

1. Título del indicador

Variaciones de la turbidez del agua del litoral: concentración de clorofila-a.

2. Equivalencia con otros sistemas de indicadores

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

Sin equivalencia.

Agencia Europea de Medio Ambiente

Sin equivalencia.

Eurostat

Sin equivalencia.

3. Evolución y tendencia

Evolución	Situación	Tendencia
		

4. Serie temporal

Los datos analizados se corresponden a serie temporal 2000-2015.

5. Objetivo

La finalidad fundamental es el seguimiento de la clorofila-a en el litoral andaluz, océano atlántico y mar de Alborán durante el periodo de tiempo del que se disponen de datos, 2000-2015.

6. Interés ambiental del indicador

La clorofila puede ser detectada fácilmente mediante Teledetección gracias a su comportamiento frente a la luz. La concentración de ésta en una muestra de agua permite una estimación de la concentración de fitoplancton e, indirectamente, de la actividad biológica. Los organismos que contienen clorofila se encuentran en la base de la cadena alimenticia, por lo que la determinación de concentraciones de clorofila-a es uno de los índices claves de monitoreo de la población de fitoplancton y de la salud de nuestro sistema natural. Además la medición de clorofila-a puede ser utilizada como instrumento de vigilancia de los procesos de eutrofización.

7. Descripción básica del indicador

La fuente de información fundamental la constituyen las imágenes que proporciona el sensor SeaWiFS, espectroradiómetro montado en el satélite SeaStar para los años 2000-2004 y, con las imágenes que proporciona el sensor MODIS, del satélite AQUA, para realizar el cálculo a partir de 2005. Los datos de ambos sensores son comparables entre sí puesto que utilizan el mismo algoritmo. Éstas son transformadas en imágenes de Clorofila-a (CHLa).

La unidad de tiempo que se utiliza es el año natural desde enero a diciembre.

