



MEMBER OF
BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

www.azti.es

Revista de
Investigación Marina
[27.1]

UHINAK 2020

Ficoba, Irun
Azaroak 4-5 • 4-5 Noviembre
4-5 Novembre • November 4-5

Klima Aldaketa eta Itsasertzari
buruzko Mugaz gaindiko IV. Bilt-
zarra. Laburpen zabalak

IV Congreso transfronterizo so-
bre Cambio Climático y Litoral.
Abstracts extendidos

IV Congrès transfrontalier sur le
Changement Climatique et Lito-
ral. Abstract étendue

IV Cross border conference on
climate and coastal change. Ex-
tended abstracts

Editor: Javier Franco

UHINAK 2020. Ficoba, Irun. Azaroak 4-5. 4-5 Noviembre. 4-5 Novembre. November 4-5. Klima Aldaketa eta Itsasertzari buruzko Mugaz gaindiko IV. Biltzarra. Laburpen zabalak. IV Congreso transfronterizo sobre Cambio Climático y Litoral. Abstracts extendidos. IV Congrès transfrontalier sur le Changement Climatique et Littoral. Abstract étendue. IV Cross border conference on climate and coastal change. Extended abstracts. Revista de Investigación Marina, AZTI, 27(1): 1-76

La serie '*Revista de Investigación Marina*', editada por la Unidad de Investigación Marina de AZTI, cuenta con el siguiente Comité Editorial:

Editor: Javier Franco

Adjuntos al Editor: Edorta Aranguena e Irantzu Zubiaur

Comité Editorial: Haritz Arrizabalaga
Oihane C. Basurko
Ángel Borja
Guillem Chust
Almudena Fontán
Ibon Galparsoro
Arantza Murillas

La '*Revista de Investigación Marina*' de AZTI edita y publica investigaciones y datos originales resultado de la Unidad de Investigación Marina de AZTI. Las propuestas de publicación deben ser enviadas al siguiente correo electrónico jafranco@azti.es. Un comité de selección revisará las propuestas y sugerirá los cambios pertinentes antes de su aceptación definitiva.



Edición: 1.^a Octubre 2020

© AZTI

ISSN: 1988-818X

Unidad de Investigación Marina

Internet: www.azti.es

Edita: Unidad de Investigación Marina de AZTI

Herrera Kaia, Portualdea

20110 Pasaia

Foto portada: AZTI. Puerto de Elantxobe (Bizkaia) durante un temporal en febrero de 2014. © AZTI

© AZTI 2020. Distribución gratuita en formato PDF a través de la web: www.azti.es/RIM

UHINAK

Klima Aldaketari eta Itsasertzari buruzko mugaz gaindiko IV. Biltzarra

2020ko Azaroak 4 – 5

FICOPA, IRUN

Sarrera

Uhinak Ficobak eta AZTIk sustatutako arku Atlantikoko klima eta itsasertzeko aldaketari buruzko mugaz gaindiko biltzarra da. Lehen edizioa 2015. urtean egin zen. Kongresua bi urtez behin egiten da, 2016. urtetik, eta klima-alduketak eta muturreko fenomenoek itsasertzari nola eragiten dioten aztertzen du. Kudeatzaileen beharrak ezagutzea eta horiek konpontzeko mundu zientifikoak zer ekarpen egin dezakeen ikustea du ardatz. Horretarako, Uhinak sare bat ezarri eta indartu nahi du itsasoaren eta kostaldearen adituen, kudeatzaileen eta erabiltzaileen artean, muturreko klimaren ondorioak arintzeko irtenbideak bilatzen laguntzeko. Bere gai nagusiari eutsiz, Uhinak haziz joan da bere lurralde-eremuan, lehenik euskal kostaldea, gero Bizkaiko Golkoko itsasertz osoa eta orain arku atlantikoa hartzen dituelarik. 2018ko ediziotik, kongresuari buruzko zenbaki berezi bat argitaratu da AZTIk argitaratutako Revista de Investigación Marina (RIM) aldizkarian.

2018ko kongresuaren azken ediziotik, hiru mugarri nagusik egin dute aurrera klima-alduketak itsasoetan eta kostaldean izan dituen ondorioak ezagutzeko. Lehenik eta behin, Klima Aldaketari buruzko Adituen Gobernu arteko Taldearen txosten berezia argitaratu zen 2019an, “Ozeanoa eta kriofera klima aldukorrean” gaiari buruzkoa. Txosten horrek aurreko txostenetan kalkulaturakoa baino itsas mailaren igoera handiagoei eta ozeanoaren aurrekaririk gabeko baldintzetarako trantsizioari buruz ohartarazten du. Bigarrenik, nabarmentzekoa da itsas sedimentuetan metaturako karbonoari egiten ari zaion aitorpena: “karbono urdina”. Duela gutxi, kostako ekosistema batzuek karbono-hustubide handi gisa duten funtzioa kudeatzaileei eta politikariei jakinarazi zaie, klima-alduketak arintzeko “naturan oinarritutako konponbide” gisa, habitat horiek kontserbatu eta lehengoratu. Hirugarren mugarria tokikoa da, baina garrantzi handikoa. Urban Klima 2050 proiektuaren hasiera da. Ekintza klimatikoko LIFE proiektu integratua da, eta sei urtean Euskadiko 20 erakunde biltzen ditu. Proiektu horrek itsasoko eta kostaldeko klima-alduketaren behatoki bat jarri du martxan, eta klima-alduketara egokitzeko 40 ekintza egiten ari da lurralde osoan.

Hiru mugarri nagusi horiek izango dira azaroaren 4an eta 5ean egingo den Uhinak laugarren edizioako ponentzia gehien testuingurua. Gonbidaturako adituen 11 mintegi izango ditugu, eta 40 komunikazio baino gehiago. Mintegi horiek lau multzotan egituratuta egongo dira, 2050ean gure itsasertzeko klima-larrialdiak izango dituen erronkak, muturreko itsasertzeko fenomenoetara egokitzeko neurriak, klima alduketaren arintzean karbono urdinak duen eginkizuna, eta gobernantza globala kudeaketa-tresna gisa.

Guillem Chust Peters
Julien Mader
Adolfo Uriarte
AZTI

UHINAK

IV Congreso transfronterizo sobre Cambio Climático y Litoral

4 – 5 Noviembre 2020

FICOPA, IRUN

Introducción

Uhinak es un congreso transfronterizo de cambio climático y litoral del arco atlántico promovido por Ficoba y AZTI, cuya primera edición se celebró en 2015. El congreso es bienal desde la edición de 2016 y gira en torno a cómo afecta el cambio climático y los fenómenos extremos al litoral, centrándose en conocer las necesidades de los gestores y ver qué puede aportar el mundo científico para solucionarlas. Para ello, Uhinak pretende establecer y reforzar una red entre expertos, gestores y usuarios del mar y de la costa que facilite la búsqueda de soluciones para la mitigación de los efectos del clima extremo. Manteniendo su tema central, Uhinak ha ido creciendo en su ámbito territorial, primero centrado en la costa vasca, para después abarcar todo el litoral del Golfo de Bizkaia y ahora el arco atlántico. Desde la edición de 2018, se publica un número especial dedicado al congreso en la Revista de Investigación Marina (RIM), editada por AZTI.

Desde la última edición del congreso en 2018, tres grandes hitos han marcado el avance del conocimiento de los efectos del cambio climático en los mares y costas. En primer lugar, la publicación del informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático en 2019 sobre “El océano y la criosfera en un clima cambiante”. Este informe alerta sobre escenarios de ascenso global del nivel del mar superior al estimado en anteriores informes y una transición del océano a condiciones sin precedentes. En segundo lugar, es destacable el mayor reconocimiento que se está dando al carbono almacenado en los sedimentos marinos, el llamado “carbono azul”. Recientemente, el conocimiento de la función de ciertos ecosistemas costeros como grandes sumideros de carbono se ha trasladado a gestores y políticos a modo de “soluciones basadas en la naturaleza” para la mitigación del cambio climático, mediante la conservación y restauración de estos hábitats. El tercero de los hitos es local, pero de gran transcendencia. Se trata del inicio de Urban Klima 2050, un proyecto LIFE Integrado de acción climática que aglutina a 20 entidades de Euskadi a lo largo de 6 años. Este proyecto está poniendo en marcha un observatorio de cambio climático del medio marino y costero y está llevando a cabo 40 acciones para la adaptación al cambio climático en todo el territorio.

Estos tres grandes hitos son el contexto sobre el cual versarán gran parte de las ponencias de la cuarta edición de Uhinak, que tendrá lugar el 4 y 5 de noviembre. Contaremos con 11 seminarios de expertos invitados y más de 40 comunicaciones, estructurados en cuatro bloques que cubren los retos de la emergencia climática para nuestro litoral en 2050, las medidas de adaptación a los fenómenos costeros extremos, el papel del carbono azul en la mitigación del cambio climático, y la gobernanza global como herramienta de gestión.

Guillem Chust Peters

Julien Mader

Adolfo Uriarte

AZTI

Uhinak

IV Congrès transfrontalier sur le Changement Climatique et Littoral

4 – 5 Novembre 2020

FICOPA, IRUN

Introduction

Uhinak est un congrès transfrontalier sur le changement climatique et littoral de l'Arc Atlantique promu par Ficoba et AZTI, dont la première édition s'est tenue en 2015. Le congrès se tient tous les deux ans depuis l'édition de 2016 et se concentre sur la manière dont le changement climatique et les phénomènes extrêmes affectent le littoral, en s'attachant à comprendre les besoins des gestionnaires et à voir dans quelle mesure le monde scientifique peut contribuer à les résoudre. À cette fin, Uhinak vise à établir et à renforcer un réseau entre les experts, les gestionnaires et les usagers de la mer et de la côte afin de faciliter la recherche de solutions pour atténuer les effets des conditions climatiques extrêmes. Tout en conservant son thème central, Uhinak a vu son champ d'action territorial s'élargir, d'abord centré sur la côte basque, pour couvrir ensuite toute la côte du Golfe de Gascogne et maintenant l'Arc Atlantique. Depuis l'édition de 2018, un numéro spécial consacré au congrès est publié dans le Journal of Recherche Marine (Revista de Investigación Marina, RIM), édité par AZTI.

Depuis la dernière édition du congrès en 2018, trois étapes majeures ont marqué l'avancée des connaissances sur les effets du changement climatique sur les mers et les côtes. Tout d'abord, la publication du rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat en 2019 sur «les océans et la cryosphère dans un monde dont le climat change». Ce rapport met en garde contre des scénarios d'élévation globale du niveau de la mer au-delà de ce qui avait été estimé dans les rapports précédents et une transition de l'océan vers des conditions sans précédent. Deuxièmement, il convient de noter la reconnaissance accrue du carbone stocké dans les sédiments marins, le «carbone bleu». Récemment, la connaissance du rôle de certains écosystèmes côtiers en tant que grands puits de carbone a été transférée aux gestionnaires et aux hommes politiques en tant que «solutions naturelles» pour l'atténuation du changement climatique, par la conservation et la restauration de ces habitats. La troisième étape est locale, mais d'une grande importance. C'est le début d'Urban Klima 2050, un projet LIFE intégré pour l'action climatique qui rassemblera 20 entités du Pays Basque pendant 6 ans. Ce projet met en place un observatoire du changement climatique pour le milieu marin et côtier et mène 40 actions d'adaptation au changement climatique sur l'ensemble du territoire.

Ces trois grandes étapes constituent le contexte sur lequel s'appuiera une grande partie des conférences de la quatrième édition d'Uhinak, qui aura lieu les 4 et 5 novembre. Il y aura 11 séminaires d'experts invités et plus de 40 communications, structurées en quatre blocs, qui porteront sur les défis de l'urgence climatique pour notre littoral en 2050, les mesures d'adaptation aux événements côtiers extrêmes, le rôle du carbone bleu dans l'atténuation du changement climatique et la gouvernance globale en tant qu'outil de gestion.

Guillem Chust Peters
Julien Mader
Adolfo Uriarte
AZTI

UHINAK

IV Cross border conference on climate and coastal change

4 – 5 November 2020

FICOPA, IRUN

Introduction

Uhinak is a cross-border climate change and Atlantic coastal symposium promoted by Ficoba and AZTI, and its first edition was held in 2015. Since the 2016 edition, the conference is biennial and addresses how climate change and extreme phenomena impact the coast. It focuses in understanding the needs of stakeholders and decision makers and putting forward solutions with the contribution of the scientific world. To this end, Uhinak aims to establish and strengthen a network between experts, managers and users of the sea and the coast that facilitates the search for solutions for mitigating the effects of extreme climate. Maintaining its central theme, Uhinak has been growing in its territorial area, first centred on the Basque coast, and then encompassing the entire coast of the Bay of Biscay and now the Atlantic arc. Since the 2018 edition, a special issue dedicated to the congress has been published in the Journal of Marine Research (RIM), edited by AZTI.

Since the last edition of the symposium in 2018, three major milestones have marked the advancement of knowledge of the effects of climate change on the seas and coasts. First, the publication of the special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change in 2019 on “The Ocean and the Cryosphere in a Changing Climate”. This report warns about scenarios of global sea level rise higher than estimated in previous reports and a transition to unprecedented ocean conditions. Secondly, the greatest recognition given to the carbon stored in marine sediments, the so-called “blue carbon”. Recently, knowledge of the role of certain coastal ecosystems as large carbon sinks has been transferred to managers and politicians as “nature-based solutions” for climate change mitigation, through the conservation and restoration of these habitats. The third of the milestones is local, but of great importance. It is the beginning of Urban Klima 2050, an Integrated LIFE climate action project that brings together 20 entities from the Basque Country over the next 6 years. This project is launching a marine and coastal climate change observatory and is implementing 40 measures to adapt to climate change throughout the territory.

These three milestones are the context on which most of the presentations of Uhinak in its fourth edition will be discussed on the 4th and 5th of November. We will have 11 invited expert seminars and more than 40 communications, structured in four sessions covering the challenges of the climate emergency of the Atlantic coastline by 2050, adaptation measures to extreme coastal events, the role of blue carbon in climate change mitigation, and global governance as a management tool.

Guillem Chust Peters
Julien Mader
Adolfo Uriarte
AZTI

Batzar teknikoa / Comité técnico / Comité technique / Technical committee

FICOBA

Guillem Chust – AZTI

Adolfo Uriarte – AZTI

Julien Mader - AZTI

Paul Liceaga – ADEGI

Rafael Sardá - CEAB CSIC

Malake Muñoz – IHOBE

Carlos Castillo - IHOBE

Beatriz Marticorena - Gipuzkoako Foru Aldundia

Eva Moral - Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos del País Vasco

Néstor Urrutxua - Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos del País Vasco

Elisa Sainz de Murieta - Basque Centre for
Climate change

Christine Clus-Auby - EUCC Centre Atlantique

Manu González de Baragaña - Cristina Enea
Fundaioza

Caroline Sarrade - Communauté d'Agglomération
Pays Basque

Nicanor Prendes Rubiera - Oficina española de
cambio climático

Xabier Esteban – Naturklima

José María Grassa – CEDEX

Alex Maraño - Eurorregión Nueva Aquitania –
Euskadi – Navarra

Antolaketa batzarra / Comité organizador / Comité organisateur / Organizing committee

Irantzu Zubiaur – AZTI

Meritxel González - AZTI

Lorena Zabaleta – FICOBA

Silvia Turné – FICOBA

Maialen Gaztañaga – FICOBA

Mónica Alday – FICOBA

Antolatzaileak / Organizadores / Organisateurs / Organizers

FICOBA

AZTI

Babesleak / Patrocinadores / Sponsors

Departamento de Medio ambiente y Obras hidráulicas
de la Diputación Foral de Gipuzkoa

Departamento de Desarrollo económico,
Sostenibilidad y Medio ambiente del Gobierno
Vasco mediante su sociedad pública Ihobe

Région Nouvelle Aquitaine

Communauté d'Agglomération Pays Basque

Laguntzaileak / Colaboradores / Collaborateurs / Partners

International Association for Hydro-Environment
Engineering and Research (IAHR)

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
del País Vasco

Aurkibidea - Índice - Index - Index

1. MULTZOA – Larrialdi klimatikoa: gure itsasertza 2050ean

BLOQUE I – Emergencia climática: nuestro litoral en 2050

BLOC I - Urgence climatique: notre littoral en 2050

TRACK I - Climate emergency: our coast in 2050 9

de Santiago, I., Liria, P., Epelde, I., Chust, G., Gonzalez, M.

Efectos del cambio climático en el entorno de las playas del municipio de Donostia/San Sebastián 10

Fontán, A., Chust, G., Borja, Á., Chifflet, M., Cotano, U., Esnaola, G., Ferrer, L., Franco, J., Goikoetxea, N., González, M., Larreta, J., Lejonagoitia, L., Revilla, M., Rodríguez, J. G., Sáenz, J., Sagarmina, Y., Valencia, V.

Has the biological productivity of the Cantabrian Sea shelf waters been enhanced by physical processes? 14

Orúe-Echevarría, D., Esteban, E.

Observatorio marino-costero de Gipuzkoa 18

Ametzaga-Arregi, I., Muñoz, O., Amaya, A., Onaindia, M., Fernández de Manuel, B., Méndez-Fernández, L., Viota, M., Peña, L.

Sand dune and saltmarsh resilience in the eye of Climate Change 21

Grima Agulló, A., Álvarez Mutiozabal, M., Maruri Machado, M. M.

Análisis del crecimiento económico entorno a la ría de Bilbao. Potencial y limitaciones 24

2. MULTZOA - Muturreko gertaerak eta egokitzeko neurriak

BLOQUE II - Eventos extremos y medidas de adaptación

BLOC II - Événements extrêmes et mesures d'adaptation

TRACK II - Extreme events and adaptation measures 28

Gutiérrez-Solana, D.

Bakio, un nuevo modelo para un pueblo vulnerable 29

Egaña, J., Gaztelumendi, S.

Caracterización océano-meteorológica de eventos adversos por riesgo marítimo-costero: impacto en costa en la CAV 32

Gaztelumendi, S.

Caracterización de daños por embate de mar en las costas de Bizkaia y Gipuzkoa 35

Álvarez Mutiozabal, M., Grima Agulló, A., Maruri Machado, M. M.

Estudio de los registros de los sistemas de observación océano-meteorológicos en situaciones de galerna 39

3. MULTZOA - Karbono urdina eta klima-aldaketa arintzea

BLOQUE III – El carbono azul y mitigación del cambio climático

BLOC III - Le carbone bleu et atténuation du changement climatique

TRACK III - Blue carbon and climate change mitigation 42

Arantzamendi, L., C. Basurko, O., Andrés, M., Zorita, I., Maher, J., Suárez, M. J., Pocheville, A., González, M. and Van der Schueren, L.

BIOGEARS: desarrollo de cuerdas con biomateriales biodegradables para la acuicultura de mejillones y algas para reducir la huella de carbono y generar economía circular 43

Lochin, P., Collin, A., James, D. Pastol, Y., Costa, S.

Blue carbon attenuation of future coastal risks related to extreme stream- and sea-water levels: the high-resolution 2D simulation as a management tool 47

4. MULTZOA - Gobernantza eta kudeaketa-tresnak

BLOQUE IV - Gobernanza y herramientas de gestión

BLOC IV - Gouvernance et outils de gestion

TRACK IV - Governance and management and decision-making tools 51

Alonso, M. M., Rezabal, S., Nuin, B., Garcia-Borreguero, N., Gómez, E., Arana, X., Azurmendi, I., Santos, R., Bóveda, I., Esteban, X., Chust, G., Sanz, E., Feliu, E., del Hierro, O., Hernantes, J., Albaina, A., Juaristi, A., González, M. A., Etxebarria, A., Rodríguez, B., Gutiérrez, D., Uribe, M.

LIFE IP Urban Klima 2050: Despliegue de la planificación estratégica de Euskadi en materia de cambio climático en el ámbito urbano 52

Hernández-Salinas, A., Viota, M., Onaindia, M., Purwanto, Y., Tasirin, J. S., Saroinsong, F. B.

Cooperación científica para la cocreación de conocimiento: impulsando la experiencia en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia) sobre Infraestructuras Verdes y Azules (IVA) a través de la participación de la juventud en la propuesta Reserva de la Biosfera costera Bunaken-Tangkoko-Minahasa (Sulawesi Norte, Indonesia) 55

Villain, M.

El ecologismo oceánico: del golfo de Vizcaya al Mar Patagónico 59

Gaztelumendi, S., Egaña, J., Gelpi, I., Aranda, J. A.

Los avisos/alertas/alarmas por riesgo marítimo-costero en la CAV 62

Castro Uranga, R.

Txingudi: ilustrando el pasado y el presente de esta bahía 66

Peña, L., Onaindia, M., Muñoz, O., Amaya, A., Fernández de Manuel, B., Ametzaga-Arregi, I.

Soluciones basadas en la naturaleza frente al cambio climático: restauración de dunas y marismas 69

Maruri Machado, M. M., Sotés Cedrón, I., Sánchez-Beaskoetxea Gómez, F. J., Basterrechea Iribar, I.

Interacción de los usuarios en las playas vascas en la época estival 73

1. MULTZOA – Larrialdi klimatikoa: gure itsasertza 2050ean

BLOQUE I – Emergencia climática: nuestro litoral en 2050

BLOC I - Urgence climatique: notre littoral en 2050

TRACK I - Climate emergency: our coast in 2050

Efectos del cambio climático en el entorno de las playas del municipio de Donostia/San Sebastián

de Santiago, Iñaki¹, Liria, Pedro¹, Epelde, Irati¹, Chust, Guillem¹, Gonzalez, Manuel¹

Palabras clave: cambio climático, inundación costera, erosión de playas, modelo numérico

Introducción

Los efectos derivados del cambio climático pueden dar lugar a un aumento de la erosión de los arenales e intensificar los eventos de inundación costera, generando un impacto negativo en términos socioeconómicos y biológicos. Las localidades costeras más pobladas y expuestas a la acción del oleaje son especialmente sensibles a los cambios producidos por el cambio climático. Es por tanto que la localidad de Donostia/San Sebastián se considera de especial vulnerabilidad dentro de la comunidad del País Vasco.

El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto del cambio climático (ascenso del nivel del mar) en las playas del municipio de Donostia/San Sebastián cuantificando los efectos de inundación, la variación en las características del rebase y los cambios en altura de ola a pie de las estructuras del entorno urbano de las playas, teniendo en cuenta además los efectos del aumento del nivel del mar sobre el perfil de playa (cotas de la arena y posición de la línea de costa).

Zona de estudio

La zona de estudio (Figura 1) engloba tres playas del municipio de Donostia/San Sebastián; Ondarreta (Figura 1a), La Concha (Figura 1b) y La Zurriola (Figura 1c).

Las playas de Ondarreta y La Concha se encuentran dentro de la bahía de la Concha en el extremo oeste de la ciudad y forman parte de un mismo sistema sedimentario. La zona occidental de la bahía se encuentra ocupada por la playa de Ondarreta mientras que la parte oriental está ocupada por la playa de La Concha. El tamaño de grano medio en estas playas es de 0,28 mm clasificado como arena media. La playa de La Zurriola se encuentra en el extremo este de la ciudad. Se trata de una playa encajada cuyos extremos están delimitados por un rompeolas (que la separa del río Urumea) al oeste y por el monte Ulia al este. La configuración actual de esta playa, aunque existía anteriormente, es el resultado de las obras de ampliación realizadas a mediados de los años 90. Presenta un tamaño de grano medio de 0,42 mm clasificado como arena media.

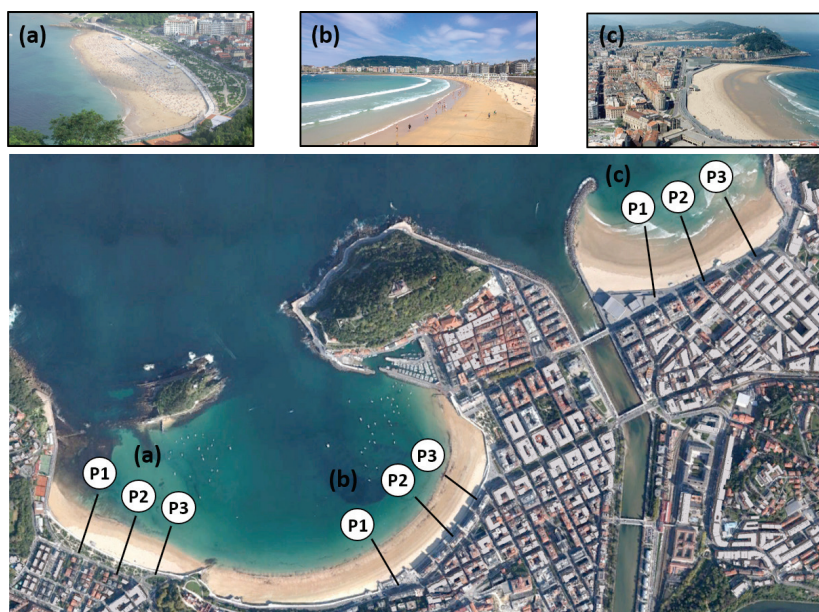


Figura 1. Playas del municipio de Donostia/San Sebastián y perfiles de estudio. (a) Ondarreta, (b) La Concha y (c) La Zurriola

¹ AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA); Herrera Kaia. Portualdea z/g; 20110 Pasaia (Gipuzkoa) Spain

* Email: idsantiago@azti.es

Materiales y métodos

Las variables hidrodinámicas utilizadas para llevar a cabo el presente trabajo son; el nivel (marea meteorológica y astronómica), el oleaje y proyecciones del nivel medio del mar. Como fuente de datos de medidas de nivel de marea astronómica y meteorológica se dispone de los datos cinco-minutarios del mareógrafo 3110 de Puertos del Estado situado en el Puerto de Bilbao. El oleaje de profundidades intermedias proviene de datos de reanálisis DOW (generado por el Instituto de Hidráulica ambiental), los cuales ofrecen una cobertura temporal de 1948 a 2015 y tienen una cadencia de 1 hora. La propagación de profundidades intermedias a pie de playa se realizó mediante el modelo numérico de propagación de oleaje 'SWAN' (Booij *et al.*, 1997). Los escenarios de aumento del nivel del mar utilizados corresponden al escenario RCP 4.5 y RCP 8.5 definidos por el IPCC (Pachauri *et al.*, 2014), los cuales presentan un aumento del nivel del mar regional de 0.3-0.7 m y 0.4-1.0 m para el año 2100 (Slangen *et al.*, 2014), respectivamente.

Teniendo en cuenta los resultados descritos en de Santiago *et al.* (in press.) donde se estiman los cambios producidos por el efecto del aumento del nivel del mar en las playas para el año horizonte 2100, se tomaron tres perfiles representativos en cada playa y se obtuvieron sus características morfológicas en 6 escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5 banda inferior, media y superior) tanto para condiciones medias (posición de línea de costa correspondiente a percentil 50%) como para un estado de recesión (posición de línea de costa correspondiente a percentil 1%). Cabe destacar que en todos los casos el perfil de playa presenta un muro vertical en el trasdós de la playa, coronado por un paseo marítimo en su parte superior.

Finalmente, se seleccionaron los 10 eventos con mayor cota de inundación (calculados mediante Stockdon *et al.*, 2006) representativos de la Costa Vasca. Dichos eventos, presentan rangos de altura de ola a pie de playa que varían entre 4,6 m y 6,7 m con periodos de pico asociados comprendidos entre 21.2 s y 17.6 s. Todos los eventos coinciden con una pleamar, asociada a ciclos de mareas vivas y, presentan además una contribución positiva de la marea meteorológica del orden de 0,3 m o superior. Cada evento fue posteriormente simulado en detalle, mediante el modelo XBeach (Roelvink *et al.*, 2009), en cada uno de los perfiles, en las distintas condiciones de configuración de línea de costa (posición media y posición de retroceso invernal) y cota de la berma, tanto para el nivel medio del mar actual como para el año 2100, asociados a los distintos escenarios de ascenso del IPCC. La combinación de eventos extremos, proyecciones de nivel medio y perfiles de playa hacen un total de 1260 escenarios analizados.

Resultados y discusión

Las variaciones en la cota de inundación (Ru2%) debido al aumento del nivel del mar para los perfiles de playa medios y en recesión muestran un aumento de la cota de inundación para la práctica totalidad de los eventos simulados. El aumento de la cota de inundación no se corresponde de manera lineal con el aumento de la subida del nivel del mar. Como resultado promedio, el aumento de la cota de inundación es del orden de un 55% de la magnitud del aumento del nivel del mar. Este hecho hace que en términos absolutos el aumento de la cota de inundación para el año 2100 se incremente en torno al 1,2%-4,9% (1,2%-4,5%) para los perfiles medios (en recesión) en la playa de Ondarreta; 2,6%-6,9% (0,5%-5%) para los perfiles medios (en recesión) en la playa de La Concha y; 1,8%-7%(0,7%-3,8%) para los perfiles medios (en recesión) en la playa de La Zurriola.

Los cambios en el régimen de rebase (número de rebases actual y futuro a diferentes elevaciones sobre la cota de coronación de las estructuras de protección) se ha estimado para cada perfil de playa (perfil medio y perfil en recesión), tanto en la actualidad como en los 6 escenarios de cambio climático. El número de eventos que rebasan las estructuras de protección, tanto sobre perfiles medios como en recesión, aumentan en todos los escenarios simulados de cambio climático. El número de rebases aumenta en un rango de 2 a 100 veces el valor actual en perfiles medios y 2 a 40 veces en perfiles en recesión. En ambos casos, la tasa de aumento de eventos de rebase es mayor cuanto mayor es cota alcanzada por el rebase. Sin embargo, en ninguno de los escenarios simulados, tanto para perfiles medios como de erosión, existe un aumento de eventos de rebase a partir de elevaciones superiores a 1,5 m sobre la cota de coronación de las estructuras de protección en la playa de La Concha y de 2 m en la playa de La Zurriola, al contrario que en la playa de Ondarreta donde el aumento de rebases se da a todos los niveles. Además, se observan nuevos casos de rebase en escenarios futuros que en la actualidad tienen una ocurrencia nula.

En la playa de Ondarreta no se aprecian efectos significativos en los eventos de rebase provocados por el estado del perfil (medio o de erosión), ya que la relación entre el número de rebases sobre un perfil medio son de 1:1 con respecto a los eventos de rebase sobre un perfil en recesión. Por el contrario, los eventos de rebase disminuyen en los perfiles 1 y 2 (bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5 banda media y superior) en la playa de La Concha y en los perfiles 1,2 y 3 (bajo el escenario RCP 8.5 banda superior) en la playa de La Zurriola. Este proceso puede estar asociado a un cambio de régimen en el proceso de rebase de las estructuras. En aquellos casos donde la cota a pie de muro se encuentra por encima del nivel de la pleamar, el proceso de rebase se ajusta al de propagación, colisión y desbordamiento sobre la coronación, asociado a la propagación de procesos de infragravedad (swash de infragravedad).

La variación de la altura de ola es un factor relevante en términos de adaptación al cambio climático. Se trata de un

parámetro principal de diseño e influye de forma directa en la magnitud de los esfuerzos de impacto por oleaje ejercidos sobre las estructuras perimetrales de las playas y por tanto en el potencial de daño. Los cambios en el régimen de alturas de ola sobre perfiles medios para el año horizonte 2100, no varían de manera significativa (-7% -16%) en las playas de Ondarreta y La Zurriola cualquiera que sea el escenario climático. Sin embargo, estos se acentúan en la playa de La Concha donde se da un incremento medio de altura de ola de 21% (perfil 1) -18% (perfil 2). Los cambios en el régimen de alturas de ola de perfiles en recesión presentan tasas de cambio mayores en los perfiles 1 y 2 y perfiles 1, 2 y 3 de la playa de La Concha y la Zurriola, con tasas medias de 65% y 111% respectivamente. Los cambios de altura de ola en la playa de Ondarreta registran valores de menor magnitud (-4% - 9%) al igual que ocurre en el caso de perfiles medios.

A fin de conocer mejor el origen de dichos cambios se analizaron también las variaciones de altura de ola ($\Delta H = H_{\text{futuro}} - H_{\text{actual}}$) en función de los cambios en la profundidad de los distintos escenarios a pie de estructuras ($\Delta db = db_{\text{futuro}} - db_{\text{actual}}$) en combinación con la tasa de reducción de la anchura de la berma. Los resultados muestran que a medida que la anchura de la berma se reduce la altura de ola a pie de las estructuras tiende a aumentar, siendo este aumento más evidente cuando la berma se reduce en su totalidad (perfil 1 de la playa de La Zurriola) y disminuye la cota del perfil de playa a pie de estructura (perfil 1 y 2 de la playa de La Concha y perfiles 2 y 3 de la playa de La Zurriola). En la playa de Ondarreta, por el contrario, la reducción de la berma no es de una magnitud suficientemente como para tener un impacto significativo en los cambios de altura de ola, ya que incluso en los casos más extremos de erosión la anchura de la berma se reduce en una extensión menor al 50% de la extensión en condiciones actuales.

Conclusiones

En el presente estudio se analiza el impacto del aumento del nivel del mar debido a cambio climático en las playas de Ondarreta, La Concha y La Zurriola en términos de variación de: (1) cota de inundación, (2) número de eventos de rebase y (3) altura de ola a pie de estructuras. Para ello se cruzan diez eventos con mayor potencial de inundación registradas en la Costa Vasca con seis escenarios de aumento de nivel del mar (RCP 4.5 y RCP 8.5 bandas inferior, media y superior) y dos configuraciones morfológicas del perfil de playa, haciendo un total de 1260 casos analizados.

El análisis de la variación de la cota de inundación a lo largo de las playas del municipio de Donostia/San Sebastián estima un aumento de la cota de inundación no lineal. La cota de inundación presenta un carácter variable en función de las características del clima marino, la magnitud del aumento del nivel del mar, la morfología del perfil y estructuras de protección. Se prevé como valor promedio una cota de inundación un 45% menor al aumento del nivel del mar.

En los casos con un perfil de playa medio (erosión), el número de rebases aumenta en un rango de 2 a 30 (2-39) veces

el número de rebases actuales. Tanto en estados morfológicos medios como en estados de recesión, la tasa de aumento se ve incrementada cuanto mayor es la magnitud del rebase sobre la cota de coronación, aumentando así la recurrencia de eventos excepcionales.

En el año horizonte 2100 se esperan eventos de rebase mayores a 1,5m y 2m (clasificados como riesgo extremo) sobre la cota de coronación en el perfil 1 y 3 de la playa de Ondarreta que en la actualidad son inexistentes. En la playa de La Concha se esperan nuevos eventos de rebase mayores a 1 m y 1,5m sobre la cota de coronación en el perfil 1 y 2. Finalmente, En el año horizonte 2100 se esperan eventos de rebase mayores a 1,5m y 2m sobre la cota de coronación en el perfil 1,2,3 de la playa de La Zurriola que en la actualidad son inexistentes.

El estado morfológico del perfil (medio o de erosión) de playa no tiene efectos significativos en la playa de Ondarreta. Sin embargo, en estados de erosión los eventos de rebase disminuyen en los perfiles 1 y 2 (bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5 banda media y superior) en la playa de La Concha y en los perfiles 1,2 y 3 (bajo el escenario RCP 8.5 banda superior) en la playa de La Zurriola que puede estar asociado a un cambio de régimen en el proceso de rebase de las estructuras.

Los cambios en el régimen de alturas de ola de perfiles en recesión presentan tasas de cambio mayores (aumento máximo de altura de ola de 111%) a los registrados en los perfiles medios. Los cambios más significativos se registran en la playa de La Concha y La Zurriola. El origen de dichos cambios se encuentra en la magnitud de la erosión del perfil y el aumento consiguiente de la profundidad de a pie de muro.

El proceso de adaptación al cambio climático en el municipio de Donostia/San Sebastián se encuentra en su fase inicial. Hasta ahora se han analizado los impactos a nivel de erosión de playas, eventos de rebase sobre estructuras de protección y cambios en altura de ola a pie de muro tratando así de identificar los impactos principales y las zonas vulnerables de las playas del municipio. Sin embargo, fases previas como la generación de información, necesaria para la calibración y validación de escenarios futuros y seguimiento de medidas de adaptación, se encuentran aún en una fase inicial. Por tanto, las acciones futuras deberán ser dirigidas hacia una estrategia que cubra las necesidades actuales y permitan de una manera natural y metódica la definición de estrategias específicas de adaptación al cambio climático.

Referencias

- Booij, N., Holthuijsen, L. and Ris, R., 1997. The "swan" wave model for shallow water, Coastal engineering 1996, pp. 668-676.
- Pachauri, R.K. et al., 2014. Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups i, ii and iii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Ipcc.
- Roelvink, D. et al., 2009. Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. Coastal Engineering, 56(11-12): 1133-1152.
- de Santiago, I., Camus, P., Gonzalez, M., Liria, P., Epelde, I.,

- Chust, G., del Campo, A., Uriarte, A., (in press.). Impact of climate change on beach erosion in the Basque Coast (NE Spain). *Coastal Engineering*.xx-xx.
- Slangen, A., M. Carson, C. Katsman, R. Van de Wal, A. Köhl, L. Vermeersen, and D. Stammer, Projecting twenty-first century regional sea-level changes. *Climatic Change*, 2014. 124(1-2): p. 317-332.
- Stockdon, H.F., Holman, R.A., Howd, P.A. and Sallenger Jr, A.H., 2006. Empirical parameterization of setup, swash, and runup. *Coastal Engineering*, 53(7): 573-588.

Reconocimientos

Este estudio ha sido financiado con el apoyo del Ayuntamiento de Donostia/San Sebastián. This study has been supported by the Urban Klima 2050 – LIFE 18 IPC 000001 project which has been received funding from European Union's from the LIFE programme

Has the biological productivity of the Cantabrian Sea shelf waters been enhanced by physical processes?

Fontán, Almudena¹, Chust, Guillem¹, Borja, Ángel¹, Chifflet, Marina¹, Cotano, Unai¹, Esnaola, Ganix², Ferrer, Luis¹, Franco, Javier¹, Goikoetxea, Nerea¹, González, Manuel¹, Larreta, Joana¹, Lejona, Lidia³, Revilla, Marta¹, Rodríguez, J. Germán¹, Sáenz, Jon⁴, Sagarmina, Yolanda¹ and Valencia, Víctor¹

Keywords: winter mixing, riverine inputs, coastal upwelling, primary production

Introduction

Although the continental shelves (< 200 m depth) occupy only 7.6% of the global ocean surface area, compared to the open ocean, they provide the society with a wide range of ecosystem services. Continental shelf is an important interface between the land and the ocean, playing an important role in carbon cycling and Earth's climate, and accounting for between 10 and 30% of the ocean primary production (Sharples, 2019). The main sources of nutrients required to sustain the high productivity of the continental shelves come from deep ocean and riverine inputs, being the oceanic supply the most important source of nutrients (Liu et al., 2010; Sharples, 2019). The deep oceanic input is driven by physical processes such as deep mixing and coastal upwelling, among others.

