

EFECTES DEL TEMPORAL GLORIA EN ELS ECOSISTEMES DE *POSIDONIA OCEANICA* AL LLARG DE LA COSTA CATALANA

TERESA ALCOVERRO^a, CANDELA MARCO-MÉNDEZ^a,
MARIO MINGUITO^a, JORDI BOADA^{a,b}, PATRICIA PRADO^c,
NEUS SANMARTÍ^b, GREGORI MUÑOZ-RAMOS^d, JORDI
F. PAGÈS^{a,b}, MARIA GARCIA^a, MARTA PÉREZ^b, XAVIER
SEGLAR^d I JAVIER ROMERO^{b*}

a. Centre d'Estudis Avançats de Blanes - CSIC, Blanes

b. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i
Ciències Ambientals

Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

c. IRTA - Aquatic Ecosystems, Sant Carles de la Ràpita

d. Escola del Mar de Badalona, Ajuntament de
Badalona

ELS HERBASSARS DE *POSIDONIA OCEANICA* A CATALUNYA I ELS TEMPORALS

Els herbassars de *Posidonia oceanica* estan molt ben representats a la nostra costa, on són freqüents i, sobretot, recobreixen fons de sediments tous entre 0,5 i 20-25 m de fondària i, més rarament, fons rocosos. Els serveis ecosistèmics que forneixen són nombrosos i rellevants per al conjunt de la societat. Entre ells cal destacar la gran capacitat dels herbassars de *posidònia* d'oferir hàbitat, refugi o substrat per a altres espècies, un fet que contribueix a incrementar i a protegir la biodiversitat. Així mateix, els herbassars contribueixen a la protecció de la costa i de les platges davant l'erosió, afavoreixen la millora de la qualitat de l'aigua a través de la retenció dels nutrients i la sedimentació de partícules, i tenen una gran capacitat d'acumulació de carboni. De fet, es consideren un important embornal de carboni a escala global (Fourqurean *et al.*, 2012). Aquests ecosistemes són bastant vulnerables als impactes humans, però també a fenòmens hidrodinàmics extrems (Gera *et al.*, 2014).

* E-mails dels autors pel mateix ordre en què se citen: teresa@ceab.csic.es; c.marco@ceab.csic.es; mminguito@ceab.csic.es; j.boada@ub.edu; patricia.prado@irta.cat; neussanmarti@ub.edu; gmunozramos@badalona.cat; j.pages@ub.edu; maria@ceab.csic.es; maperez@ub.edu; xseglar@badalona.cat; jromero@ub.edu

Els grans temporals són de molt baixa freqüència. Ara bé, tenim un precedent històric proper: el temporal del dia de Sant Esteve de 2008 (Mateo i Garcia-Rubies, 2012; Sánchez-Vidal *et al.*, 2012). En aquella ocasió, la mortalitat a les praderies més superficials de *Posidonia oceanica* va ser particularment forta en el tram central de la Costa Brava, amb un 23% de seva superfície enterrada pel sediment arrossegat pel temporal (Gera *et al.*, 2014). Aquest enterrament, que de mitjana era superior als 10 cm, va implicar la mortalitat total a les zones afectades, on les nostres observacions van detectar un llindar crític de supervivència a partir de 4 o 5 cm d'enterrament. Quatre anys més tard no es va observar cap recuperació als indrets on la mortalitat havia estat del 100%. En canvi, en altres llocs on la mortalitat no havia estat total i hi quedaven alguns feixos vius, es va observar una recuperació al voltant del 7% (Gera *et al.*, 2014). En aquest mateix estudi es va concloure que els esdeveniments meteorològics extrems, manifestats en forma de temporals de mar d'alta intensitat, podien produir pèrdues catastròfiques sobtades de cobertura en l'extensió dels herbassars de *P. oceanica* en aigües relativament somes (menys de 10 m). L'estudi també evidenciava que la persistència dels herbassars de posidònia depenia d'un temps de retorn llarg entre temporals (probablement de més de 100 anys), ja que la recuperació d'aquests ecosistemes és molt lenta.

