



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA



Ecological Status of AQuatic
systems with Sentinel satellites

El proyecto ESAQS (Ecological Status of AQuatic systems with Sentinel satellites) de la Universidad de Valencia

Jesús Delegido, Eduardo Vicente, Juan M. Soria, Ramón Peña, Marcela Pereira-Sandoval, José Moreno



Ecological Status of AQUatic
systems with Sentinel satellites

- 1. Introducció**
- 2. Equipo investigador**
- 3. Objetivos**
- 4. Parámetros en estudio**
- 5. Lagos y embalses seleccionados**
- 6. Metodología**
- 7. Resultados**

1. Introducción

Proyecto “PROMETEO para grupos de investigación de excelencia” de la Generalitat Valenciana.

Enero (efectivo desde noviembre) 2016 – Diciembre 2018

2. Equipo Investigador

Grupo LEO (Laboratorio de Observación de la Tierra) del IPL
(Laboratorio de Procesado de Imágenes)

Director: José Moreno (IP del proyecto)

Investigadores: Jesús Delegido, Antonio Ruiz-Verdú, Ramón Peña Martínez, Carolina Tenjo Gil, Marcela Pereira-Sandoval, Esther Patricia Urrego

Grupo de Ecología del Departament Microbiologia i Ecologia,
Fac. C. Biològiques

Director: Eduardo Vicente

Investigadores: Rosa Miracle, Juan Miguel Soria, Javier Soria

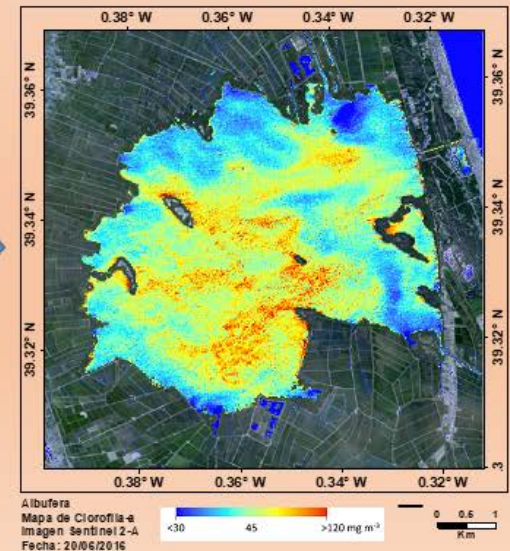
Ente promotor observador: Confederación

Hidrográfica del Júcar, Parque Albufera



3. Objetivos

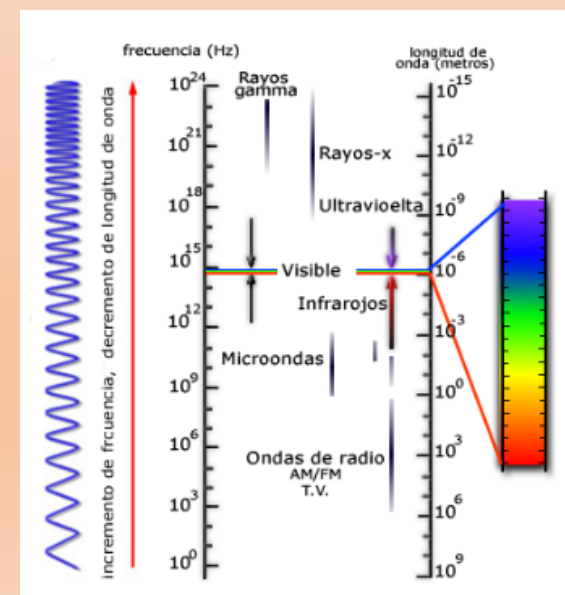
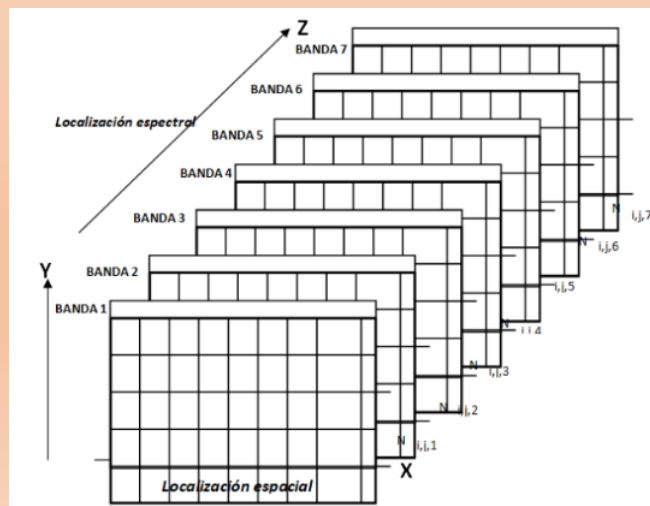
- Desarrollar y validar algoritmos para la **estimación de indicadores ecológicos** de calidad de aguas continentales y costeras a **escala de cuenca hidrográfica**.
- Basados en el uso de los satélites europeos **Sentinel-2** (pixel 10 m, cada 5 días) y **Sentinel-3** (pixel 300 m cada día).



USO DE LA TELEDETECCIÓN

Desde hace más de 40 años se usan imágenes de satélites en estudios científicos para calidad del agua.

Imágenes multiespectrales (varias bandas).



¿QUE HA CAMBIADO EN TELEDETECCIÓN?

Desde hace 4 años están en órbita satélites Sentinel-2 del programa Copernicus.



