

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 y Pesca, 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

Periodo 2000-2017.

5. Objetivo

Conocer la tendencia seguida por este parámetro a lo largo del periodo de datos disponibles.

La finalidad fundamental es el seguimiento de la clorofila-a en el litoral andaluz, Océano Atlántico y Mar de Alborán.

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 a partir de 2005 el cálculo se realiza con las imágenes que proporciona el sensor MODIS. Los datos de ambos sensores son comparables entre sí puesto que utilizan el mismo algoritmo. Éstas son transformadas en imágenes de Clorofila-a (CHLa).

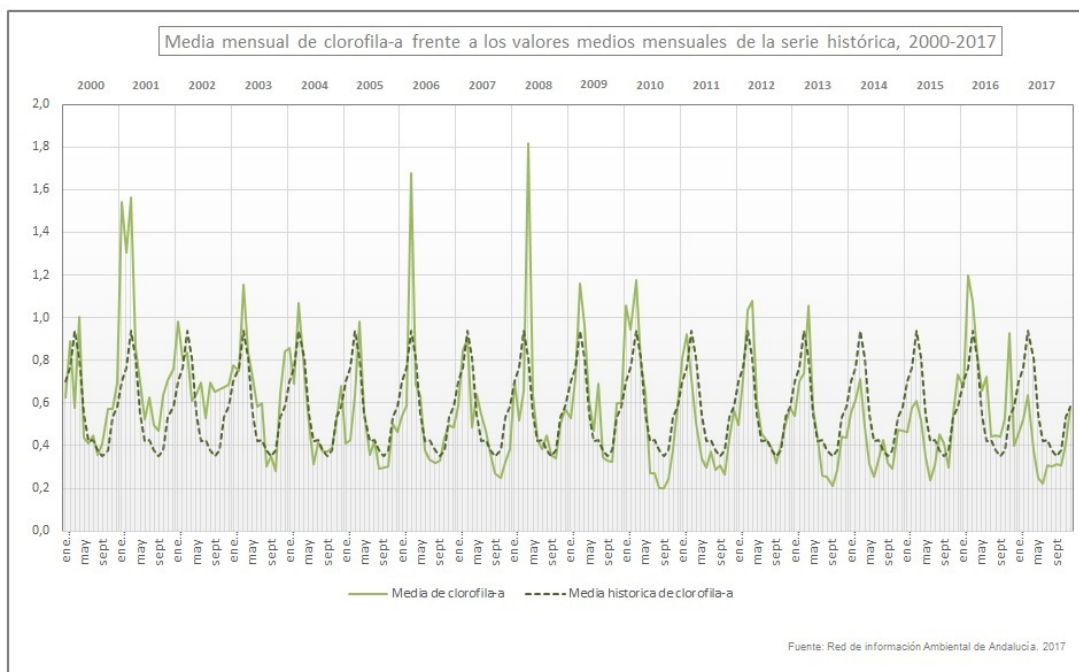
8. Subindicador

No incluye subindicadores.

