, amb episodis convectius de gran intensitat, especialment a la província de Màlaga, on hi va haver una espectacular calamarsada el dia 23 i desbordaments de rius el 25. Durant el diumenge 26 la baixa es va desplaçar cap a l'est, en direcció a Itàlia, i va deixar de tenir activitat (AEMET 2020a, 2020b).

Alguns dels principals impactes a Espanya (a partir de l'informe de l'AEMET)

Segons dades de Protecció Civil i altres fonts, el nombre de morts que es poden associar a *Glòria* és de tretze, a més de tres desapareguts, la major part d'ells a la Mediterrània i entre els dies 20 i 21. Va haver-hi més talls a les xarxes de carreteres i ferrocarrils, de subministrament elèctric i telefònic, poblacions aïllades per la neu, desbordament de nombrosos rius i destrucció de passejos marítims i àmplies franges de litoral, especialment al Delta de l'Ebre, que va ser totalment inundat.

A les Illes Balears entre els valors màxims de ratxes de vent registrades entre els dies 19 i 20, que corresponen amb l'existència pròpiament de la borrasca *Glòria*, abans de ser absorbida per la de major grandària, destaca els 110 km/h registrat a l'estació de Capdepera, a les 19:21 h el dia 19. Tot i que durant els dies següents va continuar el temporal de l'est, els valors de ratxes de vent ja no van ser tan intensos.

Les precipitacions van ser intenses i persistents a la Mediterrània durant tot l'episodi, arribant a acumular més de 400 mm en alguns punts de l'Estat Espanyol al llarg de la setmana. Com a valors màxims en 24 hores destaquen a les Illes Balears els 135,6 l/m a Portocolom el dia 19 i els 156,4 i/m a Escorca el dia 20. (AEMET 2020a, 2020b).

Una característica important d'aquesta borrasca destacada per l'anàlisi de detall realitzada per Amores *et al.* (2020) és que ha estat un temporal amb diferent tipus i grau d'impacte dependent de l'àmbit geogràfic amb inundacions a zones costaneres del llevant de la península Ibèrica i fort vent amb gran onatge a les Illes Balears. A l'illa de Mallorca la zona més afectada va ser el llevant, destrossant passejos marítims i infraestructures situades prop de la mar. Aquest ha estat el motiu per a visitar jaciments del Pleistocè superior i poder observar i avaluar els possibles danys sobre ells després del pas del temporal marítim.

La tempesta *Glòria* s'ha classificat com a una de les borrasques més rellevants a l'àmbit balear en quant màxims d'alçada significant d'onada (H_s) comparable als episodis ocorreguts l'any 1967 ($H_s=7,35$ m i període (T_p)=11,2 s.), 1980 ($H_s=13,87$ i $T_p= 14,86$ s) i 2001 ($H_s= 10,44$ m i $T_p=12,38$ s) (Amores *et al.*, 2020). La borrasca va afectar de manera important l'illa de Mallorca entre els dies 19 i 21 de gener de 2020 amb ratxes de vents de component de llevant de fins a 110 km/h i ones de fins a 14 metres d'altura a mar obert enregistrades a la boia oceanogràfica-meteorològica de Ports de l'Estat localitzada a l'Est del Port de Maó.

Pel que fa a l'onatge, segons *Puertos del Estado*, es va establir un rècord a l'enfrontar-se una alçada mitjana de 8,44 m a la boia de València, en mar obert, el dia 20 de gener, a les 06 UTC, polvoritzant l'anterior rècord d'altura establert en 6,45 metres assolits l'any 2017. D'altra banda, la boia de Maó va registrar una alçada màxima de 14,77 m el dia 21 a les 12 UTC. L'anterior rècord a aquesta boia era de 8,15 m mesurats al gener de 2003,

Amores *et al.* (2020) a l'anàlisi específica de la borrasca *Glòria* a Balears varen calcular altures d'onada properes a 9 m d'alçada a àrees costaneres del llevant de Mallorca. D'acord

