

1. Título del indicador

Variaciones de la turbidez del agua litoral: coeficiente de atenuación difusa (K-490).

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 estos parámetros a lo largo del periodo de datos disponibles.

La finalidad fundamental es el seguimiento de la claridad o turbidez de las aguas litorales y marinas de la región.

6. Interés ambiental del indicador

El coeficiente de atenuación difusa en el agua indica la profundidad a la que se atenúa la luz, dentro de una columna de agua. Este parámetro tiene muchas aplicaciones en la óptica del océano, como su relación con la concentración de fitoplancton y sedimentos orgánicos e inorgánicos disueltos en el agua marina.

El valor de K-490 representa el rango dentro del cual la luz a la longitud de onda de 490 nm es atenuada con la profundidad. Por tanto, el coeficiente de atenuación difusa a 490 nm (K490) puede considerarse como un

estimador de la claridad o turbidez del agua, al medir la capacidad de penetración de la radiación solar incidente en ella.

Por poner un ejemplo, un k_{490} de $0,1\text{m}^{-1}$ significa que la intensidad de la luz se reducirá dentro de los 10 primeros metros de agua, es decir, la profundidad a la que se producirá la atenuación de la luz será de 10 metros. Valores mayores de k_{490} significan una profundidad de atenuación menor y una menor claridad del agua del océano.

Con el estudio de este indicador evolución de k_{490} media mensual frente a la climatología se puede ver cuál ha sido el estado de turbidez de las aguas del litoral andaluz a lo largo de la serie de estudio, identificando los principales regímenes de comportamiento interanuales de variabilidad de las condiciones de turbidez en el agua respecto de la tendencia media de la serie de estudio (2000 - 2017).

7. Descripción básica del indicador

El coeficiente de atenuación difusa obtenido a partir de imágenes de satélite, puede considerarse como un estimador de la claridad del agua y por contrapartida de la turbidez, al medir la penetración de la luz en el agua. La concentración de fitoplancton y de sedimentos orgánicos e inorgánicos disueltos en el agua marina obstaculizan el paso de la luz a través de la columna de agua, por lo que este parámetro no diferencia entre turbidez producida por materia orgánica o inorgánica. Representado frente a los valores de clorofila-a, cuyas elevadas concentraciones dan lugar a un incremento en la turbidez del medio acuático, se puede explicar si ese aumento en la turbidez es debido a un incremento de la clorofila-a o a un incremento en el aporte de material en suspensión (tanto orgánico como inorgánico) procedente de tierra.

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.

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

8. Subindicador

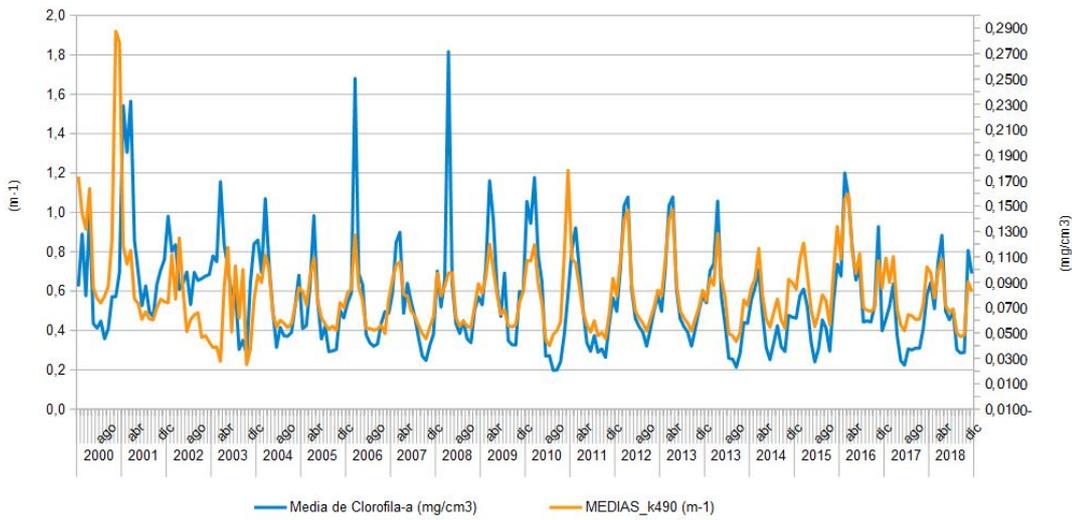
No incluye subindicadores.

