

Libro de trabajos aportados al XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía

Eje Temático 4

Ciudad de La Laguna

Del 14 al 17 de diciembre de 2021



Libro de trabajos aportados al XXVII Congreso de la Asociación Española de Geografía

Eje Temático 4

Ciudad de La Laguna
del 14 al 17 de diciembre de 2021



**Libro de trabajos aportados al
XXVII Congreso de la Asociación
Española de Geografía**

Edición: Asociación Española de Geografía, AGE
y Departamento de Geografía e Historia de la Universidad de La Laguna
Editor: José-León García Rodríguez
© De los autores
<https://xxviicongresodegeografia.es>

Diseño y maquetación: Javier Cabrera DG
DOI: <http://doi.org/10.25145/c.27.Asociación.Geograf%C3%ADa.2021.14>
Dep.Legal:
ISBN:

INDIMAR®, HERRAMIENTA WEB DE SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES EN ORDENACIÓN ESPACIAL MARINA

INDIMAR®, WEB DECISION SUPPORT TOOL IN MARINE SPATIAL PLANNING

Alejandro García Mendoza¹, Andrej Abramic¹, Yaiza Fernández-Palacios¹, Ricardo Haroun¹

¹ Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (IU-ECOQUA), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Parque Científico y Tecnológico Marino de la ULPGC, Ctra. de Taliarte s/n, 35214 Telde, España

Resumen

La Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 julio de 2014 y, en el caso de España su transposición a través del Real Decreto 367/2017, de 8 de abril 2017, establecen el marco legal para los planes de ordenación marina. En estos planes se determinará la distribución espacial y temporal de las correspondientes actividades y usos, existentes y futuros, teniendo en cuenta el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos. Como parte de las actividades del proyecto PLASMAR, los investigadores del Instituto Universitario ECOQUA (IU-ECOQUA) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, han desarrollado la herramienta INDIMAR® (INDIMAR Geoportal de IU-ECOQUA, 2021), cuyo objetivo es el de servir de soporte científico-técnico a la toma de decisiones a todas las partes implicadas en el proceso de ordenación espacial marina.

Palabras clave: Ordenación espacial marina, INDIMAR, sistema soporte decisiones, PLASMAR, ECOQUA, ULPGC

Abstract

Directive 2014/89/EU of the European Parliament and of the Council, of 23 July 2014 and, in the case of Spain its transposition through Royal Decree 367/2017, of 8 April 2017, establish the legal framework for marine management plans. These plans will determine the spatial and temporal distribution of the corresponding activities and uses, existing and future, taking into account the sustainable growth of maritime economies, the sustainable development of marine spaces and the sustainable use of marine resources. As part of the activities of the PLASMAR project, the researchers of the ECOQUA University Institute (IU-ECOQUA) of the University of Las Palmas de Gran Canaria, have developed the INDIMAR® tool (INDIMAR Geoportal de IU-ECOQUA, 2021), whose objective is to serve as a scientific-technical support for decision-making by all parties involved in the process of marine spatial planning.

Keywords: Marine spatial planning, INDIMAR, decision support system, PLAMAR, ECOQUA, ULPGC

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Uno de los objetivos específicos del proyecto PLASMAR ha consistido en la identificación de áreas apropiadas para el potencial desarrollo de actividades vinculadas al Crecimiento Azul en el marco de un enfoque ecosistémico. Para ello, el equipo de ECOAQUA empezó a plantearse en qué medida los parámetros medioambientales influían en la identificación de las áreas adecuadas para el desarrollo de las distintas actividades marinas analizadas en PLASMAR (acuicultura, energía off-shore, transporte, pesca, extracción de áridos y turismo). Dada la gran cantidad de información recopilada y la existencia de distintos formatos, fue necesario simplificar tanto la información de partida como de los resultados esperados. A estos condicionantes se une el hecho de tratar de mantener la filosofía practicada dentro del IU-ECOAQUA en general, y del proyecto PLASMAR en particular, de compartir y difundir públicamente datos y resultados producto de todas sus actividades. Con todo ello, hemos diseñado una primera versión de INDIMAR® con las siguientes características:

