

Variabilidad de la clorofila *a* en las aguas costeras de la Península Ibérica entre 1998 y 2007 usando datos de SeaWiFS

Lorena Salgado Costa

Introducción

La clorofila *a* (Chl-*a*) es un pigmento fotosintético presente en el fitoplancton que le da un color verdoso a éste. La concentración de clorofila *a* oceánica permite una estimación de la concentración de fitoplancton y por lo tanto de la producción primaria.

En ambientes marinos la producción primaria es el resultado del movimiento de las masas de agua y de las condiciones de luz y nutrientes. De estas condiciones dependerá la concentración de clorofila. La luz del sol más fuerte en primavera, así como los aportes de sedimentos ricos en nutrientes del agua dulce que descargan los ríos, hacen que tengan lugar concentraciones de fitoplancton de gran intensidad durante esta época del año. Además durante el verano debido a las condiciones atmosféricas tiene lugar el fenómeno de afloramiento o upwelling producido por el viento en la costa oeste peninsular, lo que permite el ascenso de aguas frías y ricas en nutrientes, las cuales favorecen el crecimiento de fitoplancton.

Los pigmentos de la clorofila tienen una firma espectral específica y distintiva, pues absorben en las longitudes de onda correspondientes a los colores azul (455-492nm) y rojo (622-700nm) del espectro, así como una reflectancia fuerte en el verde (492-577nm), afectando por lo tanto al color del océano. Las observaciones multispectrales con sensores espaciales, permiten la observación de estos cambios de color en el océano localizando las áreas de concentración de fitoplancton.

Datos y procedimiento

El análisis de la concentración de clorofila llevado a cabo en el presente trabajo abarca toda la costa de la Península Ibérica (área comprendida entre las coordenadas 35°N y 45°N, y 11°W y 5°E). Para un mejor análisis de la costa, se ha dividido el territorio en 4 zonas bien diferenciadas (Mar Cantábrico, Océano Atlántico, Estrecho de Gibraltar y Mar Mediterráneo), ya que tienen características muy distintas.

Un aporte de nutrientes importante es el debido a la descarga de los ríos por lo que se han considerado 5 de los principales ríos de la Península Ibérica: Miño, Duero, Mondego, Tajo y Ebro.

Además se ha considerado la temperatura superficial del mar (SST) y el viento para comprender mejor el comportamiento de la concentración de la Chl-*a*.

