



INFORME TÉCNICO:

Caracterización de los productos de OLCI LEVEL 2 WFR de SENTINEL 3: *Concentración de pigmento de algas (CHL); Concentración total de materia en suspensión (TSM_{NN}); Coeficiente de atenuación difusa (KD490)*

Proyecto: Aplicación e integración de tecnologías de información y nuevas herramientas biotecnológicas, para el monitoreo colaborativo de lagos, que asegure la conservación del recurso hídrico, resguarde la salud humana, animal y contribuya al desarrollo integral de la Región.

Código BIP 4018207-0

Introducción

El presente informe corresponde a la 3ra y 4ta etapa del objetivo número cuatro del proyecto FIC Más azul: “Evaluar la utilización de la teledetección como técnica para el monitoreo de calidad de agua de cuerpos lacustres”, el cual da cuenta de los principales elementos teóricos y características de tres productos del WFR/OLCI Level 2 de SENTINEL 3, que son Concentración de pigmento de algas (CHL), Concentración total de materia en suspensión (TSM_NN) y Coeficiente de atenuación difusa (KD490).

Los productos de Concentración de pigmento de algas (CHL) y Concentración total de materia en suspensión (TSM_NN), corresponden a índices basados en las propiedades ópticas inherentes de los cuerpos de agua (Torres-Pérez y McCullum, 2020), los cuales depende básicamente del medio en que se encuentren, para su cálculo utiliza principalmente zonas del visible en el espectro electromagnético entre los 400 nm (nanómetros) a los 762.5 nm aproximadamente.

Mientras tanto el Coeficiente de atenuación difusa (KD490) es un índice basado en las propiedades ópticas aparentes (Torres-Pérez y McCullum, 2020), las cuales depende tanto del medio como de la luminosidad ambiental, este índice se obtiene principalmente de la zona del azul en el visible del espectro electromagnético, específicamente a los 490 nm.

Para los tres productos se encuentran definidas sus unidades de medidas, pero en cuanto a los rangos máximos y mínimos no se encuentran definidas para el Coeficiente de atenuación difusa (KD490).

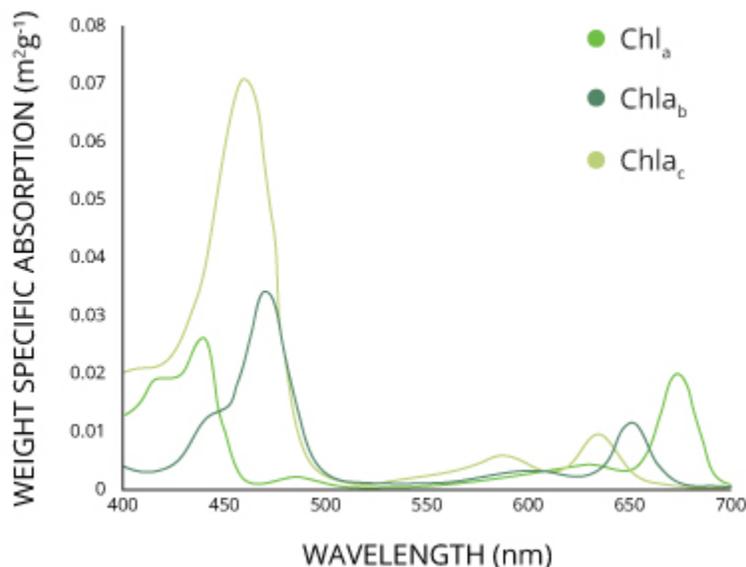
Los tres índices necesitan idealmente un proceso de validación o corrección en base al comportamiento específico del Lago Llanquihue, lo cual podría variar según su zona y estacionalidad.

Concentración de pigmento de algas / Algal Pigment Concentration (CHL)

En general la variabilidad de la productividad primaria del fitoplancton en cuerpos de agua depende de varios factores ambientales, como por ejemplo luminosidad, nutrientes inorgánicos, temperatura, materia orgánica, mareas, vientos, procesos de estratificación entre otros (Reyes, 1999).

En cuanto a los índices de concentración de clorofila obtenidos mediante satélites, identifican este pigmento en plantas, algas y fitoplancton, para ello dependen de la segmentación del espectro electromagnético que posea el sensor satelital y que principalmente sea en el visible e infrarrojo cercano, donde este pigmento tiene un peak alrededor de los 450 nm y los 490 nm (Figura 1), además de acuerdo a lo señalado por Torres-Pérez y McCullum (2020) el fitoplancton (Chl a) absorbe fuertemente en las regiones del azul y rojo del espectro electromagnético.