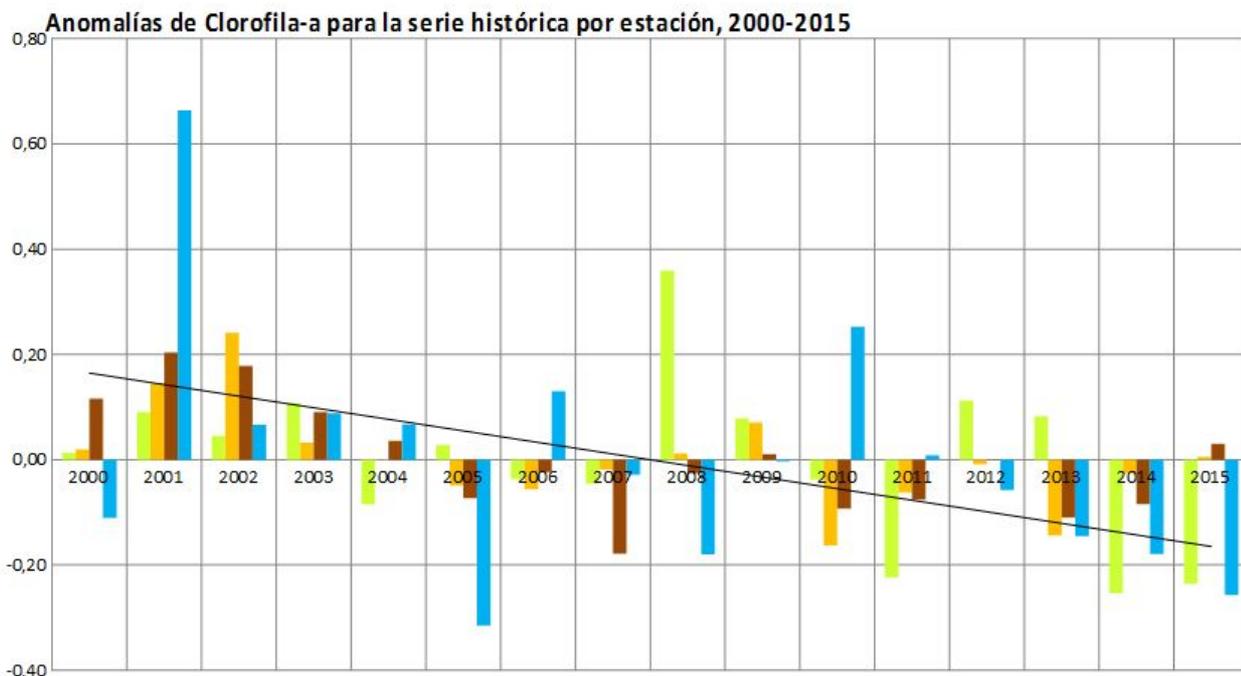
8. Subindicador

Este indicador no cuenta con subindicadores.

9. Unidad de medida

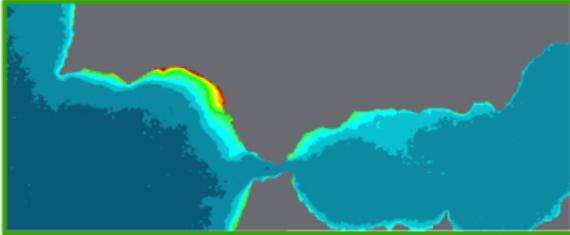
- mg/cm³.

10. Gráficos, mapas y tablas

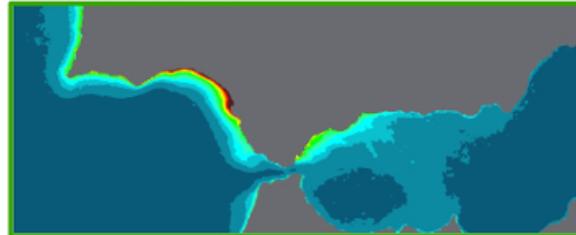


**CONCENTRACIÓN MEDIA ESTACIONAL HISTÓRICA DE CLOROFILA-A
AÑOS 2000-2015 A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE AQUA MODIS**

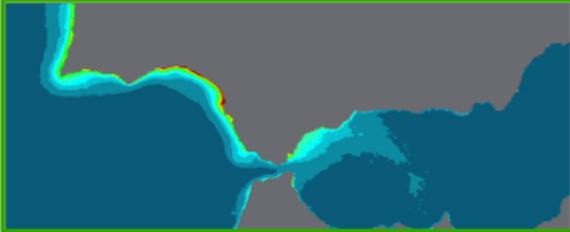
Invierno 2000-2015



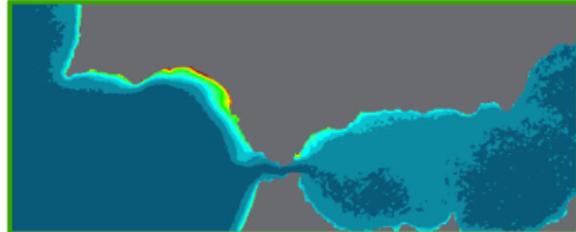
Primavera 2000-2015



Verano 2000-2015

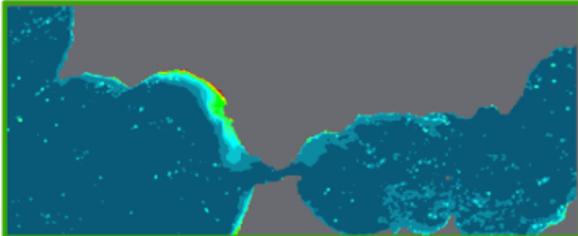


Otoño 2000-2015

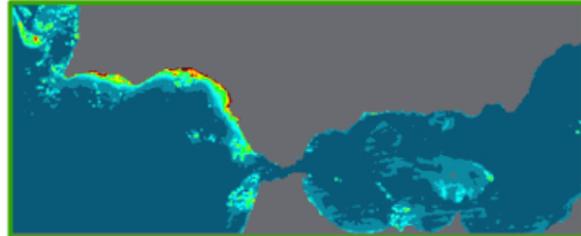


**CONCENTRACIÓN MEDIA MENSUAL DE CLOROFILA-A
AÑO 2015 A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE AQUA MODIS**

