AZTI

MEMBER OF
BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

www.azti.es

Revista de
Investigación Marina
[27.2]

Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica de los puertos del País Vasco ante sucesos de contaminación marina

Luis Ferrer, Ricardo Torre,
Manuel González, Jon Caño,
Andrea del Campo, Irati Epelde,
José Germán Rodríguez,
Julien Mader

Editor: Javier Franco

Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica de los puertos del País Vasco ante sucesos de contaminación marina

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.

AZTI
MEMBER OF
BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

Edición: 1.ª Diciembre 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 Mundaka (Bizkaia). © AZTI

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

Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica de los puertos del País Vasco ante sucesos de contaminación marina

Luis Ferrer*[1], Ricardo Torre[2], Manuel González[1], Jon Caño[3], Andrea del Campo[1], Irati Epelde[1], José Germán Rodríguez[1], Julien Mader[1]

Abstract

This work presents the methodology used to estimate the vulnerability of the 15 ports managed by the Basque Government to marine pollution events. The vulnerability of these ports was separated into two terms: environmental vulnerability and socio-economic vulnerability. Using this methodology, we obtained that the port of Bermeo (including its adjacent external part) is the one with the highest vulnerability. The vulnerability maps obtained are part of the contingency plans prepared for the ports of the Basque Country.

Keywords: CAPV, hydrocarbon, contingency plan, risk

Resumen

En este trabajo se presenta la metodología utilizada para estimar la vulnerabilidad de los 15 puertos gestionados por el Gobierno Vasco ante sucesos de contaminación marina. La vulnerabilidad de estos puertos se separó en dos términos: vulnerabilidad ambiental y vulnerabilidad socioeconómica. Utilizando esta metodología se obtuvo que el puerto de Bermeo (incluyendo su parte externa adyacente) es el que presenta la vulnerabilidad más alta. Los mapas de vulnerabilidad obtenidos forman parte de los planes de contingencia confeccionados para los puertos del País Vasco.

Palabras clave: CAPV, hidrocarburo, plan de contingencia, riesgo

[1] AZTI, Marine Research, Basque Research and Technology Alliance (BRTA); Herrera Kaia, Portualdea z/g, 20110 Pasaia, Gipuzkoa
[2] Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos, Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente, Eusko Jaurlaritza - Gobierno Vasco, Donostia-San Sebastián 1, 01010 Vitoria-Gasteiz, Álava
[3] Team-Ingeniería y Consultoría, Parque Tecnológico de Bizkaia, Laida Bidea, Edificio 207 C, 48170 Zamudio, Bizkaia

**Email: lferrer@azti.es*

Introducción

En el año 2017, AZTI y Team fueron las entidades encargadas de confeccionar los Planes Interiores Marítimos de los 15 puertos gestionados por el Gobierno Vasco. La información contenida en estos planes de contingencia sirve para hacer frente ante posibles sucesos de contaminación marina en los puertos. En cada uno de estos planes se llevó a cabo un análisis de riesgos y se identificaron las zonas más vulnerables de cada puerto de estudio (incluyendo la parte externa adyacente). También se describieron los siguientes aspectos: circunstancias de la activación del plan, composición y funciones de los órganos de dirección y respuesta, procedimiento de notificaciones de incidencias, sistema de coordinación con otros planes superiores, procedimiento de actuación, circunstancias en las que se declara el fin de la contingencia, inventario de medios disponibles de cada puerto, programa de mantenimiento de los medios materiales disponibles, ejercicios periódicos de simulación de activación del plan, programa de adiestramiento y procedimiento de revisión del plan. En diversos apéndices se incluyó la siguiente información: directorio de comunicación, planos de localización y batimetría de cada puerto, protocolo de comunicación POLREP (informe detallado de un suceso de contaminación marina) aprobado por la Organización Marítima Internacional, inventario exhaustivo de medios disponibles y mapas de probabilidad de riesgo a 6, 12, 24 y 48 horas desde posibles puntos de vertido.

Los 15 puertos de estudio para los que se confeccionaron Planes Interiores Marítimos fueron los siguientes: Plentzia, Armintza, Bermeo, Mundaka, Elantxobe, Ea, Lekeitio y Ondarroa en Bizkaia; y Mutriku, Deba, Zumaia, Getaria, Orio, Donostia-San Sebastián y Hondarribia en Gipuzkoa (Figura 1). La organización y gestión de estos puertos corresponde a la Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos del Gobierno Vasco. En dichos puertos se desarrollan actividades en el ámbito pesquero, deportivo, industrial y del transporte marítimo comercial. En la mayoría de estos puertos se han realizado ampliaciones en cuanto a muelles de atraque y superficies portuarias. La actividad pesquera se concentra principalmente en los puertos de Bermeo, Ondarroa, Getaria y Hondarribia. El puerto de Bermeo destaca también por su actividad comercial. Los objetivos del trabajo aquí expuesto son los siguientes: (1) presentar la metodología utilizada en los Planes Interiores Marítimos para la estimación de las vulnerabilidades ambiental y socioeconómica de los 15 puertos de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV); y (2) representar gráficamente y con un mismo formato los resultados obtenidos de dichas vulnerabilidades.

Metodología

Es importante analizar y definir sucintamente los diversos significados de vulnerabilidad, ya que a menudo el significado específico depende del contexto (Nelson y Grubesic, 2018). La conceptualización más amplia de la vulnerabilidad se refiere al potencial de pérdida y a la susceptibilidad a lesiones o daños (Cutter, 1996; Grubesic y Matisziw, 2008, 2013; Matisziw y Grubesic, 2013). Sin embargo, como detalla Wu et al. (2002), dependiendo del tema (por ejemplo, clima, evaluación de riesgos, infraestructuras, etc.) y la disciplina (por ejemplo, planificación y gestión costera, geografía, etc.), la forma en que se conceptualiza la vulnerabilidad puede variar. Estos últimos autores sugieren que hay tres conceptualizaciones principales de la vulnerabilidad dentro de la literatura: (1) física; (2)

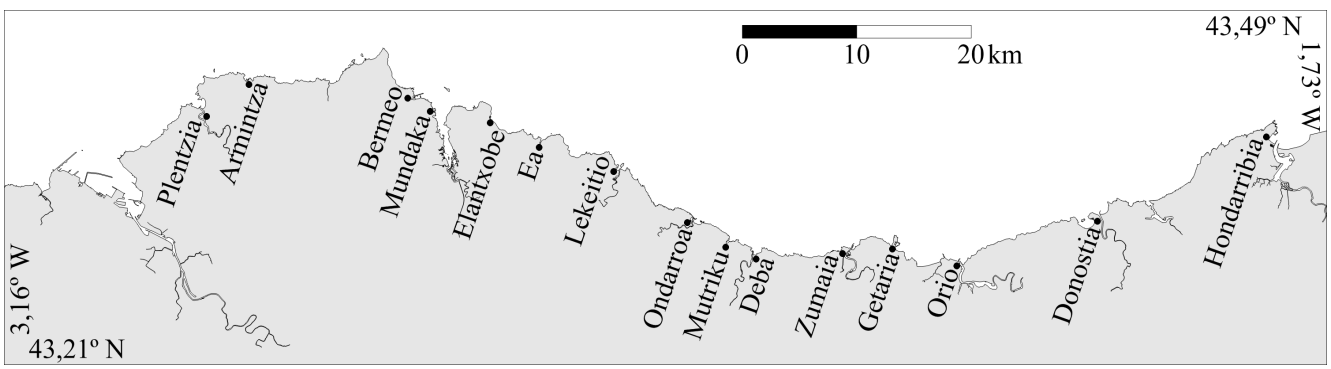


Figura 1. Localización de los 15 puertos de la Comunidad Autónoma del País Vasco cuya gestión y organización corresponde a la Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos, Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.

social; y (3) espacial. La vulnerabilidad física generalmente se refiere a la exposición potencial a un peligro físico (por ejemplo, huracanes). La vulnerabilidad social supone algún tipo de exposición a un evento disruptivo e intenta descubrir y detallar cómo los grupos sociales se ven afectados de manera diferencial (Cutter y Emrich, 2006). La vulnerabilidad espacial es un concepto híbrido donde se considera tanto el riesgo físico como la respuesta social para una ubicación específica (Cutter y Finch, 2008). En la literatura existen muchos trabajos relacionados con la vulnerabilidad (por ejemplo, Castanedo et al., 2009; Ferguson y Gleeson, 2012; Webb et al., 2013; Barnard et al., 2015; Jankowski et al., 2017; Logan et al., 2018; y Debortoli et al., 2019).

En nuestro caso nos centramos en la estimación de la vulnerabilidad de los 15 puertos gestionados por el Gobierno Vasco ante sucesos de contaminación marina. Para este tipo de sucesos, la vulnerabilidad se suele separar en dos términos: vulnerabilidad ambiental (VA) y vulnerabilidad socioeconómica (VSE). Utilizando los valores de estas vulnerabilidades, comprendidos entre 0 y 1, se puede obtener una vulnerabilidad total. Ésta se puede estimar mediante una media aritmética de VA y VSE, o bien adoptando como vulnerabilidad total el valor máximo que se alcance en una de estas dos vulnerabilidades. Estos dos métodos son los más utilizados para obtener una vulnerabilidad total a partir de VA y VSE. Para la estimación de VA se definió un conjunto de tipologías de costa a las que, dependiendo de sus características, de su grado de exposición al oleaje y de si se encuentran en un espacio protegido, se les asignó un valor relativo que tiene en cuenta no solo su valor ambiental sino también los costes de su limpieza en caso de contaminación. Primero se identificaron las áreas de costa de cada tipo, para posteriormente asignarle a cada área concreta un valor de VA. Para la estimación de VSE se siguió un procedimiento parecido, pero teniendo en cuenta otras variables como la población de la localidad donde se ubica el puerto de estudio, la relevancia del turismo, la existencia de instalaciones críticas a nivel industrial y la actividad pesquera.

