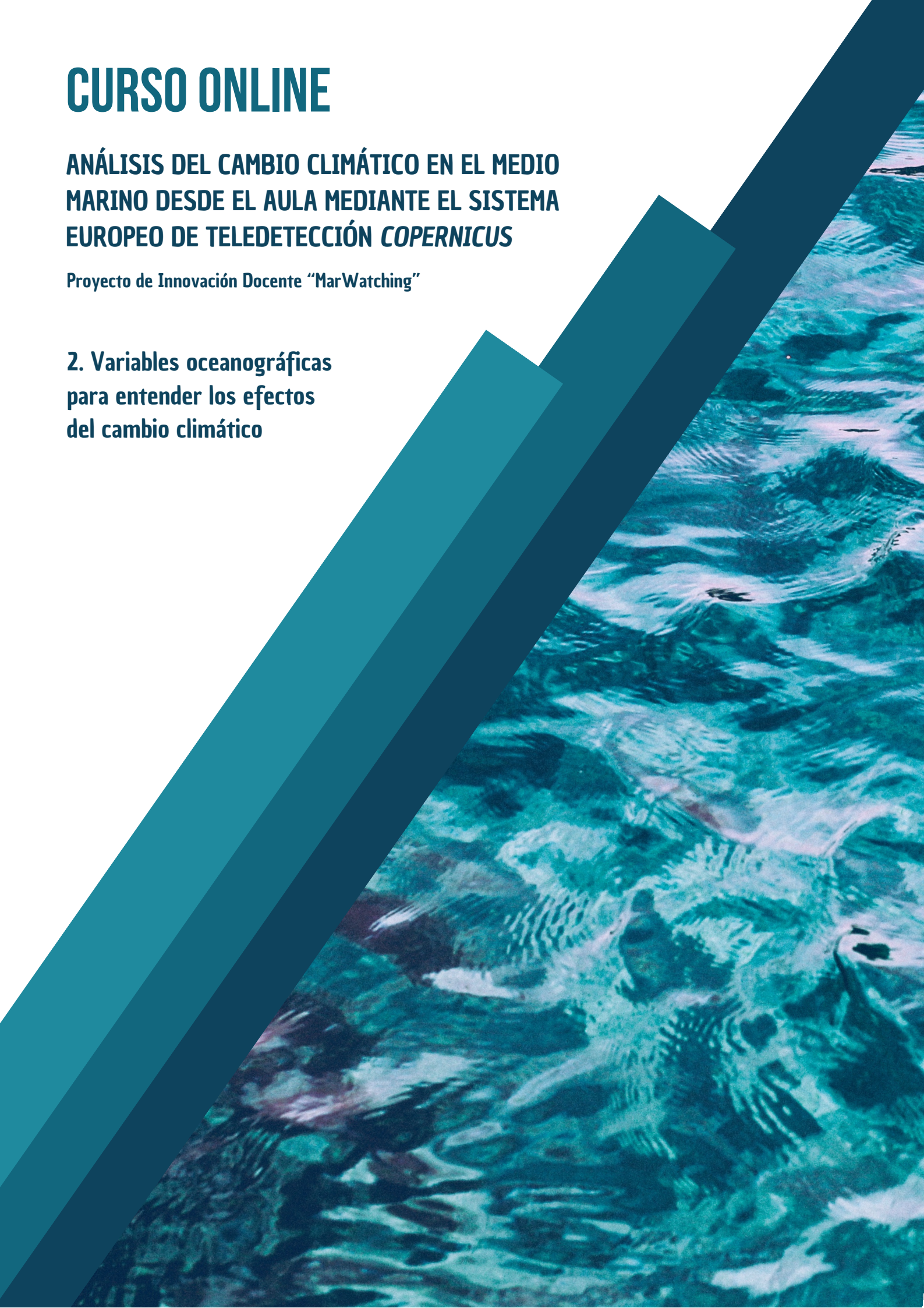


CURSO ONLINE

ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MEDIO MARINO DESDE EL AULA MEDIANTE EL SISTEMA EUROPEO DE TELEDETECCIÓN *COPERNICUS*

Proyecto de Innovación Docente “MarWatching”

2. Variables oceanográficas para entender los efectos del cambio climático



Título: Análisis del cambio climático en el medio marino desde el aula mediante el sistema europeo de teledetección *Copernicus*. Proyecto de Innovación Docente "MarWatching".

