



GOBIERNO
DE ESPAÑA

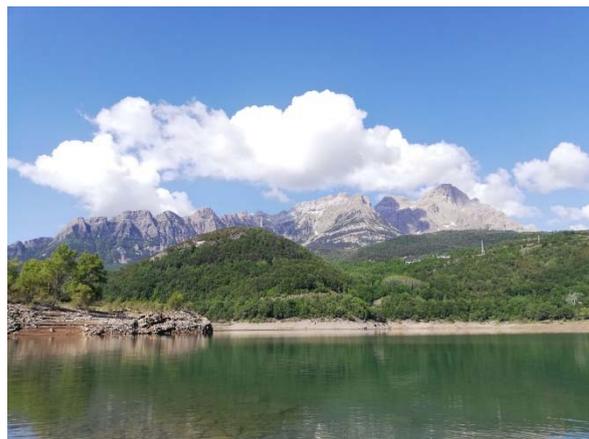
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

2023

SEGUIMIENTO DE EMBALSES POR TELEDETECCIÓN 2023

MEMORIA



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO





SEGUIMIENTO DE EMBALSES POR TELEDETECCIÓN 2023

INFORME FINAL

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

Calidad de Aguas

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

María José Rodríguez Pérez

EMPRESA CONSULTORA:

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva

EQUIPO DE TRABAJO:

Eduardo Vicente Pedrós, Juan Miguel Soria García, Xavier Sòria Perpinyà, Rebeca Pérez González, Juan Víctor Molner Polit.

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

44.900 Euros

CONTENIDO:

MEMORIA DEL INFORME

AÑO DE EJECUCIÓN:

2023

FECHA ENTREGA:

DICIEMBRE 2023



REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior: Recreación del satélite Sentinel-2 (fuente web de la E.S.A.)

Inferior izquierda: Visión del disco de Secchi en diferentes embalses durante 2023.

Inferior derecha: Vista del embalse de Búbal desde el punto de toma de muestras en mayo de 2023.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2023). Seguimiento de embalses por teledetección 2023. 299 págs.

Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

El presente informe pertenece al Dominio Público en cuanto a los Derechos Patrimoniales recogidos por el Convenio de Berna. Sin embargo, se reconocen los Derechos de los Autores y de la Confederación Hidrográfica del Ebro a preservar la integridad del mismo, las alteraciones o la realización de derivados sin la preceptiva autorización administrativa con fines comerciales, o la cita de la fuente original en cuanto a la infracción por plagio o colusión. A los efectos prevenidos, las autorizaciones para uso no científico del contenido deberán solicitarse a la Confederación Hidrográfica del Ebro.



SEGUIMIENTO DE EMBALSES POR TELEDECCION 2023

El informe presenta los resultados alcanzados en el estudio realizado en los embalses de la cuenca hidrográfica del Ebro utilizando técnicas de teledetección. El objetivo principal del estudio es aplicar ecuaciones, relacionando las bandas multiespectrales del satélite Sentinel-2, para estimar diferentes variables de calidad de agua. El estudio se ha realizado en un total de 291 imágenes obtenidas en el año 2023 que incluyen 46 embalses y 25 lagos de la cuenca; algunos embalses se han observado hasta en siete ocasiones, repartidos en las distintas estaciones a lo largo del año 2023. Se han utilizado ecuaciones para la estimación de la concentración de clorofila-a, sólidos en suspensión, y transparencia. Se presentan los mapas de calidad de cada embalse estudiado donde se muestra la heterogeneidad espacial. Además, se ha estimado el estado trófico y el riesgo de eutrofización de cada masa de agua tanto con los datos adquiridos vía satélite, como con los datos en las campañas de campo, realizando una comparativa entre ambas medidas.

ABSTRACT

The report presents the results achieved in the study carried out in the reservoirs of the Ebro river basin using remote sensing techniques. The main objective of the study is to apply equations, relating the multispectral bands of the Sentinel-2 satellite, to estimate different water quality variables. The study has been carried out on a total of 291 images obtained in 2023 that include 46 reservoirs and 25 lakes in the basin; some reservoirs have been observed up to seven times, spread over the different seasons throughout 2023. Thus, equations have been used to estimate the concentration of chlorophyll-a, suspended solids, and transparency. Quality maps are presented for each studied reservoir showing the spatial heterogeneity. In addition, the trophic status and eutrophication risk of each body of water has been estimated both with data acquired via satellite and with data from field campaigns, making a comparison between both measurements.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. <i>OBJETIVO DEL ESTUDIO</i>	10
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	10
2.1. <i>EMBALSES ESTUDIADOS</i>	10
2.2. <i>DATOS DE VARIABLES DE CAMPO</i>	15
2.3. <i>DESCARGA DE IMÁGENES</i>	15
2.4. <i>CÁLCULO DE ÍNDICES</i>	17
2.5. <i>EXTRACCIÓN DE LOS VALORES DE REFLECTIVIDAD</i>	22
3. RESULTADOS	25
3.1. <i>TRANSPARENCIA</i>	26
3.2. <i>SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN</i>	27
3.3. <i>CLOROFILA-A</i>	28
3.4. <i>FICOCIANINA</i>	29
3.5. <i>CDOM</i>	29
3.6. <i>ESTUDIO DE LA CALIDAD DE EMBALSES</i>	31
3.7. <i>ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAGOS</i>	44
4. VALIDACIÓN DE RESULTADOS	47
5. PROPUESTAS A MEJORAR	52
6. CONCLUSIONES	53
7. BIBLIOGRAFIA	53



ÍNDICE ANEXOS

ANEXO 1. FICHAS DE LOS EMBALSES ESTUDIADOS	56
ANEXO 2. FICHAS DE LOS LAGOS ESTUDIADOS	271
ANEXO 3. PRESENCIA DE CIANOBACTERIAS EN EL EMBALSE DE ORTIGOSA	293

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de embalses a estudiar en la Confederación Hidrográfica del Ebro	11
Tabla 2. Listado de lagos a estudiar en la Confederación Hidrográfica del Ebro	14
Tabla 3. Bandas del satélite Sentinel-2	18
Tabla 4. Resumen de los índices propuestos para cada variable	22
Tabla 5. Resumen de ecuaciones calibradas para los distintos parámetros de calidad estudiados	31
Tabla 6. Resumen de las variables indicadoras de estado trófico	32
Tabla 7. Resumen de las variables indicadoras de riesgo de eutrofia	32
Tabla 8. Tabla de decisiones para obtener el riesgo de eutrofización	34
Tabla 9. Comparativa de los resultados obtenidos del estado trófico en los trabajos de campo y los valores obtenidos de las imágenes de satélite en embalses	35
Tabla 10. Comparativa de resultados obtenidos del riesgo de eutrofización en embalses	39
Tabla 11. Comparativa de los resultados obtenidos en los trabajos de campo y los valores obtenidos de las imágenes de satélite en lagos	44
Tabla 12. Comparativa del riesgo de eutrofización en lagos	46



ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Gránulos necesarios para cubrir los embalses objeto de estudio en la Cuenca Hidrográfica del Ebro	16
Figura 2. Imagen correspondiente al gránulo T30TVN procesada en el nivel L2A	24
Figura 3. Punto de extracción de valores de reflectividad próxima a la presa	25
Figura 4. Correlación entre el índice de transparencia propuesto y los valores de transparencia tomados en campo	26
Figura 5. Correlación entre el resultado con el índice propuesto y los valores de concentración de sólidos en suspensión tomados en campo	27
Figura 6. Correlación entre el resultado hallado con el índice propuesto, y los valores de clorofila-a tomados en campo	28
Figura 7. Correlación entre el resultado hallado con el índice propuesto y los valores de ficocianina tomados en campo	29
Figura 8. Correlación entre el resultado hallado con el índice propuesto y los valores de concentración de materia orgánica cromofórica tomados en campo	30
Figura 9. Estado trófico del embalse de Caspe el 09-diciembre -2023	43
Figura 10. Comparativa estado trófico en lagos según indicador de la Clorofila a	45
Figura 11. Comparativa estado trófico en lagos según indicador de la transparencia	46
Figura 12. Gráfico de correlación los valores obtenidos de transparencia tomados en campo y mediante el satélite	48
Figura 13. Gráfico de correlación entre los valores obtenidos de clorofila-a tomados en campo y mediante el satélite	48
Figura 14. Gráfico de correlación entre los valores obtenidos de sólidos en suspensión tomados en campo y mediante el satélite	49
Figura 15. Evolución anual de la transparencia del embalse de Barasona. (A) 19 de febrero, (B) 26 de marzo, (C) 14 de julio y (D) 10 de octubre	51
Figura 16. Evolución anual de la Clorofila a del embalse de Barasona. (A) 19 de febrero, (B) 26 de marzo, (C)14 de julio y (D) 10 de octubre	52
Figura 17. Evolución anual de sólidos en suspensión del embalse de Barasona. (A) 22 de febrero, (B) 26 de marzo, (C) 14 de julio y (D) 10 de octubre	53



1. INTRODUCCIÓN

El control del estado de los embalses es una obligación según la Directiva Marco del Agua (DMA; DOCE, 2000). Esta Directiva, en su artículo 8, obliga a los Estados miembros a establecer programas de seguimiento de la calidad de las aguas de las masas de agua muy modificadas de la categoría río, con objeto de obtener una visión general, coherente y completa de su potencial en cada demarcación hidrográfica. Estas obligaciones según la DMA se transponen al ordenamiento jurídico español a través del artículo 92.ter del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA; BOE, 2001).

La Confederación Hidrográfica del Ebro está realizando el seguimiento de varios embalses de la cuenca del Ebro mediante un contrato de servicios licitado por la Subdirección General de Protección de las Aguas y Gestión de Riesgos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

La teledetección ha demostrado tener una capacidad superior que los métodos tradicionales para una evaluación completa y exhaustiva de los ecosistemas acuáticos (Cheng *et al.*, 2022). En este contexto, la misión Sentinel-2 ofrece imágenes con una alta resolución (de hasta 10 m) y una frecuencia de revisita de cinco días (ESA, 2012). Esto permite realizar el seguimiento del estado trófico en dichas masas de agua evaluando las señales de reflectancia recogidas por los sensores instalados en los satélites.

Para conseguir analizar la calidad del agua mediante técnicas de teledetección es necesario un trabajo previo de campo y de procesamiento de imágenes satelitales mediante las correspondientes herramientas informáticas. Esta metodología se basa en la estimación de variables biofísicas, tales como clorofila o transparencia, a partir de la calibración de índices espectrales y la validación de algoritmos, correlacionando los resultados de campo con los obtenidos gracias a la información multispectral recogida en imágenes de satélite (Matthews, 2011). Estos algoritmos están dotados de fiabilidad para su aplicación en diferentes masas de agua y momentos extemporáneos.

Con este objetivo, los indicadores ambientales para las masas de agua de tipo embalse que se han de aplicar son los elementos de calidad biológicos y fisicoquímicos recogidos en el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. Una vez obtenidos estos resultados, se determina el estado trófico de las masas de agua consideradas



(BOE, 2015). Posteriormente, en aplicación del Real Decreto 47/2022, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por nitratos de fuentes agrarias (DF 1ª), que modifica el RD 817/2015, se evalúa el riesgo de eutrofización a partir de las variables necesarias y otra información adicional.

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio consiste en aplicar una metodología que permita conseguir los mapas de calidad del agua en embalses de la cuenca, utilizando 46 embalses y 25 lagos como masas de agua de referencia para este estudio. Posteriormente, se ha seleccionado aquellos con una superficie adecuada para el estudio en la cuenca del Ebro con disponibilidad de imágenes y datos de campo. Para ello, se debe combinar el tratamiento de los datos fisicoquímicos proporcionados por el Área de Calidad de Aguas (de trabajos ya realizados entre 2016 y el año actual en esos embalses durante 2023), con las imágenes generadas por los sensores remotos.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. EMBALSES ESTUDIADOS

La zona de estudio se focaliza en los embalses más representativos de la Demarcación Hidrográfica del Ebro (DHE) que son adecuados por sus dimensiones para el estudio mediante teledetección. De acuerdo con el Pliego de Condiciones del contrato, se han escogido para este año un total de 46 embalses y 25 lagos sobre los que se efectuará el seguimiento de calidad de la masa de agua. Se han descartado algunos embalses a pesar de tener datos de campo por su tamaño inadecuado para el estudio, como los embalses de Sopeira y el Humedal de Utchesa-Seca. En cuanto a los lagos, también se han descartado muchos de ellos por su escaso tamaño y dificultad de localización y el caso de la laguna de Sariñena por presentar datos anormales. En la siguiente Tabla 1 se muestra en detalle el listado de los embalses objeto de este trabajo y en la Tabla 2 la lista de los lagos estudiados.



Tabla 1. Lista de embalses a estudiar en la Confederación Hidrográfica del Ebro.

CÓDIGO MASA	NOMBRE DE LA MASA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	CC.AA.
1	Embalse del Ebro	Las Rozas de Valdearroyo (Cantabria) y Arijá (Burgos)	Cantabria-C.León
2	Embalse de Urrúnaga	Villarreal de Álava (Álava)	País Vasco
4	Embalse de Irabia	Orbaitzeta (Navarra)	Navarra
5	Embalse de Albiña	Villarreal de Álava (Álava)	País Vasco
6	Embalse de Eugui	Esteribar (Navarra)	Navarra
7	Embalse de Ullivarri-Gamboa	Elburgo (Álava)	País Vasco
19	Embalse de Lanuza	Sallent de Gállego (Huesca)	Aragón
22_001	Embalse de Sobrón	Valle de Tobalina (Burgos)	País Vasco-C.León
25	Embalse de Búbal	Sallent de Gállego (Huesca)	Aragón
27	Embalse de Alloz	Guesálaz (Navarra)	Navarra
34	Embalse de Baserca	Montanuy (Huesca)	Aragón
37	Embalse de Yesa	Yesa (Navarra)	Navarra-Aragón
42	Embalse de Mediano	La Fueva (Huesca)	Aragón
43	Embalse de Escales	Sopeira (Huesca) y El Pont de Suert (Lleida)	Aragón-Cataluña
44	Embalse de La Peña	Las Peñas de Riglos (Huesca)	Aragón
47_001	Embalse de El Grado	El Grado (Huesca)	Aragón
50	Embalse de Tarn (Trep o San Antonio)	Tarn (Lleida)	Cataluña
51	Embalse de Vadiello	Loporzano (Huesca)	Aragón
53	Embalse de Oliana	Coll de Nargó (Lleida)	Cataluña
54	Embalse de Montearagón	Huesca (Huesca)	Aragón
55	Embalse de Ardisa	Ardisa (Zaragoza)	Aragón



CÓDIGO MASA	NOMBRE DE LA MASA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	CC.AA.
56	Embalse de Barasona	Graus (Huesca)	Aragón
58	Embalse de Canelles	Estopiñán del Castillo (Huesca) y Áger (Lleida)	Aragón-Cataluña
59	Embalse de Terradets	Llimiana (Lleida)	Cataluña
61	Embalse de Mansilla	Mansilla y Vilavelayo (La Rioja)	La Rioja
62	Embalse de La Sotonera	Alcalá de Gurrea (Huesca)	Aragón
63	Embalse de Rialb	Tiurana (Lleida)	Cataluña
64	Embalse de Pajares	Lumbreras (La Rioja)	La Rioja
65_001	Embalse de Camarasa	Camarasa (Lleida)	Cataluña
66	Embalse de Santa Ana	Castillonroy (Huesca)	Aragón
67	Embalse de San Lorenzo	Sant Llorenç de Mongay (Lleida)	Cataluña
68	Embalse de El Val	Los Fayos (Zaragoza)	Aragón
70_001	Embalse de Mequinenza	Mequinenza (Zaragoza)	Aragón
71	Embalse de Mezalocha	Mezalocha (Zaragoza)	Aragón
72	Embalse de Margalef	Margalef (Tarragona)	Cataluña
73	Embalse de Ciurana	Cornudella de Montsant (Tarragona)	Cataluña
74	Embalse de Flix	Flix (Tarragona)	Cataluña
75	Embalse de las Torcas	Tosos (Zaragoza)	Aragón
76	Embalse de la Tranquera	Carenas (Zaragoza)	Aragón
77	Embalse de Moneva	Moneva (Zaragoza)	Aragón
78	Embalse de Caspe	Alcañiz (Zaragoza)	Aragón
79	Embalse de Guiamets	Els Guiamets (Tarragona)	Cataluña
80	Embalse de Cueva Foradada	Oliete (Teruel)	Aragón
82	Embalse de Calanda	Calanda (Teruel)	Aragón
85	Embalse de Santolea	Castellote (Teruel)	Aragón



