

## 1. Título del indicador

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

## 2. Equivalencia con otros sistemas de indicadores

*Ministerio para la Transición Ecológica*

Sin equivalencia.

*Agencia Europea de Medio Ambiente*

Sin equivalencia.

*Eurostat*

Sin equivalencia.

## 3. Evolución y tendencia

Evolución	Situación	Tendencia
		

## 4. Serie temporal

Periodo 2000-2018.

## 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.

---

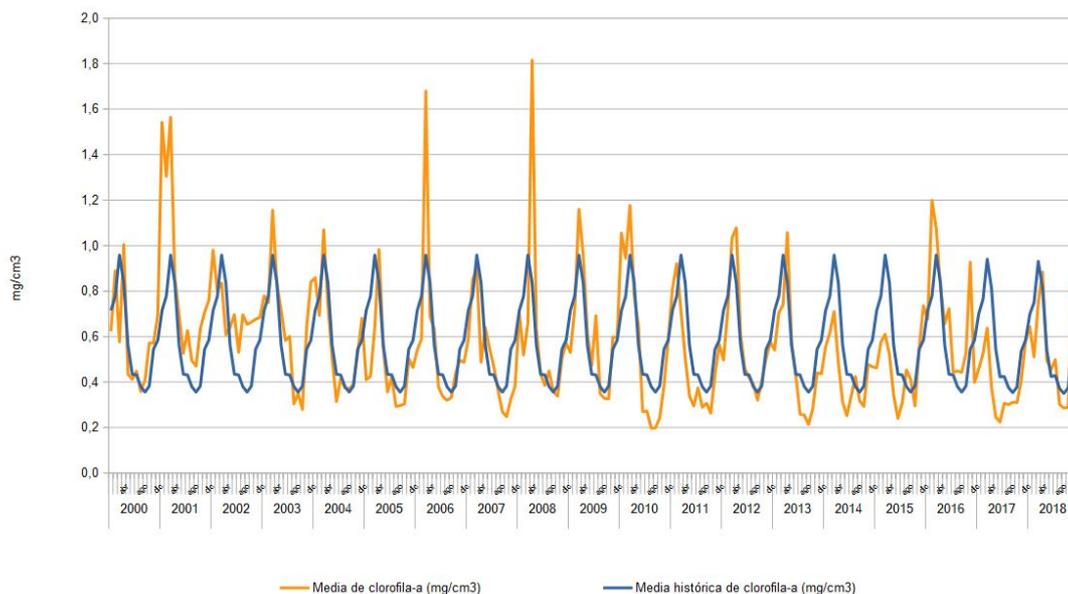
## 9. Unidad de medida

- Densidad (mg/cm<sup>3</sup>).

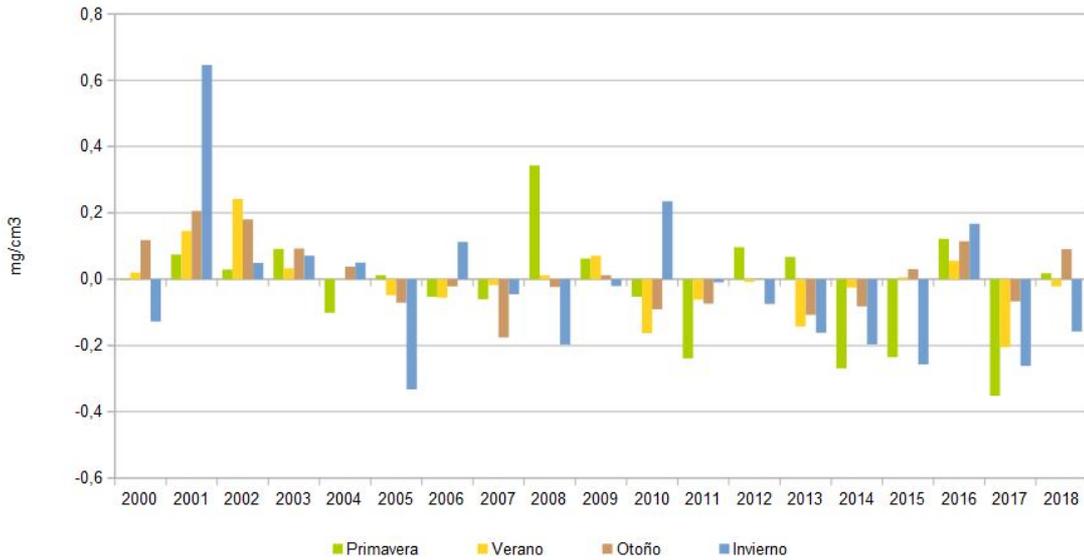
---

## 10. Gráficos, mapas y tablas

Media mensual de clorofila-a frente a los valores medios mensuales de la serie histórica, 2000-2018

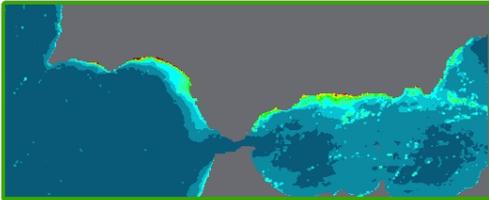


Anomalías de clorofila-a para la serie histórica por estación, 2000-2018.

