

Els blocs de tsunamis de la costa rocosa de la serra d'Irta (el Baix Maestrat): una proposta com a LIG (Lloc d'Interès Geològic)

F. X. Roig-Munar¹, E. Forner², V. Gual², J. Á. Martín-Prieto^{1,3}, J. Segura², A. Rodríguez-Perea³, B. Gelabert⁴ & J. M. Vilaplana⁵

1. Investigador independent, consultor ambiental. Carrer Carritxaret 18-6, 07749, es Migjorn Gran, Menorca; xiscoroig@gmail.com

2. Ateneu de Natura. Sant Roc, 125 3r 5a 12004 Castelló de la Plana; ateneudenatura@gmail.com

3. Departament de Geografia. Universitat de les Illes Balears. 07122 Palma.

4. Departament de Biologia. Universitat de les Illes Balears. 07122 Palma.

5. Departament of Earth and Ocean Dynamics. Universitat de Barcelona, 08028.

Els tsunamis provocats pels terratrèmols a Algèria xoquen contra les costes de les illes Balears i de la península Ibèrica. A las costes rocoses de les serres d'Irta s'han identificat 6 àrees amb presència de blocs i cordons de blocs amb característiques sedimentàries pròpies dels fluxos de tsunamis. La ubicació, morfologia, morfometria, orientació i imbricació d'aquests camps de blocs constitueixen un tret geomorfològic característic de l'impacte d'un tsunami contra la costa. Atenent a les seues característiques i singularitat es proposen aquests emplaçaments com a Lloc d'Interès Geològic (LIG), ja que presenten un elevat interès científic, turístic i didàctic com exemples representatius de blocs de tsunamis a las costes rocoses de la Mediterrània occidental associats a esdeveniments d'alta energia.

Mots clau: Llocs d'interès geològic (LIG), tsunamis, litorals, costa rocosa, serra d'Irta, el Baix Maestrat, Mediterrània occidental.

The tsunami boulders on the rocky coast of the serra d'Irta (el Baix Maestrat): a LIG proposal (Site of Geological Interest)

The tsunamis caused by the earthquakes in Algeria hit the coasts of the Balearic Islands and the Iberian Peninsula. On the rocky shores of the Irta mountains, 6 areas have been identified with the presence of boulders and bolulder of boulders with sedimentary characteristics typical of tsunamis flows. The location, morphology, morphometry, orientation and overlapping of these block fields constitute a characteristic geomorphological feature of the impact of a tsunami against the coast. In accordance with these characteristics and singularity, these sites are proposed as a Site of Geological Interest (LIG), as they present a high scientific, tourist and didactic interest as representative examples of tsunami blocks on the rocky coasts of the western Mediterranean associated to high energy events

Keywords: Site of Geological Interest (Geosite), tsunamis, littoral, rocky shores, serra d'Irta, el Baix Maestrat Western Mediterranean.

Sovint, els registres sedimentològics deixats al paisatge per esdeveniments associats a riscos geològics són molt evidents i poden esdevenir fites importants, que amb una interpretació adient poden utilitzar-se com evidències per evitar futures situacions de risc mitjançant l'educació, la informació, la difusió i la sensibilització sobre els perills i els riscos geològics (Dunbar, 2007). Restes importants produïdes per esdeveniments del passat, especialment si tenen un atractiu estètic, poden ser referents geològics i geomorfològics per promoure l'educació geològica, il·lustrant exemples per sensibilitzar davant els perills naturals (Cortaza &

Waele, 2012).

És evident que las costes rocoses són sensibles a esdeveniments d'alta energia com els tsunamis (Goto et al., 2009), tempestes o mar vella. Un dels principals efectes dels tsunamis a las costes rocoses està representat per la presència de blocs de gran dimensions desplaçats terra endins (Biolchi et al., 2015). La distinció de blocs associats a tsunamis i/o blocs de tempesta es basa en un conjunt de criteris sedimentològics, morfològics, cronològics, estratigràfics i d'organització que cal analitzar detalladament en cada una de las zones analitzades (Roig-Munar, 2016), als quals s'han

d'aplicar equacions per discernir-ne l'origen: tempestes, tsunamis o mixts (Scheffers & Kelletat, 2003; Nott, 2003; Kelletat et al., 2005; Imamura et al., 2008; Engel & May, 2012; Roig-Munar et al., 2018a); encara que sedimentològicament els blocs imbricats, orientats i formant cordons o agrupacions al llarg de la costa ja són clars indicadors del flux que els ha transportat i originat (Scheffers & Kinis, 2014; Roig-Munar et al., 2016; Cox et al., 2018).

A la Mediterrània, s'han realitzat estudis de blocs de grans dimensions que van ser recollits a una cartografia detallada per Mastronuzzi (2010) i després actualitzada per Furlani et al. (2014), relacionant aquests blocs amb tsunamis produïts a la conca de la Mediterrània oriental (Papadopolulus, 2002; Tinti & Armigliato, 2003). A les costes rocoses de la Mediterrània occidental l'estudi de blocs és més recent, amb treballs a les costes de França (Shah-Hosseini et al., 2013), i a les illes Balears realitzats per Shefers & Kelletat (2003) a Mallorca, i posteriorment ampliat a totes les illes i illots per Roig-Munar et al. (2015, 2017, 2018 d i 2019). Aquests blocs atribuïts a tsunamis es troben associats a diferents fonts tsunamíques que impacten a les illes Balears (Periañez & Abril, 2013; Roger & Hébert, 2008; Álvarez-Gómez et al. 2010, 2011). Posteriorment Lario et al., (2017) va ampliar l'estudi de blocs a les costes rocoses de la península Ibèrica, concretament al cap Cope (Múrcia) i Roig-Munar et al., (2018 b i c) els analitzen a les costes rocoses de la serra d'Irta, al Baix Maestrat. Ambdós treballs realitzats a les costes peninsulars mediterrànies també van atribuir aquests blocs a les trajectòries de tsunamis definides per Álvarez-Gómez et al. (2011).

Molts d'aquests blocs analitzats es configuren com una mostra inequívoca de riscos geològics (Cortaza & Waele, 2012). La proposta d'alguns conjunts de blocs com Llocs d'Interès Geològic (LIG) va ser plantejada per primera vegada per Motta & Motta (2007), proposant blocs dels peus de talús (piedemont) a Itàlia. Mohd et al. (2008) recomanaven alguns punts associats a blocs, entre el que destacaven els blocs de tsunami com a possibles LIG al SE d'Àsia. Feuillet & Sourp (2011) van proposar blocs erràtics d'origen glaciari als Pirineus francesos com a part d'un LIG. Algunes àrees amb presència de blocs de tsunamis ubicats a les costes rocoses italianes han estat proposades com LIG i com elements per a la conscienciació social, mitjançant el reconeixement d'esdeveniments catastròfics (Cortaza & Waele, 2012). Margiotta & Sanso (2014) proposen,

per a la regió de Salento (Itàlia), alguns LIG on hi ha blocs de tsunami amb l'objectiu d'optar a la figura de Geoparc. Posteriorment, Sanso et al. (2015) aposten per aquests LIGs com producte turístic. A les Balears, Roig-Munar et al. (2017) proposen la creació de LIGs associats a blocs de tsunamis a les costes rocoses del SE de Menorca, per ampliar-los als blocs de tsunamis de la costa de l'illa Formentera (Roig-Munar et al., 2018d). Migón & Pijet-Migón (2018) proposaven diferents morfologies associades al risc com possibles llocs d'interès geològic, entre les quals es relacionaven els blocs de tsunami i els blocs de tempesta.

Antecedents de LIG al País Valencià

La llei del Patrimoni Natural i Biodiversitat (42/2007 del 13 de desembre, modificada per la Llei 33/2015 de 21 de setembre, amb el mateix títol) introdueix per primera vegada a la legislació espanyola la geodiversitat i el patrimoni geològic, així com la necessitat de treballar a favor de la seua conservació. La Llei senyala a les administracions públiques com responsables del reconeixement i de la protecció del patrimoni geològic, la qual cosa implica l'elaboració del *Inventario Espanyol de Llocs d'Interès Geològic (IELIG)* (García-Cortés et al., 2014). La vigent llei configura un deure a les administracions públiques (Art. 5.2.f): la declaració i gestió dels espais naturals protegits, entre els quals s'inclouen les formacions geològiques i els jaciments paleontològics d'especial interès, de notòria singularitat i/o d'importància científica. Aquesta declaració i protecció correspon a les comunitats autònomes (Art. 33.1-2 i 36.1). Com a conseqüència d'aquesta inquietud social, algunes administracions s'han sensibilitzat respecte a la protecció del Patrimoni Paleontològic existent dins del seu àmbit territorial.