Para la estimación de VA y VSE se utilizó la información disponible de figuras de protección del litoral vasco (humedales Ramsar, ZEC, ZEPA, LIC, reserva de la biosfera de Urdaibai, etc.), recopilada por AZTI en los trabajos de Galparsoro et al. (2008, 2012) sobre herramientas de Planificación Espacial Marina. Normalizando las vulnerabilidades entre 0 y 1 se obtuvieron los valores de VA y VSE, los cuales se representaron gráficamente en forma de mapas. Estos mapas cubren tanto la parte interna de los puertos como la externa y adyacente que puede verse afectada por sucesos de contaminación marina en los puertos. Las valoraciones utilizadas para la estimación de VA y VSE fueron las siguientes:

Vulnerabilidad ambiental (VA, valor entre 0 y 1). La valoración de la vulnerabilidad ambiental se realizó en base a dos aspectos:

-Presencia de zonas con alguna figura de protección ambiental. En el caso de que exista una zona de este tipo dentro del puerto de estudio o en su parte externa adyacente, el valor de VA en dicha zona es igual a 1.

-Aspectos físicos. Estos aspectos se evaluaron mediante el empleo de un índice que se basa en el ESI (*Environmental Sensitivity Index*), desarrollado por la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (Petersen et al., 2002). Este índice tiene 10 categorías y considera el grado de exposición al oleaje, la pendiente del lecho marino, el tipo de substrato y las zonas intermareales, submareales y áreas terrestres. La descripción de cada categoría y el valor de VA que se le asigna son los siguientes:

- Áreas submareales en zonas expuestas y semiexpuestas: 0,1.
- Acantilados rocosos en zonas expuestas: 0,2.
- Costas rocosas y estructuras artificiales en zonas expuestas: 0,3.
- Acantilados rocosos, costas rocosas y estructuras artificiales en zonas semiexpuestas: 0,4.
- Playas de arena de grano fino a medio en zonas expuestas y semiexpuestas: 0,5.
- Áreas submareales en zonas abrigadas: 0,6.
- Acantilados rocosos, costas rocosas y estructuras artificiales en zonas abrigadas: 0,7.
- Áreas intermareales de arena fina-fangosa o fango sin vegetación: 0,8.
- Áreas intermareales de arena fina-fangosa o fango con vegetación: 0,9.
- Áreas intermareales de arena de grano fino o medio con vegetación: 1.

Vulnerabilidad socioeconómica (VSE, valor entre 0 y 1). Consta de diferentes componentes:

-Vulnerabilidad demográfica (VD). El número de habitantes de la localidad donde se ubica el puerto define el valor de VD, según la siguiente tabla:

Número de habitantes	VD
0	0
1–3.000	0,25
3.001–6.000	0,5
6.001–9.000	0,75
> 9.000	1

-Vulnerabilidad turística (VT). La existencia de zonas de baño en alguna de las áreas definidas en cada mapa de vulnerabilidad implica un valor de VT igual a 1. Si no existen zonas de baño, el valor de VT pasa a ser función del número de amarres de embarcaciones de recreo, según la siguiente tabla:

Número de amarres	VT
0	0
0–100	0,25
101–200	0,5
201–300	0,75
> 300	1

-Vulnerabilidad industrial (VI). La existencia de energía térmica, plantas regasificadoras o desaladoras, actividad de carga y descarga, o astilleros implica un valor de VI igual a 1.
-Vulnerabilidad pesquera (VP). La existencia de actividad de acuicultura, bateas o marisqueo implica un valor de VP igual a 1. La no existencia de esta actividad hace que el valor de VP pase a depender del número de amarres de la flota pesquera, según la siguiente tabla:

Número de amarres	VP
0	0
1–5	0,25
6–10	0,5
11–15	0,75
> 15	1

Para obtener el valor de VSE se utilizó la fórmula propuesta por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) para la zona costera del mar Cantábrico, que viene dada por:

$$VSE = VD \cdot 0,15 + VT \cdot 0,25 + VI \cdot 0,10 + VP \cdot 0,5.$$

Resultados y discusión

Las vulnerabilidades ambiental y socioeconómica de los 15 puertos de la CAPV gestionados por el Gobierno Vasco son mostradas en forma de mapas desde la Figura 2 hasta la Figura 16. Estos mapas de vulnerabilidad incluyen tanto la parte interna de los puertos como la parte externa adyacente que puede verse afectada por sucesos de contaminación marina. Según la metodología aplicada, la vulnerabilidad ambiental se encuentra por debajo de 0,76 en los puertos de Armintza, Mutriku, Getaria, Orio y Donostia-San Sebastián. Esto mismo ocurre en las zonas de afección de estos puertos. Con respecto a la vulnerabilidad socioeconómica, ésta sólo supera un valor de 0,71 en el puerto de Bermeo, concretamente en la zona más amplia del puerto que incluye actividades en el ámbito industrial, pesquero y deportivo. En esta zona del puerto de Bermeo se alcanza un valor de vulnerabilidad socioeconómica de 0,81. Por lo tanto, el puerto de Bermeo (incluyendo su parte externa adyacente) es el que posee la vulnerabilidad más alta. Esto equivale a decir que es el puerto que más puede ser dañado, tanto ambiental como socioeconómicamente, ante un suceso de contaminación marina por sustancias nocivas y potencialmente peligrosas (por ejemplo, gasóleo, sosa caustica, potasa, etc.).

Es posible que zonas concretas de los puertos de estudio posean una vulnerabilidad ambiental alta, pero al mismo tiempo tengan una vulnerabilidad socioeconómica baja. Este hecho ocurre, por ejemplo, en el interior del puerto de Plentzia y en su zona externa adyacente (Figura 2). Es por esta razón que la vulnerabilidad se separe en dos componentes, con el fin de ofrecer a los gestores del puerto información detallada sobre las zonas que se deberían proteger desde el punto de vista ambiental y/o socioeconómico ante un suceso de contaminación marina. Los criterios para delimitar las diferentes áreas en cada puerto de estudio para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad pueden ser muy variados y llegar a ser extremadamente complejos. En nuestro caso concreto se optó por dividir el puerto de estudio y su parte externa adyacente en áreas de menor tamaño y fácilmente reconocibles, es decir, zonas de playa, mar abierto y río, dársenas de puertos dedicadas a industria, pesca y recreo, y áreas con alguna figura de protección ambiental.

La contaminación marina puede haberse generado por diferentes motivos, como, por ejemplo, colisiones y hundimientos de barcos, incendios en embarcaciones, caída de carga al mar, y roturas de depósitos o de tuberías por las que circulan sustancias nocivas y potencialmente peligrosas. Cuando ocurre un suceso de contaminación marina, lo primero es intentar que el motivo que lo ha generado cese para conseguir que la cantidad derramada sea mínima. En segundo lugar, se debe contener y recoger del medio marino la sustancia derramada. Si la causa que ha generado el derrame continúa y es difícil de solucionar, se debe intentar en la medida de lo posible, mediante barreras flotantes, que la mancha de contaminación no se extienda de manera considerable, especialmente en aquellos puertos con una elevada vulnerabilidad ambiental y/o socioeconómica.

Cuando se derraman hidrocarburos, éstos sufren un conjunto de procesos fisicoquímicos de envejecimiento. Por un lado, el producto contaminante evolucionará en función de sus propiedades y composición, separándose en diversas fases. Los componentes más volátiles se evaporarán, otros permanecerán en flotación en la superficie marina y los componentes más densos se dispersarán en profundidad, pudiendo llegar al fondo marino. Por otro lado, las condiciones meteorológicas y oceánicas existentes controlarán la dispersión del producto contaminante tanto espacial como temporalmente. Un producto ligero, como, por ejemplo, la gasolina, puede ser inflamable y explosivo, y su combustión puede generar una contaminación atmosférica muy difícil de controlar. En el caso de que esto se produjera en la costa o en sus proximidades, el viento podría favorecer la penetración de esta nube contaminante en el territorio. Todas las zonas de un puerto por donde navegan o están amarradas embarcaciones son posibles lugares de ocurrencia de un vertido y, por consiguiente, de una afección ambiental y socioeconómica.

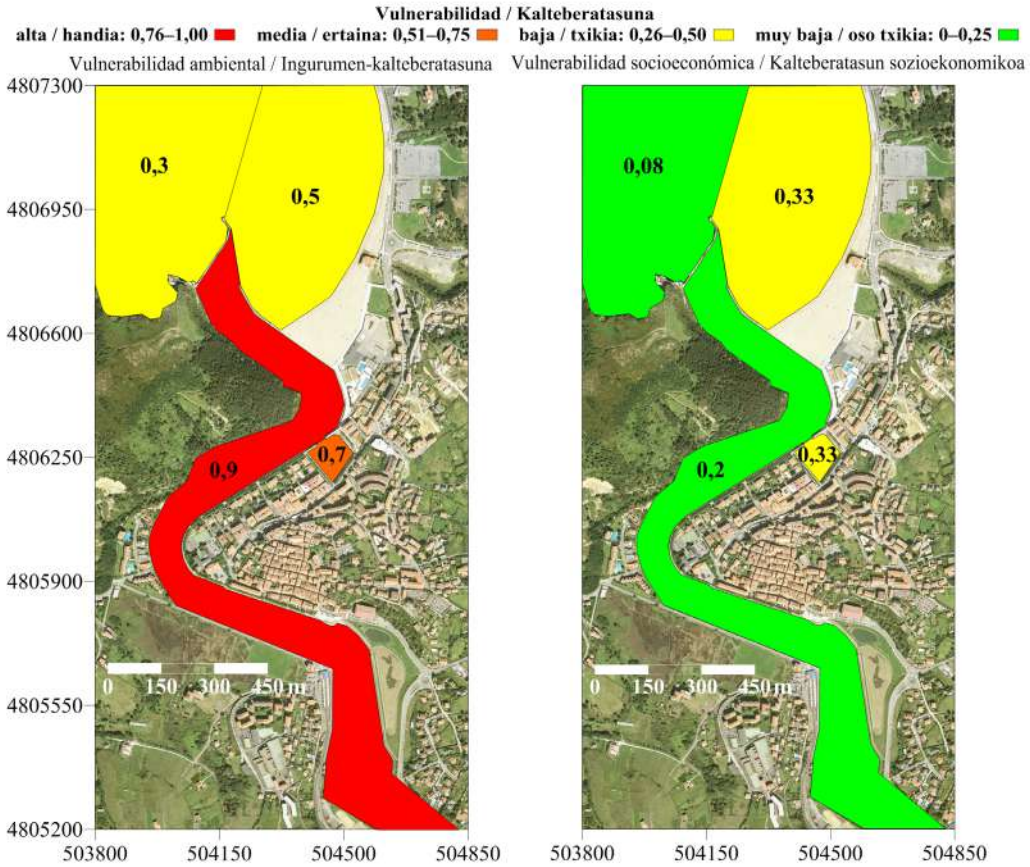


Figura 2. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Plentzia (Bizkaia).