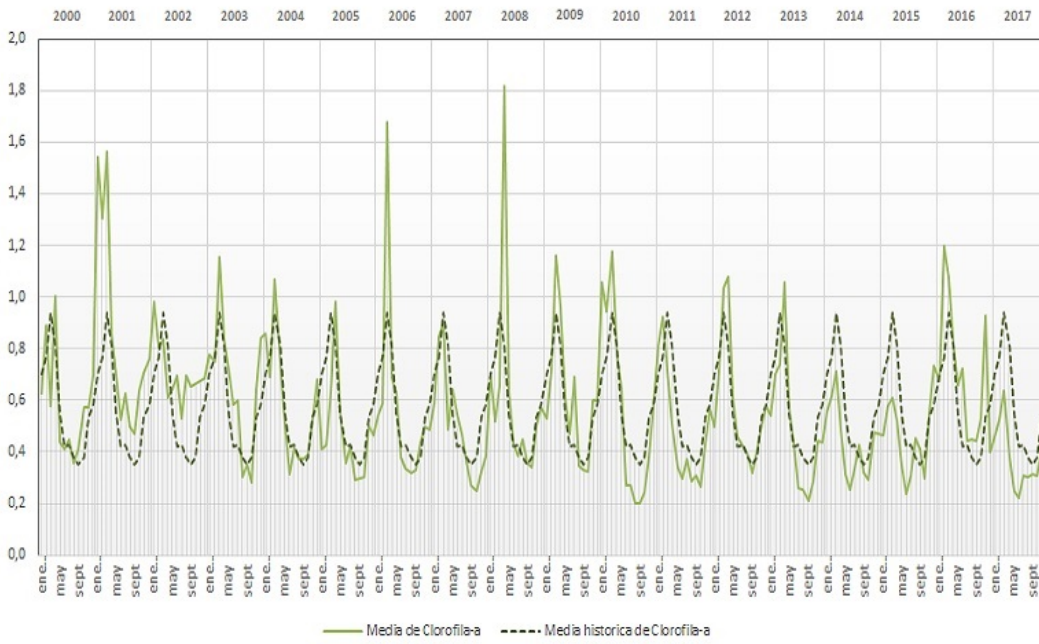
9. Unidad de medida

- Densidad (mg/cm³).

10. Gráficos, mapas y tablas

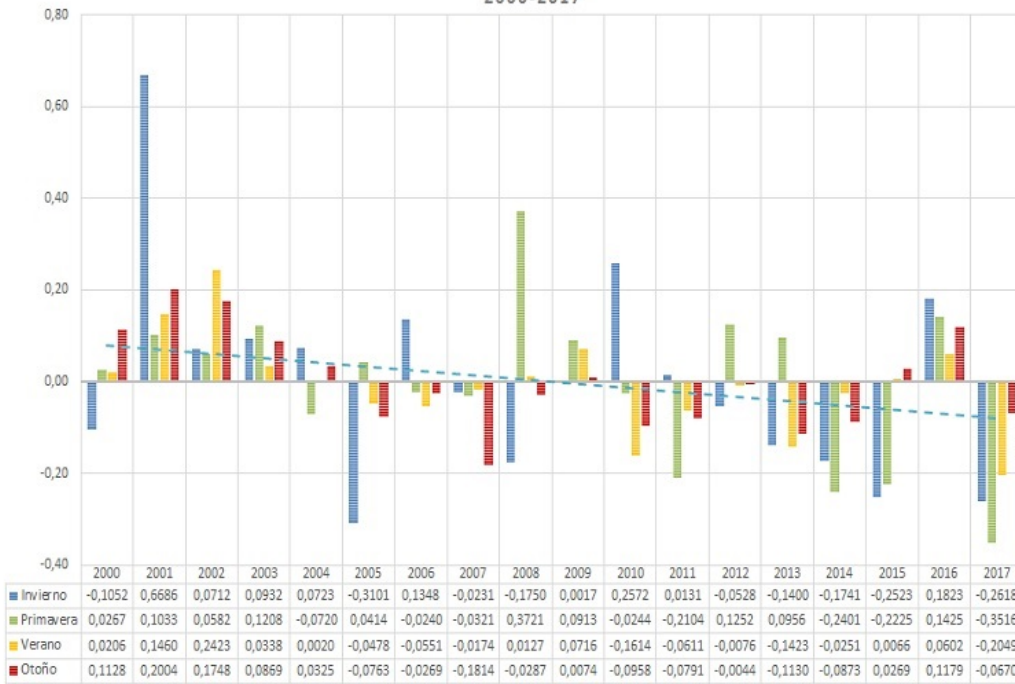


Media mensual de Clorofila-a frente a los valores medios mensuales de la serie histórica, 2000-2017



Fuente: Red de información Ambiental de Andalucía. 2017

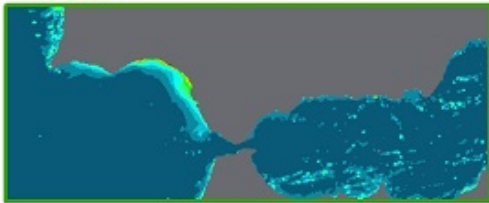
ANOMALÍAS DE CLOROFILA-A PARA LA SERIE HISTÓRICA POR ESTACIÓN, 2000-2017



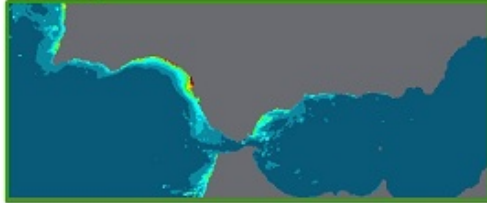
Fuente: Red de información Ambiental de Andalucía. 2017