Financiado por: Redes de Calidad, Innovación e Investigación en Docencia Universitaria. Convocatoria 2021-22. Vicerectorat de Transformació Digital. Institut de Ciències de l'Educació.

Autores y autoras: Sánchez Jerez, Pablo [1]; Fernandez-Gonzalez, Victoria [2]; Forcada Almarcha, Aitor [3]; Martínez García, Elena [4]; Yagüe de Santos, Sara [5]; Ibáñez Homedes, Sofía [6]; Ballester Berman, Josep David [7].

[1] Universidad de Alicante, psanchez@ua.es

[2] Universidad de Alicante, victoria.fernandez@ua.es

[3] Universidad de Alicante, forcada@ua.es

[4] IES Mare Nostrum, e.martinezgarcia3@edu.gva.es

[5] Universidad de Alicante, syds1@alu.ua.es

[6] Universidad de Alicante, sih5@alu.ua.es

[7] Universidad de Alicante, davidb@ua.es

Maquetación: Clara Megias Baños

Citar el documento: Sánchez Jerez, Pablo; Fernandez-Gonzalez, Victoria; Forcada Almarcha, Aitor; Martínez García, Elena; Yagüe de Santos, Sara; Ibáñez Homedes, Sofía; Ballester Berman, Josep David. 2022. Capítulo 2: Variables oceanográficas para entender los efectos del cambio climático. En: Análisis del cambio climático en el medio marino desde el aula mediante el sistema europeo de teledetección Copernicus. Vicerectorat de Transformació Digital. Institut de Ciències de l'Educació. Redes de Calidad, Innovación e Investigación en Docencia Universitaria. Universidad de Alicante.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



ÍNDICE

1. Conceptos básicos sobre cambio climático
2. Variables oceanográficas para entender los efectos del cambio climático
3. Base de datos de *Copernicus*
4. Tutorial para el uso de la herramienta *MyOcean*

2. VARIABLES OCEANOGRÁFICAS PARA ENTENDER LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

2.1. Incremento de la temperatura en la atmósfera y en las aguas superficiales	Página 4
2.2. Efecto del incremento de la concentración de CO ₂ en la atmósfera	Página 6
2.3. Efecto de los vientos sobre la superficie de los océanos	Página 7
2.4. Producción biológica de los océanos	Página 9
2.5. Cambio climático y casquetes polares	Página 11



En la conexión de la atmósfera con el océano se producen los cambios de calor y de energía que provocan alteraciones en el clima, a través de modificaciones en la evaporación, precipitación y régimen de vientos. Debido a la alta capacidad de absorción de calor por parte del océano, una parte del calentamiento de la atmósfera debido al efecto invernadero pasa a esta gran masa de agua. Pero otros sectores del océano pierden a su vez este calor en otras partes, por lo que se genera un reparto a nivel planetario, siendo el océano una gran reserva de la energía procedente del sol. Por otra parte, en esta estrecha conexión entre la atmósfera y el océano se promueve el intercambio de gases, como puede ser el CO₂, que se intercambia entre los diferentes fluidos dependiendo de su concentración. Además, hay que tener en cuenta que los vientos inciden sobre la superficie del océano mezclando las primeras decenas o centenas de metros de agua, homogeneizando sus características físicas y químicas. A lo largo del tiempo, los patrones espaciales y estacionales han mantenido una cierta estabilidad predecible, pero desde la era postindustrial, con el calentamiento global se han producido desajustes importantes en estos balances de calor y energía, que se detectan en cambios a nivel planetario. A continuación se van a explicar de forma resumida las variables oceanográficas que podrán ser estimadas con la base de datos de *Copernicus*.

2.1. INCREMENTO DE LA TEMPERATURA EN LA ATMÓSFERA Y AGUAS SUPERFICIALES

El **contenido de calor** del océano es la cantidad de calor absorbido y almacenado por el océano. Afecta a todo el océano, por ejemplo, la temperatura, la fauna y la flora marina, la acidez, la extensión del hielo marino, etc. Una temperatura oceánica alta puede desarrollar un clima extremo. Los ciclones, por ejemplo, se desarrollan cuando la temperatura del mar es superior a 26.5°C a 60 metros de profundidad.

