

**INCENTIVOS A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE
EXCELENCIA**
Convocatoria (2012)

MEMORIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Investigador/a principal: Jesús García Lafuente
Convocatoria: 2012
Memoria presentada: Segunda anualidad
Código del proyecto: P12-RNM1540
Denominación del proyecto: MOCBASE. MODELIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA CIRCULATORIO DE LA BAHÍA DE ALGECIRAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE DIRECTRICES DE ACTUACIÓN ANTE SITUACIONES DE EMERGENCIA
Organismo/Universidad: Universidad de Málaga
Centro/Departamento: Física Aplicada II
Fecha de inicio del proyecto: 01/02/2014
Fecha de finalización del proyecto: 01/03/2017 (prorrogado de oficio hasta Marzo 2018)
Personal investigador en formación adscrito al proyecto* (en su caso):

**El personal investigador en formación adscrito al proyecto y contratado con cargo al incentivo concedido mediante Resolución SGUIT deberá incluir el informe anual de seguimiento o final, conforme a lo indicado en apartado F.*



A. ACTIVIDADES REALIZADAS Y GRADO DE CONSECUCIÓN DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS

A.1. Describa las actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto.

A.1.1 Estado de consecución respecto al informe anterior

En el anterior informe de actividad del proyecto MOCBASE se detalló el desarrollo de los primeros dos objetivos previstos en la memoria científico-técnica. El primer objetivo consistía en la recopilación de información histórica del régimen hidrodinámico de la Bahía de Algeciras, orientado a la caracterización de su circulación general. Toda la información recopilada y los resultados obtenidos de su análisis, así como una descripción detallada del régimen circulatorio de la Bahía, estaban recogidos en ese informe. El objetivo 1 se dio por completado.

El segundo objetivo contemplaba la evaluación de la capacidad de renovación de aguas sub-superficiales y profundas y se encontraba en un estado de consecución del 75%, quedando todavía pendientes los ejercicios de lanzamientos de partículas virtuales con métodos Lagrangianos. A este propósito se ejecutó un hindcast de una semana, obteniendo los campos de velocidad tridimensionales con un intervalo de 2 minutos, se dividió el área de la Bahía en 4 regiones (Figura 1) y se ejecutaron dos lanzamientos de partículas, uno durante la marea llenante y otro durante la vaciante, soltando un total de 4000 partículas virtuales repartidas aleatoriamente en las 4 zonas y siguiendo sus trayectorias durante 3 días.

La animación disponible en la dirección <https://youtu.be/bsYjWagDsgE> ilustra la dinámica del total de partículas lanzadas en la Bahía.

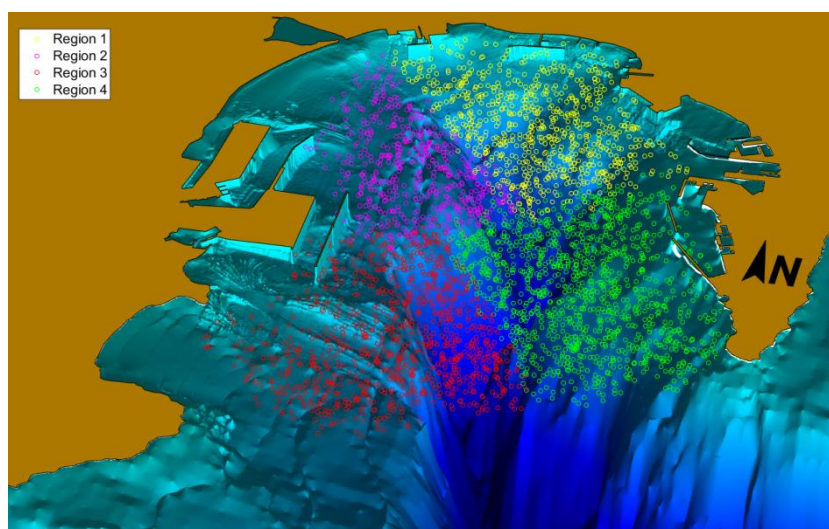


Figura 1 – Distribución de las partículas en las 4 áreas identificadas en la Bahía de Algeciras.

Los resultados reflejan tanto la dinámica espacial de la Bahía, en la cual las zonas más cercanas a la boca se ventilan de forma más eficiente (Sánchez Garrido et al. 2014), como la respuesta al forzamiento mareal, con una renovación más eficaz con mareas vaciantes (Sammartino et al. 2014). La Figura 2 muestra los tiempos necesarios para que una partícula salga a través de la boca de la Bahía, según la región y la fase de marea en la cual ha sido soltada. Resulta evidente como las partículas lanzadas en las regiones 1 y 2, ubicadas más hacia el interior de la Bahía, tardan mucho más en salir respecto a las de las regiones 3 y 4, que se encuentran más cerca de la abertura hacia el Estrecho. Además, aunque la Bahía en su conjunto se ventila mejor con marea vaciante que con llenante (Sammartino et al. 2014), la dinámica de las zonas más internas parece modificar esta tendencia. Las partículas lanzadas en las regiones 1 y 2 son menos sensibles a la fase de marea e incluso muestran los valores más bajos de tiempo de salida con marea llenante (sufijo *f* en la figura). Por otro lado, las regiones más cercanas a la boca de la Bahía responden más claramente a la fase de marea (especialmente la región 4) ventilándose de manera mucho más eficiente con marea vaciante (sufijo *e* en la figura).

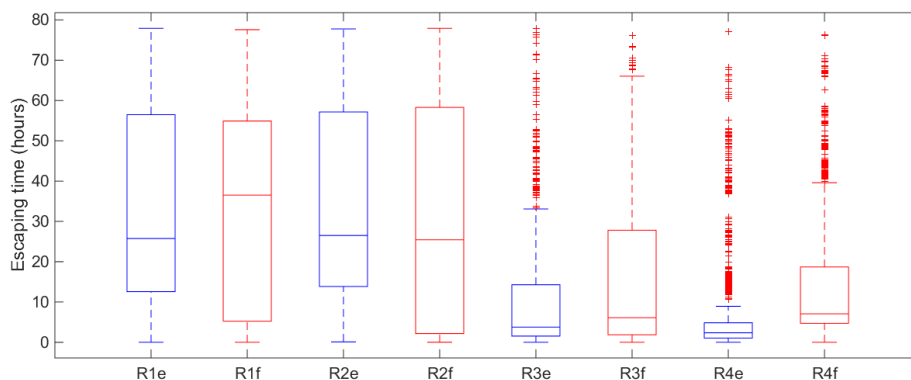


Figura 2 – Box-plot de los tiempos de salidas de las partículas a través de la boca de la Bahía, según el área de lanzamiento. Los sufijos e y f indican la fase de marea vaciante y llenante, respectivamente.

Con los datos obtenidos de este análisis Lagrangiano se ha dado por completado el objetivo 2. Sin embargo, aunque los resultados sean concluyentes y conformes con la dinámica de la Bahía analizada anteriormente, la resolución del modelo subyacente y la brevedad del hindcast analizado, dejan cierta incertidumbre sobre la respuesta de la Bahía a una escala más local. Para paliar con esta limitación se ha desarrollado un modelo de alta resolución de la Bahía de Algeciras y se ha realizado una serie de experimentos Lagrangianos más sofisticados que los presentados hasta ahora. Ambas acciones son tareas claves para la consecución de los objetivos 3 y 4 que se detallarán a continuación.

Cabe considerar que originalmente estaba previsto que los objetivos 3 y 4 se centraran en el desarrollo de módulos de difusión-dispersión de contaminantes y de un modelo de alta resolución, respectivamente. No obstante, a lo largo del proyecto se ha entendido que la implementación de esos módulos se habría beneficiado notablemente de la existencia del modelo de alta resolución, ya que sólo éste sería capaz de resolver la dinámica de escala portuaria y así representar una herramienta realmente útil para asistir las actuaciones de emergencia de la Bahía y de su Puerto. Se invirtió por tanto la ejecución de los objetivos, desarrollando antes el modelo de alta resolución y aplicando a éste los módulos de dispersión Lagrangianos. Las dos secciones a continuación describen el trabajo realizado respetando tal orden.

A.1.2 Modelo de alta resolución (objetivo 4)

La resolución espacial del actual modelo SAMPA resulta no ser adecuada para poder resolver la dinámica portuaria local de la Bahía de Algeciras, así que, para paliar esta carencia, se ha implementado un modelo anidado capaz de proporcionar una resolución progresivamente creciente a través del acoplamiento de tres dominios distintos. El primer dominio (REG, Figura 3a) corresponde en extensión al mallado del anterior modelo SAMPA, presenta un total de 46 niveles verticales de espesor variable y mínimo en superficie (grosor de la celda superficial = 5 m), y un total de casi 1.6 millones de nodos.