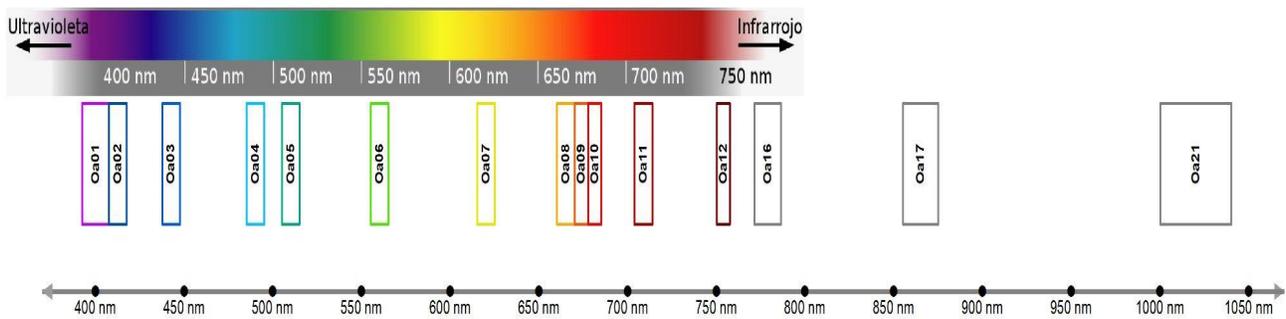
Figura 1. Comportamiento espectral de la clorofila



Fuente: Fondriest Environmental (2014)

Además de las bandas también depende del algoritmo utilizado, en el caso del SENTINEL 3 puede derivar de dos algoritmos el OC4ME y el Neural Network, según la guía técnica del Sentinel-3 OLCI para el caso del producto CH_OC4ME del WFR OLCI Level 2 utiliza 4 bandas que corresponde al espectro electromagnético entre los 443 nm y 560 nm (Oa3 a Oa6), mientras que el producto CHL_NN utiliza 12 bandas (figura 2) que corresponden al espectro electromagnético entre los 400 nm a 753.75 nm (Oa1 a Oa12) desde el borde azul al inicio del infrarrojo cercano, adicionalmente utiliza para corrección atmosférica, nubosidad y aerosoles las bandas Oa16 (778.75 nm), Oa17 (865 nm), Oa21 (1020 nm) (ESA 200-2021).

Figura 2. Bandas Sentinel 3 OLCI para calculo CHL_NN



Fuente: Elaboración propia en base a ESA (2000-2021)

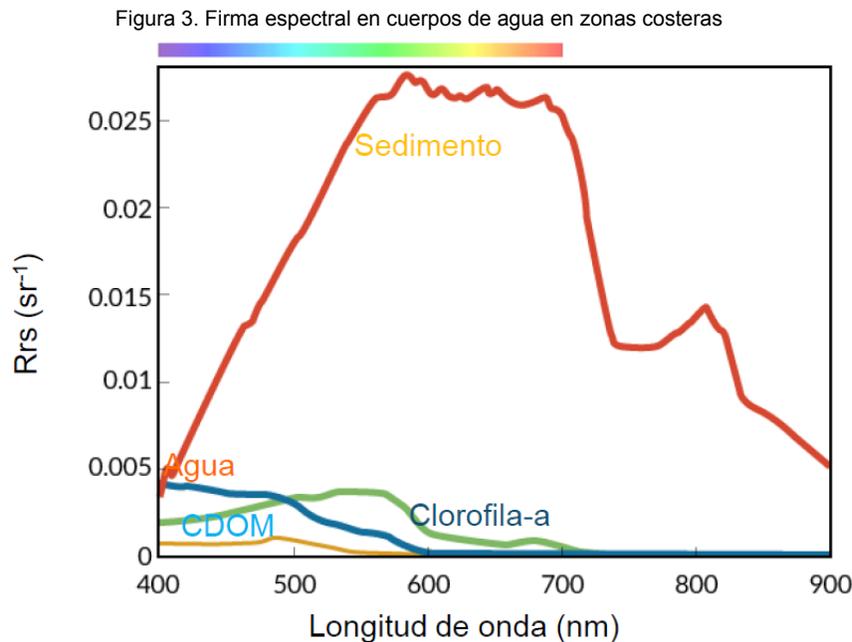
En cuanto a los valores obtenidos en este producto, estos se encuentran en un rango de 0 a 100 mg/m^3 , donde a valores más altos van a representar posibles floraciones de algas o si fuese el caso de comparaciones de imágenes se podría obtener las variaciones estacionales con respecto a las floraciones de algas nocivas.