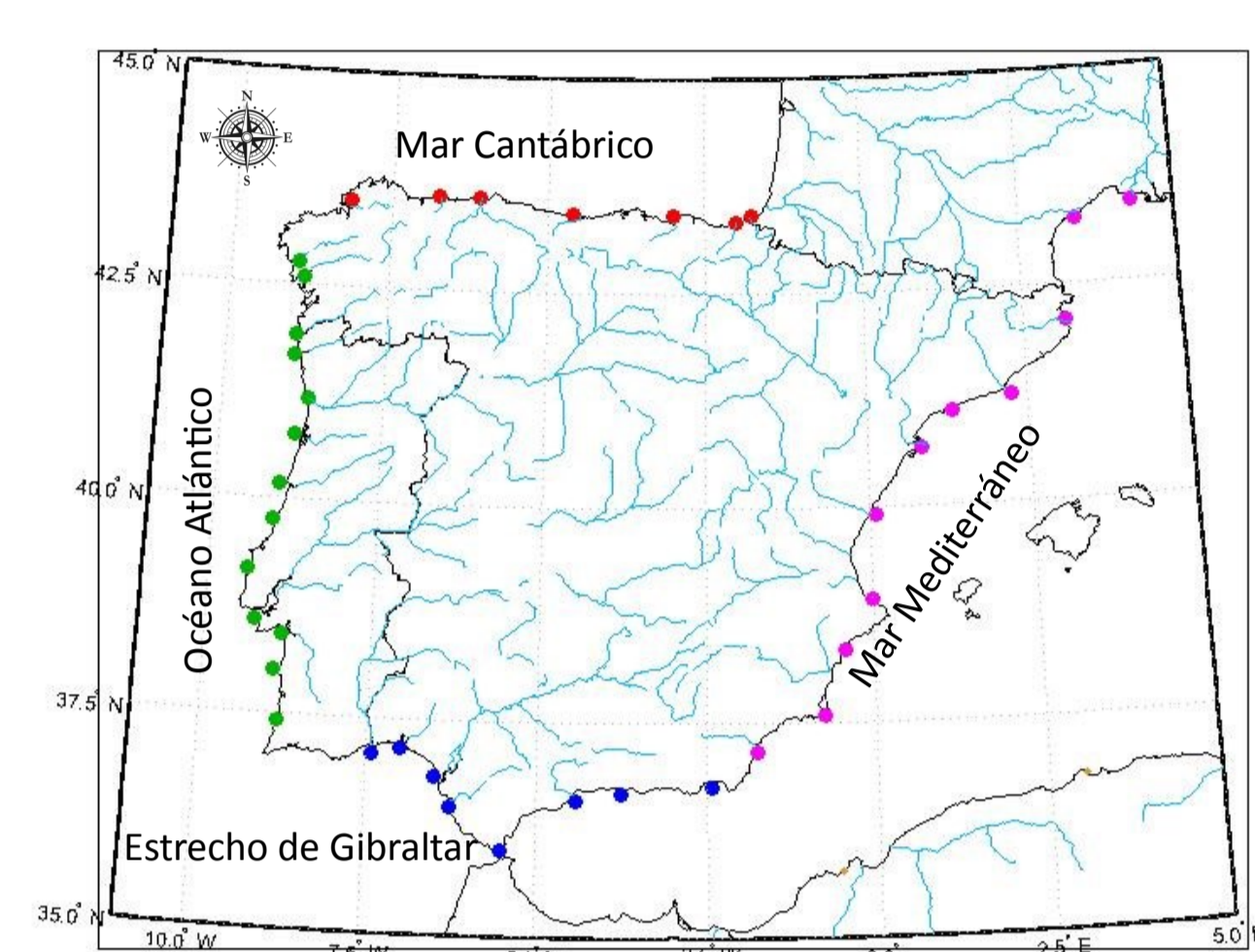


Fig. 1. Mapa del área de estudio. Se muestran las cuatro zonas costeras consideradas: Cantábrico, Atlántico, Estrecho de Gibraltar y Mediterráneo. Los puntos en los que se mide la concentración de clorofila y las desembocaduras de los ríos analizados: Miño, Duero, Mondego, Tajo y Ebro.

Para el análisis de la concentración de clorofila *a* se utilizaron datos del satélite OrbView-2 proporcionados por el sensor SeaWiFS, los cuales han sido "agrupados" espacialmente en celdas de 9 km de resolución y temporalmente en periodos de 8 días entre 1998 y 2007. A partir de estos datos se calculó la media mensual y anual para las 4 áreas. Las series fueron suavizadas realizando una media móvil a 5 vecinos. También se calcularon las anomalías mensuales de concentración de Chl-*a* para cada zona. A partir de ellas se ha calculado la tendencia de la concentración por el método de mínimos cuadrados.

Los datos de SST han sido obtenidos del radiómetro AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), con una resolución espacial de 4 km y temporal de 8 días. A partir de éstos se han calculado medias mensuales.

La base de datos escogida para obtener el viento a 10 m de altura es el Reanálisis NCEP Climate Forecast System Reanalysis (CFRS) para el periodo 1998-2007 contando con una resolución espacial de 0.5° y una temporal de 8 días. Con estos datos se han realizado medias mensuales para el viento y el transporte de Ekman.