Es un programa dirigido conjuntamente por la Agencia Espacial Europea (ESA) y por la Unión Europea, que pretende lograr una completa, continua y autónoma capacidad de observación terrestre de alta calidad cuyos resultados sean accesibles **libremente**. Varias familias de satélites Sentinel.

Sentinel 2: 10 m de resolución espacial, cada 5 días.

4. Parámetros en estudio

En aguas continentales:

- Concentración de clorofila-a [Chl-a]
- Materia Orgánica Coloreada Disuelta (CDOM)
- Sólidos en Suspensión (SS)
- Ficocianina
- Profundidad de Disco de Secchi (SD)

En aguas costeras: + praderas de Posidonia
(no se alcanzó este objetivo)



5. Lagos y embalses seleccionados

Amplia variedad de estados tróficos:

- **Albufera de Valencia**
- Embalse de Contreras
- Embalse de Benagéber
- Embalse de Bellús
- Embalse de Tous
- Embalse de Beniarrés
- Embalse de Regajo
- Embalse de Sitjar
- Embalse de María Cristina
- Embalse de Amadorio



6. Metodología

- Campañas de campo, midiendo
 - parámetros en estudio
 - radiometría
 - varios puntos, coincidentes con paso satélite
- Para calibración, generamos bases de datos con el Modelo de Transferencia Hydrolight
- Validación con los datos de campo (nuestros + C.H.Júcar) y espectros Sentinel 2



Datos de teledetección

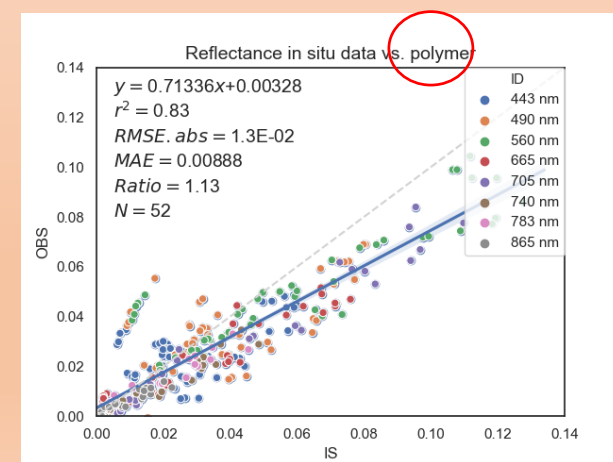
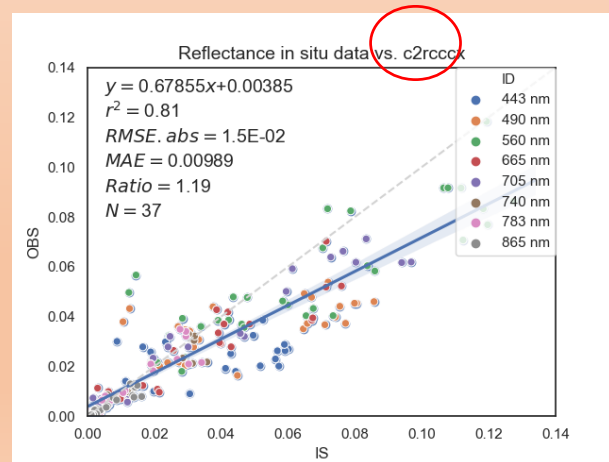
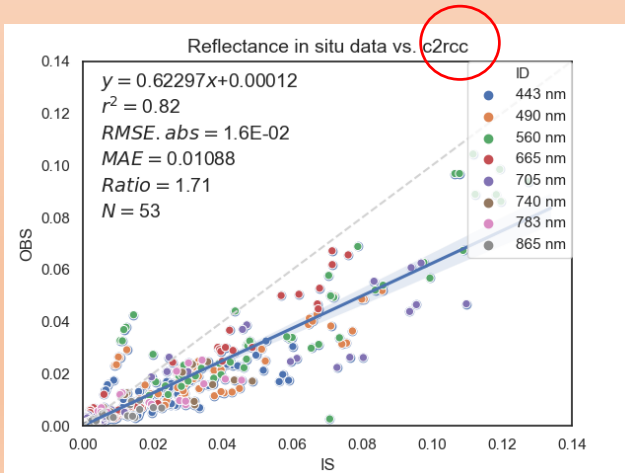
Las imágenes Sentinel-2 en nivel L1-C (reflectividad en el techo de la atmósfera, TOA).

Es necesario eliminar la contribución de la atmósfera: **CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA**



Las imágenes **Sentinel-2** se corrigieron usando **cinco procesadores**:
ACOLITE, Coastal 2 Regional Colour (c2rcc), c2rcc extreme net version (c2rcccx),
POLYMER y Sen2Cor

Análisis estadístico para determinar la mejor correlación entre
Reflectividad in situ (IS) y reflectividad obtenida con cada procesador (OBS)



Source: Pereira-Sandoval et al. 2019

7. Resultados

PUBLICACIONES: 5 artículos + 13 congresos

PÁGINA WEB:

<https://ipl.uv.es/esaqs/>



ESAQS
Ecological Status of Aquatic systems with Sentinel satellites

GENERALITAT VALENCIANA
Conselleria d'Agricultura, Pesca i Medi Ambient

VISION DEL PROYECTO EQUIPO DE TRABAJO EMBALSES MAPAS PUBLICACIONES CONGRESOS

Sobre ESAQS

El seguimiento de la calidad del agua y del estado ecológico de las masas de agua continentales y costeras es un requerimiento de diversas directivas ambientales europeas, como la Directiva Marco del Agua (DMA) y una necesidad para avanzar hacia una gestión integral y sostenible de los ecosistemas acuáticos.