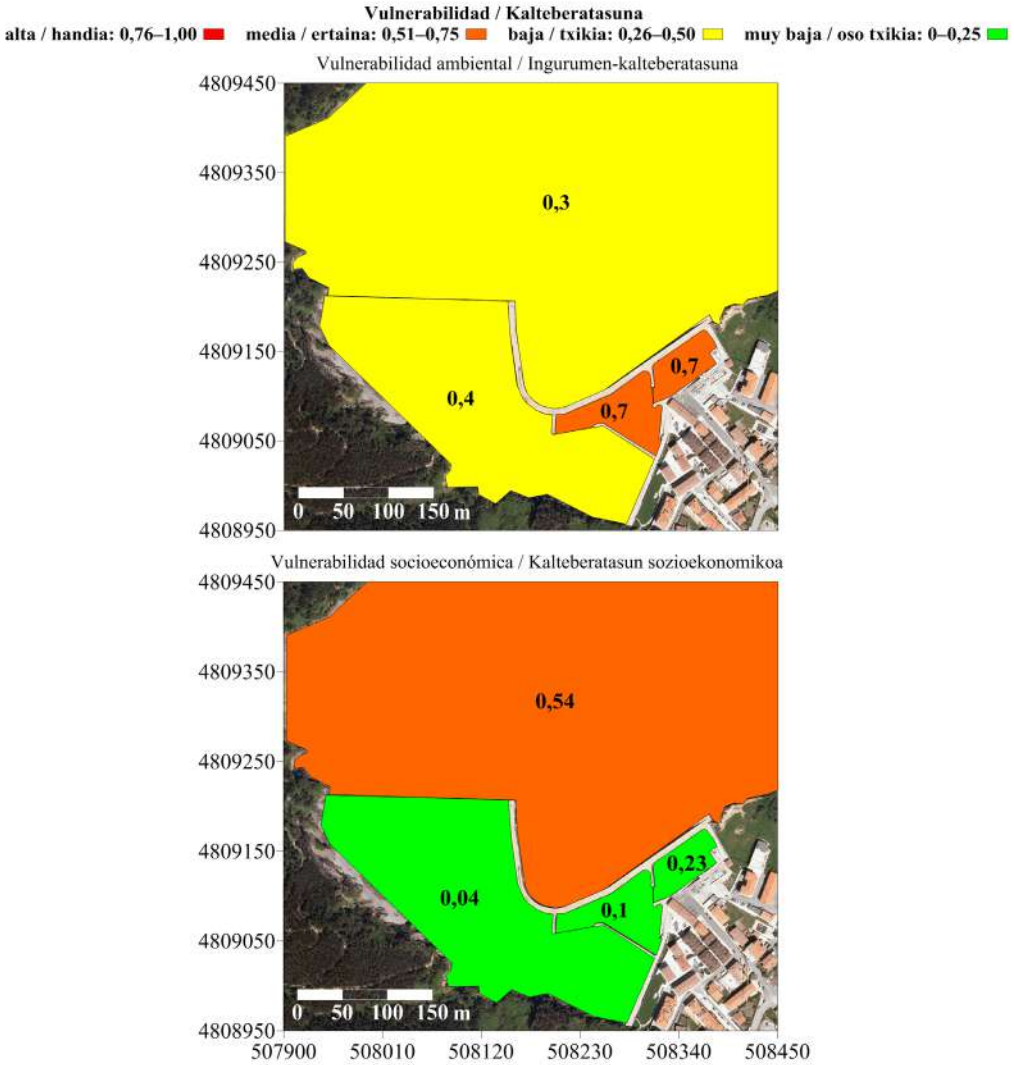


Figura 3. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Armintza (Bizkaia).

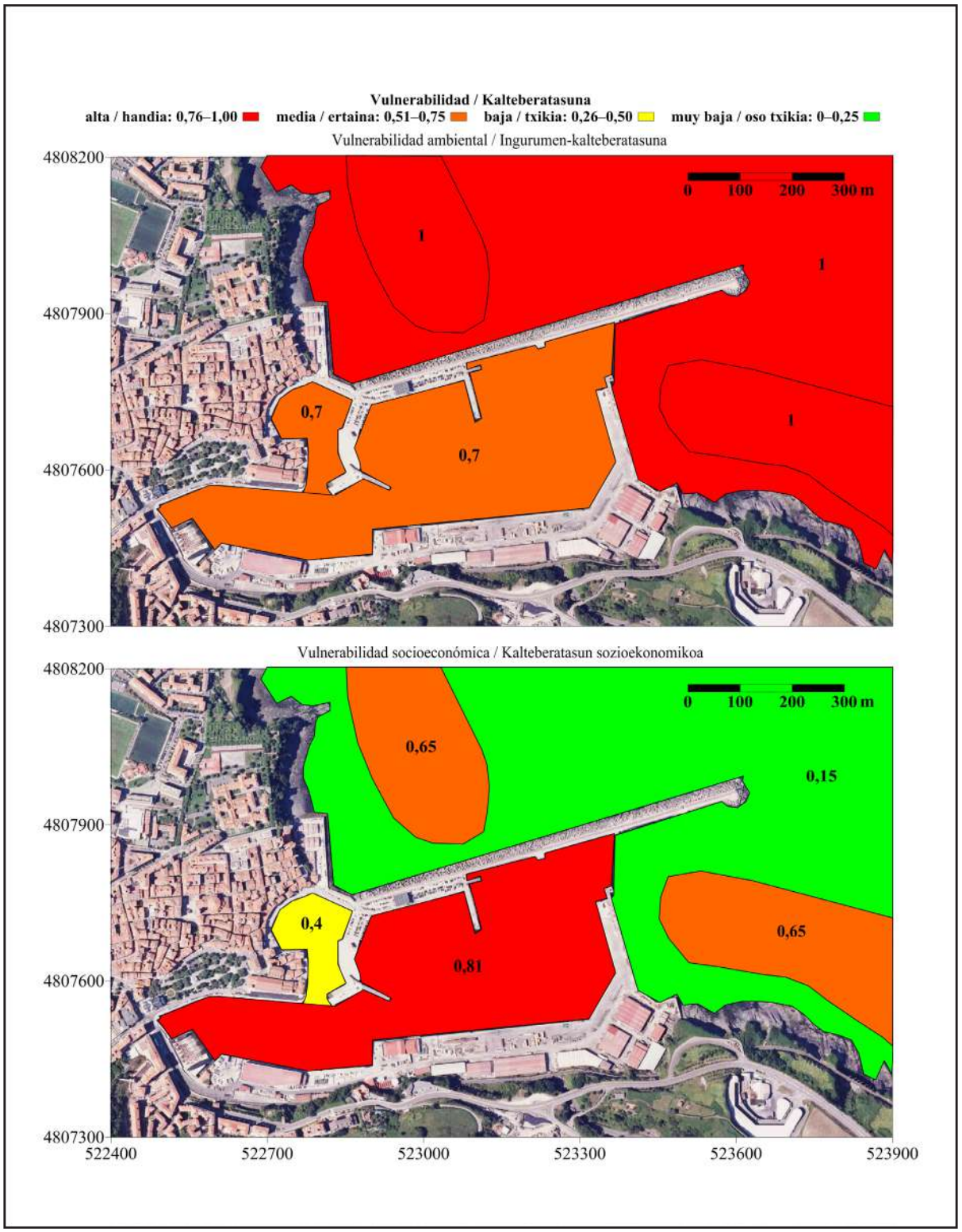


Figura 4. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Bermeo (Bizkaia).