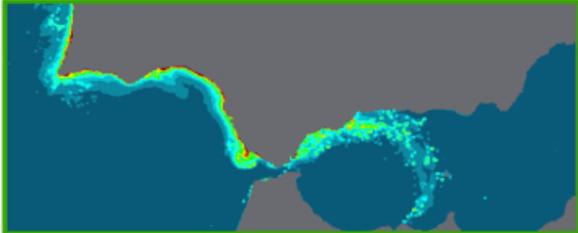
Enero 2015



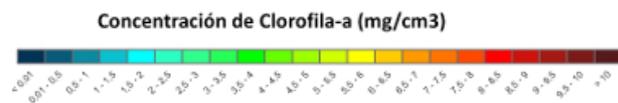
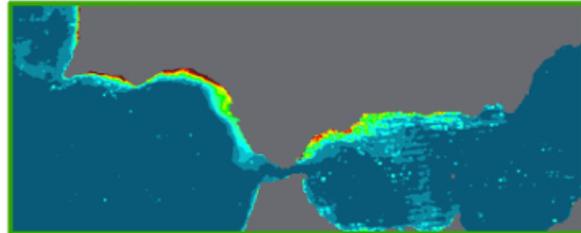
Abril 2015



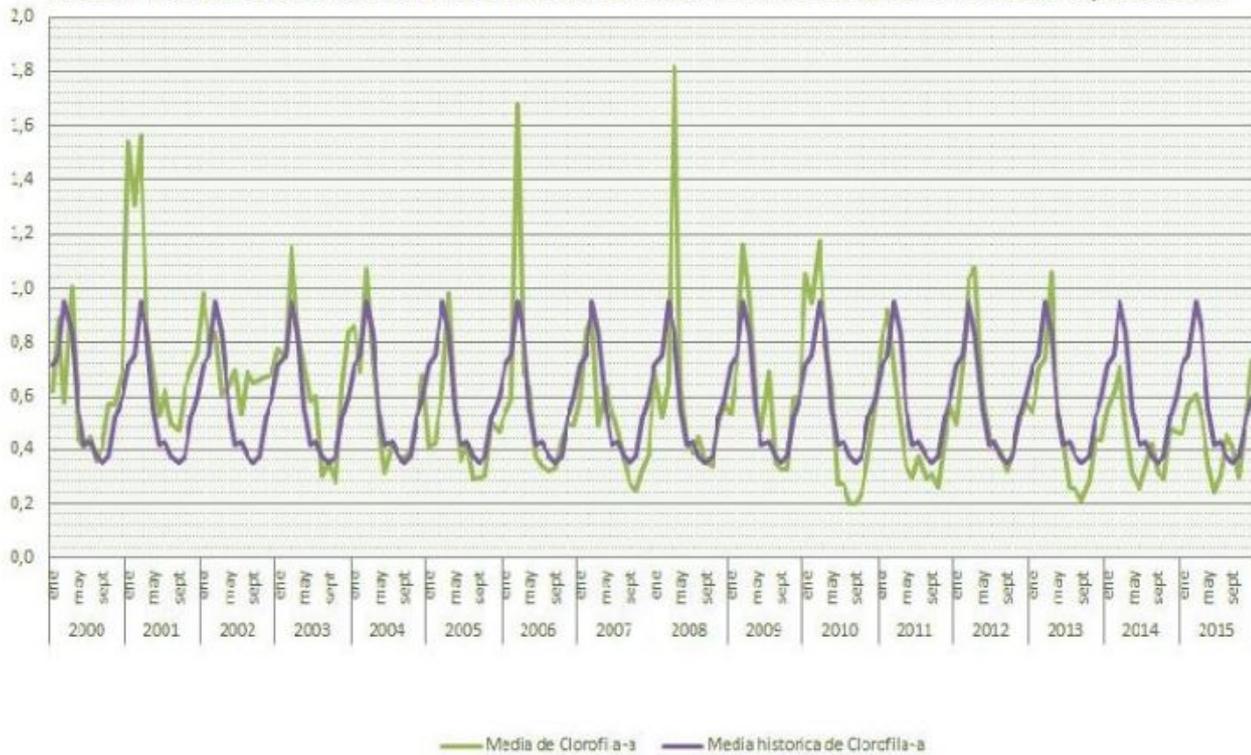
Agosto 2015



Noviembre 2015



Media mensual de Clorofila-a frente a los valores medios mensuales de la serie histórica, 2000-2015