- **Definición del área de trabajo.** Con el objetivo de simplificar y normalizar todos los datos de entrada, se diseñó una malla regular de celdas cuadradas de 10 segundos de arco de lado (280 metros aprox.) que garantiza la suficiente resolución espacial sin comprometer excesivamente la velocidad de cálculo. Cada celda tiene un identificador propio y ha de contener todos los valores de cada uno de los parámetros que se definan. Se desecharán las celdas que estén ocupadas totalmente por partes terrestres con el fin de aligerar las consultas.
- **Limitación del área de trabajo.** Si bien la idea original era que el área de trabajo ocupara la totalidad de las zonas identificadas por cada región para su ordenación espacial marina (zonas económicas exclusivas en caso de Madeira y Azores y demarcación marina en caso de Canarias), se comprobó que la variabilidad y calidad de los datos decrecía a medida que aumentaba la distancia a la costa. Este hecho unido a que la mayoría de los usos y actividades marinas están concentrados en las zonas cercanas a la costa, hizo que se limitara el área de trabajo a los primeros 30 kilómetros desde la costa, pudiendo así mantener un equilibrio entre la resolución espacial definida en el punto anterior y la cantidad final de celdas a calcular.
- **Definición de parámetros o indicadores.** Para poder identificar las áreas idóneas para el desarrollo de actividades se tenía que identificar qué aspectos físicos, ambientales, económicos y/o humanos son relevantes o pueden ejercer algún tipo de limitación para el desarrollo de dicha actividad. Esto se hizo por medio de parámetros o indicadores que la herramienta muestra en un panel junto con los posibles valores que puedan tomar.
- **Simplificación del resultado.** El proceso de identificación de áreas debía tener un resultado claro y directo. Teniendo en cuenta todos los indicadores definidos y sus valores, el resultado varía entre una puntuación de cero a diez calculada para cada una de las celdas que, a su vez, se muestran en un mapa con un código de colores desde el rojo hasta el verde.
- **Difusión.** Con el objetivo de poner la herramienta al alcance del máximo número de personas y de la forma más sencilla posible, se decidió que el desarrollo

de INDIMAR® se hiciese mediante una aplicación web. Esto permite el acceso a la última versión, tanto de la herramienta como de los datos disponibles, de forma inmediata desde un navegador estándar sin necesidad de ningún tipo de instalación de software y siendo compatible con cualquier sistema operativo.

2. LA LISTA DE INDICADORES Y LA RELACIÓN ENTRE ELLOS

A la vista de los conjuntos de datos recopilados, se encontraron dos tipos de indicadores. Los primeros hacen referencia a parámetros con valores numéricos y que se pueden definir mediante rangos, como por ejemplo la profundidad, salinidad, distancia a la costa, etc. El segundo tipo de indicadores contienen valores que se recogen en una lista, como, por ejemplo, los nombres de los hábitats de un área, los tipos de protección, las especies de mamíferos presentes, etc.

Para poder organizar mejor los indicadores, se establecieron cinco grupos (clústeres), siguiendo un marco de datos específicos para la ordenación espacial marítima desarrollado por el proyecto PLASMAR:

- Indicadores del buen estado medioambiental basados en la lista especificada en la Directiva Marco de Estrategia Marina (MITECO, 2021).
- Indicadores relacionados con las áreas marinas protegidas, de acuerdo con las distintas figuras de protección reconocidas por las autoridades medioambientales europeas.
- Indicadores del uso de suelo en la costa, en caso de la Macaronesia se han utilizado datos disponibles a través del programa europeo CORINE (CLC-Copernicus program, 2021).
- Indicadores oceanográficos, relativos a mediciones del medio físico tales como salinidad, temperatura, profundidad, etc.
- Indicadores de actividades marítimas donde se recogen los usos humanos de las distintas áreas, tales como pesca, deportes náuticos, acuicultura, etc.