El uso de imágenes obtenidas por satélites de observación de la Tierra y su procesamiento mediante herramientas de teledetección, tiene el potencial de ofrecer una visión sinóptica, objetiva y continua de variables clave e indicadores de ese estado ecológico.

La Generalitat Valenciana, mediante el programa PROMETEO para Grupos de Investigación de Excelencia, concedió a la Universidad de Valencia (2016/032) la subvención para la ejecución del proyecto ESAQS (Seguimiento del estado ecológico de aguas continentales y costeras con los nuevos satélites de Observación de la Tierra).

ESAQS permitirá avanzar en el conocimiento del estado ecológico de las aguas costeras y continentales de la Comunidad Valenciana, centrándose en 4 indicadores clave: concentración de clorofila-a, sólidos en suspensión, materia orgánica y transparencia del agua a partir del potencial ofrecido por los satélites europeos Sentinel-2 de la Agencia Espacial Europea.

La ejecución de las campañas de campo en ESAQS ha sido posible gracias al apoyo de la Confederación Hidrográfica del Júcar y la Oficina Devesa-Albufera.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
COMUNIDAD VALENCIANA
AJUNTAMENT DE VALÈNCIA
SERVEI DE LA DEVESA-ALBUFERA



Science of the Total Environment 698 (2018) 134305

Contents lists available at ScienceDirect
Science of the Total Environment
journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Remote sensing of cyanobacterial blooms in a hypertrophic lagoon (Albufera de València, Eastern Iberian Peninsula) using multitemporal Sentinel-2 images

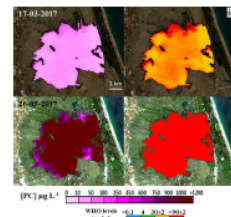
Xavier Sòria-Perpinyà^{a,*}, Eduardo Vicente^b, Patricia Urrego^a, Marcela Pereira-Sandoval^a, Antonio Ruiz-Verdú^a, Jesús Delegido^a, Juan Miguel Soria^b, José Moreno^a

^a Image Processing Laboratory, Universitat de València, C/Carretera José Beltrán Martínez, 2, 46100, Paterna, València, Spain
^b Covadonga Institute of Biodiversity and Evolutionary Biology (ICRBE), Universitat de València, C/Carretera José Beltrán Martínez, 2, 46100, Paterna, València, Spain

HIGHLIGHTS

- Cyanobacterial blooms severely affect water quality for human use.
- Images provided by Sentinel-2, new ESA satellite, can develop algorithms for monitoring.
- Results demonstrate the accuracy of the retrieval algorithm to the Albufera lagoon.
- Distribution of potentially toxic cyanobacteria can be surveilled in lakes and reservoirs.
- Remote sensing allows for observe spatial heterogeneity, impossible with field sampling.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:
Received 31 December 2018
Received in revised form 2 September 2019
Accepted 3 September 2019
Available online 4 September 2019

Keywords:
Remote sensing
Phytoplankton
Toxicity
Water quality
Water management
Sentinel-2

ABSTRACT

Eutrophication in Albufera de Valencia (Eastern Iberian Peninsula) is a quite old problem since after the intense eutrophication processes throughout the 1960s. The system shifted to a turbid stable state consolidated by the virtual disappearance of macrophytes by the early 1970s. The lagoon has been studied extensively since the 1980s, but efforts to revert the system to a clear state have not yielded the expected results because cultural eutrophication due to the growth of population in its area of influence and the effects of climate change, decreasing rainfall and increasing evaporation. This has driven to an increase in water retention times in the lagoon in recent years, resulting in a phytoplanktonic shift towards potentially toxic cyanobacteria species, often forming blooms. Cyanobacterial blooms severely affect water quality for human use, ranging from recreation and fishing to drinking water resources, as indicated in the surveillance protocol of World Health Organization (WHO). The current state of the lake requires constant monitoring and remote sensing is an optimal tool for the continuous monitoring of the whole water mass. This work is included in the ESAQS project (Ecological Status of Aquatic systems with Sentinel-2 satellites), to establish a protocol for regular and frequent monitoring of the ecological status of reservoirs, lakes and lagoons. Algorithms are developed using the image provided by the Sentinel-2 (A and B), provided with a spatial resolution of 10 m and a temporal frequency of 5 days. In this work we demonstrate that

* Corresponding author.
E-mail address: xosoria@uv.es (X. Sòria-Perpinyà).

7. Resultados

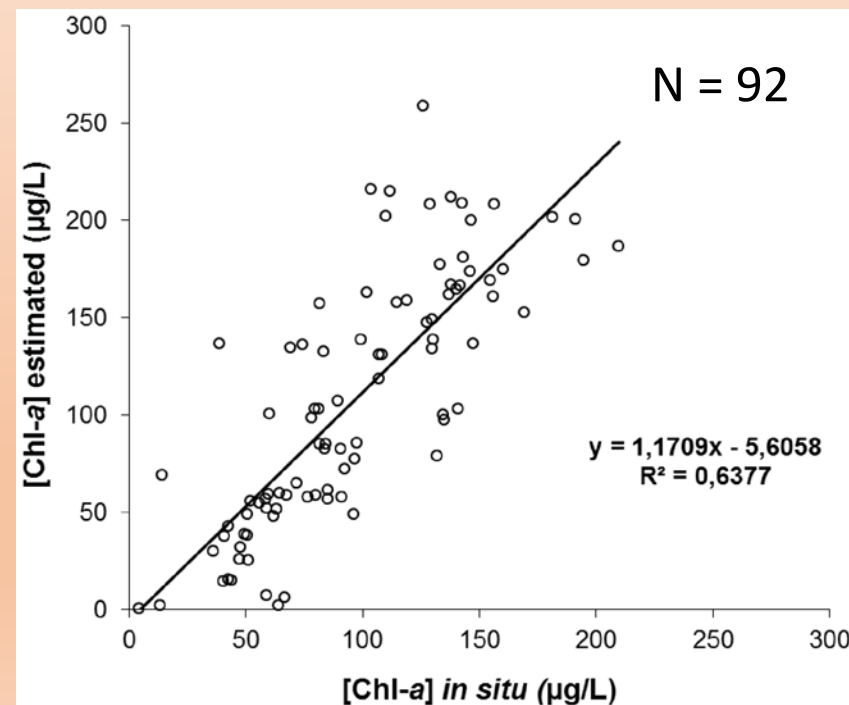
Concentración de clorofila. **Albufera de Valencia.**