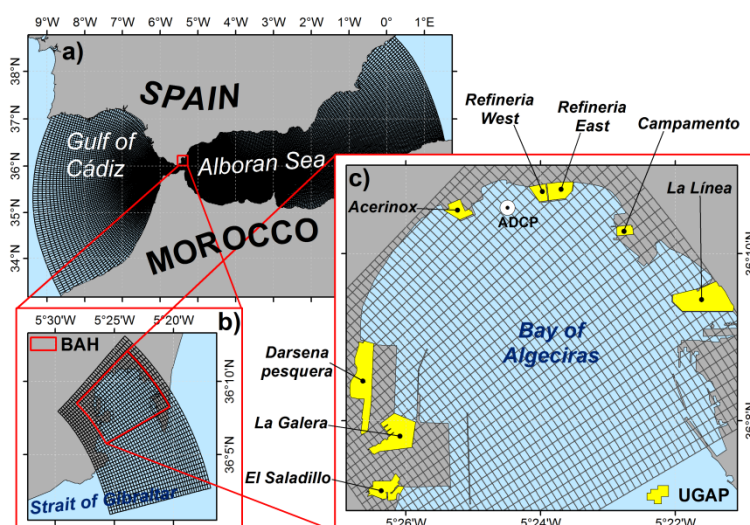


Figura 3 – Dominios del nuevo modelo anidado: REG (panel a), BAM (panel b) y BAH (panel c). En el panel b) también se muestra la extensión del dominio BAH en rojo. El mallado del dominio BAH en el panel c) está representado con una de cada 5 celdas, para su mejor visibilidad. Las dársenas (UGAPs, ver texto) analizadas en el módulo de calidad de aguas se muestran en el panel c) en color amarillo.

Al dominio REG se anida el dominio BAM (acrónimo del inglés Bay of Algeciras Medium resolution), que cubre toda la Bahía y se extiende fuera de ella hasta aproximadamente la mitad del Estrecho (Figura 3b). El dominio presenta una ratio de escalado de 1:4 con el REG, alcanzando una resolución de unos 150 m dentro de la Bahía, una mayor resolución vertical, con sus 35 niveles distribuidos en una profundidad máxima bastante menor que el REG y una celda superficial de 3 m de espesor, y un total de poco menos de 300.000 nodos. Con este dominio intermedio se alimenta el dominio de muy alta resolución, BAH (acrónimo del inglés Bay of Algeciras High resolution), que llega a alcanzar una resolución de 30 m en el interior de la Bahía (Figura 3c). Su ratio de escalado con respecto al BAM es de 1:5 y su resolución vertical aumenta ulteriormente hasta proporcionar un grosor de la celda superficial de 2 m por 35 niveles totales. La Tabla 1 resume algunas estadísticas de los tres dominios.

Tabla 1 - Estadísticas de los tres dominios empleados en el modelo SAMPA2. Los acrónimos BdA y EdG indican Bahía de Algeciras y Estrecho de Gibraltar, respectivamente.

Dominio	Mallado	Resolución en la zona BdA-EdG	Grosor celda superficial	Total de nodos
REG	390x96x46	~600 m	5 m	1.589.760
BAM	95x88x35	~150 m	3 m	292.600
BAH	312x160x35	~30 m	2 m	1.747.200

Las batimetrías de los tres dominios se han calculado a partir de distintas fuentes de datos, según la resolución de cada uno de ellos. Para el dominio REG, se ha recalculado la nueva batimetría a partir del modelo digital del terreno (DTM) del Observatorio Marino Europeo EMODnet (European Marine Observation and Data Network, <http://www.emodnet.eu/>) para la mayor parte del dominio, y la Ecocartografía del Golfo de Cádiz, de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), para la zona de plataforma de toda la Provincia de Cádiz (<http://www.ecocartografias.com/ecocartografia-de-cadiz/>). Especial atención se ha prestado a la zona del Estrecho y a sus dos principales umbrales (Camarinal y Espartel), cuya batimetría se ha derivado del DTM de alta resolución del Estrecho de Gibraltar y Golfo de Cádiz realizado por el Instituto Español de Oceanografía (IEO). La nueva batimetría presenta mayor nivel de detalle respecto al anterior mallado de SAMPA en toda la zona del Estrecho, y pequeñas, pero no despreciables, diferencias en las áreas de las dos secciones transversales correspondientes a los dos umbrales citados. En particular se aprecia un incremento entorno al 1-2% respecto a la superficie original de las secciones del SAMPA, que afecta directamente al tamaño de los flujos intercambiados a través del Estrecho de Gibraltar. Para los dominios BAM y BAH se han interpolado los datos procedentes de tres modelos batimétricos proporcionados por la APBA, que llegan a cubrir gran parte del área de la Bahía con resoluciones de hasta un metro, y para el resto del dominio los contornos digitalizados de la carta náutica número 52043 de la Marina Británica. Tanto para el dominio REG como para los otros dos de mayor resolución, en los datos batimétricos de profundidad se ha integrado el perfil de alta resolución de la línea de costa (cota cero) del proyecto OPENSTREETMAP (<http://openstreetmapdata.com/data/coastlines>).

El modelo numérico que se aplica a los tres dominios es el MITgcm (Marshall et al. 1997), ya empleado satisfactoriamente para reproducir la compleja dinámica de la zona del Estrecho (Sánchez Garrido et al. 2011, 2013), y con pequeñas modificaciones adoptadas en cada uno de los dominios para adaptar el código a las distintas resoluciones (verificación de las condiciones Courant–Friedrichs–Lewy (CFL), esquemas de parametrización de la turbulencia, etc.). Los tres modelos se ejecutan de forma secuencial, con un esquema de anidamiento de un solo sentido (one-way) en el cual el de menor resolución / mayor extensión contiene y alimenta al siguiente. En particular, los dos dominios padre REG y BAM guardan salidas cada 10 minutos y con esas se prescriben las condiciones de contorno de los correspondientes dominios hijos. Los tres dominios están estructurados para que su ejecución sea totalmente paralelizada en un total de 40 CPUs.

Forzamientos

Para el dominio REG se definen los siguientes forzamientos:

- El modelo Copernicus Marine IBI (Iberian Biscay Irish) Ocean Analysis and Forecasting system, CMEMS-IBI (Sotillo et al. 2015) proporciona los campos baroclínicos de temperatura, salinidad y velocidad horizontal prescritos como condiciones de contornos abiertos en los extremos laterales del dominio.
- El modelo NIVMAR de Puertos del Estado (Fanjul et al. 2001) proporciona el campo de velocidad normal a los contornos laterales, necesario para aplicar el efecto de la presión atmosférica sobre el intercambio neto en el Estrecho.
- El modelo HIRLAM de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, Cats and Wolters 1996; Navascués et al. 2013) proporciona el forzamiento atmosférico superficial, en términos de stress del viento, radiación de onda corta y larga, precipitación, y humedad y temperatura del aire.
- El modelo LEGOS-POC/CLS (Carrère and Lyard 2003) proporciona los armónicos de marea para calcular el forzamiento barotrópico de velocidad mareal en los contornos laterales.

En los dominios BAM y BAH el forzamiento atmosférico proporcionado por el modelo HIRLAM se interpola a la resolución superficial del mallado, mientras que los campos baroclinos de las condiciones iniciales y de contorno son proporcionadas por los respectivos modelos padres.

Validación

Aunque el modelo SAMPA, asimilable al dominio REG del actual modelo, ha sido ampliamente validado anteriormente (Sammartino et al. 2014; Sánchez Garrido et al. 2014; Sotillo et al. 2016; Soto-Navarro et al. 2016; Jordà et al. 2017), los dominios anidados del nuevo modelo, necesitan una validación más fina, que pueda corroborar la validez de las soluciones a escala portuaria y de la Bahía.

A este respecto, los datos recogidos en Octubre 2015 – Marzo 2016 en dos fondeos profundos y dos someros, descritos detalladamente en el anterior informe de proyecto, se han empleado para validar los tres dominios, con la doble finalidad de evaluar la fiabilidad de las soluciones del modelo y de estimar la mejora introducida por el incremento de resolución en las áreas portuarias de la Bahía. Los resultados son generalmente muy satisfactorios y en los fondeos profundos bastante equilibrados entre los tres dominios. Donde el incremento de resolución se muestra más efectivo es en los fondeos someros, en los cuales el modelo BAH destaca sobre el REG por proporcionar soluciones notablemente más afines a las observaciones. Los resultados de los fondeo someros son muy similares y por tanto aquí sólo se presentan los obtenidos en el fondeo S1 (Figura 3c), desplegado entre Diciembre 2015 y Enero 2016, representativos de ambas estaciones. La Tabla 2 muestra los resultados de la validación para las constituyentes M_2 y S_2 (las de mayor peso en la banda predominante semidiurna) de la corriente promediada verticalmente (barotrópica).

Tabla 2 – Constantes armónicas de M_2 y S_2 de la corriente barotrópica (promediada verticalmente) en S1.