EL TEMPORAL GLORIA: RISCOS, EFECTES I INVENTARI DE DANYS

L'impacte, l'extensió i la durada del temporal *Gloria* han estat excepcionals, i han afectat tota la costa catalana.^{1,2} De nou, un dels ecosistemes més severament damnificats és el dels herbassars de *P. oceanica*. El temporal *Gloria* ha afectat tot el litoral de la Mediterrània nord-occidental, des del cap de Creus fins a Múrcia, incloent-hi les illes Balears, amb una altura significant d'onada de fins a 7,8 m a la boia del cap de Begur. En aquesta contribució intentarem establir, mitjançant dades recollides en alguns punts de la costa catalana just després del temporal, de quina manera ha afectat el temporal *Gloria* les praderies de *P. oceanica*.

Amb el *Gloria* ens trobem de nou davant d'un temporal d'alta intensitat, similar a la del temporal de Sant Esteve de 2008, però de durada i abast més grans. Per a avaluar-ne els efectes, en els últims dos mesos hem estudiat l'efecte del *Gloria* en 16 estacions i en un total de 25 praderies representatives del litoral català (Taula 1). Val a dir que els primers mesos després de l'impacte d'un gran temporal són crucials per a poder determinar dos tipus d'afectacions: una relacionada amb la mobilització del sediment (enterrament-desenterrament de la praderia) i l'altra

1. Vegeu Javier Martín-Vide, «Precipitacions torrencials a Catalunya: el temporal *Gloria* i perspectives de futur», en aquest volum.

2. Vegeu José A. Jiménez, «Dinàmica litoral, efectes dels temporals i comportament de les platges», en aquest volum.

| <i>Data</i> | <i>Localitat i tipologia de praderia</i> | <i>Profunditat (m)</i> | <i>Latitud (N)</i> | <i>Longitud (E)</i> |
|-------------|------------------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|
| 20/02/2020 | Cala Jugadora | | | |
| | Soma | 5,5 | 42°19'01,8" | 3°18'44,4" |
| | Intermèdia | 15,2 | 42°18'56,4" | 3°18'48,5" |
| | Profunda | 17,6 | | |
| 19/02/2020 | Cala Montjoi | | | |
| | Soma | 6,7 | 42°14'48" | 3°14'03" |
| 21/02/2020 | Medes G1 | | | |
| | Soma | 5,3 | 42°2'49,39" | 3°13'16,7" |
| | Intermèdia | 13,9 | 42°2'48,06" | 3°13'14,2" |
| 19/02/2020 | Medes G2 | | | |
| | Soma | 5,6 | 42°2'40,88" | 3°13'5,8" |
| | Intermèdia | 10,2 | 42°2'39,29" | 3°13'2,8" |
| 12/02/2020 | Cala Giverola | | | |
| | Soma | 3,9 | 41°44'10,0" | 2°57'16,0" |
| 10/02/2020 | Tossa de Mar | | | |
| | Profunda (límit) | 21,1 (23,4) | 41°43'26,6" | 2°56'45,2" |
| 05/02/2020 | Canyelles | | | |
| 06/02/2020 | Soma | 5,1 | 41°42'09,8" | 2°53'0,7" |
| | Profunda (límit) | 19,21 (20,4) | 41°42'01" | 2°53'20,7" |
| 26/02/2020 | Cala Frares | | | |
| | Soma | 8,4 | 41°41'54" | 2°51'38" |
| 03/02/2020 | Fenals | | | |
| 04/02/2020 | Soma | 8,1 | 41°41'22,5" | 2°49'42,9" |
| | Intermèdia | 14,9 | 41°41'15,0" | 2°50'08,5" |
| | Profunda (límit) | 17,16 (22,4) | 41°41'15,0" | 2°50'08,5" |
| 04/02/2020 | Port de Blanes | | | |
| | Intermèdia | 13,0 | 41°40'20,9" | 2°48'05,8" |
| 11/02/2020 | Mataró I | | | |
| | Intermèdia | 12,0 | 41°31'33,0" | 2°28'15,2" |
| 21/02/2020 | Mataró II | | | |
| | Profunda | 19,5 | 41°31'35,9" | 2°27'57,3" |
| 25/02/2020 | Cala Llobeta | | | |
| | Soma | 4,8 | 40°55'28,5" | 0°50'56,5" |
| | Intermèdia | 9,8 | | |
| 05/03/2020 | Calafató | | | |
| | Soma | 6,5 | 40°55'14,1" | 0°50'29,9" |
| | Intermèdia | 9,8 | | |
| 15/02/2020 | L'Estany Podrit | | | |
| | Soma | 2,6 | 40°51'28,4" | 0°46'11,7" |
| 15/02/2020 | Cala Vidre | | | |
| | Soma | 1,8 | 40°54'40,4" | 0°49'48,8" |