In this study, the region under investigation is the Cantabrian Sea continental shelf (northern Spain), located in the southern Bay of Biscay, in the intergyre region of the eastern North Atlantic. It is very narrow, with a mean width of 30 to 40 km. This can be compared with the neighbouring Aquitaine shelf, which has a width varying from 50 to 150 km. The rivers flowing into the Cantabrian Sea are small, short and torrential, with a pluvial oceanic regime. In the southeastern (SE) Bay of Biscay, the Adour river, with pluvio-nival regimes, is the most important sources of continental water into the shelf (Valencia et al., 2004), with annual runoff of about 350 m³ s⁻¹ relative to total discharges of ~140 m³ s⁻¹ of the smaller Basque rivers.

In the southern Bay of Biscay, the main sources of nutrients to the coast are the rivers and the deep ocean through winter mixing, coastal upwelling and advection of nutrient-rich subpolar origin Eastern North Atlantic Central Waters (ENACW_p) (Valencia and Franco, 2004, Bode et al., 2019).

Somavilla et al. (2009) detected nutrient enrichment and subsequent increase of the spring bloom after the extreme events of mixing occurred in winters 2005 and 2006, based on measurements off Santander. González-Gil et al. (2018) also concluded that the deeper mixing caused higher nutrient and chlorophyll concentrations during the spring bloom at a station off Cudillero. More recently, Bode et al. (2019) detected an increase of chlorophyll concentration and primary production for the period 2007-2016 based on data off A Coruña. They concluded that the effect of different sources of nutrients (i.e., upwelling, river discharges and the advection of nutrient-rich ENACW_p) should be considered as drivers of productivity on the continental shelf off A Coruña.

In this context, the objective of this study is to determine if physical processes have contributed to nutrient enrichment and, therefore, have increased the productivity in the southern the Bay of Biscay since the beginning of the current Century (2000-2019). To this end, winter mixing, coastal upwelling and riverine inputs will be addressed as physical processes enhancing the productivity of the continental shelf waters. In this investigation, the contribution of the ENACW_p to nutrient enrichment will not be considered due to the lack of deep biogeochemical measurements.

Materials and methods

The hydrographic data belong to the long-term monitoring program "VARIACIONES" (Valencia et al., 2004), which has occupied the D section (D0-D1-D2-D3 stations, in front of Pasaia, Basque Country) nearly monthly since 1986. As a result of this monitoring program, more than three decades (1986-2019) of hydrographic measurements of upper ocean temperature, salinity, chlorophyll-a concentration (a proxy for phytoplankton biomass) and other variables have been collected. In addition, high-frequency hydrographic data collected since 2007 by the Donostia offshore buoy have been also used. The Donostia buoy (Basque Meteorological Agency, EUSKALMET) provides hourly temperature and salinity measurements at discrete depths of 10, 20, 30, 50, 75, 100 and 200 m. The Winter Mixed Layer Depth (WMLD) was obtained based on these hydrographic measurements and complementary hydrographic surveys as a proxy for the winter mixing. In this study, the WMLD is defined as the deepest homogeneous layer observed in winter (January to March).

¹ AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), 20110 Pasaia, Spain

² University of the Basque Country (UPV/EHU), Nuclear Engineering and Fluid Mechanics Dept., 20018 Donostia, Spain

³ University of Copenhagen (KU), Faculty of Science, 1870 Frederiksberg C, Denmark

⁴ University of the Basque Country (UPV/EHU), Dept. Applied Physics II, 48940 Leioa, Spain

E-mail contact: afontan@azti.es

Upwelling strength was obtained from the Ekman transport derived from ERA5 turbulent wind stress components with a horizontal resolution of 0.25° . ERA5 is the fifth generation ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) atmospheric reanalysis, comprising the period from 1979 to present (Hersbach et al., 2020).

The riverine inputs were analysed through daily river discharges of the Adour river acquired from the HYDRO database (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>). River discharges from the main Basque rivers were obtained from the Gipuzkoa and Bizkaia Provincial Councils. Additional data from rivers covering the northern Iberian Peninsula were obtained from Centre of Hydrographic Studies (CEDEX).

These data have been complemented with nutrients at sea surface monitored by the Basque Water Agency since 1995 (Borja et al., 2016). Additionally, monthly surface chlorophyll-a concentration data were obtained from ESA Ocean Colour Climate Change Initiative (OC-CCI) version 5. The OC-CCI database starts in September 1997 and merges data various sensors (SeaWiFS, MODIS-Aqua and MERIS). In this contribution, data corresponding to the southern Bay of Biscay ($43\text{--}46^\circ\text{N}$ and $1\text{--}8^\circ\text{W}$) have been used.

Results and discussion

The WMLD estimations at the SE Bay of Biscay for the period 1986–2019 (Figure 1. Temporal evolution of the Winter Mixed Layer Depth (WMLD) at the SE Bay of Biscay between 1986 and 2019 (updated from [Valencia et al., 2019]).1) are in agreement with those obtained at a station off Santander (not shown). At the SE Bay of Biscay, the WML has deepened at a rate of 21 m per decade since 1986. Somavilla et al. (2009) described the extreme events of winters 2005 and 2006 (Figure 1. Temporal evolution of the Winter Mixed Layer Depth (WMLD) at the SE Bay of Biscay between 1986 and 2019 (updated from [Valencia et al., 2019]).1), which were due to convective mixing caused by cold and dry winters. These events were followed by an extreme deep mixing in 2009 originated by cyclone Klaus, a deep WML in 2010 which was pre-conditioned by the previous winter, increased mixing in winter 2016 caused by strong downwelling and deep WML in

2018 induced again by convective mixing. It is well known that the deepening of the WML increases the injection of nutrients to the photic layer for the upcoming spring bloom. This finding is in agreement with the results of Valencia et al. (2019) based on the same observations but for the period 1986–2017, with the study of Somavilla et al. (2009) at a transect off Santander and with the research of González-Gil et al. (2018) based on measurements off Cudillero for the period 1993–2012.

In addition to the winter mixing, the riverine inputs can be also considered as an important physical process enhancing the biological productivity. In Figure 2. Normalised cumulative anomalies of river discharges for the Adour, Urumea, Oiartzun and Oria river systems,2, the evolution of cumulative anomalies of the discharges for some rivers are shown. In general, the anomalies tend to be negative relative to the reference period (1986–2019) since the beginning of this Century for all river systems until roughly 2013, from which the anomalies switch to positive with the exception of 2017 year which was very dry. This increase of river discharges above the long-term average can be considered as an additional source of nutrients to the continental shelf in the recent years.

The response of phytoplankton to the intensification of the above-mentioned physical processes has been addressed in Figure 3. Normalised cumulative anomalies of maximum and photic layer chlorophyll-a concentration at station D2 (SE Bay of Biscay) between 1986 and 2019. Normalised cumulative anomalies of surface chlorophyll-a concentration for the southern Bay of Biscay between 1997 and 2009 are also presented.3. The maximum of chlorophyll-a concentration throughout the water column at a shelf station off Pasaia shows that the anomalies relative to the reference period tend to be positive since roughly 2005 with very few exceptions. The averaged chlorophyll-a concentration in the photic layer (0–50 m) shows a similar pattern over time. Moran et al. (2012) analysed the same series of chlorophyll-a, but for the period 1986–2010, and found a significant increasing trend. The same result was obtained when the period 1986–2015 was analysed (<https://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/time-series/es-30201/copepodite/index.html>). In the southern Bay of Biscay, the surface chlorophyll-a concentration also shows an increasing trend for the same period (Figure 3. Normalised cumulative

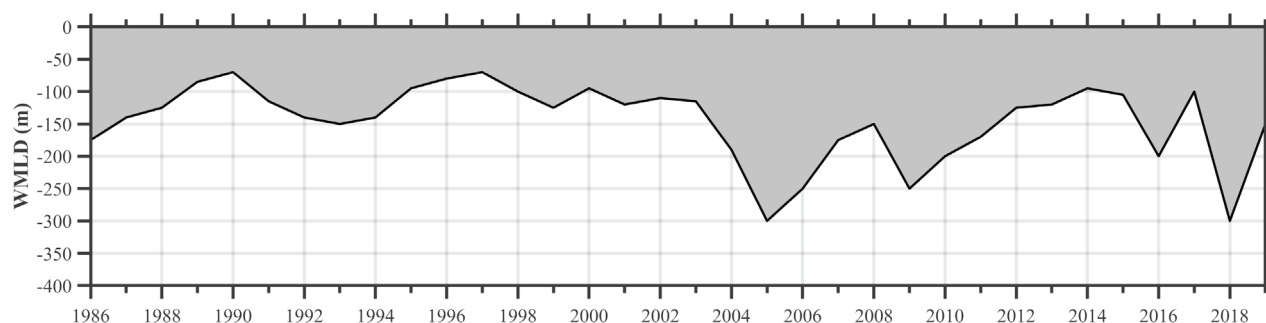


Figure 1. Temporal evolution of the Winter Mixed Layer Depth (WMLD) at the SE Bay of Biscay between 1986 and 2019 (updated from [Valencia et al., 2019]).

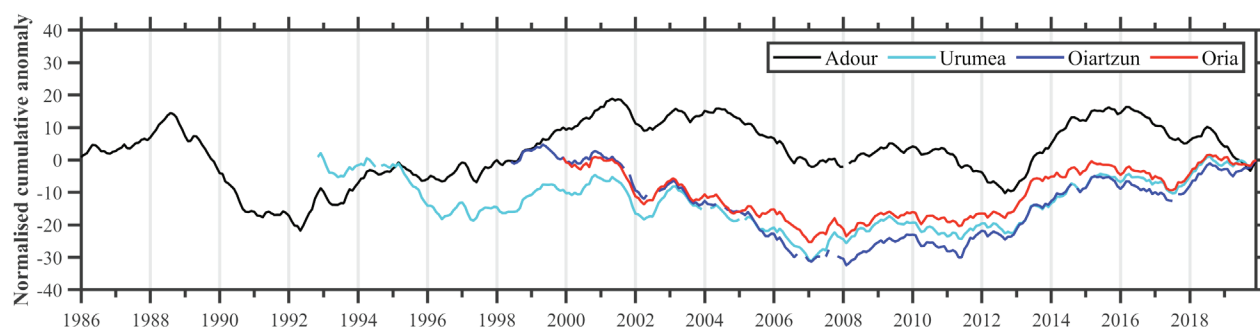


Figure 2. Normalised cumulative anomalies of river discharges for the Adour, Urumea, Oiartzun and Oria river systems.

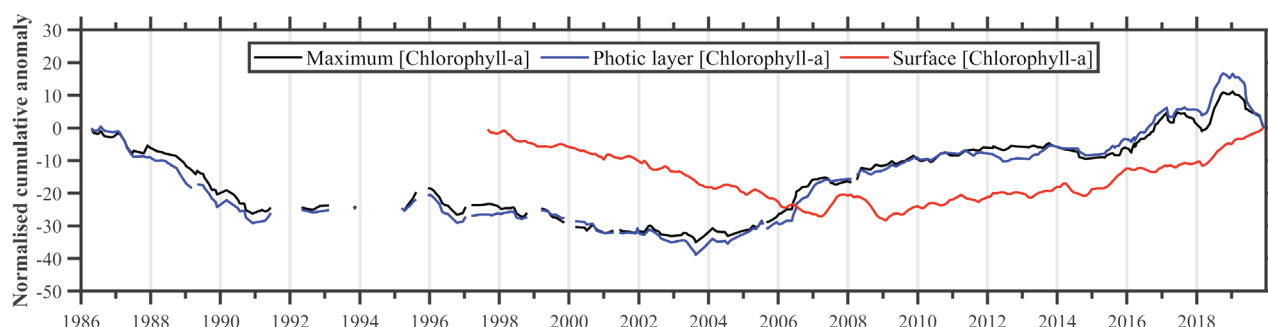


Figure 3. Normalised cumulative anomalies of maximum and photic layer chlorophyll-a concentration at station D2 (SE Bay of Biscay) between 1986 and 2019. Normalised cumulative anomalies of surface chlorophyll-a concentration for the southern Bay of Biscay between 1997 and 2009 are also presented.

anomalies of maximum and photic layer chlorophyll-a concentration at station D2 (SE Bay of Biscay) between 1986 and 2019. Normalised cumulative anomalies of surface chlorophyll-a concentration for the southern Bay of Biscay between 1997 and 2009 are also presented.3).

Conclusions

The main conclusions of the present investigation can be summarised as follows:

- The winter mixing has been intensified since the mid-2000s, reaching unprecedented depths in 2005, 2006, 2009, 2010, 2016 and 2018.
- The river discharges have also increased since 2013 in the SE Bay of Biscay.
- The combination of increased winter mixing and river discharges has led to an enhancement of chlorophyll-a concentration (a proxy for phytoplankton biomass) since the mid-2000s in the southern Bay of Biscay.
- Further research is required to complement these findings with a detailed analysis of coastal upwelling and additional biogeochemical variables in the southern Bay of Biscay.

References

- Bode, A., Álvarez, M., Ruiz-Villarreal, M. and Varela, M.M. 2019. Changes in phytoplankton production and upwelling intensity off A Coruña (NW Spain) for the last 28 years. *Ocean Dynamics* 69(7): 861-873.
- Borja, Á., Chust, G., Rodríguez, J.G., Bald, J., Belzunce-Segarra, M.J., Franco, J., Garmendia, J.M., Larreta, J., Menchaca, I., Muxika, I., Solaun, O., Revilla, M., Uriarte, A., Valencia, V. and Zorita, I. 2016. 'The past is the future of the present': learning from long-time series of marine monitoring. *Science of the Total Environment* 566-567: 698-711.
- González-Gil, R., González Taboada, F., Cáceres, C., Largier, J. and Anadón, R. 2018. Winter mixing preconditioning of the spring phytoplankton bloom in the Bay of Biscay. *Limnology & Oceanography* 63(3): 1264-1282.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., et al. 2020. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 146: 1999-2049.
- Liu, K.-K., Atkinson, L., Quiñones, R. and Talaue-McManus, L. 2010. Carbon and Nutrient Fluxes in Continental Margins: A Global Synthesis. Berlin, Germany. IGBP Book Series Springer. 741 pp.
- Morán, X.A.G., Barbosa, A., Revilla, M., Bode, A., Orive, E. and Soudant, D. 2012. Phytoplankton and microbial plankton of the Bay of Biscay and western Iberian shelf. In: ICES Phytoplankton and Microbial Plankton Status Report 2009/2010. O'Brien, T.D., Li, W.K.W. and Moran, X.A.G. Eds. ICES Cooperative Research Report No. 310. 196 pp.
- Sharples, J., Mayor, D.J., Poulton, A.J., Rees, A.P. and Robinson, C. 2019. Shelf Sea Biogeochemistry: Nutrient and carbon cycling in a

- temperate shelf sea water column. *Progress in Oceanography* 177: 102182.
- Somavilla, R., González-Pola, C., Rodríguez, C., Josey, S.A., Sánchez, R.F. and Lavín, A. 2009. Large changes in the hydrographic structure of the Bay of Biscay after the extreme mixing of winter 2005. *Journal of Geophysical Research* 114: C01001.
- Valencia, V. and Franco, J. 2004. Main characteristics of the water masses. In *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Borja, A. and Collins, M., Eds. Amsterdam, Netherlands. Elsevier Oceanography Series 70: 197-232.
- Valencia, V., Franco, J., Borja, A. and Fontán, A. 2004. Hydrography of the southeastern Bay of Biscay. In *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Borja, A. and Collins, M., Eds. Amsterdam, Netherlands. Elsevier Oceanography Series 70: 159-194.
- Valencia, V., Fontán, A., Goikoetxea, N., Chifflet, M., González, M. and López, A. 2019. Long-term evolution of the stratification, winter mixing and θ -S signature of upper water masses in the southeastern Bay of Biscay. *Continental Shelf Research* 181: 124-134.

Acknowledgements

This study has been supported by the LIFE-IP URBAN KLIMA 2050 project (Grant agreement n°: LIFE18 IPC/ES/000001) which received funding from European Union's LIFE programme. The project OBSERVAMAR also supports this investigation throughout funding from the Biodiversity Foundation, the Spanish Ministry of Agriculture, Food and the Environment. The Basque Government (Department of Fisheries, Agriculture and Food) funded the research program "VARIACIONES" that included acquisition of the in situ data until 2016. The acquisition of hydrographic measurements was partially funded by the project "RED DE CALIDAD" of the Basque Water Agency (URA), through a convention with AZTI. The authors thank the Basque Meteorological Agency (EUSKALMET) for establishing the ocean and meteorological network to which Donostia buoy belongs. We are very grateful to the sampling and analytical staff of the Marine Research Division of AZTI for the high quality of the work performed since 1986. This is contribution number ABC from Marine Research Division of AZTI.

Observatorio marino-costero de Gipuzkoa

Orúe-Echevarría, Dorleta¹ y Esteban, Xabier¹

Palabras clave: observatorio, indicadores, análisis, tendencias, cambio climático

Introducción

El cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo y nos encontramos en un momento decisivo. Las zonas costeras son una de las regiones más vulnerables y que concentran además importantes núcleos de población, estando directamente amenazadas por los impactos del cambio climático, especialmente el aumento del nivel del mar, aumento de la temperatura, intensificación de las tormentas o la acidificación así como numerosas presiones antropogénicas. Virtualmente todos los sistemas costeros están amenazados y Gipuzkoa no escapa a esta realidad.

El Observatorio de Cambio Climático de Naturklima se enmarca en las metas establecidas en la Estrategia Guipuzcoana de Lucha contra el Cambio Climático 2050. La Estrategia define como objetivos prioritarios el seguimiento y vigilancia del cambio climático en el territorio, en particular la evolución del nivel medio del mar, el clima marítimo costero y los peligros costeros, así como la promoción de medidas de adaptación. Entre las 9 metas establecidas en la estrategia, el Observatorio marítimo-costero se centra en tres de las metas, (3) Incrementar la eficiencia y la resiliencia del territorio, (4) Incrementar la resiliencia del medio natural y (7) Anticipación a los riesgos. Concretamente en esta última se establece la línea de actuación 7.3, cuyo objetivo es la monitorización y seguimiento de los impactos del cambio climático sobre el territorio. Para poder comprender los procesos implicados e identificar los cambios en los procesos físicos y biogeoquímicos que inducen la variabilidad en el océano, tanto la variabilidad de alta frecuencia como los cambios a largo plazo asociados al cambio climático, las series temporales largas son esenciales. La monitorización y seguimiento de estas variables permitirá analizar los impactos del cambio climático en el litoral, modelar los sistemas y elaborar proyecciones de la evolución de los ecosistemas marinos. El objetivo del Observatorio Marino-Costero de Naturklima es servir como sistema integrado de monitorización y evaluar la evolución de los impactos del cambio climático en la costa guipuzcoana a través del seguimiento de una serie de indicadores que permitan evaluar los cambios en variables de interés. Esto permitirá proveer información, basada en los resultados científicos del observatorio, para la toma de decisiones en materia de políticas públicas.

Materiales y métodos

El principal objetivo del Observatorio es el seguimiento y análisis de indicadores fisicoquímicos y biológicos del cambio climático en el litoral de Gipuzkoa y el análisis de su evolución temporal y de las causas de estas tendencias. Estas observaciones y análisis permitirán desarrollar y mejorar los posibles escenarios de impacto y adaptación, en conjunto con los escenarios del IPCC, para poder anticipar los riesgos costeros e incrementar la resiliencia del territorio.

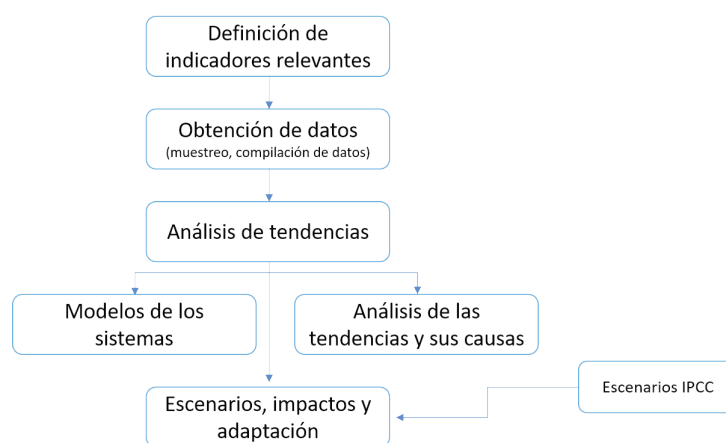


Figura 1. Estructura del flujo de actividades del observatorio.

En primer lugar, se han identificado aquellos indicadores de cambio climático idóneos y de mayor utilidad para la costa de Gipuzkoa, siguiendo los criterios de selección de indicadores utilizados por la agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA, 2016) y por el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS). Se han definido un total de 19, que cubren tanto indicadores del clima como variables que puedan oscilar por efecto del cambio climático. En función de la información aportada y el sistema asociado, estos se han clasificado en indicadores fisicoquímicos marinos (7), indicadores atmosféricos e hidrológicos (5), indicadores geomorfológicos de erosión costera (2) e indicadores biológicos y del ecosistema marino (5).

Asimismo, se ha identificado la mejor fuente de datos para cada uno de los indicadores, priorizando aquellos para los que existe un programa de seguimiento que provee un muestreo periódico y de larga duración. En la costa vasca y el golfo de Vizcaya existen plataformas de medición continua (boyas oceanográficas, red de estaciones meteorológicas, red de aforos, red foral de videometría de playas) y programas de medición periódica (campañas oceanográficas, red de calidad del estado

¹ Naturklima, Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa, Paseo Mikeletegi, 65

ecológico de aguas costeras y de transición, campañas de evaluación de stocks pesqueros) que permiten el seguimiento de variables físicoquímicas y biológicas a partir de las cuales se podrán estimar los indicadores de cambio climático.

Una vez identificadas y seleccionadas las series temporales y/o espaciales para los distintos indicadores, se han empleado distintos métodos de análisis, específicos para cada variable y en función de la disponibilidad de datos, con el objetivo de establecer posibles variaciones temporales del indicador y si éstas están relacionada con el cambio climático correspondiente a nuestra zona. En todas las series temporales se ha tratado de separar la componente cíclica de la tendencia, que es la componente de interés que informa de la evolución a largo plazo en el valor medio de la variable. Se han aplicado distintas técnicas de análisis como la aplicación de filtros para eliminar la alta frecuencia y capturar la variabilidad de largo plazo, el análisis armónico para eliminar la variabilidad de determinadas frecuencias y métodos para el análisis de tendencias con modelos de regresión lineal o modelo aditivo generalizado (GAM).

Resultados y discusión

Algunos de los indicadores analizados hasta el momento presentan una tendencia significativa de cambio para el periodo analizado (Tabla 1). Es el caso de la temperatura del agua, cuya oscilación / variación está directamente asociado al cambio climático. Se ha producido un calentamiento durante las últimas décadas en superficie, de entre 0.10 y 0.25 °C década⁻¹, y en toda la columna de agua, desde la superficie hasta los 1000 m, del orden de 0.20 °C década⁻¹. En cuanto a la salinidad, las medidas in-situ muestran una tendencia decreciente desde 1993, aunque es difícil atribuir este cambio a los procesos de escala global relacionados con el cambio climático. El nivel medio del mar también muestra un incremento desde los años 90. Considerando tanto las medidas en costa y mar mediante mareógrafos o sensores remotos, en promedio el nivel medio del mar está ascendiendo a una tasa de 2.5 cm década⁻¹.

En el caso de otros indicadores, por el contrario, no se han encontrado cambios importantes. Por ejemplo, en los caudales de los ríos no se observan tendencias significativas, salvo en el

río Oiartzun, con una tendencia positiva desde 1997. En el caso de la clorofila, la gran variabilidad de los datos in-situ frente a la costa guipuzcoana no ha permitido identificar ninguna tendencia clara.

Los indicadores biológicos y del ecosistema marino muestran que las especies de interés pesquero también han experimentado cambios en su distribución y fenología (Chust & Murillas, 2020). En el golfo de Vizcaya, en general, se ha observado una tendencia al aumento en la abundancia de especies que presentan amplios rangos de distribución, principalmente especies subtropicales, mientras que las especies de aguas más frías han disminuido durante la última década del siglo XX y las primeras del siglo XXI. El cambio climático puede explicar parte de estos cambios, que pueden verse amplificados por la actividad pesquera. En el caso del verdel, la distribución de la puesta del stock se ha desplazado hacia el norte en la últimas tres décadas, probablemente en respuesta al incremento de la temperatura del agua en esa área (Hughes et al., 2014). La fenología tanto del verdel como de la anchoa se ha adelantado en el mar Cantábrico (Punzón & Villamor, 2009; Erauskin-Extramiana et al., 2019). En cuanto al bonito y atún rojo, han avanzado su llegada al golfo de Vizcaya y su habitat se ha desplazado ligeramente hacia el norte (Chust et al., 2019).

Conclusiones

La observación y monitorización son esenciales para poder entender los cambios en las condiciones físicoquímicas y biológicas de las aguas litorales ligados al cambio climático y el impacto derivado de dichas alteraciones. Esta información, además, permitirá mejorar las proyecciones de las condiciones climáticas futuras y anticipar los posibles impactos esperados. Por todo ello, la observación y monitorización se convierten en instrumento necesario para dirigir las políticas de mitigación y adaptación adoptadas por las administraciones públicas. En este sentido, el Observatorio Marítimo-Costero de Naturklima, permitirá identificar los principales cambios y anticiparse a los riesgos del cambio climático en el litoral guipuzcoano con el objetivo de minimizar estas amenazas e incrementar la resiliencia del territorio, en línea con las metas establecidas en la EGLCC.

Tabla 1. Resultados preliminares: tendencia de los indicadores de cambio climático

Indicador	Descripción	Periodo	Tendencia (/década)
Temperatura del mar	SST Aquarium	1946-1980	-0.216 ± 0.06
	SST Aquarium	1980-2019	0.232 ± 0.03
	0-100m	1986-2019	0.154 ± 0.04
Salinidad	0-100m	1986-2019	-0.022 ± 0.01
	0-100m	1993-2019	-0.015 ± 0.02
	0-100m	1993-2020	-0.030 ± 0.01
Nivel del mar	NMM Mareógrafo Bilbao	1992-2019	2.965 ± 0.3
	Satélite golfo Vizcaya	1993-2019	2.418 ± 0.4
Fitoplancton	Chla superficie	1993-2019	0.019 ± 0.03
	Chla 0-50m	1993-2019	0.009 ± 0.02
	Chla 0-100m	1993-2019	0.008 ± 0.01

Referencias

- Chust, G., Goikoetxea, N., Ibaibarriaga, L., Sagarminaga, Y., Arregui, I., Fontán, A., Irigoien, X. and Arrizabalaga, H. (2019). Earlier migration and distribution changes of albacore in the Northeast Atlantic. *Fish. Oceanogr.*, 28, 505-516.
- Chust, G. and Murillas, A. (2020). Elementos del sector pesquero de Gipuzkoa vulnerables al cambio climático. Informe Final, elaborado por AZTI para Fundación de Cambio Climático de Gipuzkoa (Naturklima). 43 pp.
- Erauskin-Extramiana, M., Alvarez, P., Arrizabalaga, H., Ibaibarriaga, L., Uriarte, A., Cotano, U., Santos, M., Ferrer, L., Cabré, A., Irigoien, X. and Chust, G. (2019). Historical trends and future distribution of anchovy spawning in the Bay of Biscay. *Deep Sea Res. (II Top. Stud. Oceanogr.)*, 159, 169-18.
- Hughes, K., Dransfeld, L. and Johnson, M. (2014). Changes in the spatial distribution of spawning activity by north-east Atlantic mackerel in warming seas: 1977–2010. *Mar. Biol.*, 161, 2563-2576.
- Punzón, A. and Villamor, B. (2009). Does the timing of the spawning migration change for the southern component of the Northeast Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*, L. 1758)? An approximation using fishery analyses. *Cont. Shelf Res.*, 29, 1195-1204.
- U.S.Environmental Protection Agency. 2016. Climate change indicators in the United States. Fourth edition. EPA 430-R-16-004.

Reconocimientos

Los autores agradecen la colaboración de AZTI y la Dirección General de Medio Ambiente de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

Sand dune and saltmarsh resilience in the eye of Climate Change

Ametzaga-Arregi, Ibone¹, Muñoz, Oihane¹, Amaya, Ariane¹, Onaindia, Miren¹, Fernández de Manuel, Beatriz¹, Méndez-Fernández, Leire¹, Viota, María¹ and Peña, Lorena¹

Keywords: Barbadun estuary, Butroi estuary, floristic composition, plant diversity, restoration.

Introduction

Sand dunes and salt marshes are coastal ecosystems, and their existence is due to the interaction between water and terrestrial systems, and the dynamic process created in this interaction is necessary for the systems to persist (Hanson et al. 2002; Everard et al. 2010). These ecosystems are of high ecological interest being habitat to many species and providers of ecosystem services such as carbon and pollutant sequestration, water purification, recreation or cultural knowledge (Elsey-Quirk et al. 2019). Although, they are natural frontiers that protect our terrestrial land from the effect of sea-level rise and strong sea waves occurring, nowadays they are directly threatened by the sea level rise, river water regime change or water temperature increase due to climate change. According to the latest Article 17 report (2007-2012), for the vast majority of Member States, 70% of coastal habitats were reported as being in an 'unfavourable' conservation status, and it is the same for the Basque Country (EJ 2016). For example, of the 75% of the sand dunes systems present in Europe a century ago just 45% were in a natural way (Sanjaume and Gracia 2011). Thus, there is an urgent need for these natural ecosystems to be preserved and restore (Zedler and Kercher, 2005), in order to be resilient to these new threats.

The aim of this work was to study the regeneration capacity of two coastal ecosystems (resilience), namely a sand dune and a salt marsh, based on plant diversity, as plants are good indicators of site conditions.

Materials and methods

Both study sites are located in the coast of Biscay in two estuaries: the sand dune restoration project in the Butroi estuary in Gorniz, and the salt marsh restoration project in the Barbadun estuary in Muskiz (Figure 1). The coast mean annual temperature is 14.6 °C and annual precipitation is 1.200 mm. The former project had two phases: one started in 2009 where 62.000 m² of sand and dune site was reclaimed removing a car-park and 80.000 plants of *Ammophila arenaria*, *Elymus farctus*, *Festuca juncifolia* y *Pancreaticum maritimum* were planted (Figure 1, right site A), and the other in 2015 where 2.019 m² were reclaimed, sand captors were set and some species such as *Ammophila arenaria* were planted (Figure 1, right site B) (Magrama 2016). The A site had two subsites divided by a path to enter the beach (A1 and A2). The saltmarsh restoration started in 2008 where 18 ha were reclaimed 465.000 m² soil cleaned and 72.000 plants planted and artificial channels dug for the water to enter the site (Revista electrónica de CLH 2012). Sampling was done in 2016 in the former and in 2018-19 in the latter.

The methodology followed in both projects was quite similar, based on transects and using 2x1 m quadrats as sampled units. In both studies plant species cover was estimated using a semi-quantitative of frequency-abundance that shows the cover following the DAFOR scale in ranges 1 to 5 (Joint Nature Conservation Committee 2004). Shannon and Simpson diversity indices (Magurran 1989) were calculated in the sand dunes following the zoning from the lower zone to the higher zone, further from the sea. The nomenclature followed was that of Flora Europaea (Tutin et al. 1964-1980), except for *Tortula rurales* (Hedw.) Gaertn species.

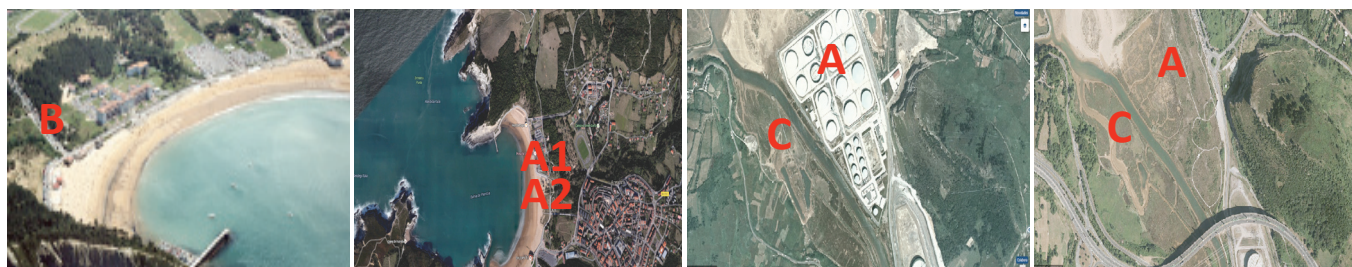


Figure 1. Restoration sites: sand dune restoration before the car park in 2009 (A) and restaurant in 2015 removal (B) (left) and saltmarsh restoration before the refinery deposits removal (left) and after (right). In the salt marsh the red letters show the recovered site A and the control site C.

¹ Department of Plant Biology and Ecology, Faculty of Science and Technology, University of the Basque Country (UPV/EHU), Sarriena auzoa z/g, 48940 Leioa, Basque Country
E-mail contact: ibone.ametzaga@ehu.eus

Results and discussion

Results showed that in the older sand dunes 17 sand dune plant species were present while in the 2015 site had just 11 species. The briofite *Tortula rurales*, species related to stabilized dunes was present on one side of the older dunes (A1) while the species *Oenothera biennis*, related to disturbance, was only in the adjacent site (A2). However, three species not present in the older restoration site were present in the younger site: *Aetheorhiza bulbosa*, *Eryngium maritimum* and *Malcomia littorea*, probably due to the closeness to a natural sand dune. The plant species found in the sand dunes in Gorliz were similar to those found in other sand dune restoration sites of the nearby coast, Laida, from 2002 to 2008 (Gallego-Fernandez et al. 2011). Moreover, in the sand dune restored in 2009 the typical profile in plant diversity was already found (lower zone, middle and upper zone), diversity increasing from the seaside to the inland site and significant differences were found among the zones (Simpson, $H = 20.858$, $p = 0.0001$ y Shannon, $H = 20.79$, $p = 0.0001$ for A1; Simpson, $H = 8.45$, $p = 0.004$ and Shannon, $H = 8.44$, $p = 0.004$ for A2) (Figure 2, left). This profile was not significantly found in the younger dune (Figure 2, right). Nevertheless, the floristic composition in the lower part was very similar in the two restoration sites even if in the younger site some were missing due to the short restoration time. The conditions on this lower zone, namely sea inundation, wind erosion, substrate movement, are of high stress (Chapman 1976) not allowing the presence of many plant species

but as sand dune profile develops (organic matter accumulation, humidity etc.) the diversity increases (Margalef 1974). On the other hand, in the saltmarsh restoration site 13 plant species were present, *Sarcocornia fruticosa* and *Halimione portulacoides* the most abundant ones, typical of the lower part of the saltmarsh, while there were also some typical of the higher part such as *Sarcocornia perennis*. The number of species was not far from those found in a similar size saltmarsh in the Butroi estuary, nevertheless, far from that found in a natural but bigger saltmarsh of Urdaibai (36 species, Oka estuary). It is worth mentioning, that after 35 years of regeneration just a bigger size salt marshes in the Txingudi bay had 16 species (Onaindia et al. 2001). Nevertheless, lower number of plant species found in the natural site but the plant cover was higher. This site was more stable and the recovering site was still more affected by the tide and had a lower profile than the natural site. Plant distribution in the recovering site was similar to that found in the natural site: *S. ramosissima*, *Aster tripolium* eta *Puccinellia maritima* in the lower site of the salt marsh (Benito et al. 1989), and *Sarcocornia fruticosa*, *Limonium vulgare* or *I. crithmoides* in the higher part of the salt marsh. In general, plants were distributed in relation to geomorphology (data not shown) as in other salt marshes (Onaindia et al. 2001; Chaieb et al. 2018).

Table 1. Plant species abundance based on the DAFOR methodology in the studied sand dunes (A1 and A2 where the car-park was removed in 2009 and B where the restaurant was removed in 2015) and in the saltmarsh (A restoring site since 2008 and C natural site). (1=Rare, 2= Occasional, 3=Frequent, 4=Abundant y 5=Dominant).

Species in the sand dune restoring sites	A1	A2	B	Species in the salt marsh site	A	C
<i>Aetheorhiza bulbosa</i> subsp. <i>bulbosa</i> (L.) Cass.	-	-	1	<i>Ammophila arenaria</i> (L.)	-	-
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>iberica</i> (W. Becker) Jalas ex	2	4	-	<i>Aster tripolium</i> (L.)	3	-
<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>australis</i> (L.)	5	5	4	<i>Festuca rubra</i> L.	2	-
<i>Cakile maritima</i> Scop	-	-	1	<i>Halimione portulacoides</i> (L.) Aellen	4	4
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) R. Br.	3	2	1	<i>Inula crithmoides</i> (L.) Dumort	2	5
<i>Carex arenaria</i> L.	2	1	2	<i>Limonium vulgare</i> Mill.	2	2
<i>Cistus salvifolius</i> L.	1	1	-	<i>Limonium ovalifolium</i> (Poir.) Kuntze	1	-
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz. E. Walker)	1	1	-	<i>Plantago maritima</i> L.	1	1
<i>Elymus farctus</i> (Viv.) Runemark	1	1	1	<i>Puccinellia maritima</i> (Jacq.) Parl.	2	-
<i>Eryngium maritimum</i> L.	-	-	1	<i>Salicornia ramosissima</i> J. Woods	5	4
<i>Euphorbia paralias</i> L.	1	1	2	<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott	4	4
<i>Festuca juncifolia</i> St. -Amans	1	2	-	<i>Sarcocornia perennis</i> (Mill.) A.J.Scott	2	-
<i>Herniaria ciliolata</i> subsp. <i>robusta</i> Chaudhri	1	1	-	<i>Suaeda maritima</i> (L.)	2	-
<i>Leontodon taraxacoides</i> (Vill.) Mérat subsp. <i>taraxacoides</i>	1	-	-	<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walt.) Kuntze	-	-
<i>Lotus corniculatus</i> L.	1	1	-	<i>Triglochin maritima</i> L.	2	-
<i>Malcomia littorea</i> (L.) R. Br.	-	-	1	<i>Zostera noltii</i> Hornemann.	2	-
<i>Medicago littoralis</i> Rohde ex Loisel	2	2	1			
<i>Oenothera biennis</i> L.	1	2	1			
<i>Pancreatium maritimum</i> L.	1	-	-			
<i>Sonchus</i> sp.	1	1	-			
<i>Tortula rurales</i> (Hedw.) Gaertn	1	-	-			

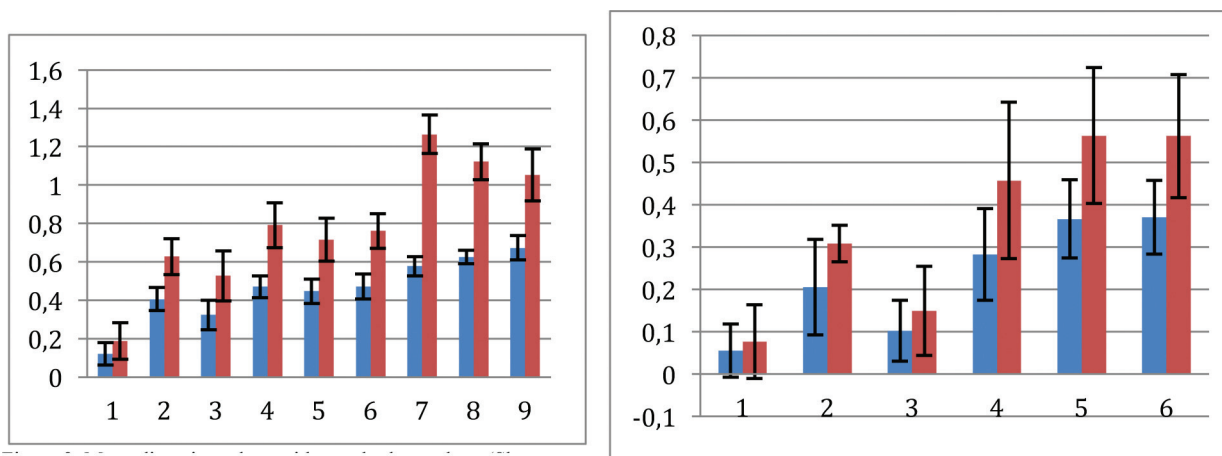


Figure 2. Mean diversity values with standard error bars (Shannon diversity index in red and Simpson in blue) for the sand dune restoration sites: the 2009 restoration site graph on the left (only for site A1) and the 2015 restoration site on the right. Numbers on the X axis are the transects parallel to the beach followed in the sampling: 1-2-3 are the lower zone, 4-5-6 the middle zone and 7-8-9 the upper zone of the dune.