También se han utilizado datos del caudal de los principales ríos de la Península Ibérica (Miño, Duero, Mondego, Tajo y Ebro). Los datos correspondientes al río Miño han sido proporcionados por la Confederación Hidrográfica Miño-Sil. Los datos del Duero, Mondego y Tajo fueron extraídos del Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Y los pertenecientes al río Ebro se obtuvieron de la Red Nacional de Estaciones de Aforo. Con los datos de descarga de los ríos se calculó el régimen fluvial de los mismos (comportamiento del caudal de agua en promedio que lleva un río en cada mes a lo largo del año). Esto se comparó con la concentración de clorofila en la desembocadura de dichos ríos a lo largo del año.

	Chl- <i>a</i> (mg m ⁻³ década ⁻¹)		
	Otoño-Invierno	Primavera-Verano	Año Completo
Cantábrico	0.29***	-0.19	0.12
Atlántico	-0.06	0.41	0.21
Estrecho de Gibraltar	-0.26	-0.88***	-0.58***
Mediterráneo	0.21**	-0.01	0.10**

Tabla 1. Tendencias de Chl *a* calculadas usando los valores de las anomalías mensuales para el periodo 1998-2007 en las cuatro regiones de estudio. (**p<0.05, ***p<0.01).

Dado que el comportamiento de la concentración de clorofila difiere según la estación del año, se ha dividido el periodo anual en dos estaciones, una propia de fenómenos de afloramiento (primavera-verano) y otra caracterizada por la no presencia de dichos eventos, otoño-invierno (Tabla 1). El análisis de las tendencias confirman su aleatoriedad para el periodo estudiado. En el área del Estrecho de Gibraltar parece que se observa una disminución significativa de la concentración de Chl-*a* durante los meses de primavera-verano. En el resto de zonas o bien no hay una tendencia significativa o se da un aumento en la concentración de clorofila durante los meses de otoño-invierno lo que podría asociarse a una mayor descarga fluvial. Se necesitan series más largas de datos para evidenciar la existencia de tendencias significativas.