		OBS.	REG	BAH
Semieje mayor (cm s^{-1})		2.46±1.04	3.91±0.53	1.88±0.40
		0.63±0.84	1.51±0.56	0.99±0.42
Semieje menor (cm s^{-1})		-0.06±0.18	0.64±0.27	0.00±0.11
	M_2	-0.08±0.27	0.28±0.27	-0.01±0.11
Fase (grados)	S_2	52.9±20.8	-11.8±7.0	-37.5±13.4
		287.2±82.4	44.7±21.1	204.3±23.7
Inclinación (grados)		1.3±4.3	-20.2±4.5	2.5±3.0
		15.9±20.8	160.1±10.4	3.4±6.2
Varianza explicada (%)		10	62	20

El dominio BAH generalmente presenta una mayor correspondencia con las observaciones en términos de orientación y amplitud de las elipses de marea, mientras la fase de M_2 muestra una coherencia ligeramente mejor en el REG. Curiosamente el dominio REG muestra una varianza explicada sospechosamente elevada, posible indicio de una contribución determinística

de la corriente no reflejada en las observaciones. Dada la notable uniformidad de la corriente en la columna de agua en una zona tan somera, los resultados del análisis baroclino son muy coherentes con los anteriores (Figura 4).

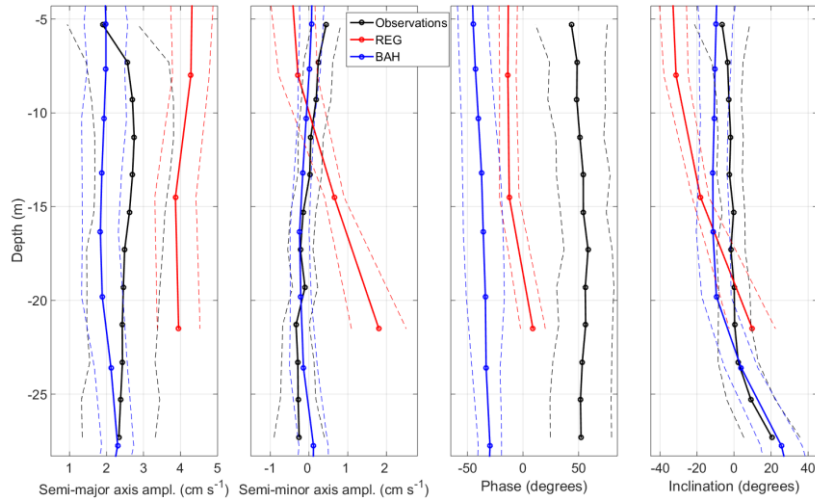


Figura 4 – Perfiles verticales de constantes armónicas para la constituyente M_2 en S1.

De nuevo las amplitudes y orientación de las elipses son mucho más coherentes en BAH que en REG, mientras que la fase sigue siendo una excepción. Resulta especialmente notable como el modelo BAH sea capaz de reproducir con tanta fidelidad corrientes tan débiles, del orden de poco cm s^{-1} .

Finalmente la coherencia entre observaciones y modelos a escala subinercial se ha analizado filtrando la componente zonal de la corriente (predominante en esa zona de la Bahía, ver orientación de las elipses en Figura 4) para eliminar la contribución mareal (Godin 1972). La Figura 5 muestra las series filtradas y los máximos de coeficiente de correlación (y sus respectivos desfases) obtenidos aplicando el análisis de correlación cruzadas entre observaciones y modelos.

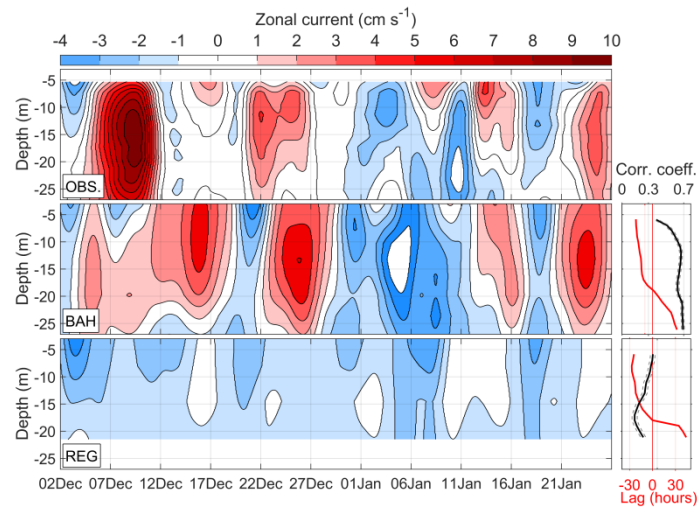


Figura 5 – Series filtradas de la corriente zonal y perfiles de máximo coeficiente de correlación (en negro) obtenidos de la correlación cruzada entre observaciones y modelos. También se muestran en rojo los desfases correspondientes a estos máximos.

La notable superioridad de los resultados del dominio BAH sobre el REG resulta evidente en un análisis visual de las series comparadas, y los resultados de la correlación cruzada lo confirman. La máxima correlación entre BAH y observaciones es siempre mayor que la obtenida para el REG, con un valor promediado verticalmente de 0.63, contra los 0.24 del dominio regional. Los desfases observados en ambas series se reducen notablemente si se elimina la primera semana de la serie en el análisis, como consecuencia de que los procesos subinerciales necesitan un tiempo ligeramente mayor del establecido por el spin-up del modelo (una semana) para ajustarse a las condiciones iniciales. Con el desarrollo y puesta en marcha del modelo de alta resolución, el objetivo 4 se da por completado.

A.1.3 Módulo de calidad ambiental (objetivo 3)

Acoplado al modelo numérico implementado en el proyecto, se ha desarrollado un módulo de cálculo de los tiempos de renovación de las aguas de la Bahía de Algeciras, expresamente orientado a evaluar la calidad ambiental de las dársenas del puerto homónimo. Éste se basa en el cálculo de trayectorias Lagrangianas de partículas virtuales y la posterior estimación de ciertos índices de renovación a partir de esas trayectorias.

Algoritmo de seguimiento de trayectorias Lagrangianas

El algoritmo de cálculo de las trayectorias es una versión del esquema Runge-Kutta de 4º orden específicamente adaptado a la integración en un modelo anidado con mallados curvilíneos, y especialmente sensible a la interacción de las partículas con los contornos rígidos del interior de las dársenas. La posición de una partícula virtual advectada por la corriente se define como:

$$x_i(t_j + \Delta t) = x_i(t_j) + \bar{U}_i(t_j, x) \Delta t + \sqrt{2} r_i R \quad (1)$$

donde $x_i(t_j + \Delta t)$ es la posición futura de la partícula, $x_i(t_j)$ su posición actual y el término $\sqrt{2} r_i R$ una contribución aleatoria que representa una perturbación turbulenta que no llega a ser resuelta por el modelo, con r el error cuadrático medio entre la velocidad anterior y posterior al tiempo t y R un ruido blanco Gaussiano con varianza unitaria (LaCasce 2008). En cada iteración del algoritmo, el campo de velocidad se obtiene del modelo con mayor resolución que incluya la posición de la partícula en su dominio. Una de las características distintivas de este algoritmo es la estrategia empleada para modelar la interacción de la partícula con los contornos rígidos de las dársenas del puerto. Cuando la corriente prescriba una trayectoria de la partícula que intersecta el contorno, el vector de velocidad se descompone en las dos componentes paralelas y perpendiculares (con sentido hacia fuera) al contorno (Figura 6).

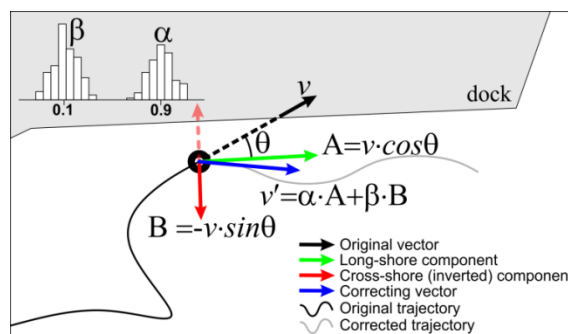


Figura 6 – Esquema de cálculo de la trayectoria de la partícula en caso de interacción con los contornos rígidos del dominio.

A ambas se aplican unos pesos con cierta componente aleatoria (α y β en la Figura 6), pero tales que la componente longitudinal contribuya mucho más que la trasversal, y el vector resultante (en azul en la figura) se obtiene de la media ponderada de ellas. Esta estrategia reduce la posibilidad de que la partícula se quede estancada en los contornos cerrados de las dársenas simulando otros mecanismos, como el oleaje, o la agitación que la puedan advectar lejos de ellos.

Experimentos

Para obtener una caracterización lo más representativa posible de toda la casuística de circunstancias ambientales que puedan afectar a la capacidad de renovación de las dársenas, se ha ejecutado un hindcast de los tres modelos de 61 días, durante los cuales se han buscado e identificado periodos donde se diesen condiciones distintas de:

- Viento: Poniente, Levante, Calma
- Intensidad de marea: viva, muerta
- Fase de marea: llenante, vaciante

De la combinación de estas condiciones externas se han definido 10 escenarios distintos (pues sólo se han encontrado calmas durante marea muerta), que se han aplicado como condiciones iniciales de una serie de experimentos de lanzamiento de partículas virtuales en 8 dársenas identificadas como Unidades Portuaria de Gestión Ambiental (UGAPs, Figura 1c). La Figura 7 muestra las condiciones de viento y nivel del mar durante los dos meses simulados por el modelo, e indica en magenta los

experimentos de lanzamientos de partículas.