Al País Valencià, segons la vigent Llei autonòmica (Llei 4/1998, d'11 de juny, del Patrimoni Cultural Valencià, Llei 11/1994, de 27 de desembre, d'Espais Naturals Protegits de la Comunitat Valenciana, Llei 4/1998, de 11 de juny, del Patrimoni Cultural Valencià Zona paleontològica), no s'han treballat les propostes de LIG des de la mateixa comunitat. Malgrat això, hi ha actualment 105 LIG, segons les dades del IELIG recollides per l'Institut Geològic i Miner d'Espanya (IGME) del 2013; 38 a València (Taula 1) 37 a Alacant (Taula 2) i 30 a la província de Castelló (Taula 3), i que es troben distribuïts com a LIGs sedimentològics, tectònics, estratigràfics, hidrogeològics, geomorfològics, paleontològics, miners i petrològics. Pel que respecta

a Geosites, Llocs Espanyols d'Interès Geològic Internacional, proposats com a candidats a representar el patrimoni geològic de la terra, el País Valencià compta amb 9 espais, 3 a València i 6 a Alacant.

A la Taula 4 es pot observar el nombre de LIG per cada província i el seu valor percentual en base a la tipologia de LIG, considerant que un LIG pot tenir diversos punts d'interès. Per al conjunt del País Valencià l'interès predominant que s'ha tingut en compte per postular LIGs és el geomorfològic que afecta a una quarta part dels mateixos. El segueixen, en ordre decreixent, amb un 20 % l'interès estratigràfic, i amb el mateix percentatge, el 13 %, el sedimentològic i el paleontològic. La resta tenen participacions menors. Si es considera només l'àmbit territorial de la província de Castelló s'aprecien les mateixes tendències però amb una participació encara més gran de l'interès geomorfològic que arriba fins al 31% del total. S'ha de remarcar que en l'entorn de la serra d'Irta ja s'han llistat per l'IGME cinc LIGs: els ullals i el tòmbol de Peníscola, els brolladors de Torre Badum, dins dels límits, del parc natural, i ja al terme d'Alcalà de Xivert els brolladors de la platja de les Fonts, que com l'anterior són sortidors d'aigua dolça dins la mar, descàrregues del aquífer juràssic, i la fossa de l'Ametler.

En les darreres dècades, diversos autors han aportat coneixements científics sobre LIG a la Comunitat Valenciana. Santiesteban (2004) realitzava un treball sobre el parc geològic de Chera com a model de protecció del patrimoni geològic enfocat a la promoció turística de la zona associada a un desenvolupament rural com a font d'ingressos. Mata-Perelló et al., (2011) fan una valoració del patrimoni geològic de la comarca de l'Alt Palància, veient moltes possibilitats i amb vistes a incloure els LIG de Navajas, Jérica i Bejis. Morales-García et al. (2014) realitzen una aplicació per a dispositius mòbils sobre LiHg (Llocs Interès Hidrogeològic) com a complement a la divulgació de la informació científica del Patrimoni Hidrogeològic i de les coves turístiques d'Alacant. Mata-Perelló i Sanz (2015) realitzen un itinerari geològic relacionat amb el pòlie de Vistabella i amb el patrimoni Miner de la comarca. Baeza-Carratalá et al. (2015) realitzen un estudi a l'illa de Tabarca, que passa per establir un pla de gestió de l'illa i per la preservació del seu patrimoni geològic. Per tant és escassa la producció científica dirigida a l'estudi de propostes i/o revisions de LIG al País Valencià; i dels treballs citats cap ha seguit una metodologia objectiva i científica d'identificació

i/o valoració basada en criteris quantitius establerts (García-Cortés i Fernández-Gianotti, 2005; Carcavilla et al., 2007; García-Cortés et al., 2014).

Objectiu i metodologia

En la realització d'inventaris de patrimoni geològic es recomana que aquests siguin oberts i subjectes a canvis futurs que permetin la incorporació de nous LIG, i fins i tot a l'eliminació d'alguns d'ells, per la seva destrucció o per la pèrdua irremeiable del seu valor geològic (Carcavilla et al., 2007). És per açò que l'objectiu del present treball és l'elaboració de la proposta de LIG per als emplaçaments de blocs de tsunami identificats i analitzats a les costes rocoses de la serra d'Irta (Roig-Munar et al., 2018 b i c).

Aquests blocs foren analitzats per Roig-Munar et al. (2018 b i c) i es troben distribuïts en 6 àrees de la costa rocosa de la Serra d'Irta (Fig. 1). Aquestes àrees identificades totes presenten un bon estat de conservació i una sedimentació que indica que corresponen a dipòsits de tsunamis. Mostren camps de blocs imbricats i orientats en bon estat que permeten reconèixer les característiques morfològiques i sedimentològiques dels efectes d'un tsunami sobre las costes rocoses, identificant l'origen dels fluxos que van xocar contra la costa i els nivells d'arrabassament dels blocs sedimentats.

La metodologia aplicada ha consistit a:

- Selecció dels emplaçaments de blocs de tsunami descrits per Roig-Munar et al. (2018B i C), ja que les 6 unitats (Fig. 1) compleixen amb els criteris establerts a l'Inventari Espanyol de Llocs d'Interès Geològic, IELIG (García-Cortés et al., 2014) per poder ser valorades com a possibles LIG.
- Breu resum geològic, geomorfològic, climàtic i de modelitzacions de tsunamis a la costa de Castelló, a partir dels estudis de Roig-Munar et al., (2018 b i c).
- Breu descripció de les figures de protecció ambiental i urbanística, l'existència de plans de gestió i/o ordenació, i l'existència de rutes guiades associades a les 6 àrees analitzades (Fig. 1).

Tant a les figures de planejament del municipi de Peníscola com al d'Alcalà de Xivert no es contempla cap mesura específica de protecció dels blocs de tsunamis. Tampoc al pla d'ordenació del parc natural de la Serra d'Irta, ni s'ha desenvolupat encara cap activitat didàctica o de divulgació al voltant dels blocs de tsunamis.

- Proposta de LIG mitjançant la descripció de les

seues característiques generals com única àrea conjunta, ja que la distribució d'aquests blocs presenta un mateix patró al llarg de tota la línia de costa rocosa, des del far d'Alcossebre (Alcalà de Xivert) fins al penya-segat de la Torre Badum (Peníscola), al llarg de 8,2 km de costa. El conjunt és proposat per a la valoració com LIG, avaluant el tipus d'interès i l'ús potencial (científic, didàctic i turístic/recreatiu), aplicant les recomanacions i les directrius metodològiques establertes en el IELIG (García-Cortés et al., 2014), que permeten avaluar la potencialitat dels usos, així com una estimació de la vulnerabilitat i les amenaces externes a les quals estan sotmeses aquestes unitats de blocs atribuïts a tsunami (Fig. 1).

Marc geogràfic i geològic

L'àrea estudiada, fou descrita amb més detall per Roig-Munar et al. (2018 b i c). Es troba al llevant de la península Ibèrica, a la comarca del Baix Maestrat (Fig. 1), i quasi la totalitat de la superfície analitzada, excepte l'extrem de migjorn, queda dins de l'àmbit territorial classificat com a parc natural de la Serra d'Irta (Decret 108/2002). Aquesta part del litoral, de costa rocallosa, no està intensament urbanitzada i permet l'estudi de les estructures sedimentàries associades a tsunamis i que són objecte d'aquest treball.

A migjorn, la serra d'Irta està lleugerament retirada de la línia de costa, configurant terrasses planes de

dimensions reduïdes, "plans" en la terminologia local (pla de Veleta, pla de Roda, pla de la Basseta), que s'estenen entre els pendents abruptes de la serra i la vora de la mar.

Des d'un punt de vista geològic, la serra d'Irta està constituïda, bàsicament, per materials calcaris juràsics amb algun aflorament cretaci (Forner & Brewster, 2013). Sobre les calcàries juràsiques i discordants s'ha dipositat un conglomerat quaternari per transport dels barrancs que drenen la vessant de llevant de la serra. Aquests sediments configuren cons de dejecció. Aquest material, que es denomina taparàs a la comarca, constitueix les terrasses rocoses de l'àrea d'estudi i presenta diferents graons atribuïbles al desmantellament progressiu de la línia de costa sotmesa a diferents esdeveniments extraordinaris, tempestes i/o tsunamis, i a la presència de fractures que faciliten la seva erosió en forma de blocs arrabassats, presentant diversos graons terra endins d'entre 0,5 i 2 m s.n.m. sobre els quals bat l'onatge i on es poden identificar sediments de mida gran en forma de blocs de dimensions notables i amb disposicions imbricades (Figs. 2, 3). Les tipologies d'aquests penya-segats on es troben els camps de blocs es consideren de perfil baix, amb alçaries mitjanes de 2,5 m, i conformen un tipus de perfil on es poden donar processos poligènics de tempesta i tsunami.

El clima marítim de la zona s'orienta de NNE a SSO, sent el fetch més llarg el que s'estén cap al NE amb 700 km, i està oberta a l'E amb 600 km i a l'ESE amb 180 km. L'altura d'onada significativa (H_s), tan sols el 0,039 % de les ocasions supera els 3 m d'alçada, sent l'onatge més representatiu l'inferior a 1 m, al 95 % del total del període analitzat. Lonatge màxim registrat és de 3,76 m, amb un T_p de 11,36 segons el dia 15 de novembre de 2001, on la component va ser de 108. Pel que fa al període pic (T_p), el 79,15 % és inferior a 6 s. i tan sols el 3,29 % supera els 10 s.