CÓDIGO	NOMBRE DE LA MASA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	CC.AA.
86	Embalse de Itoiz	Lónguida (Navarra)	Navarra
87	Embalse de Lechago	Calamocha (Teruel)	Aragón
912	Embalse de Pena	Valderrobres (Teruel)	Aragón
913	Embalse de Gallipuéñ	Berge (Teruel)	Aragón
916	Embalse de Ortigosa	Ortigosa de Cameros (La Rioja)	La Rioja
949	Embalse de Ribarroja	Riba-Roja d'Ebre (Tarragona)	Cataluña
986	Bachimaña Alto	Panticosa (Huesca)	Aragón
996	Estany de San Maurici	Espot (Lérida)	Cataluña
1002	Tramacastilla de Tena	Sallent de Gállego (Huesca)	Aragón
1003	Ibón recrecido de Ip	Canfranc (Huesca)	Aragón
1020	Lac Major de Colomers	Arties (Lérida)	Cataluña
1022	La Estanca de Alcañiz	Alcañiz (Zaragoza)	Aragón
1033	Embalse de Respomuso	Sallent de Gállego (Huesca)	Aragón
1039	Ibón recrecido de Brazato	Panticosa (Huesca)	Aragón
1043	Estany de Cavallers	Vall de Boí (Lérida)	Cataluña
1049	Embalse de Balaguer	Camarasa (Lérida)	Cataluña
1051	Embalse de Escarra	Sallent de Gállego (Huesca)	Aragón
1052	Embalse de Sallente	Torre de Cabdella (Lérida)	Cataluña
1053	Embalse de Llauset	Montanuy (Huesca)	Aragón
1679_001	Humedal de Utchesa Seca	Torres de Segre (Lérida)	Cataluña
1680	La Loteta	Magallón (Zaragoza)	Aragón
1681	Monteagudo de las Vicarías	Monteagudo de las Vicarías (Soria)	Castilla y León
1804	Embalse de Maidevera	Pomer (Zaragoza)	Aragón
1807	San Salvador	Binaced (Zaragoza)	Aragón



En cuanto a los lagos considerados en el estudio, se relacionan en la Tabla 2, a continuación.

Tabla 2. Lista de lagos a estudiar en la Confederación Hidrográfica del Ebro.

CÓDIGO MASA	NOMBRE DE LA MASA	MUNICIPIO Y PROVINCIA	CC.AA.
965	Estany Romedo de Baix	Lladorre (Lérida)	Cataluña
968	Laguna de Sariñena	Sariñena (Huesca)	Aragón
970	Lac Redon	Viella (Lérida)	Cataluña
979	Estany Fondo	Alins (Lérida)	Cataluña
983	Ibón de Cregüaña	Benasque (Huesca)	Aragón
990	Laguna Salada de Chiprana	Chiprana (Zaragoza)	Aragón
1001	Lago de Urdiceto	Bielsa (Huesca)	Aragón
1008	Estany Negre (Espot)	Espot (Lérida)	Cataluña
1010	Estany de la Gola	Guingueta de Aneo (Lérida)	Cataluña
1016	Laguna de Pitillas	Pitillas (Navarra)	Navarra
1018	Lac Tort de Rius	Alto Arán (Lérida)	Cataluña
1019	Lago de Arreo	Lantarón (Álava)	País Vasco
1027	Lago de Marboré	Sobrarbe (Huesca)	Aragón
1029	Estany de Montcortés	Montcortés (Lérida)	Cataluña
1032	Estany de Certascan	Lladorre (Lérida)	Cataluña
1035	Laguna de Lor	Cascante (Navarra)	Navarra
1040	Estany Major de la Gallina	Lladorre (Lérida)	Cataluña
1747	Complejo lagunar cuenca de San Antonio, Estany Gran de Mainera	Sort (Lérida)	Cataluña



2.2. DATOS DE VARIABLES DE CAMPO

Los datos utilizados para relacionar las variables de calidad medidas en cada embalse con las mediciones obtenidas de las imágenes de satélite se han obtenido de las bases de datos de la Demarcación del Ebro de los muestreos de los diferentes trabajos de seguimiento de la calidad en embalses del año 2021, 2022 y 2023 así como los resultados de los trabajos de campo realizados por el Grupo de Limnología. También se ha utilizado los datos de cuarenta y cuatro embalses obtenidos en los estudios comprendidos entre 2016 hasta 2019 para calcular inicialmente las ecuaciones y analizar las concordancias de valores obtenidos.

2.3. DESCARGA DE IMÁGENES

La descarga de imágenes se ha realizado desde el repositorio web del programa Copernicus (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>) de la Agencia Espacial Europea (ESA). Para cubrir toda la zona de interés en la que se encuentran los embalses y lagos de estudio se necesitan trece cuadrículas UTM diferentes, es decir, trece imágenes distintas.

Los gránulos utilizados son los siguientes: T30TVN, T30TWN, T30TXN, T31TBH, T31TCH, T30TVM, T30TWM, T30TXM, T31TBG, T31TCG, T30TXL, T30TBF y T30TCF.

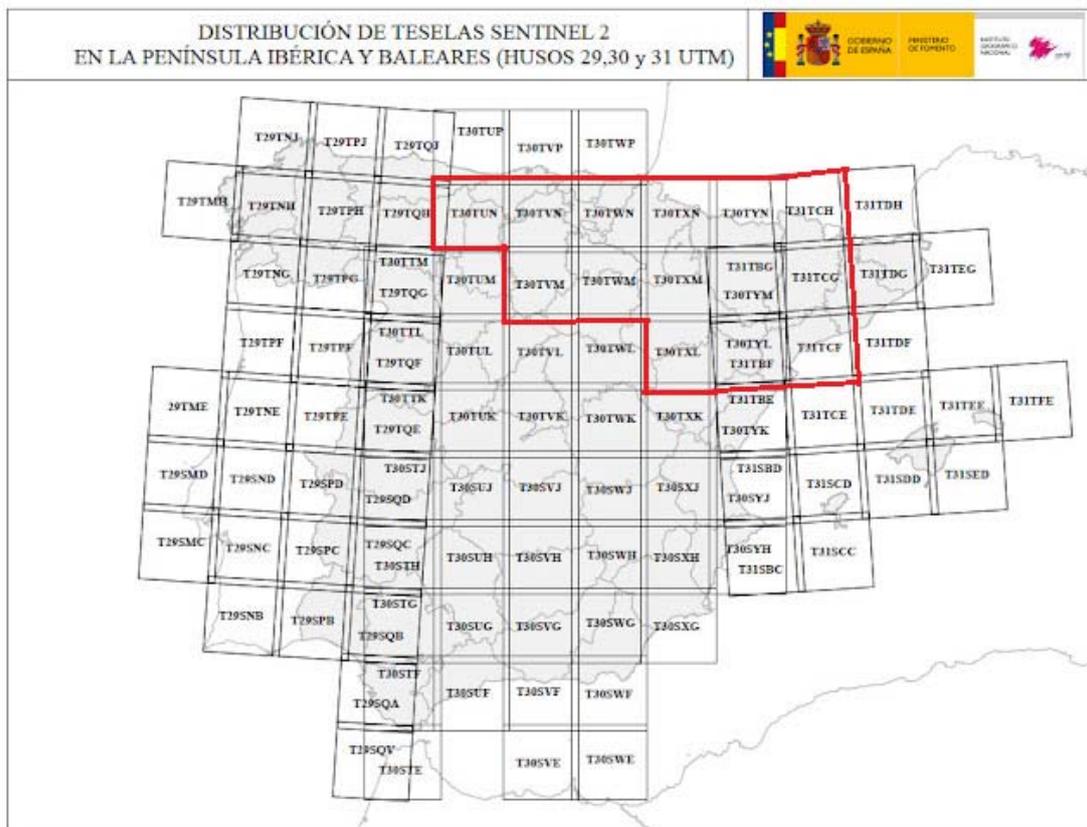


Figura 1. Gránulos necesarios para cubrir los embalses objeto de estudio en la Cuenca Hidrográfica del Ebro. Mapa oficial del IGN (Ministerio de Fomento).

El procesamiento de las imágenes se realizó mediante el software SeNtinel Application Platform (SNAP; Brockmann Consult, Hamburg, Germany), un programa informático proporcionado por la ESA y optimizado para el procesamiento y tratamiento de las imágenes de las misiones Sentinel, así como con *snap.py*, un complemento del programa que permite procesar los datos de las imágenes mediante Python. Las imágenes descargadas poseen el nivel L1C de procesamiento, es decir, los valores de reflectividad que se representan se localizan en el techo de la atmósfera (TOA). La corrección atmosférica nos permite obviar los efectos producidos por la atmósfera y obtener valores de reflectividad en la superficie, es decir, en la base de la atmósfera o nivel BOA. A las imágenes descargadas se les ha de aplicar la corrección atmosférica para aguas tipo 2 extremo (C2X) mediante la herramienta C2RCC, que son las correspondientes a aguas interiores.

El algoritmo de corrección trabaja sobre la banda cirrus (banda 10) corrigiendo la presencia de nubes y sobre las bandas del azul, rojo y SWIR (bandas 2, 4 y 12 respectivamente en Sentinel-2), para realizar una medición de transparencia atmosférica mediante el factor AOT (Aerosol Optical



Thinkess). Siguiendo este algoritmo el software transforma los valores de reflectividad iniciales TOA a valores BOA, corrigiendo la interacción existente entre la atmósfera y la reflectividad obtenida por el satélite. Los valores de radiación BOA son los que normalmente podemos medir con un instrumento en la superficie de la masa de agua, y verificar que el sistema de corrección utilizado funciona adecuadamente.

Además, C2RCC utiliza el algoritmo SLC (Scene Classification), el cual genera un mapa de clasificación con clases diferentes. Este algoritmo aplica índices como el Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI) para identificar zonas de vegetación, o el Índice Normalizado Diferencial de Nieve (NDSI) para detectar superficies cubiertas por nieve. Algunas de las clases con las que clasifica la imagen son: nubes, sombra de nube, vegetación, nieve y masas de agua, permitiendo obtener mapas en falso color con diversas utilidades, como clasificar zonas de agua y tierra; tipos de vegetación y otras utilidades.

2.4. CÁLCULO DE ÍNDICES

La estimación del estado trófico de las masas de agua y su posterior monitorización es uno de los grandes retos actuales de la Teledetección. El estudio de las masas de agua mediante técnicas de Teledetección se basa en la relación existente entre diferentes parámetros de calidad y sus propiedades ópticas. Así, las imágenes multispectrales de Sentinel-2 aportan información de la reflectividad de la superficie terrestre y las masas de agua en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético.

El satélite Sentinel-2 está compuesto de trece bandas distintas que cubren desde las longitudes de onda del azul (450 nm), hasta el infrarrojo lejano (2100 nm) con una resolución espacial de 10, 20 y 60 metros en función de la banda que se trate. La tabla que se muestra a continuación presenta toda la información referente a las bandas que porta este satélite (Tabla 3).

Tabla 3. Bandas del satélite Sentinel-2. Fuente: Technical Guides, Sentinel 2 – MSI Instrument, ESA.

	S2A		S2B		
	Longitud de onda central (nm)	Ancho de banda (nm)	Longitud de onda central (nm)	Ancho de banda (nm)	Resolución espacial (nm)
B1	442,7	20	442,3	20	60
B2	492,7	65	492,3	65	10
B3	559,8	35	558,9	35	10
B4	664,6	30	664,9	31	10
B5	704,1	14	703,8	15	20
B6	740,5	14	739,1	13	20
B7	782,8	19	779,7	19	20
B8	832,8	105	832,9	104	10
B8a	864,7	21	864,0	21	20
B9	945,1	19	943,2	20	60
B10	1373,5	29	1376,9	29	60
B11	1613,7	90	1610,4	94	20
B12	2202,4	174	2185,7	184	20

Para determinar el estado trófico de las masas de agua, se deben estudiar diferentes parámetros de calidad que tengan una alta reflectividad en el agua. Para su estimación existen diferentes índices que relacionan las bandas de reflectividad con dichos parámetros.

Los parámetros que se pueden estudiar con imágenes satelitales en general son los siguientes:

- Temperatura superficial de la masa de agua.
- Transparencia.
- Turbidez.
- Sólidos en suspensión.
- Concentración de clorofila-a.
- Concentración de ficocianina.
- Concentración de materia orgánica cromofórica (CDOM).



En nuestro caso se van a estimar tres variables con interés para conocer el estado trófico: la transparencia del agua, la concentración de clorofila-a y la materia suspendida (aunque esta última variable no se utiliza en la estimación del estado trófico, sí que tiene interés por su relación con las otras dos variables). En algunos trabajos en concreto también se utiliza la medida de concentración de ficocianina, indicador de la presencia de fitoplancton con cianobacterias.

2.4.1. Transparencia

La transparencia del agua está relacionada con la cantidad de partículas y materiales en suspensión que se encuentran en el agua, por lo tanto, un descenso de la visibilidad del disco de Secchi puede indicar una mayor cantidad de estos materiales y a consecuencia, una peor calidad del agua. Como estudiaron Pereira-Sandoval *et al.* (2018), en el caso de la transparencia se han realizado estudios que demuestran que, en algunos casos, el cociente entre las bandas del azul y rojo lejano (1) pueden calibrarse para estimarla adecuadamente.

$$X = \frac{R490}{R705} \quad (1)$$

Sin embargo, se demuestra que en aguas claras el cociente entre las bandas azul y verde (2) obtiene un mejor rendimiento para la estimación de este parámetro, y, además, esta relación es utilizada en su mayoría para aguas claras donde el fitoplancton es el principal contribuidor para la atenuación de luz en la columna de agua. (Pereira-Sandoval *et al.*, 2018).

$$X = \frac{R490}{R560} \quad (2)$$

En este estudio, con nueva adición de datos, se ha obtenido un mayor coeficiente de correlación con esta ecuación (2).

Una vez obtenida estas relaciones entre bandas, serán correlacionadas con las medidas obtenidas *in situ* para obtener una ecuación calibrada que mejor correlación obtenga entre el valor del índice con el valor real de la transparencia. Así, la ecuación calibrada nos permitirá estimar la transparencia a partir de la reflectividad de las bandas azul y verde de Sentinel-2.

De manera adicional, el software SNAP durante la corrección atmosférica mediante la herramienta C2RCC, es capaz de calcular una serie de productos automáticos de parámetros de calidad de agua, como sólidos en suspensión, clorofila-a y transparencia. Por lo que además de estudiar los índices indicados, se va a utilizar esta herramienta y así determinar con qué método se obtiene una mejor estimación.



2.4.2. Sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión ([SST]) muestran alta reflectividad en las bandas roja e infrarroja y se han establecido diferentes índices para la posterior calibración de este parámetro. El primer método (ISO-112023-1997), para valores de concentraciones inferiores a 20 mg/L, correlaciona los datos de campo directamente con la reflectividad de las bandas de 665 nm y 560 nm (3). Sin embargo, los resultados para estos son mejores para la relación entre la operación con el cociente entre las bandas de 705 y 665 nm respectivamente (4), indicando con ello que los sólidos suspendidos están muy relacionados con la presencia del fitoplancton.

$$[STT] < 20mg/L \rightarrow [STT](mg/L) \propto \frac{R(665)}{R(560)} \quad (3)$$

$$[SST] \left(\frac{mg}{L}\right) \propto \frac{R(705)}{R(665)} \quad (4)$$

Además de las ecuaciones anteriores, se aplicará también la herramienta C2RCC de SNAP para determinar la mejor estimación de este parámetro.