9. Unidad de medida

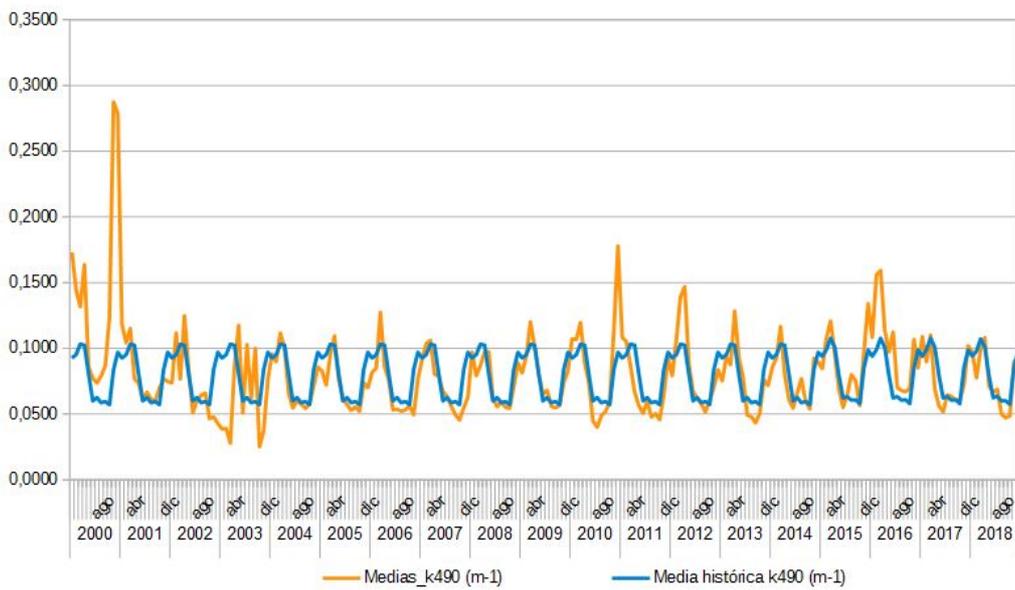
- Coeficiente K_{490} m^{-1} y mg/m^3 .

10. Gráficos, mapas y tablas

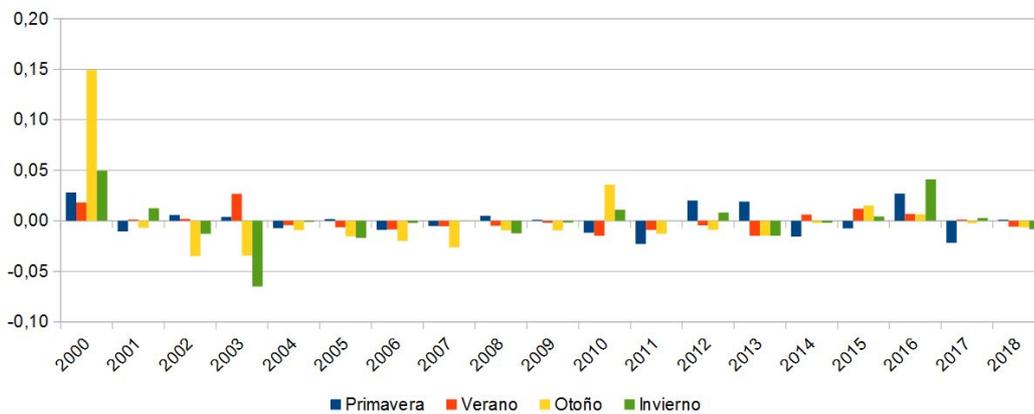
Coefficiente de atenuación difusa (k490) frente a niveles medios de Clorofila-a en el periodo, 2000-2018