Sin embargo, de acuerdo a Shen, Wu y Guo (2012) se debe considerar una validación - corrección en terreno debido a que se dificulta detectar floraciones de algas nocivas en capas delgadas, pero es eficiente con floraciones de algas nocivas con alta carga de biomasa.

Adicionalmente según Merchán (2018) para la definición de los rangos promedio de concentración de clorofila se debe considerar el comportamiento temporal y clasificación del estado trófico del cuerpo de agua (Ultra Oligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Hipereutrófico).

Concentración total de materia en suspensión / Total Suspended Matter Concentration (TSM_NN)

El índice de concentración de materia en suspensión identifica la carga sedimentaria presente en el cuerpo de agua, la cual también de acuerdo a lo señalado por Doerffer (2010) y Torres-Pérez y McCullum (2020) es parte de las propiedades ópticas espectrales inherentes que son captadas por el sensor satelital principalmente en el rango visible y parte del infrarrojo cercano. Adicionalmente Torres-Pérez y McCullum (2020) señalan que los sedimentos poseen una fuerte reflectancia en los cañones del verde y rojo (Figura 3).



Fuente: Torres-Pérez y McCullum (2020).

El algoritmo utilizado para obtener el producto TSM_NN del WFR OLCI Level 2, también utiliza 12 bandas (figura 2) que corresponden al espectro electromagnético entre los 400 nm a 753.75 nm (Oa1 a Oa12) desde el borde azul al inicio del infrarrojo cercano, adicionalmente utiliza para corrección atmosférica, nubosidad y aerosoles las bandas Oa16 (778.75 nm), Oa17 (865 nm), Oa21 (1020 nm) (ESA 200-2021).

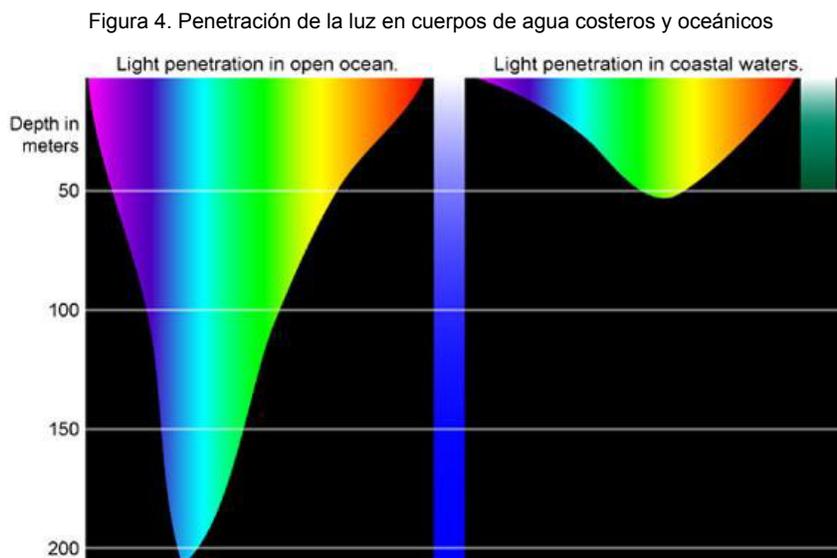
En cuanto a los valores obtenidos en el producto producto TSM_NN estos se encuentran en un rango de 0 a 100 g/m³, donde a valores más altos corresponden a una mayor cantidad de sedimentos por metro cúbico.

Cabe señalar que existen diferencias en los rangos de clasificación de este índice, si se trata de aguas oceánicas, costeras o interiores, ya que estos dos últimos también dependen de los cursos de agua que le tributan y su descarga permanente o temporal. Es por ello que se deben acompañar idealmente con estudios comparativos entre diferentes estaciones, complementarios con respecto a su sistema hídrico y acompañados de trabajo en terreno.

Coeficiente de atenuación difusa / Diffuse Attenuation Coefficient (KD490)

A diferencia de los índices anteriores, el coeficiente de atenuación difusa (KD490) es parte de las propiedades ópticas aparentes, ya que según Torres-Pérez y McCullum (2020): “*son fáciles de medir pero complejas en su interpretación, ya que dependen del medio como también de la estructura geométrica del campo luminoso ambiental*”. Este coeficiente estima la irradiancia descendente, lo que quiere decir que deduce por estimaciones de radiancia el flujo incidente por una unidad de área, esto lo realiza principalmente en los 490 nm, en la zona del azul del espectro visible.