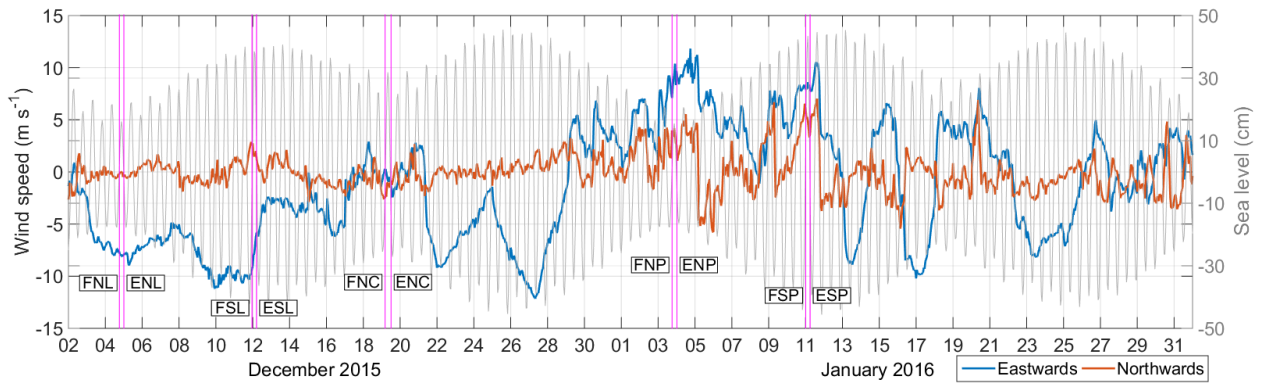


Figura 7 – Serie temporal de las dos componentes de velocidad del viento y nivel del mar en Algeciras, observadas durante el hindcast. Las líneas magentas indican los tiempos de comienzo de los experimentos, etiquetados según el código de 3 letras acorde a: fase de marea (Flood/Ebb), su intensidad (Spring/Neap) y viento (Poniente, Levante, Calma), véase también leyenda en Figura 8.

Para cada experimento se han lanzado un total de 2400 partículas aleatoriamente distribuidas en la superficie de cada dársena (ver Figura 1c) y sus trayectorias se han seguido durante un periodo de 10 días. Las velocidades superficiales proporcionadas por los tres modelos se han guardado con un intervalo de 15 minutos, mientras que el intervalo de iteración del algoritmo de cálculo de las trayectorias se ha fijado en 3 minutos.

El índice que más realísticamente describe la capacidad de renovación de un volumen de agua semi-cerrado es el tiempo de renovación. Las directrices ROM (Rodríguez Sánchez-Arévalo 2013) determinan que el tiempo de renovación de las UGAPs muy modificadas se calcula según:

$$C(t) = 100e^{-t/a} \quad (2)$$

que describe la variación de una masa de trazador C en el tiempo t como una exponencial cuyo término a indica el tiempo necesario para que la concentración inicial se reduzca en un factor de e . En un sistema Lagrangiano como el empleado en este caso, el número de partículas presentes en el interior de las UGAPs y su variación en el tiempo representa un proxy muy adecuado de la capacidad de ventilación de la misma y puede ser aproximado por la exponencial (2) para obtener una estima de a en cada una de las condiciones definidas anteriormente.

Resultados

La Figura 8 muestra los resultados de los 80 experimentos realizados en las 8 UGAPs del Puerto de Algeciras.

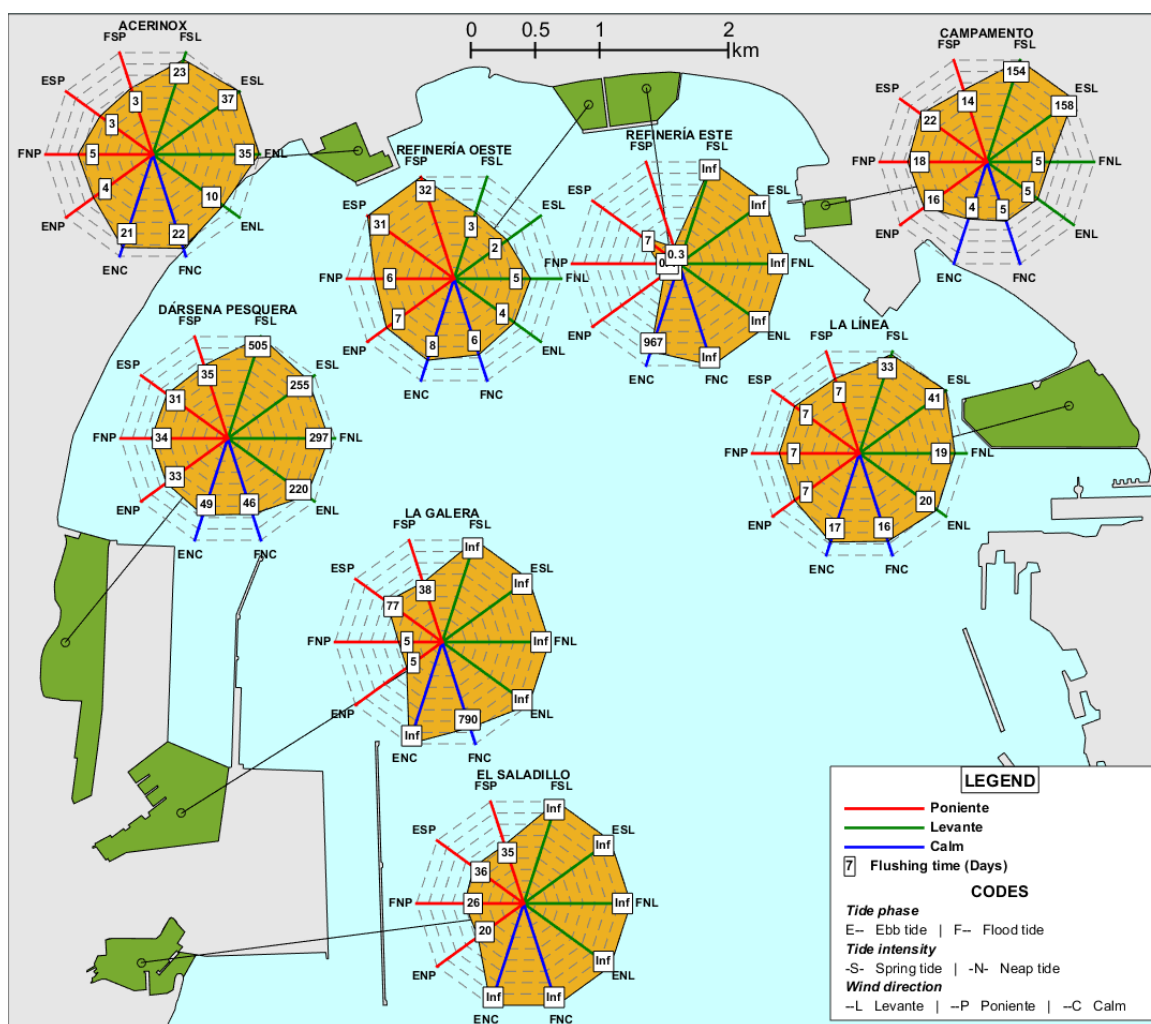


Figura 8 – Diagrama de radar de los tiempos de renovación obtenidos para los 80 experimentos realizados en el Puerto de Algeciras. Ver leyenda para la correcta interpretación de las etiquetas. Los valores Inf indican tiempos de renovación mayores de 1000 días.

El resultado más evidente es el notable sesgo que presenta el viento en la mayor parte de las UGAPs, especialmente las del margen occidental de la Bahía. La mayor parte de ellas presenta valores de tiempos de renovación un orden de magnitud menor con Poniente que con Levante e incluso algunas como La Galera, El Saladillo o Refinería Este presentan valores superiores a 1000 días (etiquetados Inf en la Figura 8).

Como ejemplo representativo del efecto el viento sobre la capacidad de renovación de las dársenas, la Figura 9 muestra la comparación de las curvas de abundancia de partículas obtenidas en la UGAP La Línea en las mismas condiciones de marea (viva, vaciante) y con vientos de Poniente o Levante.

