

Una herramienta para la fusión de datos oceanográficos obtenidos mediante satélites.

J. Pérez-Marrero, O. Llinás, L. Maroto-Goikoetxea, L. Cardona, MJ Rueda, C. Barrera, M. Villagarcía

Dpto. de Oceanografía, Instituto Canario de Ciencias Marinas, Apdo. 56, Telde, 35200, Gran Canaria

Resumen

Se presenta el desarrollo de un sistema de monitorización oceanográfica (integrada) para el área de la Macaronesia, SIMOM, que reúne de forma coherente, la información sobre el medio marino y los procesos físicos y biológicos que en él ocurren, y su variabilidad. Este sistema se alimenta principalmente de los valores geofísicos, que se obtienen a partir de los datos proporcionados por los sensores instalados a bordo de los satélites de observación ambiental (Radiómetros en Vis e IR y Radares en diferentes configuraciones). Adicionalmente ingesta datos obtenidos in situ mediante instrumentos autónomos o campañas de muestreo, así como resultados de modelos. Aplicando diversas técnicas de fusión multiparamétrica se consiguen una serie de productos de gran interés para el análisis oceanográfico o bien para alimentar modelos numéricos diversos.

1. Introducción

La variedad actual de sensores para la observación de La Tierra es considerable. La gran diversidad de características: parámetros observables, escalas de muestreo espaciales y temporales, medios de adquisición, etc, es una fuente de problemas prácticos, que para poder resolverse, necesitan ser bien entendidos. En el medio marino, el alto dinamismo imprime restricciones y condicionantes importantes a la resolución y a la cobertura. La fusión de datos puede mejorar la percepción de los fenómenos oceanográficos y resolver algunos de estos problemas, con estos métodos se persigue: Ampliar la dimensionalidad del espacio observacional, incrementar la cobertura espacial y temporal, reducir las ambigüedades, suplir carencias de las observaciones consideradas individualmente.

Se plantea en este trabajo, el desarrollo de un sistema de monitorización oceanográfica (integrada) para el área de la Macaronesia, en adelante **SIMOM**,

que reúna, de forma coherente, la información de los procesos físicos y biológicos con la correspondiente al medio oceánico y su variabilidad. Este sistema se alimenta principalmente de los valores geofísicos que se obtienen, mediante determinados algoritmos, a partir de los datos proporcionados por los sensores instalados a bordo de los satélites de observación ambiental. Adicionalmente ingesta datos obtenidos in situ mediante instrumentos o campañas de muestreo, así como resultados de modelos. Las aplicaciones del sistema incluyen los estudios de climatología y oceanografía a gran y media escala, la gestión de los recursos vivos y la vigilancia ambiental [1,2].

La observación continuada y actualizada, o monitorización, junto con el empleo de modelos, pronósticos y diagnósticos, son los pilares fundamentales sobre los que se asienta la **oceanografía operacional**, es decir, la que puede proveer información útil sobre fenómenos oceánicos y sus posibles efectos, en el tiempo y forma adecuados.

2. Metodología

El **sistema de monitorización** está constituido por una base de datos multiparamétrica -que incluye información geográfica y temporal-, mas un conjunto de herramientas (desarrolladas en IDL): de ingestión y adaptación de datos, de búsqueda, de selección, de fusión y de cálculo. El acceso a la información se efectúa por medio de búsquedas en el dominio espacial, temporal, instrumental o paramétrico con salidas gráficas o numéricas comprensibles. El sistema actúa como **Sistema Experto** en el sentido que realiza muchas de las operaciones esenciales que lleva a cabo un analista experimentado a dos niveles: por una parte realiza una serie de tareas básicas preestablecidas, (o de bajo nivel) –calibraciones y correcciones- y por otra toma decisiones en aras al aprovechamiento de las sinergias entre los distintos conjuntos de datos geofísicos –reglas de selección-. El sistema que se propone es modular y flexible para permitir la incorporación de nuevos datos a medida que estos vayan apareciendo, y de esta forma ampliar el

número de productos derivados por el propio sistema.

El enfoque del sistema de monitorización es **multiparamétrico** admitiendo datos de varios sensores activos y pasivos y medidas in situ; y **multiescala** se estudia desde la cuenca atlántica a nivel climatológico hasta la mesoescala de los archipiélagos macaronésicos. La integración de la información en el sistema implica dos aspectos esenciales: La **fusión** de la información, esto es, la adecuación de los distintos conjuntos de datos a una estructura, o marco de referencia común, que permita explotar las sinergias entre ellos y el **análisis objetivo** en el que se hace uso de lo anterior para extraer información relevante, ya sea de tipo estadístico o descriptivo, de creación de escenarios, de interfaz con modelos etc.