Conclusions

In conclusion, both sites have shown a good recovery trend in species numbers (resilience), even if still far from maturation, however, the sites are restoring the habitat conditions for the typical species. In 7 years the sand dunes have been able to form the typical dune profile in relation to plant species and soil conditions, while just a year is showing the initial formation and suggest the importance of nearby propagule source for a rapid recovery. Moreover, the 10 year restoration process of the saltmarsh shows the presence of a high number of halophyte species, even if not as many as in other more mature saltmarshes. The dynamic nature of these ecosystems favours the recovery process of them, so as also recovering their natural function of protection of the land and resilience from the expected effects of climate change on sea strength and level by 2050.

References

- Benito, I., Onaindia, M., Martínez, E. 1989. Estudio comparativo de las comunidades vegetales en dos playas de la costa vasca. *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos*, 11: 133-144. doi: 10.14198/MDTRRA1989.11.08.
- Chapman, S. B. 1976. *Methods in plant ecology*, Blackwell Scientific Publications. New York. 315 pp.
- Chaieb, G., Abdelly, C., Michalet, R. 2018. Interactive effects of climate and topography on soil salinity and vegetation zonation in North-African continental saline depressions. *Journal of Vegetation Science*, 30: 312-321. doi.org/10.1111/jvs.12693.
- Elsey-Quirk, T., Mariotti, G., Valentine, K., Raper, K. 2019. Retreating marsh shoreline creates hotspots of high-marsh plant diversity. *Scientific Report*, 9: 5795. doi: 10.1038/s41598-019-42119-8.
- EJ (Eusko Jaularitza) 2016. *Biodiversity Strategy of the Basque Autonomous Community 2030 and First Action Plan 2020*. Basque Government Central Publications Service. Donostia-San Sebastián, Basque Country. 56 pp.
- Everard, M., Jones, L. and Watts, B. 2010. Have we neglected the societal importance of sand dunes? An ecosystem services perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20: 476-487.
- Gallego-Fernández, J. B., Sánchez, I. A. and Ley, C. 2011. Restoration of isolated and small coastal sand dunes on the rocky coast of northern Spain. *Ecological Engineering*, 37: 1822-1832.
- Hanson, H., Brampton, A., Capobianco, M., Dette, H.H., Hamm, L., Laustrop, C., Lechuga A. and Spanhoff, R. 2002. Beach nourishment projects, practices, and objectives - a European overview. *Coastal Engineering* 47: 81-111.
- Magrama 2016. Modificado N° 1 del de acondicionamiento y ordenación de las playas de Górliz y Plentzia - Bizkaia - Actuaciones para la protección de la costa - Protección de la costa - Costas y Medio Marino - magrama.es. [online] Available at: <http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/actuaciones-proteccion-costa/bizkaia/481135-modificado-playas-gorliz-plantzia.aspx> [Accessed 29 Jul. 2016].
- Margalef R. 1974. *Ecología*. Omega Publishers, Barcelona, Catalunya. 951 pp.
- Magurran, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Veda ediciones, Barcelona, Catalunya. 149 pp.
- Onaindia, M., Albizu, I., Amezcua, I. 2001. Effect of time on the natural regeneration of salt marsh. *Applied Vegetation Science* 4: 247-256.
- Revista electrónica de CLH, 2012. <https://www.clh.es/revistasclh>.
- Sanjaume, E. and Gracia, F. J. 2011. *Las dunas de España*. Sociedad Española de Geomorfología, Madrid, Spain.
- Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M and Webb, D.A. (Eds.) (1964-1980). *Flora Europaea*. 5 vol. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Zedler, J.B. and Kercher, S. 2005. Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annual Review of Environmental Resources*, 30: 39-74. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248>.

Análisis del crecimiento económico entorno a la ría de Bilbao. Potencial y limitaciones

Grima Agulló, Ángel², Álvarez Mutiozábal, Manuela ² y Maruri Machado, María de las Mercedes¹

Palabras Clave: Ría de Bilbao, Sostenible, Estudio de Viabilidad, Ecológico, Responsable

Introducción

El agua ha sido y es un elemento fundamental para el desarrollo de la vida además de necesaria para el crecimiento y evolución de las civilizaciones. Por ello, muchas de las primeras ciudades se localizaban cercanas a ríos donde poder abastecerse de ella para muchos fines, siendo el agrícola, en sus inicios, uno de los más importantes. La historia muestra civilizaciones como la mesopotámica y la egipcia como un ejemplo de este hecho, más tarde otras ciudades fueron fundándose en puntos estratégicos como París, Londres, Viena, León, Zamora, Salamanca, Sevilla y Bilbao. La ría de Bilbao (Ría del Nervión o del Ibaizábal), es uno de estos casos. La ría de Bilbao afectada por las mareas, atraviesa la ciudad de Bilbao por su casco urbano y ha sido modificada a lo largo de su historia por diversos motivos siendo uno de los más importantes el de proteger a la población de las inundaciones (EJ-GV, 2015). Pero también muchas de estas obras de ingeniería han sido vitales para hacer funcional la ría y que por ella pudieran navegar buques mercantes o la armada española, ya que en la ciudad de Bilbao se han construido grandes buques en los astilleros que en ella se encontraban. En la actualidad los astilleros han sido reconvertidos en la parte “verde” de la ciudad construyendo en donde antes se encontraban gruas y naves, su buque insignia el Museo Guggenheim (Guggenheim Bilbao corporativo, 2020)

Pero la fundación de la ciudad de Bilbao se remonta mucho más atrás, antes de que llegaran los romanos por el (s. I a.c.) en ese momento habitaban las tribus vascas en el entorno de Bilbao, se cuenta que ya existía un puerto marítimo llamado “amamanum Portus” o “Flaviobriga” (Veloso). En los anales de su historia figura que fue puerto antes que villa, así consta en La carta-puebla fundacional que data de 15 de junio de 1300, reflejado en una de las Memorias editadas a finales del siglo XIX, en la que se expresa: “..., con placer de todos los vizcaynos fago en Bilbao parte de Begoña nuevamente

población é villa que le dicen el puerto de Bilbao... dando por ella muchas franquicias y privilegios á los que vinieran á poblarla...” (Cruz, 2004). Por el 1300 d.c. la ría era navegable hasta la Iglesia de San Antonio Abad dando lugar al puerto de Bilbao.

Esto no es más que un apunte que expresa una realidad mucho más compleja que trataremos de analizar y para ello iniciaremos el recorrido histórico de este enclave, aludiendo precisamente a esa vinculación de Bilbao con el mar, que se traduce en el origen etimológico de la palabra que reconoce la denominación de la ciudad y del puerto: “En efecto, siguiendo la práctica constante en los nombres del País vascongado, debieron expresar con dicho nombre la situación local del lugar, llamándolo bien BIL-IBAI-AO, cuya primera parte es la radical del verbo BILDU, que significa JUNTAR o REUNIR, la segunda RIO y la tercera BOCA o ENSENADA”, o sencillamente “BIL-BAO” que significa “DESEMBOCADURA o CONFLUENCIA DE AGUAS”, de donde provino el nombre de BILBO que es como los vascongados llaman a esta villa” (Ayuntamiento de Bilbao, 2020).

El panorama que ofrecía la ría como puerto o como vía navegable era deplorable y nada permitía pensar en ella como una gran posibilidad para Bilbao. Más bien era, en el siglo pasado y especialmente en la década de los 70 un obstáculo para el desarrollo de la villa. Mientras los barcos fueron pequeños fue factible, con no pocos trabajos de mantenimiento y muchos riesgos que producían bastantes accidentes (Fundación BBVA, 2004). Pero cuando el tamaño de los barcos aumentó y el tráfico comenzó a crecer con la exportación de mineral las dificultades de la ría se convirtieron en el principal problema de Bilbao.

Por su modesto volumen de agua sus escasas profundidades a lo largo de todo su curso y los bajos que afloraban en las bajamares la ría era una auténtica carrera de obstáculos para la navegación. Desde Bilbao a Olaveaga la profundidad por debajo del nivel de la bajamar equinoccial no era superior a los dos metros, con extensos tramos de metro y medio, además con varios tramos de estrechas y cerradas curvas lo que hacía difícil las maniobras de los buques. Todo esto a veces impedía la salida de los buques lo que encarecía extraordinariamente los fletes (Merino, 1981).

¹ Universidad del País Vasco UPV/EHU. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Dpto. de Matemática Aplicada; TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Energy and Environment Division, Meteorology Area.

E-mail: mapmamam@ehu.eus

² Universidad del País Vasco UPV/EHU. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Grado en Náutica y Transporte Marítimo.

E-mail: agrima001@ikasle.ehu.eus



Figura 1. Mapa de Bilbao



Figura 2. Las siete calles



Figura 3. Puerto del Arenal (Bilbaoepedia)

La ría es el camino fluvial desde el puerto hacia el mar abierto, y el camino terrestre hacia Castilla fueron la razón de ser de Bilbao, eje de vida económica a lo largo de toda su historia. Aquel Bilbao dio lugar a su tradición naviera creando varios astilleros y entre ellos Astilleros Reales donde se construían los buques de la Armada Española.

La tarea de construcción de la ría es antigua. En época histórica se construyeron diques, se encauzaron algunos tramos y se rectificó el trazado abriendo un nuevo cauce en Uribearte con el fin de hacer más fácil la evacuación de las crecidas y corregir también una curva complicada. La auténtica construcción de la ría comienza a finales de 1877 (Markaida, 2014). La empresa se llevaría a cabo en dos etapas comprendidas entre 1878 y 1902, que coinciden casi exactamente con las dos fases del despegue económico de Bilbao. La primera etapa, entre 1878 y 1887 se dedicó al acondicionamiento de la ría y a la organización del puerto interior. La segunda etapa transcurre entre 1887 y 1902 se dedica a una obra más ambiciosa, la construcción del puerto exterior. A ella le sigue un largo periodo de perfeccionamiento y conservación de las obras realizadas dedicado a aumentar y conservar la profundidad mediante dragados, construcción de muelles y cargaderos además de la mejor del puerto interior mediante la construcción del Canal de Deusto (BIZKAIA. EUS, 1999).

Finalmente en 1969 comienza una nueva etapa aún no concluida dedicada a la construcción de Superpuerto, que una vez acabado vendrá a rematar la empresa de convertir a la ría y el Abra, de tan deficientes condiciones iniciales en un complejo portuario de primer orden (Atard, 2003).

Históricamente la ría ha sido para las gentes de Bilbao, fuente de riquezas. Pero en consecuencia, la mano del hombre poco a poco incidió en el medio ambiente, allá por la década de los 80 la instalación de la industria en los márgenes de la ría la fue contaminando y destruyendo la fauna y la flora que en ella habitaba. En aquellos años la ría era una auténtica cloaca (Arrans, 2012). En el año 1900, Bilbao disponía de un sistema de saneamiento excepcional para aquella época. Dos colectores, uno por la margen izquierda del Nervión y otro por la margen derecha, recogían las aguas residuales de una red de alcantarillado separativa para, mediante dos pasos subfluviales, conducirlas, en la zona más baja de la ciudad, Elorrieta, a un depósito enterrado y posteriormente a través de una estación de bombeo con una tubería de impulsión de casi 15 kilómetros enviar las aguas al mar en lugar de la costa próxima a Punta Galea (Izan Bilbao, 2020). Lamentablemente, 75 años después,

la ría de Bilbao había dejado de ser una ría de baños y pesca para convertirse en una “cloaca navegable”. Un desarrollo económico desordenado, que desencadenó unos fortísimos movimientos migratorios y provocó un rápido crecimiento poblacional del área (la población se cuadruplicó entre 1900 y 1975), había acado con vestigio de vida acuática.

Ante este estado de cosas, en junio de 1979 los municipios ribereños, asociados de forma voluntaria como “Consortio de Aguas de Gran Bilbao”, lanzaron el Plan Integral de Saneamiento de la ría, con el objetivo de conseguir un agua tal que “permita la presencia en todo el sistema fluvial de vida acuática, dentro de un amplio marco de diversidad de especies, y la recuperación de playas interiores del Abra. En 1989, nace el Plan Estratégico para la Revitalización de Bilbao, a instancia de tres organismos públicos, el Gobierno Vasco, la Diputación Foral de Bizkaia y el Ayuntamiento de Bilbao. Dentro de las acciones de este plan, comienzan las labores de recuperación de los espacios industriales abandonados y los barrios antiguos en deterioro, recuperando zonas, e invirtiendo en proyectos emblemáticos, especialmente en la zona de Abandoibarra, donde la construcción del Museo Guggenheim y el Palacio Euskalduna, han modificado para siempre el perfil urbanístico de Bilbao impulsando su proyección internacional (Arrans, 2012). Afortunadamente, la mayor sensibilidad y conciencia ambiental de la sociedad se tradujo en la puesta en marcha en 1984 del ‘Plan de Saneamiento Integral de la comarca del Gran Bilbao’ promovido por el Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia (UPV/EHU, 2020)

Una reconstrucción de la microfauna estuarina resultaría de gran utilidad para evaluar el nivel de recuperación que se pueda ir alcanzando. Ahora bien, la actuación antrópica, principalmente a causa de las constantes dragas, ha destruido y removido los sedimentos, haciendo extremadamente difícil la recolección de testigos fiables. Por otro lado, la continua liberación en el abra de Bilbao de metales pesados en suspensión y el consiguiente exceso de sedimentación sobre los fondos rocosos han desempeñado un papel muy importante en la desaparición de la microfauna. De ahí que las trazas de metales pesados en los sedimentos sirven para clasificar y evaluar la desaparición progresiva de especies que se encuentran en ellos (Arrans, 2012)

Han sido muchos los cambios positivos que han favorecido el desarrollo de comunidades más maduras. La mejora en las condiciones ambientales ha facilitado el incremento de la diversidad, el aumento de la cobertura algal, el retroceso de



Figura 4 Astillero Eskalduna y Guggenheim.



Figura 5 Canal de Deusto.

algas morfológicamente sencillas frente al avance de especies más complejas con mayores requerimientos ambientales, el aumento de la variedad de estrategias tróficas de la fauna, y la restauración de la fauna/flora. (UPV/EHU, 2020)

Actualmente ¿Qué es lo que pasa en la ría? ¿Se podría regenerar con la ayuda del turismo sostenible? ¿Es el turismo sostenible un potencial en la regeneración de la ría de Bilbao? O por el contrario el turismo no sería de ninguna ayuda, ¿Qué limitaciones aparecen en caso de querer crear un negocio sostenible?

Materiales y métodos

El método utilizado para la recopilación de la información ha sido la búsqueda e investigación histórica en archivos físicos y digitales. Toda la información ha sido contrastada de manera que se ha cribado para ofrecer de esta manera datos veraces y que han servido para el uso en la comparación de la ría de Bilbao con otras rías y ríos que se asemejan a ella. Se ha procedido a la organización y análisis de los datos para tener una imagen histórica y actual de la ría de Bilbao.

Este abstract extendido es la primera parte de un trabajo que busca conocer el potencial actual de la ría conociendo las tendencias actuales de otras ciudades europeas, las normativas vigentes, inversión inicial, estudiando la sostenibilidad ambiental de los modelos económicos actualmente en funcionamiento, para plantear un estudio de viabilidad que diera a conocer la posible implantación de un negocio sostenible que fuera capaz de preservar y a su vez aportar su grano de arena a la regeneración de la ría de Bilbao.

Resultados y discusión

Los resultados que se plantean se resumen en dos casos:

-dejar de mirar al Puerto de Bilbao (Superpuerto) para volver a mirar hacia la ría. Es un mercado abandonado y que nunca se ha explotado de forma adecuada turísticamente y no se conoce el por qué, pudiendo ser varias las causas que limitan la creación de este tipo de negocios en la ría, rechazo cultural, morfológica, económica, climatológica. En los resultados se

han contemplado diferentes modelos de negocios actualmente en funcionamiento en Europa, como resultado principal se ha pretendido obtener la trazabilidad de la historia de la ría de Bilbao Figura 6 y la adaptación tras conocer el potencial de la ría y sus limitaciones y para poder proponer un proceso viable de regeneración de la ría ayudado por el apoyo de un turismo sostenible.

- o por el contrario convendría dejar a la ría de Bilbao tal y como está y seguir mirando al puerto.

Pero es una realidad que hay diferentes puntos de vista y las ideas variadas de si era o no viable la puesta en marcha de un negocio turístico sostenible siguen en pie. La discusión que se plantea es si la ría es capaz de absorber tal cantidad de turistas. La similitud de la ría de Bilbao a otros ríos y rías españoles y europeos en donde ya existen negocios turísticos sostenibles hace que tenga una buena aceptación para poder instalarse en ella un negocio turístico sostenible, pero no es una apuesta clara, que para muchos puede ser inviable sin necesidad de estudiarla.

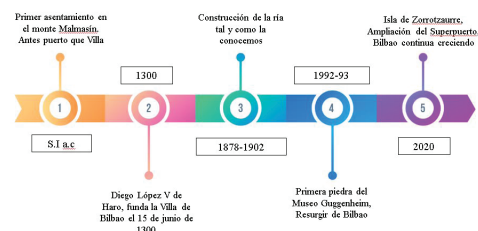


Figura 6 Línea histórica.

Conclusiones

En el caso de la ría de Bilbao, la acción continua del hombre sobre la ría ha deteriorado y contaminado su entorno lo que no ha permitido su conservación natural original. El modelo económico a lo largo de la ría ha cambiado, cada vez hay más proyectos de regeneración, nueva construcción inmobiliaria, negocios de ocio que están empezando o ya están funcionando. La ría está volviendo a cambiar a pesar de que se tenga en la memoria de muchos bilbaínos un pasado oscuro, sucio

y maloliente, fruto de la contaminación de sus aguas por la industria. Hay modelos de negocios turísticos, económicamente viables, sostenibles soportados por una economía-ecología circular donde la ría pueda beneficiarse de la inversión necesaria para su conservación y regeneración.

Referencias

- Arrans, S. (2012). Revista de estudios marinos del país vasco. *Itsas memoria*, 269-270.
- Atard, V. P. (2003). Bilbao: Una villa para la historia. En V. P. Atard, *Bilbao: Una villa para la historia* (págs. 19-20). Bilbao.
- Ayuntamiento de Bilbao. (23 de 5 de 2020). *Portal de tu ciudad*. Obtenido de https://bilbao.portaldetuciudad.com/es-es/informacion/historia-de-bilbao-014_105_2_525.html
- BIZKAIA.EUS. (1999). *SURGIMIENTO Y NOTAS HISTÓRICAS DE LA VILLA DE BILBAO*. Obtenido de www.bizkaia.eus/kobie
- Cruz, E. R. (2004). *HISTORIA DE LA NAVEGACIÓN COMERCIAL ESPAÑOLA*. Madrid: Ministerio de Fomento. Puertos del Estado.
- Fundación BBVA. (2004). *Bilbao a través de su historia*. Bilbao: Atlántida grupo editor.
- Guggenheim Bilbao corporativo. (1 de 9 de 2020). *Museo Guggenheim*. Obtenido de <https://www.guggenheim-bilbao-corp.eus/guggenheim-bilbao/historia/>
- Izan Bilbao. (7 de 09 de 2020). *Promoción del patrimonio*. Obtenido de https://www.bilbao.eus/cs/Satellite?c=Page&cid=1272986929362&language=es&pageid=1272986929362&pagename=BilbaoIzan%2FPage%2FBIZ_contenidoFinal
- Markaida, I. A. (2014). La Ría del Nervión, motor de la industrialización. *Barakaldo ayer*, 8-12.
- Merino, L. V. (1981). *RIA, PUERTO EXTERIOR, SUPERPUERTO. TRES ETAPAS*. Bilbao.
- EJ-GV (2015). Plan Especial de Emergencias Ante el Riesgo de Inundaciones de la Comunidad Autónoma de País Vasco. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/planes_inundaciones/es_doc/adjuntos/PEE%20inundaciones-es.pdf
- UPV/EHU, G. D. (10 de 08 de 2020). *Campusa, noticias de la Universidad del País Vasco*. Obtenido de <https://www.ehu.es/es/-/la-recuperaci%C3%B3n-de-la-vida-marina-en-el-abra-de-bilbao>
- Veloso, R. (s.f.). La Peña un Pedazo de Nosotros. En R. Veloso, *La peña un pedazo de nosotros*.

Reconocimientos

Los autores agradecen a los historiadores y su dedicación en buscar, entender y documentar información muy valiosa para entender culturalmente el entorno. Este estudio histórico es imprescindible y hay que tenerlo en cuenta, al considerar la viabilidad de turismo sostenible entorno a una fuente fluvial como es el caso de la ría de Bilbao.

2. MULTZOA - Muturreko gertaerak eta egokitzeko neurriak

BLOQUE II - Eventos extremos y medidas de adaptación

BLOC II - Événements extrêmes et mesures d'adaptation

TRACK II - Extreme events and adaptation measures

Bakio, un nuevo modelo para un pueblo vulnerable

Gutiérrez-Solana, David¹, Santos, Ruben² y Sangalli, Paola³

Introducción

En el año 2016, el municipio de Bakio se encontraba con una realidad social, económica y urbanística fuertemente lastrada por el modelo socio-económico previo basado en el modelo de turismo y urbanismo de sol y playa, que había generado importantes desajustes sociales y ambientales.

Con motivo del inicio de la revisión del Plan General de Ordenación Urbana, se inició un importante proceso de reflexión participativo sobre cual debía ser el posicionamiento estratégico de Bakio ante la nueva realidad. Fruto de dicha reflexión se asumió un nuevo modelo, denominado BAKIO SIN PRISAS, caracterizado por la búsqueda de un modelo socio-urbanístico no estacional, pensado para todo el año, por la necesidad de reacomplamiento del pueblo con su territorio y por la apuesta por un modelo basada en la autosuficiencia conectada. En dicha necesidad de reacomplamiento, cobró especial importancia la singular condición de Bakio como municipio extraordinariamente vulnerable al cambio climático.

El municipio de Bakiopresenta unas características que lo hacen particularmente vulnerable al cambio climático como son, el grave riesgo de inundación fluvial de la práctica totalidad de su núcleo urbano principal, la problemática de inundabilidad marina de su frente urbano litoral y de regresión de los acantilados costeros urbanos o el alto riesgo de incendio asociado a la cubierta forestal homogénea (eucalipto) de la práctica totalidad de su territorio. También caben destacar algunas de sus fortalezas como su gran potencial de recursos propios en energía o en agua (cuenta con acuífero propio).

Con este punto de partida, se planteó desde un principio la necesidad de dar un enfoque innovador a las distintas problemáticas de modo que las transformaciones necesarias para darles respuestas supusieran mejoras transversales en el ámbito social y medioambiental. Las mismas se plasmaron, asimismo, en el Plan de Adaptación al Cambio Climático redactado por el municipio en el año 2018.

Fruto de esta planteamiento, surgieron varias líneas de trabajo, apoyadas en grupos de trabajo con la ciudadanía, en relación al modelo de pueblo, todas relacionadas con el cambio climático, tanto en lo relativo a la mitigación como a la adaptación. Entre las mismas cabe destacar:

- La redefinición del modelo urbanístico.
- La redefinición del modelo energético y de movilidad.
- La redefinición del modelo forestal.
- La redefinición de los ciclos del agua, de la cuenca fluvial del Estepona y de la relación con el litoral.

¹ Agirre Lehendakari Plaza, 2, 48130 Bakio, Bizkaia

E-mail: liburutegia.bakio@bizkaia.org

² Agencia vasca del agua (URA), C/ Orio, 1-3, 01010 Vitoria-Gasteiz, Álava

³ Scia S.L., Paseo de Lugaritz 25 bajo, 20018 Donostia-San Sebastián, Gipuzkoa



Asimismo, por su directa relación con el litoral, caben destacar las siguientes acciones:

- Redefinición del modelo urbanístico evitando nuevas edificaciones en zonas de riesgo (inundación fluvial o marina o cercanía a acantilados regresivos).
- Reconfiguración del tramo urbano del río Estepona. Creación de marisma interior y bosque inundable.
- Recuperación del sendero litoral de Peñas Rojas.
- Análisis de las características del acuífero de Bakio y su capacidad de autoabastecimiento.

Reconfiguración del tramo urbano del río Estepona

El proyecto surge de la colaboración desarrollada entre el Ayuntamiento de Bakio y el Departamento de Planificación de la Agencia Vasca del Agua para resolver conjuntamente las condiciones de inundabilidad de la ARPSI ES-018BIZ-BUT-04 del río Estepona. Es necesario reseñar que una importantísima parte del núcleo urbano se encuentra en zona inundable afectado en su mayor parte por la zona de flujo preferente.

Aunque el Ayuntamiento de Bakio ya dispone de proyectos antiguos de encauzamiento del Estepona en el núcleo urbano los mismos se basaban en actuaciones duras de canalización de los cauces mediante la canalización y el hormigonado de los mismos. Sin embargo, dicho planteamiento no se considera adecuado a los objetivos ambientales del momento actual y se inicia una colaboración para estudiar la manera de buscar soluciones a la problemática de inundabilidad aumentando el capital natural y paisajístico del núcleo urbano, con el objetivo



Figura 16. Localización de las actuaciones propuestas.



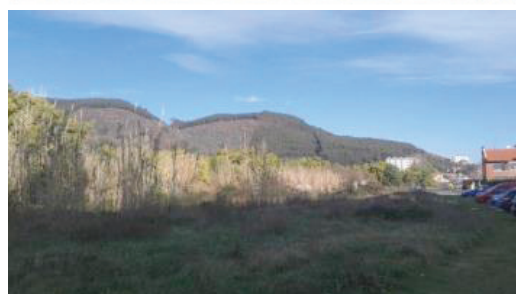
Figura 53. Fotografía del frente de onda progresando hacia aguas arriba (derivando de la imagen al frente) en el río Estepona en Bakio
<https://www.youtube.com/watch?v=9277N8agG0>

de desarrollar para Bakio un tratamiento alternativo, orgánico y adaptado ambientalmente.

En los Objetivos y Criterios generales del planeamiento del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Bakio, surgen como uno de los principales objetivos del futuro planeamiento la reconciliación de Bakio con el entorno privilegiado en que se ubica y del que ha crecido a espaldas. En dicha transformación se configura el río Estepona y sus distintas zonas naturales o urbanas de inundación asociadas, que el citado documento propone no artificializar en ningún caso, como un elemento clave para la recuperación tanto de la calidad urbana propiamente dicha como para la recuperación de funcionalidades ecológicas entre el núcleo urbano y el resto del territorio.

Dada la complejidad de las particulares interacciones mar- río en el Estepona, no analizables por medios convencionales, incluido el conocido fenómeno de la ola fluvial del Estepona, se procedió a la contratación de un estudio especializado que permitiera la definición del modelo. Dicha solicitud se plasma en la suscripción de un Convenio entre el Ayuntamiento de Bakio, la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la Universidad del País Vasco (UPV-EHU) para la ejecución de un Estudio Ambiental e Hidráulico para el río Estepona. El citado estudio es redactado por los ingenieros Juan Pedro Martín Vide y Carles Ferrer Boix, por parte de la UPC, analizando los aspectos hidráulicos, y por José Ramón Díez, por parte de la UPV-EHU, analizando los aspectos ambientales.

El citado estudio establece medidas de mejora hidráulica y ambiental para cada ámbito del río Estepona abogando en su informe final por sustituir las actuaciones duras previstas en los cauces por una serie de actuaciones blandas e integradas ecológicamente. La principal conclusión del mismo es la propuesta de una actuación conjunta en los tramos 2 y 3, mediante la creación de una marisma interior y un bosque inundable en los parques interiores de Bakea y Solozarre. Se decidió, asimismo, fruto del citado estudio, posponer para un estudio posterior, por sus dificultades económicas y técnicas, la actuación en el tramo de desembocadura del río.



Creación de marisma interior y bosque inundable en núcleo urbano de Bakio

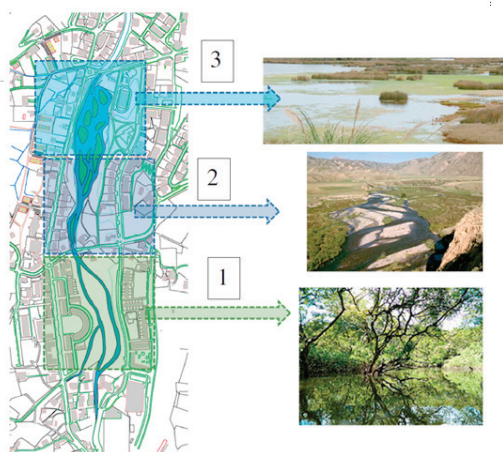
Fruto de dicho proceso previo, se han simultaneado distintas acciones de menor tamaño de intervención en la cuenca fluvial, con la citada intervención principal. La misma se desarrolla en dos parques urbanos centrales del municipio que no se llegaron a urbanizar completamente en los que se plantea la creación de llanuras de inundación de gran superficie que mejoren las condiciones de inundabilidad del núcleo urbano.

La propuesta ha sido desarrollado por SCIA SL a través de un anteproyecto con la colaboración de Ambientalia 21 y Aranzadi, y ha sido incluido en el proyecto LIFE urban Klima 2050 liderado por Ihobe. Los objetivos de la citada actuación serían los siguientes:

- Mejorar las condiciones de inundabilidad del centro urbano de Bakio, que se encuentra en su práctica totalidad incluido en zona inundable, cuya problemática



ANTEPROYECTO MARISMA Y BOSQUE INUNDABLE (BERRINGURUMENA 2018)



- mejora notablemente con dicha actuación combinada.
- Planteamiento de una alternativa a las condiciones de inundabilidad adaptada a las particulares relaciones mar-río y al fenómeno de la ola fluvial del Estepona que causa periódicamente importantes daños materiales.
- Mejora de calidad urbana y ambiental mediante la generación de espacios verdes ligados al río Estepona de alta calidad ambiental.
- Adaptación al cambio climático mediante la creación de zonas inundables litorales.
- Establecimiento de mecanismos de aprendizaje y adaptación al riesgo ante el previsible aumento del nivel del mar y el incremento de la fuerza de los fenómenos meteorológicos descritos. Sistemas de alerta temprana.
- Mejora de las condiciones de biodiversidad del entorno urbano ligada a la creación de dicha marisma interior, a los fenómenos de floculación que se propiciarán en la misma tras su restauración, así como los derivados de la restauración ambiental del parque de Solozarre en bosque inundable.
- Eliminación del importante foco de flora invasora existente de mimosa (*acacia dealbata* y *acacia melanoxylon*) en la ribera del Estepona por inundación
- Establecimiento de una solución de las problemáticas de inundación que no suponga el drenaje sistemático de otros ámbitos urbanos inundables que albergan importantes valores ambientales asociados. En este sentido, se ha tenido en cuenta las relaciones con distintas llanuras inundables o con la zona húmeda de Errenteria identificada como de alto valor en el estudio realizado. Introducción de medidas correctoras en dichos ámbitos asociados.
- Mejora de los servicios ecosistémicos ligados al medio urbano estimándose sus principales servicios en evitar daños por inundación, evitar daños por subida del nivel del mar, evitar pérdidas de suelo de alto valor agrológico y ecológico, aumento de resiliencia ante fenómenos de sequías persistentes, evitar la formación de islas de calor, fomentar la absorción de CO₂,

reducción de la contaminación y mejora de la calidad de vida en los espacios urbanos.

- Solución a la problemática de contaminación de suelo existente en el parque de Solozarre por vertidos previos a caracterizar y extraer en el desarrollo de la actuación citada.



INUNDABILIDAD - BIODIVERSIDAD - USO PÚBLICO

Agradecimientos:

Proyecto ejecución financiado por la Unión Europea: LIFE 18 IPC/ES/000001 LIFE-IP URBAN KLIMA 2050, así como por Ihobe, Socialdad Pública de Gestión Ambiental de Gobierno Vasco a través de la convocatoria Berringurumena en la fase de diseño, y por el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda de Gobierno Vasco a través de las ayudas a ayuntamientos, mancomunidades, entidades locales, organismos autónomos locales, agencias de desarrollo local y sociedades mercantiles locales, que promuevan el desarrollo sostenible y por la Agencia Vasca del Agua (URA).

Caracterización océano-meteorológica de eventos adversos por riesgo marítimo-costero: impacto en costa en la CAV

Egaña, Joseba^{1,2}, Gaztelumendi, Santiago^{1,2}

Palabras clave: evento, océano-meteorología, adverso, severo, oleaje, ciclogénesis

Introducción

Consideramos evento adverso todo evento océano-meteorológico capaz de producir directa o indirectamente daños de cierta consideración a las personas o a sus bienes. En particular, en el ámbito marítimo-costero competencia de la Agencia Vasca de Meteorología (Euskalmet) se consideran tres tipologías de impacto en litoral, las asociadas a giros bruscos e intensificación y propagación de viento en la franja costera (Galernas), las relativas a mal estado de la mar (Navegación) y las relativas al rebase por impacto del oleaje y sobrelevación del nivel del mar (Impacto en costa) (Gaztelumendi et al, 2016a).

El invierno 2013-2014 es totalmente excepcional desde el punto de vista de temporales de mar, no tanto por ser temporales con alturas significativas de oleaje excepcionales, sino por el número de temporales y por los altos periodos del oleaje y los daños generados en la costa, debido a la coincidencia de la llegada del oleaje de alta energía con mareas vivas (Egaña et al, 2014a, Gaztelumendi et al 2014). De hecho, el temporal más importante de los últimos años y del periodo analizado se produce durante ese invierno, en el entorno del 2 de febrero de 2014 (Egaña et al, 2014b). A raíz de los eventos que suceden durante ese invierno se realizan diversos estudios por parte de Azti y Tecnalia para determinar los factores más relevantes e influyentes para que se produzca impacto en costa. De esta forma se establecen unos índices de rebase que dependen del nivel del mar y del run-up, que depende a su vez de las características del oleaje (altura significativa, periodo pico y dirección del oleaje) y factores de configuración de la costa (Liria et al, 2014, Stockdon et al, 2006).

En este trabajo se han recopilado y analizado los eventos más relevantes por su grado de impacto en la costa de la CAV que nos han afectado a lo largo de este siglo, caracterizándolos desde el punto de vista océano-meteorológico.

Metodología

Se consideran los eventos más relevantes del periodo 2001-2018 que han generado impacto en costa, en función de diferentes análisis de datos de oleaje, nivel del mar y por tanto de los índices de rebase, pero principalmente por el análisis de los daños causados. La principal fuente de información consiste en los datos proporcionados por el Consorcio de Compensación de Seguros, en base a los expedientes no denegados correspondientes a los territorios históricos de Bizkaia y Gipuzkoa para la causa “embate de mar” (Gaztelumendi 2020a). Se trata esta información normalizando campos, homogeneizando datos y se aplican diferentes técnicas de análisis multivariante con objeto de agrupar los diferentes tipos de daños y eventos (Gaztelumendi et al, 2016b, 2020a). Así mismo en base a la información océano-meteorológica disponible en Euskalmet, a partir de diferentes redes de observación, se han seleccionado eventos de fuerte oleaje energético, realizando análisis estadísticos de los principales parámetros océano-meteorológicos. Teniendo en cuenta toda esta información, se seleccionan los eventos más relevantes durante el periodo de estudio y se analizan los tipos de tiempo y las características del oleaje.

Resultados y discusión

En general, las situaciones que generan fuerte oleaje siguen patrones meteorológicos bastante similares. Se producen bajo circulaciones zonales muy intensas, que a veces pueden presentar cierta ondulación. En el marco de estas intensas circulaciones se forman profundas borrascas con movimiento oeste-este, y pueden presentar desviaciones hacia el norte o hacia el sur. La lejanía o cercanía, profundidad y trayectoria de estas borrascas modifica las características del tiempo y el oleaje, puesto que condiciona los tres aspectos más importantes para caracterizar el oleaje, que son la intensidad del viento en la zona de generación, la duración de la fuerza del viento y el alcance. Durante el periodo de estudio se producen en torno a 30 eventos relevantes. En la Tabla 1 recogemos a modo de resumen diferentes aspectos de interés para el análisis de los eventos más relevantes.

Podemos constatar cómo el 90 % corresponde a circulaciones zonales siendo el elemento dominante en superficie las bajas presiones en torno a las Islas Británicas. Teniendo en cuenta la clasificación de tiempo severo de Euskalmet (e.g. Egaña et al., 2006) el 46% corresponde a temporales del noroeste, 29 % a llegada de mar de fondo y el 25 % a borrascas profundas

¹ Basque Research and Technology Alliance (BRTA), TECNALIA, Energy and Environment Division, Meteorology Area. Parque Tecnológico de Álava, Vitoria-Gasteiz, 01510, Araba

² Basque Meteorology Agency (Euskalmet), Parque Tecnológico de Álava, Vitoria-Gasteiz, 01510, Araba
E-mail: joseba.egana@tecnalia.com

próximas. Si tenemos en cuenta los daños por impacto en costa, la mayor parte de estos daños está generado con una situación de llegada de mar de fondo.