El siguiente paso para poder definir áreas propicias para cada actividad, ha sido estudiar la naturaleza de la relación entre cada uno de los indicadores y cada una de las actividades. En la medida que los indicadores pueden afectar a las actividades y, a su vez, las actividades pueden afectar a los indicadores, se estableció el siguiente criterio:

- Para los indicadores incluidos en los grupos de buen estado ambiental y áreas marinas protegidas se analizó el efecto de las actividades en los indicadores, por ejemplo, el efecto de la acuicultura en los hábitats, el efecto de la pesca en las áreas protegidas, etc.
- Para los indicadores incluidos en los grupos de usos del suelo, oceanografía y actividades marítimas se analizó el efecto de los indicadores en las actividades, como, por ejemplo, cómo afecta la temperatura del agua a la acuicultura, la profundidad a la extracción de áridos, la velocidad del viento a la energía off-shore, etc.

Todas estas relaciones se han recogido en tablas, una por actividad, donde se han ido especificando las relaciones de los indicadores con las actividades (y viceversa), el tipo de relación (negativa o positiva) y el nivel de afección (alto, medio o bajo).

Una vez obtenidas las relaciones, se pasó a definir numéricamente la importancia relativa de cada uno de los indicadores mediante un valor que, en la herramienta INDIMAR[®], se ha denominado peso. Dicho peso, una vez normalizado a 100, indica el porcentaje de influencia que tiene cada uno de los indicadores a la hora de calcular el índice de idoneidad de cada una de las actividades en cada una de las celdas. Por ejemplo, el valor de la profundidad puede ser muy relevante a la hora de desarrollar una actividad como la acuicultura y menos relevante en el caso de la energía off-shore.

Para facilitar la definición de estos valores se ha diseñado un formulario basado en el método de decisión multicriterio siguiendo un proceso analítico jerárquico (K.D. Goepel, 2013) y adaptado por la Universidad de Azores para el proyecto PLASMAR. El formulario ha sido facilitado a expertos de cada una de las actividades analizadas y consiste en la comparación por pares de cada uno de los indicadores de cada grupo más la comparación de cada grupo de indicadores entre sí, dando lugar a una tabla con valores de pesos. Hay que tener en cuenta que, en algunos casos, se han valorado los pesos correspondientes a indicadores de los cuales no hay datos disponibles.

Por otro lado, aunque la estructura de los indicadores se ha tratado de mantener entre los archipiélagos, la cantidad o naturaleza de los datos recopilados ha hecho que el número de indicadores disponibles en cada uno de ellos sea diferente.

3. EL PROCESO DE ESTUDIO DE UN ÁREA

El uso de la herramienta INDIMAR[®] comienza con la elección de la zona geográfica en la que se va a hacer el estudio (Figura 1). A continuación, hay que seleccionar el área de estudio y se accede al panel de indicadores (Figura 2) donde se observan las cinco pestañas correspondientes a los grupos de indicadores más una pestaña con los controles de las funciones de la aplicación.

En la lista de indicadores se pueden encontrar los dos tipos definidos anteriormente:

- **Indicadores con valor numérico** (Figura 3). En este tipo de indicadores se pueden definir tanto el número de rangos como sus límites, según el criterio del usuario. Además, para cada uno de los rangos se puede definir el tipo de relación o contribución del indicador en ese rango con la actividad estudiada. Se han establecido cuatro tipos identificados por colores en la interfaz de la herramienta:
 - Verde (contribución positiva). El peso asignado al indicador suma a la hora del cálculo del índice final, es decir, el valor del indicador incluido en el rango es favorable para la actividad estudiada, por lo que cualquier celda que tenga ese valor sumará el peso de ese indicador.
 - Amarillo (contribución neutra). El peso asignado al indicador no se tendrá en cuenta en las celdas que contengan valores en un rango señalado en amarillo.
 - Naranja (contribución negativa). El peso asignado al indicador resta a la hora del cálculo del índice final, es decir, el valor del indicador incluido en el rango es

desfavorable para la actividad estudiada, por lo que cualquier celda que tenga ese valor restará el peso de ese indicador.