Es un indicador clave de la salud de los océanos y puede usarse para vigilar el cambio climático y el calentamiento global. A mayor cantidad de calor en la atmósfera, en comparación con el océano circundante, más calor se absorbe por este último, y viceversa. Esto está relacionado con la evaporación, la precipitación y el desarrollo de corrientes marinas, que dependen del cambio latitudinal de la temperatura y la salinidad.

VARIABLES RELACIONADAS

A) TEMPERATURA

La temperatura de la superficie del mar es consecuencia de la radiación solar, junto con la dinámica de los océanos y la atmósfera y del intercambio de calor, y mide la **cantidad de calor en el agua** mediante algún tipo de termómetro. Se utiliza para evaluar el cambio climático y los eventos extremos. El calor absorbido por el océano tiene un gran impacto en los ecosistemas. Más del 90% de la energía térmica atrapada en la atmósfera terrestre que proviene de las actividades humanas es absorbida por el océano. Las unidades de medida son los grados kelvin (K) o los grados centígrados (C°).

B) SALINIDAD

Es la **concentración de sal** en el agua de mar como resultado de la evaporación, la precipitación y la escorrentía. Es importante conocer la salinidad para entender el ciclo del agua y su importancia en los ecosistemas. La salinidad varía según las regiones; por ejemplo, el mar Mediterráneo cada año es más salado que el océano Atlántico debido a la evaporación del agua. La salinidad influye en la densidad del agua y, por tanto, ayuda a regular el hundimiento y el resurgimiento de las masas de agua. La salinidad juega un papel importante en la distribución de organismos marinos, sobre todo en las zonas de transición entre el agua dulce y el agua salada, como en la zona de desembocadura de los ríos.

2.2. EFECTO DEL INCREMENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN LA ATMÓSFERA

El **carbono** es un elemento químico muy abundante en la naturaleza, tanto en los seres vivos como en el mundo mineral y en la atmósfera. El océano actúa como un sumidero para el exceso de dióxido de carbono (CO₂) producido por las actividades humanas. Esto amortigua los efectos del calentamiento atmosférico que se habría producido si el CO₂ se hubiera dejado en la atmósfera, sin embargo, desencadena un cambio químico en el océano. Este proceso se llama acidificación del océano.

Por **acidificación del océano** se entiende el efecto derivado de la disminución continua del pH de los océanos de la Tierra debido a la disolución de dióxido de carbono (CO₂) de origen humano en el agua del mar. Este CO₂ es producido y liberado a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles, y se ve agravado por la deforestación. Se considera un factor de estrés para una gran cantidad de organismos, ya que dificulta la fotosíntesis, la respiración, la calcificación y la reproducción, entre otras cosas.

VARIABLES RELACIONADAS

A) CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN AGUAS SUPERFICIALES

Los océanos albergan el 93 % del CO₂ mundial y van **absorbiendo** parte de este gas, que se va emitiendo por parte de las actividades humanas. Su respuesta es relativamente lenta y muy variable a lo largo de la superficie de los océanos.

B) PH

El pH es una medida de **acidez o alcalinidad** de una disolución acuosa, indicando la concentración de iones de hidrógeno presentes. Valores más bajos, por debajo de 7, que es el pH neutro, indican situaciones de acidez, y por encima de 7, de alcalinidad.

2.3. EFECTO DE LOS VIENTOS SOBRE LA SUPERFICIE DE LOS OCÉANOS

La incidencia de los vientos sobre los océanos produce el **movimiento horizontal del agua** en forma de corrientes marinas y de oleaje. Los vientos son corrientes de aire producidas en la atmósfera por causas naturales, como diferencias de presión o temperatura. La fuerza del viento afecta a la dinámica del océano, la mezcla del agua y la evaporación del agua. Los vientos marinos dan forma al océano y provocan olas masivas. También son responsables de la circulación del giro oceánico. Los vientos superficiales combinados con otras fuerzas atmosféricas, incluidas la energía solar, la tasa de precipitación y la tasa de evaporación, entre otras, son responsables del movimiento de las masas de agua en el océano, generando corrientes oceánicas.