Considerando aspectos meteorológicos, la mayoría de los eventos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Profundas depresiones que se desplazan por el Atlántico con dirección oeste-este y que siguen un marcado flujo zonal a través de latitudes superiores a las nuestra, alrededor de las Islas Británicas. En este caso muchas de las veces estas depresiones son originadas por ciclogénesis explosivas, pero su paso es tan lejano a la CAV que no tiene consecuencias en cuanto a adversidad por viento, siendo la llegada de oleaje en forma de mar de fondo a nuestra costa el único factor de adversidad que nos genera.
- Bajo circulaciones zonales intensas se establece un intenso flujo del noroeste con un alto recorrido por el mar entre el anticiclón de las Azores y borrascas que se sitúan en las Islas Británicas o en Francia, que muchas veces no son tan profundas, pero entre ambos sistemas béricos el recorrido es tan alto que se genera oleaje muy significativo. En este caso, se combina la mar de fondo y la mar de viento. En estos casos Hs puede llegar a ser muy alto, incluso más alto que en el caso anterior, pero el periodo pico suele ser menor.

Tabla 1. Características océano-meteorológicas de los eventos más relevantes del siglo XXI. (Z: Zonal, M: Meridiano, BB: Baja Británica, AA: Alta Azores, BGB: Baja Golfo de Bizkaia)

#	Fecha	Sinóptico	Severo	Hs max (m)	Tp (s)	Dir	Max NM (m)	Hs max en max NM (m)	Tp en Max NM (s)	Efectos (k€)
1	19/04/2004	Z, BB	T.noroeste	7,8	14-15	--	4,4	7,2	12,6	35
2	18-19/01/2005	Z, AA	T.noroeste	10,8	17-20	--	3,5	7,8	18,0	65
3	17/02/2006	Z, BB	Fondo	8,3	15-18	300-310	4,3	7,7	14,5	29
4	25/01/2007	M, BGB	Borrasca	5,8	8-10	360	4,2	5,4	9,3	238
5	10/02/2007	Z, BB	T.noroeste	9,7	17	290-300	3,4	9,1	17,0	10
6	12/02/2007	Z, BB	Borrasca	10,3	17	290-300	3,2	9,7	17,0	4
7	7-8/03/2007	Z, BGB	Borrasca	11,3	12-14	290-300	4,2	10,0	12,0	
8	19-20/03/2007	M, AA	T.noroeste	8,6	12-14	320-330	5,0	7,1	13,0	1.039
9	10/12/2007	Z, BB	T.noroeste	11,6	17-18	310	4,1	9,9	15,0	3.125
10	10-11/03/2008	Z, BB	Fondo	11,6	20	300-310	4,7	9,7	15,0	14.917
11	23-24/01/2009	Z, BGB	Borrasca	13,7	15-17	290-300	3,4	12,0	16,0	2
12	10/02/2009	Z, BB	Borrasca	7,1	13-15	290-300	4,5	6,7	13,0	27
13	05/03/2009	Z, BB	T.noroeste	9,3	13-15	310-320	3,2	8,5	14,0	
14	08/11/2009	Z, BB	T.noroeste	9,7	16-18	310	4,0	9,1	12,5	11
15	8-9/11/2010	M, BB	T.noroeste	10,6	17-20	290-300	4,2	9,2	14,5	2.983
16	14-17/12/2011	Z, AA	Borrasca	8,3	15-18	300	4,0	6,3	15,0	45
17	18-19/04/2012	Z, BB	T.noroeste	8,0	15-17	300-310	4,4	5,7	15,0	
18	23-24/04/2012	Z, BB	T.noroeste	8,2	13-15	290-300	4,2	6,2	14,0	
19	28/01/2013	Z, BB	Fondo	7,5	15-17	300	4,4	4,9	12,5	
20	11-12/02/2013	Z, BB	T.noroeste	9,1	15	290-300	4,5-4,8	6,4	14,5	
21	3-4/01/2014	Z, BB	Fondo	7,2	16-18	290	4,8	6,9	16,0	5.005
22	6-7/01/2014	Z, BB	Fondo	10,1	23	290-300	4,0	9,5	23,0	270
23	27-28/01/2014	Z, BB	T.noroeste	7,9	16-17	290-300	3,7-4	6,6	17,0	608
24	1-2/02/2014	Z, BB	Fondo	8,5	20	290-300	4,9	8,1	19,0	18.559
25	05/02/2014	Z, BB	Fondo	9,5	17-18	290-300	3,9	8,0	17,5	
26	8-9/02/2014	Z, BB	Fondo	10,5	20	290-300	3,3	10,3	18,5	
27	28/02-01/03/2014	Z, BB	Borrasca	8,9	15-17	300-310	4,4-4,8	6,1	16,5	
28	3-4/03/2014	Z, BB	T.noroeste	11,1	19	290-300	4,6-4,8	8,6	18,5	621
29	8-9/02/2016	Z, BB	Fondo	9,5	20	305	4,69	9,5	20	3068

Una situación singular es la derivada del paso de borrascas muy profundas cercanas a la costa vasca, como es el caso de la ciclogénesis explosiva Klaus. En ese caso (Egaña et al, 2010) se producen numerosos daños debido al viento, y en la mar la altura significativa (Hs) llega a valores máximos registrados en nuestra red de observación, pero apenas genera problemas por impacto en costa, debido a que coincide con niveles del mar muy bajos. Además, en situaciones de este tipo el periodo pico tampoco llega a ser tan alto como en otros casos.

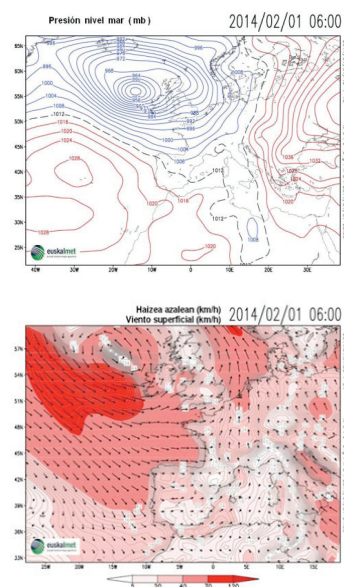


Figura 1. Momento de máximo impacto en costa: en la pleamar de la madrugada del 2 de febrero de 2014. Mapa de presión a nivel del mar y mapa de viento medio en superficie a las 6 UTC del día 1 de febrero de 2014. Evento que más daños ha generado hasta el momento. Una profunda borrasca en el Atlántico al noroeste de las Islas Británicas que se profundiza rápidamente hasta alcanzar los 940 mb. La llegada de la mar de fondo con Hs en torno a 8 m en aguas profundas y periodos pico en torno a 20 segundos, coincide con un nivel del mar en torno a 4,9 m.

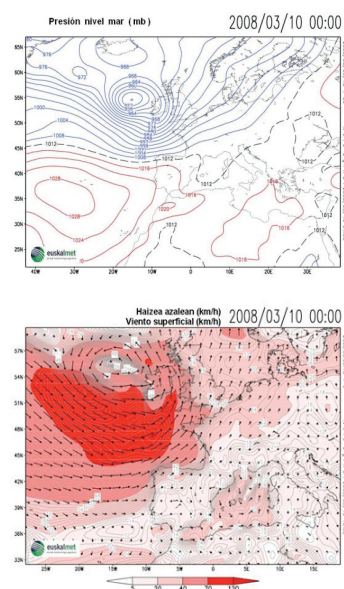


Figura 2. Momento de máximo impacto en costa: en la pleamar de la madrugada del 11 de marzo de 2008. Mapa de presión a nivel del mar y mapa de viento medio en superficie a las 0 UTC del día 10 de marzo de 2008. Una profunda borrasca en el Atlántico al oeste de las Islas Británicas con un mínimo de presión de 946 mb. La llegada de la mar de fondo con Hs en torno a 10 m en aguas profundas y periodos pico en torno a 15 segundos, coinciden con un nivel del mar en torno a 4,7 m.

En los dos eventos más relevantes del periodo de estudio (10-11 de marzo de 2008 y el 1-2 de febrero de 2014), se producen más del 65% de los daños totales. En los dos casos (ver tabla 1) la situación meteorológica es de similares características estando condicionada por el desplazamiento de una borrasca profunda generada por ciclogénesis explosiva, de oeste a este, situándose en el momento del mínimo de presión al oeste de las Islas Británicas. Así, lo más relevante es la llegada de mar de fondo muy energético y la coincidencia de niveles del mar muy altos en las pleamares (ver Figuras 1 y 2).

Conclusiones

En el País Vasco las situaciones de fuerte oleaje se producen la mayor parte de las veces debido a oleaje generado por borrascas profundas lejanas que llega a la costa vasca como mar de fondo, o por temporales del noroeste con alto alcance. La coincidencia de fuerte oleaje con mareas vivas puede producir impacto en costa, generando daños relevantes.

La peor combinación es un tipo de oleaje que se genera por borrascas muy profundas, la mayoría formadas por ciclogénesis explosivas, lejos de nuestra zona, al oeste de las Islas Británicas, y que se propaga hasta la costa vasca, llegando como mar de fondo de periodo muy alto, es decir un oleaje muy energético. La llegada de este tipo de oleaje en combinación con mareas vivas y las horas de pleamar puede causar graves consecuencias en la costa. Los daños serán relevantes si se superan los umbrales de 7 metros de Hs en pleamar, 14 segundos de Tp en pleamar y niveles del mar superiores a 4,5 metros.

Desde el punto de vista del impacto en costa, los parámetros océano-meteo fundamentales a considerar son Hs (altura de ola significativa), Tp (periodo pico) y NM (astronómico + meteorológico). Cuanto mayores sean estos valores, mayores son los daños generados. Para determinar por tanto si un evento de oleaje puede generar impacto en costa se deben tener en cuenta las características del oleaje y el nivel del mar. Esta información se puede integrar en diferentes índices de rebase que permiten estimar el grado de severidad potencial de un evento dado y el orden de magnitud de los posibles daños. La capacidad operativa depende, entre otros factores, de la disponibilidad de modelos numéricos predictivos que cubran el área de interés (Gaztelumendi et al, 2020b, 2009, 2008, Ferrer et al, 2009, 2007).

Referencias

- Egaña, J., Gaztelumendi, S., Gelpi, I.R. and Otxoa de Alda, K., 2006. Synoptic characteristics of extreme wind events in the Basque Country. 6th EMS Annual Meeting 6th European Conference on Applied Climatology (ECAC). 4 - 8 September 2006. Ljubljana, Slovenia.
- Egaña, J., Gaztelumendi, S., Gelpi, I.R. and Otxoa de Alda, K., 2010. Analysis of oceano-meteorological conditions during Klaus episode on Basque Country area. 10th EMS Annual Meeting 8th European Conference on Applied Climatology (ECAC), 13-17 September 2010. Zurich, Switzerland.
- Egaña, J., Gaztelumendi, S. and Hernández, R., 2014. Analysis of 2014 winter patterns and its effects in Basque Country coastal area. 14 th EMS. 10 th ECAC, 06 – 10 October 2014. Prague, Czech Republic.
- Egaña, J. and Gaztelumendi, S., 2014. Destructive combination of strong waves and tides in the Basque Country: The 2 February 2014 case. 7 th EuroGOOS Conference. 28-30 October 2014. Lisbon, Portugal.
- Ferrer, L., González, M., Valencia, V., Mader, J., Fontán, A., Uriarte, Ad., Caballero, A., 2007. Operational coastal systems in the Basque Country region: modelling and observations. Proceedings of the 17th Int. Offshore (Ocean) and Polar Eng. Conf., ISOPE, 1-7 July 2007, Lisbon, Portugal, 3: 1736-1743.
- Ferrer, L., González, M., Fontán, A., Mader, J., Uriarte, Ad., Gaztelumendi, S., Egaña, J., Gelpi, I.R., Otxoa de Alda, K., Morais, A., Aranda, J.A., 2009. Towards a future strategy in oceanography and meteorology for the Basque Country". GLOBEC International Newsletter, Vol. 15, No. 1, April 2009, pp. 54-55.
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Gelpi, I. R. and Otxoa de Alda, K., 2008. The Euskalmet wave forecast system: preliminary results and validation. Proceedings of the 5th EuroGOOS Conference, Coastal to Global Operational Oceanography: Achievements and Challenges, 4pp.
- Gaztelumendi, S., González, M., Egaña, J., Rubio, A., Gelpi, I.R., Fontán, A., Otxoa de Alda, K., Ferrer, L., Alchaarani, N., Mader, J., Uriarte, Ad., 2009. Implementation of an operational oceanometeorological system for the Basque Country. *Thalassas*, 26 (2): 151-167.
- Gaztelumendi, S. and Egaña, J., 2014. Analysis of maritime-coastal severe events in Basque Country during 2014 winter. 7th EuroGOOS Conference. 28-30 October 2014. Lisbon, Portugal.
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Liria, P., Gonzalez, M., Aranda, J.A. and Anitua, P. 2016a. The new Euskalmet coastal-maritime warning system. *Advances in Science & Research* 13, 91-96.
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Liria, P., Gonzalez, M., and Aranda, J.A., 2016b. Analysis of coastal impact in Basque Country. 16th EMS Annual Meeting. 11th European Conference on Applied Climatology (ECAC). 12 - 16 September 2016. Trieste, Italy
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Liria, P., and Aranda, J. A. 2018. Description of a coastal impact event in Basque Country: the 9 February 2016 case, *Adv. Sci. Res.*, 15, 137-143.
- Gaztelumendi, S. 2020a. Caracterización de daños por embate de mar en las costas de Bizkaia y Gipuzkoa. *Uhinak* 2020
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Gelpi, I. R., Aranda, J.A. 2020b. Los avisos/alertas/alarmas por riesgo marítimo-costero en la CAV Uhinak 2020.
- Liria, P., Epelde, I., Gaztelumendi, S., Egaña, J., Gelpi, I. R., Carreño, S., Gonzalez, M., and Aranda, J.A., 2014. Los temporales de enero, febrero y marzo de 2014 dentro del contexto del clima marino de la costa vasca. Efectos sobre las infraestructuras costeras y las playas, XVI Congreso y Exposición ECOPLAYAS. 5-7 november. Bilbao, Spain.
- Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., and Sallenger, A. H., 2006. Empirical parametrization of setup, swash and run up, *Coast. Eng.*, 53, 573-588.

Caracterización de daños por embate de mar en las costas de Bizkaia y Gipuzkoa

Gaztelumendi, Santiago^{1,2}

Palabras clave: embate de mar, daños, impacto litoral, costa vasca, vulnerabilidad, seguros.

Introducción

La Comunidad Autónoma Vasca (CAV) se ve afectada regularmente por episodios marítimo-costeros adversos que a menudo provocan cierto grado de impacto en la franja litoral, generalmente como consecuencia del efecto combinado de oleaje energético y mareas vivas. La caracterización de dicho impacto es una tarea compleja en la que se deben tener en cuenta multitud de aspectos, incluyendo las relativas al propio fenómeno severo (altura de ola, periodos, mareas, viento, etc.), las relativas al entorno físico (configuración costa, pendiente, orientación, etc.) o diversos factores antrópicos (ocupación, usos, demográficos, socioeconómicos, etc.) entre otros.

El daño provocado a un determinado elemento del litoral es la consecuencia de su vulnerabilidad y su exposición a un peligro (fenómeno océano-meteorológico adverso) y por lo tanto una manifestación integrada del impacto durante un evento concreto. El estudio de las características espacio-temporales de la magnitud del daño aporta al conocimiento de la vulnerabilidad, del propio peligro y de su impacto. En la medida que podamos relacionar la magnitud de los daños con variables o índices físicos medibles en diferentes episodios pasados, podremos aplicar dichas relaciones para cuantificar el potencial impacto en situaciones futuras y sentar las bases para la implementación de sistemas de avisos y alerta temprana basados en impacto (WMO 2015, Gaztelumendi 2019).

La causa “impacto en litoral” se contempla formalmente en el sistema operativo de avisos/alertas/alarmas por riesgo marítimo-costero de Gobierno Vasco desde el año 2015 (Gaztelumendi et al 2016, GV 2018). Para su implementación se llevaron a cabo diferentes estudios por parte de AZTI y Tecnalia en el contexto EMERMAR con financiación de GV y Europa. En estos trabajos se consideraron diversas fuentes de datos observacionales disponibles en la CAV y su entorno (red de instrumentación de GV, boyas, mareógrafos, etc.), incluyendo por primera vez en contexto operativo información

cuantitativa de partes de daños proporcionada por el Consorcio de Compensación de Seguros (CCS) (e.g. Gaztelumendi et al 2014, 2016a, 2016b). Así mismo, este tipo de datos ha sido empleado en diversos estudios de episodios severos con el objeto de categorizar y contextualizar su impacto (e.g. Egaña et al 2014, 2020, Gaztelumendi et al 2018). El trabajo que aquí presentamos de forma resumida, supone una ampliación y profundización en el estudio y caracterización de daños en el litoral de la CAV mediante el análisis de partes por “embate de mar”, en este caso los abonados por el CSS en 23 años de incidentes ocurridos en Bizkaia y Gipuzkoa.

Metodología y datos

En esta contribución presentamos un análisis espacio-temporal de los daños en las zonas costeras de Bizkaia y Gipuzkoa, empleando como proxy los datos de indemnizaciones abonadas por el CCS por embate de mar durante el periodo 1996-2018. El conjunto inicial de datos consiste en diferentes hojas Excel con información bruta que incluye (en la mayor parte de los casos) clase de riesgo, cuantía económica abonada, fecha del siniestro, población y código postal. Tras un proceso de validación semiautomático y depuración manual de errores e inconsistencias en los datos brutos, se construye una única serie con 1795 partes de siniestros con información referente al día del siniestro (D), la cuantía económica abonada (C), la clase de riesgo (R), código postal, municipio (M), comarca y territorio histórico. Esos datos se analizan considerando diferentes agregaciones, empezando por su distribución temporal a escalas diaria, mensual, estacional y anual a modo de climatología de daños. Así mismo, se analizan sus principales características espaciales considerando diferentes agregaciones territoriales (municipal, comarcal, territorio histórico). Finalmente se estudia la tipología de daños en su contexto espacio-temporal y otros aspectos de potencial interés en el ámbito de la vulnerabilidad. Todo el tratamiento de datos, agregaciones espacio-temporales, análisis estadísticos y representaciones gráficas se llevan a cabo a partir de diferentes scripts preparados por el autor empleando R (R Core Team 2020) y Excel.

Resultados y discusión

Durante el periodo de 23 años analizado se han abonado 1795 partes de siniestro por embate de mar por una cuantía total de más de 48 millones de euros, dichos daños corresponden a 121 días en los cuales 31 municipios de la CAV se han visto afectados.

¹ Basque Research and Technology Alliance (BRTA), TECNALIA, Energy and Environment Division, Meteorology Area. Parque Tecnológico de Álava, Vitoria-Gasteiz, 01510, Araba

² Basque Meteorology Agency (Euskalmet), Parque Tecnológico de Álava, Vitoria-Gasteiz, 01510, Araba
E-mail: santiago.gaztelumendi@tecnalia.com

Si consideramos la distribución anual de incidentes (ver figura 1 y 2), el 74% de los años analizados presenta menos de 30 partes por año por una cuantía inferior a 70.000 € (70k€), viéndose afectados menos de 6 municipios. El 26% restante (1996, 1998, 2007, 2008, 2010, 2014 y 2016) acumula el 90,2% de partes (P), el 99,1% de costes (C) producidos durante el 47,9% de días (D) correspondientes al 39,8% de días sucesivos con incidentes o eventos (E). Destacando particularmente el año 2014 y 2008 en el que se registran el 64% y 70% de los partes y costes totales respectivamente.

A escala estacional (ver figura 1 y 2) se constata la relevancia de los incidentes ocasionados durante los inviernos y las primaveras seguidos por el otoño, así como la ausencia de incidentes durante el verano. El 62%, 31% y 7 % de los partes por una cuantía económica del 56%, 38% y 6% que se producen durante 75, 22 y 24 días, corresponden al invierno, otoño y primavera respectivamente. Por su parte el 63% de eventos se produce en invierno cuando se ven afectados 29 municipios diferentes, el 24% en otoño con

20 municipios y el 13% en primavera con 21 municipios afectados.

A escala mensual (ver figura 1 y 2) destacan febrero y marzo con un 46% y 29% de los partes y un 43% y 38% de las cuantías económicas abonadas, lo que supone más del 75% de todos los partes por un valor superior al 80% del total. Durante los meses de noviembre, diciembre y enero se producen el 6%, 5% y 11% de los incidentes correspondientes al 6%, 6% y 7% de los gastos respectivamente, el resto de meses del año se registran menos del 3% de partes por cuantía inferior a 0.2% total. Enero, febrero y marzo son los meses con un mayor número de días con partes (25%, 19% y 17% del total respectivamente), sin embargo, los meses en los que mayor número de municipios se ven afectados son febrero y marzo (87% y 68%).

A escala diaria (ver figura 1), el día con mayor número de incidentes es el 2 de febrero de 2014 con 572 (31,8% del total) por una cuantía de 13815 K€ (28,7% del total). Por su parte los 10 peores eventos (12% total) que agrupan al 24% de los días se registran el 87,4% de los partes con el 96,3% de los costes totales.

	TOTAL	MESES ANUALES	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
P	1795 <td>78.0</td> <td>13</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td>	78.0	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C	48064.3	2089.8	3737.4	0.4	788.4	17.8	21.6	18.2	4.5	18.1	34.7	65.8	37.9	4435.3	14919.8	53.3	2887.0	50.7	0	22.5	18185.5	20.2	2587.9	321.5	25.2	3067.3	195
D	121	5.3	7	1	6	4	9	5	3	7	2	2	5	13	7	7	5	5	0	6	18	2	2	2	3	31	23
M	151	6.6	9	1	5	2	3	1	2	3	1	3	3	14	17	4	16	3	0	4	27	3	19	6	5	15	27
KE/P	308.5	13.4	133.3	0.4	107.7	1.3	1.3	1.8	1.1	1.3	1.4	2.6	2.7	36.1	37.5	4.4	30.2	6.3	0	2.0	24.2	5.0	18.2	2.9	3.6	15.7	25.0
KE/D	6168.4	268.2	533.9	0.4	131.5	4.5	2.4	3.6	1.5	2.6	17.3	32.9	7.6	341.2	2131.4	7.6	597.4	10.1	0	3.7	1010.3	10.1	1293.9	16.1	8.4	98.9	891.8
KE/M	2929.0	127.3	455.3	0.4	157.8	8.9	7.2	18.2	2.2	6.0	34.7	21.9	12.6	316.8	877.6	33.3	186.7	16.9	0	5.6	473.5	6.7	136.2	5.4	5.0	204.5	759.7
P/D	270.2	11.7	4.7	1.0	12.3	3.5	1.8	2.0	1.3	2.0	12.5	12.5	2.8	9.5	96.9	1.7	19.8	1.8	0	1.8	41.7	2.0	71.0	5.5	2.3	6.3	35.7

Figura 1. Número de partes (P), cuantía abonada (C en k€), número de días (D), número de municipios (M) y algunas ratios de interés (KE/P, KE/D, KE/M, P/D) para distintas agregaciones temporales, incluyendo los valores totales, promedio, anuales, mensuales, estacionales y algunos diarios (se seleccionan los 5 días con mayor número de partes, coste y número de municipios afectados).

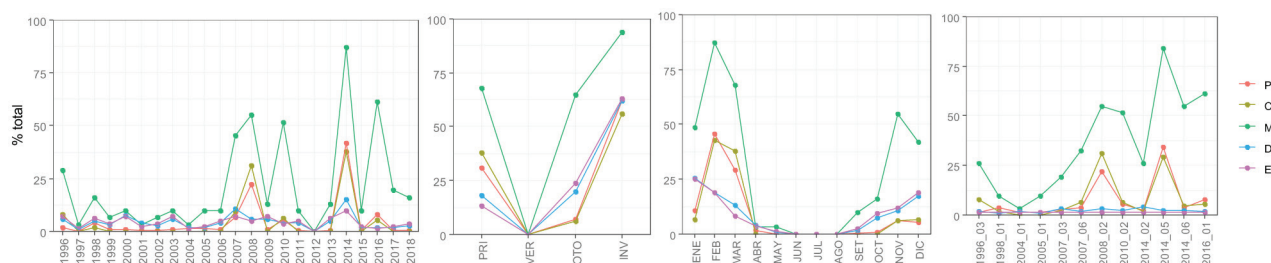


Figura 2. Distribución porcentual anual, estacional, mensual y 12 peores eventos de izquierda a derecha de partes de siniestros (P), cuantía abonada (C), número de municipios (M), número de días (D) y de eventos (E) para todo el periodo de estudio.

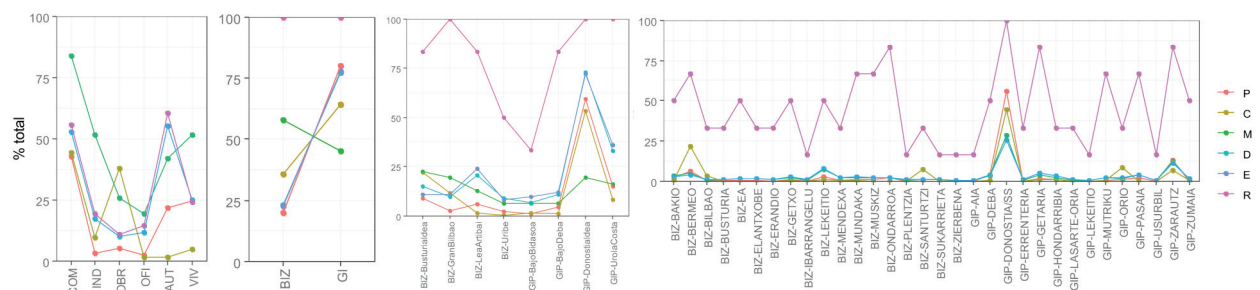


Figura 3. Distribución porcentual por clase de riesgo, territorio, comarca y municipio (de izquierda a derecha) de partes de siniestros (P), cuantía abonada (C), número de municipios (M), número de días (D), eventos (E) y clases de riesgo (R) para todo el periodo de estudio.

Considerando los aspectos espaciales, es relevante la desigual distribución de daños por Territorio Histórico (ver figura 3). En Gipuzkoa con 66 km de litoral y 10 municipios costeros se registran incidentes por el 80% y 64% de todos los partes y euros abonados respectivamente. Por su parte en Bizkaia con 28 municipios costeros y 154 km de litoral se registran el 20% de partes con el 36% del coste. Mientras que en Gipuzkoa los daños afectan a todos los municipios del litoral, en Bizkaia afecta a 18, así mismo en Gipuzkoa se registra algún tipo de parte durante 108 de los 121 días posibles (89%), en Bizkaia se reduce a 33 días (27%).

A nivel municipal (ver figura 3), en los municipios de Donostia, Bermeo, Orio, Santurtzi, Zarauz y Bilbao se abonan cantidades totales superiores al millón de euros. Sólo en Donostia, Zarauz, Bermeo y Deba se registran más de 50 partes. Donostia se ve afectada durante el 70% de los eventos, Zarautz el 30%, Lekeitio el 23%, mientras que Getaria, Bermeo, Pasaia y Deba se ven afectadas durante el 10-12% de los eventos.

A nivel comarcal, aunque en las 8 comarcas costeras de la CAV (4 en Bizkaia y 4 en Gipuzkoa) se abonan partes (ver figura 3), en Donostialdea se registran el 59% de los partes por el 53% del valor total durante el 73% de los días. Le siguen en número de partes Urola Costa, Busturialdea, Lea Artibai y Bajo Deba acumulan respectivamente el 15%, 9%, 6% y 5% de incidentes ocurridos durante el 40%, 25%, 18% y 13% de días de impacto.

En relación a la tipología de daños, si analizamos las clases de riesgo (R) presentes en los partes del CCS (ver figura 3), podemos apreciar cómo los daños en comercios (COM), industrias (IND), infraestructuras (OBR), oficinas (OFI), vehículos (AUT) y viviendas (VIV) se producen en el 83%, 51%, 25%, 19%, 41% y 51% de los municipios durante el 52%, 17%, 10%, 11%, 55% y 25% de los días respectivamente. Los partes de daños en comercios y oficinas suponen el 45% por un coste del 46% del total. Los incidentes relacionados con industrias y puertos, con un coste medio de 150k€ por parte, suponen el 48% del coste total con tan sólo el 8% de los partes. Esta situación se invierte en el caso de los partes asociados a viviendas y vehículos que suponen el 46% del total de partes para el 6% del total de euros, con un coste medio de 4k€ por parte.

Conclusiones

Este trabajo, se enmarca dentro de las líneas de estudios y proyectos que mantenemos en Tecnalia y Azti en relación a la caracterización del impacto, la definición de sistemas de avisos y el desarrollo de sistemas océano-meteorológicos de alerta temprana para su transferencia e implementación operativa en Euskalmet. Recordemos que no todos los servicios meteorológicos (SMHN) enfocan sus esfuerzos hacia el impacto y la cuantificación del riesgo. De hecho, en la mayoría de los países, los SMHN están habilitados para predecir el tiempo, pero no están habilitados directamente para describir los impactos (WMO 2015). De forma que la predicción y avisos de

los impactos incumben exclusivamente a los organismos para la reducción de desastres y protección civil. En Euskadi somos pioneros, y ambos aspectos se consideran de forma integral en la Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología (DAEM) del Departamento de Seguridad de Gobierno Vasco, que dispone de procedimientos y herramientas específicas de vigilancia y predicción de situaciones adversas que incluyen específicamente el riesgo marítimo-costero y particularmente el impacto en litoral (GV 2018, Gaztelumendi et al 2020).

Los diferentes parámetros calculados a partir de las series de partes abonados, nos proporcionan una información diagnóstica (a tiempo pasado) detallada de gran valor, que convenientemente cruzada con ciertos parámetros físicos, nos permite avanzar hacia el porqué, cuándo, dónde y con qué extensión un determinado fenómeno ha producido daños. De hecho, han sido uno de los conjuntos de datos de relevancia para establecer los diferentes umbrales de impacto en el actual sistema de avisos (Gaztelumendi 2019). Recordemos que este tipo de datos tiene una resolución temporal diaria y resolución espacial que en muchos casos llega a código postal. La distribución diaria, anual, mensual y estacional de los daños en el conjunto de la costa de la CAV está en absoluta concordancia con los obtenidos en el análisis de eventos severos de impacto marítimo-costero (e.g. Egaña et al 2020, Gaztelumendi et al 2020).

Las reclamaciones no rechazadas y abonadas por el CCS no representan la totalidad de los daños económicos que se producen durante un episodio adverso, entre otras causas, debido a que afecta exclusivamente a bienes asegurados expuestos (García Canales et al 2010). A pesar de que sólo sean una manifestación parcial del coste económico producido en un evento adverso concreto, estos datos pueden emplearse como proxy de la magnitud y extensión de los daños generados. De forma que los diferentes índices y ratios derivados para diferentes agregaciones espacio-temporales (P, C, M, D, E, etc.) contribuyen claramente a la caracterización del impacto ya que sus valores son consecuencia directa del efecto combinado de la severidad del fenómeno físico y de la vulnerabilidad de las zonas expuestas afectadas del litoral.

Referencias

- Egaña, J., Gaztelumendi, S. and Hernández, R., 2014. Analysis of 2014 winter patterns and its effects in Basque Country coastal area. 14 th EMS. 10 th ECAC, 06 – 10 October 2014. Prague, Czech Republic.
- Egaña, J., Gaztelumendi, S. 2020. Caracterización océano-meteorológica de eventos adversos por riesgo marítimo-costero: impacto en costa en la CAV. Uhinak 2020.
- García Canales, C, Nájera A, 2010, El consorcio de compensación de seguros y la cobertura de los riesgos meteorológicos adversos. cap IV de Fenómenos meteorológicos adversos en España. AMV Ediciones. ISBN: 978-84-96709-88-
- Gaztelumendi S, Egaña J, Gelpi IR, Carreño S, Gonzalez M, Liria P, Rodriguez G, Epelde I, Rubio A, Aranda. JA 2014. "Characterization of coastal-maritime severe events in Basque Country". 7th EuroGOOS Conference. Lisboa. Portugal.
- Gaztelumendi S. Egaña J., Liria P., Epelde I., González M., Aranda J.A., Anitua P. 2016a. Damages Analysis in Basque Coastal Area. ISOBAY

- 15 : XV International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay. Bilbao, 22 – 24 June, 2016.
- Gaztelumendi S. 1,2, Egaña J. 1,2, Liria P.3, González M.3, Aranda J.A. 2016b. Analysis of coastal impact in Basque Country. 16th EMS Annual Meeting 11th European Conference on Applied Climatology (ECAC). 12–16 September 2016 , Trieste, Italy
- Gaztelumendi S., Egaña J., Liria P., Epelde I., González M., Aranda J.A., Anitua P. 2016a. Damages Analysis in Basque Coastal Area. ISOBAY 15 : XV International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay. Bilbao, 22 – 24 June, 2016.
- Gaztelumendi, S., Orbe, I., Salazar, O., Lopez, A., Aranda, J. A., and Anitua, P. 2016a. Delivery and communication of severe weather events in Basque Country: the Euskalmet case, *Adv. Sci. Res.*, 13, 87–90,
- Gaztelumendi S. 1,2, Egaña J. 1,2, Liria P.3, González M.3, Aranda J.A. 2016b. Analysis of coastal impact in Basque Country. 16th EMS Annual Meeting 11th European Conference on Applied Climatology (ECAC). 12–16 September 2016 , Trieste, Italy.
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Liria, P., and Aranda, J. A. 2018. Description of a coastal impact event in Basque Country: the 9 February 2016 case, *Adv. Sci. Res.*, 15, 137–143.
- Gaztelumendi, S. 2019. De los daños a los avisos. Jornada “alerta kostaldean”, 20 Nov 2019, Aquarium Donostia.
- Gaztelumendi, S. 2020. Los avisos/alertas/alarmas por riesgo marítimo-costero en la CAV. Uhinak 2020.
- GV. Plan de predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos. Procedimiento DAEM P005. Gobierno Vasco.
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- WMO. 2015. WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. WMO-No. 1150.

Estudio de los registros de los sistemas de observación Océano-Meteorológicos en situaciones de galerna

Álvarez Mutiozabal, Manuela², Grima Agulló, Ángel² y Maruri Machado, María de las Mercedes¹

Palabras clave: Galerna, Mar Cantábrico, Fenómenos Adversos, Observaciones Océano-Meteorológicas, Costa Vasca.

Introducción

Aunque durante muchos años las galernas fueron temidas por marineros y pescadores del mar Cantábrico, quienes las consideraban un fenómeno adverso por su extrema espontaneidad y violencia que se cobró numerosas vidas, hoy en día constituyen un gran peligro para la actividad cercana a la costa, generando multitud de problemas en costa, en pequeñas embarcaciones, o incluso en las maniobras de los aviones en aeropuertos ubicados en el litoral. Asimismo, su detección exacta sigue siendo complicada, pudiéndose únicamente prever si se darán las condiciones propicias para que se produzca, mediante el uso de modelos meteorológicos y estudios históricos previos que describen el comportamiento del fenómeno [1] [5].

Las galernas tienen un patrón meteorológico muy bien definido, que se ve perfectamente en los registros que las estaciones meteorológicas realizan en intervalos de diez minutos [4]. No obstante, parece ser que no hay estudios acerca de las variaciones que producen en el océano/mar, puesto que la información respecto a la lámina de agua es muy escasa. Además, los sistemas de observación océano-meteorológicos tienen limitaciones en el muestreo, con una resolución temporal muy comprometida con la escala en la que transcurre el fenómeno. Estos sistemas también se encuentran expuestos a condiciones ambientales muy adversas y los mantenimientos preventivos o correctivos son complejos, esto hace que sean redes de observación de baja resolución espacial [2] [3].

En situaciones adversas, las medidas registradas son de gran valor para la toma de decisiones en tiempo real y para estudios posteriores del fenómeno adverso. Por otra parte, las bases de datos históricas de las observaciones existentes pertenecen a distintas instituciones [4] [7] y el uso de estas subredes de forma integrada, es complicado.

Es por ello, que los objetivos principales consisten en integrar toda la información océano-meteorológica disponible y definir los problemas, limitaciones y calidad de las medidas antes, durante, y después del fenómeno.

Materiales y métodos

El trabajo se centra en las observaciones océano-meteorológicas históricas disponibles en el litoral cantábrico, y los sistemas de observación de la Costa Vasca, pertenecientes a Puertos del Estado [7] y a Euskalmet [4]. Además, para este estudio son de especial interés los datos de agitación ya que se pretende observar la información recogida, con respecto al movimiento de la capa superficial del agua en el tiempo en días de galerna, por la violencia que adquiere durante las mismas, con el objetivo de comprobar si puede tener relevancia para la detección del fenómeno.

Para ello, se ha utilizado una base de datos que abarca desde el 2013 hasta la actualidad, los datos tienen una resolución horaria y aunque en principio son procedentes de las boyas océano-meteorológicas, el estudio se contempla con información complementaria necesaria para la interpretación de los resultados. El proceso de selección de días viene determinado por la confirmación de la presencia de galerna en los medios de comunicación (impacto mediático), por la emisión de un aviso/alerta/alarma, o bien porque a posteriori el fenómeno se haya identificado como “galerna”. Para el estudio se utilizan los datos correspondientes a los parámetros registrados por los sistemas de observación disponibles en estos días.

Recopilación: recopilación de información, selección y solicitud de datos.

- Definición de la base de datos, días de interés y herramientas empleadas.
- Petición formal de los datos océano-meteorológicos en episodios de galerna a Puertos del Estado y Euskalmet.
- Notas de prensa.

Adaptación: base de datos y graficas de los valores, de los días de interés.

- Depuración y adaptación de los datos a la herramienta de trabajo.

Análisis: observación de los cambios océano-meteorológicos.

- Análisis exploratorio de todas las observaciones realizadas.
- Selección de las boyas y representación de las series temporales de todos los parámetros.
- Selección de los parámetros de altura de oleaje.
- Recopilación de información meteorológica de costa en los episodios seleccionados.

Figura 1. Diagrama de la metodología

La metodología se basa en el análisis estadístico de la información y cuenta con 3 etapas (V. Figura 1). La primera etapa consiste en la recopilación de toda la información y después dicha información se adapta, depura y clasifica para su posterior análisis.

