
Proyecto para la detección de cianobacterias en reservas de aguas superficiales

I PREMIOS “PROINNOBA”

B.- IDEA DE PROYECTO “PROINNOBA” PARA
EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE
LA PROVINCIA DE BADAJOZ
13 de marzo de 2022



Aclaraciones sobre la propuesta:

Partes de este proyecto han sido expuestas y publicadas en un congreso nacional con publicación de los trabajos con revisión por pares. En concreto las cinco primeras fases explicadas en el punto 3 del presente documento. Se han eliminado las posibles referencias al mismo como indican las bases del concurso.

De igual forma se han eliminado todas las referencias bibliográficas

Los enlaces han sido subidos a una cuenta corporativa para garantizar el anonimato.

Índice

| | |
|---|----|
| 1.- Introducción y antecedentes | 3 |
| 2.- Originalidad y grado de innovación | 4 |
| 3.- Fases del proyecto | 5 |
| Fase 1: Revisión bibliografía de casos de microcistina en el mundo para su posterior análisis | 5 |
| Fase 2: Revisión bibliografía de artículos sobre índices de teledetección de algas y cianobacterias | 6 |
| Fase 3: Descarga de imágenes satelitales Sentinel 2A..... | 6 |
| Fase 4: Uso de los softwares ERDAS IMAGINE, QGIS y GDAL | 7 |
| Fase 5: Comprobación y evaluación de los resultados de los índices analizados | 8 |
| Fase 6: Análisis de los índices con otras constelaciones de satélites..... | 12 |
| Fase 7: Comparativa con datos de sondas in situ | 13 |
| Fase 8: Desarrollo de librerías para el cálculo de los índices de forma automatizada y masiva | 13 |
| Fase 9: Evaluación de los protocolos para el envío de datos..... | 13 |
| Fase 10: Montaje de la plataforma de visualización y alertas | 14 |
| 4.- Viabilidad de la propuesta y sostenibilidad | 15 |
| 5.- Valor público e impacto social, medioambiental o económico | 16 |
| 6.- Vinculación del proyecto de innovación a los Objetivos Estratégicos de la Estrategia de Desarrollo Sostenible de la Diputación de Badajoz y a sus Grupos de Interés | 16 |
| 7.- Grado de mejora y modernización de los servicios públicos..... | 17 |

1.- Introducción y antecedentes

Los pantanos y embalses de agua utilizados como fuente de suministro de agua, en algunos casos suelen tener un alto contenido en nutrientes. Esto genera un riesgo para que cianobacterias (algas verde-azuladas) proliferen en el agua y presenten sus efectos, con consecuencias de diversa naturaleza, como la obstrucción de conducciones o, más importante, originar toxinas. Las cianotoxinas son producidas y almacenadas en las células de las cianobacterias y suelen liberarse después de la muerte de la célula. Las más frecuentes son las procedentes del género *Microcystis*, las microcistinas, que además son muy estables y pueden permanecer en el agua varios días después de que desaparezcan las algas que la generaron. La proliferación de cianobacterias suele estar ligada a los nutrientes como nitrógeno y fósforo. El aumento de la luz, poco viento, aguas tranquilas y no aireadas, pH y la temperatura son claves para su aparición y podrían ser los factores implicados en que una determinada especie se transforme en tóxica.

La propagación de estas cianobacterias es una preocupación creciente en los países del área mediterránea, por la eutrofización, la agricultura intensiva, los vertidos contaminantes y el aumento de la temperatura del agua motivado por el cambio climático. Las consecuencias de la aparición de estas microcistinas son un condicionante para el servicio de abastecimiento de agua potable, dado que su concentración hace que el agua no pueda ser tratada para su potabilización. En el caso de animales hay numerosas referencias de muertes por su toxicidad. En humanos puede tener consecuencias importantes para la salud, no siendo apta el agua para su distribución, pudiendo generar problemas hepáticos y renales, además de cefaleas y vómitos. En algunos casos pueden llegar a la muerte si existen patologías importantes previas a la exposición de estas toxinas. Según recientes publicaciones, también se está relacionando la exposición prolongada a estas toxinas con Mielitis Transversa, un trastorno neurológico que provoca una inflamación de la médula espinal.

La Organización Mundial de la Salud da un valor de referencia de 1 µg/l correspondiente a cianotoxina, cuya presencia en el agua de consumo puede afectar a la salud, pero no será hasta que entre en vigor la nueva Directiva del Agua Europea cuando finalmente queden regulados los valores de referencia.

En la provincia de Badajoz, en mayo de 2018, en el embalse de Los Molinos ocurrió un caso de proliferación de microcistinas que provocó el corte de suministro de agua potable en varias localidades. Desde ese momento se han ido proponiendo distintos proyectos con el objetivo común de saber cómo poder anticiparse a este problema y poder eliminarlo.