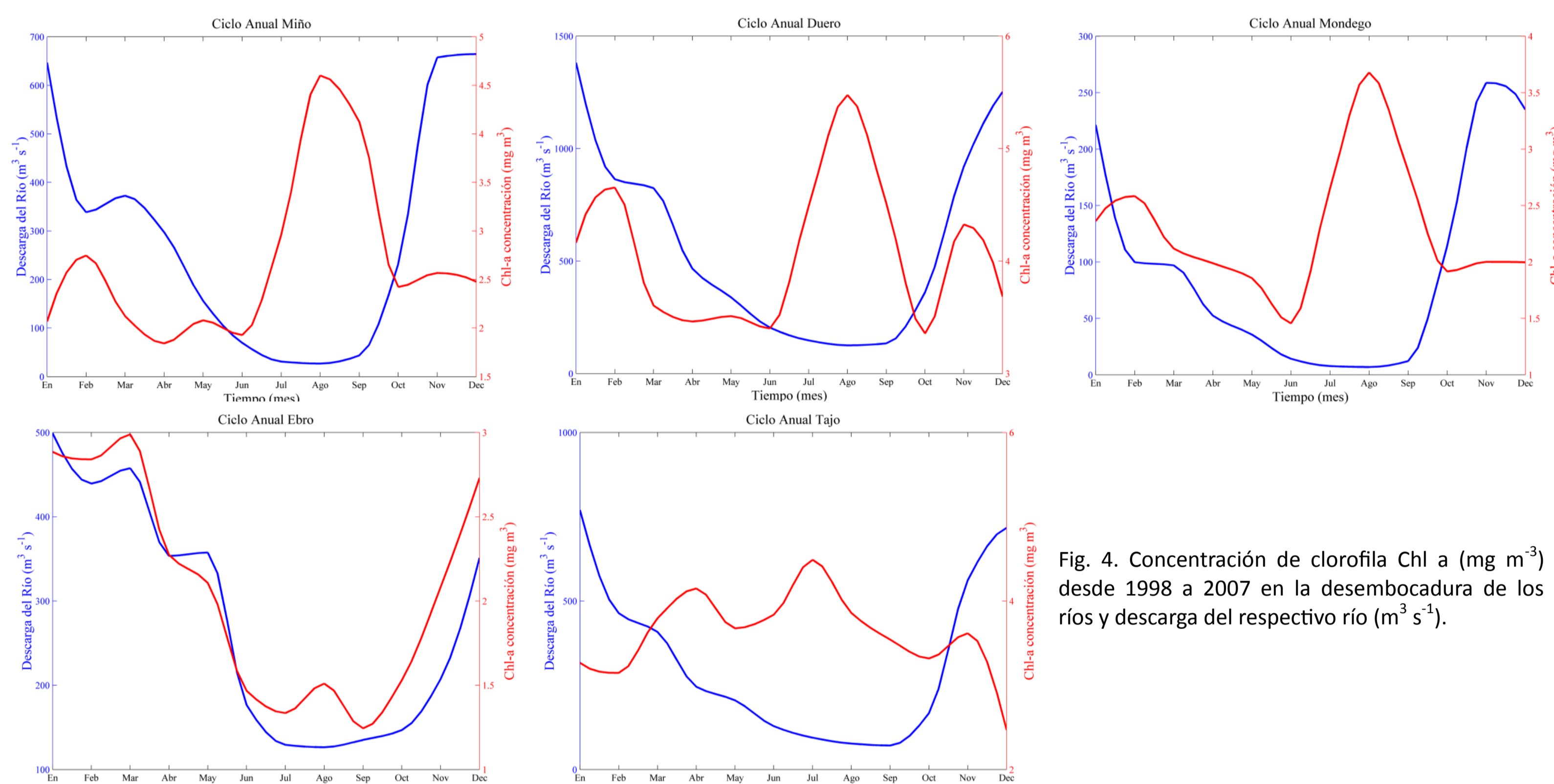


Fig. 4. Concentración de clorofila Chl *a* (mg m⁻³) desde 1998 a 2007 en la desembocadura de los ríos y descarga del respectivo río (m³ s⁻¹).

Al observar el comportamiento de la Chl-*a* en la desembocadura de los ríos se ve que en la región mediterránea la concentración de clorofila está fuertemente condicionada por el régimen fluvial, con valores mínimos en la época de estiaje y máximos en el otoño y el periodo primaveral del deshielo. En el Estrecho y en el Cantábrico el comportamiento es similar, sin embargo, en la zona atlántica, los mayores valores de concentración de clorofila no ocurren en la época de mayor caudal de los ríos sino que tienen lugar en las épocas de estiaje, coincidiendo con fenómenos de afloramiento.

Resultados

El promedio mensual de la concentración de clorofila *a* a lo largo del litoral peninsular para el periodo 1998-2007 muestra una pronunciada variabilidad estacional (Figura 2).