Cálculo de clorofila en aguas
eutróficas:

Algoritmo tribanda de Dall'Olmo:

$$TBDO = R(740) \times \left(\frac{1}{R(665)} - \frac{1}{R(705)} \right)$$

$$[Chl-a] (\mu g/L) = 104.1 TBDO^2 + 221.1 TBDO + 2$$



7. Resultados

Mapas:

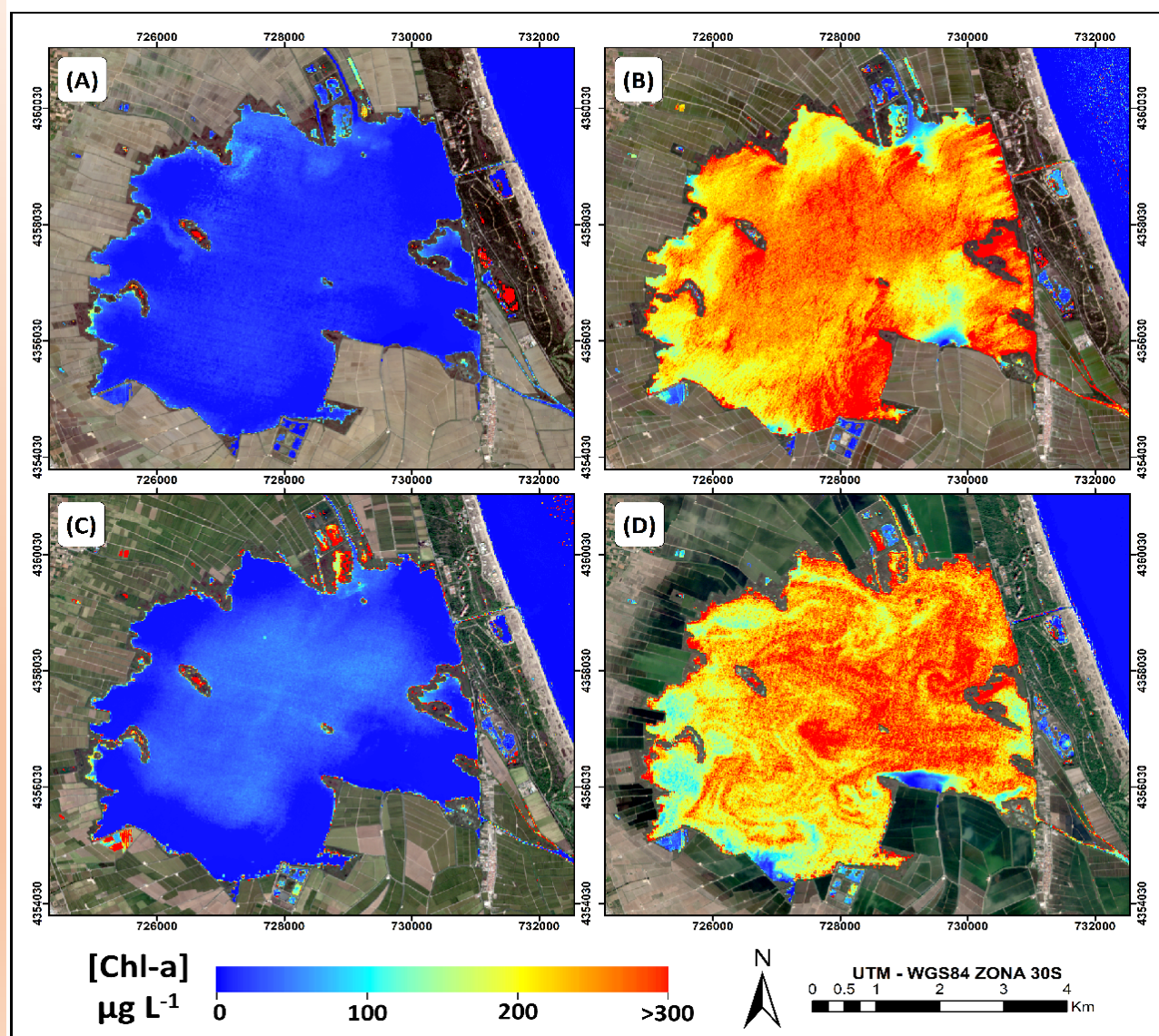
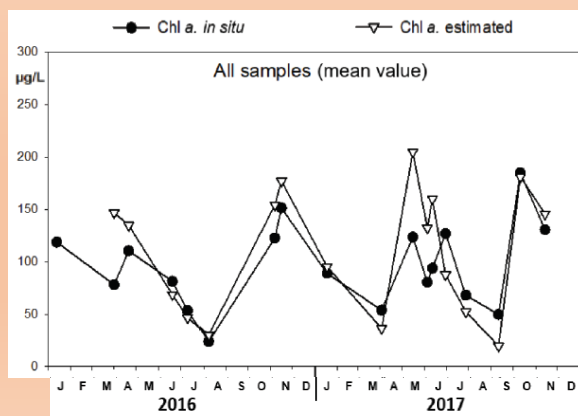
(A) 17/03/2017