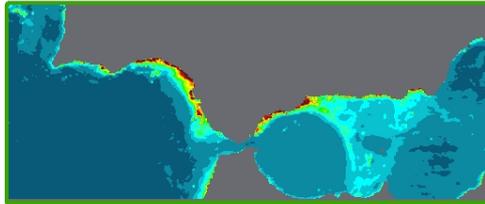


CONCENTRACIÓN MEDIA MENSUAL DE CLOROFILA-A  
AÑO 2018 A PARTIR DE IMÁGENES DE SATÉLITE AQUA MODIS

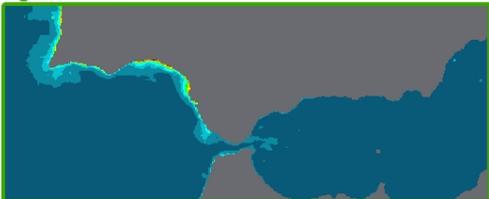
Enero 2018



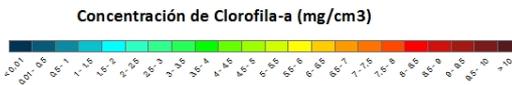
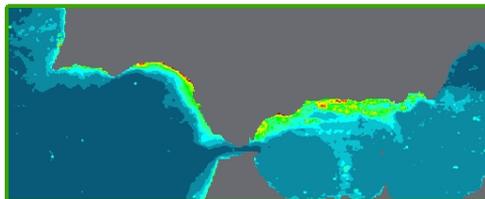
Abril 2018



Agosto 2018



Noviembre 2018



## 11. Descripción de los resultados

La concentración de clorofila a (Chl a) en las aguas es un indicador de producción primaria, y por lo tanto también lo es de la actividad biológica. Su concentración depende fundamentalmente de la disponibilidad de luz y nutrientes. Es por tanto, un pigmento fotosintético presente en el fitoplancton que le da un color verdoso a éste. La concentración de este pigmento permite poder estimar la concentración de fitoplancton y por lo tanto, de la actividad biológica.

En el área de estudio Océano Atlántico y Mar de Alborán, se observa un máximo de concentración, más o menos intenso, en los meses de primavera que coincide con el bloom de fitoplancton característico de esta época del año. Sin embargo, dependiendo del área observada podemos encontrar otros máximos secundarios relacionados con los fenómenos de afloramiento producidos por las condiciones atmosféricas o por periodos de

intensa descarga fluvial, echo que suele ocurrir sobre todo en los meses de invierno. Los máximos debidos a condiciones de afloramiento por efecto de los vientos propiciados por las condiciones atmosféricas, por regla general ocurren durante los meses de verano, y tienen lugar principalmente en el litoral Atlántico.

En primavera cabe destacar un máximo de concentración de clorofila localizado en la región occidental del litoral en el golfo de Cádiz y otro de menor intensidad pero de valores significativamente mayores que los de su alrededor en el mar de Alborán. Los máximos de invierno se encuentran fundamentalmente localizados en las zonas de descarga de ríos como el Guadiana y/o el Guadalquivir.

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/cm<sup>3</sup>, 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/cm<sup>3</sup>, 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 sobretodo 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 esas localizaciones, sosteniendo así una producción primaria más elevada que en el resto del mar de Alborán.

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 2018) 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/cm<sup>3</sup>. 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/cm<sup>3</sup> y de 0,5 mg/cm<sup>3</sup> 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/cm<sup>3</sup> con un promedio de 0,8 mg/cm<sup>3</sup> 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.

Para el año 2018, existe un suavizado de los valores extremos tendiendo a regularse los valores de clorofila-a hacia un comportamiento medio, próximo al obtenido con el cálculo de la media histórica. Así, la clorofila se encuentra por encima de los valores medios de la serie 2000-2017 solo en el mes de noviembre, 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 febrero hasta marzo o de agosto a octubre, o los valores están muy cercanos a la media, como es el caso de los meses de enero, junio, julio o diciembre.

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 julio en estos meses las concentraciones más elevadas (superiores a 5 mg/cm<sup>3</sup>) 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 abril mes en el que casi toda la costa, presenta concentraciones superiores a 5 mg/cm<sup>3</sup>. 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.

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

- Índice de CHLa medio mensual histórico.

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

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

- Índice de Anomalías.

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

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

### 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

Comunidad Autónoma Andaluza. Mar de Alborán y Golfo de Cádiz.

---

## 15. Fuente

Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Red de Información Ambiental de Andalucía, REDIAM.

---

## 16. Fecha de actualización de la ficha

Julio 2019.

---

## 17. Enlaces relacionados

- [Agencia Europea de Medio Ambiente \(AEMA\).](http://www.eea.europa.eu/es/)  
<http://www.eea.europa.eu/es/> (indicators)
- [Ministerio para la Transición Ecológica](https://www.miteco.gob.es/es/)  
<https://www.miteco.gob.es/es/>  
Banco público de Indicadores Ambientales.
- [Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación.](https://www.miteco.gob.es/es/)  
<https://www.miteco.gob.es/es/>
- [Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible](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/](http://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/>
- [NOAA](https://www.noaa.gov/)  
<https://www.noaa.gov/>