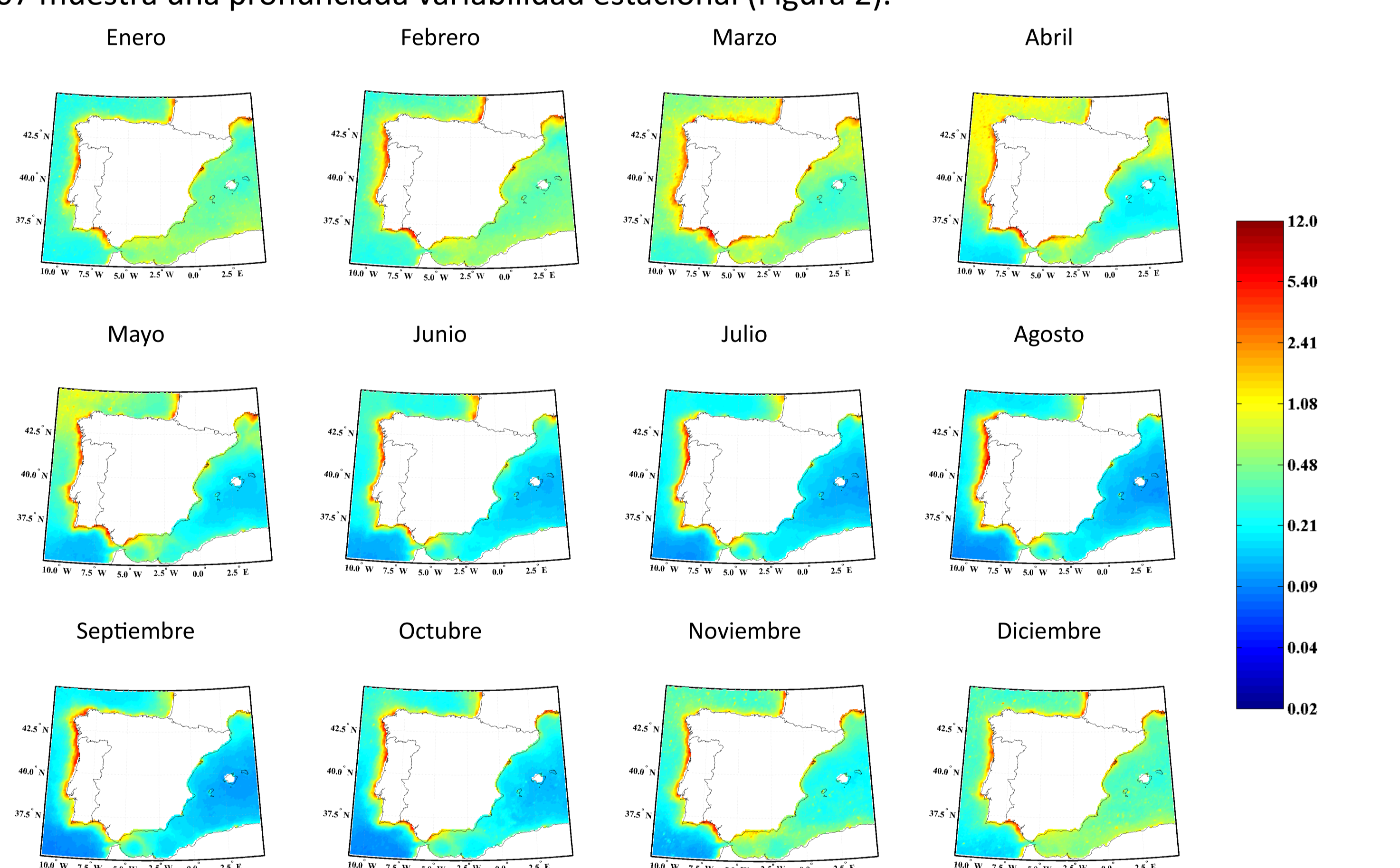


Fig. 2. Distribución mensual de la concentración de clorofila-*a* (mg m⁻³) para el periodo 1998 a 2007 a lo largo de la Costa de la Península Ibérica. Los colores corresponden a la concentración de Chl-*a* en escala logarítmica.

En las cuatro áreas de estudio se observa un máximo de concentración en los meses de primavera que coincide con el *bloom* de fitoplancton característico de esta época del año. Sin embargo, podemos encontrar otros máximos secundarios relacionados con los fenómenos de afloramiento producidos por las condiciones atmosféricas o por periodos de intensa descarga fluvial. Los máximos debidos a condiciones de afloramiento por efecto de los vientos, por regla general ocurren durante los meses de verano, y tienen lugar principalmente en el litoral Atlántico, que forma parte del sistema de afloramiento que se extiende a lo largo de la costa este del Atlántico Norte. Este comportamiento se observa más claramente al representar el ciclo anual de concentración de clorofila a lo largo de cada una de las zonas costeras analizadas (Figura 3).