Este proyecto tiene como fin poder desarrollar e implementar una herramienta informática que permita evaluar los niveles de algas y cianobacterias utilizando técnicas de teledetección, las cuales permitirán emitir alertas hacia los responsables de la vigilancia medioambiental de estas reservas de agua, combatiendo de esta forma los efectos del cambio climático que vamos a tener que afrontar en los próximos años.

2.- Originalidad y grado de innovación

Para el desarrollo de este proyecto se está utilizando la capacidad de las imágenes satelitales Sentinel-2 de los programas de observación de la tierra Copernicus de la Comisión Europea para la monitorización de embalses. Actualmente existen otros satélites como Terra/Aqua MODIS con sensores de calidad de agua pero con resoluciones de 1.000 m que no son de gran aplicación para la detección de estas algas en pequeños embalses por su resolución, pero los satélites Sentinel-2 permiten resoluciones de 20 y 10 m y sí que pueden ser usados para este fin, que es uno de los objetivos de este proyecto. Al igual que en el caso del programa Sentinel, se ha estudiado el uso de otras constelaciones como Landsat, que es un programa conjunto entre la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) que ofrece el catálogo más amplio de observaciones de la Tierra a nivel global, pero no se ha llegado a implementar.

Además, el sistema de análisis de las longitudes de onda de estos satélites se ha desarrollado y probado mediante librerías de libre acceso, al igual que el sistema de alertas. Todo ello con el fin de poder exponer los códigos de manera pública para su uso.

Poder desarrollar a demanda este tipo de tecnologías dentro de la administración pública abre un mundo nuevo, tanto para la gestión de agua como la posibilidad de adaptar la arquitectura creada para el análisis de otros índices de otros campos, como el agrícola, el de gestión de grandes infraestructuras, etc.

3.- Fases del proyecto

Fase 1: Revisión bibliografía de casos de microcistina en el mundo para su posterior análisis

El primer paso para la elaboración de este proyecto fue la revisión bibliográfica de casos de microcistinas en todo el mundo. Se analizaron artículos científicos que explicaron el comportamiento de la proliferación de estas cianobacterias, además de seguir proyectos con apoyo gubernamental. Existen proyectos como Cyanotraker, liderado por la Universidad de Georgia que publican en redes sociales los incidentes y noticias relacionados con cianobacterias en el mundo, que son de gran utilidad para el seguimiento de las ubicaciones donde existe la proliferación de este tipo de toxinas.

Para la prueba de los índices se seleccionaron cuatro ubicaciones distintas (tabla 1), en las que había registro bibliográfico, proporcionado por medios gubernamentales o revistas de divulgación o investigación, de aparición y desaparición de cianobacterias.

Tabla 1 Casos de estudio

| Nombre | Coordenadas (WGS84) |
|---------------------|-----------------------|
| <i>Laguna Lake</i> | 14,387752; 121,188277 |
| <i>Lesser Slave</i> | 55,443978; 115,526593 |
| <i>Los Molinos</i> | 38,519972; -6,117455 |
| <i>Conesus Lake</i> | 42,772884, -77,714866 |

Este paso fue muy importante para probar los índices y evitar posibles errores, puesto que tendrían que dar unos resultados de detección en todos los casos iguales para poder validar los posibles índices.

Fase 2: Revisión bibliografía de artículos sobre índices de teledetección de algas y cianobacterias

Una vez revisadas las ubicaciones de la fase 1 se realizó una segunda revisión sobre índices de teledetección y su aplicación. Se pudo comprobar que existían precedentes en la investigación de este tipo de detección de algas, aunque no había ningún estándar que lo pudiera regular, como puede existir en otros tipos de índices de teledetección. Después de una revisión de unos treinta artículos se llegó a un cribado de cinco índices para su prueba (tabla 2).

En la siguiente tabla se muestran los indicadores de cianobacterias y otros como clorofila o turbidez, que suelen estar ligados a la presencia de estas bacterias.

Tabla 2 Indicadores estudiados

| Indicador | Cálculo | Resolución (m) |
|----------------------|-----------------------------------|----------------|
| <i>NDCI</i> | $(B5-B4) / (B5+B4)$ | 20 |
| <i>Chl-a</i> | $((B5/B4) - 1,103) \times 0,1072$ | 20 |
| <i>NDWI</i> | $(B3-B8) / (B3+B8)$ | 10 |
| <i>NDVI</i> | $(B8-B4) / (B8+B4)$ | 10 |
| <i>Turbidez (TU)</i> | $(B4-0,014) \times 0,013$ | 10 |

Una vez elegidos los índices, se procedió a su aplicación (fase 5), a las fechas anteriores y durante la aparición y desaparición de las cianobacterias en las ubicaciones determinadas por la fase 1.