¹ Universidad del País Vasco UPV/EHU. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Dpto. de Matemática Aplicada; TECNALIA R&I, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Energy and Environment Division, Meteorology Area.

² Universidad del País Vasco UPV/EHU. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Grado en Náutica y Transporte Marítimo.
E-mail: mapmamam@ehu.eus

Resultados y discusión

En la primera fase del proyecto la principal dificultad encontrada para trabajar con la información océano- meteorológica, es la integración de la misma cuando pertenece a diferentes fuentes de la administración (Puertos del estado y Euskalmet). Las principales limitaciones que surgen en la fase de **integración de los datos** se distinguen en dos niveles:

1. La resolución de los datos. Ambas fuentes han facilitado sus datos con una resolución horaria, lo que sin duda supone una ventaja para la integración. Sin embargo, esa resolución temporal genera un suavizado de datos, que dificulta la observación de las variaciones producidas por un fenómeno que tiene una escala menor a la disponible (V. Figura 2).
2. Parámetros de medición. Los sistemas de observación empleados para el proyecto cuentan con parámetros comunes, aunque algunos sistemas miden parámetros extra que hubiese sido interesante tener en todas las boyas, como lo son los parámetros relativos al oleaje, en concreto, de fondo y de viento.

Este hecho confirma que el uso de la información de diferentes subredes de forma integrada es complicado cuando las observaciones pertenecen a distintas instituciones (diferentes diseños, gestores, objetivos ...). Idea que se intentará plasmar en una segunda fase del proyecto en la que se detallen las problemáticas encontradas en la descripción del fenómeno de la galerna, cuando se realizan estudios de observaciones meteorológicas y océano- meteorológicas.

De la misma forma que en los datos meteorológicos se observa un movimiento de la galerna a lo largo de la costa (de oeste a este) en el que avanza pero sus efectos no lo hacen con la misma intensidad, sino que a su vez también varían, aumentando, disminuyendo, debilitándose para después reactivarse, esto se ha confirmado también con la observación de los datos océano- meteorológicos.

En el **análisis de las series temporales**, se observa lo siguiente:

1. Cuando se representan gráficamente las series temporales de todas las variables océano- meteorológicas se observan ciertas variaciones a lo largo de los parámetros registrados, pero resulta muy complicado concluir un patrón para todos ellos. Por tanto, se realiza un estudio particular, analizando parámetro por parámetro, para observar detenidamente sus variaciones. Dada la dificultad del análisis conjunto de todos los datos, se decide centrar el estudio en la altura de ola, puesto que se trata del parámetro más visual (V. Figura 2).
2. Cuando se extraen los estadísticos descriptivos se observa que todas las situaciones que se dan al inicio de la galerna, en cuanto a un mismo parámetro de oleaje como la altura, son diferentes, lo que significa que la situación océano- meteorológica previa al evento es distinta, y por lo tanto cabe pensar que el desarrollo y severidad del fenómeno no

depende únicamente de un indicador (o desencadenante) (V. Figura 3).

3. En el **análisis de los cálculos de las series diferenciales primeras sobre los parámetros de oleaje**, se extraen las siguientes anotaciones:
4. Resultados muy diferentes en la Hm0 (altura significativa espectral). Se observa cómo a cada tipo de galerna según su intensidad, le corresponde un rango determinado de valores. En este punto es importante recordar que la clasificación empleada viene determinada, por la intensidad del viento meteorológico (V. Figura 3).
5. Dificultad en la interpretación y comprobación de resultados por falta de información. No se dispone de los datos de Hm0a (Altura significativa de oleaje de fondo) y Hm0b (Altura significativa de oleaje de viento), en la Boya de Bilbao-Vizcaya, por lo que es imposible conocer en qué medida afecta el viento de la galerna en los valores del oleaje. Variaciones que se observan a la perfección en la Boya de Donostia, como son las del Hm0a en las galernas frontales y las del Hm0b en las típicas.
6. Falta de una resolución temporal más apropiada, dado que son fenómenos de aproximadamente 1 hora de duración. A diferencia de los registros en mareógrafos para los que, si se ha contado con resoluciones inferiores, para el caso de las boyas no ha sido posible. Por tanto, se desconoce el momento exacto o más próximo de la entrada de la galerna.
7. Si se relaciona intensidad de viento con la altura de ola procedente del viento, que solo es posible con los datos de la boya de Donostia, se observa un coeficiente de variación positiva en todos los casos.

Conclusiones

Durante la realización del proyecto se ha establecido una metodología muy robusta para la manipulación de grandes bases de datos de observaciones océano- meteorológicas heterogéneas. Además, el proceso de integración no es directo, requiere de un minucioso tratamiento de la información para evitar errores en su manipulación. Asimismo, aunque en el alcance de la primera fase el estudio se centra solamente en la altura de ola, en el análisis exploratorio inicial que se realiza de las series temporales del resto de las variables se observan variaciones que habrá que incluir en el futuro, en la caracterización del mar en la galerna.

En la actualidad, los sistemas de observación océano- meteorológicos son capaces de detectar variaciones en una galerna pero depende del momento en el que ellos estén captando la información y el momento en el que se ha desarrollado la galerna. Por lo tanto, se requiere de mucha información océano- meteorológica para describir el fenómeno que se está dando. De hecho, este punto del trabajo se encuentra en fase de estudio.

En la bibliografía aparecen dos tipos de galernas, pero al estudiar los episodios de manera individual y observando lo

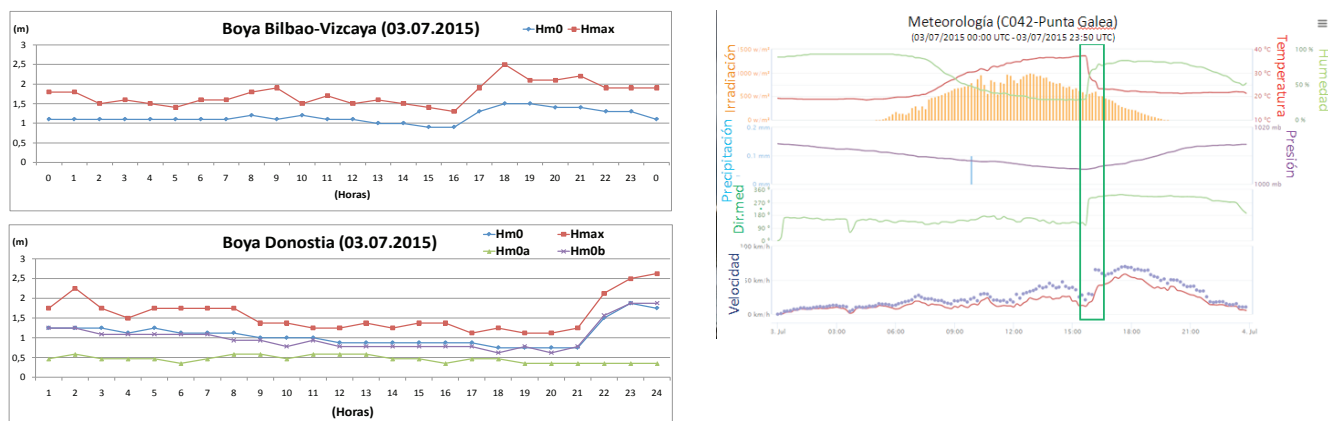


Figura 2. Representación gráfica de los parámetros de oleaje de las boyas de Bilbao-Vizcaya y Donostia (izquierda) y de los parámetros meteorológicos de la estación automática de superficie de Punta Galea (derecha) [4].

Fecha	TIPO	INTENSIDAD	Parámetro	Med./Desv	Boya de BILBAO-VIZCAYA			Boya de DONOSTIA		
					Antes	Durante	Después	Antes2	Durante 3	Después4
2017.08.14	-	Deb-Mod	hm0	Media	0,96	0,9	1,04	0,525	0,525	1,1666667
2017.05.25	T	Deb-Mod	hm0	Media	0,68	0,8	1,0333333	0,475	0,4	0,475
2017.05.05	F	Deb	hm0	Media	0,62	0,68	0,8	0,875	0,825	1
2016.09.13	F	Mod-Fuert	hm0	Media	2,34	2,5	2,68	2,3	2,4	2,625
2016.09.07	T	Deb-Mod	hm0	Media	1,34	1,46	1,82	1,025	1,15	1,95
2016.08.27	-	Deb-Mod	hm0	Media	0,82	0,86	1,02	0,775	0,8	1
2016.08.25	-	Mod-Fuert	hm0	Media	1,26	1,36	1,5666667	1,025	1,175	
2016.03.26	F	Mod-Fuert	hm0	Media	2,62	3,1		2,275	2,65	
2015.07.03	T	Fuert-MuyFuert	hm0	Media	1,08	1,22	1,3	0,85	1,125	
2015.06.04	-	Mod-Fuert	hm0	Media	2,42	2,14	1,825	2,35	2	
2015.05.10	-	Deb-Mod	hm0	Media	0,98	0,88	1,34	0,5	0,775	
2014.10.16	-	Mod	hm0	Media	3,1	3,66	4,15			

Figura 3. Extracto de la tabla de Altura Significante (Hm0) de las boyas de Bilbao-Vizcaya y Donostia.

que ocurre en el mar, se intuye que aunque haya dos procesos físicos desencadenantes del fenómeno, lo que pasa en el mar se podría clasificar en más casos si esos procesos físicos se cambian con este. La suma de ambos podría aportar más casos de galernas y ser el factor que realmente haga que una galerna sea más o menos virulenta.

Finalmente resaltar la importancia de los medios de comunicación que siguen mostrando el impacto que tiene el fenómeno en la actualidad, lo que indica la necesidad de trabajar más en estos fenómenos. Es cierto que con el tiempo ha cambiado ese impacto, pero el riesgo para la población sigue siendo alto.

Referencias

- [1] AEMetblog. (30 de septiembre de 2016). Una revisión sobre el estudio de las galernas. Recuperado el 9 de Octubre de 2019, de AEMetblog. es: <https://aemetblog.es/2016/09/30/una-revision-sobre-el-estudio-de-las-galernas/>
- [2] AZTI. (13 de octubre de 2013). Fenómenos meteorológicos típicos de nuestra costa: las galernas. Recuperado el 02 de abril de 2020, de Itsasnet by AZTI: <https://www.itsasnet.com/fenomenos-meteorologicos-tipicos-de-nuestra-costa-las-galernas/>
- [3] Liria, P., & Aranda, J. A. (14 de octubre de 2013). *Las galernas: predicción y seguimiento*. Recuperado el 02 de abril de 2020, de

ISSUU: https://issuu.com/aztitecnalia/docs/galernas_prediccion_y_seguimiento

- [4] Euskalmet. (2011). Lecturas detalladas. Recuperado el 11 de junio de 2020, de Euskalmet: <https://www.euskalmet.euskadi.eus/s07-5853x/es/meteorologia/datos/mapaesta.apl?e=5>
- [5] Artech García, J. L. (2008). *La galerna del Cantábrico*. Recuperado el 17 de marzo de 2020, de Arcimis: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/2710>
- [6] Meteoglosario visual. (2018). *Galerna*. Recuperado el 2 de abril de 2020, de Meteoglosario visual: https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/166_galerna
- [7] Puertos del Estado. (s.f.). *Oceanografía. Previsión, tiempo real y clima*. Recuperado el 17 de marzo de 2020, de Puertos del Estado: <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

Reconocimientos

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a Puertos del Estado, por su impecable trabajo e inmediata respuesta a todas las preguntas realizadas, lo que ha hecho que el proyecto no se ralentizara en ningún momento. A Euskalmet por el trabajo que realiza y por su generosidad para facilitar información de calidad y de manera gratuita y a la Universidad del País Vasco UPV-EHU, por apoyar y valorar este trabajo.

3. MULTZOA - Karbono urdina eta klima-aldaketa arintzea

BLOQUE III – El carbono azul y mitigación del cambio climático

BLOC III - Le carbone bleu et atténuation du changement climatique

TRACK III - Blue carbon and climate change mitigation

BIOGEARS: desarrollo de cuerdas con biomateriales biodegradables para la acuicultura de mejillones y algas para reducir la huella de carbono y generar economía circular

Arantzamendi, Leire¹, C. Basurko, Oihane¹, Andrés, Marga¹, Zorita, Izaskun¹, Maher, Jane², Suárez, M^a José³, Pocheville, Ainara³, González, Manuel⁴ and Van der Schueren, Lien⁵

Palabras clave: biomateriales, sostenible, huella de carbono, circularidad, bioeconomía, acuicultura

Introducción

La acuicultura es uno de los sectores de la bioeconomía azul que genera crecimiento económico y empleo en áreas rurales y costeras en Europa. La acuicultura hace una gran contribución al aprovisionamiento de alimentos y seguridad alimentaria a nivel mundial de forma directa (aumentando la disponibilidad y accesibilidad del alimento) e indirectamente (como driver de desarrollo económico). La producción de pescado a nivel global fue de 171 millones de toneladas en 2016, de la que la acuicultura representó el 47% del y el 53% si se excluyen los usos no-alimentarios de la producción (incluyendo la reducción a harina y a aceite de pescado) (FAO, 2018). El sector de producción de moluscos es el sector más importante en volumen de producción en Europa, siendo mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) la especie más producida (FAO, 2018). España es el principal país productor de mejillón de la UE, siendo su producción de alrededor de 261.110,65 toneladas en 2019¹. La producción de la acuicultura ha incrementado desde 1980 y su capacidad de expansión, especialmente el de la acuicultura marina, se considera alta (Gentry et al., 2017). Sin embargo, según FAO, para su expansión, intensificación y diversificación, se deben tener en cuenta distintos aspectos medioambientales y sociales (competencia por el uso de tierra y agua, impactos derivados de la producción de alimento para acuicultura, polución de aguas, resistencias antimicrobianas, etc.) y hacer esfuerzos para solventarlos de forma transparente y apoyadas en evidencias científicas (FAO, 2017).

Una de las principales preocupaciones medioambientales (y sociales) es el cambio climático, y más específicamente las emisiones de gases invernadero que se generan a lo largo de

las cadenas alimentarias. En cuanto a favorecer una expansión y crecimiento de la producción de acuicultura, por tanto, hemos de tener en cuenta la contribución de la acuicultura a las emisiones globales y a tomar medidas para su mitigación. En 2017, la estimación de las emisiones de gases invernadero debidas a la acuicultura, tomando en cuenta a nueve principales grupos de animales y moluscos producidos mundialmente (93% producción total de la acuicultura mundial, excluyendo a la plantas acuáticas), fue de 263 MtCO₂e, representando el 0.49% de las emisiones antropogénicas totales de dichos gases (i.e. 263 Mt/53,5 Gt) (MacLeod et al., 2020). El patrón geográfico de la emisión de dichos gases se corresponde a menudo con la distribución de las producciones, aumentando en aquellas regiones con mayores producciones. Las emisiones se correlacionan bien con la producción, en la mayoría de las especies. En el caso de los moluscos bivalvos, entre los que se encuentra el mejillón, se estima que una producción de 622.000 t produce unas emisiones de gases invernadero de 639.000 tCO₂e. Las emisiones debidas a moluscos bivalvos representan el 7% de las emisiones totales generadas por la acuicultura, aunque contribuyan al 21% de la producción global de la acuicultura. En este sentido, los moluscos bivalvos presentan una menor Intensidad de Emisión (IE) que otros animales cultivados (por ejemplo que los peces o crustáceos), dado principalmente a que no se tienen que alimentar (no existen emisiones debidas al alimento) y se alimentan del medio natural. La principal fuente de generación de gases de efecto invernadero en la acuicultura de peces y moluscos son la utilización de energía en granja (on-farm), principalmente requerida para el bombeo de agua, iluminación y uso de combustible para vehículos y embarcaciones.

En cuanto al cultivo de plantas acuáticas, principalmente macroalgas, su producción en cultivos offshore podría contribuir a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro y almacenamiento de carbono a largo plazo en el océano (Cage, 2018). Se reconoce que la vegetación de los ecosistemas costeros (incluyendo las macroalgas) actúa como sumidero de carbono, generando estrategias de carbono azul. Las estrategias azules tienen como objetivo mitigar y adaptarse al cambio climático mediante la conservación y restauración de estos ecosistemas, además de mediante el incremento del cultivo de algas (macroalgas). Dado que las algas son vitales para mantener los ecosistemas marinos, ayudan a limpiar el océano, proveen de hábitats a otras especies, y en general

¹ https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/acuicultura/produccion_engorde_2019_tcm30-542524.pdf

¹ AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Txatxarramendi Ugaritea z/g, 48395 Sukarrieta (Bizkaia) Spain

² INTRIGO, Olympic House, Pleasants Street, Dublin 8 Dublin (Leinster) Ireland

³ GAIKER Technology Centre, Basque Research and Technology Alliance (BRTA) Parque Tecnológico Edificio 202, 48170 Zamudio (Bizkaia) Spain

⁴ ITSASKORDA, S.L., Polig. Kareaga 1 Pab.2, 48270 Markina-Xemein (Bizkaia) Spain

⁵ CENTEXBEL, Rue Montoyer 24/2, 1000 Bruxelles (Bruxelles) Belgium
E-mail: larantzamendi@azti.es

mejoran la salud del medio marino². Además, algunos estudios apuntan a que el uso de algunas macroalgas como aditivos en piensos de rumiantes, como vacas y ovejas, pueden reducir sus emisiones de metano, siendo el metano uno de gases que más contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura (Walter, J., 2020; Roy, E.A., 2019).

Aunque la acuicultura, en general, sea un sector biológicamente más eficiente en la producción de proteína que la ganadería (en particular rumiantes) (MacLeod et al., 2020), es necesario tomar medidas de mitigación del cambio climático que permitan una expansión y crecimiento sostenible del sector en Europa. Al ser un sector relativamente joven, en comparación a la ganadería, la acuicultura ofrece un gran margen para la innovación tecnológica que redunde en la mejora de la eficiencia de la utilización de recursos naturales. En general, se han identificado cuatro áreas tecnológicas para reducir el impacto ambiental de la acuicultura: (1) cría y genética, (2) control de enfermedades, (3) nutrición y alimentación, y (4) sistemas de producción de bajo impacto.

En la actualidad, el 100% de cuerdas que se utilizan para el cultivo marino de mejillón y de algas (macroalgas) en sistemas de cultivo suspendido en longline y bateas están hechas de plásticos derivados del petróleo. La principal razón por la que los plásticos son peligrosos para el medioambiente marino es su resistencia a la degradación, es decir su durabilidad. La descomposición natural de objetos de plástico en el medio marino ocurre en un periodo de tiempo extremadamente largo, habitualmente estimado en cientos de años (Barnes et al. 2009), por lo que tienden a acumularse y generar basura marina. Por otro lado, la exposición a plásticos no biodegradables puede generar estrés oxidativo, preoxidación de tejidos y consecuente daño genotóxico en organismos marinos como mejillón (Avio et al., 2015). Finalmente, el uso de estos plásticos en cuerdas de acuicultura puede aumentar la huella de carbono de la actividad acuícola. Los plásticos fabricados con biomateriales tienen su peso en la reducción de CO₂, dado que son clima-neutrales, dado que al final de su vida útil, en vez de ser quemados y generar CO₂, el CO₂ absorbido por las plantas a lo largo de su vida es similar al que se genera al ser quemados o descompuestos³. Estudios previos han demostrado que el uso de biomateriales en cuerdas biodegradables eco-diseñadas por Itsaskorda tienen un comportamiento medioambiental mejorado con respecto a las cuerdas de plástico convencionales. Por tanto, la sustitución de plásticos de origen fósil por biomateriales, que puedan ser biodegradables, podría ser una medida para reducir la huella de carbono de la acuicultura de mejillón y algas y para mitigar el cambio climático.

BIOGEARS tiene como objetivo desarrollar y testar en el mar prototipos (TRL5-7) de cuerdas de acuicultura para el cultivo de mejillón y algas con biomateriales biodegradables. Su uso potencial y aplicación en sistemas de producción más

sostenibles, tales como IMTA (siglas en inglés, Integrated Multi-Trophic Aquaculture), mediante la integración del cultivo de mejillón y de algas, ayudará a generar un crecimiento más sostenible de la acuicultura en Europa. Los sistemas IMTA se basan en el reciclado de nutrientes, ya que organismos de al menos 2 niveles tróficos diferentes utilizan sus desechos generando biomasa en el nivel trófico inferior. El objetivo del proyecto es llenar el hueco que existe de cuerdas para acuicultura marina fabricadas con biomateriales, que sean biodegradables y que mantengan una baja huella de carbono a lo largo de toda la cadena de valor. Las 'biocuerdas' o biogears (en adelante), además de estar hechas con biomateriales (contribuyendo a la reducción de Energía) son biodegradables y compostables, con lo que su final de vida útil puede ser gestionada de forma sostenible en instalaciones de compostaje local, contribuyendo a la reducción de residuos, y por tanto a su acumulación, generando además nuevas cadenas de valor como consecuencia de nuevas rutas de valorización biológicas. En este sentido, BIOGEARS contribuye a la generación de economía circular y apoya las estrategias de economía circular de plásticos desde un Blue Lab, que es un laboratorio de innovación para la generación de soluciones económicamente viables para afrontar el reto de la reducción del uso de plásticos en el ambiente marino y de su acumulación en forma de basura. Aunque el proyecto esté focalizado en el área Atlántica, los resultados de BIOGEARS pueden ser válidos y potencialmente aplicables a sectores acuícolas que operan en otras áreas marinas, mediante replicabilidad y escalado de los resultados transferidos desde el Blue Lab, generando un nuevo concepto de acuicultura basado en una menor huella de carbono y economía circular.

Materiales y métodos

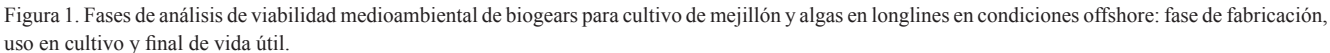
Para la determinación de la viabilidad de los biogears para cultivo de mejillón y algas, se realizará el análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de los prototipos desarrollados y de su funcionalidad a escala laboratorio y en pruebas de cultivo en el mar. Respecto al análisis medioambiental, éste estará basado, por un lado, en el análisis ACV (Análisis de Ciclo de Vida) de acuerdo con la norma ISO 14040, método con el que se calcularán los impactos ambientales de los prototipos; y por otro lado, en un estudio de biodegradabilidad basado en ensayos de biodegradación en condiciones marinas y de compostaje.

El estudio de ACV se realizará teniendo en cuenta distintas fases del ciclo de vida de las cuerdas, tales como: fase de fabricación, uso de biogears en cultivo en el mar y fase de fin de vida (Figura 1). En la fase de fabricación, se evaluarán los 3 pasos necesarios para la obtención de los prototipos: el desarrollo de las materias primas (compounds), el desarrollo de multifilamentos y el proceso de fabricación de la cuerda partiendo de multifilamento.

Para todas las fases, el estudio de ACV implica: 1) definir

¹ <https://ungc-communications-assets.s3.amazonaws.com/docs/publications/The-Seaweed-Manifesto.pdf>

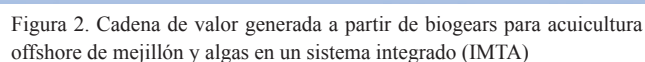
² <http://news.bio-based.eu/bioplastics-reduce-co2-emissions/>



En cuanto sistema de cultivo IMTA, basado en la integración del cultivo de mejillón y de algas, se analizarán los beneficios de dicho sistema al ecosistema marino y el potencial de servicios ecosistémicos que puede ofrecer, en consecuencia, al área de cultivo, al sector y la sociedad local. Para la identificación de potenciales beneficios generados y servicios ecosistémicos que pueden ofrecer el uso de biogears por el sector de acuicultura offshore en el País Vasco se utilizará la metodología descrita por Custódio et al. (2020).

La evaluación de los resultados de fin de vida permitirán obtener información sobre las cinéticas de biodegradación en condiciones de compostaje en un periodo de hasta 4-6 meses, tanto en condiciones de compostaje industrial como en el caso de que accidentalmente las cuerdas caen en el mar. El estudio de desintegrabilidad en condiciones de compostaje simuladas, proporcionará información sobre si en el plazo de 12 semanas el 90% del material plástico integrante estará formado por partículas inferiores a 2 mm, siendo éste uno de los requisitos para que un material sea aceptado en una planta de compostaje industrial. En relación al estudio medioambiental, se determinarán las ventajas del uso de los nuevos biogears frente a las cuerdas convencionales empleadas actualmente en

Finalmente todos los resultados obtenidos, tanto a nivel técnico, como medioambiental y económico servirán para evaluar la viabilidad de la incorporación de biogears en el sector de acuicultura offshore en Europa, para el cultivo de mejillón y algas en un sistema integrado de cultivo (IMTA), la definición de nuevas cadenas de valor (biobased) y posibilidades de generar economía circular en una acuicultura sostenible (Figura 2).



Conclusiones

Los resultados de los ensayos de desintegrabilidad y biodegradabilidad en condiciones de compostaje industrial y en medio marino y su utilidad en sistemas de cultivo IMTA acercarán la aplicabilidad de las cuerdas biogears en prácticas de acuicultura offshore sostenible, aportando beneficios ambientales al ecosistema marino y medidas de mitigación al cambio climático, a la vez que ayudarán a crear nuevas cadenas de valor en un contexto de bioeconomía circular.

Referencias

- Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., et al. (2015). Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environ. Pollut.* 198, 211–222. doi: 10.1016/j.envpol.2014.12.021
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, C.R., Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 364, 1985–1998.
- Cage, P. 2018. Kelp and carbon sequestration: Exploring terrestrial GHG accounting to the deep sea. Greenhouse Gas Management Institute, 6 September. <https://ghginstitute.org/2018/09/06/kelp-and-carbon-sequestration-exporting-terrestrial-ghg-accounting-to-the-deep-sea/>
- Custódio M., Villasante, S., Calado, R., and Lillebø, A.I. 2020. Valuation of Ecosystem Services to promote sustainable aquaculture practices. *Reviews in Aquaculture* 12, 392–405.
- FAO. World Aquaculture 2015: A brief Overview 34 (FAO Fisheries and Aquaculture Circular N° 1140, 2017) FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Gentry, R.R. et al. Mapping the global potential for marine aquaculture. *Nat. Ecol. Evol.* 1 (9), 1317–1324. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0257-9> (2017)
- MacLeod, M.J., Hasan M.R., Robb D.H.F., and Mamun-Ur-Rashid M. 2020. Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68231-8>
- Roy, E. A. The Guardian, 31 Dec. 2019. From red seaweed to climate-smart cows: New Zealand leads the fight against methane. <https://www.theguardian.com/world/2020/jan/01/from-red-seaweed-to-climate-smart-cows-new-zealand-leads-the-fight-against-methane>
- Walter, J. Discover, 10 Feb. 2020. Feeding seaweed to cows could curb their methane-laden burps. <https://www.discovermagazine.com/environment/feeding-seaweed-to-cows-could-curb-their-methane-laden-burps>

Reconocimientos

Los autores agradecen la contribución de la empresa Matxitxako Moluskoak, SL a BIOGEARS en su apoyo en el cultivo de mejillón y algas en sus instalaciones offshore de longlines.

Blue carbon attenuation of future coastal risks related to extreme stream- and sea-water levels: the high-resolution 2D simulation as a management tool

Lochin, Pierre¹; Collin, Antoine^{1,2}; James, Dorothée¹; Pastol, Yves³ and Costa, Stéphane⁴

Keywords: blue carbon, coastal risks, high-resolution, coastal infrastructure.

Introduction

Anthropogenic pressure on the world's coastal areas is accelerating given the rising population density, resulting in severe deterioration of coastal ecosystems (Neumann et al. 2015). This impact in turn exacerbates the vulnerability of coastal populations, threatening many human lives. Vulnerability to seaside flooding is becoming a significant concern because of the rising sea level (Vitousek et al. 2017). In addition, increasing precipitation anomalies also create a risk of recurrent landside flooding. The concomitance between these two types of hazards is increasingly prevalent, leading to a greater vulnerability of populations (Zellou and Rahali 2019). Our original study aims to model the cumulative effect of extreme events, such as a massive tide, stormy wave (Collin et al. 2020), and heavy precipitation in the context of rising sea level by 2100. We are also assessing the positive impact of barrier ecosystems in mitigating the risks associated with these phenomena. The blue carbon ecosystems help to reduce the vulnerability of coastal dwellings (Sutton-Grier, Wowk, and Bamford 2015; Temmerman et al. 2013). To do this, we model these events on the northern coast of Brittany (France), which hosts densely populated areas behind barrier ecosystems and within coastal valleys composed of urban and rural areas. To achieve this, we use the TUFLOW hydrodynamic model to simulate our models with high-resolution data (>10 m). The results generated through the development of this hydrodynamic model are expected to (1) highlight the importance of natural adaptations, the so-called blue carbon ecosystems, in mitigating coastal risks, and (2) to furthermore promote the resilience of coastal dwellings through implementing measures to protect and restore these ecosystems, which are often neglected in coastal defence developments (Naylor et al. 2012).

Materials and methods

Our study site focuses on the Bay of Beausais and its associated watershed, which are located on the northwest coast of France in Brittany (Figure 1). This region is characterized by a temperate climate under a significant oceanic influence occasionally leading to severe storms, especially in winter. The main specificity of this area is its exceptional tidal range, which can reach up to 13 meters.



Figure 1. Location of water height measurement sites on the Bay of Beausais

To build our model, we had to implement several steps. First, we established a topo-bathymetric model using photogrammetric methods with a pair of stereo-Pleiades images and different sources of terrain elevation data (Almeida et al. 2019). From this topo-bathymetric model, we can build our hydro-dynamic model. This one requires many input data and the addition of specific climatic and hydrological events. In our case, we have simulated a significant storm generating waves of significant height, a major tide representing a tidal range of about 13 meters, a precipitation phenomenon of 50-year type, and finally a sea-level rise of 1 m by 2100 (Shen

¹ EPHE-PSL Research University, CNRS LETG 6554, 15 boulevard de la mer, 35800 Dinard

² Labex CORAIL, Papetoai, French Polynesia

³ SHOM, 13 rue de Châtellier, 29200 Brest

⁴ Caen-Normandie University, CNRS LETG, Esplanade de la Paix, 14000 Caen

E-mail contact: pierre.lochin@gmail.com

et al. 2018). Realistically, we have re-created the swell of the Ciara storm of February 11, 2020, via the CGWAVE model (1.8 m), coupled with the tide of April 9, 2020 (13.20m), associated with the rainstorm of May 25, 2010 (108 mm in 7 hours).

These first parameters allowed us to run our first models and adjust the hydraulic and physical parameters of the different surfaces of the watershed. Figure 1 shows the difference between the uncalibrated model, based on values from the literature (Rawls, Brakensiek, et Miller 1983; Silva et al. 2007), and the calibrated model. Table 1 shows the last values used for the different land-use land-cover classes of our watershed after calibration. The TUFLOW model is extremely sensitive to variations of surface roughness values, that we present in Table 1.

Once our model was calibrated, we generated different land-use land-cover models: (1) a classical model based on current land-use land-cover ; (2) a green model, taking into account a watershed that is very slightly anthropized and mostly composed of natural adaptations; and (3) a grey model containing a highly anthropized and artificial land-use land-cover with very few blue carbon ecosystems. Finally, on these different land-use land-cover models, we conducted several runs with our hydrodynamic model. From the results obtained, we examined the water heights of four (fig.2) strategically located points (1: Industrial Area; 2: Salt marsh; 3: Polder; 4: Camping) observed during the 24 hours of simulations.

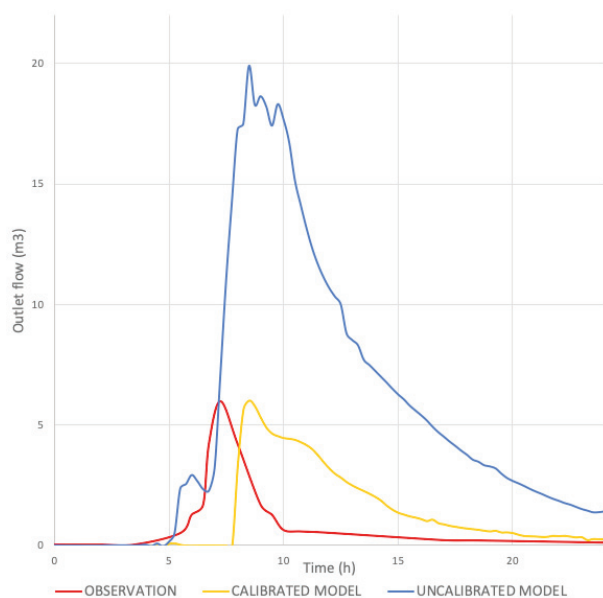


Figure 2. Comparison between calibrated and uncalibrated models in relation to observations on Floubalay

Table 1. Land-use land-cover roughness values after calibration

Land-use	Wooded areas	Urban areas	Crops	Grasslands	Heathland	Reedbed	Beaches	Seagrass beds
Roughness	0.2	0.013	0.035	0.045	0.07	0.18	0.025	0.12

Results and discussion

Figure 3 presents a comparison of green and grey simulations, to assess the effects of natural adaptations, when considering the current sea-level and the sea-level rise by 2100. Two different trends have emerged. The first can be seen in points 1, 3 and 4. The difference between the grey and the green simulation in terms of water level is hardly visible. The green simulation shows a tendency to flatten floods through slightly lower peak floods and slower receding water levels. There is one main reason for this small difference between the two simulations, which are different in terms of land-use land-cover. These 3 points are located in direct proximity to the coastline and at a very low altitude.

The land-use land-cover, even if it differs significantly, has little impact on runoffs. These points are also slightly influenced by the runoffs of terrestrial origin given the important flood peak after 8 hours of simulation, which is perfectly correlated with the tidal peak. This trend can also be observed in the simulation in 2020 on points 1 and 3. About the point 4, there is a noticeable difference in 2020. Indeed, the green simulation shows much lower flood peaks compared to the grey simulation. The difference between the flood peak of the grey simulation and the green simulation is about 1 m, i.e. about 1/3 less between the two simulations in terms of water height.

This difference might be attributable to the fact that the rise in sea level results in much greater marine submersion, limiting the effects of natural adaptations on runoff attenuation. The second tendency observable on these results is visible on the graph of point 3. A real difference in water level between the peak flood of the green simulation and the grey one is visible here. This difference may be attributed mainly to the fact that this point is more distant from the shoreline and slightly higher in the low-lying coastal zone. This point is also located close to a coastal river, so overland flows can highly influence it. However, natural adaptations have a more beneficial influence on the attenuation of land flows than marine submersions.

These two distinct trends provide valuable insights into the capacity of natural adaptations and blue carbon ecosystems to mitigate floods. In the areas situated furthest from the coastline, in the low-lying area, the contribution of natural adaptations is very interesting, as it significantly mitigates the flood peaks. However, even in a fully resilient watershed without human influence, the areas closest to the coastline will still be heavily impacted by the sea. It is therefore essential to avoid all anthropogenic settlements in these areas, which are highly exposed to numerous hazards.

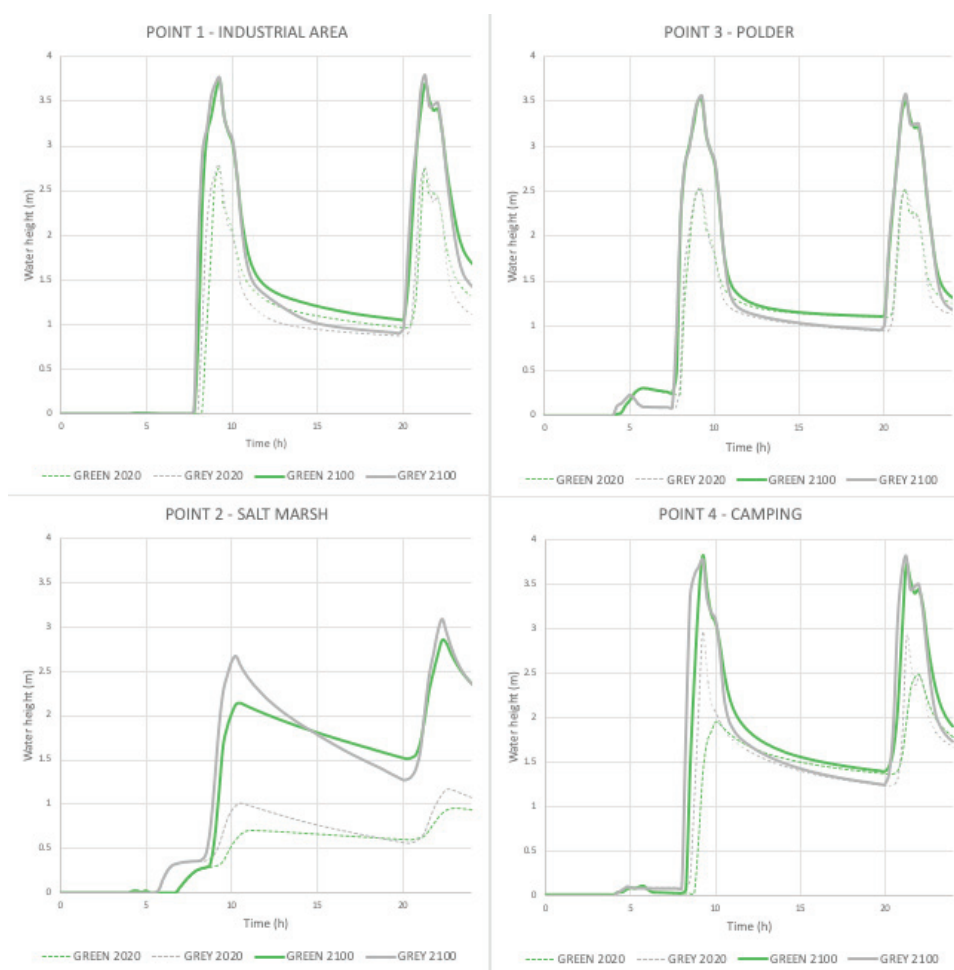


Figure 3. Water heights measured at 4 different locations according to 2 different simulations by 2100 compared to 2 different simulations by 2020.

Conclusions

The TUFLOW hydrodynamic model allows the simultaneous simulation of climatic and maritime coastal hazards which usually occur independently. This model, therefore, makes it possible to analyse the combined impact of events occurring in environments already highly exposed. We have been able to highlight the benefits of natural adaptations in the protection of coastlines against flooding. These blue carbon ecosystems can help to smooth and mitigate floods and thus reduce the impact on coastal populations. These natural adaptations play a non-negligible role by reducing water levels at specific points by more than 1/3 for the same events. However, their effect is much more limited in areas directly exposed to the phenomenon of marine submersion. Nevertheless, such ecosystems enhance the resilience of coastal areas and mitigate the impact of extreme events. It is therefore essential to promote actions to protect and restore these blue carbon ecosystems, which provide numerous ecosystem services, including coastal protection.