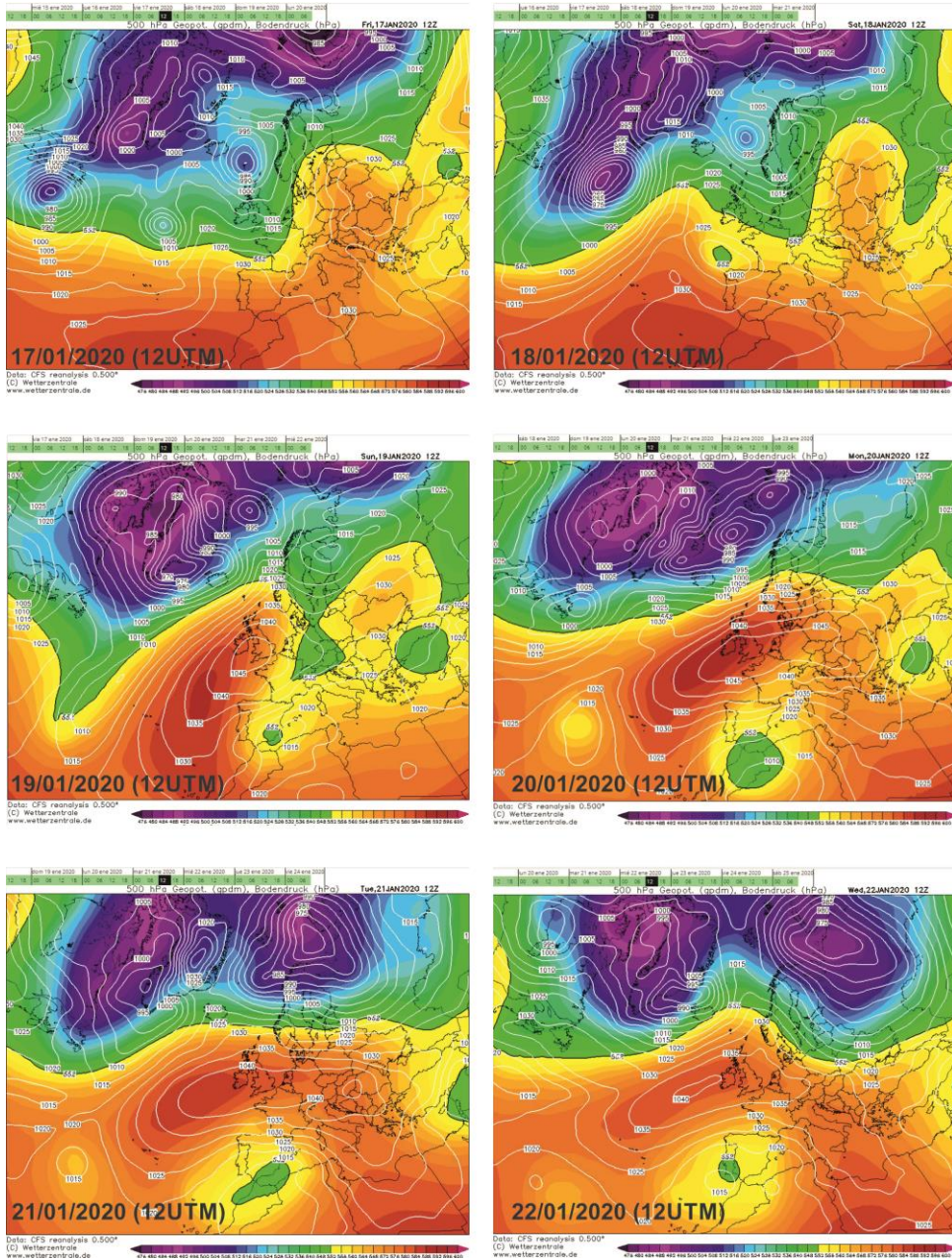


Fig. 2. Sinòptica de la situació durant els dies del temporal Glòria. Mapes sinòptics extrets del servei de dades històriques i arxiu de [wetterzentrale](https://www.wetterzentrale.de/es/default.php), <https://www.wetterzentrale.de/es/default.php>

Fig. 2. Synoptic maps during the days of the storm Glòria. Source from [wetterzentrale](https://www.wetterzentrale.de/es/default.php), <https://www.wetterzentrale.de/es/default.php>

amb la comunicació personal dels tècnics de la divisió de monitorització de platges del Sistema d'Observació i Predicció Costaner de les Illes Balears (SOCIB) durant els dies 19 i 21 de gener es va enregistrar una altura d'onada significativa (Hs) màxima del voltant de 10 m en un instrument perfilador de corrents i onatge instal·lat en el fons de la Badia de cala Millor a 17 metres de profunditat a una distància inferior a 1 milla nàutica de la Platja de cala Millor. Aquesta dada indica la magnitud del temporal marí que va afectar de ple a tota la costa del Nord-Est i Llevant de Mallorca i també, però amb menor intensitat, les costes de la vessant SW. En quant a precipitacions cal destacar els 135 mm i 156 mm recollits a Portocolom (19 de gener) i a Escorca (20 de gener), respectivament.

Els jaciments litorals del Pleistocè a l'illa de Mallorca

Com s'ha esmentat anteriorment, són nombrosos els naturalistes i científics que han fet una aportació al Quaternari de Mallorca; d'entre els quals cal destacar per la seva magnitud i detall de treball: Muntaner (1957), Cuerda (1975), Ginés *et al.* (2012) i Vicens (2015) on podem trobar informació referent als antecedents de l'estudi del Quaternari de Mallorca. Ara bé, l'inventari més recent dels jaciments quaternaris del litoral mallorquí és el de Vicens (2015). A on es presenten diferents tipologies de jaciments, així com de magnitud, dipòsits que van des de menys d'1 m² fins als 1000 m² o més. L'estratigrafia també pot ser molt diversa, tant verticalment com horitzontal, segons la zona d'estudi, així doncs, podem observar un jaciment amb una estratigrafia senzilla amb la presència d'un únic estrat, a una estratigrafia més complexa on s'observa la intercalació o la interferència de diversos estrats/dipòsits indicant els processos geomorfològics de la seva formació.

Inventari dels jaciments

El primer inventari dels jaciments quaternaris de la badia de Palma segons Vicens i Pons (2017) fou el de Muntaner (1957), on cita, localitza i descriu en detall una dotzena jaciments (dipòsits marins, col·luvials, al·luvials, èdics i paleosòls). Pocs anys després, Solé Sabarís (1962) situa sobre un mapa de Mallorca els jaciments del Pleistocè superior més significatius i els relacionar amb el llevant de la Península Ibèrica.

Cuerda (1975) publicà un complet monogràfic sobre el Quaternari de les Balears, on podem localitzar distints jaciments quaternaris litorals de Mallorca; d'entre els quals podríem diferenciar 8 jaciments del Pleistocè inferior, una desena del Pleistocè mitjà i 65 del Pleistocè superior marí. Pocs anys després, Pomar i Cuerda (1979) ampliaren el nombre a 70 jaciments del Pleistocè superior. Posteriorment, Cuerda (1987) al seu catàleg de mol·luscs del Pleistocè balear, situa a un mapa 75 jaciments atribuïts a aquesta mateixa edat.