TAULA 1. Relació de localitats estudiades a la costa catalana (16) després del temporal *Gloria*. S'han mostregat 25 herbassars de *Posidonia oceanica*. S'especifica la data de mostreig, la tipologia de la praderia segons profunditat (soma, intermèdia i profunda) i les coordenades de referència.

sobre les plantes en si (arrencament de feixos) (Figs. 1 i 2). Les evidències de l'acció de l'hidro dinamisme (fulles enterrades, mata descalçada, arrels al descobert) es perden al cap de poc temps si no es disposa de cartografies prèvies i cal, per tant, fer les observacions al més aviat possible. La metodologia que hem seguit ha estat l'avaluació *in situ* del nivell d'enterrament (acreció, sediment afegit) o descalçament (erosió, sediment perdut) de la base del meristema dels feixos de posidònia, i estimes de l'arrencament de feixos al llarg de transectes de 50 m. S'ha procurat mostrejar, sempre que fos possible, a tres fondàries: superficial (prop del límit superior dels herbassars, entre 2 i 7 m de fondària), intermèdia (entre 10 i 15 m) i profunda (prop del límit inferior dels herbassars, al voltant de 20 m).

Els resultats preliminars indiquen que, a diferència del temporal de Sant Esteve de 2008, el *Gloria* ha afectat les praderies de *P. oceanica* a totes les fondàries. Ara bé, els efectes han estat molt variables i algunes praderies, com la de Mataró, han sofert més danys, mentre que d'altres, com la de cala Jugadora, al cap de Creus, n'han sofert menys. Pel que hem pogut comprovar, l'orientació de les cales i l'exposició de la costa on es troben aquestes praderies hi ha tingut molta influència. D'altra banda, les praderies sobre roca han estat menys afectades que les que es troben sobre sorra, i les somes han sofert més danys que les profundes (Fig. 3). Les nostres observacions corroboren l'existència d'un llindar crític de mortalitat per enterrament (5-7 cm), potser una mica superior al que vam estimar després del temporal de Sant Esteve de 2008 (Gera *et al.*, 2014). Pot sorprendre que una planta amb fulles d'uns quants decímetres mori per un enterrament tan modest, però cal pensar que els meristemes de les fulles estan situats a la base, i el que causa la mortalitat és que aquests meristemes quedin exposats a l'anòxia/hipòxia del sediment (i als compostos reduïts que s'hi formen).

Ara bé, la principal diferència entre els efectes del *Gloria* i els del temporal de Sant Esteve de 2008 rau sobretot en el fet que a la mortalitat per enterrament que vam estimar en aquell moment, s'hi han d'afegir importants mortalitats per desenterrament i per arrencament en el cas del temporal *Gloria*. Pel que fa al desenterrament, no s'ha observat un llindar de mortalitat tan clar com per a l'enterrament, però la mortalitat observada fins ara en els feixos desenterrats més de 20 cm és al voltant del 40%. Aquesta mortalitat s'ha obtingut en comparar el nombre de feixos morts a les àrees desenterrades (més de 10 cm) respecte de zones de control (sense desenterraments o amb enterraments molt lleus). En aquest punt cal tenir en compte que el desenterrament en si mateix no és letal per a la planta, sinó que el que fa és exposar els seus rizomes a l'acció destructora de l'onatge. Per tant, el que provoca és un augment de la vulnerabilitat dels rizomes davant l'onatge (no necessàriament extrem) i, per tant, els efectes finals de la mortalitat no es veuran fins d'aquí uns mesos.



FIGURA 1. Enterrament d'una praderia de *Posidonia oceanica* per arena remoblitzada arran del temporal *Gloria*. Només sobresurten algunes fulles, la majoria escapçades per l'efecte d'abradió (Fenals, 25 de maig de 2020, fotografia de T. Alcoverro).