References

- Almeida, Luís Pedro, Rafael Almar, Erwin W. J. Bergsma, Etienne Berthier, Paulo Baptista, Erwan Garel, Olusegun A. Dada, and Bruna Alves. 2019. « Deriving High Spatial-Resolution Coastal Topography From Sub-Meter Satellite Stereo Imagery ». *Remote Sensing* 11 (5): 590. <https://doi.org/10.3390/rs11050590>.
- Collin, Calle, James, et al. Modelling 2D Coastal Flooding at Fine-scale Over Vulnerable Lowlands using Satellite-derived Topobathymetry, Hydrodynamic and Overflow Simulations. *Journal of Coastal Research*, 2020, vol. 95, no sp1, p. 1052-1056.
- Naylor, Larissa A., Martin A. Coombes, Orlando Venn, Stephen D. Roast, and Richard C. Thompson. 2012. « Facilitating Ecological Enhancement of Coastal Infrastructure: The Role of Policy, People and Planning ». *Environmental Science & Policy* 22 (octobre): 36-46. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.05.002>.
- Neumann, Barbara, Athanasios T. Vafeidis, Juliane Zimmermann, and Robert J. Nicholls. 2015. « Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment ». *PLoS ONE* 10 (3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118571>.
- Rawls Walter J., Brakensiek Donald L., and Miller Norman. 1983. « Greenampt Infiltration Parameters from Soils Data ». *Journal of Hydraulic Engineering* 109 (1): 62-70. <https://doi.org/10.1061/>

- (ASCE)0733-9429(1983)109:1(62).
- Shen, Y., M. M. Morsy, J. L. Goodall, et C. Huxley. 2018. « Assessing the Risk of Coastal Urban Flooding due to High Tide and Extreme Rainfall Events with an accounting for Climate Change and Sea Level Rise ». *AGU Fall Meeting Abstracts* 43 (décembre). <http://adsabs.harvard.edu/abs/2018AGUFM.H43J2600S>.
- Silva, Julieta, Carla Ribeiro, Ricardo Guedes, Megajoule-Consultants Rua, and Frederico Ulrich. 2007. « Roughness length classification of Corine Land Cover classes ». *Proceedings of EWEC 2007*, janvier.
- Sutton-Grier, Ariana E., Kateryna Wowk, and Holly Bamford. 2015. « Future of Our Coasts: The Potential for Natural and Hybrid Infrastructure to Enhance the Resilience of Our Coastal Communities, Economies and Ecosystems ». *Environmental Science & Policy* 51 (août): 137-48. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.006>.
- Temmerman, Stijn, Patrick Meire, Tjeerd J. Bouma, Peter M. J. Herman, Tom Ysebaert, and Huib J. De Vriend. 2013. « Ecosystem-Based Coastal Defence in the Face of Global Change ». *Nature* 504 (7478): 79-83. <https://doi.org/10.1038/nature12859>.
- Vitousek, Sean, Patrick L. Barnard, Charles H. Fletcher, Neil Frazer, Li Erikson, et Curt D. Storlazzi. 2017. « Doubling of Coastal Flooding Frequency within Decades Due to Sea-Level Rise ». *Scientific Reports* 7 (1): 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01362-7>.
- Zellou, Bouchra, and Hassane Rahali. 2019. « Assessment of the Joint Impact of Extreme Rainfall and Storm Surge on the Risk of Flooding in a Coastal Area ». *Journal of Hydrology* 569 (février): 647-65. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.028>.

Acknowledgements

This work is granted by the *Fondation de France* « *Quels littoraux pour demain? 2017* » and is part of the project *REVE Cot: Réalité Virtuelle et villes côtières: Appropriation de l'aléa et exploration du littoral de demain par la réalité virtuelle*.

4. MULTZOA - Gobernantza eta kudeaketa-tresnak

BLOQUE IV - Gobernanza y herramientas de gestión

BLOC IV - Gouvernance et outils de gestion

TRACK IV - Governance and management and decision-making tools

LIFE IP Urban Klima 2050: Despliegue de la planificación estratégica de Euskadi en materia de cambio climático en el ámbito urbano

Alonso, Mari Mar¹; Rezabal, Saioa²; Nuin, Beatriz³; Garcia-Borreguero, Nikolas⁴; Gómez, Elena⁵; Arana, Xabier⁶; Azurmendi, Iker⁷; Santos, Rubén⁸; Bóveda, Iñaki⁹; Esteban, Xabier¹⁰; Chust, Guillem¹¹; Sanz, Estíbaliz¹²; Feliu, Efren¹³; del Hierro, Oscar¹⁴; Hernantes, Josune¹⁵; Albaina, Aitor¹⁶; Juaristi, Ana¹⁷; González, Miguel Augusto¹⁸; Etxebarria, Ainara¹⁹; Rodríguez, Begoña²⁰; Gutiérrez, David²¹; Uribe, María²²

Palabras clave: Adaptación; Resiliencia; Medio urbano; Cuencas; Costa

Introducción

El **Proyecto LIFE Integrado Urban Klima 2050** para el despliegue de la **Estrategia de Cambio Climático del País Vasco- KLIMA 2050** ha sido aprobado por la Unión Europea dentro del Área de Proyectos Integrados de mitigación y/o adaptación al Cambio Climático. Cuenta con un presupuesto de casi 20 millones de euros (52% financiado por la UE) y durará algo más de 6 años (2019-2025). Está liderado por el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, a través de su Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Ihobe. El consorcio, además, está compuesto por una veintena de instituciones y entidades de todo el País Vasco (Gobierno Vasco, las 3 Diputaciones Forales, 7 ayuntamientos-incluidas las 3 capitales-, URA, EVE, 5 centros tecnológicos y Naturklima).

El proyecto incluye medidas climáticas estratégicas a escala territorial para catalizar el proceso y movilizar compromisos

y financiación suplementarios que conduzcan a la plena ejecución de la Estrategia KLIMA 2050, aprobada en junio de 2015, y que persigue un doble objetivo, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y asegurar la resiliencia del territorio vasco al cambio climático.

La aprobación por parte de la Unión Europea del LIFE Integrado Urban Klima 2050 supone la constatación de que el País Vasco dispone de una estrategia bien coordinada con un marco de gobernanza climática, que abarca todo su territorio y agrupa a diferentes agentes públicos y privados, además de promover la coordinación con otras entidades fuera del País Vasco. Este proyecto nace con la intención de que este modelo de estrategia e implantación pueda replicarse en otras regiones.

La ejecución de Urban Klima 2050 se rige por los siguientes valores: acciones transversales para favorecer la resiliencia de los municipios frente al cambio climático; la administración como ejemplo; innovación y oportunidades; saber para transformar, generando conocimiento para la toma de decisiones; procesos de participación; y empoderamiento de la ciudadanía para un compromiso duradero con comportamientos ambientalmente responsables y estilos de vida más saludables.

¹ Ihobe Sociedad Pública de Gestión Ambiental, C/ Alameda Urquijo 36, 6º -48011- Bilbao (Vizcaya)

² Gobierno Vasco-Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos, Edif. Lakua1, 7ª Planta Calle Donostia - San Sebastián 1. 01010 Vitoria-Gasteiz (Álava)

³ Gobierno Vasco- Departamento de Salud, Dirección de Salud Pública y Adicciones Calle Donostia-San Sebastián 1. 01010 Vitoria-Gasteiz (Álava)

⁴ Gobierno Vasco- Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, Dirección de Patrimonio Natural y Cambio Climático, Torre Madariaga, Barrio San Bartolomé 34-36, 48350 Busturia (Vizcaya)

⁵ Diputación Foral de Álava, Servicio de Sostenibilidad Ambiental, Plaza de la Provincia 4, 2ª planta, 01001 Vitoria-Gasteiz (Álava)

⁶ Diputación Foral de Bizkaia, Alameda Recalde 30, 48009 Bilbao (Vizcaya)

⁷ Diputación Foral de Gipuzkoa, Dirección General de Medio Ambiente, Pza Gipuzkoa, s/n-Entresuelo. 20004 Donostia- San Sebastián (Guipúzcoa)

⁸ URA- Agencia Vasca del Agua, Orio 1-3, 01010 Vitoria-Gasteiz (Álava)

⁹ EVE-Ente Vasco de la Energía, C/ Alameda Urquijo 36, 1º -48011- Bilbao (Vizcaya)

¹⁰ Naturklima, Pº Mikeletegi 65, Edif. B2 Planta 0, 20009 Donostia- San Sebastián (Guipúzcoa)

¹¹ AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), 48395 Sukarrieta (Vizcaya)

¹² Asociación BC3-Basque Centre for Climate Change, Edificio Sede, Primera Planta. Campus Científico de la UPV, 48940 Barrio Sarriena Leioa (Vizcaya)

¹³ Fundación Tecnalia- Research and Innovation, Parque Tecnológico de Bizkaia. Astondo Bidea, Edif. 700, 48160 Derio (Vizcaya)

¹⁴ Neiker- Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, S.A., Berreaga 1, Parque Tecnológico de Bizkaia 812L. 48160 Derio (Vizcaya)

¹⁵ Tecnun-Universidad de Navarra, Paseo Manel de Lardizábal 13, 20018 Donostia- San Sebastián (Guipúzcoa)

¹⁶ CEA- Centro de Estudios Ambientales, Pintor Teodoro Dublang25, 4ª, 01008 Vitoria-Gasteiz (Álava)

¹⁷ Ayuntamiento de Donostia- San Sebastián, Paseo del Duque de Mandas 66 Cristina-Enea, 20012 Donostia- San Sebastián (Guipúzcoa)

¹⁸ Ayuntamiento de Bilbao, Estrada San Agustín 1, 5ª Planta B (Subárea de Medioambiente), 48007 Bilbao (Vizcaya)

¹⁹ Ayuntamiento de Bermeo, Intxausti, 2 – 2, 48370 Bermeo (Vizcaya)

²⁰ Ayuntamiento de Zarauz, Zigordia Kalea 13, 20800 Zarauz (Guipúzcoa)

²¹ Ayuntamiento de Bakio, Plaza Lehendakari Agirre 2, 48130 Bakio (Vizcaya)

²² Ayuntamiento de Gernika, Plaza Foru 3, 48300 Gernika-Lumo (Vizcaya)

E-mail: urbank2050@ihobe.eus

Materiales y métodos

El despliegue de la Estrategia KLIMA 2050 a lo largo del proyecto se llevará a cabo a través de la integración de la variable climática en la planificación territorial y en tres políticas sectoriales con alta incidencia (salud, agua, energía), poniendo en marcha acciones tanto de mitigación como de adaptación en 3 áreas de intervención en zonas costeras, cuencas de ríos y medios urbanos; mejorando la gobernanza en el ámbito del cambio climático, y transfiriendo los casos prácticos desarrollados a otras áreas del País Vasco.

El proyecto se desarrollará a través de 40 acciones concretas, distribuidas en ocho bloques. Para su desarrollo cada una de estas acciones contará con el liderazgo de una de las entidades del consorcio, y en la mayoría de los casos se implementarán en colaboración con otras entidades socias. Cada acción incluye una serie de entregables e hitos, a través de los cuales se podrá valorar el éxito de la misma y la consecución de los resultados esperados.

Con el diseño de un *Hub* para la observación y monitoreo del cambio climático se mejorará la información relacionada con el mismo, su impacto y su gestión. Así mismo, mejorará la coordinación en el ámbito del cambio climático con el diseño de nuevos modelos de gobernanza.

Además de las acciones piloto previstas en entornos urbanos y cuencas fluviales, para dar respuesta a la subida del nivel del mar, que es uno de los principales riesgos climáticos en el País Vasco afectando tanto al medio urbano como al natural, se prevén acciones para la adaptación en la zona litoral (ver **Figura 1**). Algunas de estas acciones son la creación de una marisma urbana y un bosque inundable en Bakio; el análisis de las infraestructuras portuarias y el frente costero de Zarautz; la regeneración de Tonpoi en Bermeo; y la regeneración de dunas en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

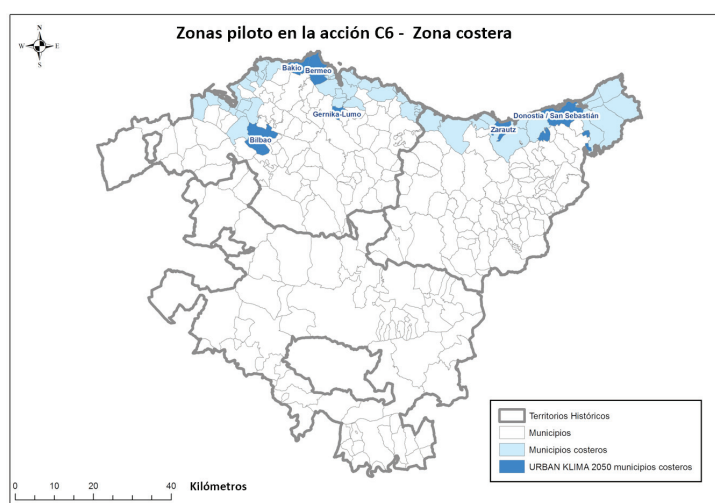


Figura 1. El mapa relativo a los pilotos de intervención en la zona costera

Resultados y discusión

Para asegurar el correcto despliegue de KLIMA 2050, el proyecto Urban Klima 2050 se estructura en los siguientes

cinco bloques:

- 1) Diagnóstico, revisión de la Estrategia KLIMA 2050 a través de sus planes de acción y ampliación del análisis de riesgo climático del País Vasco;
- 2) Definición para la acción y establecimiento de directrices para la integración del cambio climático en las políticas sectoriales: cómo, dónde y cuándo actuar para reducir las emisiones y lograr la resiliencia del territorio;
- 3) Proyectos piloto/demostradores, con la idea de que en el futuro sean escalables a otros municipios, comarcas o cuencas;
- 4) Empoderamiento para el éxito, tanto con la ciudadanía como con el personal adscrito a la Administración, a través de formación y el diseño de nuevas herramientas; y
- 5) Gobernanza Climática, incluido el *Hub* de cambio climático.

A lo largo del proyecto desde el punto de vista de políticas de planificación, además de revisar la Estrategia Klima 2050, de acuerdo con los objetivos de neutralidad en carbono e ir incorporando información regional y actualizada del análisis de riesgos de la costa vasca, entre otros, se incorporará la variable de cambio climático en Estrategia Energética de la CAPV, así como en la Planificación Hidrológica. Desde el ámbito local, se incorporará la variable climática en planes de emergencia y en planes de ordenación urbana, además de incrementar el número de municipios que disponen de Planes de Cambio Climático. Las actuaciones de proyectos de intervención que se llevarán a cabo en el marco de Urban Klima 2050 tendrán influencia sobre el 16% de la superficie y el 43% de la población del País Vasco.

Conclusiones

Disponer de una Estrategia Climática a largo plazo, integrando tanto la mitigación como la adaptación, favorece la coordinación entre los diferentes niveles de la administración y entre los distintos departamentos que conforma los mismos, y establece un marco para poder trabajar de forma coordinada y alineada, y mejora el sistema de gobernanza. Asimismo, la incorporación de los generadores de conocimiento en materia de cambio climático es fundamental para la toma de decisiones motivadas.

El Proyecto Life IP Urban Klima 2050 servirá como impulsor para el despliegue de la Estrategia Klima 2050 y a él se unirán otros proyectos complementarios que favorecerán la consecución de sus objetivos. Los proyectos piloto que incluye el proyecto Life IP Urban Klima 2050 podrán transferirse a otras zonas del País Vasco o incluso a otras regiones con el consiguiente impacto del aprendizaje realizado en los mismos. Teniendo en cuenta en todo momento la posible transferibilidad y la aportación de valor añadido.

Agradecimientos

Proyecto financiado por la Unión Europea: LIFE 18 IPC/ES/000001 LIFE-IP URBAN KLIMA 2050

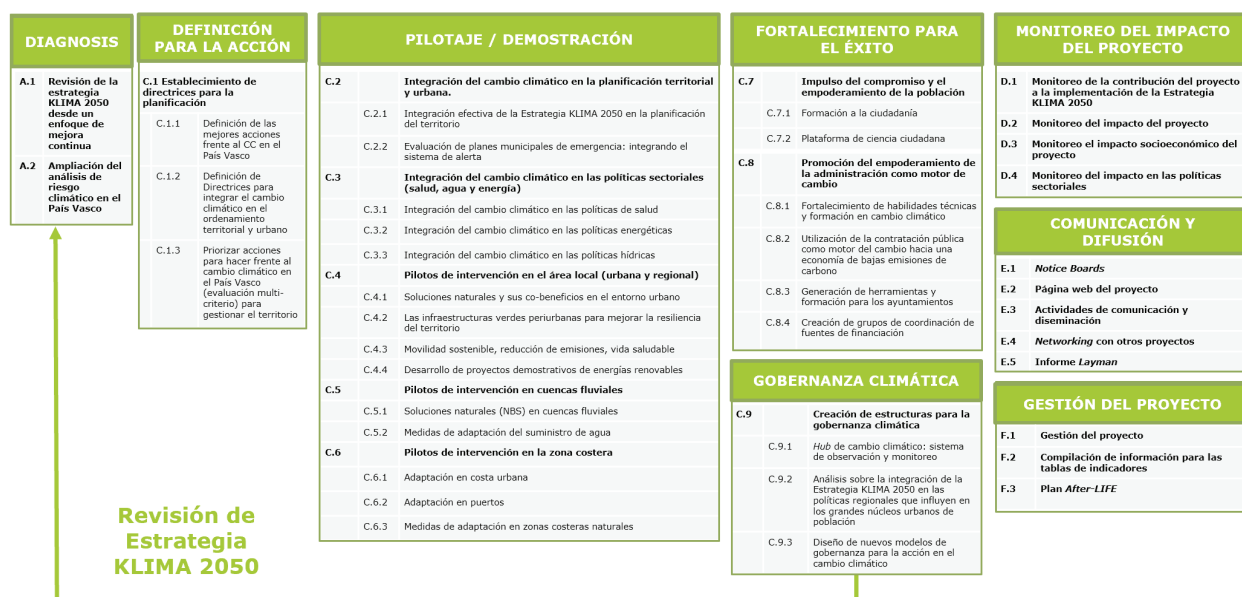


Figura 2. Enfoque trabajo del LIFE Integrado Urban Klima 2050

Cooperación científica para la cocreación de conocimiento: impulsando la experiencia en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia) sobre Infraestructuras Verdes y Azules (IVA) a través de la participación de la juventud en la propuesta Reserva de la Biosfera costera Bunaken-Tangkoko-Minahasa (Sulawesi Norte, Indonesia)

Hernández-Salinas, Alberto^{1,5}, Viota, María¹, Onaindia, Miren^{1,2}, Purwanto, Y.³, Tasirin, Johnny S⁴, Saroinsong, Fabiola B.⁴

Palabras clave: Cooperación científica, Reservas de la Biosfera, Infraestructuras Verdes y Azules, Servicios de los Ecosistemas, Comunidad de Práctica.

Introducción

La crisis ambiental en el *Antropoceno* lleva implícita la pérdida de biodiversidad y múltiples impactos sobre los ecosistemas y sobre los servicios que éstos proveen y de los que depende el bienestar humano (MEA, 2005). El cambio climático exacerba esta situación, y como consecuencia, el bienestar de muchas personas se ve comprometido. Numerosos impactos sobre los sistemas naturales, se manifiestan en cascada, por ejemplo a través de las cuencas fluviales. Tomando como base el ciclo hídrico, los ríos y costas desde el alto de la cuenca hasta la mar, ilustran bien el alto grado de conectividad que tienen los diferentes socio-ecosistemas (naturales y antrópicos, terrestres y marinos). Por ejemplo, la contaminación de las aguas (pluviales o por vertidos), se transporta a través de las masas hídricas y altera los equilibrios de las áreas urbanas, sus ríos y territorios conectados, incrementando la vulnerabilidad ambiental y social. Los múltiples impactos socioeconómicos y en salud que se generan, plantean la necesidad de impulsar, entre otras, estrategias coste-efectivas que faciliten el tránsito a sociedades más resilientes y sostenibles (Mancebo y Sachs, 2016).

En este sentido, las soluciones basadas en la naturaleza, y en especial las relacionadas con el agua son de máxima importancia (WWAP, 2018). El agua es un recurso clave para

la salud ambiental y humana, la prosperidad y la seguridad. Es esencial para la erradicación de la pobreza, la igualdad de género y el mantenimiento de unos ecosistemas sanos. Las soluciones basadas en la naturaleza dan soporte a áreas multifuncionales que contribuyen a incrementar la resiliencia de territorio e impulsan esos logros. Una manera de aplicar soluciones de este tipo es a través de las Infraestructuras Verdes y Azules (IVA): ríos y lagos saludables refuerzan la conectividad del territorio, promueven el mantenimiento de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, además de jugar un papel importante para la mitigación de los efectos del cambio climático.

Las Reservas de la Biosfera son lugares que el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB por sus siglas en inglés, Man and Biosphere) de la UNESCO reconoce y define como “zonas compuestas por ecosistemas terrestres, marinos y costeros”. En cada Reserva de la Biosfera se fomentan soluciones desde enfoques interdisciplinarios para conciliar la conservación de la biodiversidad con su uso sostenible, el desarrollo económico, la investigación y la educación, (UNESCO 2019) y deben ser ejemplo de planificación regional así como fuente de múltiples beneficios. Por ejemplo, los ecosistemas más biodiversos son más productivos y estables (UN Environment, 2019) y por el contrario, aquellos que han sufridos mayores perturbaciones están relacionados con la emergencia de enfermedades (Gibb et al., 2020).

Las Reservas de la Biosfera, son por lo tanto, laboratorios de sostenibilidad que proveen soluciones locales a retos globales como el cambio climático o la conservación de la biodiversidad. Además, promueven actividades de investigación, educación ambiental o capacitación, de forma compartida dentro de la Red Mundial de Reservas de Biosfera, a su vez contribuyen a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas de forma notable y su aplicación en las escalas locales a través de la integración de la participación de las comunidades locales y grupos de interés en las decisiones de gestión y ordenación del territorio.

El presente trabajo se enmarca dentro de la cooperación científica de la Red Mundial de Reservas de Biosfera UNESCO, con el objetivo general de impulsar la creación de una comunidad

¹ Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), 48940, Leioa, País Vasco.

² Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), 48940, Leioa, País Vasco

³ Indonesian MAB National Committee; and Research Center for Biology, The Indonesian Institute of Sciences (LIPI)

⁴ Faculty of Agriculture, University Sam Ratulangi, Manado

⁵ IHEAL-CREDA, Université Sorbonne Nouvelle - Paris 3, Université Sorbonne Paris Cité

E-mail: albertohsirun@gmail.com

de práctica que genere de forma conjunta conocimiento que pueda ser aplicable a la toma de decisiones en la gestión de espacios costeros. De forma específica, la presente experiencia tuvo como objetivo proporcionar herramientas para la puesta en valor de las IVA y analizar la percepción de la juventud, grupo de interés clave en la gobernanza participativa del territorio, en relación a la provisión de servicios de los ecosistemas de una inminente nueva Reserva de la Biosfera en indonesia.

Materiales y métodos

El estudio se ha realizado en el marco de la nominación de la Reserva de la Biosfera Bunaken-Tangkoko-Minahasa (Sulawesi Norte, Indonesia, Figura 1). El proceso de reconocimiento de Reserva de la Biosfera se ha demorado como consecuencia de la pandemia mundial por COVID-19. Sin embargo, esto no ha impactado a efectos del presente trabajo. Comprende un área de 746.412,54 Ha que contribuye de manera notable a la conservación del paisaje, los ecosistemas y la biodiversidad en la escala regional. Se compone de cinco áreas núcleo que en su conjunto representan la variedad de ecosistemas marinos y costeros tropicales de alta biodiversidad, dentro del punto caliente de biodiversidad o “hotspot” Wallacea. El territorio presenta fuertes variaciones en las pendientes (rango de 0% a 90%), con una altitud máxima de 1.580 m.s.n.m. El clima es lluvioso (2.500-3.500 mm/año) y templado, con una temperatura promedio entre 18°C y 24°C. Bunaken-Tangkoko-Minahasa proporciona un lugar muy adecuado para testar la conservación de los recursos naturales, incluyendo el agua, así como prácticas sostenibles que promuevan un desarrollo sostenible en la escala regional (The Indonesian MAB National Committee -LIPI, 2019).

El trabajo se desarrolló en el marco de una formación en línea dentro del Proyecto *E-LifeLong Learning* (UNESCO), de acuerdo a los compromisos de formación y divulgación que recoge el documento de nominación. El grupo focal fue la juventud (17-25 años) vinculada al área de la Reserva, cuya visión se pretende incorporar en la futura estructura de toma de decisiones a través de nuevos foros que impulsen su liderazgo local.

Metodológicamente, se tomó como referencia la experiencia del Programa “Servicios de los Ecosistemas de Euskadi” de la Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental de la Universidad del País Vasco UPV/EHU en la que se impulsó una comunidad de práctica transdisciplinar para aplicar el enfoque de servicios de los ecosistemas a la ordenación del territorio (Peña et al., 2020), así como su largo recorrido en investigación en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia). En colaboración con la Universidad Sam Ratulangi (Manado, Indonesia) y el Comité Nacional MAB-Academia de las Ciencias-LIPI, se proporcionaron las bases científicas para facilitar la visión del enfoque basado en ecosistemas y reforzar la relación entre la población y el entorno. Se elaboró un cuestionario sobre la percepción de la provisión de los servicios de los ecosistemas en una escala semicuantitativa (mínimo 0, máximo 5). El cuestionario se estructuró en torno a tres bloques de servicios (provisión, regulación, culturales; MEA, 2005), desagregado para un total de 20 servicios y en relación a 12 unidades ambientales presentes en el territorio. Se recogieron un total de 35 cuestionarios (n=8400 registros) que fueron analizados mediante modelos lineales generales (R Core Team, 2016).

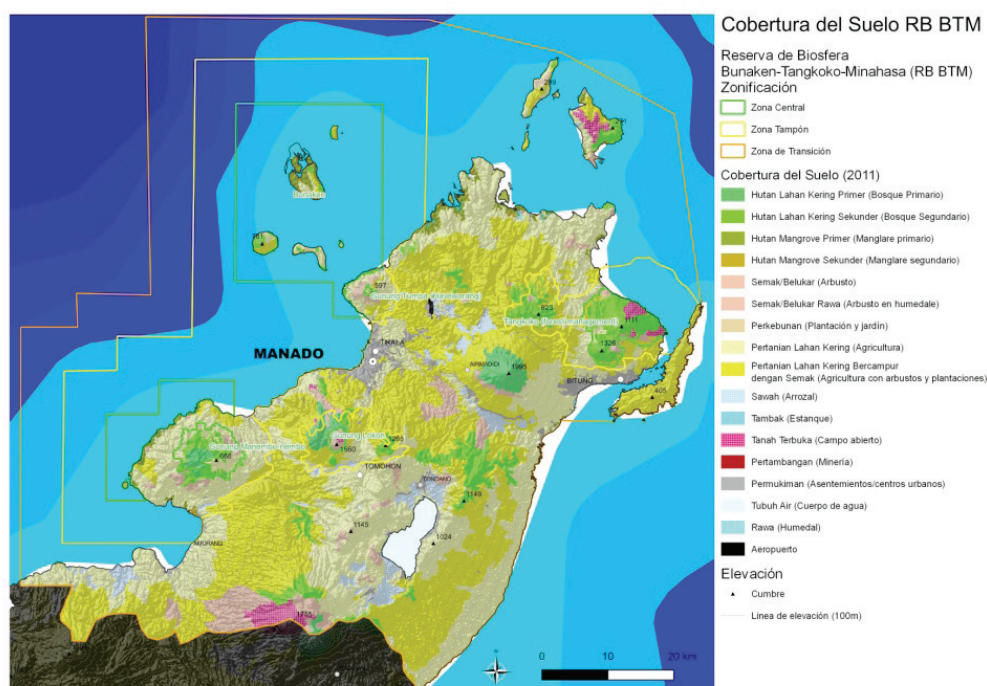


Figura 1. Cobertura del Suelo de la Reserva de Biosfera Bunaken-Tangkoko-Minahasa, Sulawesi Norte, Indonesia

Resultados y discusión

Los resultados de las valoraciones de los cuestionarios se muestran en la Tabla 1. El bloque de servicios de los ecosistemas que recibió valoraciones más altas fue el correspondiente a los “servicios culturales” (promedio $3,14 \pm 0,77$) de manera consistente por *más de la mitad de las personas participantes* (62,86 %). Para el total de los servicios, el más valorado fue el correspondiente a las oportunidades de “Conocimiento científico” que proporciona el territorio ($3,42 \pm 1,27$). La unidad ambiental más valorada fue el “Bosque primario y secundario” ($4,02 \pm 1,02$). De manera desagregada en cada bloque de servicios, el “abastecimiento de alimentos”, la “regulación del ciclo hídrico” y el “conocimiento científico” fueron los más valorados respectivamente dentro de los servicios de provisión, regulación y culturales (Tabla 1). La unidad ambiental en todos los casos mejor valorada fue el “Bosque primario y secundario”. Los resultados fueron contrastados con un nivel de nivel de significación de $p < 0,001$.

Los resultados obtenidos son consistentes con el proceso de nominación de la Reserva de la Biosfera Bunaken-Tangkoko-Minahasa. Se constata la percepción de la premisa: la Reserva proporcionará mecanismos innovadores que impulsen la generación del conocimiento científico que contribuya al desarrollo sostenible local y también global, mediante aportes a la Red Mundial de Reservas de Biosfera. Los resultados señalan que estas oportunidades para la investigación y el ensayo *in situ* de soluciones sostenibles, se articulan en torno al bosque primario y secundario. Esto subraya la percepción por parte de la juventud de la multifuncionalidad de los ecosistemas forestales que proveen de múltiples beneficios integrales sobre el territorio: generación de conocimiento sin obviar los servicios de abastecimiento de alimentos y procesos hidrológicos clave en la regulación del entorno continental y litoral.

La puesta en relieve de los bosques orienta líneas de trabajo futuras dirigidas a reforzar el conocimiento en relación a las interrelaciones de estos ecosistemas con otros presentes en el territorio, de forma que se faciliten las sinergias entre los

usos reales del suelo y la demanda y valoración socioecológica del mismo. Hay que notar que estos resultados generales, han sido recogidos a través de cuestionarios distribuidos entre las personas participantes en el seminario en línea, con un interés especial por el medio ambiente y estudiantes de la Facultad de Agricultura de UNSRAT. Su orientación educativa e intereses ambientales pueden a su vez haber reforzado estas conclusiones.

Nuestros resultados contribuyen a sentar una línea de base para comprender la relación de la juventud con el territorio en el marco del Programa MAB y de la cooperación científica internacional. Además, el enfoque aportado por los servicios de los ecosistemas, proporciona herramientas que promueven la identificación de los diferentes elementos de la IVA, y destacan el papel del agua como conector en la adaptación al cambio climático en la nueva Reserva de la Biosfera y se alinea con otras experiencias que demuestran que un modelo de gestión basado en ecosistemas a nivel de cuenca hidrográfica y costera, podría ser aplicable a otros contextos (por ejemplo: la cuenca del río Bidasoa entre Francia y España) así como a la identificación de posibles visiones complementarias de los actores transfronterizos locales.

Este tipo de trabajos que ponen el foco en las personas jóvenes realzan el papel clave presente y futuro de la juventud en la gestión local compartida de la Reserva y en los procesos globales de sostenibilidad, coherentemente con los mandatos de la UNESCO en cuanto a la dinamización de espacios en los que se impulse la visión y participación de la juventud.

Por todo ello, una experiencia como la que se ha realizado, avanzando desde la transferencia de conocimiento hacia la creación conjunta del mismo, e impulsando una comunidad de práctica transdisciplinar que no obvie el relevante papel de la juventud, puede ser una herramienta muy valiosa para generar sinergias y guiar los pasos a una gestión promueva la resiliencia de las comunidades locales, en cuanto a naturaleza, salud, economía y cultura y que además contribuya a agendas globales.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las valoraciones obtenidas en los cuestionario (n=35). El porcentaje se refiere al número de participantes que le asigna un valor alto o muy alto (*i.e.*, 4 o 5, respectivamente) a cada bloque de servicios de los ecosistemas (SE). Los promedios y desviaciones estándar (d.e) se muestran para las valoraciones desagregadas de la provisión de los SE y las diferentes unidades ambientales del territorio (UA). Las diferencias fueron significativas a un nivel de $p < 0,001$ (***). La escala de las valoraciones es de 0 a 5.

Bloque de SE	%	Promedio $\pm$ d.e	SE más valorado	Promedio $\pm$ d.e	UA más valorada	Promedio $\pm$ d.e
Provisión	49	$3,01 \pm 0,72$	Abastecimiento de alimentos	$3,19 \pm 1,53^{***}$	Bosque primario y secundario	$4,18 \pm 1,02^{***}$
Regulación	49	$2,93 \pm 0,749$	Regulación del ciclo hídrico	$3,29 \pm 1,36^{***}$	Bosque primario y secundario	$4,08 \pm 0,95^{***}$
Culturales	62.86 ^{***}	$3,14 \pm 0,77^{***}$	Conocimiento científico	$3,42 \pm 1,27^{***}$	Bosque primario y secundario	$3.86 \pm 1,08^{***}$

Conclusiones

Nuestros resultados validan que la propuesta Reserva de la Biosfera Bunaken-Tangkoko-Minahasa es percibida por la juventud local como un espacio generador de conocimiento científico a través de los servicios de los ecosistemas que proporciona, en los que tiene un papel destacado los ecosistemas forestales. La Reserva puede ser un espacio idóneo sobre el que combinar información biofísica y social, de forma que contribuya a orientar la gestión sostenible regional. Además, esta experiencia ha impulsado la creación de una comunidad de práctica con un papel destacado por de la juventud de forma que se facilite su liderazgo.

Referencias

- Gibb, R., Redding, D.W., Chin, K.Q. et al. 2020. Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature* 584: 398–402
- The Indonesian MAB National Committee-LIPI. 2019. Nomination of Bunaken Tangkoko Minahasa Biosphere Reserve. The Indonesian MAB National Committee, 2019, 557 hal. No. Arsip : LIPI-20200116
- Mancebo F. and Sachs I. 2016. *Transitions to Sustainability*. Springer Dordrecht Heidelberg. New York London
- MEA - Millenium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*. Millenium Ecosystem Assessment, Washington, DC, Estados Unidos.
- Peña, L.; Fernández de Manuel, B.; Méndez-Fernández, L.; Viota, M.; Ametzaga-Arregi, I.; Onaindia, M. 2020. Co-Creation of knowledge for Ecosystem Services Approach to Spatial Planning in the Basque Country. *Sustainability* 12, 5287.
- R Core Team, 2016. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, Vienna, Austria.
- UN Environment. 2019. *Global Environment Outlook. GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Nairobi.
- UNESCO. 2019. *World Network of Biosphere Reserve. Learning sites for sustainable development. 2019-2020*. UNESCO
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water. 2018. *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO

Reconocimientos

Los autores agradecen en primer lugar a la Oficina regional de UNESCO Jakarta, además de a Sr. Giuseppe Arduino del Programa Intergubernamental Hidrológico (PHI) por su apoyo financiero para la organización del webinar bajo el título “E-LifeLong Learning on Biosphere Reserve for Youth”, además de por su participación, que ha sido una parte importante para divulgar las aportaciones de este artículo y orientaciones en la elaboración de este seminario. Por otro lado, agradecen también a la Universidad Sam Ratulangi, Facultad de Agricultura, por su contribución técnica y su apoyo logístico para conseguir motivar a jóvenes durante las restricciones sufridas por la pandemia COVID-19. A su vez, agradecemos también a los actores que están implicados en el futuro órgano de gestión de la Reserva de Biosfera Bunaken-Tangkoko-Minahasa, en Indonesia: BTN Bunaken, BKSDA y BAPPEDA, además a las ONG presentes y grupos de jóvenes (por ejemplo: Sra. Sukma Riverningtyas), el Comité Nacional

MAB indonesio-LIPI y por extensión a los participantes del seminario. Esperamos que esta primera iniciativa promueva las bases para una futura Comunidad de Práctica, en esta región. Finalmente, este trabajo de intercambio se ha realizado también gracias al trabajo de la Cátedra UNESCO sobre Desarrollos Sostenible y Educación Ambiental de la UPV/EHU que ha sido la impulsora de una Comunidad de Práctica en el País Vasco a través del gran apoyo, entre otros, de Gobierno Vasco, Diputación Foral de Bizkaia y de todos los actores locales de este territorio que participan de ésta.”

El ecologismo oceánico: del golfo de Vizcaya al Mar Patagónico

Villain, Milo¹

Palabras clave: ecologismo, compromiso, lógicas de acción, representaciones, océano Atlántico.

Introducción

Hoy existe un gran movimiento ecologista planetario de defensa de los océanos. En mi tesis de sociología intitulada “Los defensores del océano Atlántico: ecologistas sin fronteras” (Villain, 2019), trato de comprender este movimiento a través de las experiencias militantes individuales. Además, el estudio trata también de entender un poco mejor la subjetividad y la ética del individuo contemporáneo. El estudio se enfoca en los miembros de organizaciones ecologistas asociativas y ciudadanas, tipo ONG, con acciones o campañas dedicadas al mar como Greenpeace, Sea Shepherd o también la Surfrider Foundation.

Las acciones de esos grupos hacen eco a diversas tomas de consciencia y también a demandas sociales relativas a problemas ambientales que se internacionalizan cada vez más. De hecho, la situación actual relativa al espacio marino y costero se caracteriza por una urbanización creciente del litoral, el auge del nivel de los mares impulsado por el calentamiento climático (acelerado por las actividades antrópicas), una disminución de las existencias haliéuticas, así como por el aumento general de varias contaminaciones de las aguas (por ejemplo las mareas negras; Itcaina y Weisbein, 2005).

Sin embargo, ¿Son esas razones suficientes al compromiso de los individuos contemporáneos en la defensa del océano? Qué es que los motiva realmente? La principal pregunta que nos anima es la siguiente: ¿Cuáles son las motivaciones individuales para defender el océano?

Metodología

El estudio de la socio-historia del ecologismo nos resultó imprescindible a fin de poder apreciar la complejidad de esta «nebulosa ecologista» (Vrignon, 2017). Efectivamente, el ecologismo sintetiza numerosas reflexiones: materiales, existenciales, geográficas, políticas, sociales... incluso filosóficas y ontológicas. Además, las orientaciones de los grupos pueden llegar a ser bastante distintas y conllevan representaciones del océano y de la humanidad muy

contrastadas. El ecologismo siendo el vertiente político y ciudadano de la ecología, cuestiona más ampliamente las condiciones de existencia de la humanidad en este mundo, teniendo al mismo tiempo una visión social de los problemas vinculados con la naturaleza.