- o Rojo (bloqueo de la actividad). Las celdas que en el indicador tengan un valor incluido en un rango señalado con este color, quedarán bloqueadas y su índice de idoneidad será establecido directamente a cero, independientemente de los valores que puedan tomar el resto de los indicadores. Un ejemplo de este uso puede ser en el caso del estudio de áreas para extracción de arena, en el que las celdas que en el indicador de tipo de sustrato tengan un valor de “rocas” quedarían excluidas independientemente de que el resto de los indicadores sean favorables.

- **Indicadores con lista de valores** (Figura 4). En el panel se desplegará una lista con cada uno de los valores que puede tomar ese indicador. A cada uno de estos valores se le puede definir un comportamiento siguiendo las reglas de colores descritas antes.

En la primera de las pestañas del panel se encuentra la pestaña de inicio (Figura 5) en la que se muestra el resumen de los datos manejados en ese momento por la herramienta y se puede acceder a varios controles. El panel no se muestra totalmente operativo hasta que la suma de pesos es igual a 100 y se procede al cálculo del índice de idoneidad. De arriba a abajo, se encuentran las siguientes partes:

- **Resumen de indicadores.** Aquí se muestran el número total de indicadores definidos y se especifica en cuántos de ellos se dispone de datos.
- **Resumen de celdas.** Número de celdas del área de estudio actual. También se puede habilitar que se muestre el valor que toma cada indicador en cada celda cuando el puntero pase sobre ella.
- **Resumen del indicador de idoneidad.** La herramienta calcula el índice mínimo y máximo según la configuración y el área actual. En el caso de que los valores obtenidos se concentren demasiado alrededor de la media, se puede habilitar extender los valores del índice de 0 a 10. En la leyenda de colores también se muestra un resumen con todos los valores de índice, el color asignado en el mapa y el número de celdas que han obtenido ese valor.
- **Resumen de pesos.** Aquí se muestra la suma de pesos y un resumen por grupos de indicadores. El botón de inicio del cálculo no se muestra hasta que los pesos sumen 100. Con el control de mantener peso, se permite señalar otra área de estudio manteniendo la configuración actual de pesos, rangos, comportamientos, etc. Por último, se muestra un resumen de los indicadores que están interviniendo en el cálculo de índice con una estimación de valor máximo que puede tomar.
- **Perfiles.** Un perfil es una configuración de pesos, rangos y comportamientos en un área determinada. Los perfiles se pueden guardar en el equipo del usuario y volver a cargar posteriormente. También se permite descargar la información espacial y sus atributos en formato GeoJSON de uso común en muchas aplicaciones de sistemas de información geográfica.
- **Mapa regional.** Se puede hacer un mapa de una región completa de acuerdo con la configuración que se tenga en ese momento. Debido al enorme volumen de cálculo que conlleva, esta opción está temporalmente restringida.

4. RESUMEN DE DATOS Y CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la herramienta se han manejado gran cantidad de datos, procedentes de numerosas fuentes y obtenidos en diversos formatos, por lo que se ha hecho un importante esfuerzo en la normalización de los datos y en la introducción de los mismos en cada una de las celdas que componen la base cartográfica de INDIMAR®. En la Tabla 1 se muestra un resumen de contenido de la herramienta.