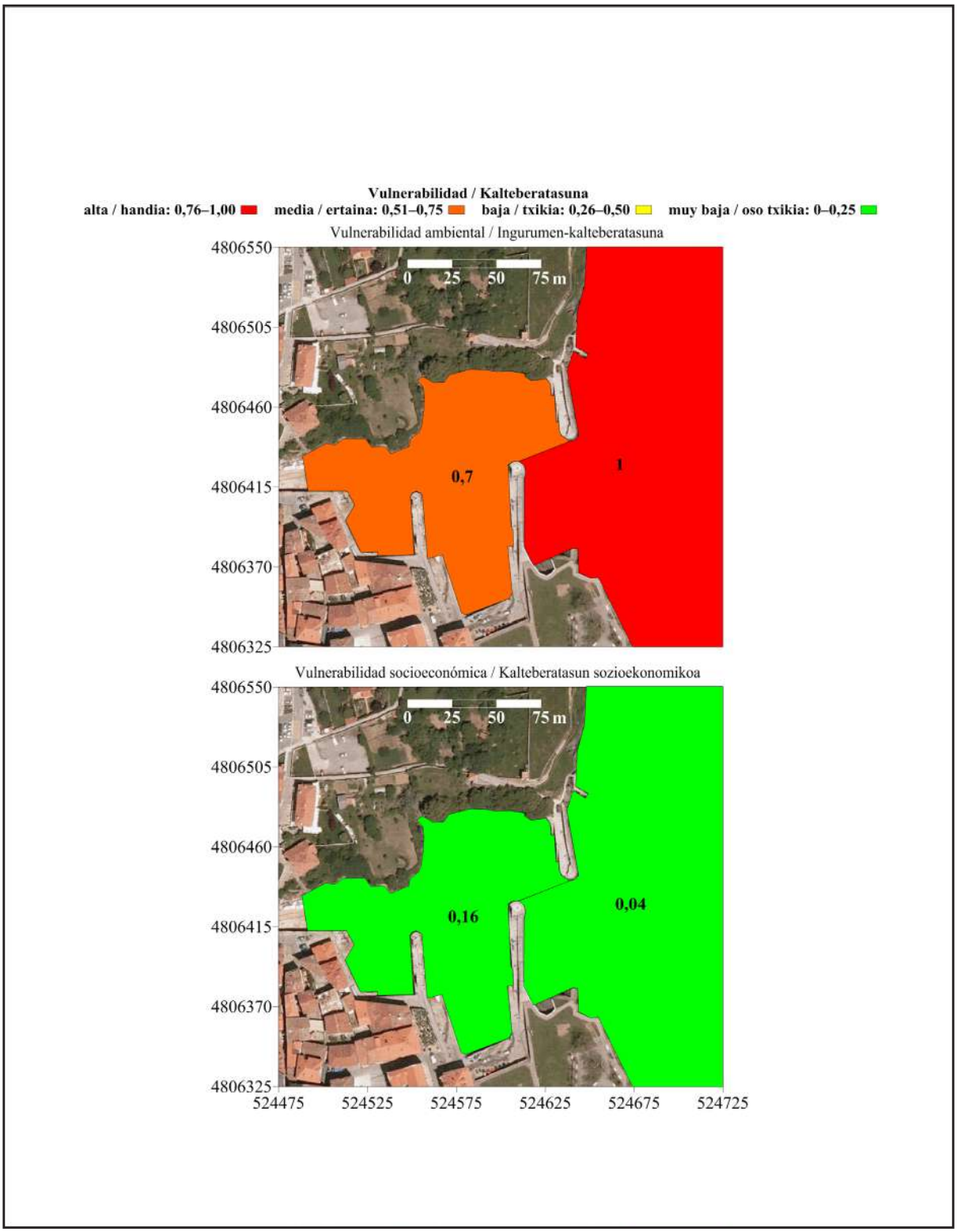


Figura 5. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Mundaka (Bizkaia).

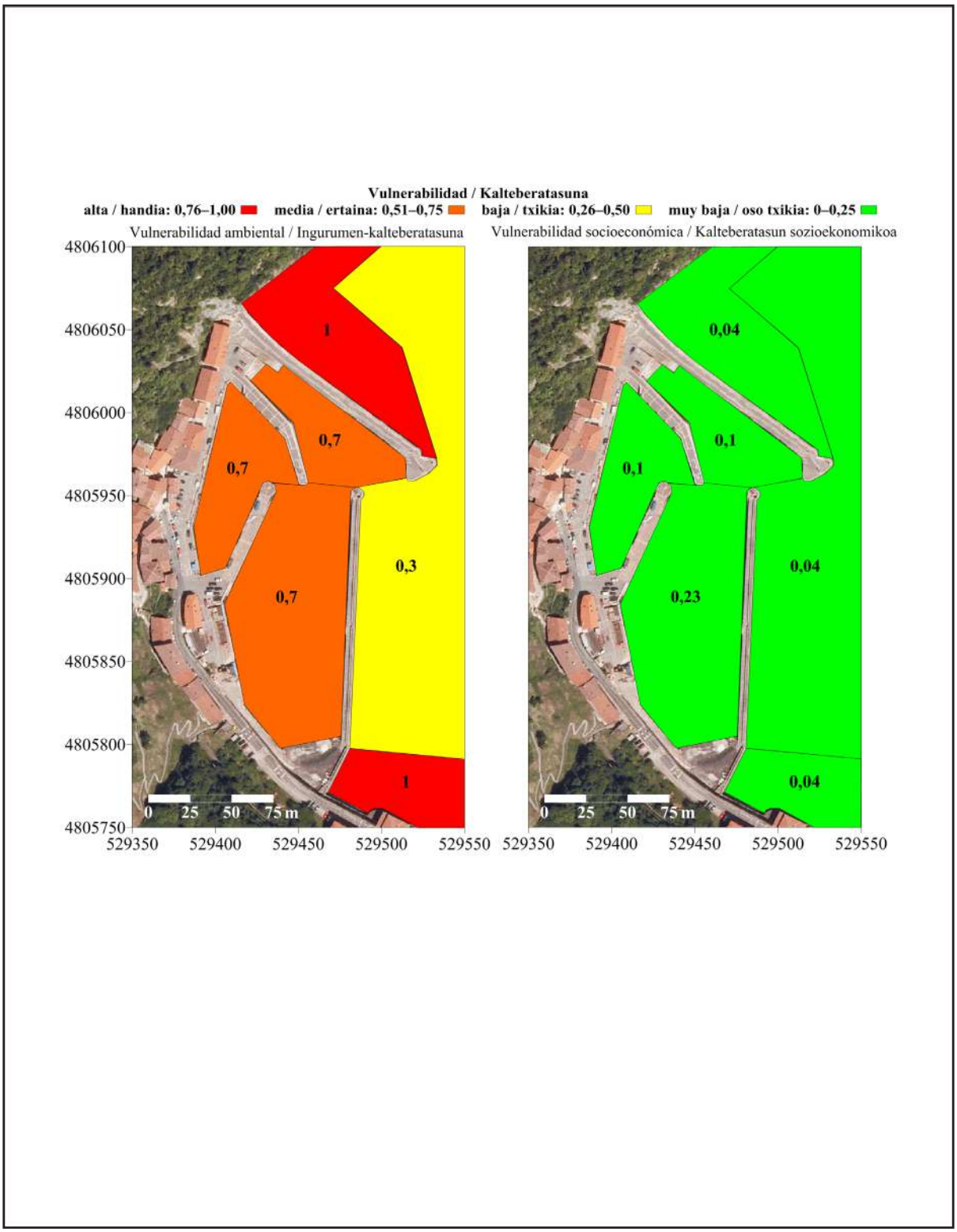


Figura 6. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Elantxobe (Bizkaia).

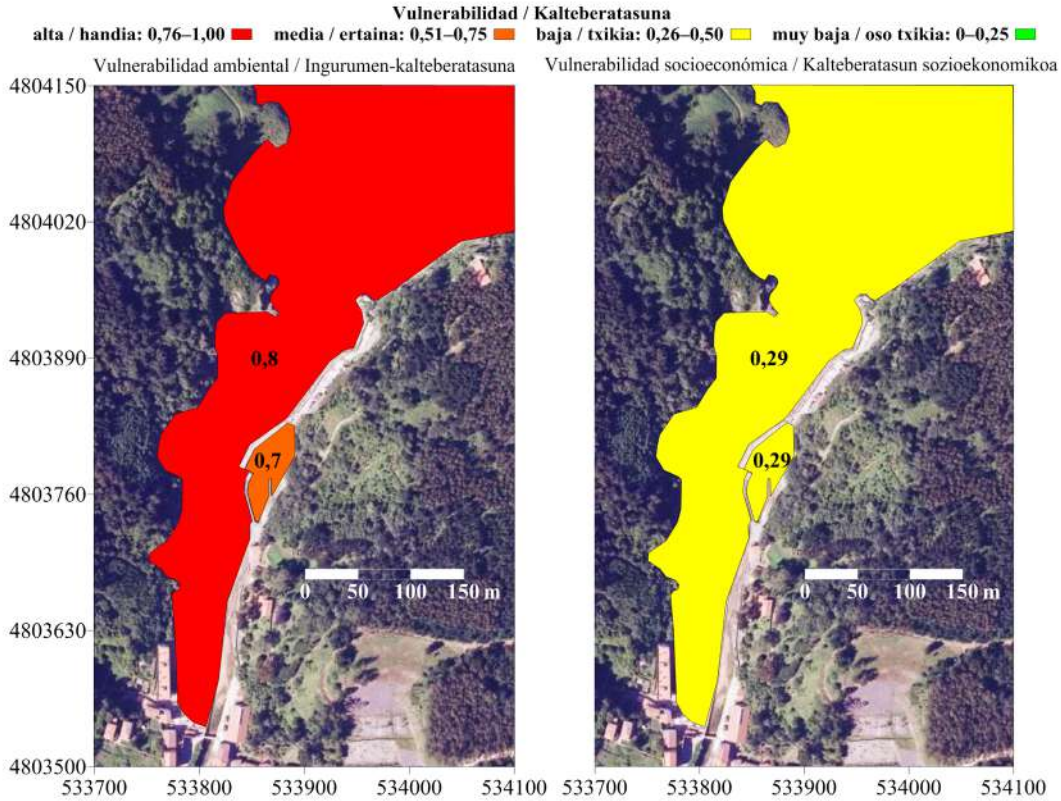


Figura 7. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Ea (Bizkaia).