FIGURA 2. Descalçament d'una praderia de *Posidonia oceanica* per sostracció del sediment que en recobria els rizomes i la part inferior dels pecíols durant el temporal *Gloria* (Cala Montjoi, 19 de febrer de 2020, fotografia de M. Garcia).

En termes generals, la mortalitat per arrencament (mata morta recent) és inferior (Fig. 3), tot i que en algunes praderies, com la de Mataró, ha estat molt rellevant. En qualsevol cas, s'ha de tenir en compte que les estimes de mortalitat per arrencament estan infravalorades, ja que molts feixos arrencats no deixen cap marca i fàcilment poden passar desapercebuts. Aquestes pèrdues totals es podran avaluar més endavant a través del seguiment de sèries temporals de llarga durada, com les del parc de les illes Medes i del cap de Creus i les de l'ACA.

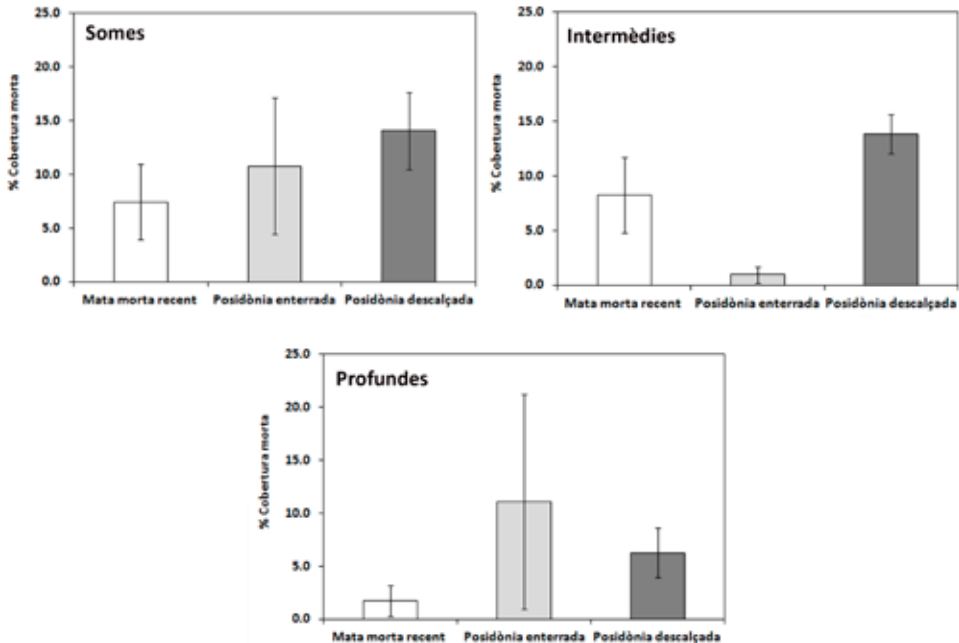


FIGURA 3. Mitjana del percentatge de cobertura morta (n=16, SE) representada en tres categories: (a) mata morta recent (feixos arrencats i/o morts recentment: s'observen restes d'arrels);(b) posidònia enterrada (tota la cobertura enterrada sota més de 5 cm de sediment), i (c) posidònia descalçada (cobertura morta per desenterrament, a partir de 5 cm). S'indica el percentatge estimat de mortalitat per a cada cas. Pel que fa a l'enterrament, per sobre de 5 cm de gruix de sediment s'assumeix una mortalitat del 100% (Gera *et al.*, 2014). Per al desenterrament, el percentatge de mortalitat és variable en funció del tipus de praderia, però se situa entre el 20% i el 40% (dades preliminars). De dalt a baix es representen les tres profunditats estudiades (praderies somès, intermèdies i profundes).

Fins ara, els nostres treballs s'han limitat a estimar les superfícies perdudes atesa la necessitat d'efectuar una diagnòsi ràpida abans no desapareguin les evidències. Desconeixem, en aquests moments, quina ha estat la pèrdua quant als serveis

ecosistèmics que proveeixen les praderies. Com a molt, podem assumir que les pèrdues són proporcionals a la superfície perduda. Ara bé, per la rellevància social i de gestió d'aquest aspecte, cal afinar una mica més. És per això que en els propers mesos iniciarem un estudi orientat a valorar els efectes que ha tingut el temporal *Gloria* en dos serveis ecosistèmics bàsics de les praderies de *P. oceanica*: els relacionats amb el manteniment de la biodiversitat i els derivats de l'acumulació de carboni en els sediments associats. Sospitem a partir de les nostres observacions preliminars que ambdós poden ultrapassar el que hom podria esperar tenint en compte les superfícies perdudes.