2.4.3. Concentración de clorofila-a

Los máximos de reflectividad de la clorofila-a se dan en el rango desde el rojo al infrarrojo cercano del espectro electromagnético. Por ello, existen diferentes estudios realizados que establecen relaciones entre estas bandas para su posterior calibración con los datos de campo. Entre las relaciones estudiadas se encuentra el cociente entre la banda del rojo lejano y la roja (5), propuesta por Shafique *et al.*, (2003):

$$[Chl_a](mg/m^3 \text{ o } \mu g/L) \propto \frac{R(705)}{R(665)} \quad (5)$$

La ecuación anterior es la más adecuada para la mayoría de los embalses estudiados, pero a continuación se muestra otro cociente de bandas más adecuado para lagos de alta montaña, entre la banda del rojo lejano y la banda verde:

$$[Chla] (mg/m^3 \text{ o } \mu g/L) \propto \frac{R(705)}{R(560)} \quad (6)$$

Uno de los primeros índices calibrados fue el modelo tribanda de Dall'Olmo (TBDO) (7-8), que sirve para la monitorización de la [Chl-a] en aguas turbias (Dall'Olmo *et al.* 2003). A partir de una modificación de este modelo, basado en las reflectancias de las bandas 4, 5 y 6 de Sentinel-2, se



consiguió validar un algoritmo para la estimación de la [Chl-a] en el lago de la Albufera de Valencia (Soria *et al.*, 2017) y diversos embalses de la cuenca del Júcar (Pereira-Sandoval *et al.* 2018):

$$[Chl_a](mg/m^3 \text{ o } \mu g/L) \propto TBDO \quad (7)$$

$$TBDO = R(740) \cdot \left(\frac{1}{R(665)} - \frac{1}{R(705)} \right) \quad (8)$$

Aunque este modelo se ha testado para los embalses del estudio, no se seleccionó debido a que en su mayoría se obtienen valores negativos, ya que está diseñado para sistemas eutróficos. Dado el estado oligotrófico - mesotrófico de los embalses de estudio, este algoritmo se descarta.

El cociente de Shafique (ecuación 45) sin embargo, sí que obtiene correlaciones fuertes con los datos de campo proporcionados, por lo que se ha seleccionado el índice R705/R665. Su fundamento físico se da en que a 665 nm ocurre uno de los máximos de absorbancia de la clorofila-a, mientras que en la banda del rojo lejano a 705 nm se da un mínimo de absorción de la combinación de los pigmentos fotosintéticos (Delegido *et al.*, 2014), partículas suspendidas y CDOM (Gurlin *et al.*, 2011).

Por otra parte, se ha observado una relación en los valores bajos y altos con la banda azul de 490 nm, relacionada con la transparencia del agua, de forma que se puede obtener un ajuste diferente para los casos de aguas más transparentes (embalses oligotróficos) y para las aguas más turbias (embalses eutróficos). Entonces se han realizado ajustes para la estima de clorofila con la banda R490 por separado para cada uno de estos tipos de embalses.

Al igual que en la transparencia y los sólidos en suspensión, se ha aplicado la herramienta C2RCC para establecer cuál es el mejor método para la estimación de esta variable.

2.4.4. Concentración de ficocianina

Debido a su alta reflectividad en el rango del rojo al infrarrojo cercano, se va a analizar la correlación entre estas bandas y los datos de campo. En el estudio realizado por Sòria-Perpinyà *et al.*, (2020), se realizan distintas regresiones utilizando cocientes de las bandas del rojo lejano y roja, obteniendo mejor resultado con el cociente de las bandas de 740 y 665 nm.

$$[PC](mg/m^3 \text{ o } \mu g/L) \propto \frac{R(740)}{R(665)} \quad (9)$$

Sin embargo, para este estudio, se ha obtenido un mayor coeficiente de correlación empleando el índice $2 \times R705/(R560+R665)$, basándose su fundamento físico en que a 705 nm se da el

máximo de retrodispersión de la luz por parte del fitoplancton y que a 620 nm (cerca del punto medio entre 560 y 665 nm) ocurre el máximo de absorción de la luz por parte de la ficocianina.

A continuación, se muestra en la tabla 4 todos los índices mencionados anteriormente para cada una de las variables objeto de estudio.

Tabla 4. Resumen de los índices propuestos para cada variable.

Parámetro	Índice	Referencia
Transparencia o profundidad de visión del disco de Secchi (Z_{Ds})	$\frac{R(490)}{R(705)}$	Pereira-Sandoval <i>et al.</i> (2018)
	$\frac{R(490)}{R(560)}$	Pereira-Sandoval <i>et al.</i> (2018)
Sólidos en Suspensión Totales ([SST])	$R(842) - R(665)$	Carmiña (2017)
	$[SST] < 20 \frac{mg}{L} \rightarrow \frac{R(665)}{R(560)}$ $\frac{R(705)}{R(665)}$	ISO-11923-1997
Clorofila a ([Chl-a])	$\frac{R(705)}{R(665)}$ $\frac{R(705)}{R(560)}$	Shafique <i>et al.</i> (2003)
	$R(740) \cdot \left(\frac{1}{R(665)} - \frac{1}{R(705)} \right)$	Dall’Olmo <i>et al.</i> (2003), testado en Pereira-Sandoval <i>et al.</i> (2018) y Soria <i>et al.</i> (2017)
Ficocianina ([PC])	$\frac{R(740)}{R(665)}$	Beck <i>et al.</i> (2017), utilizado por Sòria-Perpinyà <i>et al.</i> (2020)

2.5. EXTRACCIÓN DE LOS VALORES DE REFLECTIVIDAD

La extracción de los valores de reflectividad se sigue un proceso mediante la herramienta de procesamiento gráfico de SNAP GPT (SNAP Graphic Processing Tool) para analizar imágenes a través de comandos directos de SNAP GPT. Esta herramienta se ejecuta en Python llamando a SNAP mediante el comando “gpt_snap.py” enlazada con el directorio de las imágenes L1C y las coordenadas de los puntos de muestreo de cada uno de los embalses, lagunas y lagos. El procesamiento de las imágenes se hace en primer lugar con el remuestreo mediante



'resample_image()' en el cual se aplica la función 'PtargetResolution=20', ya que queremos que las imágenes estén remuestreadas a 20 metros y se obtiene la imagen completa remuestreada. Para la corrección atmosférica la función usada es 'apply_c2rcc()' llamando al comando c2rcc.msi para poder aplicarla en cada una de las imágenes, en este punto mediante la función "PnetSet='C2X-Nets'" se aplica la corrección atmosférica de tipo C2X-Nets, ya que es el tipo de corrección atmosférica más óptima para masas de agua con una variabilidad trófica significativa. Se ejecuta de forma que los valores que se extraigan sean del tipo 'rrs' (remote sensing reflectance).

Cabe destacar que para este proceso no se hace un subset de cada uno de los embalses, ya que una gran cantidad de las imágenes descargadas contiene en una misma distintos embalses, de forma que se agiliza el proceso aunque resulte en archivos más pesados. Finalmente, una vez aplicados el remuestreo y la corrección atmosférica, se le añade al código un apartado adicional para que saque una ventana de píxeles 3x3 para cada una de las coordenadas de los embalses en los que se ha tomado la muestra.

- -PtargetResolution=20: establece la resolución objetivo del remuestreo.
- -t <output_path>: especifica la ruta de salida para el archivo remuestreado.
- <input_file>: especifica la ruta del archivo de entrada (la imagen original).

La aplicación de la corrección atmosférica se ejecuta con el comando apply_c2rcc() llamando al comando c2rcc.msi con las siguientes opciones:

- -SsourceProduct=<source_product>: especifica el producto de entrada (el archivo remuestreado).
- -t <output_directory>: especifica la ruta de salida para los archivos procesados.
- -PnetSet='C2X-Nets': establece la red neuronal a utilizar para la corrección atmosférica.
- -PoutputAsRrs=true: especifica que el archivo de salida debe ser un archivo RRS (medida de reflectancia a nivel de superficie).

Posteriormente se extraen los datos del punto con el comando apply_pixex() con estas opciones:

- -PwindowSize=3: establece el tamaño de la ventana para extraer los datos del punto.
- -PcoordinatesFile=<coordinates_file>: especifica la ruta del archivo de coordenadas.
- -PsourceProductPaths=<input_file>: especifica la ruta del archivo de entrada (el producto procesado anteriormente).
- -t <output_directory>: especifica la ruta de salida para los archivos procesados.
- -PoutputFilePrefix=<output_prefix>: establece el prefijo para el archivo de salida.

Una vez obtenidos los valores de reflectividad de las imágenes remuestreadas y con la corrección atmosférica seleccionada, en ventanas de 3x3 alrededor de la coordenada inicial (Kutser, 2012), se obtiene, al ejecutar el código, un archivo de texto con todos los datos que se necesitan para trabajar.

Con los nueve datos de cada uno de los embalses y fechas, se hace una estadística para eliminar los datos anómalos, a partir del promedio y la desviación estándar.

A continuación, en la siguiente figura 2 se muestra una imagen procesada en el nivel L2A tras aplicar el cambio de resolución a 20 metros en todas las bandas y un recorte de la imagen con ampliación en el embalse de Yesa. En la figura 3 se muestra la zona de influencia en la extracción de valores de reflectividad en las coordenadas de la toma de campo.



Figura 2. Imagen correspondiente al gránulo T30TXN procesada en el nivel L2A tras aplicar la corrección atmosférica, remuestreo y recorte en el embalse de Yesa el día 27 de julio de 2023.

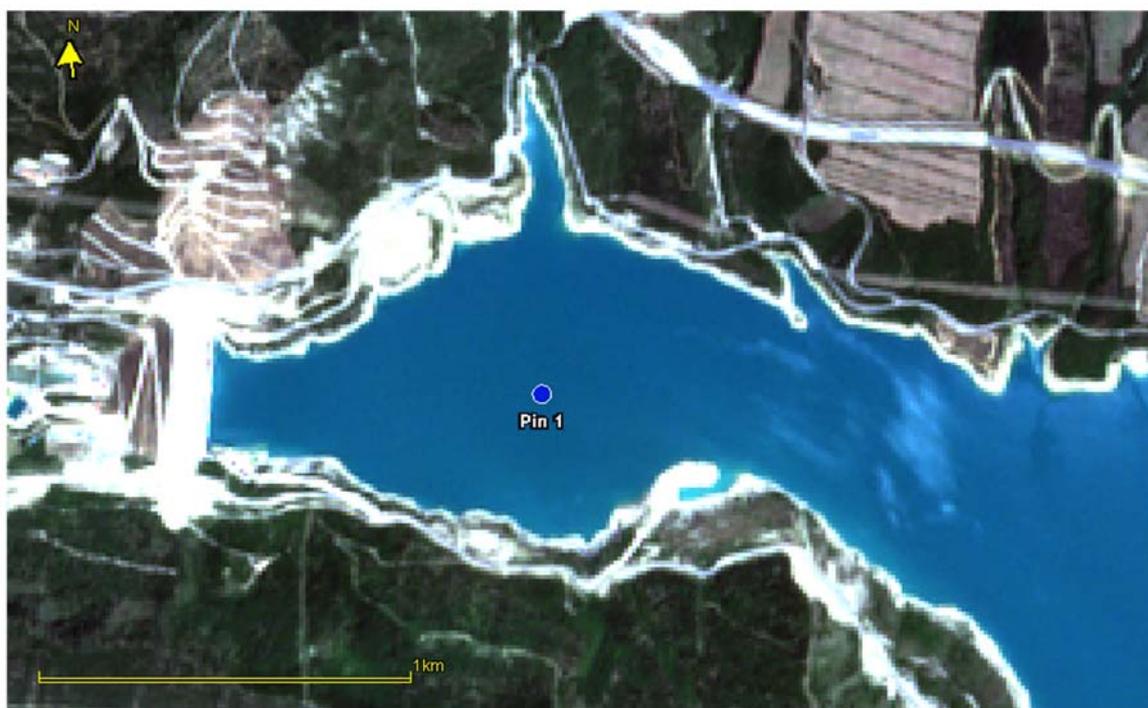


Figura 3. Detalle de la ubicación del punto de muestreo en el embalse de Yesa el 27 de julio de 2023 y extracción de valores de reflectividad próxima a la presa con su zona de influencia.

3. RESULTADOS

Tras realizar un análisis previo de los datos de campaña proporcionados por la CHE de 2023, se considera que todavía no hay datos suficientes para calibrar algoritmos particulares para cada embalse. Por ello, se utilizaron todos los datos de los que se dispone en su conjunto (2016-2023) para calibrar los algoritmos en base a la consideración de que todos los embalses se comportarán de forma homogénea, suprimiendo del análisis en todo caso aquellos datos que estadísticamente se consideren atípicos.

Por medio de una hoja de cálculo Excel, se ha unificado toda la información recopilada referente a las campañas de campo y la información satelital recogida en las imágenes. En la hoja, se indica por un lado la fecha de la muestra de campo, la fecha de la pasada del satélite y las coordenadas donde se tomaron ambas medidas en proyección geográfica WGS 84. Por otro lado, también se muestran los valores de medida real obtenidos en cada masa de agua y los estimados por imágenes del satélite. En los anejos se muestran todos los valores recopilados en la hoja de cálculo Excel.

A continuación, se van a comentar los resultados alcanzados en cada una de las variables estudiadas.

3.1. TRANSPARENCIA

Se ha contado con un total de 197 datos de campo de este parámetro entre todos los embalses y lagos de la base de datos. Los resultados de 2023 presentan una variación de valores entre 0,20 metros, siendo el valor mínimo en la Laguna de Sariñena, y con 20,4 metros en el Estany Negre de Espot, siendo éste el valor máximo. Los datos de algunos lagos y embalses no se han utilizado porque su tamaño o configuración no permitían el uso de medidas de satélite, por malas condiciones de la imagen.

El índice utilizado ha mostrado en 2023 un resultado significativo, alcanzando una correlación de $R^2=0,7104$, siendo el índice que mejor correlaciona este parámetro, y cabe destacar que ha mejorado respecto al año anterior. La ecuación obtenida que calibra el índice con la transparencia es la siguiente:

$$y = 4,0302 \times \frac{R(490)}{R(560)} \quad (10)$$

A continuación, se muestra en la siguiente figura el gráfico resultante de la correlación entre el índice y las muestras de campo.

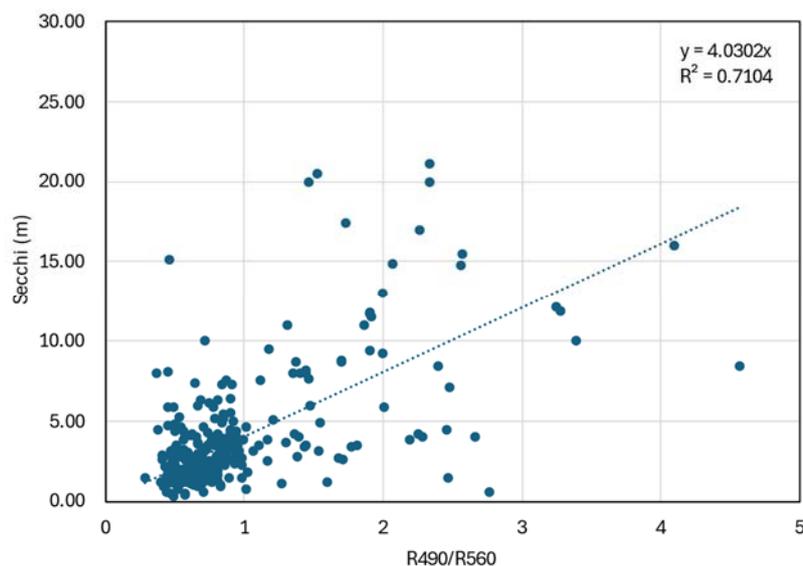


Figura 4. Correlación entre el índice de transparencia propuesto y los valores de transparencia tomados en campo.

3.2. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Para el estudio de esta variable se han utilizado 287 datos de campo, en las mismas condiciones que con la transparencia. El rango de valores fue de 0,21 – 329,0 mg/L en el embalse de Baserca y laguna Salada de Chiprana respectivamente, y un valor promedio es de 14,17 mg/L.

Otros años, se ha utilizado la herramienta C2RCC de SNAP para calcular la concentración de materia disuelta, pero se ha decidido utilizar el mismo método que en 2022, ya que por un lado hay más datos que otros años y eso supone una variabilidad más alta, dentro del estudio de los propios sólidos, también existe mucha variabilidad.