CONCENTRACIÓN MEDIA MENSUAL DE CLOROFILA-A
AÑO 2017 A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE AQUA MODIS

Enero 2017



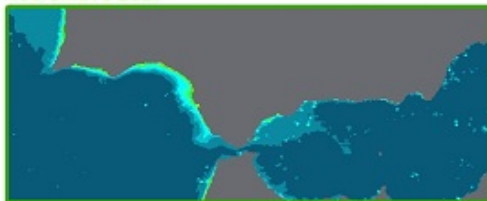
Abril 2017



Agosto 2017



Noviembre 2017

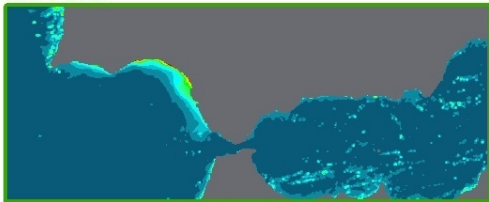


Concentración de clorofila-a (mg/cm³)

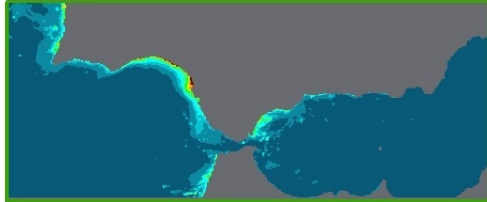


CONCENTRACIÓN MEDIA MENSUAL DE CLOROFILA-A
AÑO 2017 A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE AQUA MODIS

Enero 2017



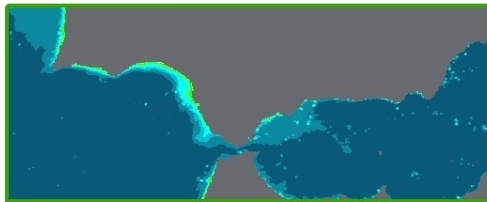
Abril 2017



Agosto 2017



Noviembre 2017



Concentración de Clorofila-a (mg/cm³)



11. Descripción de los resultados

La concentración de clorofila en las aguas es un indicador de la producción biológica de las algas, bacterias y otros organismos fotosintéticos, de la que, en definitiva, depende toda la vida marina. Se utiliza como elemento de entrada en los modelos de producción primaria o para rastrear corrientes, chorros y plumas oceanográficas. Los organismos que contienen clorofila-a se encuentran en la base de la cadena alimenticia, por lo que la determinación de este parámetro es uno de los índices claves de monitoreo de la población de fitoplancton y de la salud de nuestro sistema natural.

En definitiva, la concentración de clorofila-a ayuda a diagnosticar el estado de los ecosistemas acuáticos al detectar fenómenos que afectan a la zona costera como puede ser la eutrofización provocada por el aumento en el aporte de nutrientes que llega al litoral. Además, a escalas espacio-temporales considerablemente amplias, aporta información relevante sobre el ciclo global del carbono y el papel del océano en el calentamiento global de la atmósfera.

De acuerdo con la información obtenida desde las imágenes de satélite, la clorofila-a presenta un ciclo estacional caracterizado por picos de producción que se suelen producir de marzo a mayo y valores relativamente bajos durante el resto del año (especialmente en los meses de verano). Independientemente de la variabilidad anual, las comunidades de fitoplancton presentan un patrón de variabilidad interanual que se caracteriza por la sucesión de ciclos de productividad alta seguidos por periodos menos productivos con una duración entre 3-4 años (Mercado et al, 2005, 2007, 2012).

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 bloom 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. 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 sobre todo 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 2017) 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 2017, existe un descenso de los valores de clorofila-a respecto a lo que nos encontrábamos en 2016 prácticamente a lo largo de todo el año, situándose por debajo de los valores medios de la serie histórica (2000-2017), durante todo el año.

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 abril hasta agosto. En estos meses 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 marzo 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.
- **Fitoplancton**: conjunto de los organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua. Se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores.

14. Unidad territorial de referencia

Mar de Alborán y Golfo de Cádiz.

15. Fuente

16. Fecha de actualización de la ficha

Julio 2018.

17. Enlaces relacionados

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