Proyecto WQeMS: vigilancia de las aguas de consumo mediante el programa Copernicus

El proyecto europeo WQeMS (*Copernicus assisted lake water quality emergency monitoring service*) tiene como objetivo proporcionar a las empresas y administraciones responsables del suministro de agua de un servicio de emergencia para la vigilancia de la calidad del agua superficial aplicando los productos satelitales de Copernicus, el programa de observación de la tierra de la Unión Europea (UE). Se han definido cinco pilotos, ubicados en Finlandia, Italia, Alemania, Grecia y España, representando una variedad de condiciones geomorfológicas, antropogénicas y climatológicas donde se probarán los servicios desarrollados. La Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia (Emuasa), que participa en calidad de socio, forma parte del caso de estudio español. El interés y la importancia del proyecto se centra en capacitar de herramientas para la toma de decisiones en el control de calidad en la captación de la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) La Contraparada, posibilitando la detección anticipada de posibles eventos que afecten al proceso de potabilización.

Palabras clave
Aguas de consumo, sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS), imágenes satelitales, Copernicus.

WQeMS PROJECT: WATER QUALITY MONITORING BY COPERNICUS PROGRAMME

The European WQeMS project (Copernicus assisted lake water quality emergency monitoring service) aims to provide an open surface water quality emergency monitoring service to the water utilities' industry leveraging on the Copernicus products and services, the European Union's Earth observation program. Five pilots have been defined, located in Finland, Italy, Germany, Greece and Spain, representing a variety of geomorphological, anthropogenic and climatological conditions where the services developed will be tested. Emuasa, which participates as a partner, is part of the Spanish case study. The interest and importance of the project is focused on training tools for decision-making in quality control in the catchment of the drinking water treatment plant (DWTP) La Contraparada (Murcia, Spain), enabling the early detection of possible events affecting the water treatment process.

Keywords
Drinking water, decision support systems (DSS), satellite images, Copernicus.

Pablo Cascales
jefe de planta ETAP La Contraparada, en Emuasa

Eva Mena
responsable de Innovación de Emuasa

Mar Castro
técnica de I+D de Emuasa

Isabel María Hurtado
técnica de I+D de Aquatec

Laurent Pouget
investigador, gestor de proyectos de I+D de Cetaqua

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua de consumo en la zona de captación es una variable determinante en la operación de las potabilizadoras para las empresas gestoras de agua potable, sobre todo cuando esta fuente es superficial.

La evolución temporal de las características fisicoquímicas y biológicas del agua superficial dependen de numerosos factores: geología de la cuenca, meteorológicos, el régimen de caudales, metabolismo de las comunidades biológicas presentes en la masa de agua, etc. Esta situación obliga a las empresas gestoras a invertir en la monitorización del agua de captación como base de conocimiento para la decisión en la operación de sus plantas.

Emuasa gestiona el ciclo urbano del agua en todo el término municipal de Murcia, incluyendo la ETAP La Contraparada, instalación que capta el agua bruta de la margen izquierda del canal del postrasvase Tajo-Segura, partiendo del Azud de Ojós y almacenando temporalmente en un embalse de regulación dentro del recinto de la planta.

Las características del agua de captación son utilizadas en la ETAP La Contraparada como DSS de las prácticas operativas y, especialmente desde el año 2000, las relacionadas con la comunidad algal (Hurtado *et al*., 2008). La filosofía de trabajo a lo largo de estos años se ha centrado en el conocimiento de las dinámicas de funcionamiento del embalse de regulación (ciclos de los nutrientes, cambios estacionales en las comunidades biológicas, efecto de las paradas de planta en el agua embalsada, etc.), la detección de eventos y aplicación de acciones preventivas que permiten asegurar la máxima calidad en el agua producida. De 2016 a 2019, Emuasa participó en calidad de parte interesada en el Proyecto IMPREX (*Improving PRedictions of hydrological EXtremes*), financiado por la UE en la convocatoria Horizon 2020, cuyo objetivo general era la modelización de los cambios en la calidad de agua vinculados a eventos meteorológicos como herramienta de predicción ante los efectos del cambio climático.

De estos estudios de correlación resultó un modelo de que mejoró la estrategia de control de riesgos de las cianotoxinas en el embalse de regulación de la ETAP La Contraparada, y se puso de manifiesto el interés de seguir explorando las posibilidades de monitorizar los riesgos derivados de la comunidad algal impactando la captación de agua bruta.