Se ha establecido una correlación de las bandas R705 y R665 entre los datos de sólidos en suspensión de campo, obteniendo un $R^2 = 0.6354$, mejorando con respecto a los años anteriores. A continuación, se muestra la ecuación que se aplica y el gráfico de correlación:

$$y = 9,4468 \times \left[\frac{R(705)}{R(665)} - 0,3 \right] \quad (11)$$

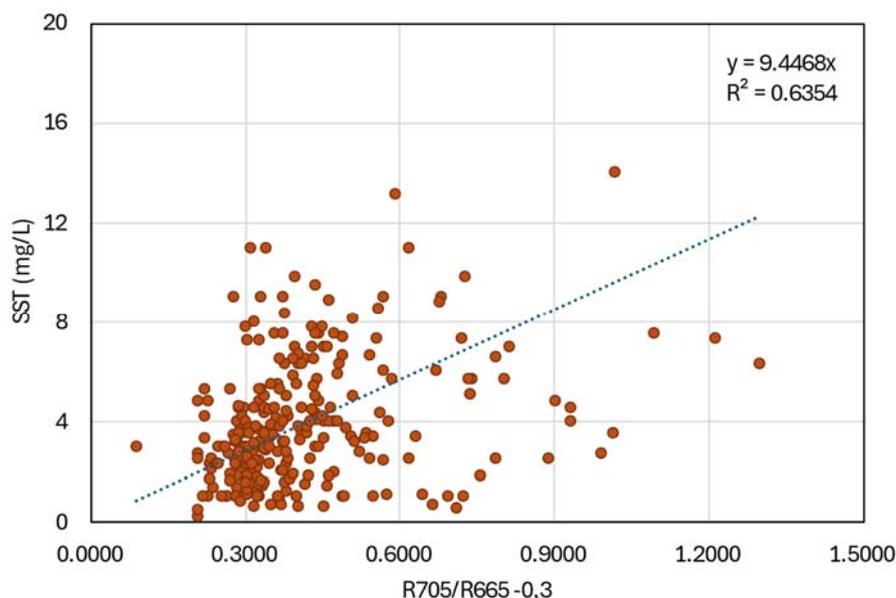


Figura 5. Correlación entre el resultado con el índice propuesto y los valores de concentración de sólidos en suspensión tomados en campo.

3.3. CLOROFILA-A

En el estudio de esta variable se ha realizado con un total de 125 datos en embalses y lagos. El rango de valores fue de 0,33 – 442,50 $\mu\text{g/L}$ en el embalse de Búbal y laguna de Sariñena respectivamente, y un valor promedio es de 14,89 $\mu\text{g/L}$. Se ha observado que podría realizarse un ajuste por separado para embalses con alta y baja concentración de clorofila; a partir del número de datos disponibles.

Se utilizaron tres métodos distintos para la calibración de la clorofila-a en 2023, aunque tal y como se ha comentado anteriormente, el método de Dall’Olmo no se presenta debido a los valores negativos.

Las ecuaciones obtenidas con un mayor sentido físico y mejor resultado han sido las siguientes:

Embalses oligotróficos:

$$[Chl_a] \left(\frac{mg}{m^3} \text{ o } \frac{\mu g}{L} \right) = 61,022 \times R(490)$$

Embalses mesotróficos:

$$[Chl_a] \left(\frac{mg}{m^3} \text{ o } \frac{\mu g}{L} \right) = 7,7327 \times \left[\frac{R(705)}{R(665)} - 0,2 \right] \quad (13)$$

Embalses eutróficos:

$$[Chl_a] \left(\frac{mg}{m^3} \text{ o } \frac{\mu g}{L} \right) = 1628,3 \times R(490)$$

A continuación, en la siguiente figura se muestra la correlación obtenida explicada anteriormente para el caso de los embalses mesotróficos.

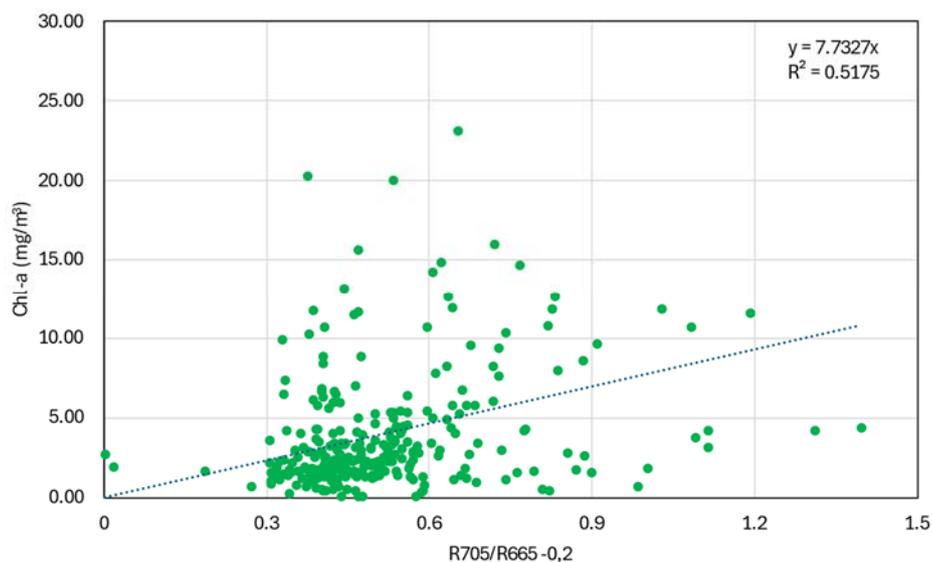


Figura 6. Correlación obtenida entre el índice R705/R665 y los valores de clorofila-a tomados en campo.

3.4. FICOCIANINA

Esta variable ha sido calibrada con un total de 21 medidas en 2022, no habiéndose determinado este año, por lo que se mantiene el ajuste del pasado.

El índice aplicado para calibrar este parámetro ha sido la relación entre la banda del rojo lejano de 705 nm, correspondiente a la banda 5, y el promedio entre la banda verde y roja.

La correlación obtenida ha sido buena, con un $R^2=0,54$ y la ecuación calibrada:

$$[PC](mg/m^3 \text{ o } \mu g/L) = 23,727 \times \frac{2 \times R(705)}{R(560) + R(665)} \quad (14)$$

En la siguiente figura se muestra el gráfico de correlación entre el índice de bandas de reflectividad y las muestras de campo.

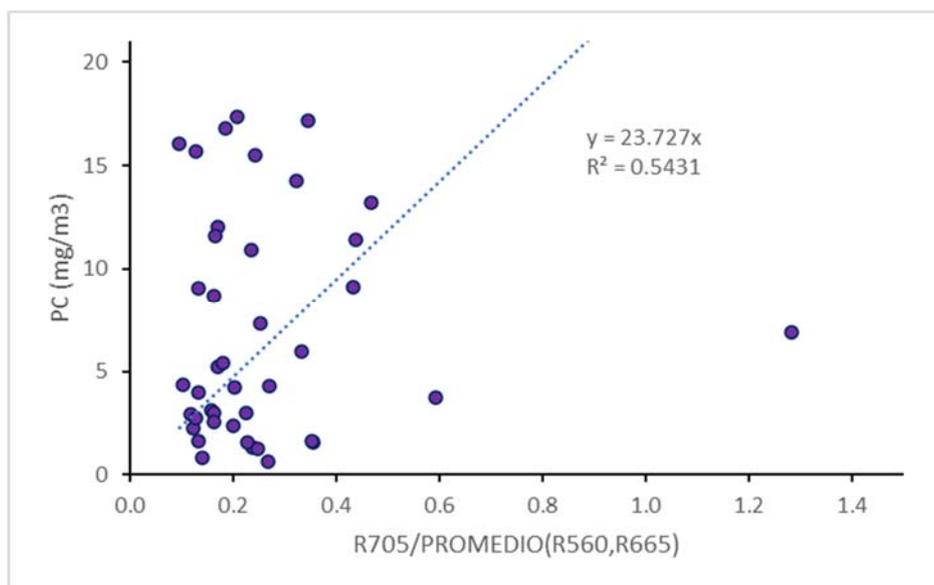


Figura 7. Correlación entre el resultado hallado con el índice propuesto y los valores de ficocianina tomados en campo.

3.5. CDOM

La variable Materia Orgánica Cromofórica Disuelta (CDOM) ha sido calibrada con 44 medidas en 2022, y no se ha determinado para este año, por lo que se mantiene el ajuste existente.

El índice utilizado ha sido la relación entre las bandas del rojo y del azul. El resultado alcanzado ha sido bueno, obteniéndose una correlación de $R^2=0.85$. La ecuación calibrada es la siguiente:

$$[CDOM] = 87,125 \times \frac{R(665)}{R(490)} \quad (15)$$

En la siguiente figura se muestra el gráfico con los resultados alcanzados en la correlación entre las bandas de reflectividad del satélite y las muestras de campo.

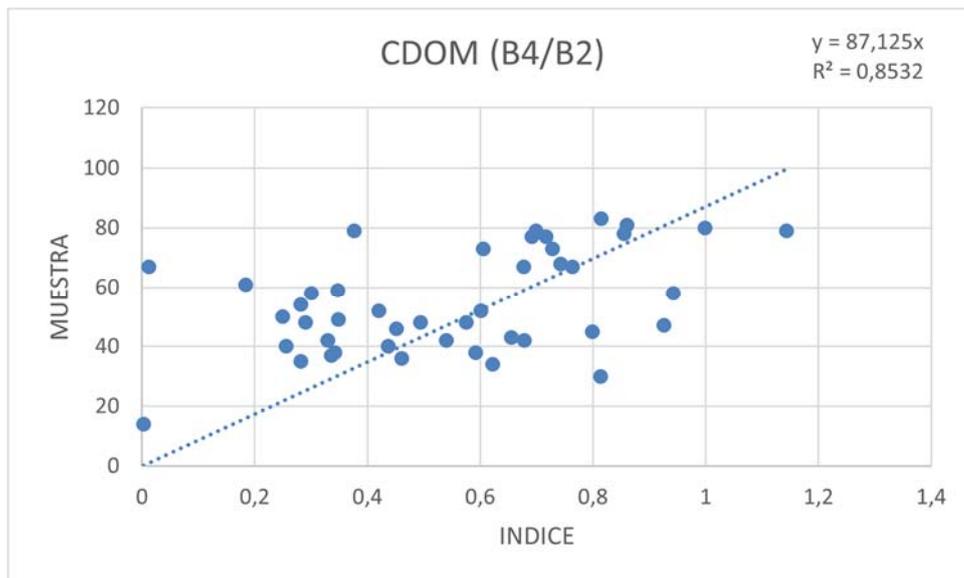


Figura 8. Correlación entre el resultado hallado con el índice propuesto y los valores de concentración de materia orgánica cromofórica tomados en campo.

Una vez alcanzados los resultados presentados anteriormente, se procedió a realizar la validación de los parámetros de transparencia y clorofila-a que se comentarán más adelante.



3.6. ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LOS EMBALSES

La tabla 5 presenta las ecuaciones seleccionadas para los cálculos del estudio.

Tabla 5. Resumen de ecuaciones calibradas para los distintos parámetros de calidad estudiados.

Variable	Ecuación Calibrada	Correlación (R ²)
Transparencia	$y = 4,0302 \times \frac{R(490)}{R(560)}$	R ² =0,71
Sólidos en suspensión	$y = 9,4468 \times \left[\frac{R(705)}{R(665)} - 0,3 \right]$	R ² =0,64
Clorofila-a oligotrófico	$y = 61,022 \times R(490)$	R ² =0,41
Clorofila-a mesotrófico	$y = 7,7327 \times \left[\frac{R(705)}{R(665)} - 0,2 \right]$	R ² =0,52
Clorofila-a eutrófico	$y = 1628,3 \times R(490)$	R ² =0,53
Ficocianina	$y = 23,727 \times \left(\frac{2 \times B5}{B3 + B4} \right)$	R ² =0,54
CDOM	$y = 87,13 \times \left(\frac{B4}{B2} \right)$	R ² =0,85

Una vez obtenidas las ecuaciones calibradas para los diferentes parámetros, se pueden realizar mapas de calidad de los diferentes embalses y visualizar su evolución a lo largo del año 2023.

Los resultados obtenidos en los trabajos de campo realizados para la Confederación Hidrográfica del Ebro durante 2023 se han tabulado a continuación, presentando a su vez los valores obtenidos mediante el estudio de teledetección; esto nos permite realizar una comparativa visual de las diferencias existentes entre ambas metodologías.

En la medida de transparencia del agua se han utilizado 197 medidas de campo. En el caso de la clorofila, el número de medidas ha sido de 125, no habiéndose tomado muestras en marzo y en noviembre (correspondiendo a invierno y otoño).

Mediante las imágenes del satélite se han obtenido los datos en los 296 casos considerados para el estudio, incluyendo los embalses donde no se han tomado datos de campo este año 2023, para las dos variables que se utilizan para evaluar el estado trófico.



En enero de 2022 se modificó el RD 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecían los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, con la publicación del RD 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. En este RD se fija la forma de estimar el estado trófico de embalses y lagos. En este informe de 2023 se va a hacer una comparativa entre los parámetros utilizados por la OCDE (que se han venido utilizando hasta 2022) y los que recoge el RD 47/2022 (que serán los que se utilicen desde 2022 en adelante). Los rangos de calidad aplicables al estado trófico de los embalses y lagos de acuerdo con el criterio de la OCDE son los presentados en la tabla 6:

Tabla 6. Resumen de las variables indicadoras de estado trófico de acuerdo con la OCDE.

Parámetros Estado	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila a (µg/L) epilimnion	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25

Tras la promulgación del RD 47/2022, los valores umbral que se utilizarán en la caracterización del estado trófico son los recogidos en la tabla 7; estos valores se considerarán como valores mínimos aplicables.

Tabla 7. Resumen de las variables indicadoras de riesgo de eutrofia según RD 47/2022.

Variables Estado Trófico	No eutrófico	Eutrófico
Fósforo Total (µg/L) media anual	≤ 35	> 35
Clorofila a (µg/L) media anual	≤ 8	> 8
Clorofila a (µg/L) máximo anual	≤ 25	> 25
Disco de Secchi (m) media anual	≥ 2	< 2

Para clasificar el estado trófico de las masas de agua superficial continentales se aplicarán, al menos, los indicadores fósforo total y clorofila a. La media anual y el valor máximo de los indicadores se calculan a partir de un mínimo de 6 muestras anuales. Se tomará, al menos, una muestra cada trimestre del año.

Una masa de agua se clasifica como eutrófica si la media anual de fósforo total y la media anual de clorofila a superan el valor umbral que figura en la tabla 7. Si la media anual de fósforo total supera el valor umbral y la media anual de la clorofila a es menor al valor umbral, pero existen



valores superiores al máximo anual, la eutrofia se valorará a través de juicio de experto. Además, se tendrán en cuenta otros indicadores como la transparencia.

Si soporta presiones significativas que puedan causar el aumento de nutrientes, aunque no se superen los valores umbral, se considerará en riesgo de eutrofización.

Una masa de agua se clasifica como no eutrófica cuando no se superan los valores umbral de la tabla 7 en ninguna de las dos variables y no soporta presiones significativas que puedan causar el incremento de nutrientes.

Al haber bastante casuística, en algunas ocasiones se debe recurrir al criterio del experto en eutrofización, por lo que la tabla para obtener el estado aplicable para las distintas posibilidades de las variables se presenta en la tabla 8.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 9, donde se utilizan los colores normalizados para indicar el estado trófico según el criterio de la OCDE y en la tabla 10 considerando las indicaciones del nuevo Real Decreto 47/2022.



Tabla 8. Tabla de decisiones para obtener el riesgo de eutrofización en un embalse según dispone el RD 47/2022.