Álvarez-Gómez et al. (2010, 2011) van modelitzar els tsunamis generats en fonts pròximes a la península Ibèrica i a les illes Balears. Els resultats obtinguts mostraren mapes d'elevacions d'onada màxima de 2 m i estimacions del temps de viatge de l'ona del tsunami, a partir de nou fonts sísmiques ubicades a l'Algèria, coincidint amb els models de Roger i Hébert (2008) i de Sahal et al. (2009). En el cas de la costa de Castelló les fonts tsunamíques definides per Álvarez-Gómez et al. (2010, 2011), són les responsables dels fluxos que afecten les seves costes amb elevacions superiors

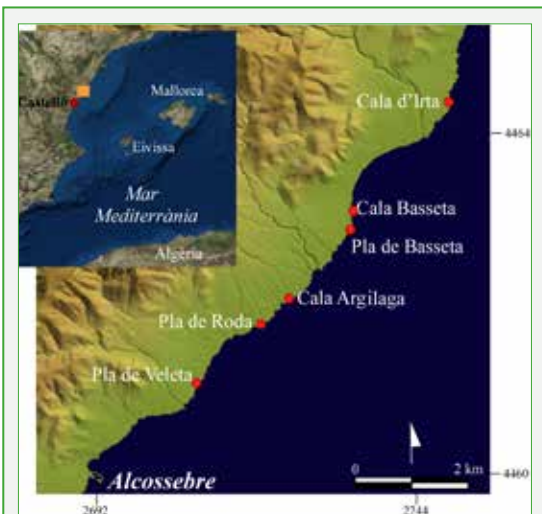


FIGURA 1. Àrea d'estudi amb els 6 punts estudiats i definits com a blocs atribuïbles a tsunamis.

Area of study with the 6 points studied and defined as blocks attributable to tsunamis.

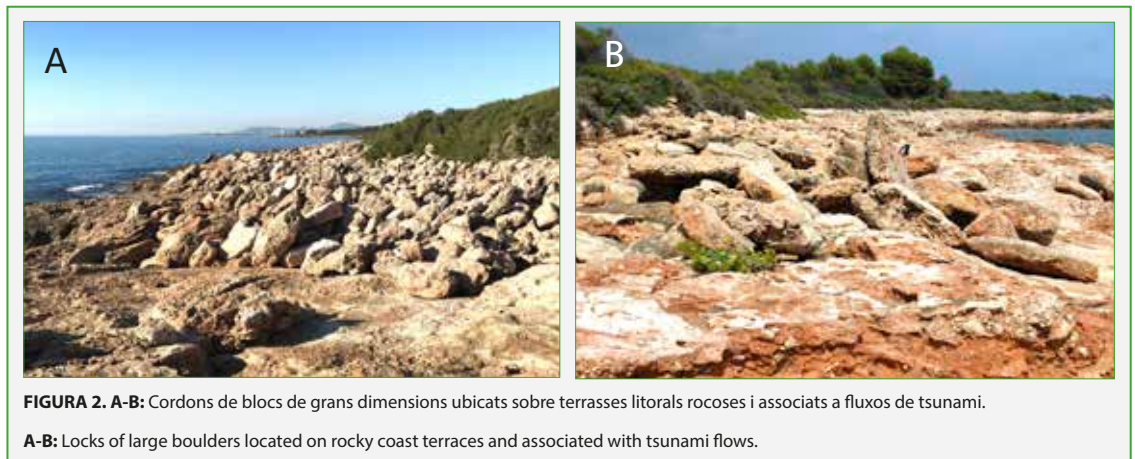
a 2 m s.n.m. (Fig. 4). Les estimacions d'arribada d'aquestes ones a les costes de Castelló es troben entre 60' i 90', segons Sahal et al. (2009), a través del pas del flux entre les illes d'Eivissa i Mallorca o bé les trajectòries provenint de la mar d'Alboran (Fig. 5), entre el cap de Sant Antoni i Eivissa.

Segons les conclusions de Roig-Munar et al. (2018b i c), basant-se en l'anàlisi morfològic de l'àrea estudiada (Fig. 1), el resultat esdevingué un patró comú: la presència de blocs de grans dimensions amb morfologies de cordons i/o d'agrupacions de blocs imbricats i ubicats sobre penya-segats o rampes litorals (Figs. 2 i 3), descartant el seu emplaçament ni per processos gravitacionals ni processos d'erosions diferencials. Les característiques sedimentològiques dels blocs i els resultats de les equacions aplicades a cada bloc per discernir les columnes d'aigua necessàries pel seu arrabassament i desplaçament (Scheffers i Kelletat, 2003; Nott, 2003; Barbano et al., 2010; Engel i May, 2012 i

Roig-Munar et al. 2015), així com la relació amb les simulacions (Figs. 4 i 5) realitzades per Álvarez-Gómez et al. (2010, 2011) i les relacions amb l'onatge dominant, permeten concloure que es tracta de blocs arrabassats i transportats per tsunami. En l'estudi els autors recomanen la valoració d'aquestes àrees com a possible Lloc d'Interès Geològic (LIG) per a la seva posterior protecció, seguint els criteris de Roig-Munar et al. (2017, 2018 d) a Menorca i Formentera.

Proposta de LIG dels blocs de tsunami de les serres d'Irta

D'acord amb la Llei 42/2007 de 13 de desembre, i la seva modificació 33/2015, es considera Patrimoni Geològic el conjunt de recursos naturals geològics de valor científic, cultural i/o educatiu, que siguin formacions i estructures geològiques, formes del terreny, minerals, roques, meteorits, fòssils, sòls i altres manifestacions geològiques que permetin conèixer, estudiar i interpretar: 1) l'origen i l'evolució de la Terra, 2) els



processos que l'han modelat, 3) els climes i paisatges del passat i del present, i 4) l'origen i l'evolució de la vida.

Segons Carcavilla et al. (2007) perquè un element sigui patrimoni geològic s'han de donar simultàniament tres circumstàncies clau: 1) que sigui d'origen natural, 2) que tingui caràcter geològic, i 3) que posseeixi un valor científic, cultural i/o educatiu. A més, els testimonis d'aquests processos són tant els materials rocosos, com les seves estructures i la disposició que presenten al medi natural. La rellevància del LIG proposat radica en el fet que constitueixen la manifestació inequívoca de processos tsunàmics que han afectat les costes rocoses de la serra d'Irta en els últims tres segles, segons Roig-Munar et al. (2018b i c), i que s'ajusten a les 3 premisses esmentades anteriorment. Per a la valoració del LIG sobre els blocs de

tsunamis s'ha aplicat la metodologia proposada per García-Cortés et al. (2014). La valoració ha estat aplicada de forma unitària al conjunt de les 6 àrees analitzades degut a la distància entre elles i a les característiques de cadascuna (Roig-Munar et al., 2018b i c). A la Taula 5 es resumeix la metodologia de sintetització del procés en una sola unitat de valoració, ja que les sis àrees (Fig. 1) presenten morfològicament característiques similars de tipologia de penya-segat, geologia, geomorfologia, sedimentologia (Figs. 2 i 3), i relació amb els fluxos de tsunami (Fig. 4).

Resultats

Les 6 àrees han estat valorades i analitzades mitjançant l'aplicació dels valors descrits en l'Annex II dels IELIG (García-Cortés et al., 2014; Carcavilla et al., 2007) per caracteritzar el seu interès científic, didàctic