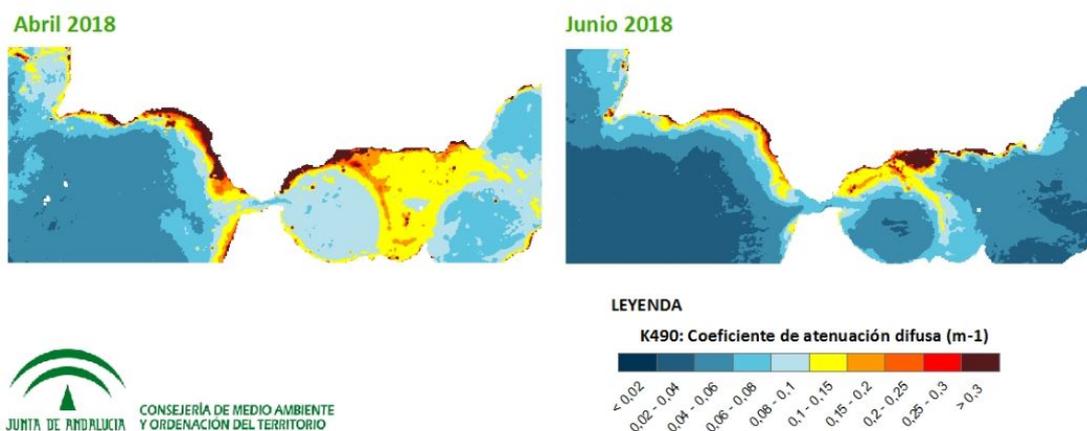
Media mensual de K490 frente a los valores medios mensuales de la serie histórica, 2000-2018.



Anomalías estacionales de K490, 2000-2018



CONCENTRACIÓN MEDIA MENSUAL DE TRANSPARENCIA DEL AGUA (K490) AÑO 2018 A PARTIR DE IMÁGENES DE SATELITE AQUA MODIS.



11. Descripción de los resultados

A partir de las imágenes de satélite que obtienen sensores como SeaWiFS (desde el año 2000 a 2004) o MODIS (a partir de 2005), se puede estimar y seguir la variabilidad espacial y temporal del fitoplancton y de los sedimentos orgánicos e inorgánicos disueltos en el agua. Un parámetro que ayuda a un conocimiento de la concentración de fitoplancton y sedimentos marinos es el coeficiente de atenuación difusa K(490), cuya medida da una estimación de la claridad e indirectamente de la turbidez del agua midiendo la capacidad de penetración de la radiación solar incidente en ella. Este parámetro no diferencia entre turbidez producida por materia orgánica o inorgánica y por eso se encuentran, a lo largo del periodo registrado, aumentos en la turbidez directamente relacionados con los fenómenos propios de la dinámica marina e independientes de la actividad antrópica, como pueden ser los de afloramiento de aguas profundas ricas en nutrientes que desencadenan en un bloom fitoplanctónico, con el consiguiente aumento en la concentración de clorofila-a.

Dicho esto, es cierto que existen picos máximos y mínimos de turbidez que no tienen sus homólogos en la serie de clorofila-a, como ocurre por ejemplo en noviembre de 2006 o diciembre 2011 y cuyo origen podría estar vinculado, entre otras razones, a una turbidez debida a los aportes de sedimentos debido a descarga de los ríos.

Si se analiza el comportamiento mensual del parámetro a lo largo del año promedio de la serie histórica de datos disponibles, se observa que los meses de la estación de otoño e invierno son los que registran mayor turbidez, incentivados en parte por la presencia de vientos al comienzo del otoño, iniciando así el proceso de mezcla de las masas de agua y también el incremento en la concentración de clorofila que se produce con los blooms de fitoplancton (especialmente al principio de la primavera). Las aguas más transparentes suelen obtenerse en verano.