Cal esperar dues dècades per a un nou inventari, aquest cop realitzat per Morey (2008a), donant com a resultat 113 localitats del Pleistocè superior, xifra que varia una mica segons Morey (2008b) o Morey i Cabanellas (2007-2008).

El darrer inventari fou realitzat a partir dels treballs precedents i de noves prospeccions, en el qual s'inventariaren un total de 292 jaciments litorals. D'aquests, 43 són del Pleistocè inferior-mitjà, 241 del Pleistocè superior i 8 de l'Holocè (Vicens, 2015). Cal tenir present que en aquests inventaris no hi ha jaciments d'origen càrstic, encara que es poden trobar al

litoral. Ara bé, cal ressaltar que la majoria dels jaciments es localitzen al litoral, i són vulnerables als temporals marins.

Els jaciments del Pleistocè superior al litoral del llevant Mallorca

Els jaciments pertanyents al Pleistocè superior descrits del Llevant de Mallorca, per part dels quaternaristes a partir de mitjans del segle XX, sobretot per Karl W. Butzer i Joan Cuerda (Butzer i Cuerda 1960; 1961; 1962), eren els localitzats des de la punta des Far (Capdepera) fins el cap Salines (Santanyí). Al 2015, Vicens (2015) els incrementa afegint tot el litoral nord d'Artà i de Capdepera, a més a més de la realització d'una descripció més detallada i exhaustiva la qual forma part de la seva tesi. Dintre d'aquesta, explica l'estratigrafia simple dels materials de la zona d'Artà i Capdepera, comparat amb la resta del litoral de Llevant, on s'observa una estratigrafia més complexa al llarg del litoral des de cap Salines, amb costes baixes predominantment arenoses, costes rocoses sobre materials quaternaris i penya-segats tallats al rocam Miocè (Balaguer, 2007).

Els jaciments que cal remarcar per la seva estratigrafia i dimensions són: s'Arenalet Albarca i Fontsalada (Vicens, 2012). En aquest sentit, els jaciments de cala Agulla, Canyamel, Punta Roja, s'Arenal de Son Servera, cala Nao, cala Murada, entre d'altres, són importants per al coneixement del Quaternari de Mallorca (Vicens, 2015). A més a més de dos jaciments, de petites dimensions, emperò amb fòssils que han donat noves cites al Pleistocè de les Illes Balears, com són el jaciment de sa Tanca de sa Torre II (Cuerda *et al.*, 1989-90) i el des Frontó des Molar (Vicens *et al.*, 1998). Matamales-Andreu (2019) realitza talls estratigràfics a s'Arenal de son Servera, i fa interessants observacions a partir d'aspectes tafonòmics dels fòssils. Aquest autor considera que el topònim més adient per l'arenal entre cala Millor (Son Servera) i cala Nao (Sant Llorenç), on nosaltres en aquest article hem utilitzat el de platja de Sant Llorenç per la seva ubicació dintre del municipi de Sant Llorenç, seria el de s'Arenal de son Servera, utilitzat per Butzer i Cuerda, (1961) i per Vicens (2015).

Metodologia

En total s'han visitat 25 localitats de l'illa de Mallorca, característics per la presència de jaciments representatius del Pleistocè superior, localitzats majoritàriament a zones on el temporal marí conseqüència de la borrasca *Glòria* va tenir diferents graus de rellevància. Aquests jaciments són: els de cala Pudent, es Carnatge i son Mosson (Palma), el des Freu i cases de ses Covetes, el des Morters (Campos), la platja de Sant Joan (Alcúdia), es d'es Delfí i es Delfí-es Carbó (Ses Salines) i el de Sant Elm (Andratx). D'altra banda, s'han visitat jaciments on el temporal marí va ser extremadament virulent, aquest és el cas de jaciments situats al llevant de Mallorca, al municipis de Capdepera, Sant Llorenç, Son Servera, Manacor i Felanitx. En aquest sentit s'han valorat dels danys produïts als jaciments així com a les infraestructures properes (màxim de 50 m del jaciment, amb l'excepció de Sant Elm on hi ha més distància), a partir d'observacions de camp comparant-los amb l'inventari aportat per Vicens (2015) i l'arxiu fotogràfic d'aquest mateix, els quals inclouen la localització exacte i la detallada descripció de cada jaciment amb el corresponent registre faunístic en el cas de la seva existència al jaciment. Les dades resultants estan reflectides a la Taula 1.