» WQeMS es un proyecto europeo que tiene como objetivo obtener un servicio de emergencia para la vigilancia de la calidad del agua superficial aplicando los productos y servicios de Copernicus, proporcionando información de calidad de agua (características fisicoquímicas, riesgo de eutrofización, etc.) mediante un marco de monitorización multitemporal y de alta resolución espacial, que servirá de apoyo a los DSS

2. OBJETIVOS

En enero de 2021 se ha iniciado el proyecto WQeMS (www.wqems.eu), aprobado por la Comisión Europea en el marco del programa de trabajo Horizon 2020 sobre la temática del Espacio (H2020-SPACE-2018-2020), y que tiene como objetivo obtener un servicio de emergencia para la vigilancia de la calidad del agua superficial aplicando los productos y servicios de Copernicus, proporcionando información de calidad de agua (características fisicoquímicas, riesgo de eutrofización, etc.) mediante un marco de monitorización multitemporal y de alta resolución espacial, que servirá de apoyo a los DSS. Otros objetivos del proyecto son:

- Generar conocimiento para respaldar DSS existentes.
- Proporcionar un amplio conjunto de parámetros útiles para evaluar la calidad del agua bruta utilizada para la producción de agua potable, de acuerdo con lo recogido en los requisitos actuales y futuros que manejan las empresas suministradoras.
- Proporcionar una mayor coherencia entre las DSS y la actualización de la Directiva Marco de agua de consumo.

El proyecto está coordinado por el Centre for Research and Technology Hellas (CERTH) y participan 11 socios de 6 países de la UE, incluyendo centros de investigación, empresas especializadas en el tratamiento de imágenes de satélite y operadoras o gestoras de agua potable, tendrá una duración de 30 meses y cuenta con un presupuesto de 1.500.506 €, permitiendo desarrollar la infraestructura de datos necesaria para el desarrollo del servicio y probar el uso de la información generada en 5 pilotos.

3. METODOLOGÍA

El lanzamiento de los dos satélites Sentinel-2, en 2015 y 2017, ha hecho posible nuevas aplicaciones de observación remota en lagos y pequeños embalses. Las mejoras respecto a las imágenes de satélites anteriores de libre disposición (por ejemplo, Landsat) residen principalmente en la mayor resolución temporal (10 días por satélite, por lo tanto, 5 días en conjunto) y la mayor resolución espacial (hasta 10 m).

El instrumento multiespectral (MSI) de los satélites Sentinel-2, compuesto por 13 bandas espectrales, permite medir las características de reflectancia del agua, que está relacionado con parámetros relevantes de calidad del agua tales como turbidez y materia suspendida, fitoplancton y su pigmento principal clorofila. Varios estudios describen el procesamiento de imágenes de Sentinel 2 y validan su uso para monitorizar la calidad de agua en lagos y embalses en Europa (Toming *et al*., 2016) y en España (Martínez, 2017).

El principal reto que origina el proyecto WQeMS es el procesamiento en continuo de la información del programa Sentinel para dar una información actualizada y utilizable sobre la calidad del agua a la industria de los servicios de suministro de agua. El proyecto desarrollará una primera prueba de concepto de un sistema europeo de alerta, con la intención de convertirlo en un sistema operativo en los próximos años. Este último paso depende principalmente del nivel de consecución de los objetivos, de la adecuada demostración de los beneficios a nivel europeo y del buen alineamiento con los otros servicios operacionales del Programa Copernicus.

De manera general, los servicios de vigilancia del WQeMS serán diseñados para que sean capaces de identificar la turbidez del agua (relacionado con los sedimentos en suspensión y las incrustaciones), su color (e indirectamente la concentración de algas y sustancias químicas en relación con el volumen de agua y la naturaleza de los distintos componentes químicos), la vegetación sumergida en aguas poco profundas (como indicador de su función depuradora o contaminante), los materiales flotantes (indicadores de la necesidad de filtración requerida), las sustancias orgánicas flotantes como resultado de un aumento repentino de la actividad microbiana o de los vertidos de petróleo, que se traducen en la demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y DBO), y la temperatura de la superficie del agua directamente relacionada con el potencial de eutrofización de una masa de agua.