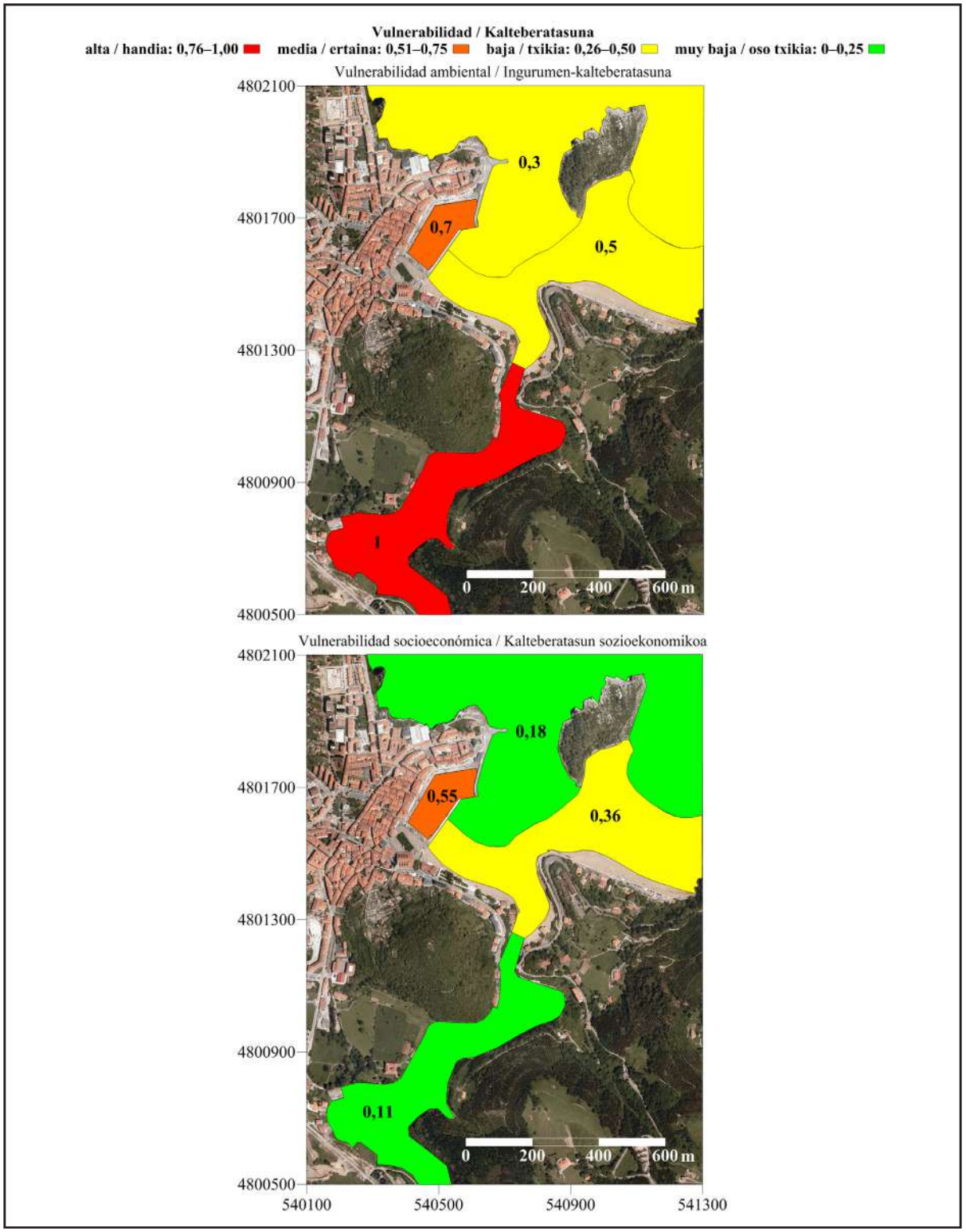


Figura 8. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Lekeitio (Bizkaia).

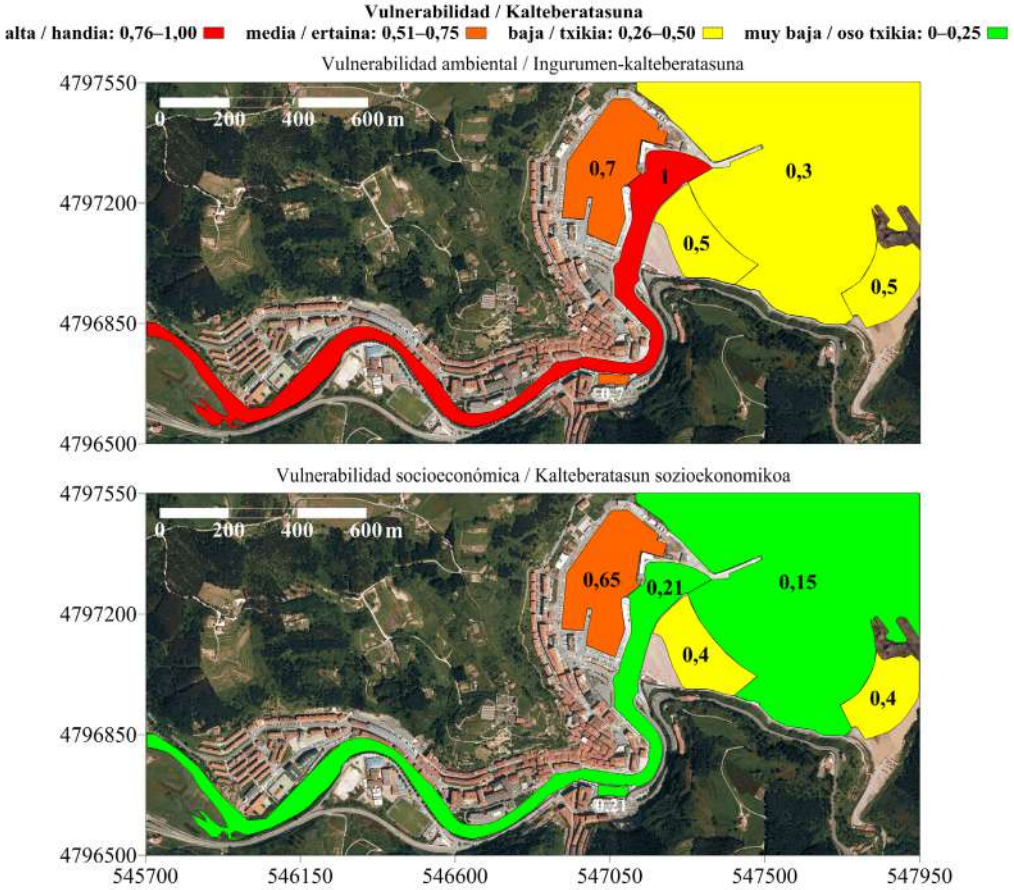


Figura 9. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Ondarroa (Bizkaia).

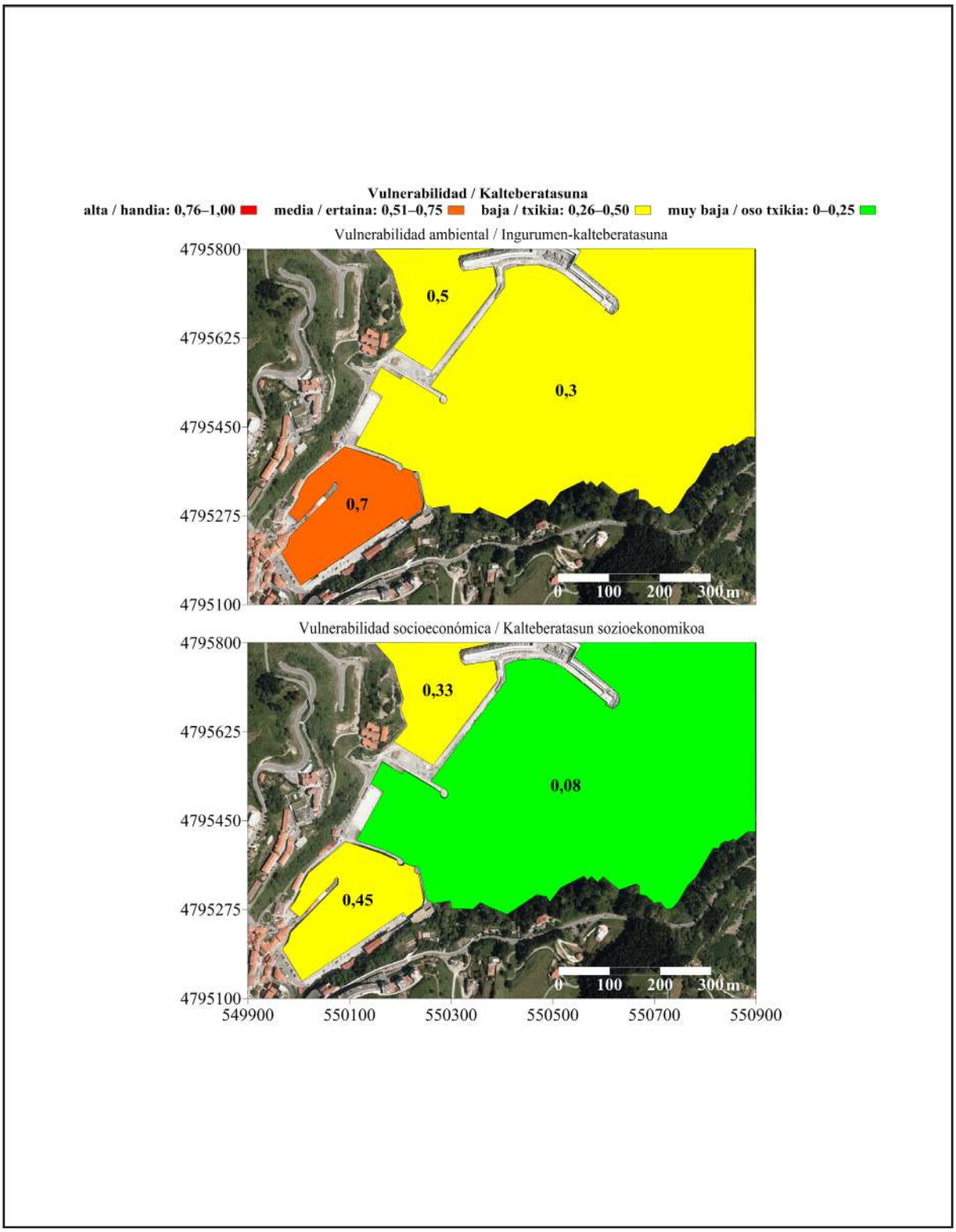


Figura 10. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Mutriku (Gipuzkoa).