Situació	Municipi	Jaciment	Coordenades	Danys infra	Imp jac	Data Visita	
Fora del Llevant	Alcúdia	P. Sant Joan	511642/4412842	N	0	25-01-2020	
		Ses Salines	Delfí-Carbó	500918/4351306	N	3	27-02-2020
			Es Delfí	500637/4351412	N	3	27-02-2020
	Campos	Es Freu	497603/4356018	0	3	31-01-2020	
		Ses Covetes	497430/4356124	0	0	31-01-2020	
		Es Morters	497091/4356540	0	3,4	31-01-2020	
	Palma	Son Mosson 2	474723/4376716	0	3	23-02-2020	
		Es Carnatge	474336/4377019	0	0	24-01-2020	
		Cala Pudent	474263/4377167	0	3	24-01-2020	
	Andratx	Sant Elm	444533/4381005	0●	3	08-03-2020	
Llevant mallorquí	Capdepera	Cala Agulla 1	539011/4396903	0	0	08-02-2020	
		Cala Agulla 2	538817/4397003	0	0	08-02-2020	
		Son Moll	539156/4395209	1	3	08-02-2020	
		Canyamel N	538036/4389842	1	3	08-02-2020	
		Canyamel S	537682/4389436	N	3,5	08-02-2020	
		Cala Roja	537480/4388530	2	0	08-02-2020	
	Son Servera	Punta Roja	533802/4385632	2	3,4,5	08-02-2020	
	Sant Llorenç	P. S. Llorenç 1	533061/4383218	2	0	08-02-2020	
		P. S. Llorenç 2♦	533082/4382364	0	3	27-02-2020	
		Cala Nao	533319/4381941	N	0	27-02-2020	
		Ses Tenasses	532257/4380067	0	3	08-02-2020	
	Manacor	Cala Murada	523865/4367082	2	3,4,5	08-02-2020	
	Felanitx	S'Arenal Gran	523265/4363386	2	3	19-02-2020	
		Es Babo	523076/4363765	0	0	19-02-2020	
		Es Rivetó	523027/4364012	0	3	19-02-2020	

Taula 1. Jaciments visitats després del temporal marítim associat a la borrasca *Glòria*, indicant les coordenades de situació, els danys ocasionats a les infraestructures properes, els impactes produïts al jaciment i la data de visita. S'han utilitzat les mateixes coordenades que a Vicens (2015), exceptuant el jaciment Delfí-Carbó i Canyamel S, degut a errades a l'obra citada; el jaciment de Ses Tenasses que és una localització més precisa; i el jaciment de la platja de Sant Llorenç 2 per ser un jaciment inèdit fins ara. (●): 400 m al NO si hi va haver danys a una infraestructura. (♦): jaciment inèdit fins ara. N: no hi ha infraestructures properes. 0: cap dany a infraestructures, cap dany a al jaciment. 1: danys a pasareles de fusta. 2: danys a solariums de formigó, passetjos marítics, infraestructures portuàries, etc. 3: rentat del jaciment. 4: danys a eolianites. 5: danys a un nivell de platja del Pleistocè.

Table 1. Paleontological sites visited after the maritime storm associated with storm *Gloria*, indicating location coordinates, damage to nearby infrastructure, impacts on the site and date of visit. The same coordinates have been used as in Vicens (2015), except for the Delfí-Carbó and Canyamel S site, due to errors in the cited work; the Ses Tenasses site, which is a more precise location; and the Sant Llorenç 2 beach site for being a hitherto unpublished site. (●): 400 m to the NW if there was damage to an infrastructure. (♦): hitherto unpublished site. N: No infrastructure nearby. 0: no damage to infrastructure, no damage to the site. 1: damage to wooden walkways. 2: damage to concrete solariums, promenades, port infrastructures, etc. 3: washing the site. 4: damage to eolianites. 5: Damage to a Pleistocene beach level.

Per als d'anys a les infraestructures s'han utilitzat els ítems següents: N, si no hi ha infraestructures properes; 0, si no s'han vist afectades; 1, si ha afectat a passarel·les de fusta; 2, si ha afectat a solàriums de formigó, passejos marítics, infraestructures portuàries, etc.

Per als jaciments, els ítems van des del "rentat", que és una eliminació total o parcial de

llims, arenes i graves soltes que hi ha per sobre d'un jaciment, sense excloure una lleugera erosió sobre els paleosòls, fins els danys a eolianites o danys a un nivell de platja. A la taula 1 s'han donat els nombres 3, 4 i 5 respectivament.

Jaciments visitats no situats al llevant de Mallorca

En primer lloc es van visitar dos dels jaciments més representatius de Mallorca (Fornós *et al.*, 2012), Cala Pudent i es Carnatge, situats a la Badia de Palma. Aquesta zona constitueix l'únic tram de la zona costera pertanyent al terme municipal de Palma que encara roman fora urbanitzar (Balaguer, 2012). No se va observar cap impacte que semblés recent a Cala Pudent, tot i que la zona superior de la platja quaternària i propera a la mar estava molt neta. En es Carnatge es va observar un petit bloc de mida decimètrica arrabassat, però pot ser degut a l'erosió del dia a dia. Prop del dos jaciments anteriors hi ha el jaciment de son Mosson en el que no es va observar cap efecte del temporal.

També es va visitar el jaciment de la platja de Sant Joan, a la Badia de Pollença i no se va observar cap evidència d'un efecte erosiu recent.

Als jaciments a la zona de ses Covetes, es varen observar resultats diferents de l'efecte del temporal segons on es troba el jaciment i de la presència o no d'acumulacions de *Posidonia oceanica*. Així en es Freu, s'ha observat un rentat superficial del jaciment i la caiguda d'algun troç de platja pleistocena, encara que no es pot assegurar que sigui degut a la borrasca *Glòria*. Al jaciment que hi ha davant el poble, sembla que la quantitat de *Posidonia oceanica* acumulada, ha actuat d'esmoreïdor dels efectes de la tempesta (Fig. 3) En es Morters, l'efecte ha estat de rentat i d'eliminació d'arena que cobreix l'estrat superior del jaciment. En alguna zona s'ha arrabassat algun fragment de l'eolianita basal.

A dos jaciments situats al litoral de ses Salines s'ha observat un efecte de rentat, tant al jaciment des Delfí com al jaciment des Delfí-es Carbó (Fig. 4).

El darrer jaciment visitat va ser un situat al SO de la serra de Tramuntana, el de Sant Elm. El jaciment no es va veure afectat en absolut, ara bé a uns 400 m al NO hi ha una infraestructura que es va veure greument afectada.