La infraestructura de datos se basa en las plataformas DIAS (siglas inglesas de servicios de acceso a los datos y la información) del programa Copernicus, basadas en la nube, que proporcionan un acceso centralizado a los datos y la información de Copernicus. Para el tratamiento de los datos y la obtención de información sobre la calidad de agua, se utilizarán principalmente los algoritmos especializados de los socios. Esta información estará disponible vía un portal y una API para su integración en los sistemas de DSS de los usuarios.

4. CASOS DE ESTUDIO

Dentro del WQeMS se han definido cinco pilotos distribuidos por toda Europa, que se refieren a casos más o menos avanzados en la monitorización, para capturar una variedad de condiciones geomorfológicas, antropogénicas y climatológicas, donde se probarán los servicios desarrollados en el proyecto. Los pilotos se ubican en Finlandia (lago Pien-Saimaa), Italia (lago Giaretta), Alemania (embalses de Sajonia), Grecia (embalse de Polyphytos) y España, que participarán en el tratamiento de los datos contrastando con datos *in situ*, así como en la validación e integración de la nueva información aportada en los protocolos y DSS que ya utilizan o que utilizan otras partes interesadas (**Figura 1**).

El área piloto en España se sitúa en la Región de Murcia, en la cuenca del Segura a la altura del Azud de Ojós y considera las infraestructuras hidráulicas aguas abajo que se usan para la captación de agua superficial destinada a consumo.

FIGURA 1. Pilotos incluidos en el proyecto WQeMS. Fuente: www.wqems.eu.

La ETAP de La Contraparada (gestionada por Emuasa), que abastece a cerca del 33% de la ciudad de Murcia (445.086 habitantes) y la ETAP de Los Guillermos (gestionada por Hidrogea), que abastece a la ciudad de Alcantarilla (41.155 habitantes), están conectadas a este sistema (**Figura 2**). Cualquier cambio en la calidad del agua que se observe en el Azud de Ojós afectará a la calidad y al tratamiento posterior del agua.

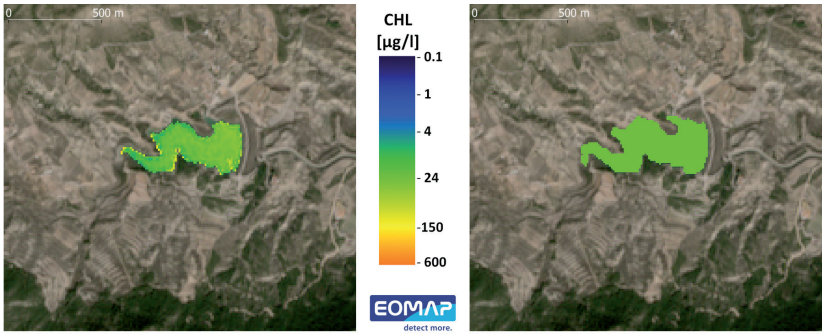
Ambas ETAP se enfrentan frecuentemente a cambios en la calidad del agua bruta, como picos en la conductividad (inducidos por la baja afluencia en la entrada del Azud de Ojós), picos de turbidez y de materia orgánica (impulsados por los eventos de lluvia), lo que aumenta el riesgo de subproductos de desinfección (DBP) en el agua tratada, y la presencia de toxinas y otros metabolitos procedentes de las algas (Chorus y Welker, 2021) que proliferan en los embalses del sistema (geosminas y 2-Metilisoborneol).

Para anticiparse a esos cambios en la calidad del agua, se realizan avanzados controles de calidad del agua y análisis *in situ* en puntos críticos del sistema como el Azud de Ojós, los canales del postrasvase y los embalses de regulación.

El proyecto WQeMS proporcionará información complementaria sobre la calidad del agua del sistema (Azud de Ojós, Embalse de Mayés y los embalses de regulación de las ETAP de La Contraparada y Los Guillermos), principalmente clorofila a, turbidez, riesgo de *blooms* de cianofíceas (HAB), materia orgánica disuelta y suspendida (**Figura 3**). Esto permitirá alertar con antelación sobre los cambios en la calidad del agua, disponiendo de una herramienta de ayuda para la toma de decisiones.

FIGURA 2. Esquema hidráulico de la ETAP La Contraparada.

FIGURA 3. Valores de clorofila a en el embalse de Mayés (datos Sentinel, procesamiento por EOMAP en el marco del proyecto WQeMS).