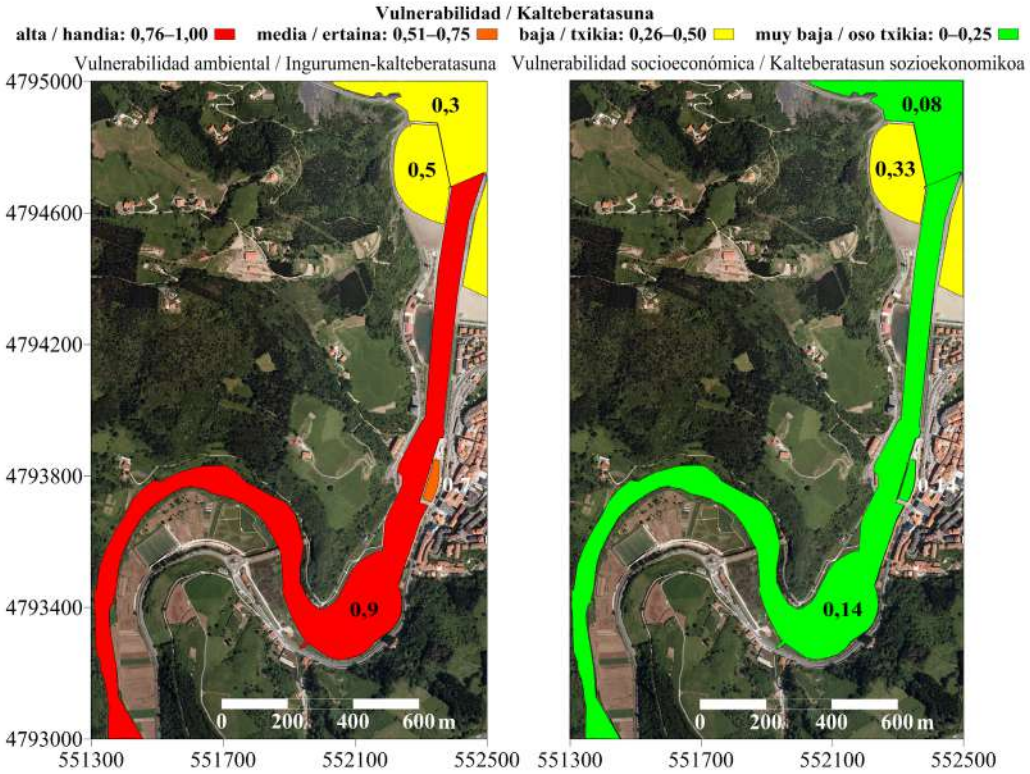


Figura 11. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Deba (Gipuzkoa).

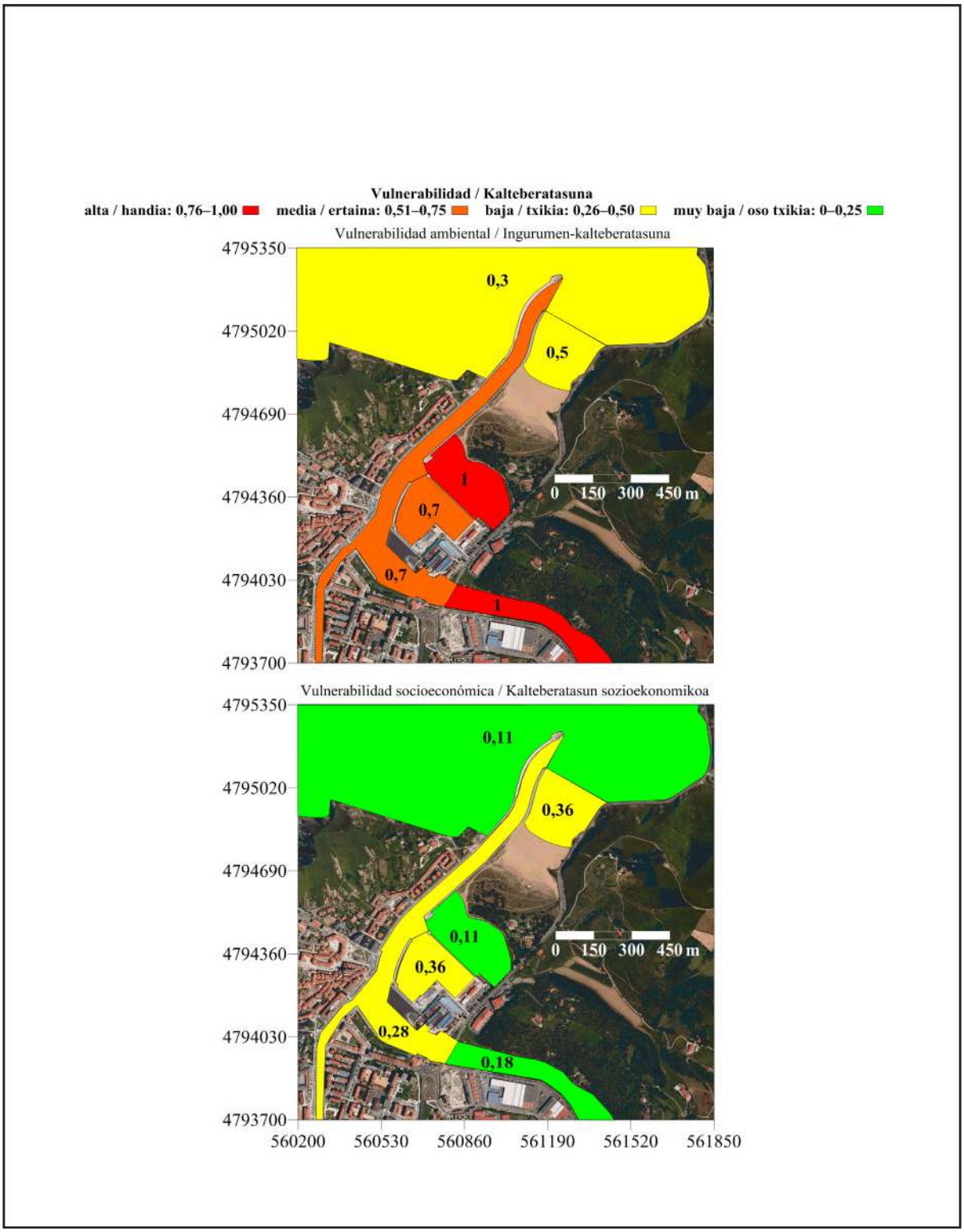


Figura 12. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Zumaia (Gipuzkoa).

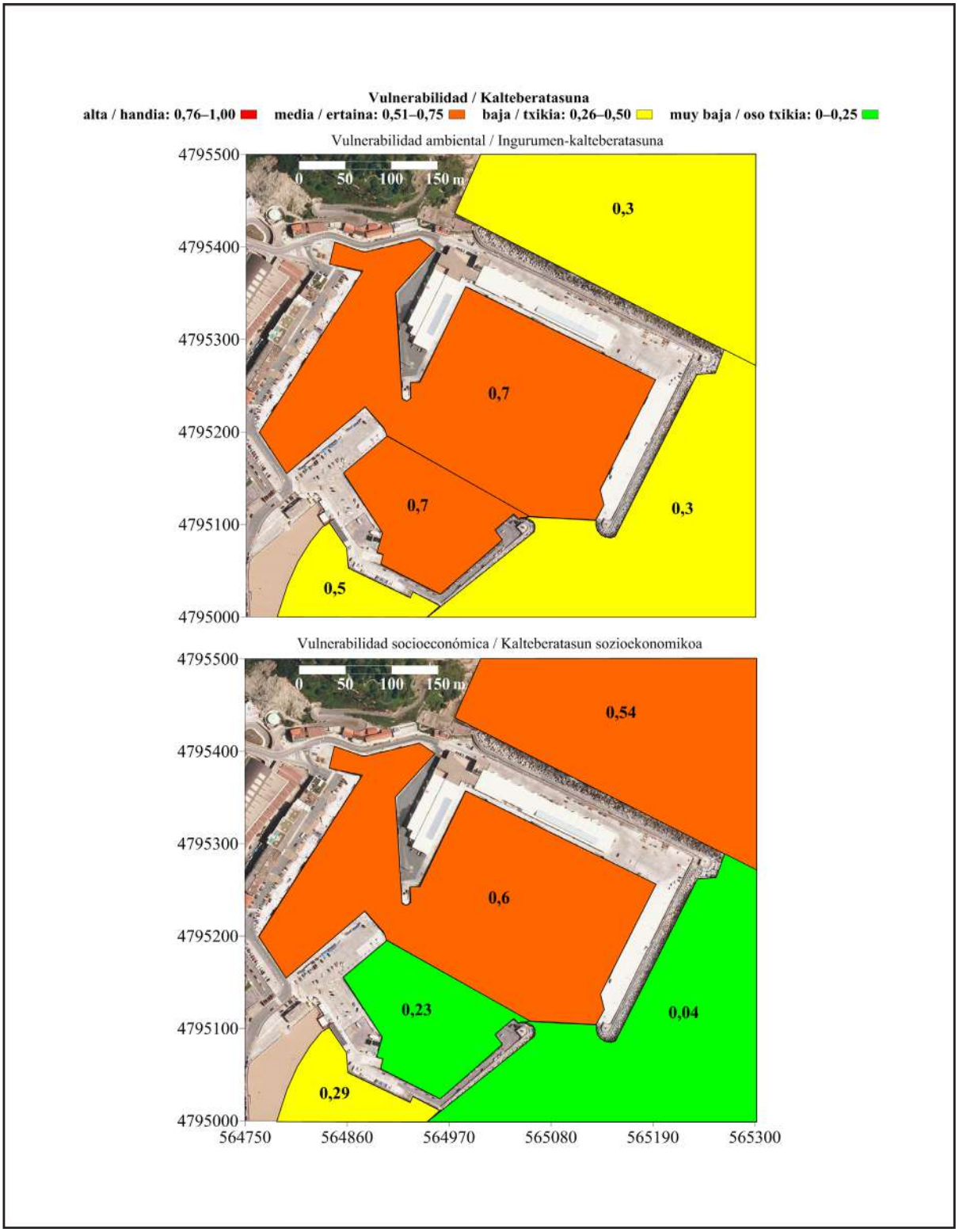


Figura 13. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Getaria (Gipuzkoa).