Jaciments visitats en el llevant de Mallorca

Als dos jaciments de Cala Agulla que es varen visitar no se va observar cap efecte. El jaciment que es troba enmig de la cala no se va poder observar per la presència d'arena.

A son Moll que hi ha un petit jaciment, es va observar un efecte de rentat.

Al jaciment de Canyamel N (Fig. 5), el desbordament del torrent combinat amb el temporal de la mar, al llevar l'arena va fer que es poguessin observar taques de Quaternari que normalment no es poden observar (Fig. 6). Al jaciment de Canyamel S es va observar un efecte de rentat i la rompuda d'algun fragment de platja quaternària (Fig. 7).

A Cala Roja, encara que alguna infraestructura es va veure afectada, el jaciment constituït per taques petites pleistocenes no es va veure afectat.

A la Punta Roja es va observar que el temporal va arrabassar un fragment d'eolianita, i un fragment petit de platja pleistocena (Fig. 8 i 9). També es va produir un rentat a la zona N on hi ha llims d'origen fluvio-torrencial (Fig. 10). A la zona S del jaciment, es va produir un efecte de rentat i desplaçament del cúmul de *Posidonia oceanica*, per la qual cosa es varen poder observar l'estratigrafia d'aquest sector (Fig. 11) que en certa manera va

protegir el jaciment. Alguna zona del jaciment es troba bastant desmantellada, amb arrabassament de blocs, seria la zona que es troba més a llevant de la punta (Fig. 12).

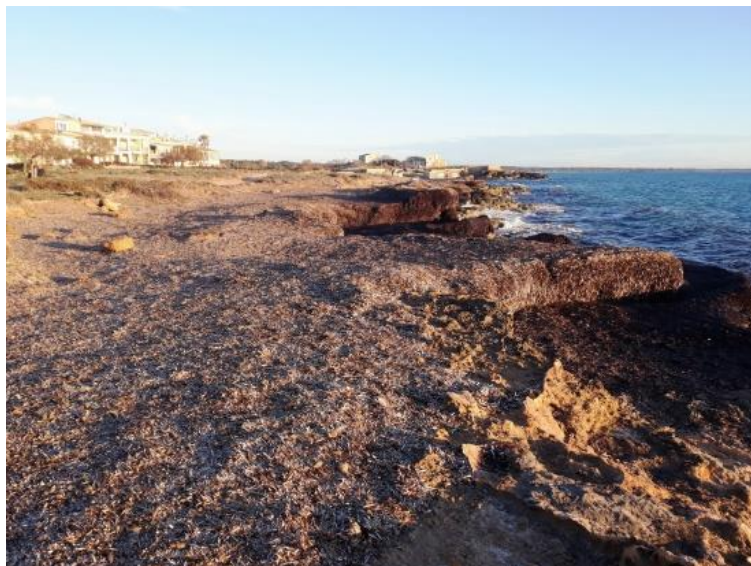


Fig. 3. *Posidonia oceanica* sobre un jaciment del Pleistocè a Ses Covetes (Campos).
Fig. 3. Posidonia oceanica on a Pleistocene site in Ses Covetes (Campos).



Fig. 4. Jaciment des Delfí-es Carbó (Ses Salines). Efecte de rentat.
Fig. 4. Site des Delfí-es Carbó (Ses Salines). Washing effects.



Fig. 5. Canyamel (Capdepera). Foto Andreu Muntaner (1954).

Fig. 5. *Canyamel (Capdepera). Photo Andreu Muntaner (1954).*



Fig. 6. Quaternari exhumat de Canyamel N (Capdepera). **Fig. 7** (dreta). Platja fòssil exhumada de Canyamel S. amb trossos arrebastats

Fig. 6. *Exhumed Quaternary of Canyamel N (Capdepera).* **Fig. 7.** (right) *Pleistocene beach exhumed from Canyamel S, with torn pieces.*



Figs. 8 i 9. Punta Roja (Son Servera), amb fragments arrabassats d'eolianita i platja pleistocena.
Figs. 8 and 9. Punta Roja (Son Servera), with snatched fragments of aeolianite and pleistocene beach.



Figs. 10 i 11. Efecte de rentat sobre llims d'origen fluvio-torrencial a la zona de Punta Roja (Son Servera).
Figs. 10 and 11. Effect of washing on silt of fluvio-torrential origin in the area of Punta Roja (Son Servera).



Fig. 12. Punta Roja (Capdepera), zona desmantellada del Llevant.

Fig. 12. Punta Roja (Capdepera), dismantled area of the East.

A la platja de Sant Llorenç, també denominada s'Arenal de son Servera, no se va poder observar el jaciment que hi ha a la zona central, descrit a Vicens (2015), per la presència d'arena. A la zona Sud d'aquesta platja es va poder observar la desaparició de l'arena i l'aflocament de les colianites i paleosòls que hi havia per davall. També s'ha observat una taca de platja pleistocena a + 1 m snm, constituïda per arena grollera cimentada, i que malauradament, no s'ha pogut identificar cap fragment dels fòssils presents (Fig. 13). L'efecte del temporal ha estat un rentat intens i la treta de còdols i blocs; ara bé la utilització de maquinària pesant per deixar la platja per a ús turístic sembla que ha erosionat més que el propi temporal degut a la borrasca *Glòria* (Fig. 14 i 15). Ja a cala Nao s'ha observat un efecte de rentat, que no ha afectat per res el jaciment.