(B) 26/05/2017

(C) 253 13/09/2017

(D) 17/11/2017

Series temporales:



Calibración modelo para estimación de la ficocianina en la Albufera



Article

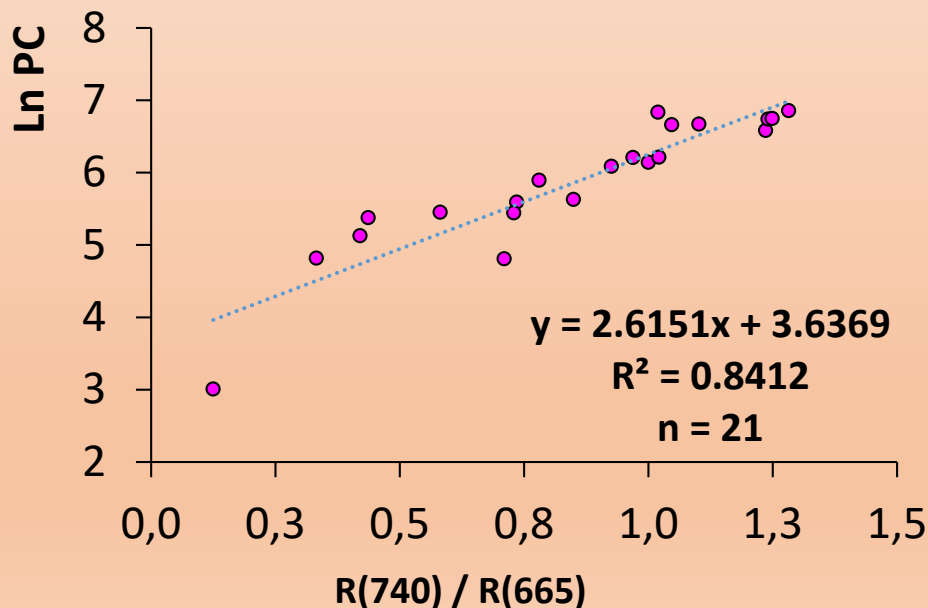
Comparison of Satellite Reflectance Algorithms for Estimating Phycocyanin Values and Cyanobacterial Total Biovolume in a Temperate Reservoir Using Coincident Hyperspectral Aircraft Imagery and Dense Coincident Surface Observations

Richard Beck ^{1,*}, Min Xu ¹, Shengnan Zhan ¹, Hongxing Liu ¹, Richard A. Johansen ¹, Susanna Tong ¹, Bo Yang ¹, Song Shu ¹, Qiusheng Wu ¹, Shujie Wang ¹, Kevin Berling ¹, Andrew Murray ¹, Erich Emery ², Molly Reif ³, Joseph Harwood ³, Jade Young ⁴, Mark Martin ⁵, Garrett Stillings ⁵, Richard Stumpf ⁶, Haibin Su ⁷, Zhaoxia Ye ⁸ and Yan Huang ⁹