Tipo de Sensor	Parámetro	
Radiómetros: AVHRR, SeaWIFS, MODIS*, MERIS*, METEOSAT	Visible	Aerosol, Nubes #,*
		Color del Océano #,#,•
	IR	Aerosol, Nubes, Vapor de Agua #,*
		Temperatura Superficial del Mar #,#,•
Instrumentos Activos M.O. RADARSATE RS-RA, QUICKSCAT T/P,	Altimetr.	Geopotencial, corriente geostrofica #,#,•
	Dispers.	Viento sobre superficie del mar #,#,•
	SAR	Surfactantes, oleaje, viento #,*

Tabla 1: Instrumentos y parámetros derivados de la teledetección, manejados por SIMOM. Los símbolos indican las combinaciones de parámetros en función de las distintas aplicaciones: (•) : Cualificación de imágenes teledetección; (#) : Derrames y objetos a la deriva; (*) : Upwelling y climatología; (•): Seguimiento de tortugas marinas

La fusión de la información comporta tres etapas: **Alineamiento**, **Interpolación Óptima**, **Binning** y **Asociación**. En todo el proceso de acondicionamiento y asociación de la información, cobran especial importancia las relaciones topológicas entre las observaciones. En SIMOM, la fusión de los datos se lleva a cabo a partir de productos de teledetección de niveles intermedios o altos generalmente, es decir, a partir de parámetros

geofísicos registrados sobre un marco referencial terrestre. La metodología concreta y las métricas de fusión vienen dadas por el tipo de aplicación de que se trate en cada momento, generalmente se usan métodos heurísticos y probabilísticos siendo la correlación una de las métricas de fusión más empleadas.

La sinergia entre los distintos sensores permite una mejor identificación de entidades de información, tales como los fenómenos y/o procesos bajo estudio. De esta manera se puede observar un conjunto ampliado de valores característicos para un objeto dado (un eddy de mesoescala por ejemplo), aplicando técnicas de interpolación e inferencia se puede conocer la variabilidad y el grado de asociación de estas características: frecuencia, persistencia, evolución espacio-temporal etc. Estos datos fusionados se pueden utilizar también para alimentar y/o validar modelos numéricos.

3. Resultados y discusión

En el ejemplo de la figura 1 se puede observar como la fusión de datos mejora nuestra percepción de los fenómenos oceanográficos mesoescalares (entidades de información). El escenario creado por SIMOM ofrece una visión sinóptica, para la región oceánica de las Islas Canarias para el día 5-9-2004. El campo de concentración de clorofila 'a', (algoritmo SeaDAS OC-4 [3]). Esta distribución se obtuvo por la fusión multitemporal de imágenes SeaWIFS del periodo entre el 31 de agosto y el 5 de septiembre de 2004 [4]. Los vectores corresponden a los valores de velocidad de la corriente geostrofica derivados de los altímetros de los ERS 1y 2 y Topex - Poseidon (AVISO,1998 [5]) utilizando los pases comprendidos entre el 2 y el 5 de septiembre del mismo año.

De modo general se advierte una correspondencia muy notable entre los campos de concentración del pigmento y de velocidades. La fusión de ambas representaciones da una idea detallada de la circulación; la advección del pigmento se muestra como un trazador del campo dibujado por las corrientes. En las figuras 2 y 3 se muestran en detalle dos entidades de información (dos fenómenos oceánicos relevantes): El filamento de Cabo Ghir, y un Eddy anticiclónico muy notorio al S de las Islas. En ambas se incluye la representación obtenida por el campo de Temperatura Superficial del Mar (TSM) a partir de AVHRR (usando imágenes obtenidas via CREPAD-INTA). Y como vectores las velocidades del viento derivadas de QUICKSCAT [6]. En ambas zonas, la asociación entre los campos de CHL y de TSM es muy alta (r^2 -0.7 -0.8) y negativa, lo que refleja la

señal del afloramiento de aguas subsuperficiales que se produce en la costa africana: aguas frías y ricas en nutrientes.

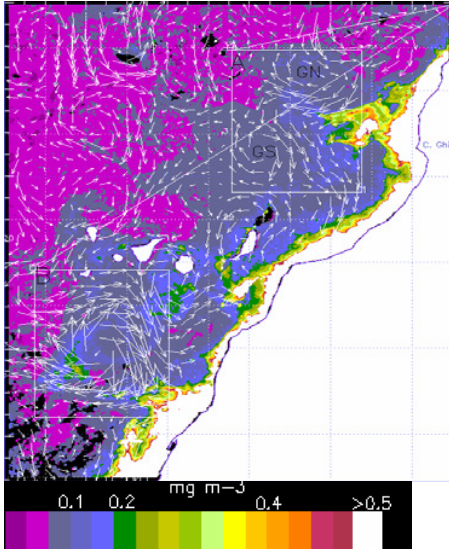


Figura 1: Situación sinóptica para el 5 de septiembre de 2004, en la zona de Canarias y NW de Africa. La imagen en color representa la concentración de clorofila-‘a’. Los vectores corresponden a las velocidades de la corriente geostrófica.