Fase 3: Descarga de imágenes satelitales Sentinel 2A

La Agencia Espacial Europea (ESA), junto a la Unión Europea a través de la Agencia Europea de Medio Ambiente, ha desarrollado el programa Copernicus que pretende observar la tierra y que sus datos sean abiertos a la comunidad científica a cualquier persona interesada. Desde el año 2014 viene poniendo en órbita una serie de misiones satelitales denominadas Sentinel.

Actualmente hay disponibles tres misiones Sentinel-1 que emplean antenas RADAR para el estudio de la superficie terrestre y oceánica. Sentinel-3A/B provee de servicios globales de monitorización de la tierra y los océanos y posee una resolución de 300 m y Sentinel-2A/2B que posee 13 bandas con resoluciones de 10, 20 y 60 m.

La misión Sentinel-2A fue lanzada en 2015, mientras que Sentinel-2B fue lanzada el 7 de marzo de 2017. El tiempo de paso de los dos satélites es de 10 días y de 5 días en conjunto, separados 180°. Estos satélites disponen de bandas que operan desde el visible hasta el infrarrojo de onda corta (SWIR). La información de

estos satélites se publica a través de la plataforma de datos abiertos del Programa Copernicus, con dos niveles: nivel 1 (S2_MSI_L1C), reflectancias en el tope de la atmósfera (TOA) georreferenciadas; y nivel 2 (S2_MSI_L2A), reflectancias a nivel del suelo (BOA) georreferenciadas. Las imágenes de nivel 2, a diferencia de las de nivel 1, corresponden a imágenes corregidas atmosféricamente.

De las 13 bandas publicadas, cuatro bandas tienen una resolución de 10 m 490 nm (B2), 560 nm (B3), 665 nm (B4), 842 nm (B8), seis bandas tienen resolución de 20 m 705 nm (B5), 740 nm (B6), 783 nm (B7), 865 nm (B8A), 1610 nm (B11), 2190 nm (B12) y tres tienen resolución de 60 m 443 nm (B1), 945 nm (B9) y 1375 nm (B10).

Para comprobar los casos de estudio descritos en la fase 1, se descargaron las correspondientes hojas con un periodo de dos meses antes y después de los casos de cianobacterias, en el caso de Los Molinos además se descargaron hojas de años posteriores. En total 121 GB de información.

Fase 4: Uso de los softwares ERDAS IMAGINE, QGIS y GDAL

Durante esta fase se utilizaron tres software de análisis de hojas multispectrales.

ERDAS IMAGINE de Hexagon Geospatial, software privativo para fotogrametría y multispectral con el que se evaluaron sólo dos índices en dos casos de estudio. El uso de este programa fue realizado por el Área de Transformación Digital y Turismo de la Diputación de Badajoz mediante la asistencia técnica que da soporte a las licencias del programa. Los resultados parciales de este software dieron a conocer la diferencia entre hojas evaluando el antes y después en dos de los casos de cianobacterias. No se evaluó hoja a hoja independientemente, ni todos los índices, para ello se utilizó el programa de licencia libre **QGIS LTR 3.16.13**.

El uso, aunque fuera parcial, de este programa privativo ERDAS IMAGINE ayudó a comprobar y validar la información que posteriormente se realizó con el software libre QGIS, ya que los resultados de esas hojas debían ser los mismos.

QGIS es un software libre desarrollado por la fundación OSGEO y distribuido multiplataforma. Puede analizar tanto datos vectoriales como raster incluyendo imágenes multispectrales. Con este software se realizó el estudio por completo. Se analizaron todas las combinaciones de índices por cada hoja y caso. Además se exportaron los histogramas de cada hoja para analizarlos de manera estadística.

Por último, se utilizó la librería **GDAL/OGR 3.4.0** bajo el lenguaje de programación Python en su versión 3.7. Esta librería es una biblioteca de software para la lectura y escritura de formatos de datos geoespaciales, publicada bajo la MIT License por la fundación geoespacial de código abierto (Open Source Geospatial Foundation). Con esta librería se estudió el primer proceso de automatización de la herramienta bajo servidores Linux. Con ella se podrá desarrollar la plataforma de alertas de código libre sin necesidad de utilizar ningún software privativo para el análisis de las hojas multispectrales.

Fase 5: Comprobación y evaluación de los resultados de los índices analizados

Esta fue la fase más importante para el proyecto y en ella se fueron analizando todos los índices por cada caso de estudio y fechas.