Casuística	Criterio	Fósforo Total	Clorofila		Disco Secchi	Presiones significativas	Estado
		MA	MA	Max	MA		
		µg/L	µg/L		m		
1	RD	>35 (EU)	>8 (EU)	No en cuenta	No en cuenta	No en cuenta	Eutrófico (EU)
2	RD	>35 (EU)	≤8 (NE)	>25 (EU)	<2,0 (EU)	Existen (ER)	Eutrófico (EU) (Juicio experto)
3	RD	>35 (EU)	≤8 (NE)	>25 (EU)	≥2,0 (NE)	Existen (ER)	Eutrófico (EU) (Juicio experto)
4	RD	>35 (EU)	≤8 (NE)	>25 (EU)	<2,0 (EU)	No existen (NE)	Eutrófico (EU) (Juicio experto)
5	RD	>35 (EU)	≤8 (NE)	>25 (EU)	≥2,0 (NE)	No existen (NE)	En riesgo de eutrofización (ER) (Juicio experto)
6	No RD	>35 (EU)	≤8 (NE)	≤25 (NE)	No en cuenta	Existen (ER)	En riesgo de eutrofización (ER) (Juicio experto)
7	No RD	>35 (EU)	≤8 (NE)	≤25 (NE)	No en cuenta	No existen (NE)	En riesgo de eutrofización (ER) (Juicio experto)
7.1	No RD	>35 (EU)	≤8 (NE)	≤25 (NE)	No en cuenta	Sin datos	En riesgo de eutrofización (ER) (Juicio experto)
8	RD	≤35 (NE)	≤8 (NE)	≤25 (NE)	No en cuenta	Existen (ER)	En riesgo de eutrofización (ER)
8.1	No RD	≤35 (NE)	>8 (EU)	>25 (EU)	No en cuenta	Existen (ER)	En riesgo de eutrofización (ER)
9	RD	≤35 (NE)	≤8 (NE)	≤25 (NE)	≥2,0 (NE)	No existen (NE)	No eutrófico (NE)
9.1	No RD	≤35 (NE)	>8 (EU)	≤25 (NE)	No en cuenta	No existen (NE)	En riesgo de eutrofización (ER) (Juicio experto)
9.2	No RD	≤35 (NE)	≤8 (NE)	≤25 (NE)	No en cuenta	No existen (NE)	No eutrófico (NE)



Tabla 9. Comparativa de los resultados obtenidos en los trabajos de campo y los valores obtenidos de las imágenes de satélite en las variables transparencia del agua medida por la profundidad de visión del disco de Secchi (en metros) y la concentración de clorofila a (en microgramos por litro). El color de la celda indica la gradación de mejor estado (azul) a peor estado (rojo) según el criterio de la OCDE. El número en algunos embalses indica que la muestra ha sido tomada por la Universitat de València, en varios puntos del embalse en la misma fecha.

EMBALSE	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	SS	SS
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO	SAT
E0007 - Embalse de Ullívarri-Gamboa 1	30/09/2023	30/09/2023	6,52	3,30	4,00	2,64	1,62	3,32
E0007 - Embalse de Ullívarri-Gamboa 2	30/09/2023	30/09/2023	6,39	4,32	3,70	3,08	1,83	4,35
E0019 - Embalse de Lanuza 1	30/05/2023	10/05/2023	1,10	0,80	8,07	1,81	1,10	5,77
E0019 - Embalse de Lanuza 2	30/05/2023	10/05/2023	0,56	0,51	8,00	1,48	0,56	6,29
E0022 - Embalse de Sobrón 1	01/10/2023	30/09/2023	15,66	12,65	2,20	2,48	2,01	3,65
E0025 - Embalse de Búbal 1	31/05/2023	10/05/2023	0,43	0,97	7,40	2,62	0,86	3,60
E0025 - Embalse de Búbal 2	31/05/2023	10/05/2023	0,33	0,69		2,13	0,99	4,55
E0034 - Embalse de Baserca	22/03/2023	16/03/2023		5,93	5,12	3,15		
E0034 - Embalse de Baserca 1	12/07/2023	19/07/2023	1,04	0,08	11,90	13,21	0,49	2,39
E0034 - Embalse de Baserca 2	12/07/2023	19/07/2023	0,89	0,08	12,15	13,09	0,21	2,39
E0034 - Embalse de Baserca	14/07/2023	19/07/2023	1,60	2,37		13,16	2,70	2,39
E0034 - Embalse de Baserca	21/09/2023	27/09/2023	1,70	1,44	9,40	7,67	3,00	1,45
E0034 - Embalse de Baserca	15/11/2023	06/11/2023		0,30	9,10	6,03		
E0042 - Embalse de Mediano	22/03/2023	16/03/2023		4,03	2,70	2,54	2,30	4,06
E0042 - Embalse de Mediano	13/07/2023	14/07/2023	0,60	0,48	0,80	4,07	3,80	3,03
E0042 - Embalse de Mediano	22/09/2023	22/09/2023	1,50	0,56	4,40	3,65	4,00	2,96
E0042 - Embalse de Mediano	15/11/2023	21/11/2023		3,96	1,00	2,27	3,20	3,99
E0043 - Embalse de Escales	21/03/2023	05/04/2023		3,56	4,42	3,08	2,50	3,59
E0043 - Embalse de Escales	13/07/2023	09/07/2023	5,80	3,04	1,80	4,14	4,50	3,06
E0043 - Embalse de Escales	21/09/2023	02/10/2023	1,80	3,17	5,40	3,44	2,70	3,19
E0043 - Embalse de Escales	14/11/2023	06/11/2023		4,61	3,60	3,00		
E0047 - Embalse de El Grado	22/03/2023	05/04/2023		3,43	4,75	3,18		
E0047 - Embalse de El Grado	13/07/2023	14/07/2023	0,80	0,10	3,40	7,13	3,00	2,75
E0047 - Embalse de El Grado	22/09/2023	22/09/2023	1,30	0,77	5,00	3,72	4,20	3,75
E0047 - Embalse de El Grado	15/11/2023	06/11/2023		3,70	2,80	2,79	6,80	3,73
E0050 - Embalse de Talam	23/03/2023	26/03/2023		3,31	3,38	2,21	3,70	3,33
E0050 - Embalse de Talam	18/07/2023	14/07/2023		3,54	2,40	3,28		
E0050 - Embalse de Talam	26/09/2023	02/10/2023	3,60	4,12	3,30	2,04	3,00	4,14
E0050 - Embalse de Talam	16/11/2023	21/11/2023		4,29	1,30	2,43	6,70	4,32
E0053 - Embalse de Oliana	20/03/2023	26/03/2023		5,49	4,56	1,93		
E0053 - Embalse de Oliana	17/07/2023	09/07/2023		2,82	1,90	6,24	3,50	2,84
E0053 - Embalse de Oliana	20/09/2023	27/09/2023	11,50	5,96	2,90	1,95	2,80	3,58
E0053 - Embalse de Oliana	13/11/2023	21/11/2023		6,45	3,55	3,13	3,00	6,49
E0056 - Embalse de Barasona	23/03/2023	26/03/2023		3,98	1,87	1,70		
E0056 - Embalse de Barasona	19/07/2023	14/07/2023		3,27	1,55	2,99	3,20	3,29
E0056 - Embalse de Barasona	26/09/2023	10/10/2023	5,80	5,29	1,10	1,82	5,70	5,32
E0056 - Embalse de Barasona	15/11/2023	21/11/2023		4,12	1,30	2,31	4,50	4,14
E0058 - Embalse de Canelles	20/03/2023	16/03/2023		3,56	3,37	1,75	3,70	3,59
E0058 - Embalse de Canelles	12/07/2023	14/07/2023	2,10	4,36	4,80	2,03	4,50	4,39
E0058 - Embalse de Canelles	19/09/2023	22/09/2023	2,60	6,85	2,75	2,48	2,50	6,89



EMBALSE	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	SS	SS
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO	SAT
E0058 - Embalse de Canelles	13/11/2023	21/11/2023		4,31	2,35	1,70	18,00	4,34
E0059 - Embalse de Terradets	20/03/2023	05/04/2023		3,65	1,40	1,70	8,60	3,68
E0059 - Embalse de Terradets	17/07/2023	09/07/2023		2,99	2,40	3,12	7,30	2,98
E0059 - Embalse de Terradets	20/09/2023	12/10/2023	3,30	3,97	1,20	1,76	6,50	4,00
E0059 - Embalse de Terradets	13/11/2023	21/11/2023		4,37	1,70	2,18	3,80	4,40
E0062 - Embalse de La Sotонера 1	30/05/2023	30/05/2023	2,36	3,27	1,30	3,09	5,31	3,29
E0063 - Embalse de Rialb	23/03/2023	26/03/2023		4,18	3,75	4,05		
E0063 - Embalse de Rialb	18/07/2023	19/07/2023		3,07	5,20	2,81	4,30	3,22
E0063 - Embalse de Rialb	26/09/2023	27/09/2023	9,60	14,63	3,00	2,39	4,00	5,26
E0063 - Embalse de Rialb	25/10/2023	27/10/2023	10,70	19,31	2,17	2,03		
E0063 - Embalse de Rialb	16/11/2023	21/11/2023		3,45	2,90	2,55	3,80	3,47
E0063 - Embalse de Rialb	13/12/2023	16/12/2023	3,00	5,66	6,10	3,01		
E0065 - Embalse de Camarasa	21/03/2023	26/03/2023		2,68	5,60	8,82	2,30	2,70
E0065 - Embalse de Camarasa	17/07/2023	19/07/2023		2,80	6,00	5,52	4,50	2,82
E0065 - Embalse de Camarasa	19/09/2023	27/09/2023	3,00	4,78	3,50	2,07		
E0065 - Embalse de Camarasa	14/11/2023	21/11/2023		3,01	4,60	3,66	2,80	3,03
E0066 - Embalse de Santa Ana	17/03/2023	26/03/2023		3,19	3,33	4,02	3,70	3,21
E0066 - Embalse de Santa Ana	12/07/2023	09/07/2023	1,20	0,54	1,50	3,97	2,30	2,97
E0066 - Embalse de Santa Ana	19/09/2023	27/09/2023	1,70	3,27	3,10	3,48		
E0066 - Embalse de Santa Ana 1	03/10/2023	02/10/2023	1,51	0,56	4,00	3,59	1,32	2,96
E0066 - Embalse de Santa Ana 2	04/10/2023	02/10/2023	1,49	0,73	4,00	3,61	2,15	3,27
E0066 - Embalse de Santa Ana	10/11/2023	06/11/2023		3,58	4,65	2,95	9,20	3,60
E0067 - Embalse de San Lorenzo	23/03/2023	26/03/2023		3,10	2,40	2,75	3,00	3,12
E0067 - Embalse de San Lorenzo	18/07/2023	14/07/2023		2,98	4,60	3,93	3,50	3,00
E0067 - Embalse de San Lorenzo	26/09/2023	27/09/2023	4,30	3,03	1,90	3,28	4,20	3,05
E0067 - Embalse de San Lorenzo	16/11/2023	21/11/2023		3,69	2,40	2,67	2,50	3,71
E0068 - Embalse de El Val	18/01/2023	02/02/2023	3,20	3,57	2,66	2,63	5,50	3,60
E0068 - Embalse de El Val	16/03/2023	14/03/2023	3,96	3,68	6,27	3,28	2,30	3,71
E0068 - Embalse de El Val	12/07/2023	27/07/2023	31,60	6,45	1,90	1,82	5,10	6,50
E0068 - Embalse de El Val	15/09/2023	30/09/2023	33,90	14,64	2,30	2,38	4,00	8,02
E0068 - Embalse de El Val	09/11/2023	24/11/2023	12,64	11,38	1,90	2,21	22,00	4,93
E0070 - Embalse de Mequinenza	24/03/2023	26/03/2023		5,84	5,00	2,79	2,30	5,88
E0070 - Embalse de Mequinenza	19/07/2023	14/07/2023		3,05	5,42	3,15	4,80	3,07
E0070 - Embalse de Mequinenza 1	19/07/2023	14/07/2023	6,72	3,09	2,02	2,78	4,00	3,11
E0070 - Embalse de Mequinenza 2	19/07/2023	14/07/2023	6,72	3,27	2,30	3,03	3,66	3,29
E0070 - Embalse de Mequinenza	27/09/2023	27/09/2023	8,30	17,77	3,70	2,68	3,50	4,91
E0070 - Embalse de Mequinenza	25/10/2023	27/10/2023	2,60	4,76	3,55	2,67		
E0070 - Embalse de Mequinenza	17/11/2023	21/11/2023		3,97	4,80	1,76		
E0070 - Embalse de Mequinenza	13/12/2023	16/12/2023	1,30	0,17	4,70	1,83		
E0072 - Embalse de Margalef	13/03/2023	16/03/2023		5,62	1,46	2,16	9,30	5,66
E0072 - Embalse de Margalef	10/07/2023	09/07/2023	2,10	3,36	2,40	2,77	4,50	3,38
E0072 - Embalse de Margalef	12/09/2023	27/09/2023	9,70	6,24	1,10	2,03	7,00	7,08
E0072 - Embalse de Margalef	06/11/2023	06/11/2023		8,18	0,80	1,50	13,00	8,24
E0074 - Embalse de Flix	20/01/2023	20/01/2023	1,80	3,21	4,40	2,29	8,00	3,23
E0074 - Embalse de Flix	28/03/2023	26/03/2023	6,34	3,12	4,14	2,48	3,70	3,14
E0074 - Embalse de Flix	11/05/2023	10/05/2023	1,48	0,08	5,25	2,16	2,30	2,56



EMBALSE	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	SS	SS
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO	SAT
E0074 - Embalse de Flix	20/07/2023	14/07/2023		3,97	3,15	2,80	4,30	4,00
E0074 - Embalse de Flix	28/09/2023	27/09/2023	2,80	4,48	1,40	1,94	6,30	4,51
E0074 - Embalse de Flix	20/11/2023	06/12/2023	3,53	4,15	1,57	1,78	5,70	4,18
E0076 – Emb. de La Tranquera 1	10/05/2023	18/05/2023	2,02	3,18	5,50	3,64	2,32	3,20
E0077 - Embalse de Moneva	19/01/2023	20/01/2023	1,30	0,59	2,80	3,22	6,60	4,56
E0077 - Embalse de Moneva	15/03/2023	16/03/2023	0,57	0,32	4,66	2,20		
E0077 - Embalse de Moneva	09/05/2023	10/05/2023	1,57	6,95	3,00	2,71	5,70	7,00
E0077 - Embalse de Moneva	11/07/2023	14/09/2023	1,90	15,17	1,15	2,03	3,00	15,28
E0077 - Embalse de Moneva	14/09/2023	02/10/2023	11,60	18,30	1,40	2,15	7,50	9,28
E0077 - Embalse de Moneva	07/11/2023	19/11/2023	4,22	10,13	1,15	2,05	7,30	10,19
E0078 - Embalse de Caspe	24/03/2023	26/03/2023		3,32	7,32	3,51		
E0078 - Embalse de Caspe	19/07/2023	14/07/2023		3,54	5,10	2,98	16,00	3,56
E0078 - Embalse de Caspe 1	21/09/2023	22/09/2023	2,47	3,63	2,50	2,90	3,19	3,65
E0078 - Embalse de Caspe 2	21/09/2023	22/09/2023	2,29	3,53	2,20	2,91	4,11	3,56
E0078 - Embalse de Caspe	27/09/2023	27/09/2023	2,20	3,72	3,20	2,94	2,50	3,75
E0078 - Embalse de Caspe	17/11/2023	06/12/2023		3,54	3,20	2,82	20,00	3,56
E0079 - Embalse de Guiamets	28/03/2023	16/03/2023		4,87	1,14	1,86	6,00	4,90
E0079 - Embalse de Guiamets	20/07/2023	19/07/2023		3,82	1,50	1,97	7,10	3,84
E0079 - Embalse de Guiamets	28/09/2023	27/09/2023	8,00	15,66	2,15	1,75	5,70	6,51
E0079 - Embalse de Guiamets	20/11/2023	26/11/2023		7,16	0,62	1,62	11,00	7,21
E0080 – Emb. de Cueva Foradada	18/01/2023	20/01/2023	1,70	4,16	2,29	2,62	4,80	4,19
E0080 – Emb. de Cueva Foradada	15/03/2023	14/03/2023	0,67	0,67	5,91	3,16		
E0080 – Emb. de Cueva Foradada	09/05/2023	10/05/2023	1,13	0,80	5,20	3,45	2,90	3,35
E0080 – Emb. de Cueva Foradada	11/07/2023	09/07/2023	2,20	3,21	2,30	3,49	4,50	3,23
E0080 – Emb. de Cueva Foradada 1	21/07/2023	19/07/2023	2,21	3,70	1,60	3,26	4,39	3,72
E0080 – Emb. de Cueva Foradada	13/09/2023	07/09/2023	3,10	3,80	2,00	2,88	5,80	3,82
E0080 – Emb. de Cueva Foradada	07/11/2023	11/11/2023	4,42	10,80	1,20	2,46	6,30	10,87
E0082 - Embalse de Calanda	28/03/2023	26/03/2023		3,10	3,30	2,75	4,30	3,12
E0082 - Embalse de Calanda	20/07/2023	14/07/2023		2,98	2,20	3,93	4,80	3,00
E0082 - Embalse de Calanda 1	22/09/2023	27/09/2023	1,80	2,92	2,50	3,43	2,40	2,94
E0082 - Embalse de Calanda	28/09/2023	27/09/2023	1,20	0,87	3,90	3,28	2,50	3,05
E0082 - Embalse de Calanda	20/11/2023	26/11/2023		3,69	2,40	2,67	3,30	3,71
E0085 - Embalse de Santolea	01/03/2023	01/03/2023		2,92	2,80	3,63	3,80	2,94
E0085 - Embalse de Santolea	19/07/2023	14/07/2023	1,40	3,82	3,30	2,86	7,00	3,85
E0085 - Embalse de Santolea	19/09/2023	22/09/2023	2,90	4,40	2,70	2,06	4,00	4,43
E0085 - Embalse de Santolea	28/11/2023	26/11/2023		3,97	1,60	3,07	4,80	4,00
E0087 - Embalse de Lechago	15/03/2023	04/03/2023		3,83	3,60	3,22	6,90	3,86
E0087 - Embalse de Lechago	11/07/2023	02/07/2023	4,70	3,86	3,50	3,17	6,70	3,89
E0087 - Embalse de Lechago	14/09/2023	10/10/2023	7,80	4,71	2,70	2,72	3,20	4,75
E0087 - Embalse de Lechago	08/11/2023	19/11/2023		3,93	4,25	2,10	3,00	3,96
E0913 - Embalse de Gallipuéñ	14/03/2023	16/03/2023		2,96	2,10	3,86	9,00	2,98
E0913 - Embalse de Gallipuéñ	11/07/2023	14/07/2023	4,50	4,17	2,50	2,52	7,50	4,20
E0913 - Embalse de Gallipuéñ	13/09/2023	22/09/2023	5,30	3,87	2,00	2,63	6,30	3,89
E0913 - Embalse de Gallipuéñ	07/11/2023	21/11/2023		4,05	1,95	2,64	4,80	4,08
E0949 - Embalse de Ribarroja	20/01/2023	20/01/2023	4,20	5,98	2,82	2,23	8,80	6,02
E0949 - Embalse de Ribarroja	28/03/2023	26/03/2023	9,39	5,63	4,09	2,33	3,40	5,66