ELS PERQUÈS

P. oceanica és una espècie particularment vulnerable als temporals d'alta intensitat com el *Gloria* degut a la confluència d'un seguit de condicions:

- La majoria de les praderies se situen a la franja batimètrica on més es deixen sentir els efectes dels temporals i, a més, sobre fons tous, on tenen lloc moviments massius de sediment que provoquen tant enterrament com desenterrament.
- Tenen un creixement clonal molt lent i, per tant, poden trigar dècades a recuperar-se de les pèrdues ocasionades pels temporals. Encara pitjor, la quasi absència de reclutament per reproducció sexual dificulta encara més la recuperació de les parts destruïdes totalment.
- Moltes praderies ja estan patint altres alteracions per activitats humanes, com ara la reducció de transparència de l'aigua, les modificacions de la línia de costa o la destrucció mecànica per ancoratges i pesca de ròssec.
- Malgrat que la capacitat de creixement vertical dels seus rizomes la fa resistent a l'enterrament si aquest és progressiu (Pergent *et al.*, 1989; Gacia i Duarte, 2001), aquesta planta és incapaç de suportar sedimentacions superiors a les habituals, i encara menys de recuperar-se si es mantenen els intervals de temps dels temporals d'alta intensitat dels últims anys.

QUÈ ENS PORTARÀ EL FUTUR PROPER?

Els models climàtics actuals no són gaire clars respecte de la modificació de la freqüència dels temporals d'alta intensitat en el context del canvi global a la Mediterrània (Androulidakis *et al.*, 2015; Vousdoukas *et al.*, 2016; Church i Gregory, 2019). Ara bé, hi ha indicis, una mica preocupants, de fenòmens com ara l'augment del nivell del mar, generalitzat o com a conseqüència de temporals (*storm surge*), o la major freqüència dels anomenats *huracans mediterranis* o *medicans* (Romero i Emanuel, 2013; González-Alemán *et al.*, 2019). Així

doncs, tot i que sí que sembla que el temporal *Gloria* ha estat excepcional i la seva proximitat en el temps amb el temporal de Sant Esteve ha estat casual, hi ha un risc no menyspreable que l'estretament de la finestra entre grans tempestes successives (o, alternativament, la intensificació dels seus efectes) faci minvar fortament l'extensió de les praderies i, per tant, els serveis ecosistèmics associats.

CONCLUSIONS

El temporal *Gloria* representa un experiment a escala regional de com aquestes pertorbacions, que fins ara havien estat menystingudes en el context del canvi global, poden ser una de les seves puntes de llança més destructives per als ecosistemes dominats per angiospermes marines. En el cas concret de *P. oceanica* i a la Mediterrània, l'afectació en termes de mortalitat ha estat molt elevada i serà difícilment recuperable durant les properes dècades.

RECOMANACIONS

Cal reconèixer que és difícil actuar directament contra les pertorbacions naturals o les associades al canvi climàtic. D'altra banda, la restauració a gran escala no és viable, ja que el creixement de *P. oceanica* és extraordinàriament lent, i les experiències dutes a terme no han estat satisfactòries (Van Katwijk *et al.*, 2016). El que sí que es pot fer és actuar localment per a millorar la resiliència de les praderies a aquestes pertorbacions o, per a ser més exactes, per a no disminuir-la. Per tant, la millor estratègia (i probablement l'única a l'abast de les administracions nacionals i autonòmiques) és la disminució de tots els impactes locals que actualment estan afectant les praderies de posidònia, com ara l'eutrofització, els impactes mecànics o la construcció d'infraestructures portuàries. Disposar de praderies resilient on els impactes locals estiguin sota control és la millor manera d'afrontar un futur incert en què les conseqüències del canvi global esdevenen cada cop més reals, també a escala local i regional.