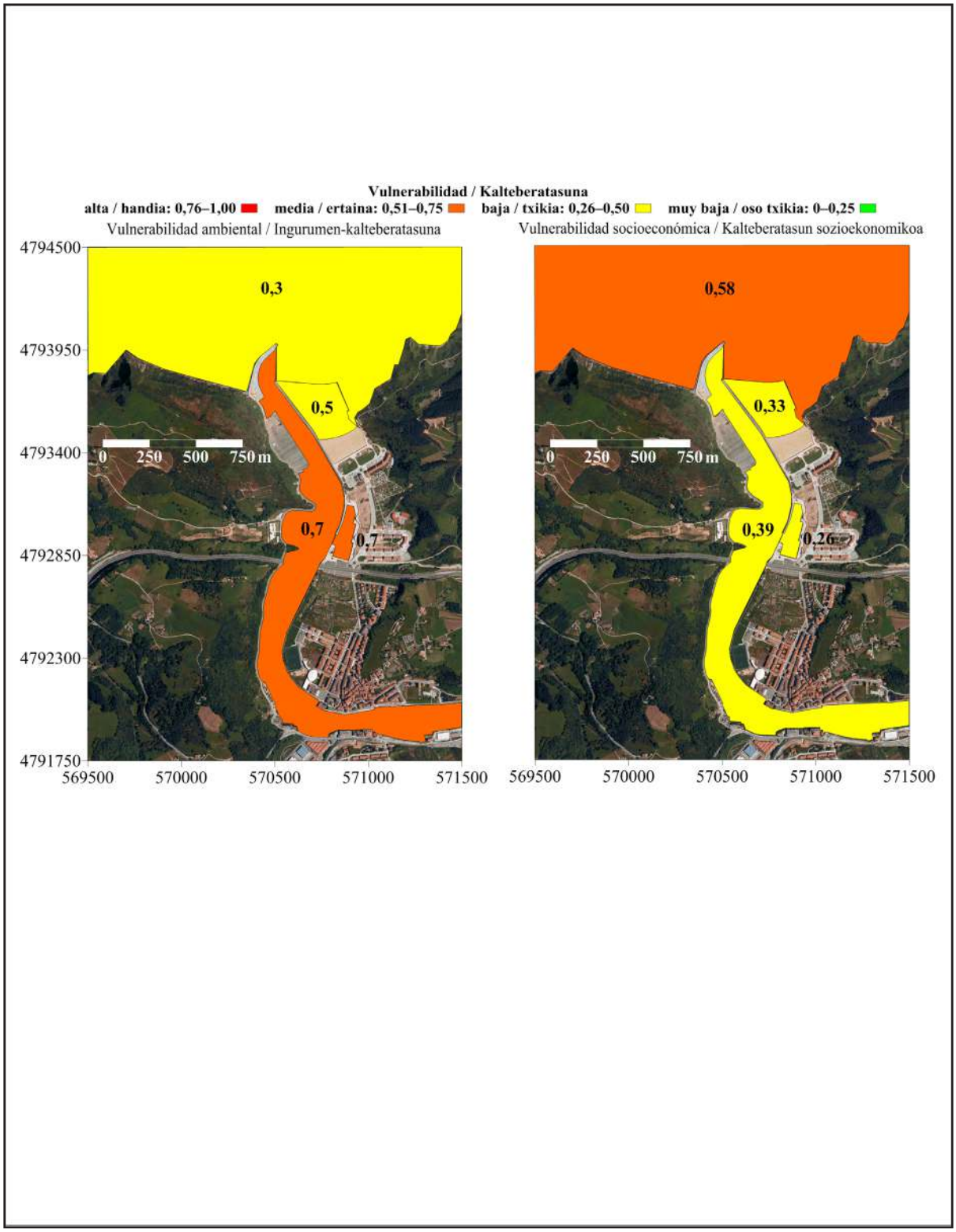


Figura 14. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Orio (Gipuzkoa).

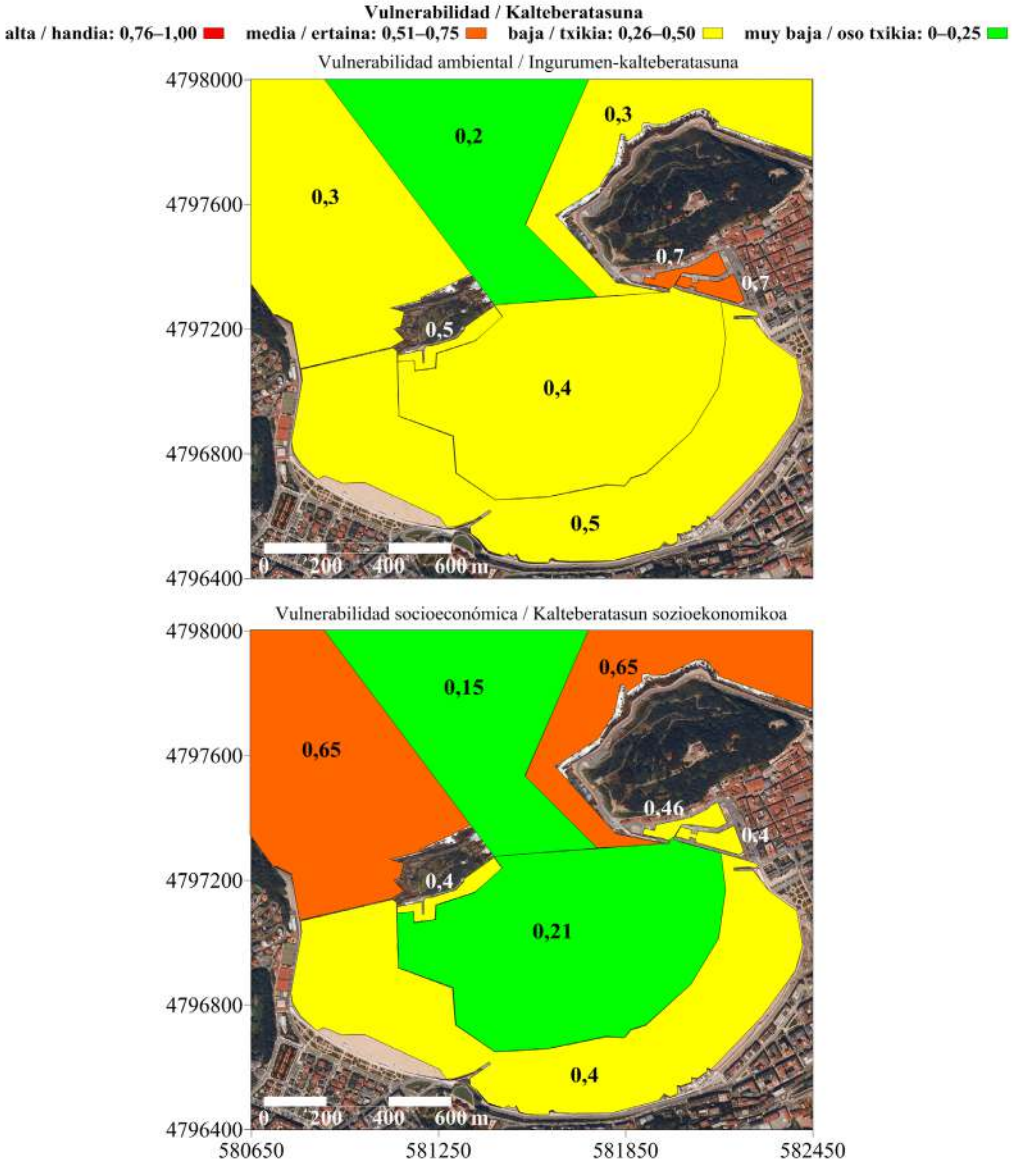


Figura 15. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Donostia-San Sebastián (Gipuzkoa).

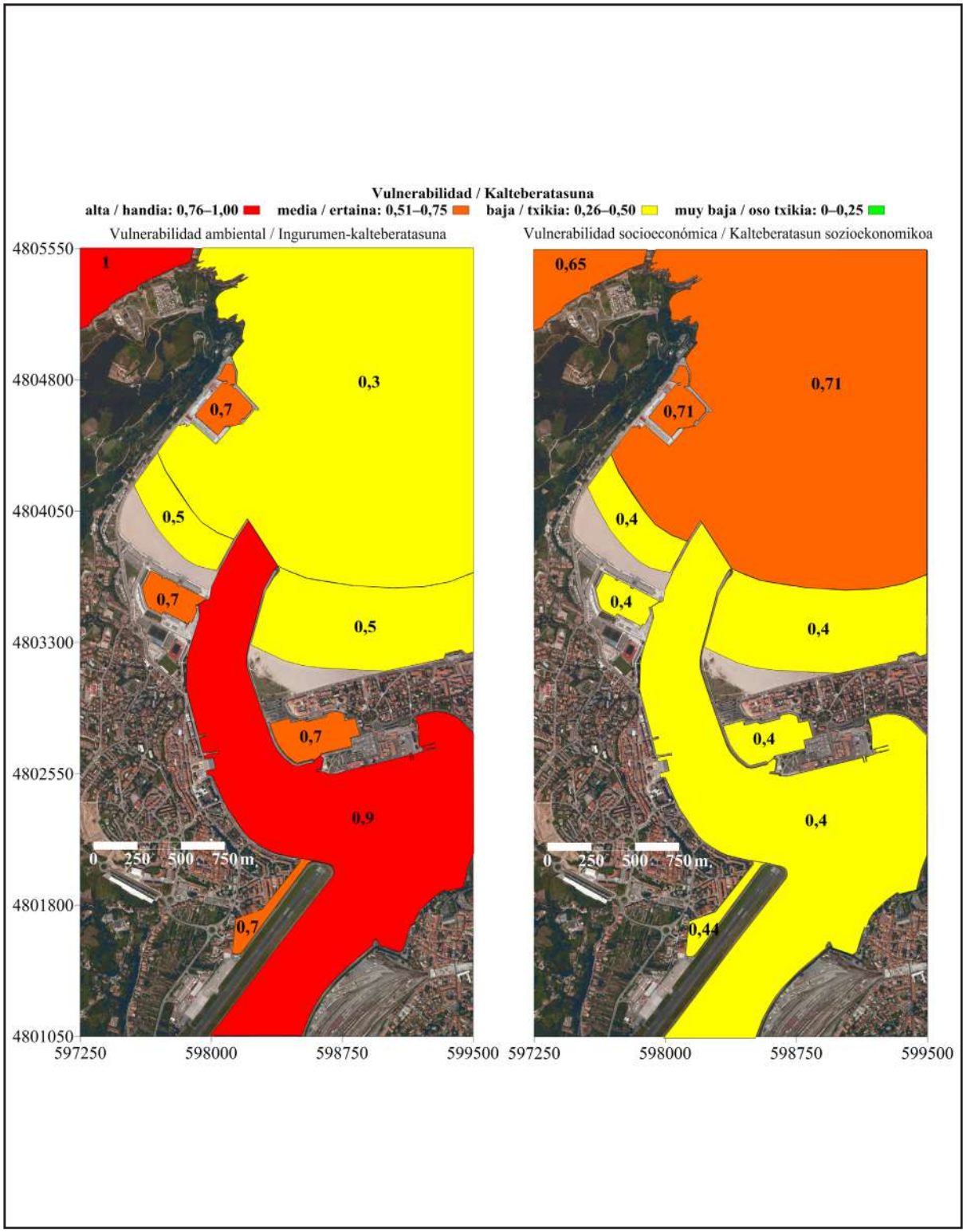


Figura 16. Vulnerabilidades ambiental y socioeconómica del puerto de Hondarribia (Gipuzkoa).