EMBALSE	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	SS	SS
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO	SAT
E0949 - Embalse de Ribarroja	20/07/2023	14/07/2023		3,15	2,10	3,81	5,50	3,17
E0949 - Embalse de Ribarroja 1	27/09/2023	27/09/2022	8,91	12,25	3,60	3,08	3,20	3,69
E0949 - Embalse de Ribarroja	28/09/2023	27/09/2023	6,80	5,09	2,20	2,39	4,30	5,13
E0949 - Embalse de Ribarroja	20/11/2023	06/12/2023	5,39	4,33	1,80	1,93	4,00	4,36
E1020 - Lac Major de Colomers	30/08/2023	23/08/2023	1,20	0,09	11,00	7,50	2,70	2,84
E1022 - La Estanca de Alcañiz	27/03/2023	26/03/2023		4,09	0,80	2,30	21,00	4,12
E1022 - La Estanca de Alcañiz	19/07/2023	14/07/2023		3,49	2,00	2,79	10,00	3,52
E1022 - La Estanca de Alcañiz 1	21/09/2023	22/09/2023	3,31	4,10	1,75	2,32	5,42	4,13
E1022 - La Estanca de Alcañiz	27/09/2023	27/09/2023	4,10	4,07	1,65	2,20	7,80	4,10
E1022 - La Estanca de Alcañiz	17/11/2023	26/11/2023		4,10	1,20	2,23	5,20	4,13
E1049 - Embalse de Balaguer	17/03/2023	26/03/2023		11,15	1,91	2,51	5,10	11,23
E1049 - Embalse de Balaguer	18/09/2023	27/09/2023	3,20	2,84	1,70	2,01	5,30	2,86
E1049 - Embalse de Balaguer	10/11/2023	06/11/2023		5,28	2,35	2,23	2,80	5,32
E1052 - Embalse de Sallente	21/03/2023	26/03/2023		7,83	4,10	1,95	3,10	7,88
E1052 - Embalse de Sallente	14/07/2023	14/07/2023	10,70	8,38	1,50	2,67	31,00	8,44
E1052 - Embalse de Sallente	28/08/2023	23/08/2023		3,16	6,10	5,18	3,00	3,18
E1052 - Embalse de Sallente	20/09/2023	27/09/2023	1,40	0,13	10,00	2,91		
E1053 - Embalse de Llauset	28/08/2023	23/08/2023	1,00	0,15	15,10	1,88		
E1053 - Embalse de Llauset	21/09/2023	27/09/2023		0,15		21,52	3,00	4,44
E1679 - Humedal de Utchesa Seca	13/03/2023	11/03/2023		2,95	1,50	6,84	7,30	2,97
E1679 - Humedal de Utchesa Seca	10/07/2023	14/07/2023	83,20	11,27	1,40	2,76	21,00	3,41
E1679 - Humedal de Utchesa Seca	12/09/2023	22/09/2023	20,30	3,76	1,00	3,34	9,00	2,91
E1679 - Humedal de Utchesa Seca	06/11/2023	21/11/2023		4,98	0,75	1,88	23,00	5,02
E1802 - Las Fitas	16/03/2023	16/03/2023		3,22	3,45	3,50	3,40	3,24
E1802 - Las Fitas	12/07/2023	14/07/2023	2,70	3,66	4,30	2,98	8,30	3,68
E1802 - Las Fitas	18/09/2023	22/09/2023	2,40	4,40	1,70	1,96	7,50	4,43
E1802 - Las Fitas	09/11/2023	06/11/2023		4,85	1,20	2,26	16,00	4,88
E1804 - Embalse de Maidevera 1	20/06/2023	22/06/2023	8,60	6,82	1,90	3,14	6,56	6,87
E1807 - San Salvador	24/03/2023	16/03/2023		4,03	3,31	2,48		
E1807 - San Salvador	19/07/2023	14/07/2023		13,86	1,30	1,61	8,50	13,96
E1807 - San Salvador	27/09/2023	27/09/2023	5,40	4,08	1,20	1,99	7,00	4,11
E1807 - San Salvador 1	04/10/2023	10/10/2023		4,13	1,95	2,11	5,50	4,15
E1807 - San Salvador	16/11/2023	21/11/2023		4,70	1,05	2,16	6,80	4,74



Tabla 10. Comparativa de los resultados obtenidos en los trabajos de campo y los valores obtenidos de las imágenes de satélite en las variables transparencia del agua medida por la profundidad de visión del disco de Secchi (metros) y la concentración de clorofila a (microgramos por litro). Se indica las presiones significativas del riesgo de incumplir los objetivos medioambientales de la DMA (PSIG). El color de la celda indica eutrófico EU (naranja), en riesgo de eutrofia ER (amarillo) y no eutrófico NE (verde).

EMBALSE	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	PTOT			
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO	PSIG	CAMPO	SAT
E0007 - Embalse de Ullívarri-Gamboa	30/09/2023	30/09/2023	6,52	3,30	4,00	2,64	0,012	NE	NE	NE
E0019 - Embalse de Lanuza	30/05/2023	10/05/2023	1,10	0,80	8,07	1,81	0,011	NE	NE	NE
E0022 - Embalse de Sobrón	01/10/2023	30/09/2023	15,66	12,65	2,20	2,48	0,025	ER	ER	ER
E0025 - Embalse de Búbal	31/05/2023	10/05/2023	0,43	0,97	7,40	2,62	0,003	NE	NE	NE
E0034 - Embalse de Baserca	22/03/2023	16/03/2023		5,93	5,12	3,15	0,070	NE	ER	ER
E0034 - Embalse de Baserca	14/07/2023	19/07/2023	1,60	2,37		13,16	0,009	NE	NE	NE
E0034 - Embalse de Baserca	21/09/2023	27/09/2023	1,70	1,44	9,40	7,67	0,000	NE	NE	NE
E0034 - Embalse de Baserca	15/11/2023	06/11/2023		0,30	9,10	6,03	0,004	NE	NE	NE
E0034 - Embalse de Baserca	12/07/2023	19/07/2023	1,04	0,08	11,90	13,21	0,009	NE	NE	NE
E0042 - Embalse de Mediano	22/03/2023	16/03/2023		4,03	2,70	2,54	0,055	ER	ER	ER
E0042 - Embalse de Mediano	13/07/2023	14/07/2023	0,60	0,48	0,80	4,07	0,010	ER	ER	ER
E0042 - Embalse de Mediano	22/09/2023	22/09/2023	1,50	0,56	4,40	3,65	0,002	ER	ER	ER
E0042 - Embalse de Mediano	15/11/2023	21/11/2023		3,96	1,00	2,27	0,004	ER	ER	ER
E0043 - Embalse de Escales	21/03/2023	05/04/2023		3,56	4,42	3,08	0,044	ER	ER	ER
E0043 - Embasle de Escales	13/07/2023	09/07/2023	5,80	3,04	1,80	4,14	0,006	ER	ER	ER
E0043 - Embasle de Escales	21/09/2023	02/10/2023	1,80	3,17	5,40	3,44	0,002	ER	ER	ER
E0043 - Embasle de Escales	14/11/2023	06/11/2023		4,61	3,60	3,00	0,004	ER	ER	ER
E0047 - Embalse de El Grado	22/03/2023	05/04/2023		3,43	4,75	3,18	0,058	NE	ER	ER
E0047 - Embalse de El Grado	13/07/2023	14/07/2023	0,80	0,10	3,40	7,13	0,018	NE	NE	NE
E0047 - Embalse de El Grado	22/09/2023	22/09/2023	1,30	0,77	5,00	3,72	0,000	NE	NE	NE
E0047 - Embalse de El Grado	15/11/2023	06/11/2023		3,70	2,80	2,79	0,004	NE	NE	NE
E0050 - Embalse de Talarñ	23/03/2023	26/03/2023		3,31	3,38	2,21	0,003	ER	ER	ER
E0050 - Embalse de Talarñ	18/07/2023	14/07/2023		3,54	2,40	3,28	0,003	ER	ER	ER
E0050 - Embalse de Talarñ	26/09/2023	02/10/2023	3,60	4,12	3,30	2,04	0,003	ER	ER	ER
E0050 - Embalse de Talarñ	16/11/2023	21/11/2023		4,29	1,30	2,43	0,005	ER	ER	ER
E0053 - Embalse de Oliana	20/03/2023	26/03/2023		5,49	4,56	1,93	0,047	NE	ER	ER
E0053 - Embalse de Oliana	17/07/2023	09/07/2023		2,82	1,90	6,24	0,008	NE	NE	NE
E0053 - Embalse de Oliana	20/09/2023	27/09/2023	11,50	5,96	2,90	1,95	0,000	NE	ER	ER
E0053 - Embalse de Oliana	13/11/2023	21/11/2023		6,45	3,55	3,13	0,005	NE	NE	NE
E0056 - Embalse de Barasona	23/03/2023	26/03/2023		3,98	1,87	1,70	0,002	ER	ER	ER
E0056 - Embalse de Barasona	19/07/2023	14/07/2023		3,27	1,55	2,99	0,000	ER	ER	ER
E0056 - Embalse de Barasona	26/09/2023	10/10/2023	5,80	5,29	1,10	1,82	0,000	ER	ER	ER
E0056 - Embalse de Barasona	15/11/2023	21/11/2023		4,12	1,30	2,31	0,008	ER	ER	ER
E0058 - Embalse de Canelles	20/03/2023	16/03/2023		3,56	3,37	1,75	0,044	ER	ER	ER
E0058 - Embalse de Canelles	12/07/2023	14/07/2023	2,10	4,36	4,80	2,03	0,005	ER	ER	ER
E0058 - Embalse de Canelles	19/09/2023	22/09/2023	2,60	6,85	2,75	2,48	0,003	ER	ER	ER
E0058 - Embalse de Canelles	13/11/2023	21/11/2023		4,31	2,35	1,70	0,003	ER	ER	ER
E0059 - Embalse de Terradets	20/03/2023	05/04/2023		3,65	1,40	1,70	0,076	NE	ER	ER
E0059 - Embalse de Terradets	17/07/2023	09/07/2023		2,96	2,40	3,12	0,006	NE	NE	NE
E0059 - Embalse de Terradets	20/09/2023	12/10/2023	3,30	3,97	1,20	1,76	0,006	NE	NE	NE
E0059 - Embalse de Terradets	13/11/2023	21/11/2023		4,37	1,70	2,18	0,004	NE	NE	NE



EMBALSE	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	PTOT	PSIG	CAMPO	SAT
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO			
E0062 - Embalse de La Sotonera	30/05/2023	30/05/2023	2,36	3,27	1,30	3,09	0,020	ER	ER	ER
E0063 - Embalse de Rialb	23/03/2023	26/03/2023		4,18	3,75	4,05	0,004	ER	ER	ER
E0063 - Embalse de Rialb	18/07/2023	19/07/2023		3,20	5,20	2,81	0,007	ER	ER	ER
E0063 - Embalse de Rialb	26/09/2023	27/09/2023	9,60	14,63	3,00	2,39	0,007	ER	ER	ER
E0063 - Embalse de Rialb	25/10/2023	27/10/2023	10,70	19,31	2,17	2,03	0,008	ER	ER	ER
E0063 - Embalse de Rialb	16/11/2023	21/11/2023		3,45	2,90	2,55	0,006	ER	ER	ER
E0063 - Embalse de Rialb	13/12/2023	16/12/2023	3,00	5,66	6,10	3,01	0,021	ER	ER	ER
E0065 - Embalse de Camarasa	21/03/2023	26/03/2023		2,68	5,60	8,82	0,096	NE	ER	ER
E0065 - Embalse de Camarasa	17/07/2023	19/07/2023		2,80	6,00	5,52	0,007	NE	NE	NE
E0065 - Embalse de Camarasa	19/09/2023	27/09/2023	3,00	4,78	3,50	2,07	0,004	NE	NE	NE
E0065 - Embalse de Camarasa	14/11/2023	21/11/2023		3,01	4,60	3,66	0,003	NE	NE	NE
E0066 - Embalse de Santa Ana	17/03/2023	26/03/2023		3,19	3,33	4,02	0,037	NE	ER	ER
E0066 - Embalse de Santa Ana	12/07/2023	09/07/2023	1,20	0,54	1,50	3,97	0,000	NE	NE	NE
E0066 - Embalse de Santa Ana	19/09/2023	27/09/2023	1,70	3,27	3,10	3,48	0,003	NE	NE	NE
E0066 - Embalse de Santa Ana	10/11/2023	06/11/2023		3,58	4,65	2,95	0,000	NE	NE	NE
E0066 - Embalse de Santa Ana	03/10/2023	02/10/2023	1,51	0,56	4,00	3,59	0,021	NE	NE	NE
E0067 - Embalse de San Lorenzo	23/03/2023	26/03/2023		3,10	2,40	2,75	0,000	NE	NE	NE
E0067 - Embalse de San Lorenzo	18/07/2023	14/07/2023		2,98	4,60	3,93	0,003	NE	NE	NE
E0067 - Embalse de San Lorenzo	26/09/2023	27/09/2023	4,30	3,03	1,90	3,28	0,026	NE	NE	NE
E0067 - Embalse de San Lorenzo	16/11/2023	21/11/2023		3,69	2,66	2,63	0,003	NE	NE	NE
E0068 - Embalse de El Val	18/01/2023	02/02/2023	3,20	3,57	6,27	3,28	0,013	ER	ER	ER
E0068 - Embalse de El Val	16/03/2023	14/03/2023	3,96	3,68	1,90	1,82	0,043	ER	ER	ER
E0068 - Embalse de El Val	12/07/2023	27/07/2023	31,60	6,45	2,30	2,38	0,008	ER	ER	ER
E0068 - Embalse de El Val	15/09/2023	30/09/2023	33,90	14,64	1,90	2,21	0,012	ER	ER	ER
E0068 - Embalse de El Val	09/11/2023	24/11/2023	12,64	11,38	5,00	2,79	0,016	ER	ER	ER
E0070 - Embalse de Mequinenza	24/03/2023	26/03/2023		5,84	11,20	3,15	0,053	ER	ER	ER
E0070 - Embalse de Mequinenza	19/07/2023	14/07/2023		3,05	3,70	2,68	0,007	ER	ER	ER
E0070 - Embalse de Mequinenza 1	19/07/2023	14/07/2023	6,72	3,09	2,30	3,03	0,001	ER	ER	ER
E0070 - Embalse de Mequinenza	27/09/2023	27/09/2023	8,30	17,77	3,55	2,67	0,004	ER	ER	ER
E0070 - Embalse de Mequinenza	25/10/2023	27/10/2023	2,60	4,76	4,80	1,76	0,032	ER	ER	ER
E0070 - Embalse de Mequinenza	17/11/2023	21/11/2023		3,97	4,70	1,83	0,009	ER	ER	ER
E0070 - Embalse de Mequinenza	13/12/2023	16/12/2023	1,30	0,17	2,02	2,78	0,049	ER	ER	ER
E0072 - Embalse de Margalef	13/03/2023	16/03/2023		5,62	2,40	2,77	0,009	ER	ER	ER
E0072 - Embalse de Margalef	10/07/2023	09/07/2023	2,10	3,36	1,10	2,03	0,005	ER	ER	ER
E0072 - Embalse de Margalef	12/09/2023	27/09/2023	9,70	6,24	0,80	1,50	0,007	ER	ER	ER
E0072 - Embalse de Margalef	06/11/2023	06/11/2023		8,18	4,40	2,29	0,012	ER	ER	ER
E0074 - Embalse de Flix	20/01/2023	20/01/2023	1,80	3,21	4,14	2,48	0,015	ER	ER	ER
E0074 - Embalse de Flix	28/03/2023	26/03/2023	6,34	3,12	5,25	2,16	0,089	ER	ER	ER
E0074 - Embalse de Flix	11/05/2023	10/05/2023	1,48	0,08	3,15	2,80	0,000	ER	ER	ER
E0074 - Embalse de Flix	20/07/2023	14/07/2023		3,97	2,66	2,63	0,008	ER	ER	ER
E0074 - Embalse de Flix	28/09/2023	27/09/2023	2,80	4,48	1,40	1,94	0,012	ER	ER	ER
E0074 - Embalse de Flix	20/11/2023	06/12/2023	3,53	4,15	1,57	1,78	0,011	ER	ER	ER
E0076 - Embalse de La Tranquera	10/05/2023	18/05/2023	2,02	3,18	5,50	3,64	0,006	ER	ER	ER
E0077 - Embalse de Moneva	19/01/2023	20/01/2023	1,30	0,59	2,80	3,22	0,019	ER	ER	ER
E0077 - Embalse de Moneva	15/03/2023	16/03/2023	0,57	0,32	4,66	2,20	0,028	ER	ER	ER
E0077 - Embalse de Moneva	09/05/2023	10/05/2023	1,57	6,95	3,00	2,71	0,006	ER	ER	ER