Aunque los movimientos ecologistas internacionales no representen una entidad homogénea, sin embargo aparecen como la expresión colectiva de una ética ambiental en el sentido de Hans Jonas (Jonas, 2000) y de Catherine y Raphaël Larrère (Larrère y Larrère, 1997). La dinámica de los peligros ambientales parece abolir las fronteras para varias tomas de consciencia y de acciones, y durante el siglo XX asistimos al desarrollo de una verdadera empatía cosmopolita a favor de la protección del ambiente.

El enfoque de esa realidad toma como objeto de estudio las motivaciones de los defensores del océano y cuestiona más ampliamente las razones de movilizarse en las sociedades contemporáneas. Por eso hemos identificado distintas lógicas de acción en la experiencia de los «ecologistas oceánicos». En otras palabras, este trabajo penetra la subjetividad de los militantes a fin de destacar las principales razones de actuar, entender su experiencia militante, y poner de realce algunas representaciones de su relación al mundo y más particularmente al océano.

A fin de estudiar la realidad del ecologismo oceánico hemos recurrido a una metodología cualitativa, mediante observaciones participantes de grupos ecologistas, el seguimiento de redes, entrevistas semi-directivas y algunos relatos de vida. Hemos diversificado los enfoques de campo: acercándonos en bicicleta a militantes del sur del golfo de Vizcaya, de Aquitania hasta Galicia, recorriendo el litoral norte del Mar Patagónico, y embarcando a bordo de un barco de Greenpeace. Asimismo, diversos formatos han sido elegidos para dar cuenta de nuestras observaciones: el blog, los diarios de campo y los audiovisuales.

De hecho, una vulgarización de algunos resultados relativos a las representaciones de los encuestados está disponible a través tres mini-reportajes accesibles en el canal YouTube del autor (Villain, 2017, 2018 y 2019).

Una comparación transatlántica de acciones ecologistas oceánicas ha permitido entender el movimiento en su dimensión internacional, así como también destacar nuevas prácticas y lógicas de acción. La encuesta comparativa ha sido llevada con sesenta militantes de diversas organizaciones.

¹ Postdoctorando en sociología, Université de Pau et des Pays de l'Adour/Laboratoire UMR 5319 PASSAGES. Avenue du Doyen Poplawski, BP 1633, F-64016 PAU CEDEX
E-mail: milo.villain@gmail.com

Resultados

Pese a varias divergencias entre los grupos, notamos una convergencia transatlántica de tipos de acción en torno a grandes problemáticas ambientales y oceánicas: la lucha contra distintas formas de contaminación, contra la pesca ilegal, o también protestas a favor de la creación de espacios marinos protegidos. Lo que apareció también de manera transversal entre los testimonios de los militantes, es el sentimiento de pertenecer a una gran comunidad y de ser involucrado en una lucha común, compartiendo al mismo tiempo una misma identidad colectiva.

Después del estudio profundizado de los repertorios mediáticos y de acción de los principales grupos estudiados, y de la presentación detallada de los perfiles encontrados, el análisis da una síntesis de la experiencia militante de los ecologistas a través de las tres principales lógicas de acción propuestas en los trabajos de François Dubet (Dubet, 2007) y de Francis Jauréguiberry (Jauréguiberry, 1997). Con objeto de una tipología de las lógicas de acción de los ecologistas (esquema a continuación), nos apoyamos en la interpretación de la acción de F. Dubet que discierne «tres grandes tipos puros de la acción»: la integración social (o «pertenencia»), la estrategia y la subjetivación.

La experiencia del ecologista oceánico nos apareció como una mezcla compleja entre las tres lógicas de acción que resumimos respectivamente de la manera siguiente:

1. La lógica de integración se define esencialmente por la pertenencia. El militante se reconoce en la identidad de ecologista identificándose con un grupo, un objeto de defensa o un uso del océano. La accesibilidad de la organización, así como los valores movilizados por el grupo y la calidad de las relaciones humanas son tantos elementos que participan de esa lógica.
2. La lógica estratégica se manifiesta por el uso del grupo para optimizar su propio beneficio (material o inmaterial), o alcanzar un objetivo personal. En algunos casos, los militantes defienden un uso profesional, recreativo o deportivo que hacen del océano.
3. La lógica de subjetivación se traduce por la expresión de un sentido y de valores morales que el individuo le da a su acción. La esperanza así como la ética aparecen como elementos de esta lógica, como también la voluntad de los militantes en influir en el curso de la historia para tender hacia un mundo mejor (más razonado, armonioso y justo). Más ampliamente, la defensa del océano tiende también a salvar el planeta así como a la humanidad.

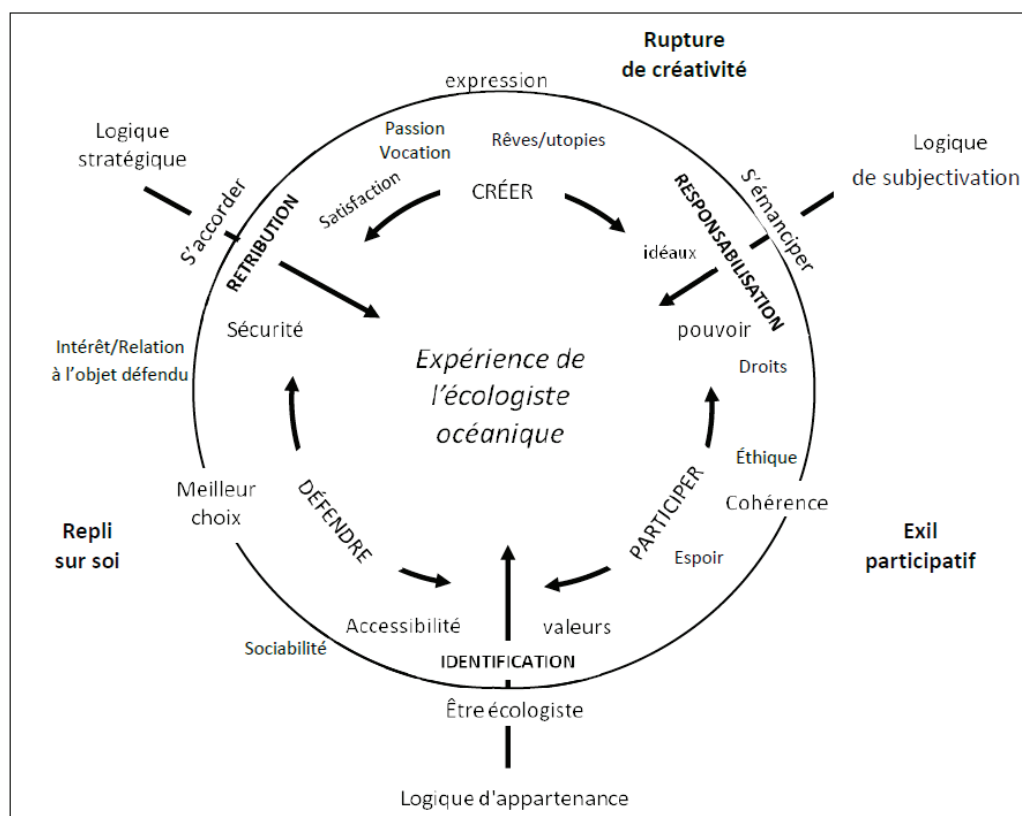


Figura 1 - Esquemización de las relaciones entre las lógicas de acción del ecologista oceánico. Fuente: Adaptación del esquema de F. Jauréguiberry en JAUREGUIBERRY Francis, «L'usage du téléphone portable comme expérience sociale.», op. cit., p. 156; y JAUREGUIBERRY Francis, Les branchés du portable, Paris, Presses Universitaires de France, 2003, p. 170, p. 168. Fecha y Modificaciones : 20.06.2019, MV.

Conclusiones

Hemos observado que la lógica de subjetivación domina mayoritariamente la experiencia de los defensores de los mares. Ellos quieren volverse los sujetos de su vida participando a la historia del mundo. Entonces la subjetivación dominaría la experiencia de los militantes siendo para ellos el poder de existir a través de la acción más allá de una simple integración y de un utilitarismo calculado. En este sentido, nos sorprendió particularmente el número de militantes que apuntaron la importancia de la esperanza y de la ética que vinculamos con la lógica de subjetivación.

Numerosas visiones complejas del mundo trasparecen también en los discursos, así como el desarrollo de una sensibilidad que lleva a los defensores de los océanos a tender hacia otros paradigmas ambientales. Por fin, hemos notado que las motivaciones al compromiso militante nacen a veces en la relación individual al mundo y al océano, y especialmente en las relaciones resonantes, como las llama Hartmut Rosa Rosa, 2018).

Referencias

- Dubet François, L'expérience sociologique, Paris, La Découverte, 2007, 118 p.
- Itcaina Xavier et Weisbein Julien, «La marée noire du prestige au prisme des mobilisations de protestation en France et en Espagne. Une crise locale à focale Européenne — et inversement?», Politique européenne, numéro 17, mars 2005, p. 196-199.
- Jaureguiberry Francis, «L'usage du téléphone portable comme expérience sociale.», Réseaux, volume 15, n° 82-83, 1997, Usages de la téléphonie. pp. 149-165, URL: https://www.persee.fr/doc/reso_0751-7971_1997_num_15_82_3061
- Jaureguiberry Francis, Les branchés du portable, Paris, Presses Universitaires de France, 2003, p. 170, p. 168
- Jonas Hans, Une éthique pour la nature, Desclée de Brouwer, Paris, 2000, 159 p.
- Larrère Catherine et Larrère Raphaël, Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement, Paris, Flammarion, 1997, 355 p.
- Rosa Hartmut, Résonance. Une sociologie de la relation au monde, La Découverte, Paris, 2018, 536 p.
- Villain Milo, Les défenseurs de l'océan Atlantique: des écologistes sans frontières/Los defensores del océano Atlántico: ecologistas sin fronteras, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau, 2019, 460 p. Esta tesis ha sido realizada en cotutela con la Universidad del País Vasco (UPV) y codirigida por Francis Jauréguiberry y Iñaki Barcena, y defendida en la UPPA el 28 noviembre 2019. Documento accesible en el vínculo siguiente: <http://www.theses.fr/2019PAUU1074>.
- Villain Milo. El autor ha realizado tres minireportajes (audio y vídeo) accesibles a través del canal Youtube «Milo Villain»:
- Les défenseurs de l'océan Atlantique : golfe de Biscaye (Sud) (2017)
 - Los defensores del Mar Patagónico norte. Representaciones y relaciones al mar (2018)
 - Voix de l'Esperanza. Voces del Esperanza. Voices of the Esperanza. (2019)
- Vrignon Alexis, La naissance de l'écologie politique en France. Une nébuleuse au cœur des années 68, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2017, 322 p.

Los avisos/alertas/alarmas por riesgo marítimo-costero en la CAV

Gaztelumendi, Santiago^{1,2}, Egaña, Joseba^{1,2}, Gelpi, Iván R.^{1,2} y Aranda, José Antonio^{2,3}

Palabras clave: Marítimo-costero, riesgo, impacto, avisos, sistema de alerta temprana

Introducción

La Comunidad Autónoma Vasca (CAV) se ve afectada regularmente por episodios marítimo-costeros adversos que, dependiendo de su severidad, pueden alterar las actividades humanas en la franja litoral de forma significativa, producir daños materiales de consideración o incluso provocar daños personales de forma directa o indirecta. El proceso de determinación y comunicación de avisos/alertas/alarmas es un proceso complejo de toma de decisiones en el que intervienen múltiples agentes que analizan información de diversas herramientas disponibles (GV 2018, Gaztelumendi et al 2016a). En esta contribución nos centraremos en la descripción de dos aspectos relevantes de este proceso. Por un lado, el propio sistema de avisos desde el punto de vista de la elaboración y emisión de los mismos en el marco de los protocolos y procedimientos establecidos. Por el otro, las características del sistema de alerta temprana (SAT), una de las herramientas clave que nos permite determinar con antelación las situaciones adversas y su grado de potencial impacto (WMO 2010).

El procedimiento de predicción, vigilancia y actuación ante fenómenos meteorológicos adversos (GV 2018) de la Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología (DAEM) establece qué fenómenos, en qué contexto y a partir de qué magnitudes océano-hidro-meteorológicas de referencia, dichos fenómenos pueden afectar a la población y en qué medida. En particular, en el ámbito del riesgo marítimo-costero, el sistema de avisos de la DAEM ha evolucionado desde un sistema basado en la altura significativa del oleaje, al actual sistema en el cual se consideran tres tipos de riesgo, el asociado a Galernas con especial impacto en usuarios de playas y franja litoral, el asociado a malas condiciones de la mar con impacto en la navegación en la franja más cercana a la costa (2 millas) y el asociado a los eventos de rebase y embate del oleaje con impacto en las áreas más expuestas de la costa (GV 2018, Gaztelumendi et al, 2016a, Gaztelumendi et al 2012).

Metodología

En este resumen se describen las características del sistema vasco de avisos/alertas/alarmas por riesgo marítimo-costero, poniéndolo en contexto y comparándolo con el sistema de avisos previo. Así mismo, describimos de forma sucinta los aspectos más relevantes del sistema de alerta temprana marítimo-costera operativo en Euskalmet, que nos permite el seguimiento y la predicción de las diferentes variables precursoras en función de los diferentes tipos de impacto previstos. Se recopilan y estudian los avisos/alertas/alarmas emitidos durante el tiempo de operación de dicho sistema, presentando las distribuciones anuales y mensuales a modo de climatología de avisos. Finalmente incluimos algunos comentarios y reflexiones en relación al funcionamiento actual operativo del sistema y qué líneas de actuación planteamos para el futuro.

Resultados y Discusión

En la mayoría de los países diferentes organismos vienen emitiendo avisos en el ámbito océano-meteo basándose en la superación de umbrales preestablecidos en ciertas variables de observación directa. La Organización Mundial de Meteorología (OMM) recomienda a los diferentes organismos competentes (WMO 2015) la implementación de sistemas que incorporen la cuantificación del riesgo y el impacto. El sistema de avisos en Euskadi, es un sistema fuertemente orientado a impacto, que ha evolucionado a lo largo de estos últimos años (Gaztelumendi et al 2012, 2016a), incluyendo en 2009 la semaforización (amarillo/naranja/rojo) para diferentes niveles de impacto (avisos/alertas/alarmas), e incorporando en 2015 dentro de los riesgos marítimo-costeros el impacto en litoral. Actualmente dentro del ámbito marítimo-costero se consideran 3 categorías de riesgo bien diferenciadas (Figura 1):

- Riesgo de Galerna o similar. Se manifiesta a modo de cambio repentino en la dirección de viento y aumento brusco de su velocidad que afecta a la línea costera. En general se produce durante la época de primavera-verano afectando a una franja de mar-tierra relativamente estrecha del litoral (e.g. Gaztelumendi et al, 2011). Este giro e intensificación del viento puede causar problemas a usuarios de playas y a embarcaciones pequeñas. En la evaluación de su impacto se consideran, entre otros factores, las características del campo de viento (ver figura 1).

- Riesgo para la navegación. Se manifiesta a modo de empeoramiento en el estado de la mar (oleaje y viento), habitualmente debido al efecto de temporales de NW o de borrascas relativamente profundas y próximas a la CAV (Egaña

¹ Basque Research and Technology Alliance (BRTA), TECNALIA, Energy and Environment Division, Meteorology Area. Parque Tecnológico de Álava, Vitoria-Gasteiz, 01510, Araba

² Basque Meteorology Agency (Euskalmet), Parque Tecnológico de Álava, Vitoria-Gasteiz, 01510, Araba

³ Dirección de Atención a Emergencias y Meteorología, Departamento de Seguridad, Gobierno Vasco. Vitoria Gasteiz.
E-mail: santiago.gaztelumendi@tecnalia.com

et al, 2010, 2011, 2014, Gaztelumendi et al, 2014). En esas condiciones la navegación general y la actividad pesquera puede ser peligrosa. El impacto se deriva fundamentalmente del posible daño en embarcaciones y del cese de la actividad pesquera. Este tipo de riesgo se evalúa considerando, entre otros factores, la altura significativa y el viento en las primeras dos millas (ver Figura 1).

- Riesgo de impacto en costa. Se produce por efecto combinado de mareas relativamente vivas con oleaje altamente energético. Son situaciones de potencial riesgo en áreas de la franja costera expuestas al embate del oleaje y a los rebases. El impacto se produce, bien por el empuje directo del oleaje, bien por inundaciones derivadas de los rebases. Este tipo de riesgo en sus manifestaciones más extremas puede producir un gran impacto, ocasionalmente en vidas humanas, habitualmente por daños materiales en infraestructuras costeras y embarcaciones (e.g. Gaztelumendi 2020). Para su evaluación se considera, entre otros aspectos (ver Figura 1), el nivel del mar y el remonte (run-up) integrados en diferentes índices de rebase (Liria et al, 2014, Stockdon et al, 2006).

Una comunicación adecuada y con suficiente antelación de situaciones océano-meteorológicas adversas junto con una estimación de su grado de impacto, es esencial a la hora de planificar y ejecutar las medidas preventivas oportunas para minimizar los daños (WMO 2018). Con ese propósito en Euskalmet elaboramos diferentes productos, con contenidos y formatos orientados a diferentes usuarios, que diseminamos a través de diferentes canales de comunicación (Gaztelumendi et al 2016b, 2015), incluyendo Twitter en 2011 y un servicio de avisos a la carta en 2019. Entre todos destaca el boletín de aviso de fenómeno adverso, que recoge de forma clara y sucinta el ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? y ¿Cuánto (grado de impacto)? previsto en una situación dada (GV 2018).

La causa de riesgo marítimo-costero (Galernas y Altura de ola) está presente desde el origen del sistema de avisos en Abril de 2004, el primero por riesgo-marítimo costero se emite el 05/05/2004 (altura de ola). En noviembre de 2009 se incluyen

los colores y en febrero de 2015 se actualiza la nomenclatura de “altura de ola” por Navegación y se incluyen los rebases, de forma que los primeros boletines con causa riesgo marítimo-costero: Navegación e impacto en costa se emiten el 20 y 21 del 02/2015.

El riesgo marítimo-costero tiene un peso muy importante en el sistema. En relación a los boletines emitidos, el riesgo marítimo-costero aparece en cerca de la mitad de los casos totales, amarillos y naranjas subiendo hasta en el 71% para el nivel rojo. En relación a los días adversos la causa de riesgo marítimo-costero aparece en el 40% de los días adversos, amarillos y naranjas, subiendo al 64% en las situaciones de alarma (rojos). En la figura 2 presentamos la distribución anual y mensual de días de aviso. Destacan por su severidad el año 2014 y el 2019 en el que se producen un número muy elevado de días adversos, en su mayor parte debido a situaciones de temporales en la época fría (Egaña et al, 2014, Gaztelumendi et al, 2014). Atendiendo a la distribución mensual (ver figura 2), constatamos que enero y febrero suelen ser especialmente adversos. No obstante, se registran días de alarma puntuales (rojos) dentro de todo el periodo frío adverso que abarca de noviembre a marzo. Los días de galerna o similar se centran fundamentalmente en la época estival, el nivel de máximo alcanzado durante el periodo de estudio es el amarillo. Aunque el riesgo de navegación (antiguamente altura de ola) está presente todo el año, su impacto es muy relevante de noviembre a marzo y relativamente bajo de abril a octubre, recordemos que en periodo estival se relaja el umbral de referencia (ver figura 1) para mejor consideración del riesgo asociado a actividades náuticas y playeras en el verano. En el caso del impacto en litoral, durante los meses de mayo a setiembre el impacto es nulo o poco relevante, mientras que el resto del año y particularmente durante los meses de enero y febrero el impacto es relevante coincidente con situaciones de mareas vivas con oleaje más o menos relevantes.

			
WARNING	Sea conditions: abrupt change of wind to northwest raging with force 6. Land conditions: sudden wind reversal to northwest, rising suddenly with strong gusts 60-90 km/h on the coast.	Rough sea or significant wave height in coast between 5 and 3.5 meters.	Overtopping indexes values of 5,75 and 7 meters.
ALERT	Sea conditions: abrupt change of wind to northwest raging with force 7. Land conditions: sudden wind reversal to northwest, rising suddenly with strong gusts above 90-120 km/h on the coast.	Very rough sea or significant wave height in coastal waters of between 5 and 7 meters.	Overtopping indexes values of 6,50 and 8 meters.
ALARM	Sea conditions: abrupt change of wind to northwest raging with force 8 or above. Land conditions: sudden wind reversal to northwest, rising suddenly with strong gusts above 120 km/h on the coast.	High sea or significant wave height from 7 meters coast.	Overtopping indexes values of 7,25 and 8 meters.
Others aspects considered	- Day (beginning or end of summer, August, ...). - Time when Galerna is expected (beach time or not). - Weekend or holiday time. - Sport or special activities organized in beaches.	- Sea general conditions. - Type of waves (swell, wind waves, cross, chaotic, ...). - Wave characteristics (significant wave height, peak height, period, ...). - Sports or special activities organized at sea.	- Wind waves and swell characteristics around maximum tide time. - Peak wave period time. - Schedule and intensity of the tides and river flows. - Day and hour (weekend, night time, summer, etc.).

Figura 1. Tabla esquemática con las características del sistema de avisos/alertas/alarmas por riesgo marítimo-costero.

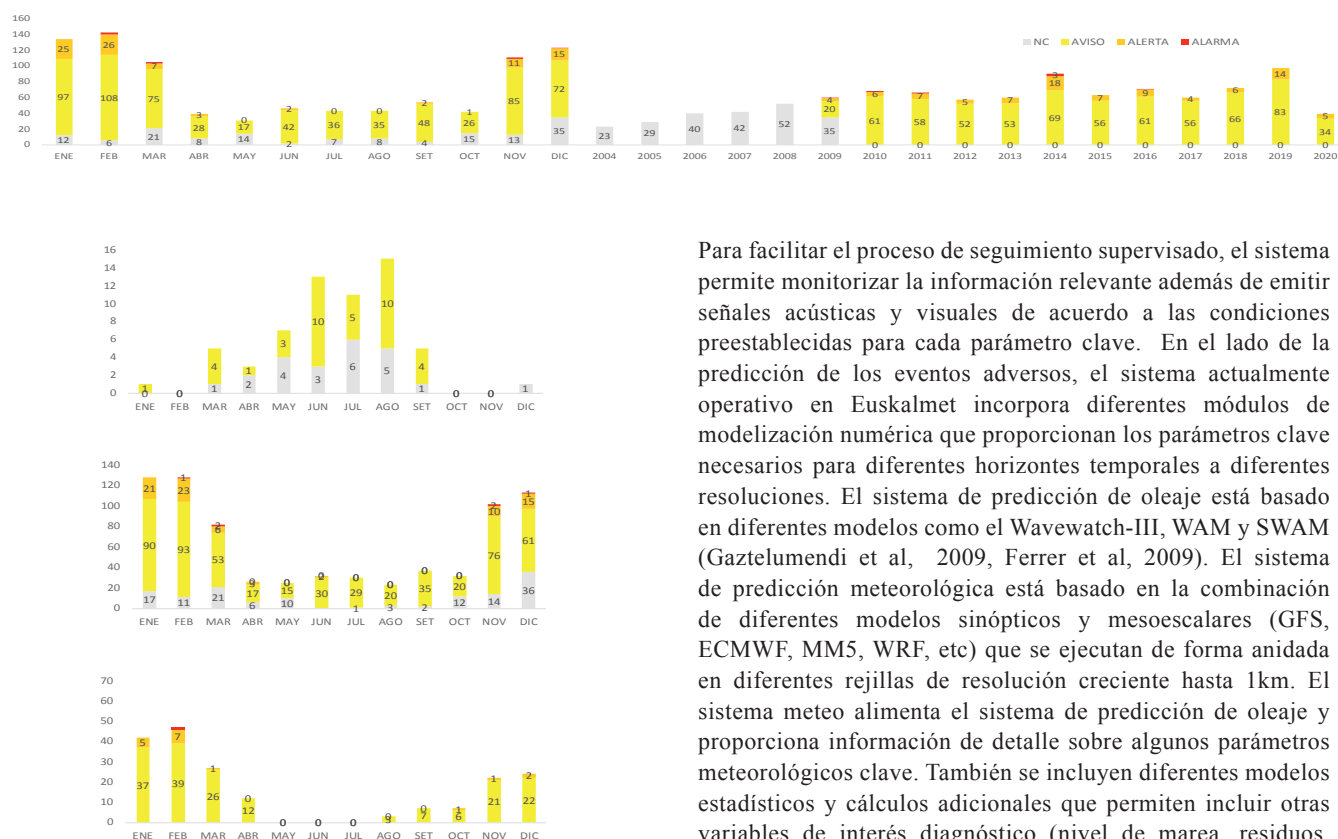


Figura 2. Distribución anual y mensual de los días de avisos/alertas/alarmas para el periodo abril 2004 - abril 2020, incluyendo todos los riesgos marítimo-costeros (arriba), galernas (abajo-izquierda), altura de ola y navegación (abajo-centro) e impacto en costa (abajo-derecha).

Cada uno de los riesgos marítimo-costeros planteados se produce en un contexto océano-meteorológico que pueden caracterizarse mediante diferentes parámetros físicos. En el caso de las galernas, los parámetros clave son la configuración del campo de presión y su tendencia, la detección de cambios bruscos en intensidad y dirección de viento y los cambios bruscos de temperatura. En el caso de la navegación los parámetros clave son la altura significativa y periodo del oleaje y el campo de viento. En el caso del impacto en costa los parámetros clave son los índices de rebase que dependen de las características del oleaje (altura significativa, periodo pico, dirección del oleaje) y el nivel del mar (marea astronómica y marea meteorológica o residuo).

Para realizar el seguimiento y predicción de los posibles eventos adversos por riesgo marítimo-costero durante estos años hemos desarrollado un sistema completo de alerta temprana que proporciona la información necesaria de los parámetros clave para cada tipo de riesgo considerando diferentes horizontes temporales. En el lado de la vigilancia de eventos adversos, el sistema nos permite la monitorización en tiempo real de multitud de datos provenientes de los sistemas de observación océano-meteo disponibles en la CAV y su entorno.

Para facilitar el proceso de seguimiento supervisado, el sistema permite monitorizar la información relevante además de emitir señales acústicas y visuales de acuerdo a las condiciones preestablecidas para cada parámetro clave. En el lado de la predicción de los eventos adversos, el sistema actualmente operativo en Euskalmet incorpora diferentes módulos de modelización numérica que proporcionan los parámetros clave necesarios para diferentes horizontes temporales a diferentes resoluciones. El sistema de predicción de oleaje está basado en diferentes modelos como el Wavewatch-III, WAM y SWAM (Gaztelumendi et al, 2009, Ferrer et al, 2009). El sistema de predicción meteorológica está basado en la combinación de diferentes modelos sinópticos y mesoescalares (GFS, ECMWF, MM5, WRF, etc) que se ejecutan de forma anidada en diferentes rejillas de resolución creciente hasta 1km. El sistema meteo alimenta el sistema de predicción de oleaje y proporciona información de detalle sobre algunos parámetros meteorológicos clave. También se incluyen diferentes modelos estadísticos y cálculos adicionales que permiten incluir otras variables de interés diagnóstico (nivel de marea, residuos, daños, ...), así como aspectos probabilísticos sobre ciertos parámetros clave. Parte del sistema numérico de predicción se ejecuta en modo “ensemble” de forma que, además de aumentar el horizonte de pronóstico, nos permite incorporar la predictibilidad. Sobre las diferentes salidas numéricas se aplican diferentes técnicas de postproceso, que nos permiten obtener la información necesaria en los formatos adecuados para su incorporación efectiva en los procesos de elaboración de boletines adversos y la toma de decisiones.

Conclusiones

Durante estos últimos 16 años de operación, los aspectos relativos al riesgo marítimo-costero han ido cobrando una importancia creciente, mostrándose como uno de los riesgos que más habitualmente manifiesta su severidad. En su variante tanto de riesgo para la navegación como de impacto en litoral ha contribuido de forma muy sustancial a los eventos de mayor impacto ocurridos en la CAV.

El sistema de alerta temprana de riesgo-marítimo-costero operativo en Euskalmet desarrollado e implementado por Tecnalia con la colaboración de Azti a lo largo de estos últimos años, nos permite realizar un seguimiento detallado en tiempo real de los eventos adversos que puedan afectar al área litoral de la CAV, así como disponer de alta capacidad predictiva sobre eventos que puedan ocasionar impacto en horizontes de hasta 10 días.

A pesar de su demostrada efectividad son varias las líneas de mejora que estamos abordando y/o abordaremos en el futuro. La mejora de ciertos aspectos de integración y robustez de los diferentes módulos y del hardware, abordar la inclusión de nuevos modelos de predicción numérica en el ámbito océano ganando resolución en la zona más litoral, acoplar modelos oceanográficos en el sistema y considerar las corrientes, incluir nuevas capacidades de vigilancia automática a partir de la información proporcionada por el sistema de cámaras litorales, incorporar capacidades predictivas y de monitorización en agitación portuaria, mejorar el sistema de nowcasting de galernas o ampliar los estudios de caracterización de daños e impacto, entre otras.

Referencias

- Egaña, J., Gaztelumendi, S., Gelpi, I. R., and Otxoa de Alda, K., 2010. Analysis of oceano-meteorological conditions during Klaus episode on Basque Country area, 10th EMS/8th ECAC.
- Egaña, J., Gaztelumendi, S., Ruiz, M., Pierna, D., Igelpi, I. R., and Otxoa De Alda, K., 2011. Analysis of BECKY episode on Basque Country coastal area. 6th EuroGOOS Conference..
- Egaña, J., Gaztelumendi, S., and Hernández, R., 2014. Analysis of 2014 winter patterns and its effects in Basque Country coastal area. 14th EMS/10th ECAC.
- Ferrer, L., González, M., Fontán, A., Mader, J., Uriarte, Ad., Gaztelumendi, S., Egaña, J., Gelpi, I.R., Otxoa de Alda, K., Morais, A., Aranda, J.A., 2009. Towards a future strategy in oceanography and meteorology for the Basque Country". GLOBEC International Newsletter, Vol. 15, No. 1, April 2009, pp. 54-55.
- Gaztelumendi, S., González, M., Egaña, J., Rubio, A., Gelpi, I.R., Fontán, A., Otxoa de Alda K., Alc N, Ferrer, L., Mader, J., Uriarte, Ad., 2009. Implementation of an operational oceanometeorological system for the Basque Country. *Thalassas*, 26 (2): 151-167.
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Ruiz, M., Pierna, D., Otxoa De Alda, K., and Gelpi, I. R., 2011. An analysis of Cantabric coastal trapped disturbances, 6th EuroGOOS Conference.
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Hernandez, R., Otxoa de Alda, K., Aranda, J. A., and Anitua, P., 2012. An overview of a regional meteorology warning system, *Adv. Sci. Res.*, 8, 157–166.
- Gaztelumendi, S., Egaña, J., Gelpi, I. R., Carreño, S., Gonzalez, M., Liria, P., Rodriguez, G., Epelde, I., Rubio, A., Aranda, J.A., 2014. Characterization of coastal-maritime severe events in Basque Country. 7th EuroGOOS Conference.
- Gaztelumendi, S. and Egaña, J., 2014. Analysis of maritime-coastal severe events in Basque Country during 2014 winter. 7th EuroGOOS Conference.
- Gaztelumendi, S., Orbe, I., Salazar, O., Lopez, A., Aranda, J., and Anitua, P., 2016a. Delivery and communication of severe weather events in Basque Country: the Euskalmet case, *Adv. Sci. Res.*
- Gaztelumendi, S., Orbe, I., Salazar, O., Lopez, A., Aranda, J. A., and Anitua, P. 2016b. Delivery and communication of severe weather events in Basque Country: the Euskalmet case, *Adv. Sci. Res.*, 13, 87–90.
- Gaztelumendi, S., Martija, M., and Principe, O. 2018. Twitter and weather services, *Adv. Sci. Res.*, 15, 239–243.
- Gaztelumendi, S. 2020. Caracterización de daños por embate de mar en las costas de Bizkaia y Gipuzkoa. Uhinak 2020.
- GV. Plan de predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos. Procedimiento DAEM P005. Gobierno Vasco.
- Liria, P., Epelde, I., Gaztelumendi, S., Egaña, J., Gelpi, I. R., Carreño, S., Gonzalez, M., and Aranda, J., 2014. Los temporales de enero, febrero y marzo de 2014 dentro del contexto del clima marino de la costa vasca. *ECOPLAYAS XVI*.
- Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., and Sallenger, A.H., 2006. Empirical parametrization of setup, swash and run up, *Coast. Eng.*, 53, 573–588.
- WMO. 2010. Guidelines on early warning systems and application of nowcasting and warning operations, WMO/TD No. 1559.
- WMO. 2015. WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. WMO-No. 1150.

Txingudi: ilustrando el pasado y el presente de esta bahía

Castro Uranga, Raúl¹

Palabras clave: bahía, ecología litoral, gestión costera, área transfronteriza

Introducción

Zona de tránsito y decantación de elementos naturales, culturales y sociales a lo largo de la Historia, el estuario y la desembocadura del Bidasoa entre los vados de Behobia y Hondarribia – cierre de la bahía de Txingudi-, constituye un singular territorio *frontalier* que une más que divide según el caso. Su nexo interior -la *île des Pausants* cuya grafía trascrita a mano ha derivado en *Faisans*-, condominio diplomático durante los últimos cinco siglos -desde la firma *in situ* de la Paz de los Pirineos aquel 7 de noviembre de 1659 y ratificada mediante intercambio de princesas-, cada 1 de enero la isla continúa pasando de manos de la marina francesa a la española para retornar de ésta a aquella el siguiente 31 de julio. Aledaño a ella se sitúa el primer puente histórico transfronterizo; límite urbano actual de un espacio único para esparcimiento ciudadano -con relevante valor naturalístico y ornitológico en particular- que abarca las islas inferiores, Plaiaundi y las marismas de Jaitzubia junto a la bahía en cuestión; extendiéndose por el exterior a poniente hacia Jaizkibel con el cabo Higer y *au Levant, sur la corniche Basque, à travers le domaine d'Abbadia...*

Materiales y métodos

A través de imágenes históricas, mapas y fotografías aéreas (Figuras 1, 2, 3 y 4) se ilustra la evolución de este estuario transfronterizo que abarca los municipios de Irun, Hendaia y Hondarribia; suscitando un debate en torno a los principales retos planteados cara a su gestión futura:

- panorámica conjunta de un ecosistema compartido para conservación de valores naturales y desarrollo urbano compatible (lo que hace cada cual),
- soluciones prácticas ante conflictos competenciales (quién impide qué),
- pasos hacia una integración aún pendiente (aquello que cabe llevar a cabo entre todos).

Resultados y discusión

Con respecto a su gestión hidrológica integrada llama poderosamente la atención el hecho de que la parte francesa (margen derecha) constituya una *Masse d'eau fortement modifiée*, mientras

que la española (a la izquierda) se halle definida como masa de agua natural. También resulta hasta cierto punto absurdo que cualquier actuación en esta extensa zona de soberanía compartida, por nimia que parezca, requiera al menos la intervención en Pleno de la Comisión Técnica Mixta del Bidasoa o incluso, si el asunto adquiere cierta relevancia, hasta la de la Comisión Internacional de los Pirineos. En la práctica, cabe proponer la posible puesta en marcha de hasta tres Subcomisiones Territoriales o Sectoriales cara a afrontar algunos retos pendientes:

- Gestión cotidiana del dominio público marítimo-terrestre (Biodiversidad, Costas, Movilidad, Navegación, Urbanismo, Pesca...) con participación de la Administración implicada a menor escala; ya sea municipal (asuntos locales que solo conciernen a Irun, Hendaia y Hondarribia), foral-departamental (los que requieran de inversión significativa), autonómica-regional (esos cuya competencia sectorial corresponda a este nivel) o interestatal (únicamente aquellos del más alto nivel que afecten a la seguridad transfronteriza o sean objeto de discusión por parte de los respectivos Gobiernos cara a rendir cuentas ante la Comisión y el parlamento Europeo o cualquier otra organización de ámbito internacional).

- Adaptación a los efectos del cambio global mediante desarrollo de políticas y planes de ámbito superior; priorizando acciones a nivel local y regional con participación de asociaciones, centros de investigación, empresas, organismos y servicios de las administraciones directamente implicadas a escala sectorial o de coordinación ejecutiva.

Conclusión

Los tres núcleos de este consorcio transfronterizo, incluso en una situación de emergencia sanitaria como la reciente pandemia ligada al Covid-19, tienen bastante más en común que respecto a las capitales de sus correspondientes regiones o estados que dictan las normas al respecto.

Referencias

- geoEuskadi, Infraestructura de Datos Espaciales de Euskadi www.geo.euskadi.eus
- IRIBARREN: Ingeniería y mar. Catálogo editado por el Ministerio de Fomento de la exposición inaugurada el 29 de noviembre de 2000 y organizada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). 285 pp.
- 2020.5.19 *Avis délibéré de la Mission régionale d'autorité environnementale de la région Nouvelle-Aquitaine sur le projet de dragage de la baie de Txingudi sur la commune d'Hendaye (64)* http://www.mrae.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/p_2020_9633_a_dragagetxingudi_mrae_signe.pdf
- Reconocimientos – el autor agradece al comité organizador del congreso UHINAK la oportunidad de presentar y publicar esta ponencia en formato de póster.

¹ AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), 48395 Sukarrieta (Vizcaya). Muelle de la Herrera · E-20110 Pasaia (Gipuzkoa)
E-mail: rcastro@azti.es



Figura 1. Localización de Ficoa sobre un plano de la bahía de Txingudi correspondiente al siglo XVII acompañado de una vista de su barra de desembocadura y otra del puente de Behobia aguas arriba de la isla de los Faisanes.