A la platja de s'Illot s'ha observat un redistribució de l'arena i un rentat de la zona N de la desembocadura del torrent de ca n'Amer. Uns 300 m al NE a un lloc denominat ses Tenasses (cala Morella a Vicens 2015) s'observa un rentat del jaciment (Fig. 16).

A cala Murada hi va haver destrucció parcial d'un passeig. El jaciment es va veure afectat a diferents punts (Figs. 17 i 18).

A la zona de Portocolom es va visitar el jaciment des Rivetó, s'Arenalet des Babo i s'Arenal Gran. En es Rivetó es va observar un efecte de rentat, emperò no va fer pràcticament res sobre el jaciment. A s'Arenal des Babo no s'ha observat res.



Figs. 13 i 14. Taca de platja pleistocena a la platja de Sant Llorenç (Sant Llorenç), observable per la retirada d'arena degut al temporal. **Fig. 14** (dreta). Utilització de maquinària pesada sobre paleosòls, a la platja de Sant Llorenç (Sant Llorenç).

Figs. 13 and 14. Pleistocene beach spot on the beach of Sant Llorenç (Sant Llorenç), observable due to the removal of sand due to the storm. **Fig. 14.** (right) Use of heavy machinery on paleo soils, on the beach of Sant Llorenç (Sant Llorenç).



Figs. 15. Rompudes a les eolianites de la platja de Sant Llorenç (Sant Llorenç), degut a la utilització de maquinària pesada.

Fig. 15. Broken eolianites from the beach of Sant Llorenç (Sant Llorenç), due to the use of heavy machinery.



Fig. 16 Efecte de rentat a ses Tenasses (Son Servera).

Fig. 16 Washing effect in Ses Tenasses (Son Servera).

A s'Arenal Gran el temporal va destruir parcialment una escalonada de formigó i el jaciment va sofrir un efecte de rentat.

Cal comentar la formació natural d'una platja en es Rivetó aquests dos darrers anys (Fig. 19). Segons Rodríguez-Perea (*in* Ruiz, 2020), la pròpia dinàmica marina és qui genera o destrueix les platges, ara bé els temporals dels darrers anys, com el de l'octubre del 2018 i el pas de la borrasca *Glòria*, han afavorit que la dinàmica s'acceleri.

Discussió

Un temporal marítim com el de la borrasca *Glòria* fa mal bé infraestructures del litoral. Una de les destroces més grans va passar al passeig que uneix cala Rajada amb cala Gat,



Figs. 17 i 18. Rompudes a platges quaternàries de cala Murada (Manacor).
Fig. 17 and 18. Broken Quaternary beaches of Cala Murada (Manacor).



Fig. 19. Formació natural d'una platja en es Rivetó (Felanitx) aquests dos darrers anys.
Fig. 19. Natural formation of a beach in Es Rivetó (Felanitx) for the last two years.

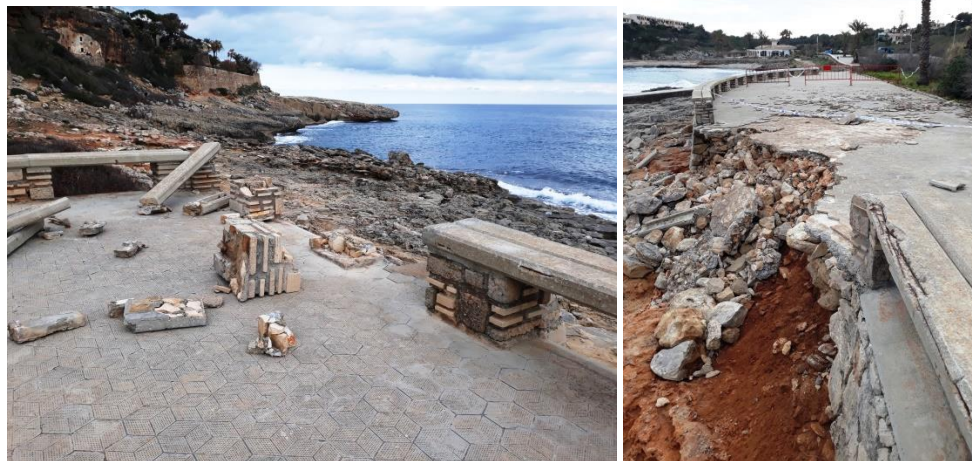
aparegut a tots els medis de comunicació, i que ha generat tantes de controvèrsies a l'hora d'arreglar o no el passeig. Prop d'aquesta localitat, a la platja de Son Moll, només es varen veure afectades passarel·les de fusta situades a la part posterior de la platja, per la qual cosa l'amplitud d'aquest arenal va contribuir a la defensa de les infraestructures.

A la taula 1 queda reflectit amb quina magnitud varen quedar afectats una sèrie de jaciments tant del llevant mallorquí com d'altres indrets del litoral Mallorquí.

El més afectats al llevant varen ser el de Punta Roja i el de cala Murada, seguit de Canyamel S, ara bé a nivell volumètric, el percentatge d'afectació del jaciment és baix. La morfologia hidrodinàmica de la major part del jaciment de cala Murada i de Canyamel S, herència de tota l'erosió durant l'Holocè, no afavoreix la seva erosió.

En quan al jaciment de Punta Roja, es troba molt exposat a l'acció del temporals, afavorit per varis condicionants, la presència de paleosòls gairebé a nivell de la mar i de nivells relativament tous fluvio-torrencials que no presenta una bona disposició hidrodinàmica, i a més, l'aflorament està parcialment bastant desmantellat (Fig. 12). Referent a les infraestructures fetes malbé, properes al jaciments anterior, cal comentar, que a Punta Roja varen ser poc importants, però es va destruir part d'una paret seca antiga.