Tabla 1. Resumen de datos obtenidos

	Madeira	Azores	Canarias
N° de celdas	165 554	496 648	629 740
Superficie abarcada km2	13 262	38 352	52 456
Indicadores definidos	93	93	100
Indicadores disponibles	37	40	94

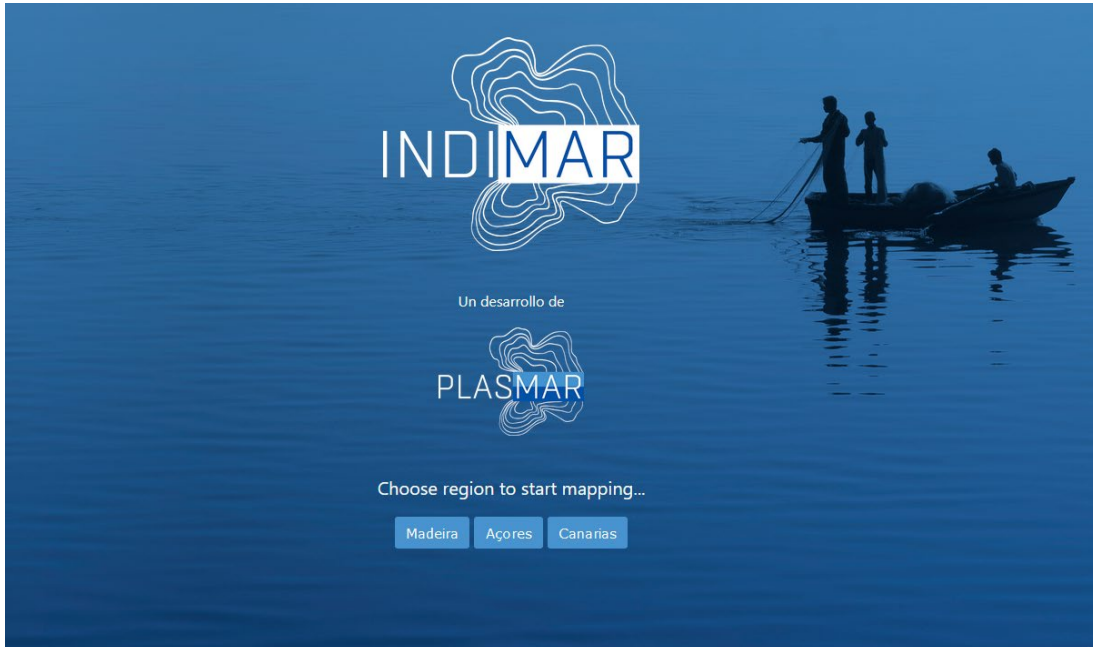
Fuente: elaboración propia.

El estudio de un área puede resultar una tarea compleja teniendo en cuenta la gran cantidad de datos que se pueden manejar simultáneamente. Una vez se han establecido las relaciones entre los indicadores mediante los pesos, INDIMAR® facilita este proceso en gran medida, puesto que se pueden analizar decenas de indicadores con sus valores respectivos de forma rápida y accesible. Una vez configurados los valores necesarios, la herramienta calcula el valor de idoneidad de todas las celdas una por una, asignándole un valor entre cero como mínimo y diez como máximo, obteniendo un mapa de fácil interpretación que el usuario se puede descargar. Esta utilidad es de gran ayuda a la toma de decisiones en el proceso de la ordenación marina, puesto que de forma sectorial se puede conocer, en base a los datos disponibles, las áreas idóneas para el desarrollo de una actividad desde el punto de vista ecosistémico.

Por otro lado, el uso de INDIMAR® también se puede enfocar como un paso preliminar en los estudios de impacto ambiental que suele conllevar el comienzo de cualquier actividad, destacando los indicadores a tener en cuenta y poniendo el foco en los que necesiten un estudio más detallado o, simplemente, cubriendo huecos donde no haya información disponible.