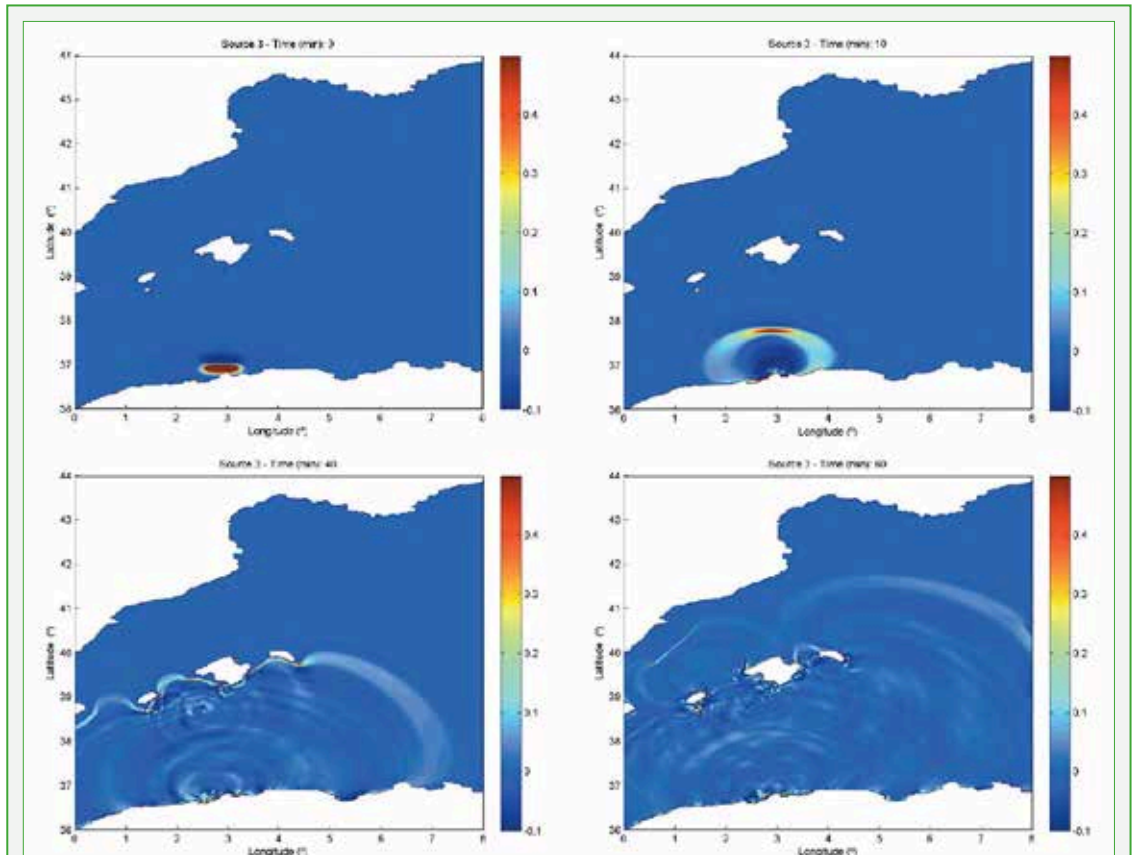


FIGURA 4. Modelització de les fonts tsunàmiques del N d'Algèria i l'efecte "escut" de les illes Balears en front la península Ibèrica. Font: Álvarez et al (2010).

Modeling of tsunamitic sources of the N of Algeria and the effect "shield" of the Balearic Islands in front of the Iberian Peninsula. After Álvarez et al (2010).

i turístic com a proposta LIG. Els resultats es recullen en la Taula 5. Es detalla a continuació la valoració dels paràmetres emprats per caracteritzar l'interès i la vulnerabilitat.

Atesos els paràmetres de valoració de l'interès científic, didàctic i turístic-recreatiu dels LIGs proposats per García-Cortés i Carcavilla (2009), la seva quantificació seria la que segueix (Taula 5):

- Representativitat: és un bon exemple, a nivell de la costa mediterrània occidental peninsular, per representar i mostrar la sedimentologia resultant d'un tsunami a la costa rocosa, representativa amb blocs imbricats, orientats i per sobre la influència de les tempestes.
- Caràcter de localitat tipus: són localitat de referència regional per poder observar un interessant aflorament associat a tsunamis provinents del N d'Algèria.
- Grau de coneixement científic del lloc: atès que es tracta d'un nou aflorament posat al descobert recentment l'any 2018, l'únic treball científic sobre el mateix és Roig-Munar et al. (2018 b i c), que descriuen l'aflorament i en realitzen un primer estudi.

- Estat de conservació: actualment es presenten els sediments ben conservats i pràcticament íntegres, llevat d'alguns deterioraments que no afecten el conjunt.
- Condicions d'observació: perfectament observable amb facilitat pràcticament en tota la seva integritat.
- Singularitat (rarsa): és la primera vegada que s'observa a la costa mediterrània occidental peninsular (Roig-Munar et al., 2018 b) la presència de blocs de tsunami.
- Diversitat geològica: possibilitat d'observar en un mateix aflorament no molt extens litologies i afloraments de denudació de blocs a les zones de cornisa de penya-segats de costa baixa.
- Contingut didàctic: il·lustra continguts curriculars universitaris, d'educació secundària i batxillerat que es poden utilitzar com a recurs.
- Infraestructura logística: serveis d'allotjament i restauració adequats per a grups de 40 persones situats en un radi de menys de 5 km dels afloraments.
- Densitat de població (demanda potencial immediata): elevada població de residents i visitants en un radi de 50 km.

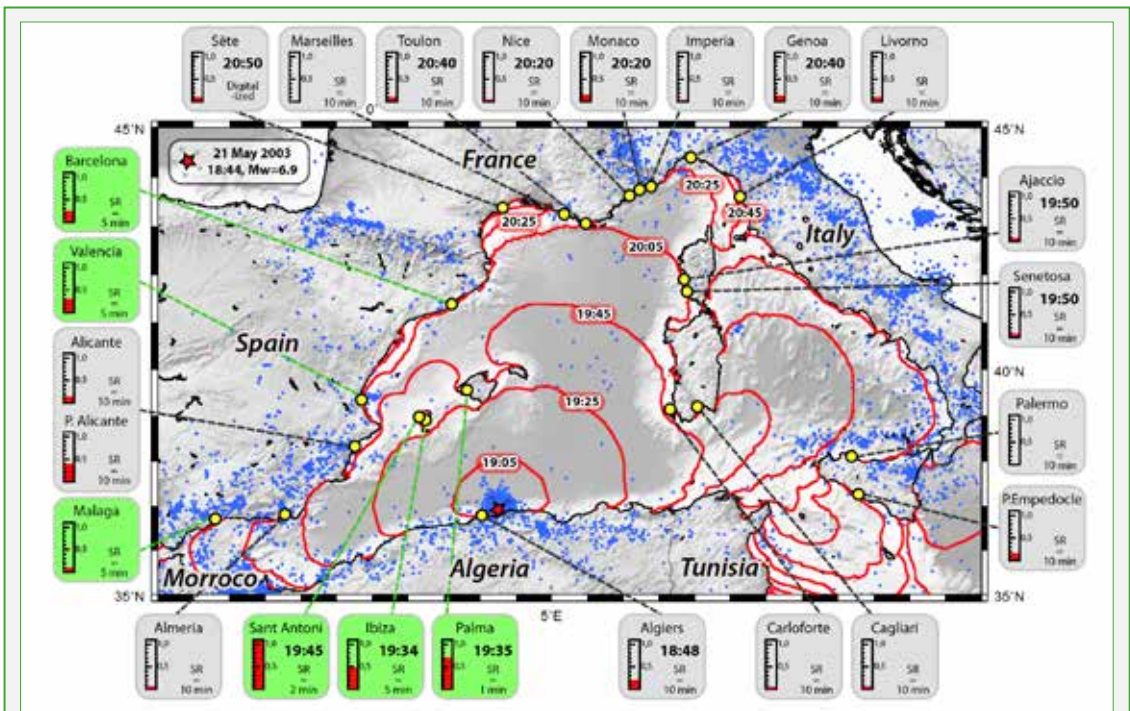


FIGURA 5. Modelització del temps estimat de viatge i els registres dels mareògrafs del tsunami del 21 maig 2003. Font: Sahal et al. (2009).

Modeling the estimated travel time and records of the dizzhars of the tsunami on May 21, 2003. After Sahal et al. (2009).

- **Accessibilitat:** possibilitat d'accés directe per carretera asfaltada o pista amb aparcament.
- **Fragilitat intrínseca:** trets decamètrics no vulnerables en front a les visites, però sensibles a altres activitats antròpiques més agressives.
- **Associació amb altres elements del patrimoni natural i/o cultural:** presència de diferents elements tant del patrimoni natural com del cultural en un radi de 5 km.
- **Espectacularitat o bellesa:** encara que l'aflorament és vistós, aquest ítem només es valora quan el lloc ha estat utilitzat en la iconografia turística.
- **Contingut divulgatiu:** il·lustra de manera clara i expressiva a col·lectius de cert nivell cultural.
- **Potencialitat per realitzar activitats turístiques i recreatives:** elevada per la tipologia d'afloraments associat al risc geològic.
- **Proximitat a zones recreatives (demanda potencial immediata):** lloc situat a menys de 5 km d'àrees recreatives.
- **Entorn socioeconòmic:** comarca amb índexs de renda per càpita, educació i ocupació similars a la mitjana regional i nacional.

Atesos els paràmetres de valoració de la vulnerabilitat del LIG proposats la seva quantificació seria la que segueix (Taula 5):

- **Amenaces antròpiques:** molt baixa degut a les característiques del sediments i els accessos associats als blocs.
- **Interès per a l'explotació minera:** nul, no hi ha interès inicialment per aprofitament miner dels blocs.
- **Amenaces naturals:** vulnerable a nous episodis de tsunamis que poden desconfigurar la sedimentologia actual donant lloc a noves estructures.
- **Fragilitat intrínseca:** trets decamètrics no vulnerables en el conjunt dels blocs i cordons.
- **Règim de protecció del lloc:** lloc situat en sòl rústic i dins del Parc Natural, per la qual cosa disposa de protecció legislativa.
- **Protecció indirecta:** lloc sense cap tipus de protecció indirecta.
- **Accessibilitat (agressió potencial):** accés directe per carretera asfaltada o pistes amb possibilitat per aparcar turismes, tot i que no està associat a degradació l'accés.
- **Règim de propietat del lloc:** lloc situat en un àrea de propietat pública d'accés lliure i dins zona marítima terrestre.
- **Densitat de població (agressió potencial):** presència de residents (poblacions) i visitants (poblacions

turístiques) elevada en un radi de 50 km.

- **Proximitat a zones recreatives:** lloc situat a menys de 5 km d'una àrea recreativa gestionada pel Parc Natural.