EMBALSE	F/CAMPO	F/SAT	CHLA CAMPO	CHLA SAT	ZDS CAMPO	ZDS SAT	PTOT CAMPO	EVAL RIES	CAMPO	SAT
E0077 - Embalse de Moneva	11/07/2023	14/07/2023	1,90	15,17	1,15	2,03	0,003	ER	ER	ER
E0077 - Embalse de Moneva	14/09/2023	02/10/2023	11,60	18,30	1,40	2,15	0,019	ER	ER	ER
E0077 - Embalse de Moneva	07/11/2023	19/11/2023	4,22	10,13	1,15	2,05	0,007	ER	ER	ER
E0078 - Embalse de Caspe	24/03/2023	26/03/2023		3,32	7,32	3,51	0,072	ER	ER	ER
E0078 - Embalse de Caspe	19/07/2023	14/07/2023		3,54	5,10	2,98	0,004	ER	ER	ER
E0078 - Embalse de Caspe	21/09/2023	22/09/2023	2,47	3,63	2,50	2,90	0,008	ER	ER	ER
E0078 - Embalse de Caspe	27/09/2023	27/09/2023	2,20	3,72	3,20	2,94	0,000	ER	ER	ER
E0078 - Embalse de Caspe	17/11/2023	06/12/2023		3,54	3,20	2,82	0,004	ER	ER	ER
E0079 - Embalse de Guiamets	28/03/2023	16/03/2023		4,87	1,14	1,86	0,101	ER	ER	ER
E0079 - Embalse de Guiamets	20/07/2023	19/07/2023		3,82	1,50	1,97	0,004	ER	ER	ER
E0079 - Embalse de Guiamets	28/09/2023	27/09/2023	8,00	15,66	2,15	1,75	0,008	ER	ER	ER
E0079 - Embalse de Guiamets	20/11/2023	26/11/2023		7,16	0,62	1,62	0,012	ER	ER	ER
E0080 - Emb. de Cueva Foradada	18/01/2023	20/01/2023	1,70	4,16	2,29	2,62	0,005	NE	NE	NE
E0080 - Emb. de Cueva Foradada	15/03/2023	14/03/2023	0,67	0,67	5,91	3,16	0,028	NE	NE	NE
E0080 - Emb. de Cueva Foradada	09/05/2023	10/05/2023	1,13	0,80	5,20	3,45	0,006	NE	NE	NE
E0080 - Emb. de Cueva Foradada	11/07/2023	09/07/2023	2,20	3,21	2,30	3,49	0,004	NE	NE	NE
E0080 - Emb. de Cueva Foradada	21/07/2023	19/07/2023	2,21	3,70	1,60	3,26	0,014	NE	NE	NE
E0080 - Emb. de Cueva Foradada	13/09/2023	07/09/2023	3,10	3,80	2,00	2,88	0,005	NE	NE	NE
E0080 - Emb. de Cueva Foradada	07/11/2023	19/11/2023	4,42	10,80	1,20	2,46	0,008	NE	NE	ER
E0082 - Embalse de Calanda	28/03/2023	26/03/2023		3,10	3,30	2,75	0,003	ER	ER	ER
E0082 - Embalse de Calanda	20/07/2023	14/07/2023		2,98	2,20	3,93	0,081	ER	ER	ER
E0082 - Embalse de Calanda	22/09/2023	27/09/2023	1,80	2,92	2,50	3,43	0,000	ER	ER	ER
E0082 - Embalse de Calanda	28/09/2023	27/09/2023	1,20	0,87	3,90	3,28	0,003	ER	ER	ER
E0082 - Embalse de Calanda	20/11/2023	26/11/2023		3,69	2,40	2,67	0,004	ER	ER	ER
E0085 - Embalse de Santolea	01/03/2023	01/03/2023		2,92	2,80	3,63	0,005	ER	ER	ER
E0085 - Embalse de Santolea	19/07/2023	14/07/2023	1,40	3,82	3,30	2,86	0,004	ER	ER	ER
E0085 - Embalse de Santolea	19/09/2023	22/09/2023	2,90	4,40	2,70	2,06	0,048	ER	ER	ER
E0085 - Embalse de Santolea	28/11/2023	26/11/2023		3,97	1,60	3,07	0,000	ER	ER	ER
E0087 - Embalse de Lechago	15/03/2023	04/03/2023		3,83	3,60	3,22	0,044	ER	ER	ER
E0087 - Embalse de Lechago	11/07/2023	02/07/2023	4,70	3,86	3,50	3,17	0,004	ER	ER	ER
E0087 - Embalse de Lechago	14/09/2023	10/10/2023	7,80	4,71	2,70	2,72	0,027	ER	ER	ER
E0087 - Embalse de Lechago	08/11/2023	19/11/2023		3,93	4,25	2,10	0,013	ER	ER	ER
E0913 - Embalse de Gallipué	14/03/2023	16/03/2023		2,96	2,10	3,86	0,012	ER	ER	ER
E0913 - Embalse de Gallipué	11/07/2023	14/07/2023	4,50	4,17	2,50	2,52	0,000	ER	ER	ER
E0913 - Embalse de Gallipué	13/09/2023	22/09/2023	5,30	3,87	2,00	2,63	0,037	ER	ER	ER
E0913 - Embalse de Gallipué	07/11/2023	21/11/2023		4,05	1,95	2,64	0,004	ER	ER	ER
E0949 - Embalse de Ribarroja	20/01/2023	20/01/2023	4,20	5,98	2,82	2,23	0,031	ER	ER	ER
E0949 - Embalse de Ribarroja	28/03/2023	26/03/2023	9,39	5,63	4,09	2,33	0,088	ER	EU	ER
E0949 - Embalse de Ribarroja	20/07/2023	14/07/2023		3,15	2,10	3,81	0,009	ER	ER	ER
E0949 - Embalse de Ribarroja	28/09/2023	27/09/2023	6,80	5,09	2,20	2,39	0,008	ER	ER	ER
E0949 - Embalse de Ribarroja	20/11/2023	06/12/2023	5,39	4,33	1,80	1,93	0,014	ER	ER	ER
E1020 - Lac Major de Colomers	30/08/2023	23/08/2023	1,20	0,09	11,00	7,50	0,005	NE	NE	NE
E1022 - La Estanca de Alcañiz	27/03/2023	26/03/2023		4,09	0,80	2,30	0,055	ER	ER	ER
E1022 - La Estanca de Alcañiz	19/07/2023	14/07/2023		3,49	2,00	2,79	0,006	ER	ER	ER
E1022 - La Estanca de Alcañiz	21/09/2023	22/09/2023	3,31	4,10	1,75	2,32	0,009	ER	ER	ER
E1022 - La Estanca de Alcañiz	27/09/2023	27/09/2023	4,10	4,07	1,65	2,20	0,002	ER	ER	ER
E1022 - La Estanca de Alcañiz	17/11/2023	26/11/2023		4,10	1,20	2,23	0,006	ER	ER	ER



EMBALSE	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	PTOT	EVAL		
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO	RIES	CAMPO	SAT
E1049 - Embalse de Balaguer	17/03/2023	26/03/2023		11,15	1,91	2,51	0,038	ER	ER	EU
E1049 - Embalse de Balaguer	18/09/2023	27/09/2023	3,20	2,84	1,70	2,01	0,002	ER	ER	ER
E1049 - Embalse de Balaguer	10/11/2023	06/11/2023		5,28	2,35	2,23	0,004	ER	ER	ER
E1052 - Embalse de Sallente	21/03/2023	26/03/2023		7,83	4,10	1,95	0,078	NE	ER	ER
E1052 - Embalse de Sallente	14/07/2023	14/07/2023	10,70	8,38	1,50	2,67	0,003	NE	ER	ER
E1052 - Embalse de Sallente	28/08/2023	23/08/2023		3,16	6,10	5,18	0,000	NE	NE	NE
E1052 - Embalse de Sallente	20/09/2023	27/09/2023	1,40	0,13	10,00	2,91	0,000	NE	NE	NE
E1053 - Embalse de Llauset	28/08/2023	23/08/2023	1,00	0,15	15,10	1,88	0,000	NE	NE	NE
E1053 - Embalse de Llauset	21/09/2023	27/09/2023		0,15		21,52	0,002	NE	NE	NE
E1679 - Humedal de Utchesa Seca	13/03/2023	11/03/2023		2,95	1,50	6,84	0,015	ER	ER	ER
E1679 - Humedal de Utchesa Seca	10/07/2023	14/07/2023	83,20	11,27	1,40	2,76	0,092	ER	EU	EU
E1679 - Humedal de Utchesa Seca	12/09/2023	22/09/2023	20,30	3,76	1,00	3,34	0,016	ER	ER	ER
E1679 - Humedal de Utchesa Seca	06/11/2023	21/11/2023		4,98	0,75	1,88	0,038	ER	ER	ER
E1802 - Las Fitas	16/03/2023	16/03/2023		3,22	3,45	3,50	0,021	ER	ER	ER
E1802 - Las Fitas	12/07/2023	14/07/2023	2,70	3,66	4,30	2,98	0,003	ER	ER	ER
E1802 - Las Fitas	18/09/2023	22/09/2023	2,40	4,40	1,70	1,96	0,005	ER	ER	ER
E1802 - Las Fitas	09/11/2023	06/11/2023		4,85	1,20	2,26	0,006	ER	ER	ER
E1804 - Embalse de Maidevera	20/06/2023	22/06/2023	8,60	6,82	1,90	3,14	0,002	NE	ER	NE
E1807 - San Salvador	24/03/2023	16/03/2023		4,03	3,31	2,48	0,100	ER	ER	ER
E1807 - San Salvador	19/07/2023	14/07/2023		13,86	1,30	1,61	0,007	ER	ER	ER
E1807 - San Salvador	27/09/2023	27/09/2023	5,40	4,08	1,20	1,99	0,003	ER	ER	ER
E1807 - San Salvador	04/10/2023	10/10/2023		4,13	1,95	2,11	0,022	ER	ER	ER
E1807 - San Salvador	16/11/2023	21/11/2023		4,70	1,05	2,16	0,003	ER	ER	ER

A continuación, se presenta en la siguiente figura como ejemplo el estado trófico del embalse de La Tranquera el 6 de diciembre de 2023 en las variables de calidad de transparencia y clorofila-a, así como la materia en suspensión.

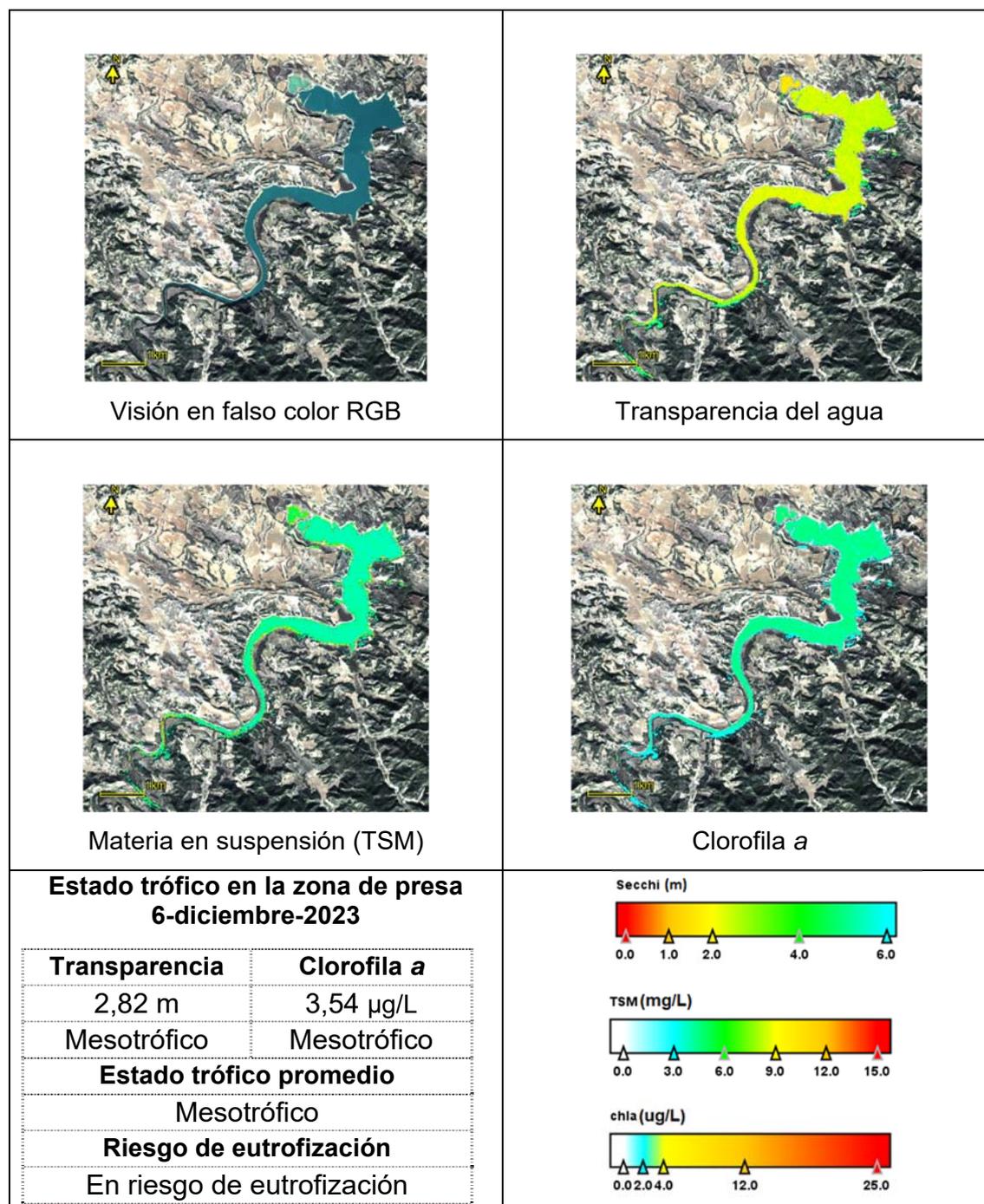


Figura 9. Estado trófico del embalse de Caspe mediante la transparencia, materia en suspensión y clorofila a el 6 de diciembre de 2023.