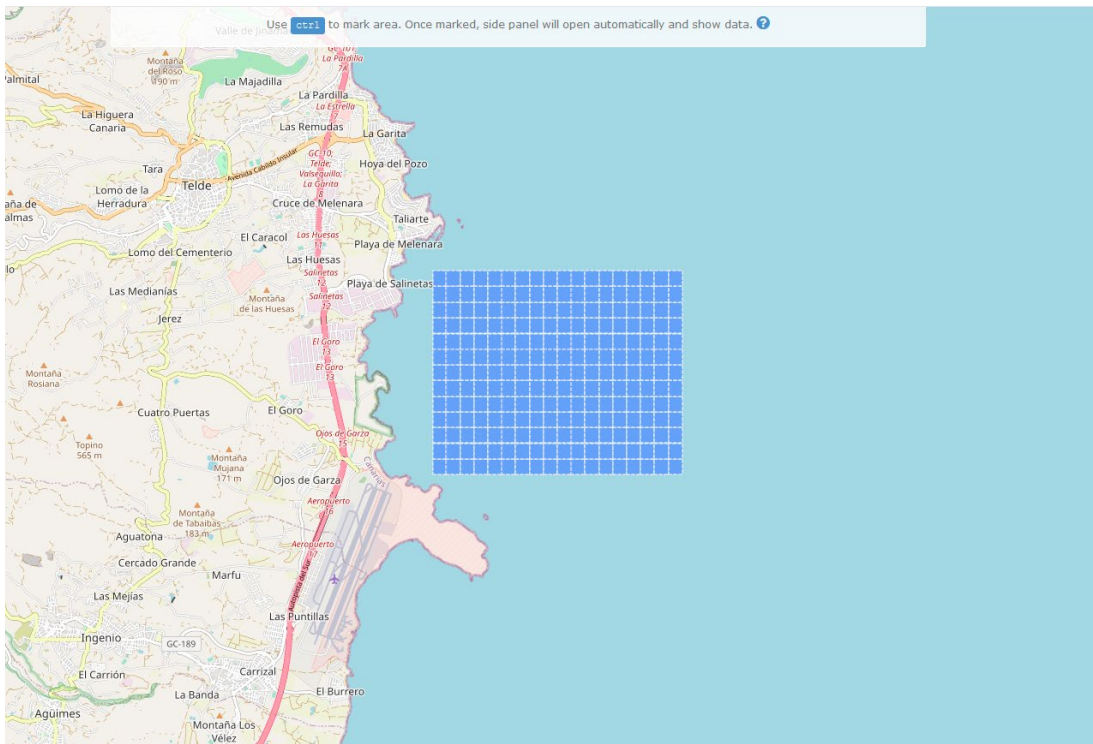
Por todo ello, se espera que INDIMAR® sea de gran utilidad, tanto para las partes implicadas en los procesos de ordenación marina, como para las administraciones y empresas promotoras.

Figura 1. Pantalla inicial de INDIMAR donde se puede preseleccionar el ámbito geográfico para acceder a los datos regionales correspondientes.



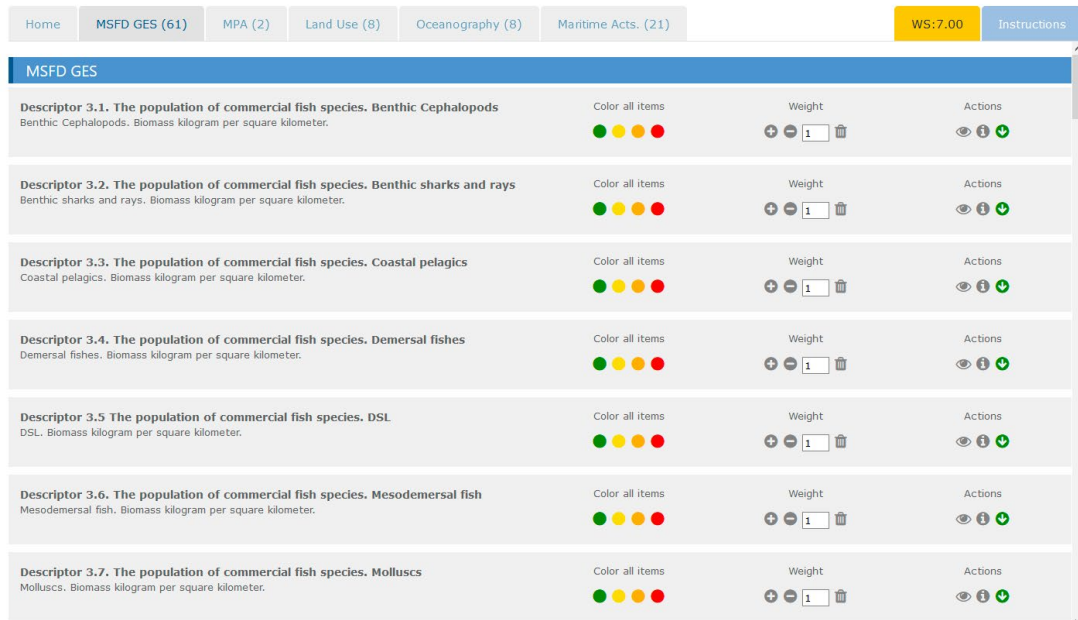
Fuente: elaboración propia a partir de la web www.geoportal.ulpgc.es/indimar