Discussió i conclusions

De tots els valors obtinguts (Taula 5) cal remarcar que es troben entre els valors alts de 6,65 punts que es consideren LIG de valor molt alt, o bé entre els valors 3,33 i els 6,65 com a alts, segons l'Annex II de la EILIG. El valor mig dels blocs com a LIG és de 6,37 punts. Pel que fa als 3 interessos avaluats destaca com el més excel·lent el valor científic amb 7,25 punts, superant el valor de 6,65. Basant-se en aquest valor s'ha de considerar com un lloc d'interès molt alt, per la qual cosa hauria de quedar recollit en l'inventari LIG del País Valencià. D'altra banda, el valor didàctic s'ha de considerar alt, amb una puntuació de 6,12, ja que representen un molt bon exemple de blocs imbricats situats a cotes altes superiors a la influència de l'onatge, allunyats de la cornisa, i associats al desmantellament d'àrees font ben definides i reconeixibles al camp. El valor del seu interès turístic, amb una puntuació de 5,75 és alt i s'ajusta als valors proposats en l'Annex II de la EILIG. Considerant que ha de ser tingut en compte a l'estar inclòs en les rutes proposades dins el Parc Natural o com a potencials unitats didàctiques per al sector escolar de la zona. Amb l'avantatge que les ubicacions analitzades i proposades com a LIG es troben associades a l'accés rodat a escassos 250 m de l'emplaçament, fet que permet la seva major difusió com a LIG associat a processos naturals catastròfics.

Fragilitat. Indica la vulnerabilitat intrínseca del lloc, bé per les dimensions, per la litologia o per la seva naturalesa. És una àrea d'una fragilitat mitjana, amb 140 punts. Això implica que és un element natural relativament fràgil, poc exposat a la seva alteració o destrucció per accions antròpiques i/o naturals, a conseqüència principalment que es troba dins d'una zona protegida mitjançant la figura de Parc Natural o bé a zones desqualificades com a urbanes i, per tant, la modificació dels sediments de blocs de tsunami sols poden ser, a priori, mitjançant processos naturals de tempestes de grans dimensions que modifiquen substancialment les seves bases o bé per nous esdeveniments de tsunamis que podrien resedimetar les actuals localitzacions.

Amenaces. Informa sobre la vulnerabilitat del LIG davant l'existència de amenaces naturals. El valor estimat per a les amenaces externes és de 325 punts,

atès que constitueixen elements exposats a la possible afectació antròpica associada a un ús públic de l'espai, especialment aquelles associades a la possible destrucció de les depressions càrstiques, com a elements de datació o bé la possibilitat remota de grafitis sobre aquestes roques.

Susceptibilitat de degradació. La susceptibilitat de degradació d'un lloc està funció, per una part, de la seva fragilitat intrínseca i per una altra de la vulnerabilitat degut a les amenaces a què està sotmès. Des del punt de vista de la conservació, és interessant desglossar la susceptibilitat de degradació en aquests dos components ja que, mentre que la fragilitat i les amenaces naturals escapen en gran mesura a possibles actuacions de mitigació, la identificació de les amenaces antròpiques i la seva quantificació poden orientar l'adopció de mesures de protecció adequades. A causa de la ubicació d'aquests blocs, sobre plataformes desproveïdes de vegetació, poca activitat antròpica, on es descarten la influència d'esdeveniments de tipus natural com esclavissades o col·lapses de penya-segats que els afectin directament, temporals o enfonsaments, la degradació potencial està limitada únicament a nous esdeveniments de tsunami, amb un valor de 113,75 punts i a modificacions de tempestes.

Prioritat de protecció global. La necessitat o prioritat de protecció és un paràmetre a valorar un cop s'hagin seleccionat els llocs pel seu interès intrínsec i de potencialitat d'ús, i això en base a dos arguments: 1) que la prioritat de protecció és un aspecte crític a l'hora de proposar mesures a adoptar per les administracions competents pel que fa a la gestió del patrimoni, i 2) que en la valoració influeixen alguns paràmetres (proximitat a poblacions o facilitat d'accés), comuns a la valoració de la potencialitat d'ús però que juguen en sentit contrari, podent produir resultats equívocs si es valoren conjuntament. Alguns d'ells, com l'accessibilitat, la densitat de població o la mida del LIG, paràmetres de valoració de l'interès però que juguen un paper diferent i, en alguns casos, com en el paràmetre de la mida del LIG, influeixen en sentit contrari. A menor grandària menys potencialitat d'ús recreatiu o turístic però més fragilitat i per tant, més prioritat de protecció. La prioritat de protecció global és elevada, 94,23 punts, i per això es proposa posar en valor aquests espais per a la seva conservació, donant a conèixer el seu valor científic, didàctic i cultural. En aquest cas és difícil l'espoliació d'elements per la seva tipologia, magnitud, pes i accés. El seu valor geològic

en referència a la singularitat resideix en l'existència de pocs elements a escala regional amb potencial científic i didàctic, ja que permet interpretar i comparar la història i els processos geològics i geomorfològics litorals a les costes de la serra d'Irta.

Resultats de l'aplicació de la matriu definida per valorar possibles nous LIGs (García-Cortés et al., 2014; Carcavilla et al., 2007), es proposa com a nou Lloc d'Interès Geològic (LIG) les 6 ubicacions de blocs de la costa rocosa de la serra d'Irta (Fig. 1) per incloure a l'Inventari Espanyol de Llocs d'Interès Geològic, i en l'inventari de Patrimoni Geològic del País Valencià, província de Castelló. Aquests estan constituïts per dipòsits de blocs imbricats en forma de cordons i de blocs aïllats, associats a penya-segats litorals de baixa alçada, i no afectats per temporals, ja que els blocs són el resultat del flux de tsunamis. Les ubicacions proposades presenten interès geològic per la seva representativitat com a blocs de grans dimensions associats a les trajectòries de tsunamis procedents del N d'Algèria i vinculats als fluxos provinents del Mar d'Alborà i entre les illes de Mallorca i Eivisa.

Els dipòsits de tsunami analitzats exemplifiquen bé els processos de denudació progressiva de les terrasses litorals per fluxos de tsunamis, i la seva posterior transformació en camps de blocs a cotes superiors, podent diferenciar episodis de diferents esdeveniments per la denudació de terrasses i blocs sedimentats.

El LIG proposat té un alt valor científic, posat de manifest en estudis científics previs (Roig-Munar, 2018 b i c), i es recomana posar èmfasi en la seva contextualització com LIG dins l'àmbit del Mediterrani. Constituïrien els primers LIG de camps de blocs de tsunami proposats a les costes de la península Ibèrica dins la Mediterrània, i poden ser considerants com d'interès sedimentològic i geomorfològic, i de rellevància nacional i internacional dins de la conca mediterrània occidental, segons els criteris de García-Cortés et al. (2014).

Cap dels afloraments presenta fragilitat alta ni amenaces antròpiques, excepte els fenòmens futurs de nous tsunamis que poden desconfigurar l'àrea per a la creació de nous camps de blocs i nous cordons o el retreballament dels presents.

Els emplaçaments proposats també compten amb un gran valor didàctic i educatiu, ja que il·lustren esdeveniments geològics, convertint-se aquestes àrees en un exemple del risc geològic associat a les trajectòries de tsunamis procedents d'Algèria. Aquests LIG

poden ajudar a augmentar la consciència i la percepció dels riscos geològics de les poblacions que es troben en costes afectades per tsunamis, i que les modelitzacions estableixen com a punts d'impacte potencial (Figs. 4 i 5). Aquesta característica dels LIG proposats reforça el seu caràcter didàctic a tota la població local i visitant, especialment en un espai litoral altament freqüentat, on un 10% de la població mundial resideix a zones litorals exposades a riscos d'origen natural (McGrath et al., 2007).

Tot i que algunes de les àrees proposades com LIG estan protegides mitjançant la figura de Parc Natural, no han estat utilitzades aquestes àrees de blocs com a recursos didàctics. És recomanable que aquestes àrees siguin incorporades dins de les línies d'educació ambiental del Parc Natural.