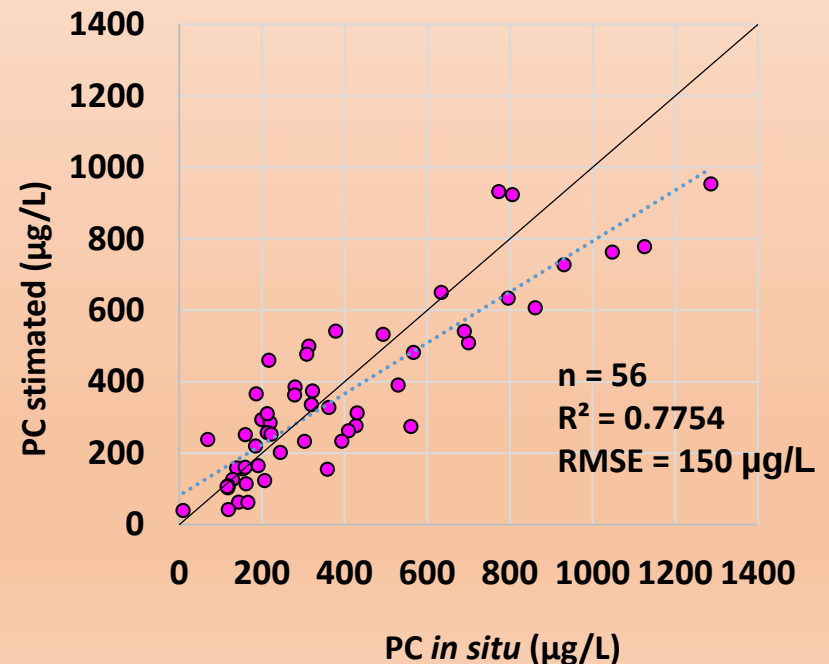
$$S2 = \frac{R(740)}{R(665)}$$

Rango [PC] = [20 – 951] µg/L

CALIBRACIÓN



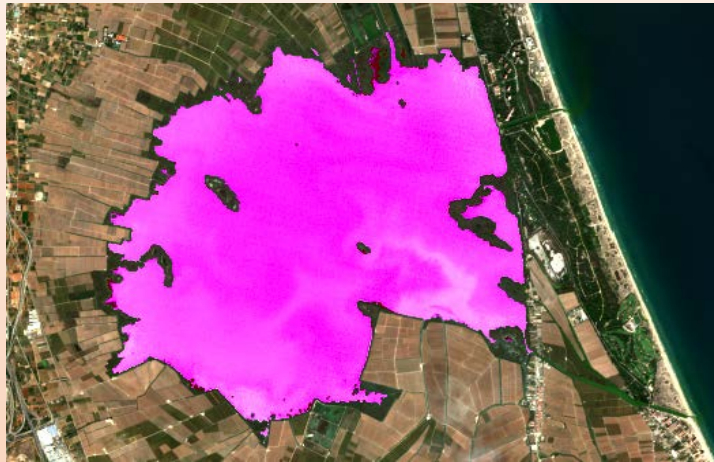
VALIDACIÓN



$$[PC] \left(\mu\text{g L}^{-1} \right) = e^{2.6151 R740/R665 - 3.6369}$$

Error relativo 15 %

Seguimiento con teledetección



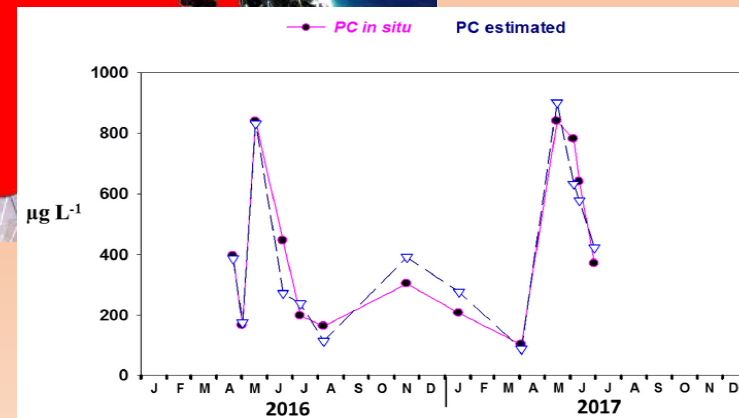
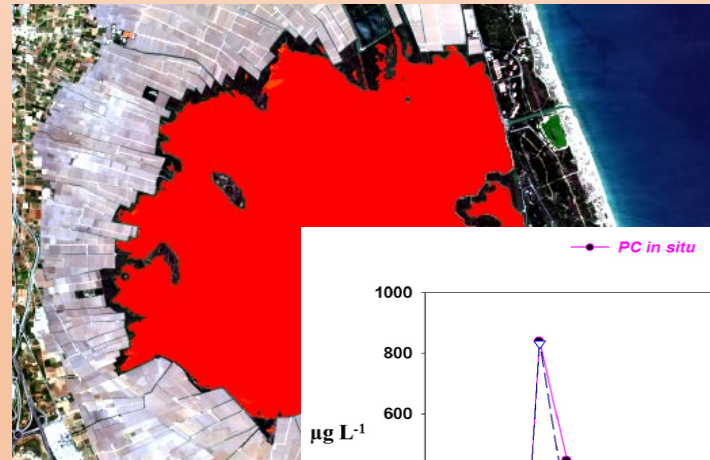
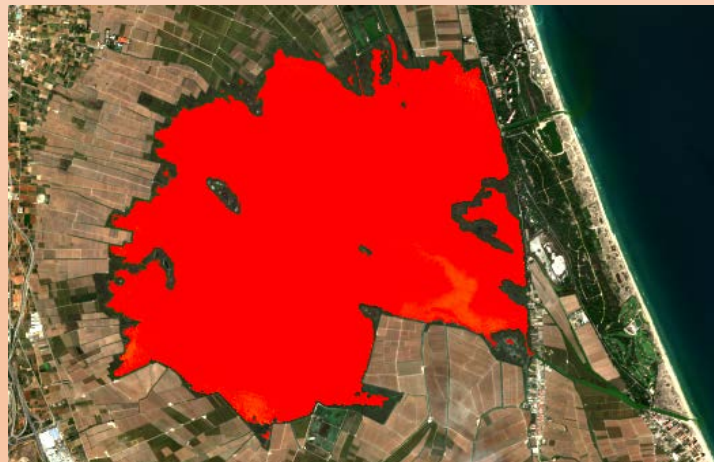
15 feb 2018 [PC] $\mu\text{g/L}$