11. Descripción de los resultados

Si analizamos espacialmente la distribución de la clorofila según los datos obtenidos a partir de imágenes MODIS del satélite AQUA, la concentración de clorofila en aguas abiertas del Atlántico es baja, del orden de 0,01-0,5 mg/cm³, que es lo normal en estas latitudes, excepto en los meses de abril y mayo, donde debido al boom fitoplanctónico la distribución de ésta se expande mar adentro con valores no muy superiores a 2,5 mg/cm³, y sólo en la proximidad de la costa, debido a los aportes terrígenos en la desembocadura de los ríos, o en zonas de afloramiento de aguas frías profundas ricas en nutrientes, se eleva esta concentración.

En el caso del Mediterráneo, la variabilidad de este parámetro en mar abierto es algo mayor, alcanzándose los valores más bajos en verano y otoño y los más elevados en los meses de invierno y primavera. Las bajas temperaturas y sobretudo el cambio en la dirección e intensidad de los vientos en las estaciones de invierno y primavera en la zona más noroccidental de Alborán y en la costa de Málaga provocan el afloramiento de aguas profundas más frías y enriquecidas en nutrientes, lo que conlleva un aumento en la concentración de clorofila-a en las esas localizaciones, sosteniendo así una producción primaria más elevada que en el resto del mar de Alborán, aunque en general, la concentración de clorofila-a en el Mediterráneo es muy baja.

Analizando la variabilidad temporal de la concentración de clorofila-a a lo largo de la serie de años con disponibilidad de datos (de 2000 a 2015) se observa que las menores concentraciones se registran siempre en los meses de verano, variando la concentración de este parámetro de 0,2 a 0,7 mg/cm³. Considerando los valores promedios de la serie, en el caso de la estación de verano, la concentración de clorofila-a, presenta un promedio de 0,4 mg/cm³ y de 0,5 mg/cm³ en la estación de otoño.

Sin embargo, las variaciones interanuales en la época invernal y principios de primavera son más marcadas que las variaciones de los veranos u otoños. En este caso, el intervalo de variación de clorofila-a está entre 0,4 y 1,4 mg/cm³ con un promedio de 0,8 mg/cm³ en la estación invernal. Esto puede explicarse por el efecto que conlleva sobre la población de fitoplancton el afloramiento de aguas profundas más frías y ricas en nutrientes.

Según observamos en la gráfica para el año 2015, existe para los meses de enero a marzo una disminución de los valores de clorofila-a respecto a lo que nos encontrábamos en 2014, y un aumento considerable de dichos valores respecto a 2014 en los meses de septiembre, noviembre y diciembre. Por otro lado, la clorofila se encuentra por encima de los valores medios de la serie histórica (2000-2015) solo en el mes de agosto,

septiembre, noviembre y diciembre, en el resto de meses, o los valores se sitúan por debajo de la media, como es el caso de los meses que van desde enero hasta julio, o los valores están muy cercanos a la media, como es el caso del mes de noviembre.

los datos muestran una tendencia hacia anomalías negativas a partir del año 2007, es decir, parece estar dirigida a una disminución de la clorofila-a, especialmente en las estaciones de otoño e invierno, donde prácticamente (excepto 2009 para otoño, 2010 para invierno, 2012-2013 para primavera y otoño 2015) todas las concentraciones medias de clorofila-a registradas por estación son menores a la media de los datos.