Figura 2. Ejemplo de un mapa de con la selección del área de estudio y el correspondiente panel de indicadores ordenados por pestañas según su naturaleza (sig. pág.)



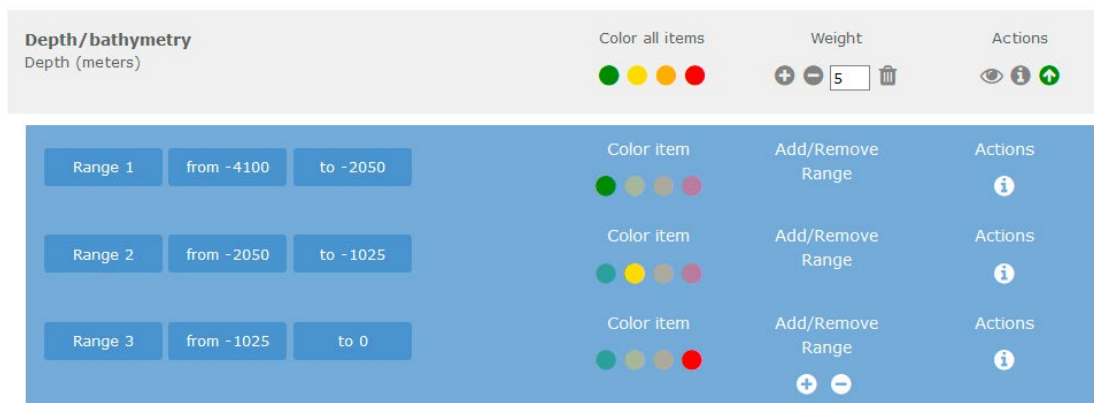
Fuente: elaboración propia a partir de la web www.geoportal.ulpgc.es/indimar

Figura 2. Indicadores ordenados por pestañas según su naturaleza



Fuente: elaboración propia a partir de la web www.geoportal.ulpgc.es/indimar

Figura 3. Ejemplo de indicador con rango de valores numéricos



Leyenda: tres rangos de valores para la profundidad, cada uno de ellos con su propio color definiendo su comportamiento. Arriba se encuentra el cuadro con el peso de ese indicador. Además, hay varios enlaces al metadato de este indicador y al visor de datos dónde se puede consultar el contenido de este conjunto de datos.