A cala Murada hi va haver importants danys a un passeig marítim (Fig. 20 i 21), inclòs es va poder veure una fita d'indicació zona marítimo-terrestre arrabassada i acumulada com un bloc més prop de la paret del passeig. Al jaciment hi va haver alguna rompuda al nivell de platja del MIS 5e (Fig. 17), al nivell considerat del MIS 5a (Fig. 18) i a l'eolianita propera considerada del MIS 5e.



Figs. 20 i 21. Efectes del temporal *Glòria* sobre el passeig marítim de cala Murada (Manacor).
Figs. 20 and 21. Effects of the storm *Gloria* on the promenade of Cala Murada (Manacor).

Al jaciment de Canyamel S l'efecte de rentat es pot observar sobretot als llims que hi ha per sobre de la platja pleistocena. Aquesta presenta alguna rompuda (Fig. 7). No hi ha infraestructures properes.

Els jaciments de Son Moll, Canyamel N, platja de Sant Llorenç 2, Ses Tenasses, s'Arenal Gran i es Rivetó varen sofrir un rentat. A son Moll hi va ver danys a passarel·les de fusta i a prop del jaciment de Canyamel N es va veure danyat un petit pont de fusta, a

més de què el vent va aixecar part d'una coberta d'uns vestidors per a bany (Fig. 22). Ara bé, a s'Arenal Gran, el jaciment va sofrir un efecte de rentat, emperò els escalons de formigó que hi havia es varen veure afectats (Fig. 23).



Fig. 22 Passarel·la rompuda a Canyamel N (Capdepera). **Fig. 23.** (dreta). Solàrium romput a s'Arenal Gran (Felanitx).

Fig. 22. Broken walkway in Canyamel N (Capdepera). Fig. 23. (right) Broken solarium in s'Arenal Gran (Felanitx).



Fig. 24. Solàrium romput a cala Roja (Capdepera). **Fig. 25.** (dreta) Tros de paret rompuda a cala Millor (Son Servera).

Fig. 24. Broken solarium in Cala Roja (Capdepera). Fig. 25. (right) Piece of broken wall in Cala Millor (Son Servera).

A la Cala Roja i a la platja de Sant Llorenç 1 els jaciments no es varen veure afectats, el primer per ser restes de platja quaternària bastant cimentades, de dimensions reduïdes i estar més o manco protegida per on es troba, dels efectes de les ones, i el segon per estar cobert d'arena. No obstant, a ambdós hi va haver un cert d'anys a infraestructures properes (Figs. 24 i 25).

Dels jaciments llevantins visitats, en resten uns com són Cala Agulla 1, Cala Agulla 2, Cala Nao i es Babo, que no es varen veure en absolut afectats pel temporal, al igual que les infraestructures properes, si n'hi havia. Cala Agulla 1 es veu beneficiada per la situació, i per regla general les ones no li peguen de ple; el jaciment de Cala Agulla 2 estava tapat per arena; i els dos restants, el de Cala Nao i es Babo, la situació les beneficia, estant resguardats dels temporals.

En quan als jaciments visitats a la resta del litoral de Mallorca, comentar que alguns jaciments varen sofrir un rentat i alguns ni tan sols això. El més afectat va ser el des Morters, que es va rompre un fragment d'eolianita. El proper jaciment de ses Covetes que per la seva disposició podria haver sofert impactes, es va beneficiar de l'acumulació de *Posidonia oceanica* per sobre, la qual cosa el va protegir de l'efecte de les ones. El jaciment de Sant Elm, per la seva situació al mateix nivell de la mar i + 1 m, sempre està rentat pels efectes de les ones. A uns 400 m al NO d'aquest darrer jaciment es varen produir danys importants a unes infraestructures portuàries (Fig. 26).



Fig. 26. Moll de Sant Elm (Andratx) destruït després del temporal Glòria.

Fig. 26. Moll de Sant Elm (Andratx) destroyed after the storm Glòria.

Per a finalitzar, comentar que el temporal va generar rompudes al litoral rocallós, treta de blocs de la mar, caiguda de blocs a la mar i reorganització de l'arena d'alguna platja. Alguns jaciments es varen veure afectats, de forma molt lleugera. L'erosió que se va sumant del dia a dia és la que a la llarga afecta als jaciments.

La utilització de maquinària pesada pot erosionar més que els efectes d'un temporal marítim, és el cas de la platja de Sant Llorenç. El temporal se'n va endur arena, emperò sobre les eolianites i els paleosòls va fer un efecte de rentat, no així la maquinària pesada, que té un efecte erosiu important, tant a paleosòls, com a les eolianites.

Agraïments

Aquest treball és una contribució del projecte: *Overtourism in Spanish Coastal Destinations. Tourism Degrowth Strategies* (RTI2018-094844-B-C31) finançat per: FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación.