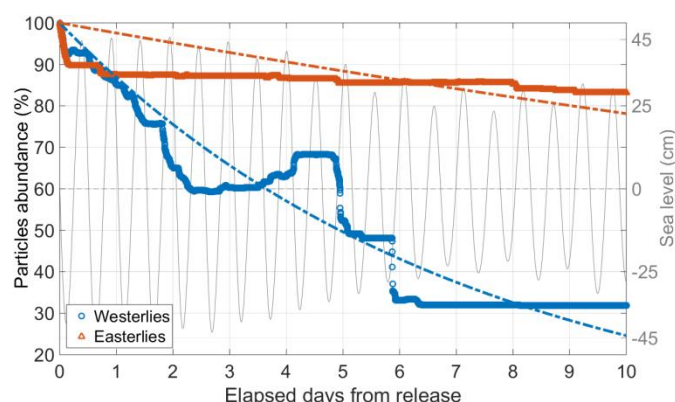


Figura 9 – Abundancia de partículas observadas en la UGAP La Línea en marea vaciante, marea viva y viento de Poniente (círculos azules) y Levante (Triángulos rojos).

El Poniente (círculos azules) evacúa el 40% de las partículas en los primeros dos días, una pequeña fracción (~10%) recircula dentro de la dársena durante el cuarto día y finalmente otro 40% aproximadamente sale durante el quinto día. Desde el sexto día en adelante las partículas siguen circulando dentro de la dársena y su concentración se mantiene constante, proporcionando un valor asintótico de la curva de abundancia de aproximadamente el 30%. Por otro lado el Levante evacúa rápidamente un 10% de partículas en las primeras cuatro horas, durante la marea vaciante, para luego estabilizarse y seguir vaciando la dársena a un ritmo mucho más lento. Al final del experimento el porcentaje de partículas que quedan recirculando en la UGAP se mantiene alrededor del 85% del total inicial. Los tiempos de renovación de los dos casos presentados son 7 y 41 días para las condiciones de Poniente y Levante, respectivamente (casos ESP y ESL en Figura 8).

La marea tiene un efecto secundario y de alguna forma inesperado sobre la capacidad de renovación de las dársenas analizadas. La intensidad de marea, determinada por el ciclo marea viva-muerta, produce en principio mayores amplitudes de las oscilaciones en los trayectos de entrada y salida de las UGAPs en mareas vivas. Por tanto es esperable que la marea viva (muerta) incremente (disminuya) la ventilación de las mismas. Mientras esto es cierto a escala de Bahía, donde la marea viva aumenta la probabilidad de que las partículas salgan de la cuenca y sean advectadas por el Chorro Atlántico lejos de ella (Sánchez Garrido et al. 2014), a escala de dársena ésta tiene un efecto contra-intuitivo. La comparación entre los casos de marea viva y muerta en condiciones de marea llenante y viento de Levante en la UGAP Campamento es un ejemplo esclarecedor (casos FSL y FNL en Figura 8). Si bien es cierto que la marea viva favorece la evacuación de partículas durante el primer ciclo de marea llenante (en la cual el flujo hacía el interior de la Bahía succiona agua fuera de la dársena), también empuja las mismas muy al interior de la dársena en la siguiente marea vaciante donde la corriente es más débil y las probabilidades de volver a recircular fuera de ella son escasas. En cambio, en marea muerta, aun siendo el primer empuje fuera de la UGAP más débil, el segundo hacia dentro también lo es, y el resultado final es una mejor ventilación de la dársena con mareas menos intensas. Los tiempos de renovación son de 5 y 154 días en condiciones de marea muerta y viva, respectivamente (FNL y FSL en Campamento en Figura 8).

Finalmente la fase de marea tiene un efecto aún menos evidente sobre la ventilación de las UGAPs. En la Bahía de Algeciras la marea barotrópica está en fase con el flujo de la capa más superficial (caracterizado prevalentemente por agua Atlántica), determinando una corriente superficial entrante en marea llenante y saliente en marea vaciante (Sammartino et al. 2014). A escala de Bahía, por tanto, la marea vaciante es la que determina la mayor ventilación, mientras que a escala de dársena ésta depende de la geometría y orientación de la propia estructura. Además la corriente de marea afecta sobre todo las primeras 6 horas del experimento, diluyéndose sus efectos a lo largo de los diez días sucesivos. No obstante existen algunas excepciones tal y como la de la dársena La Galera en la cual, bajo condiciones de viento de Poniente y marea viva la marea llenante succiona las partículas hacia el contorno abierto favoreciendo el efecto del viento, mientras que la marea vaciante se contrapone, si bien débilmente, a éste. El resultado es un tiempo de renovación de 38 y 77 días en marea llenante y vaciante, respectivamente (casos FSP y ESP en Figura 8).

Los resultados obtenidos con el módulo de calidad ambiental reflejan una complejidad de la dinámica de renovación de agua de la Bahía, fuertemente afectada por la interacción de las escalas en juego. En caso de vertidos accidentales de contaminantes flotantes, por ejemplo, según éste se haya producido en el interior de una dársena o en el medio de la Bahía, los protocolos de actuación de las autoridades locales deberán tener en cuenta las distintas respuestas de la Bahía y de su Puerto a las diversas condiciones externas: la dinámica mareal afectará mayormente a la propia Bahía, mientras que el viento será factor predominante en la circulación y la ventilación de las dársenas. La combinación de ambos factores determinará el patrón de dispersión de esos contaminantes fuera de la Bahía.

Página WEB y fichas de calidad de agua

En el marco de la página web del proyecto (<http://oceano.uma.es/mocbase>), desarrollada ya al principio de éste y actualizada a medida que se iban produciendo nuevos resultados, se ha implementado una página interactiva para la visualización de los datos obtenidos en el módulo de evaluación de la calidad ambiental de la Bahía: <http://oceano.uma.es/ugaps.php>. Para cada

experimento, además de calcular los tiempos de renovación se han elaborado gráficas de la variación temporal de la abundancia de partículas en la superficie de las UGAPs, mapas de tiempos de residencia de las mismas y una animación con las trayectorias simuladas. Esta información se ha integrado en la base de datos de la página web de GOFIMA y se ha diseñado una página de consulta interactiva integrando lenguaje HTML, PHP y MySQL (Figura 10a).

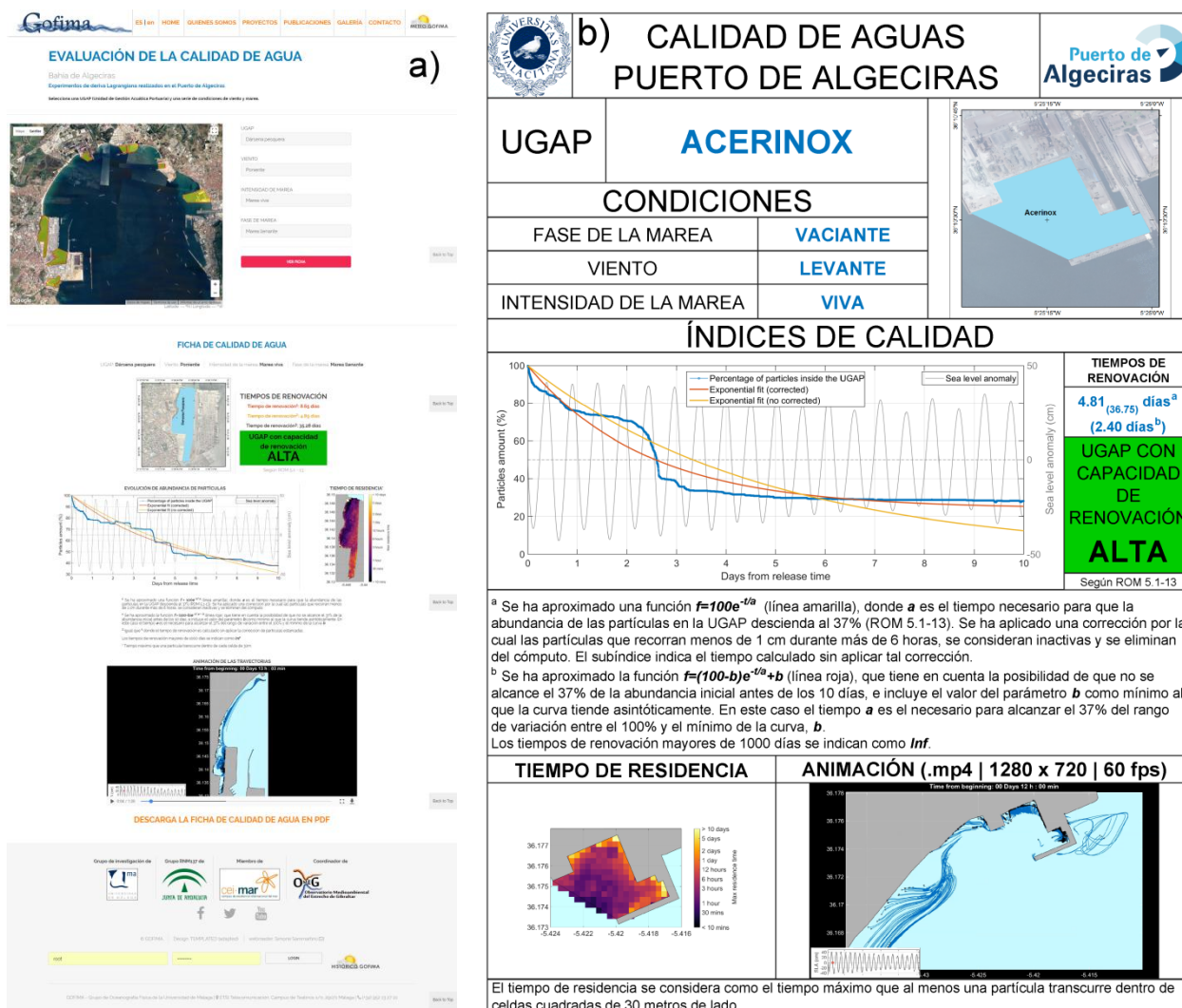


Figura 10 - Izquierda: página web de los resultados del análisis de calidad de agua. Derecha: ficha de ejemplo.