El principal resultado fue que el indicador NDCI descrito en la fase 2 ha resultado capaz de identificar la proliferación de las cianobacterias en las tres ubicaciones distintas (figuras 1 a 4).

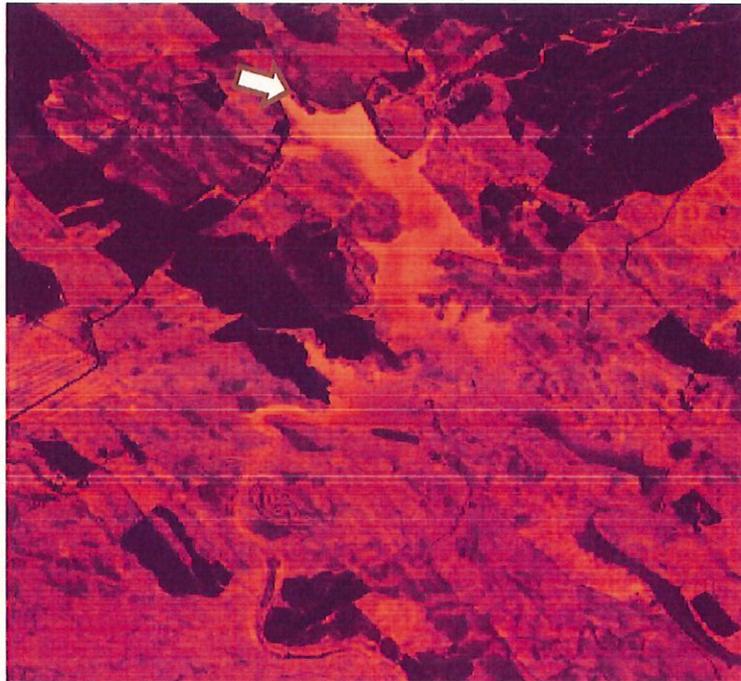


Figura 1 Embalse de Los Molinos NDCI

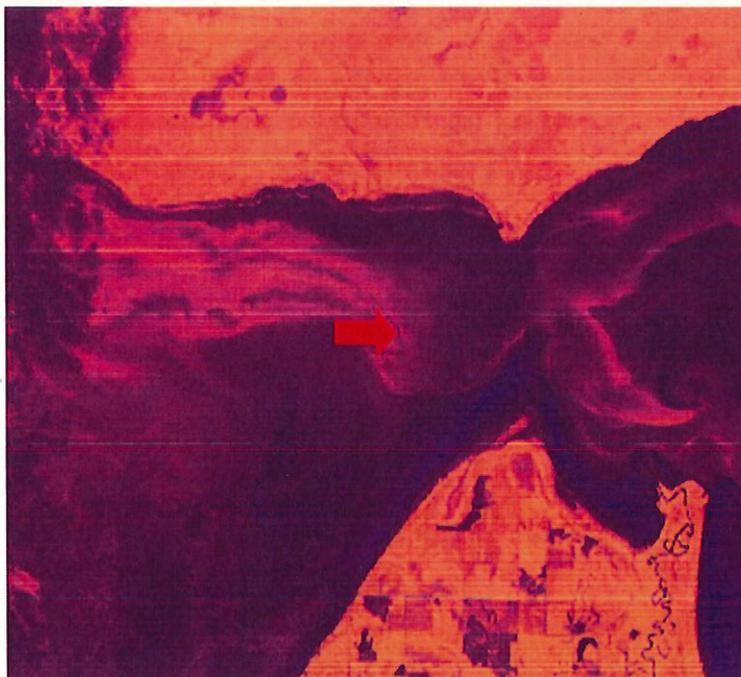


Figura 2 Lesser Slave River NDCI



Figura 3 Laguna Lake NDCI

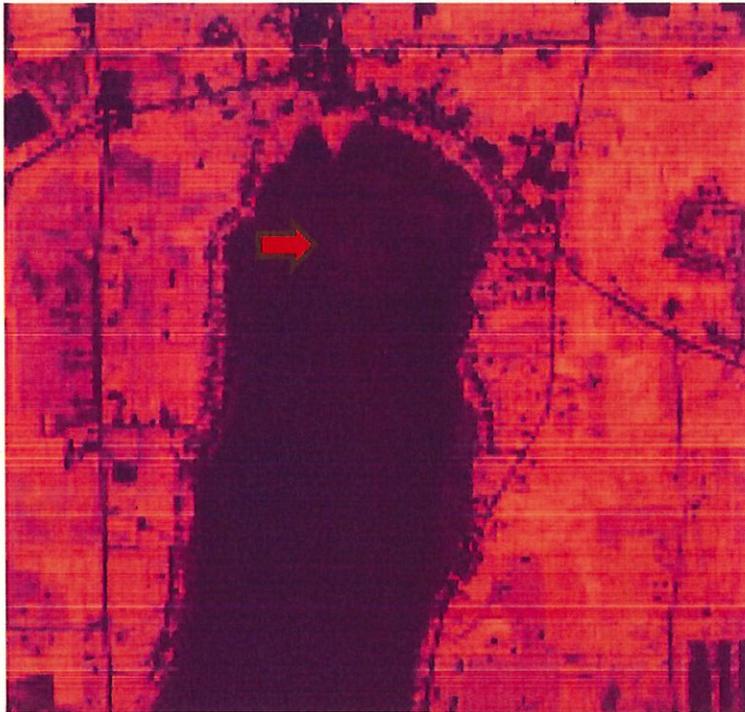


Figura 4 Conesus Lake NDCI

En el caso del embalse de Los Molinos el histograma resultante (figura 5) expresa alta frecuencia de valores comprendidos entre 0,2 y 0,4 identificando el caso que aconteció en 2018.