Conclusiones

La estimación de las vulnerabilidades ambiental y socioeconómica de los 15 puertos gestionados por el Gobierno Vasco (Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos) ante sucesos de contaminación marina muestra que el puerto de Bermeo (incluyendo su parte externa adyacente) es el que presenta la vulnerabilidad más alta. Los mapas de vulnerabilidad obtenidos forman parte de los Planes Interiores Marítimos confeccionados para estos puertos. Estos mapas son la base para la toma de decisiones por parte de los responsables de la gestión de los puertos y de las autoridades competentes en el caso de que ocurra un suceso de contaminación marina.

Referencias

Barnard, P.L., Short, A.D., Harley, M.D., Splinter, K.D., Vitousek, S., Turner, I.L., Allan, J., Banno, M., Bryan, K.R., Doria, A., Hansen, J.E., Kato, S., Kuriyama, Y., Randall-Goodwin, E., Ruggiero, P., Walker, I.J., Heathfield, D.K., 2015. Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El Niño/Southern Oscillation. Nature Geoscience 8, 801–807. https://doi.org/10.1038/NGEO2539

Castanedo, S., Abascal, A., Medina, R., Fernández, F., Liste, M., Olabarrieta, M., 2009. Development of a GIS-based oil spill risk assessment system. OCEANS '09 IEEE Bremen: Balancing Technology with Future Needs, 6 pp. https://doi.org/10.1109/OCEANSE.2009.5278283

Cutter, S.L., 1996. Vulnerability to environmental hazards. Progress in Human Geography 20 (4), 529–539. https://doi.org/10.1177/030913259602000407

Cutter, S.L., Emrich, C.T., 2006. Moral hazard, social catastrophe: The changing face of vulnerability along the hurricane coasts. The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science 604 (1), 102–112. https://doi.org/10.1177/0002716205285515

Cutter, S.L., Finch, C., 2008. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. Proceedings of the National Academy of Sciences 105 (7), 2301–2306. https://doi.org/10.1073/pnas.0710375105

Debortoli, N.S., Clark, D.G., Ford, J.D., Sayles, J.S., Diaconescu, E.P., 2019. An integrative climate change vulnerability index for Arctic aviation and marine transportation. Nature Communications 10. https://doi.org/10.1038/s41467-019-10347-1

Ferguson, G., Gleeson, T., 2012. Vulnerability of coastal aquifers to groundwater use and climate change. Nature Climate Change 2, 342–345. https://doi.org/10.1038/nclimate1413

Galparsoro, I., Liria, P., Legorburu, I., Ruiz-Minguela, P., Pérez, G., Marqués, J., Torre-Enciso, Y., González, M., 2008. Atlas de energía del oleaje en la costa vasca. La planificación espacial marina como herramienta en la selección de zonas adecuadas para la instalación de captadores. Revista de Investigación Marina 8, 1–9.

Galparsoro, I., Liria, P., Legorburu, I., Bald, J., Chust, G., Ruiz-Minguela, P., Pérez, G., Marqués, J., Torre-Enciso, Y., González, M., Borja, A., 2012. A marine spatial planning approach to select suitable areas for installing Wave Energy Converters (WECs), on the Basque continental shelf (Bay of Biscay). Coastal Management 40 (1), 1–19. https://doi.org/10.1080/08920753.2011.637483

Grubesic, T.H., Matisziw, T.C., 2008. Prospects for assessing and managing vulnerable infrastructures: Policy and practice. Growth and Change 39 (4), 543–547. https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2008.00445.x

Grubesic, T.H., Matisziw, T.C., 2013. A typological framework for categorizing infrastructure vulnerability. GeoJournal 78 (2), 287–301. https://doi.org/10.1007/s10708-011-9411-0

Jankowski, K.L., Törnqvist, T.E., Fernandes, A.M., 2017. Vulnerability of Louisiana's coastal wetlands to present-day rates of relative sea-level rise. Nature Communications 8. https://doi.org/10.1038/ncomms14792

Logan, T.M., Guikema, S.D., Bricker, J.D., 2018. Hard-adaptive measures can increase vulnerability to storm surge and tsunami hazards over time. Nature Sustainability 1, 526–530. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0137-6

Matisziw, T.C., Grubesic, T.H., 2013. Geographic perspectives on vulnerability analysis. GeoJournal 78 (2), 205–207. https://doi.org/10.1007/s10708-011-9420-z

Nelson, J.R., Grubesic, T.H., 2018. Oil spill modeling: Risk, spatial vulnerability, and impact assessment. Progress in Physical Geography 42 (1), 112–127. https://doi.org/10.1177/0309133317744737

Petersen, J., Michel, J., Zengel, S., White, M., Lord, C., Plank, C., 2002. Environmental Sensitivity Index Guidelines: Version 3.0. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11, Seattle, Washington, USA, 192 pp.

Rodríguez, J.F., Saco, P.M., Sandi, S., Saintilan, N., Riccardi, G., 2017. Potential increase in coastal wetland vulnerability to sea-level rise suggested by considering hydrodynamic attenuation effects. Nature Communications 8. https://doi.org/10.1038/ncomms16094

Webb, E.L., Friess, D.A., Krauss, K.W., Cahoon, D.R., Guntenspergen, G.R., Phelps, J., 2013. A global standard for monitoring coastal wetland vulnerability to accelerated sea-level rise. Nature Climate Change 3, 458–465. https://doi.org/10.1038/nclimate1756

Wu, S.-Y., Yarnal, B., Fisher, A., 2002. Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: A case study of Cape May County, New Jersey, USA. Climate Research 22 (3), 255–270. https://doi.org/10.3354/cr022255

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos, Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, por financiar este trabajo, así como a Ibon Galparsoro y Sarai Pouso por sus valiosos comentarios. Este artículo es la contribución número 980 de AZTI, Investigación Marina, Basque Research and Technology Alliance (BRTA).

AZTI

MEMBER OF
BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

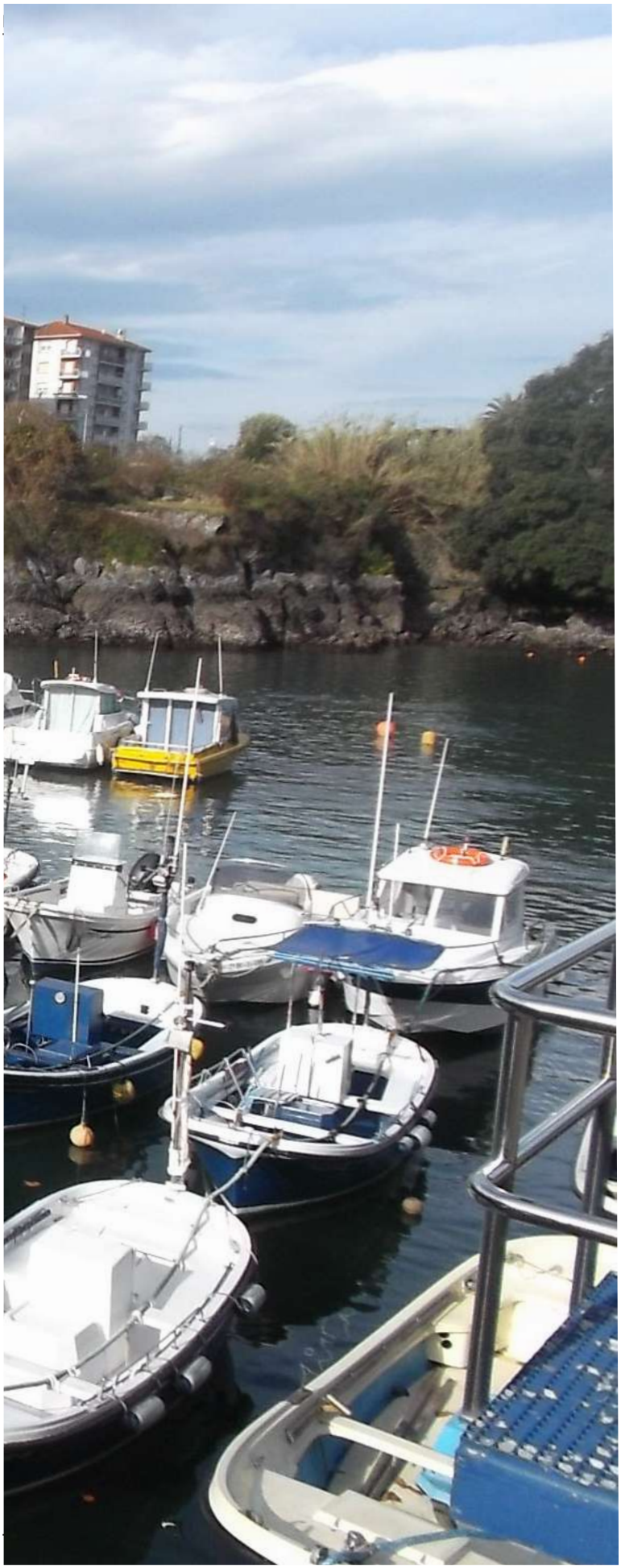
/ **HEADQUARTERS**

Txatxarramendi Ugartea 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