Con los datos de la media estacional desde 2000 hasta 2018, puede decirse que, exceptuando el año 2000, en el que se han registrado los valores de turbidez más elevados de la serie, el agua que baña las costas andaluzas ha aumentado su transparencia especialmente durante los meses de verano (excepto en verano de 2003), también en los meses otoñales (exceptuando 2010). Sin embargo, si se comparan los datos del parámetro k490 obtenidos durante los inviernos y primaveras de la serie histórica, no se reconoce esa tendencia a la disminución de la turbidez, incluso podría intuirse un aumento en los últimos años, sobretodo en la primavera de 2012 y 2013, y algo menor en la primavera de 2014 y 2015, en el año 2016 se alcanzaron valores muy similares a los obtenidos en el año 2000 para la estación de invierno y primavera, y en el año 2017 junto con el año que nos ocupa (2018) los valores alcanzados durante todos los meses están muy cercanos a la media histórica.

Tomando como referencia las diferencias del coeficiente de atenuación difusa medio mensual para cada año respecto a la media mensual histórica, la tendencia general de las anomalías parece estar dirigida a una ligera disminución del coeficiente de atenuación difusa a partir de 2002, con anomalías predominantemente de signo negativo, además de observarse un suavizado en los valores extremos, tendiendo a regularse el k-490 hacia un comportamiento medio, próximo al obtenido con el cálculo de la media histórica (2000-2018), como se puede

observar en el año que nos ocupa (2018).

Para la cuenca Atlántica, la turbidez aumenta hacia la costa, presentando los valores más elevados en la desembocadura de los principales ríos. También se observan valores altos, sobre todo coincidentes con el final del invierno o principios de primavera, en las costas del Algarbe y el Alentejo portugués, coincidente con el afloramiento de aguas frías y ricas en nutrientes que enriquecen la capa superficial de la costa sur de Portugal. En la zona mediterránea, sin embargo existe mayor variabilidad espacial, no presentando un patrón tan marcado como en el caso del Atlántico.

12. Método de cálculo

Este indicador se calcula, por un lado, a partir de las temperaturas medias mensuales de la superficie marina para cada año de la serie temporal y, por otro, a partir de la climatología, entendiéndose como tal el promedio de K-490 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 k490 Medio Mensual.

Promedio mensual de k490 a partir de los valores diarios. Como resultado se alcanza un valor para cada mes, pudiéndose establecer diferencias cuantitativas entre unos años y otros.

$$\left(\sum_{i=1}^n k490 / n \right) = \text{Índice de k490 medio mensual, siendo } n \text{ el número de imágenes disponibles al mes.}$$

- Índice de k490 medio mensual histórico.

Promedio de k490 para cada mes a lo largo de la serie temporal.

$$\left(\sum_{i=1}^n k490 \text{ medio mensual} / n \right) = \text{Índice de Climatología, siendo } n \text{ el número de años de la serie temporal.}$$

- Índice de Anomalías.

Diferencia de k490 entre la media mensual para cada año y la media climatológica de la serie.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(k490 \text{ medio mensual} - k490 \text{ climatología} \right)_{ij} = \text{Índice de Anomalías, siendo } n \text{ el número de meses del año, } m \text{ el número total de la serie de años, considerando el primer año el 2000.}$$

13. Aclaraciones conceptuales

- **Fitoplancton**: 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:** promedio de la temperatura superficial del 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.
 - **Coeficiente K-490:** representa el rango dentro del cual la luz a la longitud de onda de 490 nm es atenuada con la profundidad. Por tanto, el coeficiente de atenuación difusa a 490 nm (K490) puede considerarse como un estimador de la claridad o turbidez del agua, al medir la capacidad de penetración de la radiación solar incidente en ella. Por ejemplo, un k490 de 0,1m⁻¹ significa que la intensidad de la luz se reducirá dentro de los 10 primeros metros de agua, es decir, la profundidad a la que se producirá la atenuación de la luz será de 10 m. Valores mayores de K490 significan una profundidad de atenuación menor y una menor claridad del agua del océano.
-

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/
- [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/>