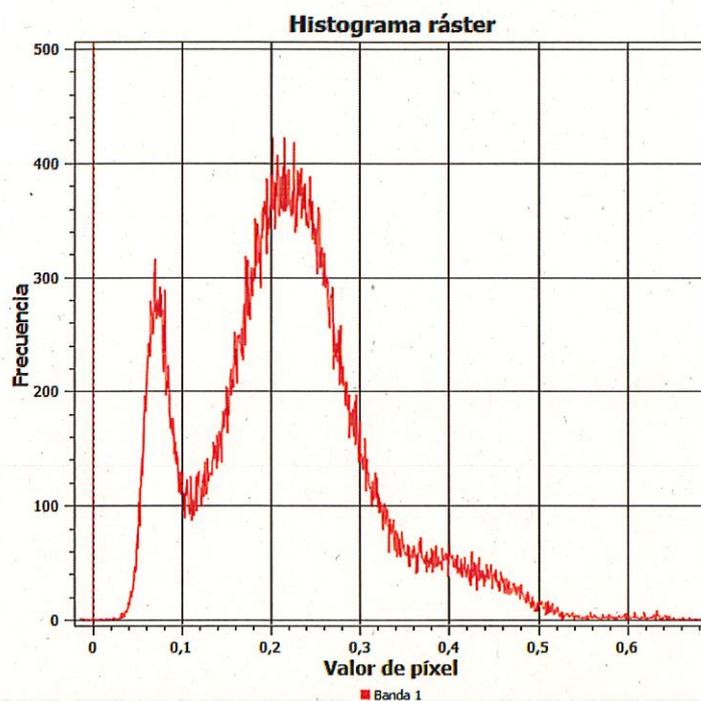


Figura 5 Histograma frecuencia valores

El indicador Chl-a ha obtenido resultados gráficamente similares a los del NDCI pero con mayor amplitud de sus valores como puede verse en la figura 6.

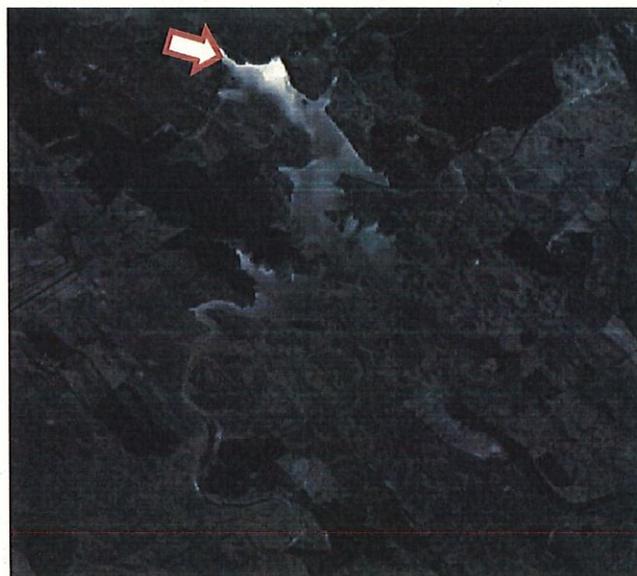


Figura 6 Embalse de Los Molinos Chla-a

El NDWI no ha dado tan buenos resultados en estos casos como el NDCI. Con la misma resolución y la turbidez también ha resultado tener valores distintos antes y después de la llegada de las cianobacterias.

El indicador NDVI ha localizado de manera óptima el caso de cianobacterias con una resolución de 10 m, como puede verse en la figura 7.