La consulta de los resultados sigue el siguiente esquema lógico: se selecciona una UGAP entre las 8 analizadas, y se definen las tres condiciones iniciales del experimento entre viento, fase e intensidad de marea. Con esto se accede a la visualización de los resultados tanto en forma de índices numéricos (tiempos de renovación), como de las gráficas mencionadas anteriormente. Adicionalmente un código de color, verde o rojo para UGAP con alta ($a < 7$ días) o baja ($a > 7$ días) capacidad de renovación, acorde a lo establecido en la ROM 5.1-13 (Rodríguez Sánchez-Arévalo 2013), permite una estimación rápida e intuitiva de la ventilación de la dársena. En la misma página también se visualiza una animación de las trayectorias en cada experimento, para analizar la propia dinámica de las partículas. Finalmente todos los resultados producidos en cada experimento son resumidos en unas fichas descargables en formato PDF, desde la misma página web (Figura 10b). Con los resultados proporcionados por el módulo de calidad ambiental y la extensión y mejora de la página web del proyecto, el objetivo 3 se da por completado al 90%. Durante los últimos meses de proyecto está prevista la realización de más experimentos de deriva Lagrangiana orientados a analizar la ventilación de la Bahía en su conjunto, pero siempre considerando el papel de las estructuras portuarias, y el efecto de la posición e intensidad del Jet Atlántico sobre su capacidad de renovación.

A.2. Si ha encontrado problemas en el desarrollo del proyecto, coméntelos, especificando su naturaleza (de carácter

científico, de gestión, etc).

Ninguno

A.3. Indique los resultados obtenidos a partir del proyecto de excelencia llevado a cabo, según lo establecido a continuación:

RESULTADOS obtenidos a partir del proyecto de excelencia	Nº Total de resultados*
Publicaciones	4+1 en revisión
Comunicaciones a congresos	2
Colaboraciones en empresas	2
Creación de empresas (EBT, Spin-off y Start-up)	-
Propiedad industrial (patentes, PCT, modelos utilidad,...)	-
Propiedad intelectual	-
Tesis	-
Páginas web creadas	2
Nuevas líneas de investigación surgidas	-
Participación en otros Programas / Planes: (a+b+c)	-
a) Plan Nacional	-
b) Programas Marco	-
c) Otros Programas	-
Colaboraciones internacionales	-
Contrataciones de personal NO con cargo al proyecto	-
Otros impactos de interés	-

B. PERSONAL EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE EXCELENCIA

B.1. En el caso de que el incentivo concedido incluyera una partida para la incorporación de personal con cargo al proyecto, informe sobre la/s incorporación/es realizada/s, especificando titulación, situación laboral y tareas asignadas en el proyecto así como una breve valoración cualitativa del mismo.

Tal y como recogido en el anterior informe de proyecto, en Febrero de 2016 se ha llevado a cabo la incorporación del Doctor Simone Sammartino. Como continuación del trabajo realizado en el primer año de proyecto, el contratado ha llevado a cabo gran parte de las tareas previstas en el mismo, en colaboración con los demás integrantes del grupo de investigación. En particular, junto con José Carlos Sánchez Garrido ha desarrollado y puesto en marcha el modelo hidrodinámico de alta resolución y ha llevado a cabo la ejecución de las simulaciones del mismo. También ha implementado el módulo de calidad ambiental y ejecutado los experimentos de deriva Lagrangiana. Ha colaborado con el resto del personal investigador del grupo en la diseminación científica de los resultados del proyecto, liderando uno de los trabajos publicados en las revistas internacionales que han surgido de las labores de investigación en la Bahía y presentando esos resultados en dos congresos internacionales. El contratado es también el responsable del desarrollo y mantenimiento de la nueva página web del proyecto (<http://oceano.uma.es/mocbase>) y de la página web interactiva para la consulta de los resultados del módulo de calidad de aguas (<http://oceano.uma.es/ugaps.php>).

Finalmente el algoritmo de cálculo de las trayectorias Lagrangianas desarrollado por el contratado ha sido explotado para la implementación de un análisis de conectividad entre stocks de pesca en el Mar de Alborán, que ha sido objeto de un Proyecto Fin de Máster del Programa de Hidráulica Ambiental por la Universidad de Málaga, del cual el contratado ha sido co-tutor.

B.2. Indique si se han producido altas y/o bajas en el equipo investigador desde el inicio del proyecto y, en su caso, si han sido ya comunicadas previamente y autorizadas por esta Secretaría General.

NO

C. PROYECTOS CON PARTICIPACIÓN DE OTRAS UNIVERSIDADES/ORGANISMOS DE INVESTIGACIÓN Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN (caso de que proceda)

C.1. Describa brevemente dicha participación y si la coordinación de los distintos grupos se ha producido de la forma prevista (en caso contrario, comente las dificultades producidas).

NO PROCEDE.

D. RELACIONES O COLABORACIONES CON DIVERSOS SECTORES

D.1. En caso de subcontratación, participación o respaldo activo por parte de alguna empresa o agente socio-económico de interés para el proyecto, indique cómo se ha realizado dicha participación: objetivos del proyecto en los que participa, importe del contrato en su caso, denominación de la empresa, nº de personas de la empresa involucradas en el proyecto ,contratos laborales formalizados como consecuencia de la subcontratación de la empresa (en su caso),etc.

NO PROCEDE.

D.2. Si el proyecto ha dado lugar a otras colaboraciones o transferencias con otras entidades, descríbalas y valórelas brevemente.

El algoritmo de cálculo de trayectorias Lagrangianas desarrollado en el marco del proyecto MOCBASE ha sido explotado para el análisis de patrones de dispersión de vertidos sólidos superficiales en la costa de la ciudad de Málaga, objeto de un contrato de colaboración del Grupo de investigación GOFIMA con la empresa ESGEMAR Estudios geológicos marinos S.A., firmado en fecha 1 de Octubre de 2017.

El desarrollo del modelo ha requerido disponer de información batimétrica y morfológica detallada que ha sido facilitada por la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras dentro de un convenio/contrato de colaboración establecido con la misma, entidad que apoyaba la investigación a realizar en este proyecto. La colaboración está resultando muy satisfactoria por ambas partes y el proyecto se ha beneficiado de ella.

D.3. Si el proyecto ha dado lugar a colaboraciones con otros organismos de investigación no previstas inicialmente, coméntelas y valórelas brevemente.

El algoritmo de cálculo de trayectorias Lagrangianas desarrollado en el marco del proyecto MOCBASE ha sido aplicado a la circulación de escala regional del Mar de Alborán y algunos resultados de ello han sido utilizados en reuniones preparatorias de propuestas de colaboraciones internacionales para promover la participación del Grupo de Investigación GOFIMA. En concreto, esos resultados indirectos se presentaron en abril de 2017 en Alicante en una reunión auspiciada por la FAO (fase II del proyecto COPEMED) para llevar a cabo estudios de conectividad entre stocks de pesca en la región de Alborán.

D.4. Si ha iniciado la participación en proyectos del Plan Nacional, Programa Marco de I+D de la UE y/o en otros programas internacionales en temáticas relacionadas con la de este proyecto, indique programa, tipo de participación y beneficios para el proyecto.

Tal y como recogido en el anterior informe, paralelamente al proyecto MOCBASE, el grupo de investigación GOFIMA ha iniciado el proyecto “Estudio numérico de la circulación 3D de la Bahía de Algeciras y de los procesos físicos y biológicos de su Entorno (ENCIBA)”, código CTM2013-40886-P, con líneas de investigación complementarias a éste.

D.5. Si el proyecto ha dado lugar a contrataciones laborales, distintas a las contrataciones con cargo al proyecto, coméntelas y valórelas brevemente.

NO

E. GASTOS REALIZADOS

Nota: Debe cumplimentarse este apartado independientemente de la justificación económica enviada por el organismo.