WHO levels



7 mar 2018

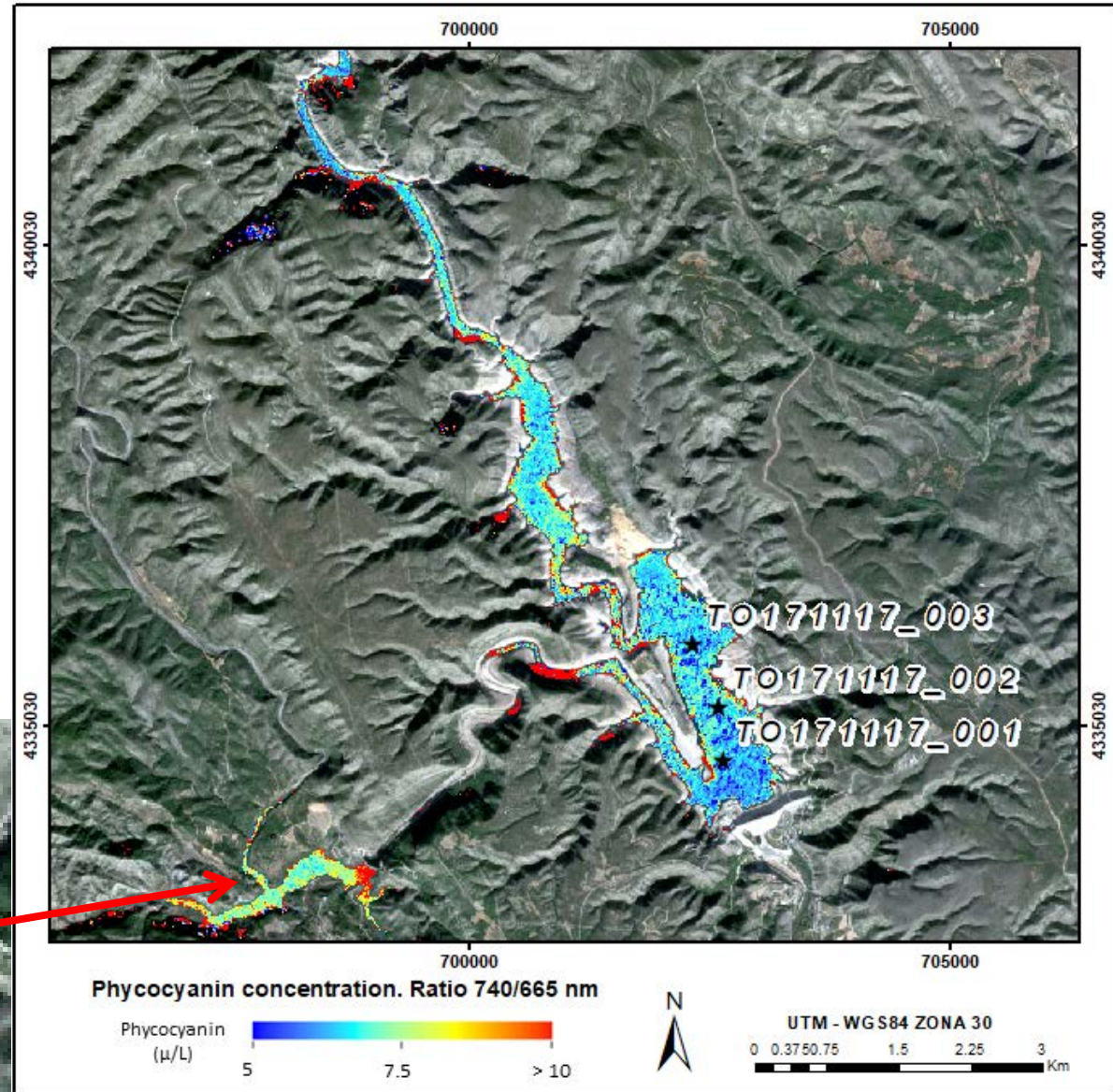


Para los embalses → $[PC] (\mu\text{g/L}) = e^{(22.452 * B740/B665) - 1.7419}$

Embalse de Tous

17 Noviembre 2017

Station	In situ phycocyanin ($\mu\text{g/L}$)	Sentinel2 phycocyanin ($\mu\text{g/L}$)
TO171117-001	5.85	6.39
TO171117-002	5.88	5.61
TO171117-003	5.77	5.75