Chlorophyll product with pixel information — Median value over entire reservoir

En la **Tabla 1** se muestra la monitorización realizada al agua de captación de la ETAP La Contraparada, identificando los puntos de muestreo, parámetros analizados y frecuencia. De manera general se puede clasificar la monitorización existente en tres grupos:

- Medidas *in situ* en el Azud de Ojós y el embalse de la ETAP.
- Análisis de laboratorio de todos los puntos de control (Azud de Ojós, canal del postrasvase, embalse de la ETAP y entrada a la ETAP.
- Seguimiento automático de la estación de calidad *on line* instalada en el canal del postrasvase, además de los datos procedentes de las estaciones SAICA gestionadas por la Confederación Hidrográfica del Segura.

En el marco del proyecto WQeMS se están realizando muestreos adicionales para apoyar el proceso de monitorización en paralelo con los datos de observación por satélite. Para el Azud de Ojós, el control incluirá también los pigmentos de ficobilinas y a los taxones de cianofíceas; en el embalse de la ETAP La Contraparada se analizarán las mismas variables y se complementará con el análisis de presencia de toxinas; y en el embalse de Los Guillermos se realizará el mismo tipo de análisis, pero solo cuando se registren condiciones extremas (*bloom* algal).

5. RESULTADOS ESPERADOS

Los servicios de vigilancia del WQeMS serán probados en los cinco casos de uso diferentes definidos en los pilotos. Dentro del caso de

TABLA 1

MONITORIZACIÓN REALIZADA EN EL AGUA DE CAPTACIÓN DE LA ETAP LA CONTRAPARADA.

Tipo de dato	Fuente	Parámetros relevantes	Resolución espacial	Período de cobertura
Medidas *in situ*	Embalse ETAP La Contraparada	Oxígeno disuelto, temperatura, ácido sulfhídrico	Perfil vertical	Trimestral
Análisis de laboratorio	Embalse ETAP La Contraparada	Pigmentos (clorofila a, ficobilinas), control algal (taxón y densidad)	Punto de muestreo	Semanal o mensual
Análisis de laboratorio	Entrada a ETAP La Contraparada	Oxidabilidad al permanganato, turbidez, pH, conductividad, balance iónico	Punto de muestreo	Datos diarios
Control de proceso	Entrada a ETAP La Contraparada	Temperatura, turbidez, pH, conductividad, *breakpoint*	Punto de muestreo	Datos horarios
Estación de calidad *on line*	En el punto de captación del canal del postrasvase	pH, temperatura, conductividad, turbidez	Punto de muestreo	Datos horarios/diarios
Medidas *in situ*	Azud de Ojós	Oxígeno disuelto, temperatura	Punto de muestreo	Datos mensuales/bimestrales
Análisis de laboratorio	Azud de Ojós	Variables fisicoquímicas, nutrientes (N y P), pigmentos (clorofila a, ficobilinas), control algal (taxón y densidad)	Punto de muestreo	Datos mensuales/históricos del proyecto IMPREX

estudio español, se ha identificado la aplicación de los servicios del WQeMS en dos escenarios diferentes (**Figura 4**): control rutinario y condiciones extremas.

- Escenario 1: Control rutinario. La monitorización frecuente que ofrece el WQeMS permitirá un mejor control de las aguas superficiales en todo el sistema (captación aguas arriba y embalse de regulación de la ETAP), reduciendo así la necesidad de realizar algunos análisis rutinarios de laboratorio y optimizando tiempos de respuesta. Asimismo, una mayor información sobre los parámetros de calidad del agua del Azud de Ojós, Mayés y los embalses de regulación de las ETAP, posibilitará una mejor comprensión de los procesos en juego (relación entre parámetros fisicoquímicos de importancia para el tratamiento del agua) y una información continua para afinar el tratamiento del agua.

FIGURA 4. Esquemas de la aplicación de los servicios del WQeMS al control rutinario y a la gestión de riesgos en la ETAP La Contraparada.