Bibliografia

- Álvarez-Gómez, J. A., Aniel-Quiroga, I., González, M. & Otero, L. 2011.** Tsunami hazard at the Western Mediterranean Spanish coast from seismic sources. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11: 227-240.
- Álvarez-Gómez, J. A., Olabarrieta, M., González, M., Otero, L., Carreño, E. & Martínez-Solares, J. M. 2010.** The impact of tsunamis on the Island of Majorca induced by North Algerian seismic sources. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19:367-383.
- Baeza-Carratalá, J.F., Giannetti, A., Martínez-Martínez, J., Corbi H. & Cuevas-González J. 2015.** Geotabarca. Una propuesta de divulgación y gestión del patrimonio geológico y arquitectónico de la isla de Nueva Tabarca (Alicante). In: H. Hilario, M. Mendina, E. Monge-Ganuzas, J. Fernández, J. Vegas, J. & Belmonte (Ed) *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos. A.* Cuadernos del Museo de Geominero, núm. 18. Instituto Geológico de España. 263-268.
- Barbano, M. S., Pirrotta, C. & Gerardi, F. 2010.** Large boulders along the south-eastern Ionian coast of Sicily: Storm or tsunami deposits? *Marine Geology*, 275: 140-154.
- Biolchi, S., Furlani, S., Antonioli, F., Baldassini, N., Causon Deguara, J., Devoto, S., di Stefano, A., Evans, J., Gambin, T., Gauci, R., Mastronuzzi, G., Monaco, C. & Scicchitano, G. 2015.** Boulder accumulations related to extreme wave events on the eastern coast of Malta. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3: 5977-6019.
- Carcavilla, L., López-Martínez, J., & Durán, J. J. 2007.** Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, 360 pp.
- Cortaza, P., & de Waele, J. 2012.** Geomorphosites and Natural Hazards: Teaching the Importance of Geomorphology in Society. *Geoheritage*, 4: 195–203.
- Cox, R., Lopes, W & Jahn, K. 2018.** Quantitative roundness analysis of coastal boulder deposits. *Marine Geology*, 396: 114-141.
- Decret 108/2002, de 16 de juliol del Govern Valencià**, de Declaració del Parc Natural de la Serra d'Irta i de la Reserva Natural Martina d'Irta. DOGV (Diari Oficial de la Generalitat Valenciana) núm. 4298 de 23/07/2002.
- Dunbar, P.K. 2007.** Increasing public awareness of natural hazards via the Internet. *Nat. Hazards* 42 (3): 529-536.
- Engel, M. & May, S. M. 2012.** Bonaire's boulder fields revisited: Evidence for Holocene tsunami impact on the Lee-ward Antilles. *Quaternary Science Reviews*, 54: 126-141.
- Feuillet T. & Sourp E. 2011.** Geomorphological Heritage of the Pyrenees National Park (France): Assessment, Clustering, and Promotion of Geomorphosites. *Geoheritage* 3:151–162.
- Forner, E. & Brewster, J. 2013.** First observation of Triops (Crustacea: Branchiopoda: Notostraca) in the Natural Park of the Serra d'Irta (Peníscola, el Baix Maestrat). *Nemus*, 3: 101-109.
- Furlani, S., Pappalardo, M. Gómez-Pujol, Ll. & Chelli, A. 2014.** The rock coast of the Mediterranean and Black seas. *Geological Society, London*, 40: 89-123.
- García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. & Vegas, J. 2014.** Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Instituto Geológico y Minero de España, 64 pp.
- García-Cortés, A. & Fernández-Gianotti, J. 2005.** Estrategia del Instituto Geológico y Minero de España para el estudio y protección del Patrimonio Geológico y la Geodiversidad. En M.A. Lamolda (Ed.). *Geociencias, recursos y patrimonio geológicos*. 59-72. Instituto Geológico y Minero de España, 210 p. Serie Geología y Geofísica, 3. Madrid.
- Goto, K., Okada, K. & Imamura, F. 2009.** Characteristics and hydrodynamics of boulders transported by storm waves at Kudaka Island, Japan. *Marine Geology*, 262: 14-24.
- Imamura, F., Goto, K. & Ohkubo, S. 2008.** A numerical model for the transport of a boulder by tsunami. *Journal of Geophysical Research*, 113-7: 1-12.
- Instituto Geológico y Minero (IGME). 2013.** Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). [http://http://info.igme.es/ielig/\(consultada el 20/03/2019\)](http://http://info.igme.es/ielig/(consultada el 20/03/2019)).
- Kelletat, D., Whelan, F., Bartel, P. & Scheffers, A. 2005.** New Tsunami evidences in Southern Spain Cabo de Trafalgar and Mallorca Island. In: *Geomorfología Litoral i Quarternari, Homenatge al professor Vincenc M. Rosselló i Verger*, (E. Sanjaume E., J.F., Matheu, Eds). Universitat de València, Spain: 215-222.
- Lario, J., Bardají, T., Spencer, C. & Marchante, A. 2017.** Eventos de oleaje extremo en la costa del sureste peninsular: bloques y megabloques como indicadores de tsunamis o tormentas extremas. *Geo-Temas*, 17, 227-230.
- Llei 11/1994, de 27 de desembre, de la Generalitat Valenciana**, d'Espais Naturals Protegits de la Comunitat Valenciana. DOGV núm. 2423, de 09/01/1995.
- Llei 4/1998, d'11 de juny, de la Generalitat Valenciana**, del Patrimoni Cultural Valencià. DOGV núm. 3267, de 18/06/1998.
- Llei 42/2007, de 13 de desembre, del Patrimoni Natural i de la Biodiversitat**. BOE núm. 299, de 14/12/2007.
- Llei 33/2015, de 21 setembre**, per la qual es modifica la llei 42/2007, de 13 de desembre, del Patrimoni Natural i de la Biodiversitat. BOE núm. 227, de 22/09/2015.
- Margiotta, S. & Sanso, P. 2014.** The Geological Heritage of Otranto–Leuca Coast (Salento, Italy). *Geoheritage*, 6: 305-316.
- Mastronuzzi, G. 2010.** Tsunami in Mediterranean Sea. The Egyptian. *Journal of Environmental Change*, 2, 1-12.
- Mata-Perelló J. M., Cardona, J. V., Climent, F. & Vilaltella, J. 2011.** Datos para el conocimiento del patrimonio geológico de la comarca valenciana del Alto Palancia/Alt Palancia. *Actas XII Congreso*

- internacional sobre patrimonio geológico y minero, pp. 291-300.
- Mata-Perelló, J.M. & Sanz Balaguer, J. 2015.** Recorregut de recerca geològica i mineralògica per la comarca de l'Alcalatén: des de Llucena a les Useres, Atzeneta i Vistabella del Maestrat. A: *Algeps. Revista de geologia*, 1-15.
- McGranahan, G., Balk, D. & Anderson, B. 2007.** The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, 19: 17-37.
- Migón, P. & Pijet-Migón, E. 2018.** Natural Disasters, Geotourism, and Geo-interpretation Geoheritage, 1-12.
- Mohd, S., L., Reedman, A. & Chen, S. P. 2008.** Geoheritage of East and Southest Asia. Ed. Institut Alam Sekitar dan Pembangunan. Univ. Kebangsaan, Malaysia, 308 pp.
- Morales-García, R, Domínguez-Sánchez, J. A. Vega-Martiny, L. & Durán-Valsero, J. J. 2014.** La aplicación para dispositivos móviles de los Lugares de Interés Hidrogeológico de la provincia de Alicante. Un recurso turístico de última generación. I Congreso Iberoamericano y V Congreso Español sobre Cuevas Turísticas. Cuevatur 2014, Aracena (Huelva). Volumen Actas, 115-125.
- Motta, L. & Motta, M. 2007.** Erratic blocks: from protector beings to geosites to be protected" in *Myth and Geology*, L. Piccardi and W. B. Masse, Eds. London: Geological Society, Special Publications, 273: 315-327.
- Nott, J. 2003.** Tsunami or storm waves? Determining the origin of a spectacular field of wave emplaced boulders using numerical storm surge and wave models and hydrodynamic transport equations. *Journal of Coastal Research*, 19: 348-356.
- Papadopoulos, G. A. 2002.** Tsunamis in the East Mediterranean: A Catalogue for the Area of Greece and Adjacent Seas. In *Proceedings of Joint IOC-IUGG International Workshop on Tsunami Risk Assessment beyond 2000: Theory, Practice and Plans*. Moscow, Russia, pp. 34-42.
- Periañez, R. & Abril, J. M. 2013.** Modeling tsunami propagation in the Iberia-Africa plate boundary: Historical events, regional exposure and the case-study of the former Gulf of Tartessos. *Journal of Marine Systems* 111-112: 223-234.
- Roger, J. & Hébert, H., 2008.** The 1856 Djijelli (Algeria) earthquake and tsunami source parameters and implications for tsunami hazard in the Balearic Islands. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8: 721-731.
- Roig-Munar, F. X. 2016.** Blocs de tempesta i tsunami a les costes rocoses de les Illes Balears. Anàlisi geomorfològica i morfomètrica. Tesi doctoral, Departament de Geodinàmica i Geofísica, Universitat de Barcelona, 410 pp.
- Roig-Munar, F.X., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.A., Vilaplana, J.M. & Gelabert, B. 2015.** Morfometría de bloques de tsunami en las costas rocosas del Este de Mallorca (Islas Baleares). En: VIII Jornadas de Geomorfología litoral, (G. Málvarez, F. Navas y E. Guisado, Eds). *Geo-Temas*, 15: 229-232.
- Roig-Munar, F.X., Vilaplana, J.M, Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.A. & Gelabert, B., 2016.** Indicadores geomorfológicos de tsunamis históricos en las costas rocosas de Baleares. *Geo-Temas*, 16 (1): 641-64.
- Roig-Munar, F.X., Mata Lleopard, R., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.A., Vilaplana, J.M. & Gelabert Ferrer, B. 2017.** Propuesta de Lugares de Interés Geológico asociados a bloques y cordones de origen tsunamítico en la costa SE de Menorca (Baleares). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 30(1): 31-40.
- Roig-Munar, F.X., Vilaplana, J.M., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.A. & Gelabert, B. 2018 a.** Tsunamis boulders on the rocky shores of Minorca (Balearic Islands Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 18, 1985-1998.
- Roig-Munar, F. X., Forner, E., Martín-Prieto, J. A., Segura, J., Rodríguez-Perea, A., Gelabert, B. & Vilaplana, J. M. 2018 b.** Presència de blocs de tsunamis i tempestes a les costes rocoses de la serra d'Irta (el Baix Maestrat, País Valencià). *Nemus*, 8:7-28
- Roig-Munar, F. X., Forner, E., Martín-Prieto, J. Á., Segura, J., Rodríguez-Perea, A., Gelabert, B. & Vilaplana, J.M. 2018 c.** Bloques indicadores de tsunamis en las costas rocosas de la serra d'Irta (Castelló, País Valencià). En: García, C., Gómez-Pujol, L., Morán-Tejeda, E., Batalla, R.J. (eds). *Geomorfología del Antropoceno. Ectos del cambio global sobre los procesos geomorfológicos*. UIB, SEG, Palma. *Geo-Temas*, 18, 172-176.
- Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Rodríguez-Perea, A., Gelabert, B. & Vilaplana, J.M., 2018 d.** Propuesta de Lugares de Interés Geológico asociados a bloques de origen tsunamítico en las costas rocosas de la isla de Formentera (Islas Baleares). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 31(1): 35-48.
- Roig-Munar, F. X., Rodríguez-Perea, A., Vilaplana, J. M Martín-Prieto, J. & Gelabert, B. 2019.** Tsunami boulders in Majorca Island (Balearic Islands, Spain). *Geomorphology*. Vol. 334, 76-90
- Sahal, A., Roger, J. & Allgeyer, S. 2009.** The tsunami triggered by the 21 May 2003. Boumerdès-Zemmouri (Algeria) earthquake: field investigations on the French Mediterranean coast and tsunami modelling, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9: 1823-1834.
- Shah-Hosseini, M., Morhange, C., De Marco, A., Wante, J., Anthony, E. J., Sabatier, F., Mastronuzzi, G., Pignatelli, C. & Piscitelli, A. 2013.** Coastal boulders in Martigues, French Mediterranean: evidence for extreme storm waves during the Little Ice Age. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Vol. 57, (4): 181-199.
- Sansò, P., Stefano Margiotta, S., Mastronuzzi, G. & Vitale, A. 2015.** The Geological Heritage of Salento Leccese Area (Apulia, southern Italy). *Geoheritage*, 7: 85-101.
- Santisteban, C. 2004.** El Parque Geológico de Chera (Valencia) como modelo de protección del patrimonio geológico para la promoción del desarrollo rural y turístico. En: *El Patrimonio Geológico: Cultura, Turismo y Medio Ambiente* (F. Guillén-Mondéjar y A. del Ramo-Jiménez, eds.), Dpto. Química Agrícola, Geología y Edafología (Univ. Murcia), 51-55.
- Scheffers, A. & Kelleat, D. 2003.** Sedimentologic and geomorphic tsunami imprints worldwide - a review. *Earth-Science Review*, 63: 83-92.
- Scheffers, A. M. & Kinis, S. 2014.** Stable imbrication and delicate/unstable settings in coastal boulder deposits: Indicators for tsunami dislocation?. *Quaternary International*, 332: 73-84.
- Tinti, S. & Armigliato, A. 2003.** The Use of Scenarios to Evaluate Tsunami Impact in South Italy. *Marine Geology*, Vol. 199, No. (3-4): pp. 221-243.