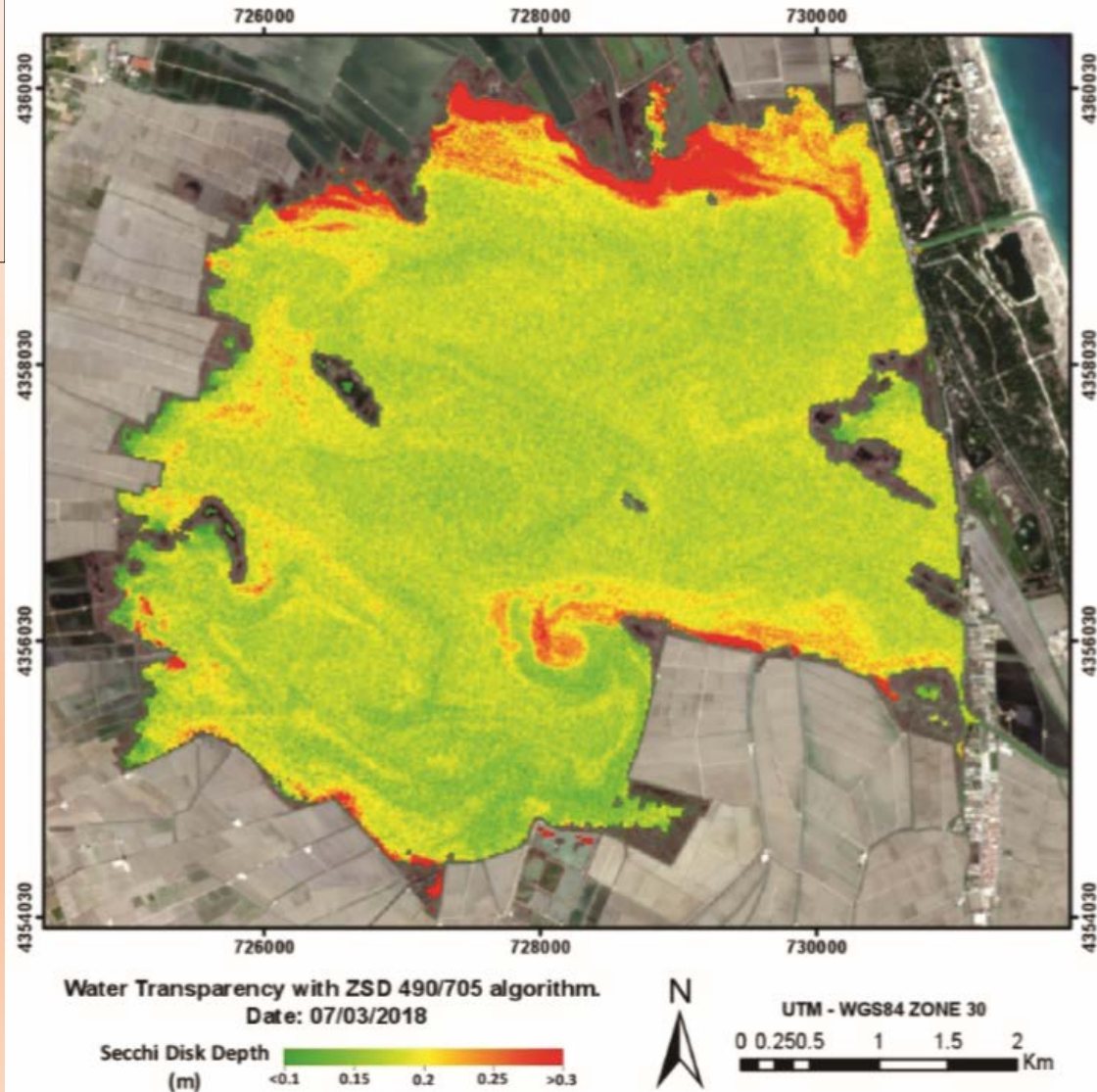


Escalona

Método para la estimación de la transparencia (Z_{SD}) en la Albufera.

Z_{SD} = profundidad de Disco de Secchi (en m)

$$Z_{SD} = e^{(0.996 \cdot \ln(Rrs_{490}/Rrs_{705}) - 0.3393)}$$



Limnética, 38(1): 471-487 (2019). DOI: 10.23818/limn.38.27
© Asociación Ibérica de Limnología, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409



Calibration and validation of algorithms for the estimation of chlorophyll-*a* concentration and Secchi depth in inland waters with Sentinel-2

Marcela Pereira-Sandoval^{1,*}, Esther Patricia Urrego¹, Antonio Ruiz-Verdú¹, Carolina Tenjo¹, Jesús Delegido¹, Xavier Soria-Perpinyà², Eduardo Vicente², Juan Soria² and José Moreno¹

¹ IPL - University of Valencia. Catedrático José Beltrán, 2. 46980 Paterna, Valencia (Spain).

² Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva (ICBiBE). Universitat de València. C/ Catedrático José Beltrán, 2. 46980-Paterna, València, (Spain).

* Corresponding author: Marcela.Pereira@uv.es

Received: 09/03/18

Accepted: 12/09/18

ABSTRACT

Calibration and validation of algorithms for the estimation of chlorophyll-*a* concentration and Secchi depth in inland waters with Sentinel-2

Chlorophyll-*a* concentration and Secchi disk depth are two of the most important biophysical parameters used to assess water quality and determine the ecological state of inland waters. The *Ocean Color 2* and *Dall'Omo three-band* algorithms were used to estimate chlorophyll-*a* concentration and the calibration of the ratio 490/705 nm was used to produce an algorithm for estimating Secchi disk depth. These algorithms have been calibrated for the Sentinel 2-Multispectral Instrument (S2-MSI) and validated using *in situ* measurements of chlorophyll-*a*, Secchi disk depth and radiometry. This data was taken in the Valencia region reservoirs as part of the project Ecological Status of Aquatic Systems with Sentinel Satellites (ESAQS). The results show that for estimating chlorophyll-*a* concentration, it is better to apply a prior classification based on their trophic status. For eutrophic and hypertrophic waters, the TBDO algorithm had an error of 23 mg/m³ over a chlorophyll-*a* concentration range of between 10 to 169 mg/m³. For ultraoligotrophic to mesotrophic waters, the better algorithm was OC2_490, which resulted in an error equal to 0.9 mg/m³ over a chlorophyll-*a* concentration range of between 0.54 to 5.8 mg/m³. For the estimation of water transparency by Secchi disk depth, we have obtained good results with the ratio 490/705 nm, with an error equal to 0.88 m over a Secchi disk depth range of between 0.26 to 8.1 m. These algorithms have been applied to S2-MSI images and satisfactory results have been obtained for different reservoirs in the Valencia region (Spain).

Key words: Ocean Color, Dall'Omo three-band, chlorophyll-*a*, Secchi disk depth, Sentinel-2, Hydrolight

CONCLUSIONES

Disponemos de los algoritmos necesarios para conocer el estado ecológico de la Albufera y embalses de la CV de manera automática (errores entre 10 y 15 %) >>> Se podrían integrar en un **GEOPORTAL**.

ACTUALIDAD-ESTUDIOS FUTUROS

Actualidad:

Continuación de procesamiento de datos y publicaciones ESAQS.

Proyecto del Ministerio: Estudios avanzados de calidad del agua de lagos, embalses y aguas costeras de la Península Ibérica con la misión FLEX: FLuorescence EXplorer.

Sinergia Sentinel2 y Sentinel3 para mejorar resolución espacial de Sen3 mediante fusión de imágenes.

Incorporar datos de la cuenca del Ebro para una generalización de resultados.

Futuro:

Proyecto PROMETEO pedido (2020-2023, si se concede). Hiperespectral, tipos funcionales de fitoplancton, drones, vertidos, Posidonia...



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA



Copernicus

ESAQS

Ecological Status of AQuatic
systems with Sentinel satellites

El proyecto ESAQS (Ecological Status of
AQuatic systems with Sentinel satellites) de
la Universitat de Valencia

Muchas gracias por su atención...

<https://ipl.uv.es/esags>