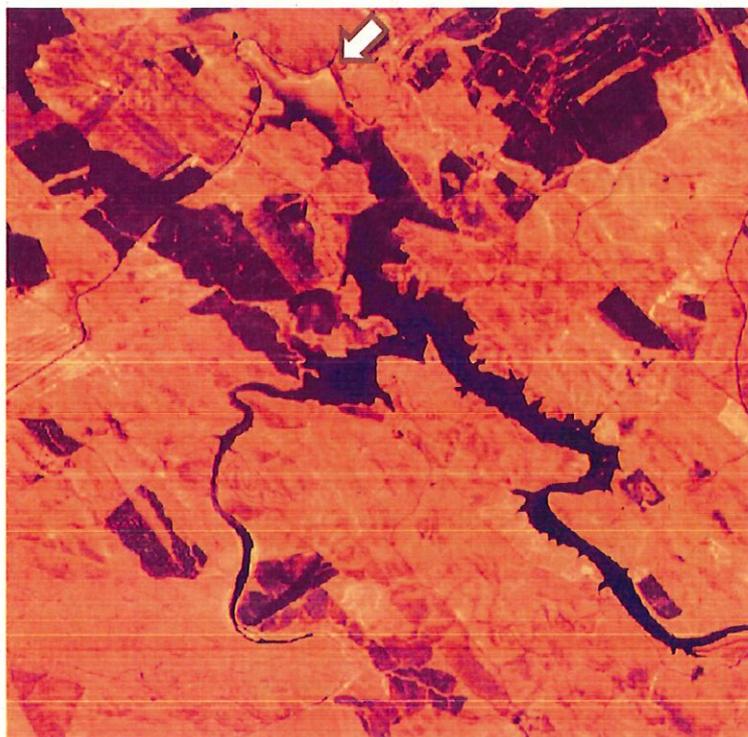


Figura 7 Embalse de Los Molinos NDVI

Para resoluciones de 20 m el indicador que detecta mejor los casos ha sido el NDCI, compuesto por las bandas B4 y B5. Este indicador ha podido diferenciar todos los casos de cianobacterias. Sin embargo, en resoluciones de 10 m el indicador más interesante resulta ser el NDVI, combinando las bandas B4 y B8.

El indicador de turbidez basado en K2 ha resultado tener valores interesantes, puesto que según revisiones bibliográficas aumentan antes de la proliferación de cianobacterias.

Estos indicadores podrían elaborar un sistema de alertas basado en el aumento del porcentaje de valores de pixel en los indicadores NDCI, NDVI y K2 superiores a las condiciones normales sin cianobacterias.

En el siguiente enlace se puede ver un vídeo que explica la detección de la proliferación a lo largo del tiempo en el caso del Embalse de Los Molinos en mayo de 2028 en fechas anteriores y posteriores.

<https://www.youtube.com/watch?v=vFQHn8AVhyo>



Fase 6: Análisis de los índices con otras constelaciones de satélites

Una vez escogidos los índices que mejor pueden identificar este tipo de problema, se deben valorar dos aspectos fundamentales: la resolución de los satélites y la periodicidad en sus vuelos alrededor de la tierra. En esta fase se deberá analizar en profundidad el programa Landsat de la NASA que publica sus vuelos para la investigación, además de buscar programas civiles privados que puedan dar bajas resoluciones y unos vuelos más periódicos, para los casos en los que los índices fueran superiores a un nivel de alerta y se necesite comprobar los resultados. En la tabla 3 se muestran algunos de los principales programas de observación espacial que se deberán analizar en esta fase.

Tabla 3 Programas espaciales públicos y privados (Fuente eliminada por bases del concurso)