Agraïments. Els autors volen agrair les contribucions dels dos revisors, Dr. Guillem Mas Gornals i Dr. Augusto Pérez Alberty, ja que les seves contribucions han ajudat de forma significativa a una millor interpretació dels resultats obtinguts en aquest treball. A Joan Castany per la correcció lingüística.

Rebut el 11.07.2019. Acceptat el 07.08.2019.

LIG	Nom	Interès	Municipi
IBs167	Mola de Santa Catalina	G	Aras de los Olmos
IB060	Formación Calizas Nodulosas de Casinos	E	Llíria
IBs172	Triás de Serra-Garbí	E	Serra
IBs168	Fm. Alcotas (Pèrmic) sobre el Ordovícic del barranc d'Alcotas	E	Chelva
IBs169	Fm. Gres, margues i guixos del Mas	E	Chelva
IBs170	Fm. Calcàries, gres i argiles de Villar del Arzobispo	E	Villar del Arzobispo
IBs171	Fm. Chelva, estratigrafia i geomorfologia	E	Chelva
IB226	Ritmita del Juràssic superior a Loriguilla	G, P, Q, S	Chulilla. Loriguilla
IBs174	Rambla Castellana	G	Llíria
IBs176	Jaciment paleontològic i Fm. Sot de Chera	P	Sot de Chera
IBs175	Plecs i falles al Juràssic de Sot de Chera	T	Sot de Chera
IB055	Formació Margues de Chera	E, S	Chera
IB225(Geosite MZ005)	Succeció cretàcia de font la Puerca	E, G, P, S, T	Chera
IBs177	Jaciment de la Pedrera	P	Riba-roja del Túria
IB084	Dipòsits de sal de Minglanilla	M, G	"Camporrobles; Villargordo del Cabriel"
IB229	Hoces del Cabriel	G, E, T	"Venta del Moro; Villargordo del Cabriel"
IB116	Jaciment vertebrats del Miocè de Venta del Moro	P	Venta del Moro
IBs179	Cavallament de Venta Mina	T	Buñol
IBs180	Secció de Malacara a l'obaga de Maricardete i la Ceja del Arca	E	Siete Aguas
IB101	Sucesió juràssica Arroyo Picas-tre, localitat tipus Fm Yátova	E, P	Yátova
IB047	Formació Argiles de Cofrentes	E, S	Cofrentes
745003	Cretaci - Paleogen de Venta Gaeta	E, T, G	Cortes de Pallás
745001	Congost del Xúquer entre Cortes de Pallás i Millares	G, H	"Cortes de Pallas; Millares; Dos Aguas"
LV001(Geosite CB003)	Albufera de València	G, T, H, S	València
722002	Cordó de dunes i platja del Saler - Perelló	G, S	València
IBs194	Penya-segatde Cullera	G, T	Cullera
745004	Vulcanisme de Cofrentes	Q, Hg	Cofrentes
20744002	Congosts del Xúquer	G E. P. H. S	Jalance
IB048	Formació Argiles i guixos de Jarafuel	E, Q	Jarafuel
IBs181	Paleollac de Bicorp	P	Bicorp
IB049	Formació Argiles i guixos de Quesa	E	Quesa
IB050	Formació Gres de Manuel	E	"Manuel; Vilanova de Castelló"
794001	Travertins de Canals	G, H, S	Xàtiva
PT004(Geosite VP008)	Jaciment paleontològic del Pleistocè de Cova Negra	P, E	Xàtiva
770002	Albufera de Xeraco-Xeresa	G, M, S	"Tavernes de la Valldigna; Xeresa; Gandia; Xeraco"
770001	Karst del Macizo del Monduber	G E. T. H.	Gandia
795001	Circ de la Safor	G, T	Vilallonga
PTs058	Sección del Puerto de Almansa - Navalón	E, P, T, G, S	la Font de la Figuera

TAULA 1. Relació de Llocs d'Interès Geològic (LIG) de la província de València. Font: IGME (2013). Per les claus d'interès veure Taula 4.

Relation of Places of Geological Interest (LIG) of the province of Valencia. Source: IGME (2013). For the keys of interest see Table 4.

LIG	Nom	Interès	Municipi
823002	Rasa marina de la Plana de Sant Antoni	G, P	Xàbia
PT002 (Geosite MZ008)	Les plataformes de carbonats del Cretaci Inferior. Montgó	E, S	Xàbia
PTs082	Penya-segats del cab de la Nau	G	Xàbia
PT002e (Geosite MZ008e)	Secció del Albià-Cenomanià inferior de la Llorença-Granadella	E	"el Poble Nou de Benita-txell ; Teulada; Xàbia"
848001	Peñón de Ifach	G, T	Calp
PTs079	Cova de les Calaveres	G, H	Benidoleig
PT002c (Geosite MZ008c)	Secció Barremià superior-Cenomanià inferior a Cases de Seguilí	"E, S, P, "	Orba; Alcalalí; Benidoleig
822002	Lenar de la Vall d'Ebo	G	la Vall d'Ebo
PT002d (Geosite MZ008d)	Les plataformes de carbonats del Cretaci Inferior. Serra del Penyó	T	Benigembla
PT002b (Geosite MZ008b)	Secció Barremià superior-Cenomanià inferior al Coll de Rates	"E, S, P "	Tàrbena; Alcalalí; Parcent
PTs080	Barranc de l'Encantada	G	Planes
PTs077	Llacuna o albufera de Gaianes	H	Gaianes
PTs081	Jaciment paleontològic de la Querola	P, E	Cocentaina
846001	Jaciment paleontològic del Neocomià, a la Serra de Fontanella	P, E, M	Biar
PTs083	Saleros de Villena	M	Villena
PTs086	Llacuna de Salinas	H	Salinas
PTs085	Arenal del Almorxó	S	Petrer
PTs087	Jaciment d'aragonita de Petrer	M	Petrer
PTs092	Surgència del Triàssic de Salinetas	H	Novelda
PTs088	Curs i badlands del riu Blanc	G, E, H	Agost
PT003 (Geosite KT003)	Nivell d'argila del límit K/T a Agost	"E, P, S "	Agost
PTs093	Slumps de la cala de Xarco	S	la Vila Joiosa
847001	Cova de Canalobre	G, H	Busot
PTs089	Falla del riu de la Torre	T, G	Alacant
PTs091	Terrasses marines de Sant Joan d'Alacant-el Campello	S	el Campello
872002	Sucesió eocena de las Llomes de Garbinet	E, P, T	Alacant
871001	Juràssic i Cretaci inferior serra de Fontcalent i Serreta Llarga	P, G, S	Alacant
PTs090	Serra Mitjana	E	Alacant
893003	Dunes dels Arenals del Sol	G, S	Elx
893001	Escull de Santa Pola	P, G	Santa Pola
893004	Salines de Santa Pola	G, M	Santa Pola
PTs096	Cordó de dunes de Guardamar del Segura	G	Guardamar del Segura
914002	Salines de Torrevieja	G, M	Torrevieja
SBs002	Minerals del Cabezo Negro de Albaterra	M	Albaterra
SBs001	Jaciment de Crevillent	P, E, G	Crevillent
870002	Diapir del Pinós	M, G	el Pinós
SBs003	Aflorament de las Calcàries Roges Alacant	M	Monòver

TAULA 2. Relació de Llocs d'Interès Geològic (LIG) de la província d'Alacant. Font: IGME (2013). Per les claus d'interès veure Taula 4.