BIBLIOGRAFIA

- ANDROULIDAKIS, Y.S.; KOMBIADOU, K.D.; MAKRIS, C.V.; BALTİKAS, V.N., i KRESTENITIS, Y.N. (2015). «Storm surges in the Mediterranean Sea: Variability and trends under future climatic conditions». *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. Vol. 71, p. 56-82. Doi: 10.1016/j.dynatmoce.2015.06.001.
- CHURCH, J.A. i GREGORY, J.M. (2019). «Sea level change». A: *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Boston, Massachusetts, EUA: Academic Press, p. 493-499. Doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10820-6.

- FOURQUREAN, J.W.; DUARTE, C.M.; KENNEDY, H.; MARBÀ, N.; HOLMER, M.; MATEO, M. A.; APOSTOLAKI, E.T.; KENDRICK, G.A.; KRAUSE-HENSEN, D.; MCGLATHERY, K.J., i SERRANO, O. (2012). «Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock». *Nature Geoscience*. Vol. 5, núm. 7, p. 505-509. Doi: 10.1038/ngeo1477.
- GACIA, E. i DUARTE, C.M. (2001). «Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: The balance between deposition and resuspension». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol. 52, núm. 4, p. 505-514. Doi: 10.1006/ecss.2000.0753.
- GERA, A.; PAGÈS, J.F.; ARTHUR, R.; FARINA, S.; ROCA, G.; ROMERO, J., i ALCOVERRO, T. (2014). «The effect of a centenary storm on the long-lived seagrass *Posidonia oceanica*». *Limnology and Oceanography*. Vol. 59, núm. 6, p. 1910-1918. Doi: 10.4319/lo.2014.59.6.1910.
- GONZÁLEZ-ALEMÁN, J.J.; PASCALE, S.; GUTIÉRREZ-FERNÁNDEZ, J.; MURAKAMI, H.; GAERTNER, M. A., i VECCHI, G. A. (2019). «Potential Increase in hazard from Mediterranean hurricane activity with global warming». *Geophysical Research Letters*. Vol. 46, núm. 3, p. 1754-1764. Doi: 10.1029/2018GL081253.
- MATEO, M.A. i GARCIA-RUBIES, A. [eds.] (2012). «Assessment of the ecological impact of the extreme storm of Sant Esteve's Day (26 December 2008) on the littoral ecosystems of the north Mediterranean Spanish coasts». A: *Final Report PIEC 200430E599*. Blanes: Centre d'Estudis Avançats de Blanes - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 318 p.
- PERGENT, G.; BOUDOURESQUE, C.; CROUZET, A., i MEINESZ, A. (1989). «Cyclic changes along *Posidonia oceanica* rhizomes (lepidochronology): present state and perspectives». *Marine Ecology*. Vol. 10, núm. 3, p. 221-230. Doi: 10.1111/j.1439-0485.1989.tb00474.x.
- ROMERO, R. i EMANUEL, K. (2013). «Medicane risk in a changing climate». *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*. Vol. 118, núm. 12, p. 5992-6001. Doi: 10.1002/jgrd.50475.
- SÁNCHEZ-VIDAL, A.; CANALS, M.; CALAFAT, A.M.; LASTRAS, G.; PEDROSA-PÀMIES, R.; MENÉNDEZ, M.; MEDINA, R.; COMPANY, J.B.; HEREU, B.; ROMERO, J., i ALCOVERRO, T. (2012). «Impacts on the deep-sea ecosystem by a severe coastal storm». *PLoS ONE*. Vol. 7, núm. 1, art. e30395. Doi: 10.1371/journal.pone.0030395.
- VAN KATWIJK, M.M.; THORHAUG, A.; MARBÀ, N.; ORTH, R.J., DUARTE, C.M., *et al.* (2016). «Global analysis of seagrass restoration: The importance of large-scale planting». *Journal of Applied Ecology*. Vol. 53, núm. 2, p. 567-578. Doi: 10.1111/1365-2664.12562.
- VOUSDOKAS, M.I.; VOUKOUVALAS, E.; ANNUNZIATO, A.; GIARDINO, A., i FEYEN, L. (2016). «Projections of extreme storm surge levels along Europe». *Climate Dynamics*. Vol. 47, núm. 9-10, p. 3171-3190. Doi: 10.1007/s00382-016-3019-5.