E.1. Indique el total de gasto realizado en el proyecto hasta este momento:

Concepto	Total gasto (€)
Personal postdoctoral	(nómina) 2.555,08 € x 20 meses = 51.101,60 € (cuota patronal) 820,18 € x 17 meses + 983,71 € x 1 mes = 14.926,77 € (total) = 66.028,37 €
Personal técnico de apoyo	
Personal predoctoral	
Gastos contratación IRV	
TOTAL GASTOS PERSONAL (1)	66.028,37 €
Material inventariable	20.074,30 €
Material fungible	1.107,00 €
Gastos complementarios	4.893,41 €
TOTAL GASTOS EJECUCIÓN (2)	26.074,71 €
TOTAL GASTOS DEL PROYECTO (=1+2)	92.103,08 €

Describir brevemente el material inventariable y fungible adquirido, si procede:

Además del material inventariable adquirido y justificado en el anterior informe de proyecto, en esta segunda anualidad se ha llevado a cabo la compra de un Perfilador de Corriente NORTEK Signature 500, por valor de 21.477,50 euros IVA incluido. Este perfilador de última generación dispone de 5 transductores (4 inclinados y uno vertical) y permite una colección conjunta de perfiles en ráfagas para el estudio de la turbulencia y promedios para el estudio de la dinámica de frecuencias más bajas. El instrumento ha sido y está siendo utilizado extensivamente por el Grupo de investigación GOFIMA tanto en la Bahía como en el propio Estrecho de Gibraltar.

Describir brevemente destino, objeto y resultado de la asistencia a congresos, estancias o desplazamientos efectuados con cargo al proyecto.

Con cargo al proyecto MOCBASE se han financiado parcialmente las asistencias del personal adscrito al Grupo de investigación GOFIMA a los siguientes congresos: MONGOOS2016 – Workshop on Mediterranean Advanced Modelling, en Split (Croacia) el 15 de Noviembre de 2016 y IAPSO-AIAMAS-IAGAS 2017, en Ciudad del Cabo (Sudáfrica) entre el 27 de Agosto y el 1 de Septiembre de 2017.

E.2 Comente brevemente si ha habido algún tipo de modificación en este apartado, indicando si ha sido comunicada previamente y autorizada por esta Secretaría General.

NO PROCEDE.

E.3 Observaciones

NINGUNA

F. FORMACIÓN DE PERSONAL INVESTIGADOR EN FORMACIÓN

- ☐ Informe anual correspondiente al último período de disfrute
- ☐ Informe final (En caso de haber renunciado por cualquier motivo al incentivo deberá presentar informe final)

F.1. INFORME DEL PERSONAL INVESTIGADOR EN FORMACIÓN

NOMBRE:
ORGANISMO O CENTRO DE APLICACIÓN:
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO: (A cumplimentar por el personal predoctoral)
Fecha y firma del personal predoctoral:

F.2. INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO.

NOMBRE DEL DIRECTOR DEL TRABAJO:
DEPARTAMENTO O CENTRO:
INFORME DEL TRABAJO REALIZADO POR EL PERSONAL PREDOCTORAL: (A cumplimentar por director/a del trabajo)
Fecha y firma:

ANEXOS:

Plantillas de datos de los resultados obtenidos a partir del proyecto de investigación

PUBLICACIONES

	Publicación 1
Nombre publicación:	Sammartino et al., 2015
Editorial:	Journal of Geophysical Research: Oceans
Título artículo/libro:	Ten years of marine current measurements in Espartel Sill, Strait of Gibraltar
Autor/es:	S. Sammartino, J. García Lafuente, C. Naranjo, J. C. Sánchez Garrido, R. Sánchez Leal, and A. Sánchez Román
ISBN / ISSN / Depósito legal:	http://dx.doi.org/10.1002/2017GL072615

	Publicación 2
Nombre publicación:	Sánchez-Garrido et al., 2015
Editorial:	Journal of Geophysical Research: Oceans
Título artículo/libro:	Modeling the impact of tidal flows on the biological productivity of the Alboran Sea
Autor/es:	J. C. Sánchez-Garrido, C. Naranjo, D. Macías, J. García-Lafuente, and T. Oguz
ISBN / ISSN / Depósito legal:	http://dx.doi.org/10.1002/2015JC010885

	Publicación 3
Nombre publicación:	García-Lafuente et al., 2017
Editorial:	Ocean Science
Título artículo/libro:	The Mediterranean outflow in the Strait of Gibraltar and its connection with upstream conditions in the Alborán Sea
Autor/es:	J. García-Lafuente, C. Naranjo, S. Sammartino, J. C. Sánchez-Garrido, and J. Delgado
ISBN / ISSN / Depósito legal:	https://www.ocean-sci.net/13/195/2017/

	Publicación 4
Nombre publicación:	Naranjo et al., 2017
Editorial:	Geophysical Research Letters
Título artículo/libro:	Recent changes (2004–2016) of temperature and salinity in the Mediterranean outflow
Autor/es:	C. Naranjo, J. García-Lafuente, S. Sammartino, J. C. Sánchez-Garrido, R. Sánchez-Leal, and M. J. Bellanco
ISBN / ISSN / Depósito legal:	http://dx.doi.org/10.1002/2017GL072615

	Publicación 5
Nombre publicación:	Sammartino et al., 2017
Editorial:	Limnology and Oceanography: Methods
Título artículo/libro:	Water renewal in semi-enclosed basins: A high resolution Lagrangian approach with application to the Bay of Algeciras, Strait of Gibraltar
Autor/es:	S. Sammartino, J. C. Sánchez Garrido, C. Naranjo, J. García Lafuente, P. Rodríguez Rubio, M. Sotillo
ISBN / ISSN / Depósito legal:	En revisión

COMUNICACIONES A CONGRESOS

	Evento 1
Nombre evento:	IAPSO-AIAMAS-IAGAS 2017
Nombre ponencia/intervención:	Lagrangian particle tracking for the assessment of the flushing efficiency of harbor structures: the case of the Port of the Bay of Algeciras, Strait of Gibraltar
Ponente:	Simone Sammartino
Lugar y fecha de celebración (Lugar, dd/mm/aa):	Ciudad del Cabo (Sudáfrica), 27 de Agosto – 1 de Septiembre de 2017

	Evento 2
Nombre evento:	MONGOOS2016 – Workshop on Mediterranean Advanced Modelling
Nombre ponencia/intervención:	High resolution surface dynamics of the Algeciras Bay (Strait of Gibraltar) by Lagrangian particle tracking system
Ponente:	Simone Sammartino
Lugar y fecha de celebración (Lugar, dd/mm/aa):	Split (Croacia), 15 de Noviembre de 2016

	Evento 3
Nombre evento:	
Nombre ponencia/intervención:	
Ponente:	
Lugar y fecha de celebración (Lugar, dd/mm/aa):	

	Evento ...
Nombre evento:	
Nombre ponencia/intervención:	
Ponente:	
Lugar y fecha de celebración (Lugar, dd/mm/aa):	

COLABORACIONES CON EMPRESAS

	Contrato / Convenio 1
Tipo (1):	Convenio
Categoría (2):	Regional
Título:	Desarrollo de un modelo hidrodinámico de alta resolución en el Puerto de la Bahía de Algeciras
Entidades contratantes:	Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras
Investigador responsable:	Jesús García Lafuente
Duración:	3 años
Cuantía contratada (€):	159.400 €
Observaciones / comentarios:	

	Contrato / Convenio 2
Tipo (1):	Contrato de I+D
Categoría (2):	Regional
Título:	Simulación de vertidos en las playas de la Misericordia de Málaga
Entidades contratantes:	ESGEMAR S.A.
Investigador responsable:	Jesús García Lafuente
Duración:	8 meses
Cuantía contratada (€):	7.000 €
Observaciones / comentarios:	

	Contrato / Convenio ...
Tipo (1):	
Categoría (2):	
Título:	
Entidades contratantes:	
Investigador responsable:	
Duración:	
Cuantía contratada (€):	
Observaciones / comentarios:	

(1) Opciones (excluyentes) posibles: Convenio / Contrato de I+D / Contrato de Apoyo Técnico / Prestación de servicios

(2) Opciones (excluyentes) posibles: Regional / Nacional / Europeo / Internacional (no Europeo)

CREACIÓN DE EMPRESAS (EBTs, SPIN-OFF y START-UPS)

NOMBRE SOCIAL	
TIPO (1)	
PROYECTO DEL QUE SURGIÓ (CAMPUS,...)	
GRUPO I+D (del que procede)	
RESPONSABLES	
ACTIVIDAD	
CÓDIGOS CNAE (2)	
CÓDIGOS SIC (3)	
DATOS DE CONTACTO	
Director/a / Gerente	
Persona de contacto	
Dirección	
Población	
Provincia	
C.P.	
Teléfono	
Fax	
E-mail	
Dirección web	

(1)Opciones (excluyentes) posibles: EBTs / Spin-off / Start-ups

(2) Ver Anexo códigos CNAE:

(3) Ver Anexo códigos SIC y detallar a nivel 2

PROPIEDAD INDUSTRIAL / INTELECTUAL

	Propiedad industrial / intelectual 1
Tipo (1):	
Categoría (2):	
Nº solicitud:	
Fecha solicitud (dd/mm/aa):	
Título:	
Inventores:	
Titular/es invención:	
Codificación de la tecnología generada (3): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
Codificación de la tecnología de destino (4): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	