Relation of Places of Geological Interest (LIG) of the province of Alicante. Source: IGME (2013). For the keys of interest see Table 4.

LIG	Nom	Interès	Municipi
IBs118	Meandres del riu Bergantes	G	Sorita
545001	Jaciment de Morella la Vella	P, E, S	Morella
IBs119	Fm. Argiles de Morella	E	Morella
IBs120	Anticlinal del Bovalar i barranc Celumbres	T	Portell de Morella
IBs121	Fossa de Catí	G	Catí
IBs122	Rambla de Cervera	G	Cervera del Maestrat
IBs123	Mola d'Ares del Maestrat	E.	Ares del Maestrat
IBs124	Ullals de Peníscola	H	Peníscola
IB223	Tòmbol de Peníscola	G, E, Hg, S, T	Peníscola
IB123	Polje de Vistabella del Maestrat	G T	Vistabella del Maestrat
IBs125	Riu Monlleó des de Pena Calva	G	Benafigos
IBs126	Broolladors de Torre Badum	H	Peníscola
IBs127	Fossa de l'Ametler	G	Alcalà de Xivert
IBs129	Ventall aluvial Pleistocè fallat dels Rosildos	G	Serra d'en Galzeran
IBs130	Brolladors platja de les Fonts	H	Alcalà de Xivert
594001	Torberes de Torreblanca	S, E, P, H, M, G	Torreblanca
IB076	Jaciment d'ambre de la Hoya	P	Cortes de Arenoso
IBs131	Paleozoic del Desert de les Palmes	E	Pobla Tornesa
IBs132	Platja i tòmbol d'Orpesa	G	Orpesa
IBs133	Costa de penya-segats d'Orpesa	G	Orpesa
IB012	Congost del riu Millars	G	Montanejos
IB217	Jaciment del Mioceno de Ribesalbes	P, S, E, M	Ribesalbes
IBs134	Volcanisme juràssic del Cerro del Sabinar	Q	Caudiel
640001	Plana de Castelló	G	Onda
IBs135	Gorges juràsiques del curs alt del riu Palància	G	Jérica
IB030	Domo i plecs de foliació alpina a la rambla d'Artana	T	Almedijar, Artana, Chovar, Onda
IBs192	Mineralitzacions cobalt Buntsandstein del barranc del Carbó	M	Chovar
IB221	Coves de Sant Josep de la Vall d'Uixó	G, H, S	Fondegulla, la Vall d'Uixó
IBs136	Conjunt paleontològic d'origen karstic d'Almenara	P	Almenara
IB224	Vulcanisme Quaternari de las illes Columbretes	Q	Castelló de la Plana

TAULA 3. Relació de Llocs d'Interès Geològic (LIG) de la província de Castelló. Font: IGME (2013). Per les claus d'interès veure Taula 4.

Relation of Places of Geological Interest (LIG) of the province of Castellón. Source: IGME (2013). For the keys of interest see Table 4.

Codi	Interés	Castelló	València	Alacant	Pais Valencià	%
G	Geomorfològic	15	17	17	49	25,65
P	Paleontològic	5	10	9	24	12,57
E	Estratigràfic	7	20	11	38	19,90
S	Sedimentalògic	5	10	9	24	12,57
T	Tectònic	4	10	4	18	9,42
H	Hidrogeològic	5	5	6	16	8,38
M	Mineralògic	3	1	6	10	5,24
Hg	Història de la geologia	2	1	0	3	1,57
Q	Petrològic-geoquímic	2	4	3	9	4,71
					191	100
	Total LIGs	30	37	38	105	
	% provincial	28,57	35,24	36,19	100	

TAULA 4. Llista del llocs d'interès geològic (LIG), segons l'Inventari Espanyol de Llocs d'Interès Geològic, IELIG (IGME (2013)). Claus dels tipus d'interès, G: geomorfològic; P: paleontològic; E: estratigràfic; S: sedimentalògic; T: tectònic; H: hidrogeològic; M: mineralògic; Hg: història de la geologia; Q: petrològic i geoquímic.

List of places of geological interest (LIG), according to the Spanish Inventory of Places of Geological Interest, IELIG (IGME (2013)). Keys to interest rates, G: geomorphological; P: paleontological; E: stratigraphic; S: sedimental; T: tectonic; H: hydrogeological; M: mineralogical; Hg: history of geology; Q: petrological and geochemical.

Yacimiento	Blocs Irta (6 ubicacions)	V. científico	V. didàctico	V. turístico	Irta Fic	Irta Fid	Irta Fit
Representatividad	4	30	5	0	120	20	0
Carácter de localidad tipo	2	10	5	0	20	10	0
Grado de conocimiento científico del lugar	2	15	0	0	30	0	0
Estado de conservación	2	10	5	0	20	10	0
Condiciones de observación	4	10	5	5	40	20	20
Rareza	2	15	5	0	30	10	0
Diversidad	3	10	10	0	30	30	0
Contenido didáctico	2	0	20	0	0	40	0
Infraestructura logística	2	0	15	5	0	30	10
Densidad de población	4	0	5	5	0	20	20
Accesibilidad	2	0	15	10	0	30	20
Tamaño del LIG	4	0	0	15	0	0	60
Asociación con otros elementos de PN y/o PC	4	0	5	5	0	20	20
Espectacularidad o belleza	1	0	5	20	0	5	20
Contenido divulgativo	2	0	0	15	0	0	30
Potencialidad para realizar actividades turísticas y recreativas	2	0	0	5	0	0	10
Proximidad a zonas recreativas (demanda potencial inmediata)	2	0	0	5	0	0	10
Entorno socioeconómico	1	0	0	10	0	0	10
	45	100	100	100	290	245	230
TOTAL					7,25	6,125	5,75

TAULA 5a. Valoració de l'interès científic, didàctic i turístic del LIG en base a la metodologia IELIG (García-Cortés et al., 2014).

Assessment of the scientific, educational and tourist interest of the LIG based on the IELIG methodology (García-Cortés et al., 2014).

Criterio	Blocs Irta (6 ubicacions)	Pes	Irta
Tamaño del LIG	2	40	80
Vulnerabilidad al expolio	0	30	0
Amenazas naturales	2	30	60
TOTAL	4	100	140
Criterio	Blocs Irta (6 ubicacions)	Pes	Irta
Amenazas antrópicas	1	20	20
Interés para la explotación minera	0	15	0
Amenazas naturales	2	30	60
Fragilidad intrínseca	1	40	40
Régimen de protección del lugar	4	15	60
Protección física o indirecta	4	15	60
Accesibilidad	1	15	15
Régimen de propiedad del lugar	4	10	40
Densidad de poblacion	4	5	20
Proximidad a zonas recreativas	2	5	10
VALORACION FINAL valor máximo 400	23		325
Blocs Irta (6 ubicacions)			
Interés científico del LIG -Ic-		332,25	
Interés didáctico del LIG -Id-		331,125	
Interés turístico del LIG -It-		330,8	
Fragilidad del LIG -F-		140	
Vulnerabilidad por amenazas antrópicas sobre el LIG -A-		325	
Susceptibilidad de degradación del LIG ($SD = (F \times A) \times 1/400$)		113,75	
Prioridad de protección por su interés científico ($PPc = IcE2 \times SD \times 1/400E2$)		59,79	
Prioridad de protección por su interés didáctico ($PPd = IDE2 \times SD \times 1/400E2$)		42,67	
Prioridad de protección por su interés turístico-recreativo -PPt-		37,61	
Prioridad de protección global ($PP = [(Ic + Id + It) / 3] \times 2 \times SD \times 1/4002$)		94,23	

TAULA 5b. Valoració de l'interés científic, didàctic i turístic del LIG en base a la metodologia IELIG (García-Cortés et al., 2014).
Assessment of the scientific, educational and tourist interest of the LIG based on the IELIG methodology (García-Cortés et al., 2014).