Bibliografia

- AEMET. 2020a. http://www.aemet.es/ca/conocerimas/borrascas/2019-2020/estudios_e_impactos/Glòria
- AEMET. 2020b. http://www.aemet.es/documentos/es/noticias/2020/20200127_informe_episodio_meteorologico_borrasca_Glòria.pdf
- Amores, A., Marcos, M., Carrió, D.S. i Gómez-Pujol, Ll. 2020. Coastal impacts of Storm Glòria (January 2020) over the Northwestern Mediterranean. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. EGU, Open Access. Preprint. Discussion started: 25 March 2020. <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-75>.
- Balaguer, P. 2005. *Tipus i evolució de les costes rocoses de Mallorca*. Ph.D. unpublished. Department of Geography of the University of the Balearic Islands, 373 p.
- Balaguer, P. 2007. Inventari quantitatiu de les costes rocoses de Mallorca. In: Pons, G. X. i Vicens, D. (Eds.). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 14: 201-230.
- Balaguer, P. 2012. *Es Carnatge (Badia de Palma. Palma de Mallorca)*. Guia de camp de les VI Sortides Geogràfiques del Col·legi de Geògrafs / Societat Geogràfica de les Illes Balears. 67 pp.
- Balaguer, P., Pons, G.X. i Mir-Gual, M. 2019. The Rocky Coasts of Balearic Islands. (Chapter 6). In: J. A. Morales (Ed.): *The Spanish Coastal Systems*: Springer: 115-141. ISBN: 978-3-319-93168-5. ISBN: 978-3-319-93169-2 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93169-2>.
- Bate, D. M. A. 1909. Preliminary Note on a New Artiodactyle from Majorca, *Myotragus balearicus*, gen. et sp. nov. *Geological Magazine*, dec. 5, vol. 6, 543: 385-390.
- Butzer, K. W. y Cuerda, J. 1960. Nota preliminar sobre la estratigrafia y la paleontologia del Cuaternario marino del Sur y S.E. de la isla de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 6: 9-29.
- Butzer, K. W. i Cuerda, J. 1961. Formaciones cuaternarias del litoral Este de Mallorca (Canyamel – Porto Cristo). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 7: 3-29.
- Butzer, K. W. y Cuerda, J. 1962. Coastal stratigraphy of Southern Mallorca and its implications for the Pleistocene chronology of the Mediterranean Sea. *Journal of Geology*, 70, 4: 398-416.
- Cuerda, J. 1957. Fauna marina del Tirreniense de la Bahía de Palma (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 3: 3-76.

- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Institut d'Estudis Balearics. Palma, 304 pp.
- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y Salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares " Sa Nostra ". Palma, 420 pp.
- Cuerda, J., Gracia, F. i Vicens, D. 1989-90. Nuevas citas malacológicas (Bivalvia y Gastropoda) del Pleistoceno marino balear. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 67-79.
- Fornós, J. J. Ginés, A. Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Gracia, F., Merino, A., Onac, B. P., Tuccimei, P. y Vicens, D. 2012b. Upper Pleistocene deposits and karst features in the littoral landscape of Mallorca Island (Western Mediterranean): a field trip. En: Ginés, A.; Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B. P. & Fornós, J. J. (edit.). Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 18: 163-220.
- Ginés, A., Ginés, J., Fornós, J. J., Bover, P., Gómez-Pujol, L., Gracia, F., Merino, A. y Vicens, D. 2012. An introduction to the Quaternary of Mallorca. En: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B. P. y Fornós, J. J. (edit.). Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 18: 13-53.
- Haimé, J. 1855. Notice sur la géologie de l'île de Majorque. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 12: 734-752.
- Hermite, H. 1879. *Études géologiques sur les Iles Baleares*. Premier partie; Majorque et Minorque. 362 pp. Paris.
- <https://www.wetterzentrale.de/es/default.php>
- Marmora, della, A. 1834. Observations géologiques sur les deux Iles Baleares (Majorque et Minorque). *Memorie delle Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 38, 51 pp.
- Matamales-Andreu, R. 2019. Historical review together with stratigraphical and taphonomical considerations on the upper Pleistocene deposit of Arenal de son Servera (Mallorca, Balearic Islands). *Carnets Geol.*, 19 (14): 277-285.
- Morey, B. 2008a. El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca: catalogació, caracterització, valoració i propostes per a la gestió i conservació. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 51: 227-258.
- Morey, B. 2008b. *El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i conservació*. Memòria d'Investigació. Universitat de les Illes Balears. Dep. Ciències de la Terra. Inèdit. 288 pp.
- Morey, B. i Cabanellas M. 2007-2008. Los yacimientos del Pleistoceno marino mallorquin como puntos de control del litoral (estado en que se encuentran y factores que provocan su destruccion). *Territoris*, 7: 69-86.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Bol. Soc.Hist. Nat. Balears*, 3: 77-126.
- Pomar, L. i Cuerda, J. 1979. Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca. *Acta Geol. Hisp.*, 14: 505- 514.
- Ruiz, A. 2020. Se forma una nueva playa natural en Portocolom. *Diario de Mallorca*, 29-03-2020.
- Solé Sabarís, L. 1962. Le Quaternaire marin des Baleares et ses rapports avec les cotes méditerranéenes de la Peninsule Iberique. *Quaternaria*, 6: 309-342.
- Vicens, D. 2012. Els jaciments de platja pleistocens entre cap Ferrutx i cala Torta (Mallorca, Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 55: 163-173.
- Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears, 985 pp.
- Vicens, D. i Pons, G.X. 2017. Yacimientos del Cuaternario en el litoral de la isla de Mallorca (Illes Balears). In: Carcavilla, L., Duque-Macias, J., Giménez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J. y Rodríguez, A. (Eds.), Patrimonio geológico, gestionando la parte abiòtica del patrimonio natural. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. *Cuadernos del Museo Geominero*, 21: 87-93.

Vicens, D., Gràcia, F., McMin, M. i Cuerda, J. 1998. El Plistocè superior del Frontó des Molar (Manacor, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 41: 125-137.