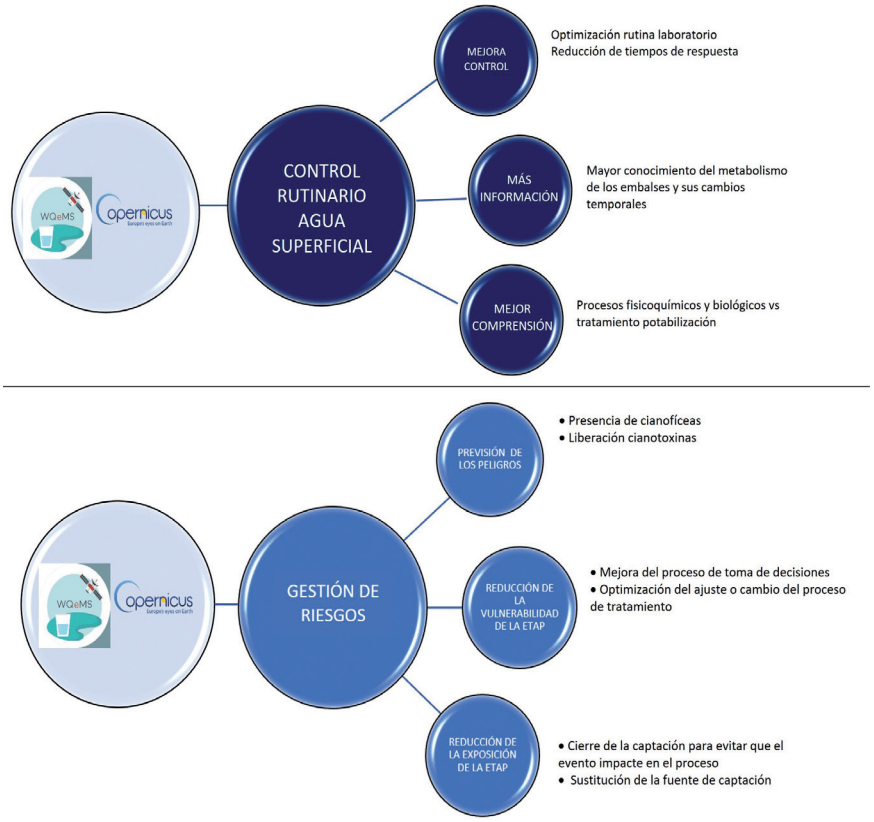
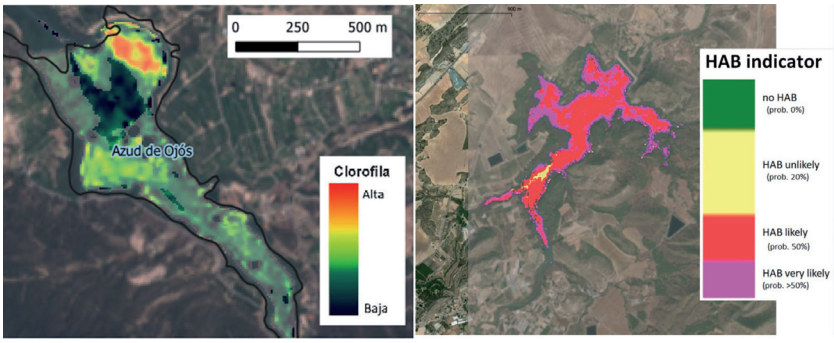


FIGURA 5. Visualización de la concentración en clorofila a en Azud de Ojós a fecha del 2016-08-19, procesado por Cetaqua utilizando el Ulyssys Water Quality Viewer (Zlinsky 2020) en Sentinel-Hub EO Browser (imagen de la izquierda) y ejemplo de aplicación del indicador (imagen de la derecha).



- Escenario 2: Condiciones extremas (proliferación de algas o *bloom* algal). En situaciones que pueden dar lugar a un crecimiento algal, la monitorización ofrecida por WQeMS (clorofila a, turbidez, riesgo de floración de cianofíceas -HAB-, materia orgánica disuelta y suspendida) permitiría anticipar y evaluar mejor el riesgo potencial e implementar las estrategias de gestión de riesgos que incluyen las siguientes acciones: realizar análisis adicionales de la presencia de algas cianofíceas (ficobilinas, taxones de cianofíceas) y presencia de cianotoxinas; cambiar la gestión de la toma de captación, realizar maniobras operativas en el embalse de regulación de la ETAP; y ajustar el tratamiento químico.

Hasta el momento, se ha realizado el análisis de datos de Sentinel para los diferentes parámetros y fechas de interés. A diferencia de un tratamiento tradicional que se puede realizar fácilmente con las nuevas herramientas disponibles (Zlinsky 2020, EO Browser), los algoritmos usados en el proyecto ya están calibrados para dar valores cuantitativos de clorofila a como, por ejemplo, el *Modular Inversion and Processing System* (MIP) de EOMAP (EOMAP, 2020). Estos algoritmos informan también de otros indicadores (**Figura 5**) como, por ejemplo, el riesgo de floración de algas nocivas (conocido por sus siglas HAB en inglés).