Los movimientos del agua juegan un papel importante en el clima de muchas regiones del planeta. Las **corrientes superficiales** son impulsadas por el viento y transportan calor y energía. Un ejemplo es la corriente del Golfo, en el Atlántico, donde las aguas son impulsadas por el viento y la rotación de la Tierra. Es una corriente superficial cálida y rápida que transporta gran cantidad de agua y calor desde las regiones tropicales a las regiones subpolares más frías. Este proceso es importante para mantener el equilibrio térmico del planeta. La **circulación oceánica profunda** es el resultado de una serie de factores, incluidas las variaciones de temperatura y salinidad en las masas de agua, las mareas, etc. La corriente circumpolar antártica es la corriente oceánica más grande ubicada en el océano austral. Trae aguas frías ricas en nutrientes desde las profundidades del océano a su superficie. Las **olas** son la deformación de la superficie del mar provocada por el roce del viento, que se propagan en trenes de ondas (olas). Existen otros tipos de olas oceánicas como las olas internas, las mareas y los tsunamis. La dirección y altura de las olas son variables importantes que se utilizan para conocer las condiciones del mar, y rastrear con precisión tifones y tormentas. Este aspecto es muy relevante desde el punto de vista económico, ya que afecta a actividades como la pesca o el transporte marítimo, y puede llegar a destruir infraestructuras costeras o áreas habitadas.

2. VARIABLES OCEANOGRÁFICAS

En la vertical, al agitarse la superficie de océano por los vientos y el oleaje, se produce una **capa de mezcla** (Fig. 1). La capa de mezcla se encuentra en la superficie oceánica, y puede ser entre de decenas a centenares de metros de profundidad, y sus características oceanográficas, como la temperatura y la salinidad, son casi uniformes debido a la homogenización ocasionada por el efecto de las corrientes de viento y las olas del océano. Es una capa en estrecha relación con la atmósfera, y es donde el océano capta calor del sol y ayuda en la regulación del clima. La capa de mezcla también regula la cantidad de luz y los nutrientes que se distribuyen en esta parte superficial del océano, afectando al plancton y a la cadena alimentaria. Además, el incremento de la profundidad de la capa de mezcla facilita el intercambio con el océano más profundo.



Fig. 1 - Esquema capa de mezcla: interacción superficie marina y viento. Fuente: elaboración propia.

VARIABLES RELACIONADAS

A) PROFUNDIDAD DE LA CAPA DE MEZCLA

Profundidad medida en metros, donde la densidad del agua es homogénea, estimada a partir de la temperatura y la salinidad.

B) VELOCIDAD DE CORRIENTE

Desplazamiento en una determinada dirección y sentido de las partículas del agua, medida en metros por segundo .

C) ALTURA DE OLEAJE

Distancia vertical entre el seno y la cresta de la ola, medida en metros.

2.4. PRODUCCIÓN BIOLÓGICA DE LOS OCÉANOS

El funcionamiento de los ecosistemas depende de la capacidad que tienen de producir materia orgánica a partir de la energía del sol y de elementos inorgánicos: carbono en forma de CO_2 y de nutrientes inorgánicos como son sales de nitrógeno (N), fósforo (P) y hierro (Fe), por parte de los productores primarios mediante la fotosíntesis. Estos últimos elementos son considerados como **nutrientes**, ya que son escasos en el medio marino, y de su presencia depende la producción primaria.

El principal productor primario del medio marino es el fitoplancton, siendo el primer nivel de la cadena alimenticia. El fitoplancton es un conjunto de algas unicelulares que sintetizan materia orgánica a través de la fotosíntesis. Sus cambios en la **producción primaria** a lo largo de los océanos va a determinar cómo son los ecosistemas en términos de cantidad y tipo de consumidores, como es el zooplancton o el micronecton.

El **zooplancton** está formado por pequeños animales cuya capacidad de natación no puede contrarrestar a las corrientes oceánicas. Estos organismos, principalmente copépodos, se alimentan básicamente de fitoplancton, y forman el segundo nivel de la cadena alimenticia. El **micronecton** está formado por peces, crustáceos y moluscos de pequeño tamaño, entre 1 y 10 centímetros aproximadamente, que se alimentan básicamente de zooplancton. Estos organismos pueden nadar y migrar en la columna de agua hacia la superficie, y juegan un importante papel en la red trófica. Conociendo la distribución del micronecton se puede explicar el movimiento de mayores depredadores marinos que son de interés pesquero.