Fuente: elaboración propia a partir de la web www.geoportal.ulpgc.es/indimar

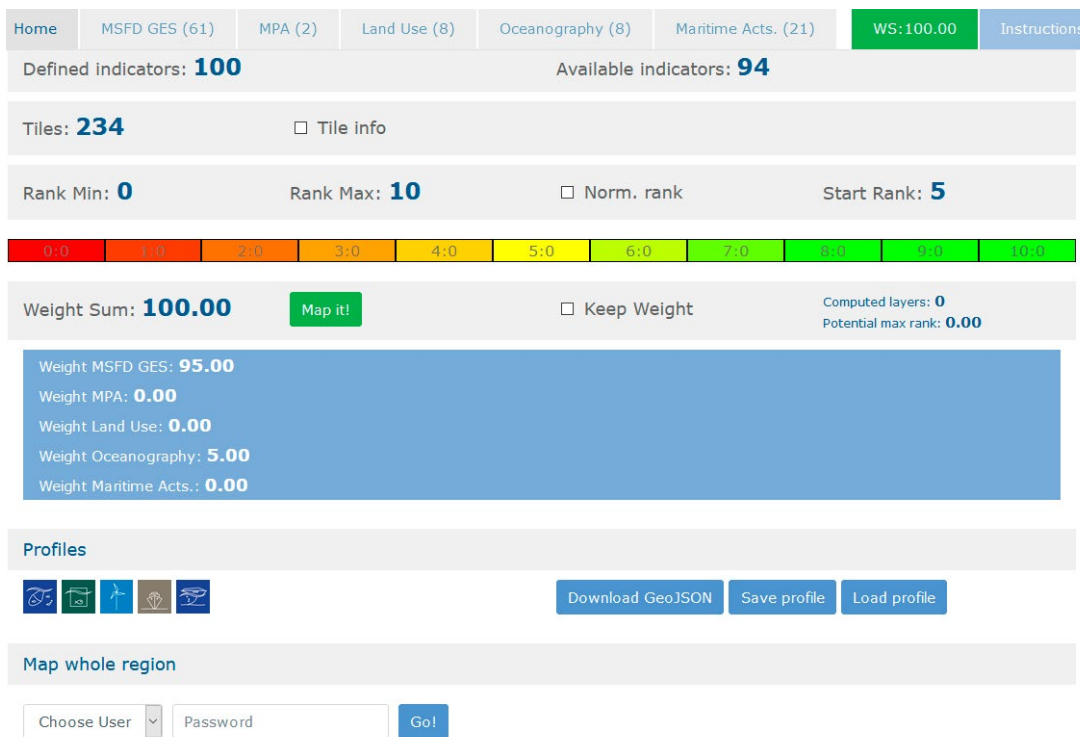
Figura 4. Ejemplo de indicador con lista de valores



Leyenda: cada valor dispone de su propio código de color que define su comportamiento. El número en el cuadro blanco indica la cantidad de celdas dentro del área que contienen ese valor.

Fuente: elaboración propia a partir de la web www.geoportal.ulpgc.es/indimar

Figura 5. Pestaña de inicio en el panel de indicadores



Leyenda: Pestaña de inicio. Muchas de las funciones sólo están disponibles cuando la suma de pesos es igual a 100.

Fuente: elaboración propia a partir de la web www.geoportal.ulpgc.es/indimar

5. REFERENCIAS

- CLC-COPERNICUS PROGRAM (2021). Inventario de usos del suelo CORINE, bajo el programa europeo COPERNICUS. Extraído de <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>
- GEOPORTAL DEL IU-ECOQUA (2021). Portada del Geoportal del Instituto Universitario ECOQUA. <http://www.geoportal.ulpgc.es/portada/index.html>
- INDIMAR GEOPORTAL DE IU-ECOQUA (2021). Herramienta de ayuda a toma de decisiones en ordenación espacial marina. <http://www.geoportal.ulpgc.es/indimar/>
- KLAUS D. GOEPEL, (2013). Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making In Corporate Enterprises – A New AHP Excel Template with Multiple Inputs, Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Kuala Lumpur 2013
- MITECO (2021). Directiva Marco de Estrategia Marina. Extraído de https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/proteccion-internacional-mar/union-europea-proteccion-medio-marino-y-costero/dm_estrategia_marina.aspx

6. RECONOCIMIENTO

Publicación realizada dentro de los proyectos PLASMAR (MAC/1.1a/030) y proyecto PLASMAR+ (MAC2/1.1a/347) del Programa de Cooperación INTERREG V-A España-Portugal MAC 2014-2020.