| Satellite sensor | Period of operation | Spatial (m) | No. bands | Radio-metric | Temporal (days) | Swath (km) | Limitation |
|------------------|---------------------|-------------|-----------|--------------|-----------------|------------|-----------------|
| Landsat 5 | 1984-2012 | 30/120 | 7 | 8 bits | 16 | 180 | |
| Landsat 7 | 1999-present | 30/60 | 7 | 8 bits | 16 | 180 | Spect., Temp. |
| Landsat 8 | 2013-present | 30/100 | 10 | 12 bits | 16 | 180 | Spect., Temp. |
| Spot-5 | 2002-present | 10/20 | 4 | 8 bits | 2-3 | 60 | Spectral, cost |
| Spot-6 | 2012-present | 6 | 4 | 12 bits | 2 | 60 | Spectral, cost |
| Spot-7 | 2014-present | 6 | 4 | 12 bits | 2 | 60 | Spectral, cost |
| RapidEye | 2008-present | 5 | 5 | 12 bits | 1 | 77 | Spectral, cost |
| IKONOS | 1999-present | 3.2 | 4 | 11 bits | 3.5 | 11.3 | Spectral, cost |
| QuickBird | 2001-present | 2.44 | 4 | 11 bits | 3 | 16.5 | Spectral, cost |
| GeoEye-1 | 2008-present | 1.65 | 4 | 11 bits | 4-5 | 15.2 | Spectral, cost |
| WorldView-2 | 2009-present | 1.85 | 8 | 11 bits | 1.1 | 16.4 | Cost, swath |
| WorldView-3 | 2014-present | 1.24/3.7 | 28 | 11 bits | 4.5 | 6 | Cost |
| CZCS | 1978-1986 | 825 | 6 | 8 bits | Varies | 1,566 | Spatial, Spect. |
| SeaWiFS | 1997-2010 | 1,100 | 8 | 10 bits | 1 | 2,801 | Spatial, Spect. |
| MODIS-Terra | 1999-present | 250-1000 | 36 | 12 bits | 1 | 2,330 | Spatial, Spect. |
| MODIS-Aqua | 2002-present | 250-1000 | 36 | 12 bits | 1 | 2,330 | Spatial, Spect. |
| HICO | 2009-present | 90 | 87 | 12 bits | Varies | 42*192 | Experimental |
| Hyperion | 2000-present | 30 | 220 | 12 bits | Varies | 7.5*100 | Experimental |
| MERIS | 2002-2012 | 300 | 15 | 12 bits | 3 | 1,200 | Spatial |
| Sentinel-2 | 2015-present | 12-60 | 13 | 12 bits | 5 | 290 | Spectral |
| Sentinel-3 | 2016-present | 300 | 21 | 12 bits | 2.8 | 1,269 | Spatial |

Fase 7: Comparativa con datos de sondas in situ

Es importante comprobar el agua analizada mediante teledetección por analíticas de laboratorio. De esta forma se puede establecer algún tipo de relación con parámetros como la turbidez o la conductividad, que parecen evidenciar la posibilidad de crecimiento de cianobacterias. De esta forma también se comprueba qué parámetros podrían seguir una tendencia o significación estadística con índices de teledetección.

Fase 8: Desarrollo de librerías para el cálculo de los índices de forma automatizada y masiva

En esta fase se implementarán los programas necesarios para automatizar todo el proceso desde la descarga automática de las hojas hasta el envío de la alerta hacia los técnicos.

En concreto se desarrollarán las siguientes actividades en el lenguaje de programación python en su versión 3.7:

- Librerías para la descarga de las hojas. El programa Sentinel posee una API bajo acceso para la descarga de sus datos y precisa establecer una ubicación mediante un fichero .json, tipo de hoja y fechas para su descarga. Esta descarga se tiene que realizar en un máximo de treinta días, dado que las hojas posteriores están en un sistema frío de almacenamiento (bajo petición expresa de cada fecha y sin descarga automática)
- Una vez descargadas se procederá a descomprimir la información
- Seguidamente descomprimida la información se llegará a las bandas de cada hoja mediante un fichero .xml proporcionado por el programa Sentinel denominado Manifest
- Como se explicaba en la fase 4, se han configurado las librerías GDAL para el cálculo de los índices por cada hoja. En este apartado se realizarán los índices por cada pixel de la imagen
- Seguidamente se cortarán las imágenes resultantes, sólo al rango de acción del agua a analizar; es decir, se eliminará de la hoja todo lo que no sea objeto de estudio
- Por último se analizarán los datos de cada pixel con las librerías numpy y pandas de python. Se analizará si el porcentaje de pixeles con valores en cada índice superiores cambia por cada fecha y puede ser significativo. En caso afirmativo se almacenará esta información para ser enviada al sistema de alertas

Fase 9: Evaluación de los protocolos para el envío de datos

Para enviar la información proporcionada en la fase 8 se analizarán los posibles protocolos de envío de datos y se analizará adaptar la información mandada al protocolo MQTT y Fiware.

MQTT es un protocolo de comunicaciones estandarizado, muy ligero y sencillo que nos permite comunicar de una forma rápida y sin gran consumo dispositivos de forma remota. Funciona sobre TCP/IP y es de libre acceso. Los usuarios finales mediante este protocolo podrán elegir a dónde enviar la información de alerta, como por ejemplo a un sistema basado en Grafana, Prometheus o Kibana, todos de libre acceso.

Fiware es un estándar abierto y con API estandarizada que ha sido adoptado por la Unión Europea. Además está siendo utilizado para la comunicación de la plataforma del proyecto “Badajoz es más” de Diputación de Badajoz.

Fase 10: Montaje de la plataforma de visualización y alertas

Una vez terminada la fase 9 con el envío de los datos se procederá a la visualización y el envío de alertas. En esta fase se estudiará poder solicitar el desarrollo de un panel de mando dentro del proyecto “Badajoz es más” de Diputación de Badajoz.