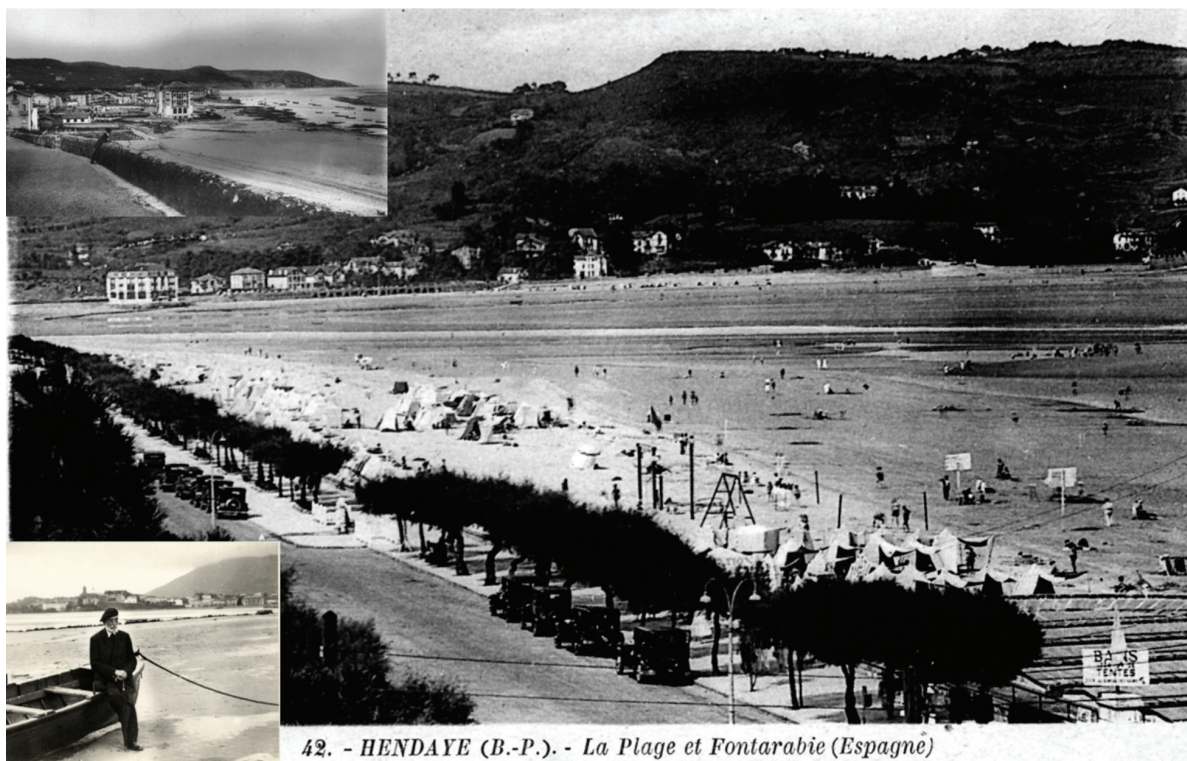
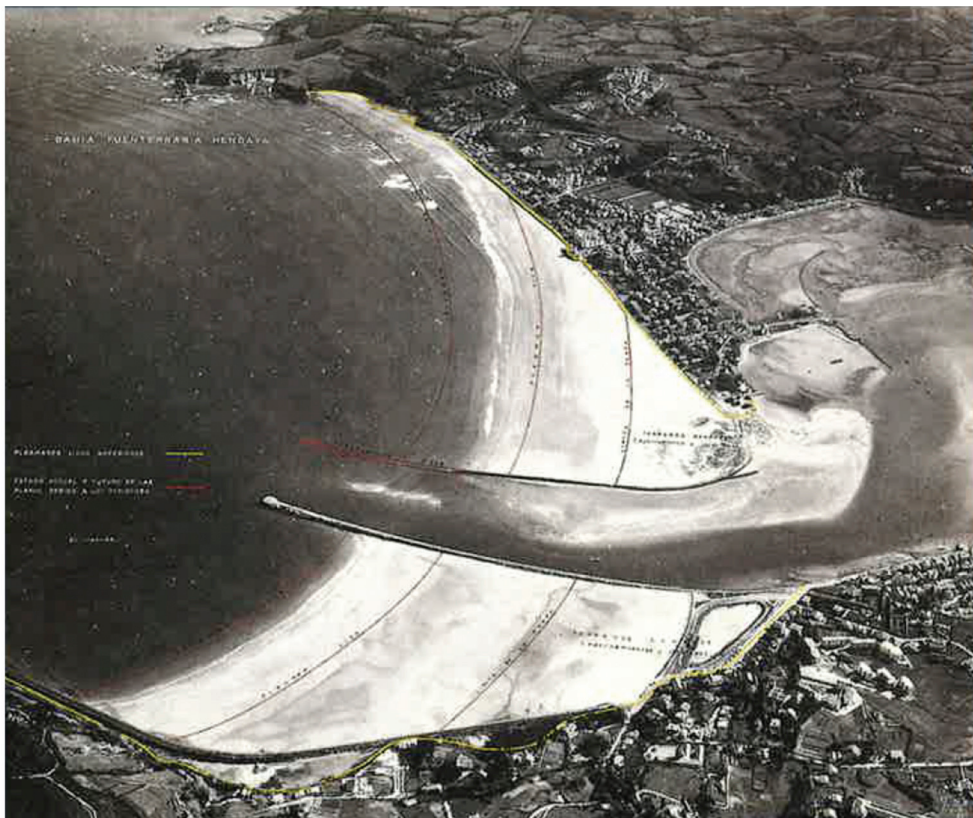


Figura 2. Aspecto de los arenales de Txingudi hace un siglo (década de 1920).



Soluciones basadas en la naturaleza frente al cambio climático: restauración de dunas y marismas

Peña, Lorena¹, Onaindia, Miren¹, Muñoz, Oihane¹, Amaya, Ariane¹, Fernández de Manuel, Beatriz¹, Ametzaga-Arregi, Ibone¹

Palabras clave: Gorliz, indicadores, Muskiz, servicios ecosistémicos, suelo, vegetación

Introducción

Según la International Union for Conservation of Nature (IUCN), las Soluciones basadas en la Naturaleza son todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proporcionan, para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres. Entre estas Soluciones basadas en la Naturaleza destacan la regeneración de los ecosistemas costeros, los cuales han sido muy transformados y reducidos en los últimos siglos debido al incremento de la presión humana sobre el litoral (UNEP 2006; Bennett et al. 2016). Según algunos estudios, en los últimos 20–50 años, se han perdido el 50% de las marismas, el 35% de los manglares y el 29% de los lechos de algas marinas del mundo (Barbier 2012).

Los ecosistemas costeros (sistemas dunares, playas, acantilados, y marismas, entre otros) ofrecen importantes servicios para el bienestar de la sociedad (Onaindia et al. 2015; Abbott et al. 2019) y ayudan a disminuir la vulnerabilidad del territorio frente al cambio climático mejorando la resiliencia del mismo (Schuerch et al. 2018). Uno de los principales servicios que proporcionan los ecosistemas costeros es la protección de la costa frente a los fuertes vientos y oleajes y frente al ascenso del nivel del mar, actuando como barreras naturales (Mcowen et al. 2017; Hindsley and Yoskowitz 2020). Además, las marismas costeras son consideradas importantes ecosistemas *blue carbon* (Pendleton et al. 2012; Mcowen et al. 2017), ya que pueden almacenar el carbono a largo plazo. Estos ecosistemas tienen altas tasas de acumulación de carbono, con estimaciones globales que van desde 4,6 hasta 60,4 Tg C/año (Lovelock and Duarte 2019). Por lo que son consideradas Soluciones basadas en la Naturaleza muy importante para la adaptación al cambio climático.

Actualmente, el 22% de los ecosistemas costeros en Euskadi no se encuentran protegidos, por lo que su conservación es prioritaria en la lucha contra el cambio climático. Además, es prioritaria la restauración de aquellos ecosistemas costeros que hayan perdido su funcionalidad para aumentar los servicios que proporcionan a la sociedad. En este contexto, en los últimos años en Bizkaia, se han llevado a cabo diferentes proyectos de restauración de ecosistemas costeros, como son

la regeneración de los sistemas dunares de Laida en Urdaibai, de Barinatxe en Sopelana, de La Arena en Muskiz, de Gorliz, así como la regeneración de la marisma del río Barbadún en Muskiz, entre otras. El objetivo de este estudio es analizar el éxito de las regeneraciones del sistema dunar de Gorliz y de la marisma del río Barbadún en Muskiz y determinar los servicios de los ecosistemas restaurados en estas áreas.

La regeneración de estos ecosistemas, en el caso del ecosistema dunar de Gorliz, tuvieron lugar durante los años 2009 (1º fase) y 2015 (2º fase) donde se regeneraron un total de 9 ha al eliminar un parking para coches y una zona de restaurantes, y en el año 2008, en el caso de la marisma del río Barbadún en Muskiz, donde se recuperaron un total de 18 ha ocupadas anteriormente por contenedores para almacenamiento de hidrocarburos de la empresa CLH (Figura 1).



Figura 1. Fotografía antes (izquierda) y después (derecha) de la regeneración del ecosistema dunar de Gorliz (arriba) y de las marismas del río Barbadún en Muskiz (abajo). Aparecen marcadas en rojo las zonas restauradas. Fuente de las fotografías: Bizkaia21.

Materiales y métodos

Para analizar la regeneración de los ecosistemas, en el año 2016, en el sistema dunar de Gorliz, se muestrearon un total de 72 puntos en 18 transeptos colocados siguiendo el perfil de la duna, la mitad en la zona de duna que fue regenerada primero (año 2009) y la otra mitad en la zona de duna regenerada en

¹ Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). P.O. Box 644, 48080 Bilbao.
E-mail: lorena.pena@ehu.eus

la 2ª fase (año 2015) (Figura 2). Mientras que en el año 2018 se muestrearon un total de 63 puntos en la marisma del río Barbadún, 42 en la zona de marisma regenerada y 21 en la zona de marisma natural (Figura 2).

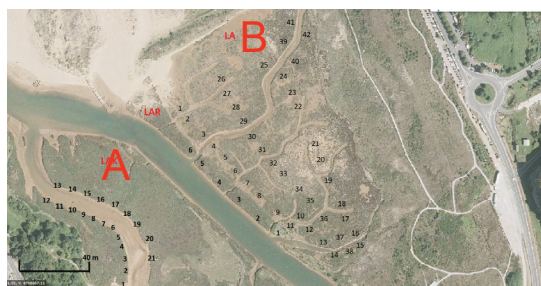


Figura 2. Izquierda: Localización de los puntos de muestreo en las dunas de Gorliz. A: duna regenerada en la 1ª fase (2009); B: duna regenerada en la 2ª fase (2015). Derecha: Localización de los puntos de muestreo en la marisma del río Barbadún. A: marisma natural; B: marisma regenerada

En esos puntos de muestreo, se estimó el porcentaje de cobertura de las especies vegetales utilizando un método visual semi-cuantitativo de frecuencia-abundancia siguiendo la escala DAFOR en un rango de 1-5 en cuadrados de 2m x 1m colocados cada 3 m, en el caso de la duna (Benito and Onaindia 1989), y en cuadrados de 2m x 2m (Benito and Onaindia 1991) colocados cada 10 m, en el caso de la marisma. Además, se recogió suelo utilizando un cilindro de 568 cm³ de volumen para determinar la cantidad de materia orgánica (Davies 1974) y el pH (Rayment and Higginson 1992). Para la identificación de especies se utilizó la guía de *Flores Silvestres de España y Europa* (Fitter 1987). Con los datos obtenidos se compararon la zona de marisma regenerada con la zona de marisma natural y la duna regenerada en la 1ª fase con la regenerada en la 2ª fase mediante un análisis de varianza (ANOVA) para analizar si la riqueza de especies vegetales, así como los parámetros edáficos eran significativamente diferentes.

Para analizar la recuperación de los servicios de los ecosistemas en esas áreas se seleccionaron los siguientes indicadores: Servicios de regulación: a) Mantenimiento del hábitat: número de especies vegetales; b) Protección de la costa frente a los fuertes vientos y oleajes y frente al ascenso del nivel del mar: coste de las obras de reparación de la playa derivado de los temporales costeros; c) Fertilidad del suelo: porcentaje de materia orgánica en los suelos; d) Control de la erosión: cantidad de arena que se tiene que movilizar al año; e) Depuración de contaminantes de las aguas: estado ecológico de

la masa de agua; f) Polinización: número de especies vegetales con flor. Servicios culturales: a) Recreo: número de personas que identifican el recreo como beneficio que proporcionan estos ecosistemas para la salud; b) Disfrute estético del paisaje: número de personas que identifican el disfrutar, relajarse y desconectar como beneficio que proporcionan estos ecosistemas para la salud; c) Educación ambiental: superficie a utilizar para educar ambientalmente; d) Conocimiento científico: número de estudios científicos realizados en estos ecosistemas. Para conocer la opinión de los usuarios sobre los beneficios que aportan estos ecosistemas costeros y de los gestores sobre los beneficios de la regeneración de los mismos, se realizaron en el año 2015/2016 unas encuestas a 3 gestores de estas áreas y a 6.273 usuarios.

Resultados y discusión

En el caso de los sistemas dunares de Gorliz, la riqueza de especies fue mayor en la zona de dunas regeneradas en la 1ª fase que en la 2ª fase, encontrándose 17 especies vegetales en el primer caso y 11 especies en el segundo. Entre las especies encontradas destacan las especies típicas de estos ecosistemas como son *Tortula ruralis* (Hedw.) Gaertn, *Aetheorhiza bulbosa* subsp. *bulbosa* (L.) Cass., *Eryngium maritimum* L. y *Malcomia littorea* (L.) R. Br. En el caso de los factores edáficos no se observaron diferencias significativas entre ambas zonas.

En el caso de la marisma, se encontraron 8 especies vegetales que aparecieron únicamente en la marisma regenerada y 7 especies en ambas zonas (*Inula crithmoides* (L.) Dumort, *Salicornia ramosissima* J. Woods, *Halimione portulacoides* (L.) Aellen, *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott, *Limonium vulgare* Mill., *Plantago maritima* L., *Sarcocornia perennis* (Mill.) A.J.Scott), valores similares a los encontrados en la marisma de Txipio en el estuario del Butroi en el momento de su regeneración natural (Onaindia and Amezaga 1999). Las 4 primeras fueron las más abundantes en ambas zonas, excepto *Inula crithmoides*, la cual destacó por su abundancia únicamente en la zona de marisma natural, debido a que prefiere zonas menos antropizadas (Benito and Onaindia 1989). En el caso de los factores edáficos, no se observaron diferencias significativas entre ambas zonas, y mostraron valores similares a los encontrados en marismas cercanas (Benito and Onaindia 1991; Onaindia and Amezaga 1999).

Estos datos indican que la vegetación y la estructura de estos ecosistemas se está recuperado, y con ello, la provisión de servicios que ofrecen a la sociedad. Los principales servicios de los ecosistemas que se han recuperado son:

Servicios de regulación:

- **Mantenimiento del hábitat:** aumenta la riqueza y diversidad de especies, ya que les proporcionan un hábitat adecuado para vivir y alimentarse (Mcowen et al. 2017). Los datos indican que la riqueza de especies ha aumentado en estos ecosistemas, los cuales dan cobijo a una serie de especies raras típicas de los ecosistemas costeros, como puede ser la especie

Limonium vulgare muy escasa en el territorio.

- **Protección de la costa frente a los fuertes vientos y oleajes y frente al ascenso del nivel del mar,** actuando como barreras naturales. Los gestores de la playa de Gorliz determinaron que desde la regeneración del sistema dunar no ha habido ningún coste de obras de reparación de la playa derivado de los temporales costeros, mientras que hasta ese momento todos los años había habido un coste de reparación elevado.
 - **Fertilidad del suelo:** aumenta la concentración de nutrientes y materia orgánica en sus suelos. Los datos indican un aumento del porcentaje de materia orgánica en los suelos de ambos ecosistemas.
 - **Control de la erosión:** el establecimiento de vegetación en sus suelos evita que el suelo se pierda debido a la erosión. En el caso de los sistemas dunares, la vegetación permite que se fije la arena estabilizándola frente a la erosión y el desplazamiento. Los gestores de la playa de Gorliz determinaron que desde la regeneración del sistema dunar la cantidad de arena que se tiene que movilizar al año para estabilizar la playa ha disminuido.
 - **Depuración de contaminantes de las aguas:** protegen la calidad del agua al filtrar la escorrentía y metabolizar el exceso de nutrientes (Barbier et al. 2011). Los datos del estado ecológico de la masa de agua del estuario del Barbadún indican que en el periodo 2005-2007 su estado era deficitario (Anbiotek 2009), mientras que en el periodo 2013-2017 su estado ecológico es bueno (URA 2018).
 - **Polinización:** su vegetación ayuda a aumentar el número de polinizadores. El número de especies vegetales ha aumentado y con ellas las plantas con flor.
- Servicios culturales:
- **Recreo:** aumenta la superficie para el disfrute de las personas (Barbier et al. 2011). El 77% de las personas encuestadas opinan que estos ecosistemas les ofrecen beneficios para la salud, siendo el principal beneficio el relacionado con el ocio y el recreo.
 - **Disfrute estético del paisaje:** las áreas más naturales son más agradables para el disfrute de las personas (Urbis et al. 2019). El 66% de las personas encuestadas opinan que estos ecosistemas les ofrecen disfrute, relax y desconexión.
 - **Educación ambiental:** en el caso del sistema dunar de Gorliz se han recuperado 9 ha y, en el caso de la marisma del Barbadún, 18 ha, las cuales pueden ser utilizadas como recursos para educar ambientalmente. De hecho, los encuestados han seleccionado este servicio como uno de los principales servicios que ofrecen estos ecosistemas.
 - **Conocimiento científico:** diferentes estudios se han realizado en estos ecosistemas para mejorar nuestro conocimiento sobre ellos, como es el caso del presente estudio, algunos de los cuales no han sido publicados todavía.

Conclusiones

En este estudio se ha demostrado que, tanto el sistema dunar de Gorliz como las marismas del río Barbadún, se encuentran en un proceso de recuperación avanzado, en la que se han recuperado una gran cantidad de servicios que proporcionan estos ecosistemas. Se concluye que las Soluciones basadas en la Naturaleza son la mejor opción desde el punto de vista metodológico y de inversión a largo plazo para recuperar los servicios de los ecosistemas perdidos y la resiliencia del ecosistema para hacer frente al cambio climático. Además, es necesario seguir recuperando los ecosistemas costeros de todo el mundo como medida de mitigación frente al cambio climático.

Referencias

- Abbott, K.M., Elsey-Quirk, T., DeLaune, R.D. 2019. Factors influencing blue carbon accumulation across a 32-year chronosequence of created coastal marshes. *Ecosphere* 10(8):e02828.10.1002/ecs2.2828
- Anbiotek 2009. La calidad del agua en Bizkaia. Informe técnico para la Diputación Foral de Bizkaia. Ref.: LA2008-09-06.
- Barbier, E.B. 2012. Progress and challenges in valuing coastal and marine ecosystem services. *Review of Environmental Economics and Policy* 6(1): 1–19. <https://doi.org/10.1093/reep/rer017>
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch E.W., Stier, A.C., Silliman, B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs* 81(2): 169–193. DOI: 10.1890/10-1510.1
- Benito, I., Onaíndia, M. 1991. Estudio de la distribución de las plantas halófitas y su relación con los factores ambientales en la marisma de Mundaka-Urdaibai. Implicaciones en la gestión del medio natural. Cuadernos de sección Ciencias Naturales (8), Eusko Ikaskuntza.
- Benito, I., Onaíndia, M., Martínez, E., 1989. Estudio comparativo de las comunidades vegetales en dos playas de la costa vasca. *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos* 11: 133-144. ISSN 1130-6203.
- Bennett, N.J., Blythe, J., Tyler, S., Ban, N.C. 2016. Communities and change in the anthropocene: understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change* 16: 907–926.
- Davies, B.E. 1974. Loss-on-Ignition as an Estimate of Soil Organic Matter. *Soil Science Society of America Journal* 38(1): 150-151.
- Fitter, A.1987. Flores Silvestres de España y Europa. Ed. Omega, S.A., España. ISBN: 8428207771
- Hindsleya, P., Yoskowitzb, D. 2020. Global change—Local values: Assessing tradeoffs for coastal ecosystem services in the face of sea level rise. *Global Environmental Change* 61: 102039. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102039>
- Lovelock, C.E., Duarte, C.M. 2019. Dimensions of blue carbon and emerging perspectives. *Biology Letters* 15:20180781
- UNEP, 2006. Marine and coastal ecosystems and human well-being: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment. UNEP. 76 pp.
- Mcowen, C., Weatherdon, L.V., Van Bochove, J.W., Sullivan, E., Blyth, S., Zockler, C., Stanwell-Smith, D., Kingston, N., Martin, C., Spalding, M., Fletcher, S. 2017. A global map of salt marshes. *Biodiversity Data Journal* 5: e11764. 10.3897/BDJ.5.e11764
- Onaíndia, M., Ametzaga, I. 1999. Natural regeneration in salt marshes of northern Spain. *Annales Botanici Fennici* 36: 59-66.
- Onaíndia, M., Madariaga, I., Palacios, I., Arana, X. (coord.) 2015. Nature and human well-being in Biscay. Ecosystem services assessment; research applied to management. Universidad del País vasco. Leioa, España. 130 pp. ISBN: 978-84-9082-507-5.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., et al. 2012. Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS ONE*, 7

- (9):e43542. doi: 10.1371/journal.pone.0043542
- Rayment, G.E., Higginson, F.R. 1992. Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods. Melbourne, Inkata Pre
- Schuerch, M., Spencer, T., Temmerman, S., Kirwan, M.L., Wolff, C., Lincke, D., McOwen, C.J., Pickering, M.D., Reef, R., Vafeidis, A.T., Hinkel, J. 2018. Future response of global coastal wetlands to sea-level rise. *Nature*, 561 (7722): 231-234.
- URA 2018. Estado de masas de agua de la CAPV. Informe 2017.
- Urbis, A., Povilanskas, R., Newton, A. 2019. Valuation of aesthetic ecosystem services of protected coastal dunes and forests. *Ocean & Coastal Management* 179 : 104832. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104832>

Reconocimientos

Los autores agradecen al Gobierno Vasco y a la Diputación Foral de Bizkaia por su apoyo financiero a través del proyecto *Evaluación de los Servicios de los Ecosistemas de Euskadi*.

Interacción de los usuarios en las playas vascas en la época estival

Maruri Machado, M^a de las Mercedes^{1,2}, Sotés Cedrón, Iranzu², Sánchez-Beaskoetxea Gómez, Francisco Javier², Basterrechea Iribar, Imanol²

Palabras clave: Playas, Seguridad, Ocupación, Costa Vasca, Gestión, Clasificación.

Introducción

Las playas vascas han adquirido un atractivo turístico en los últimos años. La oferta de ocio, deportiva y cultural hace al País Vasco un lugar interesante para una gran variedad de visitantes y las playas forman parte de esta amplia oferta que encuentran aquí. Por otra parte, el conocimiento de la dinámica y perfil de los usuarios de las playas es necesario para una buena gestión de la playa. Además, en situaciones críticas de seguridad, como la que se ha vivido en la época estival del año 2020 debido a la crisis del COVID-19, esta información es de gran utilidad para definir directrices de funcionamiento que hagan de las playas un lugar seguro a los usuarios. Durante años, los organismos encargados de la gestión de las playas han adquirido en la época estival datos de ocupación, estado de la playa e incidencias y otras informaciones que han servido para emitir un informe final descriptivo del transcurso de la época estival al final de este periodo para tener de este modo una mejor idea de la interacción del medio con los usuarios y poder así mejorar dicha gestión en futuras épocas estivales. En la bibliografía se puede comprobar que los datos de ocupación son utilizados para diferentes estudios de sostenibilidad ante el crecimiento del turismo [1], [2], y su gestión [3]. Las fuentes de información más utilizadas pueden venir de la observación y registro manual [4] o del procesamiento digital de cámaras de vigilancia de las playas [5], [6], [7]. Pero, si se cruza la información recogida a pie de playa con el tipo de playa, sus características morfológicas, batimetrías, tipo de oleaje, servicios, comunicaciones, características hidrológicas, usos de la playa, etc., la discusión de los resultados obtenidos estará más cerca de lo que realmente está pasando y se podrán definir patrones de comportamiento y predictores que mejoren la gestión de la seguridad de los usuarios a pie de playa. Dos playas cercanas pueden parecer del mismo grupo porque comparten servicios y gestión, y en cambio pertenecer a grupos muy diferentes por el oleaje, acceso y perfil de usuario.

La seguridad no debe verse como un objetivo aislado. Es un objetivo integrado con otros, por lo que muchas actuaciones que pueden parecer indirectas y que repercuten en la sostenibilidad, también hacen de esa playa un punto atractivo, seguro a lo largo

del tiempo, evitando la degradación del medio que tiene como consecuencia todo lo contrario con una repercusión directa en la sociedad.

La falta de comunicación de la administración con los investigadores del medio, con los responsables del buen funcionamiento y seguridad de los usuarios en esta época y los que velan por la sostenibilidad del medio hace que no se tenga una visión completa de qué está pasando. También, hay que mencionar el impacto mediático que tienen los accidentes-incidentes, y que hacen recordar los peligros y la vulnerabilidad de los usuarios cuando interactúan con el medio [8], [9], [10], que se exponen a un riesgo desconocido.

La motivación de este trabajo es doble. Por un lado, analizar cada playa de la costa vasca y compartir los resultados para definir indicadores que puedan ser utilizados como predictores de la dinámica de los usuarios y por tanto del riesgo al que están expuestos un día concreto. Y, por otro lado, dar a conocer esta información de la forma más efectiva a los usuarios de las playas para hacer el medio más seguro, sostenible y conseguir disminuir los incidentes y accidentes.

Datos y metodología

Los datos utilizados para el estudio son las informaciones de los perfiles de las aguas de baño de la zona litoral de la Comunidad Autónoma del País Vasco [11]. Aunque no es la única información que hay descriptiva de cada una de las playas del País Vasco, para un estudio preliminar y primera discusión de resultados se ha considerado como buena por ser homogénea y completa. Existen otras fuentes no oficiales, como páginas webs de surf o medios de comunicación, que ofrecen información on-line de la playa y de su estado y otras fuentes oficiales del Gobierno de España, como el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, que se han revisado, pero el estudio de las discrepancias y cómo afecta al resultado final no se ha incluido en el presente trabajo. El perfil de cada playa (ficha técnica) contiene información que se ha agrupado en diferentes categorías. Esta información se ha contrastado con la información disponible de ocupación e incidencias de la Diputación Foral de Bizkaia, periodo del 2014-2018, para definir los metros cuadrados de espacio por usuario y conocer en qué situaciones se dan la máxima ocupación y dónde.

La metodología se basa en el análisis estadístico de la información utilizando el paquete estadístico, Statistical Package for Sciences Socials (SPSS), y cuenta con dos etapas que se presentan en la Figura 1. La primera etapa trabaja con la información y depura las no homogeneidades o campos

¹ UPV/EHU Escuela de Ingeniería de Bilbao, Grado en Náutica y Transporte Marítimo. Calle María Díaz de Haro, 68, 48920 Portugalete, Bizkaia. España.

² TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Energy and Environment Division, Meteorology Area.
E-mail: mapmamam@ehu.eus

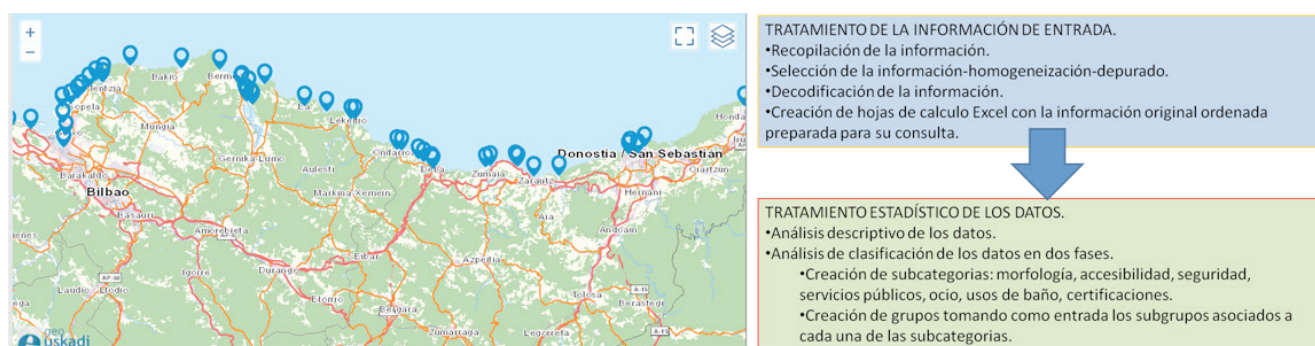


Figura 1. Mapa de localización de las playas vascas (izq.). Esquema simplificado de la metodología (dcha.).

imprecisos poco autoexplicativos. La segunda etapa clasifica la información para su posterior análisis.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos del estudio de clasificación en dos fases, empezando por una clasificación de las subcategorías para luego hacer la clasificación global, se resumen en la Tabla

1. El número de grupos obtenidos se ha establecido después de discutir la identidad de los grupos, de manera que no se realicen demasiadas divisiones sin sentido, ni que por tener menos grupos se den agrupaciones difícilmente explicables. Se observa que existen playas que conforman un grupo aislado y se justifica o bien por su morfología o por su representatividad. Siguiendo la clasificación clásica de Urbana-Semiurbana-Rural-Natural, se han establecido niveles en cada una de estas clases, siendo la más compleja la semiurbana y dejando la urbana para playas como La

Tabla 1. Clasificación de las playas por grupos

Grupos	Ejemplo	Tipo de playa
0	La Arena-Zierbana (Artificial); Kanala; Kanalape; Meñakoz; Barrika; Arribolas; Lapatza; Bedarona; Hondartzape; Karraspio Txiki; Siete Playas; Burumendi; Alkolea; Lapari; Itxaspe; Mendata; Sakoneta; Aitzuri; Algorri; Inpernupe; Orruaga; Oribazar; Agiti; Isla De Santa Clara; Murgita; Azabaratza; Eretzin Zabala; Sisurko; Artzuportu; Errota Sein; Kapelaundi; Los Frailes; PPlaya de Mutriku (Artificial); PPuerto De Mutrik (Artificial)	Estas playas, son lugares singulares, playas artificiales, playas en el puerto. También se incluyen las playas que se encuentran en lugares naturales protegidos. Todas estas playas presentan información incompleta y en la clasificación o caen en un grupo grande o se encuentran aisladas.
1	La Arena-Muskiz (Semiurbana 2)	Extensión, seguridad y ocio. Completa en servicios. Ubicación especial.
2	Las Arenas y Isuntza (Semiurbana 1); Arrigorri y Muriola (Semiurbana 2); Toña (Urdaibai)	Las Arenas destaca por su carácter semiurbano 1, y Arrigorri y Muriola son semiurbana 2 por estar asociadas a grupos semiurbanos por población.
3	Armintza (Semiurbana tipo 3); Aritxatxu (Semiurbana tipo 3); Ogella (Semiurbana tipo 3)	Presenta un sedimento distinto al grupo anterior y además se encuentra en clusters asociados a valores atípicos
4	Ereaga* (Semiurbana tipo 1); Arrietara-Atxabi* (Semiurbana tipo 1); Arrigunaga* (Semiurbana tipo 2); Barinatxe (Semiurbana tipo 2); Karraspio (Semiurbana tipo 2)	Ereaga y Arrietara-Atxabi mismo grupo de seguridad respecto a Arrigunaga, Barinatxe y Karraspio.
5	Gorrondatxe-Azko (Semiurbana tipo 2) Bakio* (Semiurbana tipo 2)	Muy diferentes con respecto al resto de los indicadores.
6	Plentzia (Semiurbana tipo 1) Laida (Urdaibai) Santiago* (Semiurbana tipo 3)	
7	Gorliz + Astondo (Semiurbana tipo 2) Ondarreta (Urbana) Zurriola (Semiurbana tipo 3)	
8	Laidatxu (Urdaibai) Ea (Semiurbana tipo 3) San Antonio (Urdaibai) Laga (Semiurbana tipo 3) Deba (Semiurbana tipo 3)	
9	Zarautz (Semiurbana tipo 1)	
10	Saturrran (Semiurbana tipo 2)	
11	Ondarbeltz	Playa atípica
12	Itzurun (Semiurbana tipo 1) Malkorbe (Semiurbana tipo 2) Antilla (Semiurbana tipo 2)	Proximidad
13	Gaztetape (Semiurbana tipo 3)	Playa atípica
14	Concha (Urbana)	Playa asociada a la ciudad de Donosti
15	Hondarribia (Semiurbana tipo 2)	

Concha por su cercanía a uno de los núcleos de más población del País Vasco.

Los resultados derivados del estudio de ocupación teniendo en cuenta los grupos de playas obtenidos se resumen en la Figura 2. Aunque muchos resultados pueden parecer evidentes y que no aportan mucho más que el sentido común, lo importante es conocer cuáles son los precursores que hay detrás de los días de máxima ocupación y qué condiciones asociadas a esos días pueden dar lugar a riesgos en los usuarios más elevados. En este sentido la pirámide es autoexplicativa, en la base se encuentra la meteorología, que se intensifica con el mes y el día de la semana, luego está la playa con sus usos, cercanía y seguridad que ofrezca, para finalmente considerar las incidencias/accidentes que se le asocia y el estado de la mar. Dado que en raras ocasiones el usuario consulta el estado de la mar para decidir ir o no a la playa, la meteorología tiene un rol muy importante pero también la interacción usuario-playa es determinante.



Figura 2. Esquema de los resultados obtenidos del comportamiento de los usuarios de las playas en la época estival.

Conclusiones

Las playas vascas presentan una gran variedad. Esa gran variedad no solo es debida a la morfología, forma y orientación de la playa, sino a su conexión con poblaciones cercanas, algunas de ellas con actividad pesquera muy importante a lo largo de la historia. Las diferencias administrativas también tienen una correlación con el cambio que sufren las playas a lo largo de la costa, situándose las más largas en la costa guipuzcoana. Por tanto, se puede afirmar que las playas vascas, tanto por orientación como el tipo de topografía de la costa, nada tienen que ver con las playas francesas.

La decisión de hacer una clasificación en subgrupos y trabajar primero con los subgrupos previamente definidos, ha ayudado a entender mejor las características de cada una de ellas y a interpretar mejor la información asociada a la playa.

Especialmente se ha dado en la clasificación un mayor peso a la morfología y seguridad, dado que las playas con más ocupación suelen ser más grandes y presentan más elementos de seguridad asociándose a playas más urbanas (urbanas o semiurbanas tipo 1) y van a tener más ocio, comunicaciones, etc. Los usos del baño estarán condicionados por el tipo de oleaje y es un elemento que no se ha abordado en este estudio en detalle, aunque se ha validado la información que se ha considerado.

Las playas asociadas al núcleo urbano de Donostia son urbanas. En una categoría siguiente estarían las que están asociadas a un núcleo urbano de menor población o a mayor distancia a un núcleo importante (como podría ser la playa de Ereaga, asociada a Bilbao y cercanías, o Zarautz) o se encuentran asociadas a un núcleo urbano importante con una residencia anual elevada, como Sopelana. Las playas más alejadas pero que tienen un gran atractivo turístico y son lugares de veraneo serían la siguiente categoría (por ejemplo, Bakio o La Antilla). También adquieren importancia las playas asociadas a pueblos pesqueros, a puertos, a poblaciones muy elevadas y que tienen un gran flujo veraniego. La actividad económica y la población permanente son decisivas para la definición final.

Referencias

- [1] World Tourism Organization (UNWTO) European Commission (EC), «Sustainable Tourism for Development Guidebook. DCI-MULTI-2011/280-663,» Sustainable Tourism for Development (UNWTO), Madrid (Spain), 2013.
- [2] J. F. Vera-Rebollo, I. Rodríguez-Sánchez y M. Capdepón Frías, «Reestructuración y competitividad en destinos maduros de sol y playa: la renovación de la planta hotelera de Benidorm,» de *XIII Congreso Internacional de Turismo Universidad y Empresa: Renovación de Destinos Turísticos Consolidados*, Castellón, 2010.
- [3] R. Sarda, J. Mora y A. Conxita, «Tourism development in the Costa Brava (Girona, Spain) – how integrated coastal zone management may rejuvenate its lifecycle,» de *Managing European Coasts Past, Present and Future*, Berlin, Springer, 2004, p. 401.
- [4] J. Guillén, A. García-Olivares, E. Ojeda, A. Osorio, O. Chic y R. González, «Long-Term Quantification of Beach Users Using VideoMonitoring,» *Journal Coast Research*, nº November, pp. 1612-1619, 2008.
- [5] AZTI, «Playas más seguras gracias a la videometría,» 30 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.azti.es/playas-mas-seguras-gracias-a-la-videometria/>. [Último acceso: 08 09 2020].
- [6] G. Sánchez-Torres y J. A. Taborda-Giraldo, «Tecno Lógicas ISSN 0123-7799 Vol. 17, No. 33, pp. 21-29 Julio-diciembre de 2014 Estimación automática de la medida de ocupación de playas mediante procesamiento de imágenes digitales,» *Tecno-Lógicas*, vol. 17, nº 33, pp. 21-29, 2014.
- [7] Diputación Foral de Bizkaia-DFB, «Uso y regulación de la afluencia a las playas de Bizkaia,» 01 06 2020. [En línea]. Available: <https://web.bizkaia.eus/es/uso-y-regulacion-de-la-afluencia-a-las-playas-de-bizkaia>. [Último acceso: 08 09 2020].
- [8] «Fallece ahogado un vecino de Bilbao de 51 años en la Playa de Bakio,» EuropaPress, 17 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.europapress.es/euskadi/noticia-fallece-ahogado-vecino-bilbao-51-anos-playa-bakio-bizkaia-20200817084113.html>. [Último acceso: 08 09 2020].
- [9] «Rescatan a un hombre del agua en la playa de Laida,» DEIA, 21 06 2020. [En línea]. Available: <https://www.deia.eus/actualidad/>

sucesos/2020/06/21/rescatan-hombre-agua-playa-laida/1046972.html. [Último acceso: 08 09 2020].

[10] Real Federacion Española de Salvamento y Socorrismo, «77 personas muertas por ahogamiento en julio,» 08 09 2020. [En línea]. Available: <https://rfess.es/2020/08/77-personas-muertas-por-ahogamiento-en-julio/#.X1d8INRS-M8>. [Último acceso: 08 09 2020].

[11] AZTI, «Perfiles de las aguas de,» Eusko Jaurlaritza-Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz, 2016.

Reconocimientos

Los autores quieren agradecer a la Diputación Foral del Bizkaia DFB, Dirección de Atención de Emergencias y Meteorología DAEM y a la información y a la Universidad del País Vasco UPV-EHU, por apoyar este trabajo que ha sido subvencionado por el proyecto POCTEFA-MAREA.



MEMBER OF
BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

/ HEADQUARTERS

Txatxarramendi Ugarte z/g
E-48395 Sukarrieta - BIZKAIA (Spain)

Parque Tecnológico de Bizkaia
Astondo Bidea, Edificio 609
E-48160 Derio - BIZKAIA (Spain)

Herrera Kaia - Portualdea z/g
E-20110 Pasaia - GIPUZKOA (Spain)

/ t. (+34) 946 574 000

/ e-mail: info@azti.es

/ www.azti.es