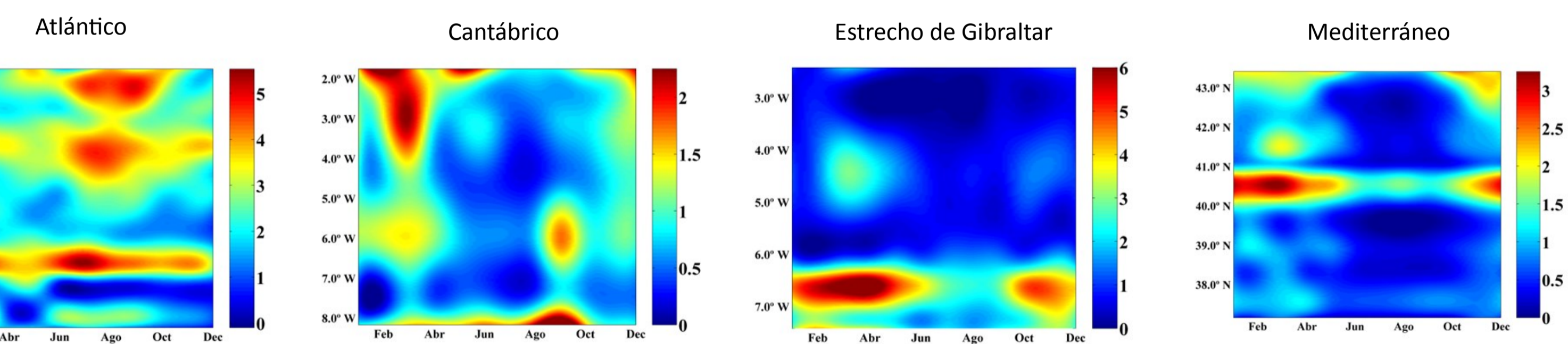


Fig. 3. Ciclo anual de la concentración de clorofila-*a* (mg m⁻³) desde 1998 a 2007 en las cuatro regiones de estudio.

En la zona cantábrica destacan dos máximos, uno en el Golfo de Vizcaya como consecuencia del *bloom* primaveral y otro en el litoral gallego durante los meses de finales de verano principios de otoño como consecuencia del afloramiento.

En el Atlántico se dan los mayores niveles de concentración, con un máximo debido al afloramiento durante los meses de verano más elevado y extendido. El máximo característico del *bloom* de primavera también muestra valores más intensos que en el resto de las zonas.

En el litoral sur peninsular los máximos de concentración tienen lugar principalmente en los meses de primavera, coincidiendo con el *bloom* primaveral, y en los de invierno debido al mayor caudal de los ríos.

En la zona del Mediterráneo, el máximo principal se localiza a la altura del río Ebro, esto explica que su intensidad sea mayor durante los meses de mayor descarga fluvial.

Conclusiones

Se puede concluir que la mayor concentración de Chl *a* se encuentra en la costa atlántica en verano debido al afloramiento. En la costa cantábrica nos encontramos con dos máximos, el primaveral situado en el Golfo de Vizcaya y el estival causado por el afloramiento en la parte occidental. En el Estrecho de Gibraltar destaca el *bloom* primaveral y está influenciado por la descarga de los ríos. El máximo de concentración en el Mediterráneo se encuentra en la desembocadura del Ebro coincidiendo con la época de mayor descarga.

Las tendencias por lo general no son significativas salvo en el Estrecho de Gibraltar donde se observa una disminución significativa de la concentración de Chl-*a* durante los meses de primavera-verano y en algunas zonas se da un aumento en la concentración de clorofila durante los meses de otoño-invierno, que podría asociarse a una mayor descarga fluvial. Se necesitan series más largas de datos para evidenciar la existencia de tendencias significativas.

El afloramiento de la costa atlántica y cantábrica permite el desarrollo de especies muy apreciadas en pesca, mientras que el resto del litoral peninsular tiene unas características particulares en las que se desarrollan ecosistemas de gran importancia biológica.