En cuanto a la variabilidad espacial de la clorofila-a en el año que nos ocupa, la zona atlántica presenta una distribución espacial de clorofila-a muy parecida desde junio hasta diciembre, en esta zona las concentraciones más elevadas (superiores a 5 mg/cm³) se localizan en las zonas cercanas a la costa, principalmente en el Golfo de Cádiz. Esta característica de concentraciones superiores en la costa, podría estar asociada al aporte de nutrientes proveniente de los ríos que desembocan en la cuenca atlántica o relacionada con situaciones concretas de vertido. En el Mediterráneo, la concentración de clorofila sube en los meses invernales hasta alcanzar su valor máximo en el mes de noviembre mes en el que toda la costa, a excepción del Golfo de Almería y el litoral de Níjar, presenta concentraciones superiores a 5 mg/cm³. A medida que se aproxima el verano comienzan a decaer los valores de clorofila, tanto en la costa como en mar abierto.

12. Método de cálculo

Este indicador se calcula por un lado, a partir de las concentraciones medias mensuales de clorofila en el mar para cada año, y por otro, a partir de la climatología, entendiéndose como tal el promedio de la clorofila-a para cada mes a lo largo de la serie temporal. Como resultado se alcanza un valor para cada mes, pudiéndose establecer diferencias cuantitativas entre unos años y otros, además de la tendencia de la serie.

- Índice de CHLa Medio Mensual.

Promedio mensual de CHLa a partir de los valores diarios. Como resultado se alcanza un valor para cada mes, pudiéndose establecer diferencias cuantitativas entre unos años y otros.

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{CHLa}}{n} \right) = \text{Índice de CHLa medio mensual, siendo } n \text{ el número de imágenes disponibles al mes.}$$

- Índice de CHLa medio mensual histórico.

Promedio de la clorofila-a para cada mes a lo largo de la serie temporal.

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{CHLa medio mensual}}{n} \right) = \text{Índice de Climatología, siendo } n \text{ el número de años de la serie temporal.}$$

- Índice de Anomalías.

Diferencia de clorofila entre la media mensual para cada año y la media climatológica de la serie.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\text{CHLa medio mensual} - \text{CHLa climatología}_{ij} \right) = \text{Índice de Anomalías, siendo } n \text{ el número de meses del año, } m \text{ el número total de la serie de años, considerando el primer año el 2000}$$

13. Aclaraciones conceptuales

- **Clorofila-a**: pigmento fotosintético presente en los organismos que se encuentran en la base de la cadena

alimenticia, por lo que la determinación de concentraciones de clorofila-a es uno de los índices claves de monitoreo de la población de fitoplancton y de la salud de nuestro sistema natural.

- [SeaWIFS](#): Sea-viewing Wide Field of view Sensor. Espectroradiómetro montado en el satélite SeaStar, el cual fue puesto en órbita en septiembre de 1997. El propósito de este sensor es el de obtener datos de color de los océanos, es decir, examinar los factores biogeoquímicos del océano que afectan ó influyen en el cambio global.
- [MODIS](#): MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer. Sensor a bordo del satélite TERRA y AQUA de la NASA con una alta resolución espacial. Los satélites AQUA y TERRA son parte de la Earth Science Enterprise de la NASA y poseen órbitas con ciclo diario sincronizado.
- [Climatología](#): concentración de clorofila en el mar para cada mes a lo largo de la serie temporal.
- [Producción Primaria](#): se denomina producción primaria a la producción de materia orgánica que realizan los organismos autótrofos a través de los procesos de fotosíntesis o quimiosíntesis.

14. Unidad territorial de referencia

Mar de Alborán y Golfo de Cádiz.

15. Fuente

Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Red de Información Ambiental de Andalucía, REDIAM.

16. Fecha de actualización de la ficha

Marzo 2016.

17. Enlaces relacionados

- [EUROSTAT](#).
<http://ec.europa.eu/eurostat>
<http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- [Agencia Europea de Medio Ambiente \(AEMA\)](#).
<http://www.eea.europa.eu/es/> (indicators)
- [Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente](#).
<http://www.magrama.gob.es/es/>
Banco público de Indicadores Ambientales.
- [Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio](#)
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/>
- [Red de Información Ambiental de Andalucía, REDIAM](#).
www.juntadeandalucia.es/medioambiente/rediam
- [SeaWIFS](#)
<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/SeaWIFS/>
- [MODIS](#)
<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>