4.- Viabilidad de la propuesta y sostenibilidad

Como se comentaba al inicio del documento, este proyecto ha sido desarrollado parcialmente en las fases más comprometidas en la viabilidad del proyecto, puesto que eran las que desarrollaban los índices de detección y comprobaban que realmente eran capaces de detectar la proliferación de las algas, principal objetivo del proyecto. Las fases que quedan por realizar son las de comparativas y automatización del proceso, que suelen ser las más largas para su realización pero que no comprometen la viabilidad del proyecto.

Este proyecto, dada su naturaleza, se desarrolla mediante personal propio y equipamiento propio. No será necesaria dotación económica pero sí que se necesitará la planificación del proyecto por los responsables de las áreas que se impliquen.

En la siguiente tabla 4 se muestra un resumen de cada actividad proponiendo cómo abordarse.

Tabla 4 Planificación de las fases del proyecto

| | Estado de realización | Duración (semanas) | Personal asignado |
|---|-----------------------|-------------------------------|---|
| Fase 1: Revisión bibliografía de casos de microcistina en el mundo para su posterior análisis | Finalizado | – | – |
| Fase 2: Revisión bibliografía de artículos sobre índices de teledetección de algas y cianobacterias | Finalizado | – | – |
| Fase 3: Descarga de imágenes satelitales Sentinel 2A | Finalizado | – | – |
| Fase 4: Uso de los softwares ERDAS IMAGINE, QGIS y GDAL | Finalizado | – | – |
| Fase 5: Comprobación y evaluación de los resultados de los índices analizados | Finalizado | – | – |
| Fase 6: Análisis de los índices con otras constelaciones de satélites | Pendiente | 4 | |
| Fase 7: Comparativa con datos de sondas in situ | Pendiente | 16 (muestra cada dos semanas) | Toma de muestras en al menos un embalse cada 15 días para su comprobación, el análisis de estas aguas se propone en el Laboratorio I+d+i del Consorcio Promedio |
| Fase 8: Desarrollo de librerías para el cálculo de los índices de forma automatizada y masiva | Pendiente | 6 | Personal propio |
| Fase 9: Evaluación de los protocolos para el envío de datos | Pendiente | 2 | Personal propio |
| Fase 10: Montaje de la plataforma de visualización y alertas | Pendiente | 4 | Personal propio y responsables del proyecto Badajoz es más |

5.- Valor público e impacto social, medioambiental o económico

El proyecto se enmarca dentro de la transformación digital de los servicios del ciclo integral del agua, el uso de nuevas tecnologías en el ámbito rural y la gestión de los servicios. Para el desarrollo de este proyecto se incluirán nuevas técnicas para la vigilancia medioambiental que aumentarán su valor. Además de ser usadas para las reservas de agua de la provincia de Badajoz, podrán tener acceso otras administraciones puesto que el proyecto se basa en tecnologías de libre acceso.

La implementación de tecnologías innovadoras en el entorno rural pone de manifiesto el nivel de control sobre los servicios municipales. Esto supone un aumento del valor social de los municipios al aumentar su calidad; en este caso en la distribución de agua potable y usos recreativos del agua.

6.- Vinculación del proyecto de innovación a los Objetivos Estratégicos de la Estrategia de Desarrollo Sostenible de la Diputación de Badajoz y a sus Grupos de Interés

Dentro de los ejes y objetivos estratégicos de la Diputación de Badajoz, este proyecto se enmarca dentro del eje D Desarrollo Medioambiental, en concreto dentro del objetivo O.E.8. Protección del entorno y optimización de los recursos. Este tipo de herramientas suponen un sistema de vigilancia y protección de las reservas de agua, tanto para consumo humano como para la proyección de los recursos hídricos de los que disponemos en la provincia de Badajoz.

Este proyecto se enmarca dentro del Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, de los objetivos de desarrollo sostenible impulsados por Naciones Unidas.

Además tiene relación con los puntos:

6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial

6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua

6.6 De aquí a 2030, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos

7.- Grado de mejora y modernización de los servicios públicos

Este proyecto ha sido desarrollado parcialmente y se podrá desarrollar mediante recursos propios de la Diputación de Badajoz. Esto pone de manifiesto la modernización de los servicios públicos, además de su compatibilidad con otros proyectos de base tecnológica, como puede ser el proyecto de Smart Provincia "Badajoz es más".

Investigar sobre las nuevas tecnologías aplicadas a la vigilancia ambiental hace ver a la ciudadanía el nivel de calidad que se puede prestar desde las administraciones públicas. Pone de manifiesto que se buscan soluciones a los problemas que puedan ser perjudiciales para la población y el medioambiente.