Un aspecto interesante de la producción primaria por parte del fitoplancton es la producción de oxígeno. El **oxígeno** es un elemento químico presente en todos los seres vivos, y es esencial para la respiración y para los procesos de combustión; forma parte del agua y constituye casi una quinta parte del aire atmosférico en su forma molecular O_2 .

El oxígeno es una variable clave para vigilar el impacto del cambio climático en los océanos. La concentración de oxígeno disuelto depende de la temperatura. Por ejemplo, las aguas más cálidas contienen menos oxígeno. Los organismos marinos están adaptados a ciertos niveles de oxígeno en las aguas del océano, y variar esa concentración puede dañarlos.

VARIABLES RELACIONADAS

A) CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-A

La clorofila-a es un pigmento verde que se encuentra en la mayoría de los productores primarios, como el fitoplancton. Es necesaria para realizar la fotosíntesis, permitiendo a las plantas que generen materia orgánica a partir de materia inorgánica con la energía de la luz. Su concentración en aguas superficiales se mide a partir de la medición por satélite del color del océano, y sirve para estimar la producción primaria de una zona. Se mide en miligramos por metros cúbicos de agua.

B) MASA DE ZOOPLANCTON

Cantidad de zooplancton calculado como gramos por metro cuadrado en una determinada masa de agua.

C) MASA DE MICRONECTON

Cantidad de micronecton calculado como gramos por metro cuadrado en una determinada masa de agua.

2.5. CAMBIO CLIMÁTICO Y CASQUETES POLARES

Uno de los efectos más patentes del cambio climático es la reducción de la cantidad de hielo marino debido al incremento de las temperaturas, tanto en invierno como en verano. Este efecto es muy patente en el océano Ártico y en muchos glaciares que desembocan en el mar. Por una parte se debe entender que el **hielo marino** es el porcentaje de un área de la superficie marina cubierta por hielo. Esta es la principal variable monitoreada por satélites y modelos numéricos desde 1970, y nos ayuda a comprender el cambio en la cobertura de hielo marino ártico, antártico y báltico. El espesor del hielo hace referencia al volumen de hielo y permite vigilar la cantidad de hielo marino que es más sensible al cambio climático en el Ártico. Por otra parte, se generan **icebergs oceánicos**, que son grandes masas de hielo flotante desprendidas de los polos, que sobresalen en parte de la superficie del mar. La vigilancia de la concentración de los icebergs permite la detección de icebergs más pequeños en alta mar, particularmente importante en el sur de Groenlandia debido al calentamiento global. Los icebergs se desprenden de las plataformas de hielo con mayor frecuencia y se desplazan hacia el océano abierto, lo que influye en la seguridad de las rutas marítimas de las regiones polares.

Un aspecto de estos cambios en la cubierta de hielo en los polos es el efecto que pueden tener sobre el **nivel del mar**. Hay que entender que el cambio en el nivel del mar depende, por una parte, del aporte de agua por el hielo que no se encuentra flotando y, por otra, de la dilatación del agua de mar debido al incremento de su temperatura. El nivel del mar representa la elevación del océano en relación con su nivel de reposo, conocido como geoide. Es un parámetro difícil de estimar en el océano, ya que no es homogéneo; por ejemplo, existen los afloramientos costeros, donde la acción del viento genera un fenómeno de ascensión de aguas profundas a la superficie y el nivel del mar sube de manera puntual. Sin embargo, en zonas costeras sí se pueden determinar sus cambios fácilmente al tener al continente como referencia. Su incremento puede afectar gravemente a la población de regiones costeras y ecosistema litorales.

VARIABLES RELACIONADAS

A) ÁREA DE HIELO MARINO

Cobertura de hielo marino en un momento dado.

B) ESPESOR DE LA CAPA DE HIELO MARINO

Anchura del hielo marino, calculado en metros.

C) ALTURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR SOBRE EL GEOIDE

Altura del nivel del mar en una determinada región sobre el nivel medio del mar en reposo, medida en metros.