En la zona junto al Cabo Ghir (Recuadro A y figura 2) puede observarse un gran filamento que exporta productividad a mar abierto [6]. La disposición del filamento está perfectamente alineada con el campo de velocidades geostroficadas. El transporte de las células de fitoplancton tiene lugar impulsado por un Eddy anticiclónico situado al N (GN). Esta situación es muy frecuente de acuerdo a la base de datos de SIMOM, como lo es la presencia de otro eddy anticiclónico –GS- al SW del anterior.

En la zona Sur (Recuadro B y figura 3), se observa un proceso de mezcla de aguas de afloramiento y subtropicales, promovido por un potente giro anticiclónico [7], que cubre un área próxima a 50.000 Km² en el que la corriente desarrolla velocidades superiores a 30 cm/s (~0.6 nudos). Se aprecia el proceso de entranamiento de un núcleo de aguas cálidas en el interior del vórtice. Una vez más la zona S del vórtice anticiclónico proyecta filamentos de aguas ricas en fitoplancton, que su vez son incorporadas al propio giro y dispersadas por éste.

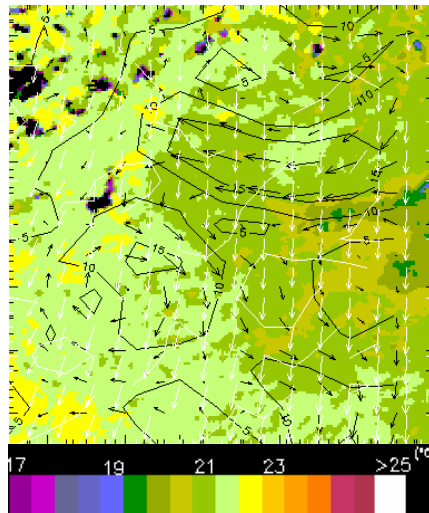


Figura 2: Detalle del área A de la figura 1, en la que se ha representado la distribución de TSM en color, la velocidad de la corriente geostrófica (vectores en negro) contornos negros señalando la intensidad del vector y la distribución del viento (componente N) para ese día.

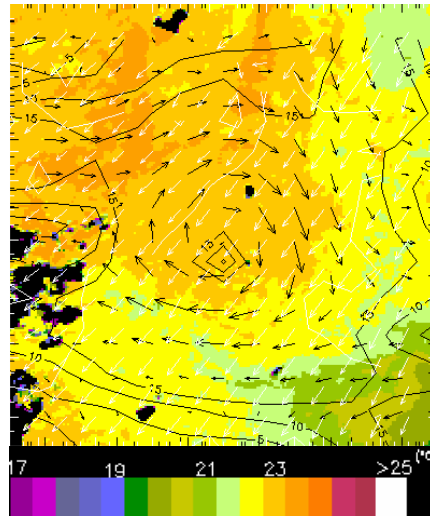


Figura 3: Detalle del área B de la figura 1, análogo de la figura 2.

A nivel general se observa el predominio de la actividad anticiclónica, al menos al nivel de resolución que proporciona el altímetro, con una tendencia de los remolinos de menor escala al norte del Archipiélago.

La visión de la dinámica que ofrece la fusión multisensor de datos de satélite, realmente contribuye a una comprensión global de los fenómenos y procesos de media escala del medio oceánico, lo que se puede aplicar a programas de Vigilancia ambiental y oceanografía operacional, así como a la gestión de pesquerías, los recursos vivos y su conservación.

4. Referencias

- [1] Pérez-Marrero, J. et al (2004). Selección del gradiente térmico por ejemplares juveniles de caretta caretta visualizado mediante técnicas de seguimiento por satélite. Revista de Teledetección nº21, 25-28
- [2] Perez- Marrero, J., Maroto, L., Llinás, O. (2004). Climatología por satélite de los aerosoles saharianos y del fitoplancton en el atlántico macaronésico. Revista de Teledetección, nº 21, 19-23.
- [3] J.E. O'Reilly and co-authors, (2000) SeaWiFS Postlaunch Calibration and Validation Analyses, Part 3. NASA Tech. Memo. 2000-206892, Vol. 11, S.B. Hooker and E.R. Firestone, Eds., NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 9-23.
- [4] Maroto, L., et al. Análisis mesoescalar de datos oceanográficos a partir de productos satelitales mejorados. XI Congreso AET, Puerto de La Cruz, 21-23 septiembre 2005.
- [5] AVISO (1998) *AVI-NT-011-312-CN*, Edition 3.1, Aviso User Handbook: Sea Level Anomalies
- [6] SeaWinds on QuikSCAT Level 3 Daily, Gridded Ocean Wind Vectors (JPL SeaWinds Project) JPL PO.DAAC Product 109
- [7] Hagen, E., Zülicke, C., Feistel, R. (1996) Near surface structures in the Cape Ghir filament off Morocco. *Oceanologica Acta*, vol 19, nº6, 577-598.
- [8] Pingree, R., García-Soto, C. (2004) Annual westward propagating anomalies near 26°N and eddy generation south of the Canary Islands: remote sensing and in situ measurement. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 84, 4574/1-11.