Por lo cual en esencia mide la penetración de la luz en los cuerpos de agua, pero este coeficiente no solo depende de las características del cuerpo de agua, como podría ser al comparar la penetración de la luz en aguas oceánicas y costeras (Figura 4), si no que también depende de la variabilidad estacional de la radiación incidente (tanto en cantidad como en el ángulo de incidencia), básicamente la luz solar que llega al cuerpo de agua, la que es reflejada y captada finalmente por el sensor satelital según las estaciones del año.



Fuente: Torres-Pérez y McCullum (2020).

El algoritmo utilizado para obtener el producto KD490 del WFR OLCI Level 2, utiliza dos bandas las denominadas como Oa4 (490 nm) y Oa6 (560 nm), lo que corresponde a la zonas del azul y verde del rango visible del espectro electromagnético (ESA 200-2021).

En cuanto a los valores obtenidos en el producto producto KD490 estos se encuentran expresados en m^{-1} , lo que quiere decir metros de profundidad, sin tener un rango mínimo o máximo definido en la guía técnica del Sentinel-3 OLCI.

Síntesis

En Tabla 1 se muestran las principales características descritas anteriormente, como en los tres productos se encuentran definidas sus unidades de medidas, pero en cuanto a los rangos máximos y mínimos no se encuentran definidas para el Coeficiente de atenuación difusa (KD490)

Tabla 1. Síntesis de características de Concentración de pigmento de algas (CHL); Concentración total de materia en suspensión (TSM_NN); Coeficiente de atenuación difusa (KD490)

Nombre producto o índice	Abreviación producto o índice	Bandas OLCI utilizadas	Unidad de medida	Rango
Concentración de pigmento de algas	CHL_NN	Oa1 (400 nm) a Oa12 (753.5 nm) - Oa16 (778.75 nm) - Oa17 (865 nm) - Oa21 (1020 nm)	mg/m ³	0 - 100
Concentración total de materia en suspensión	TSM_NN	Oa4 (490 nm) - Oa6 (560 nm)	g/m ³	0 - 100
Coeficiente de atenuación difusa	KD490		m ⁻¹	----

Fuente: Elaboración en base a ESA (200-2021)

Recomendaciones

Para el caso del monitoreo de la calidad de agua del Lago Llanquihue a través de estos índices obtenidos mediante sensor OLCI de SENTINEL 3, se hace necesario entender el comportamiento anual que tiene el cuerpo de agua además de validar o corregir los valores mediante trabajo en terreno, este último es un punto sensible sobretodo que las mediciones disponibles en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) solo se realizan dos veces al año (marzo y agosto) y el último informe disponible tiene fecha 2019 que corresponde a campañas entre el 2017 y 2018.

Debido a esta disminuida cantidad de datos tomados en terreno, es que se recomienda inicialmente poder realizar un seguimiento e identificar mediante los productos o índices del WFR/OLCI Level 2 de SENTINEL 3 el comportamiento anual del Lago Llanquihue.

Referencias

Doerffer, R- 2010. OLCI Level 2. Algorithm Theoretical Basis Document Ocean Colour Turbid Water. Recuperado de https://www-cdn.eumetsat.int/files/2020-04/pdf_s3_l2_atbd_ocean_col_turbid_water.pdf

European Space Agency (ESA). 2000-2021. Sentinel Online. Recuperado de <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-3-olci>

Fondriest Environmental, Inc. "Algae, Phytoplankton and Chlorophyll." Fundamentals of Environmental Measurements. 22 Oct. 2014. Recuperado de <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/algae-phytoplankton-chlorophyll/>

Merchán, Z. 2018. Identificación espacio temporal de clorofila- α mediante imágenes de satélite en sistemas acuáticos. Tesis para optar al título de Ingeniero Ambiental. Escuela de Ingeniería Ambiental. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Reyes, A. 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias. CICIMAR Instituto Politécnico Nacional. 150 páginas

Shen, Li, Huiping Xu, and Xulin Guo. 2012. Satellite Remote Sensing of Harmful Algal Blooms (HABs) and a Potential Synthesized Framework. *Sensors* 12 (6): 7778–7803. <https://doi.org/10.3390/s120607778>.

Torres-Pérez, J., McCullum, A. 2020. Teledetección de Ecosistemas Costeros. Presentación 25 de agosto - 8 de septiembre Programa ARSET NASA.