	Propiedad industrial / intelectual 2
Tipo (1):	
Categoría (2):	
Nº solicitud:	
Fecha solicitud (dd/mm/aa):	
Título:	
Inventores:	
Titular/es invención:	
Codificación de la tecnología generada (3): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
Codificación de la tecnología de destino (4): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	

	Propiedad industrial / intelectual ...
Tipo (1):	
Categoría (2):	
Nº solicitud:	
Fecha solicitud (dd/mm/aa):	
Título:	
Inventores:	
Titular/es invención:	
Codificación de la tecnología generada (3): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
Codificación de la tecnología de destino (4): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	

(1)Opciones (excluyentes) posibles: Propiedad Intelectual / Patente / Extensión PCT / Modelo de utilidad / Marca / Material biológico, variedad vegetal y microorganismo

(2) Opciones (excluyentes) posibles en caso haber seleccionado PATENTE: Patente nacional / Patente europea / Patente estadounidense

(3) Elegir aquellos códigos SIC que describan, de la forma más exacta posible, la tecnología generada en la patente (ver Anexo Códigos SIC y detallar a nivel 2)

(4) Elegir aquellos códigos SIC que determinen el sector/es a los que se destina la patente (ver Anexo Códigos SIC y detallar a nivel 2)

TESIS

	Tesis 1
Título:	
Autor:	
Dirigida por:	
Observaciones / comentarios:	

	Tesis 2
Título:	
Autor:	
Dirigida por:	
Observaciones / comentarios:	

	Tesis 3
Título:	
Autor:	
Dirigida por:	
Observaciones / comentarios:	

	Tesis ...
Título:	
Autor:	
Dirigida por:	
Observaciones / comentarios:	

PÁGINAS WEBS CREADAS

	Página web 1
Nombre:	Página web del proyecto.
Dirección web	http://oceano.uma.es/mocbase

	Página web ...
Nombre:	Página interactiva para la consulta de los resultados del análisis de calidad de aguas
Dirección web	http://oceano.uma.es/ugaps.php

NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

	Líneas de investigación 1
Título nueva línea investigación:	
Codificación de la tecnología generada (1): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
Codificación de la tecnología de destino (2): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
¿Ha pensado presentarla a alguna convocatoria para su financiación? (en caso afirmativo especificar)	
Convocatoria:	
Organismo de la convocatoria:	

	Líneas de investigación 2
Título nueva línea investigación:	
Codificación de la tecnología generada (1): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
Codificación de la tecnología de destino (2): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
¿Ha pensado presentarla a alguna convocatoria para su financiación? (en caso afirmativo especificar)	
Convocatoria:	
Organismo de la convocatoria:	

	Líneas de investigación ...
Título nueva línea investigación:	
Codificación de la tecnología generada (1): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
Codificación de la tecnología de destino (2): (Códigos SIC: detallar a nivel 2)	
¿Ha pensado presentarla a alguna convocatoria para su financiación? (en caso afirmativo especificar)	
Convocatoria:	
Organismo de la convocatoria:	

- (1) Elegir aquellos códigos SIC que determinen la tecnología generada por la línea de investigación (ver Anexo Códigos SIC y detallar a nivel 2)
- (2) Elegir aquellos códigos SIC que determinen el sector/es a los que se destinaría la línea de investigación (ver Anexo Códigos SIC y detallar a nivel 2)

PARTICIPACIÓN EN OTROS PROGRAMAS / PLANES

CONTRATACIONES DE PERSONAL NO CON CARGO AL PROYECTO

	RR.HH. 1
Tipo:	
Categoría:	
Entidad financiadora:	
Objeto del contrato/beca:	
Presupuesto (€):	
Observaciones / comentarios:	

	RR.HH. 2
Tipo:	
Categoría:	
Entidad financiadora:	
Objeto del contrato/beca:	
Presupuesto (€):	
Observaciones / comentarios:	

	RR.HH. 3
Tipo:	
Categoría:	
Entidad financiadora:	
Objeto del contrato/beca:	
Presupuesto (€):	
Observaciones / comentarios:	

	RR.HH. ...
Tipo:	
Categoría:	
Entidad financiadora:	
Objeto del contrato/beca:	
Presupuesto (€):	
Observaciones / comentarios:	

OTROS IMPACTOS

	Impacto 1
Tipo de impacto:	
Título:	
Observaciones / comentarios:	

	Impacto 2
Tipo de impacto:	
Título:	
Observaciones / comentarios:	

	Impacto 3
Tipo de impacto:	
Título:	
Observaciones / comentarios:	

	Impacto ...
Tipo de impacto:	
Título:	
Observaciones / comentarios:	

Bibliografía

- Carrère, L., and F. Lyard. 2003. Modeling the barotropic response of the global ocean to atmospheric wind and pressure forcing - comparisons with observations. *Geophys. Res. Lett.* **30**: 1275. doi:10.1029/2002GL016473
- Cats, G., and L. Wolters. 1996. The Hirlam project [meteorology]. *IEEE Comput. Sci. Eng.* **3**: 4–7. doi:10.1109/99.556505
- Fanjul, E. Á., B. P. Gómez, and I. R. S. Arévalo. 2001. Nivmar: a storm surge forecasting system for Spanish waters. *Sci. Mar.* **65**: 145–154. doi:http://dx.doi.org/10.3989/scimar.2001.65s1145
- Godin, G. 1972. *The Analysis of Tides*, University of Toronto Press.
- Jordà, G., A. Sánchez-Román, and D. Gomis. 2017. Reconstruction of transports through the Strait of Gibraltar from limited observations. *Clim. Dyn.* **48**: 851–865. doi:10.1007/s00382-016-3113-8
- LaCasce, J. H. 2008. Statistics from Lagrangian observations. *Prog. Oceanogr.* **77**: 1–29. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2008.02.002
- Marshall, J., A. Adcroft, C. Hill, L. Perelman, and C. Heisey. 1997. A finite-volume, incompressible Navier Stokes model for studies of the ocean on parallel computers. *J. Geophys. Res. Ocean.* **102**: 5753–5766. doi:10.1029/96JC02775
- Navascués, B., J. Calvo, G. Morales, and others. 2013. Long-term verification of HIRLAM and ECMWF forecasts over Southern Europe: History and perspectives of Numerical Weather Prediction at AEMET. *Atmos. Res.* **125–126**: 20–33. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.01.010
- Rodríguez Sánchez-Arévalo, I. 2013. Recommendations for maritime works - ROM 5.1-13. Quality of coastal waters in port areas, Puertos del Estado [ed.].
- Sammartino, S., J. García Lafuente, J. C. Sánchez Garrido, F. J. De los Santos, E. Álvarez Fanjul, C. Naranjo, M. Bruno, and C. Calero. 2014. A numerical model analysis of the tidal flows in the Bay of Algeciras, Strait of Gibraltar. *Cont. Shelf Res.* **72**: 34–46. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2013.11.002
- Sánchez Garrido, J. C., J. García Lafuente, E. Álvarez Fanjul, M. G. Sotillo, and F. J. de los Santos. 2013. What does cause the collapse of the Western Alboran Gyre? Results of an operational ocean model. *Prog. Oceanogr.* **116**: 142–153. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2013.07.002
- Sánchez Garrido, J. C., J. García Lafuente, S. Sammartino, C. Naranjo, F. J. de los Santos, and E. Álvarez Fanjul. 2014. Meteorologically-driven circulation and flushing times of the Bay of Algeciras, Strait of Gibraltar. *Mar. Pollut. Bull.* **80**: 97–106.
- Sánchez Garrido, J. C., G. Sannino, L. Liberti, J. García-afuente, and L. Pratt. 2011. Numerical modeling of three-dimensional stratified tidal flow over Camarinal Sill, Strait of Gibraltar. *J. Geophys. Res. Ocean.* **116**: C12026. doi:http://dx.doi.org/10.1029/2011JC007093
- Sotillo, M. G., A. Amo-Baladrón, E. Padorno, and others. 2016. How is the surface Atlantic water inflow through the Gibraltar Strait forecasted? A lagrangian validation of operational oceanographic services in the Alboran Sea and the Western Mediterranean. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* **133**: 100–117. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.05.020
- Sotillo, M. G., S. Cailleau, P. Lorente, and others. 2015. The MyOcean IBI Ocean Forecast and Reanalysis Systems: operational products and roadmap to the future Copernicus Service. *J. Oper. Oceanogr.* **8**: 63–79. doi:10.1080/1755876X.2015.1014663
- Soto-Navarro, J., P. Lorente, E. Álvarez Fanjul, J. Carlos Sánchez-Garrido, and J. García-Lafuente. 2016. Surface circulation at the Strait of Gibraltar: A combined HF radar and high resolution model study. *J. Geophys. Res. Ocean.* **121**: 2016–2034. doi:10.1002/2015JC011354