6. CONCLUSIONES

La mejora en la monitorización de la calidad del agua bruta obtenida mediante imágenes de satélite será un aspecto clave para mejorar el funcionamiento de las plantas para la producción de agua de consumo en los próximos años. Además, la obtención de datos históricos permitirá el desarrollo de modelos de pronóstico para estas y otras variables de interés en la gestión de la calidad del agua superficial destinada a consumo.

Los servicios a desarrollar en el transcurso del proyecto WQeMS incluirán: herramientas para estimar la calidad del agua; detección anticipada de eventos de proliferación de algas; monitorización de cambios en las zonas de transición; detección de eventos extremos; y alertas a través de reportes y colaboraciones abiertas.

7. AGRADECIMIENTOS

El proyecto WQeMS ha recibido la financiación del Programa de Acción de Investigación e Innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del Grant Agreement nº 101004157. Agradecer la colaboración y el soporte de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS), la Dirección General del Agua (DGA) de la Región de Murcia y la Consejería de Salud de la Región de Murcia.

Bibliografía

[1] Attila, J.; Kauppila, P.; Kallio, K.Y.; Alasalmi, H.; Keto, V.; Bruun, E.; Koponen, S. (2018). Applicability of Earth Observation chlorophyll-a data in assessment of water status via MERIS with implications for the use of OLCI sensors. Remote Sensing of Environment, núm. 212, págs. 273-287.

[2] Chorus, I.; Welker M. (2021). Toxic cyanobacteria in water. CRC Press, Boca Raton (FL), on behalf of the World Health Organization, Geneva, CH. https://doi.org/10.1201/9781003081449.

[3] EO Browser. https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/. Sinergise Ltd.

[4] EOMAP (2020). The SDG 6 World Water Quality Portal - ESA TEP Hydrology Exploitation platform. https://www.eomap.com/exchange/pdf/HTEP_Information_Booklet_Water_Quality_Monitoring.pdf.

[5] Hurtado, I.; Aboal, M.; Zafra, E.; Campillo, D. (2008). Significance of microcystin production by benthic communities in water treatment systems of arid zones. Wat. Res., núm. 42, págs. 1.245-1.253. https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.09.016.

[6] Katsiapi, M.; Moustaka-Gouni, M.; Sommer, U. (2016). Assessing ecological water quality of freshwaters: PhyCoI -a new phytoplankton community Index. Ecological Informatics. núm. 31, págs.22-29.

[7] Martínez, I. (2017). Monitorización de la calidad del agua en embalses mediante técnicas de observación remota. https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12587/Martinez%20Garcia%20Ines.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[8] Mena, E.; Castro, M.; Serna, T.R.; Dominguez, J.; Rodríguez-Hernández, L.; Lardin, C.; Garrido, J.M. (2018). Reclaimed water and biogas from the sustainable anaerobic treatment of municipal wastewaters. IWA Regional Conference on Water Reuse and Salinity Management.

[9] Pasetto, D.; Arenas-Castro, S.; Bustamante, J.; Casagrandi, R.; Chrysoulakis, N.; Cord, A.; Dittrich, A.; Domingo, C.; El Serafy, G.; Karnieli, A.; Kordelas, G.; Manakos, I. (2018). Integration of satellite remote sensing data in ecosystem modelling at local scales: practices and trends. Methods in Ecology and Evolution, núm. 9, págs. 1.810-1.821.

[10] Pouget, L.; Escaler, I.; Guiu, R.; Mc Ennis, S.; Versini, P.A. (2012). Global Change adaptation in water resources management: The Water Change project. Science of the Total Environment, núm. 440, vol. 1, págs.186-193.

[11] Toming, K.; Kutser, T.; Laas, A.; Sepp, M.; Paavel, B.; Nõges, T. (2016). First experiences in mapping lake water quality parameters with Sentinel-2 MSI Imagery. Remote Sensing, vol. 8, pág. 640. https://doi.org/10.3390/RS8080640.

[12] Zlinszky, A.; Padányi-Gulyás, G. (2020). Ulyssys Water Quality Viewer Technical Description Supplementary. Preprints. https://doi.org/10.20944/preprints202001.0386.v1.