3.7. ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LOS LAGOS

Con respecto a los dieciséis lagos estudiados, los valores obtenidos en la comparativa de campo y satélite se han utilizado tanto la medida de la transparencia del agua, como la concentración de clorofila en los casos que se tenía estos resultados de campo. En dos casos se ha estimado el estado a partir del satélite únicamente, por falta de datos de campo, presentando la Tabla 11 los valores de estado trófico y la tabla 12 el estudio de riesgo de eutrofización.

Tabla 11. Comparativa de los resultados obtenidos en los trabajos de campo y los valores obtenidos de las imágenes de satélite en las variables transparencia del agua medida por la profundidad de visión del disco de Secchi (en metros) y la concentración de clorofila a (en microgramos por litro). El color de la celda indica la gradación de mejor estado (azul) a peor estado (rojo).

LAGO	F/CAMPO	F/SAT	CHLA CAMPO	CHLA SAT	ZDS CAMPO	ZDS SAT	SS CAMPO	SS SAT
L0968 - Laguna de Sariñena	17/01/2023	20/01/2023	97,60	80,91	0,37	0,99	41,00	9,46
L0968 - Laguna de Sariñena	16/03/2023	16/03/2023	216,46	106,11	0,30	0,85	83,00	
L0968 - Laguna de Sariñena	04/07/2023	09/07/2023	186,50	115,63		1,87	80,00	
L0968 - Laguna de Sariñena	15/09/2023	22/09/2023	442,50	183,90	0,20	0,79	76,00	
L0968 - Laguna de Sariñena	09/11/2023	06/11/2023	290,68	241,02		0,79	47,00	12,49
L0970 - Lac Redon	29/08/2023	23/08/2023	1,80	0,09	14,80	10,34		
L0975 - Estany Gerber	08/09/2023	07/09/2023	3,60	2,36	8,40	18,43	4,80	2,37
L0981 - Estany de Montolíu	31/08/2023	23/08/2023	4,10	3,59	5,10	4,87		
L0983 - Ibón de Cregueña	03/08/2023	08/08/2023	0,70	0,72	20,00	5,91		
L0987 - Estany Negre	01/09/2023	07/09/2023	10,70	2,27	2,80	5,59	3,50	3,16
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	19/01/2023	20/01/2023		5,44	2,17	1,35	214,00	
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	14/03/2023	16/03/2023		3,27	2,80	2,34	19,00	3,29
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	09/05/2023	10/05/2023	4,40	4,95	1,17	1,75	107,00	
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	11/07/2023	14/07/2023	11,70	2,84	1,24	1,61	77,00	
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	13/09/2023	27/09/2023		6,93	1,80	2,08	196,00	
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	06/11/2023	11/11/2023		6,15	1,80	1,88	329,00	
L1001 - Lago de Urdiceto	04/08/2023	08/08/2023	0,70	0,39	17,40	6,98		
L1004 - Lac de Naut de Saboredó	07/09/2023	23/08/2023	1,40	0,12	17,00	9,14		
L1008 - Estany Negre (Espot)	05/09/2023	07/09/2023	1,10	0,42	20,40	9,37	172,00	
L1014 - Estanque Grande de Estanya	16/01/2023	20/01/2023	10,80	10,00	1,48	3,58	7,30	6,38
L1014 - Estanque Grande de Estanya	17/03/2023	16/03/2023	5,84	4,95	1,40	2,23	6,60	4,99
L1014 - Estanque Grande de Estanya	03/07/2023	09/07/2023	5,60	3,20	4,60	4,08	3,10	3,22
L1014 - Estanque Grande de Estanya	18/09/2023	27/09/2023	3,40	3,63	4,40	3,80	4,00	3,65
L1014 - Estanque Grande de Estanya	10/11/2023	21/11/2023	2,30	4,05	3,10	3,36	4,00	4,08
L1015 - Estany Gran del Pessó	06/09/2023	23/08/2023	1,70	2,76	13,00	8,05	3,00	2,78
L1027 - Lago de Marboré	02/08/2023	08/08/2023	0,70	2,54	5,90	1,81	2,50	7,67
L1029 - Estany de Montcortés	16/01/2023	04/02/2023	8,90	2,91	8,77	6,84		
L1029 - Estany de Montcortés	21/03/2023	16/03/2023	2,54	2,76	7,60	5,90		
L1029 - Estany de Montcortés	08/05/2023	10/05/2023	2,18	2,68	9,18	8,04	98,00	
L1029 - Estany de Montcortés	03/07/2023	24/06/2023	2,80	2,97	5,84	8,09		



LAGO	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	SS	SS
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO	SAT
L1029 - Estany de Montcortés	20/09/2023	27/09/2023	1,20	0,13	11,80	7,69		
L1029 - Estany de Montcortés	14/11/2023	06/11/2023	4,97	3,62	11,00	5,28	2,00	3,65
L1042 - Laguna Honda	15/03/2023	15/03/2023		6,61	1,39	1,95	8,30	6,66
L1042 - Laguna Honda	16/05/2023	18/05/2023	8,29	4,74	1,40	2,21	11,00	5,58
L1042 - Laguna Honda	05/07/2023	09/07/2023	5,00	4,11	2,30	3,97	7,50	4,14
L1042 - Laguna Honda	14/09/2023	10/09/2023		5,59	1,05	2,09	8,20	5,63
L1050 - Ibón de Baños	01/08/2023	08/08/2023	1,40	0,12	8,46	9,65		

Se puede observar a grandes rasgos que la coincidencia de los estados es de un 49 % en el caso de la transparencia, y de un 55 % en el caso de la clorofila. A pesar de que hay una diferencia de hasta siete días entre las dos medidas, en general las coincidencias de estado son correctas. En los demás casos se observa que las diferencias son pocas. Respecto a los valores medidos de clorofila (figura 11), son concordantes en estado trófico entre sí, y las medidas de transparencia también (figura 12). Sin embargo, se observa que mientras que los embalses en mejor estado se sitúan en el entorno del 30 % para la clorofila; la medida de transparencia da hasta el 60 % de los casos en el mejor estado (oligotrófico o mejor), tanto en campo como en satélite.

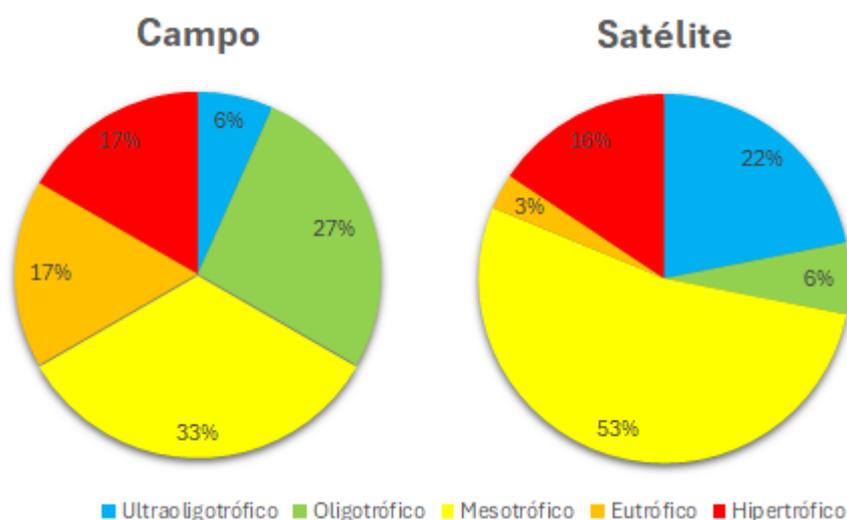


Figura 10. Comparativa del estado trófico estimado según el indicador de la Clorofila a en los lagos.

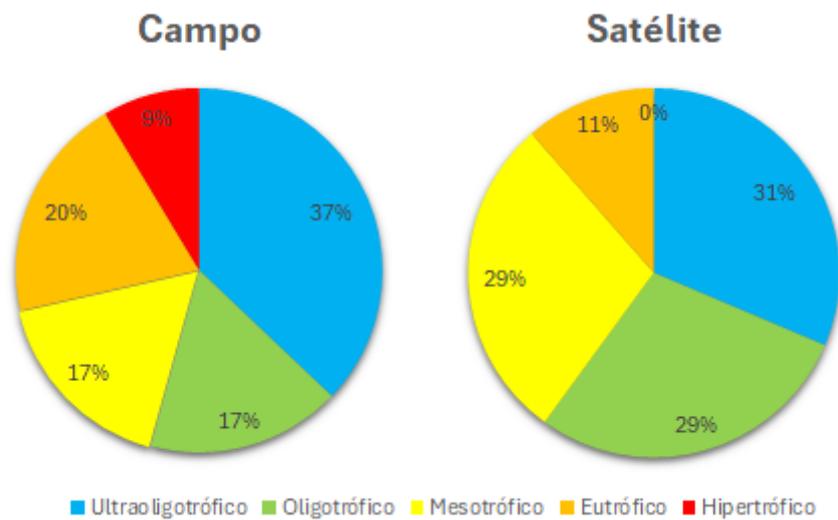


Figura 11. Comparativa del estado trófico estimado según el indicador de la transparencia medida como visión del disco de Secchi en los lagos.

Tabla 12. Comparativa de los resultados obtenidos en los trabajos de campo y los valores obtenidos de las imágenes de satélite en las variables transparencia del agua medida por la profundidad de visión del disco de Secchi (en metros) y la concentración de clorofila a (en microgramos por litro). El color de la celda indica eutrófico EU (naranja) y no eutrófico NE (verde). Se indica la evaluación del riesgo de incumplir los objetivos medioambientales de la DMA.

LAGO	F/CAMPO	F/SAT	CHLA	CHLA	ZDS	ZDS	PTOT	PSIG	CAMPO	SAT
			CAMPO	SAT	CAMPO	SAT	CAMPO			
L0968 - Laguna de Sariñena	17/01/2023	20/01/2023	97,60	80,91	0,37	0,99	0,006	ER	ER	ER
L0968 - Laguna de Sariñena	16/03/2023	16/03/2023	216,46	106,11	0,30	0,85	0,019	ER	ER	ER
L0968 - Laguna de Sariñena	04/07/2023	09/07/2023	186,50	115,63		0,87	0,060	ER	EU	EU
L0968 - Laguna de Sariñena	15/09/2023	22/09/2023	442,50	183,90	0,20	0,79	0,121	ER	EU	EU
L0968 - Laguna de Sariñena	09/11/2023	06/11/2023	290,68	241,02		0,79	0,127	ER	EU	EU
L0970 - Lac Redon	29/08/2023	23/08/2023	1,80	0,09	14,80	10,34	0,040	NE	ER	ER
L0975 - Estany Gerber	08/09/2023	07/09/2023	3,60	2,36	8,40	18,43	0,005	NE	NE	NE
L0981 - Estany de Montolíu	31/08/2023	23/08/2023	4,10	3,59	5,10	4,87	0,004	NE	NE	NE
L0983 - Ibón de Cregueña	03/08/2023	08/08/2023	0,70	0,72	20,00	5,91	0,009	NE	NE	NE
L0987 - Estany Negre	01/09/2023	07/09/2023	10,70	2,27	2,80	5,59	0,007	NE	NE	NE
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	19/01/2023	20/01/2023		5,44	2,17	1,35	0,055	ER	ER	ER
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	14/03/2023	16/03/2023		3,27	2,80	2,34	0,042	ER	ER	ER
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	09/05/2023	10/05/2023	4,40	4,95	1,17	1,75	0,029	ER	ER	ER
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	11/07/2023	14/07/2023	11,70	2,84	1,24	1,61	0,018	ER	ER	ER
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	13/09/2023	27/09/2023		6,93	1,80	2,08	0,430	ER	ER	ER
L0990 - Laguna Salada de Chiprana	06/11/2023	11/11/2023		6,15	1,80	1,88	0,077	ER	ER	ER
L1001 - Lago de Urdiceto	04/08/2023	08/08/2023	0,70	0,39	17,40	6,98	0,000	NE	NE	NE
L1004 - Lac de Naut de Saboredo	07/09/2023	23/08/2023	1,40	0,12	17,00	9,14	0,004	NE	NE	NE
L1008 - Estany Negre (Espot)	05/09/2023	07/09/2023	1,10	0,42	20,40	9,37	0,003	NE	NE	NE
L1014 - Estanque Grande de Estanya	16/01/2023	20/01/2023	10,80	10,00	1,48	3,58	0,038	NE	EU	EU



LAGO	F/CAMPO	F/SAT	CHLA CAMPO	CHLA SAT	ZDS CAMPO	ZDS SAT	PTOT CAMPO	PSIG	CAMPO	SAT
L1014 - Estanque Grande de Estanya	17/03/2023	16/03/2023	5,84	4,95	1,40	2,23	0,055	NE	ER	ER
L1014 - Estanque Grande de Estanya	03/07/2023	09/07/2023	5,60	3,20	4,60	4,08	0,006	NE	NE	NE
L1014 - Estanque Grande de Estanya	18/09/2023	27/09/2023	3,40	3,63	4,40	3,80	0,007	NE	NE	NE
L1014 - Estanque Grande de Estanya	10/11/2023	21/11/2023	2,30	4,05	3,10	3,36	0,004	NE	NE	NE
L1015 - Estany Gran del Pessó	06/09/2023	23/08/2023	1,70	2,76	13,00	8,05	0,041	NE	ER	ER
L1027 - Lago de Marboré	02/08/2023	08/08/2023	0,70	2,54	5,90	1,81	0,002	NE	NE	NE
L1029 - Estany de Montcortés	16/01/2023	04/02/2023	8,90	2,91	8,77	6,84	0,033	NE	NE	NE
L1029 - Estany de Montcortés	21/03/2023	16/03/2023	2,54	2,76	7,60	5,90	0,075	NE	ER	ER
L1029 - Estany de Montcortés	08/05/2023	10/05/2023	2,18	2,68	9,18	8,04	0,000	NE	NE	NE
L1029 - Estany de Montcortés	03/07/2023	24/06/2023	2,80	2,97	5,84	8,09	0,060	NE	ER	ER
L1029 - Estany de Montcortés	20/09/2023	27/09/2023	1,20	0,13	11,80	7,69	0,000	NE	NE	NE
L1029 - Estany de Montcortés	14/11/2023	06/11/2023	4,97	3,62	11,00	5,28	0,004	NE	NE	NE
L1042 - Laguna Honda	15/03/2023	15/03/2023		6,61	1,39	1,95	0,066	ER	ER	ER
L1042 - Laguna Honda	16/05/2023	18/05/2023	8,29	4,74	1,40	2,21	0,009	ER	ER	ER
L1042 - Laguna Honda	05/07/2023	09/07/2023	5,00	4,11	2,30	3,97	0,015	ER	ER	ER
L1042 - Laguna Honda	14/09/2023	10/09/2023		5,59	1,05	2,09	0,035	ER	ER	ER
L1050 - Ibón de Baños	01/08/2023	08/08/2023	1,40	0,12	8,46	9,65	0,005	NE	NE	NE

4. VALIDACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se van a validar los resultados alcanzados en la calibración realizada en el capítulo anterior. Una vez validados los resultados se realizará la determinación del estado trófico de cada embalse tanto con medidas de campo como las calculadas con el satélite.

Para la validación se realizó con datos de campo tomados desde 2016 a 2023. En este caso, se ha tenido acceso a las variables de transparencia, concentración de clorofila-a y sólidos en suspensión. De la misma forma que se realizó la calibración, se han descargado las imágenes con fecha más próxima a la medida de campo.

Se ha realizado la validación de la transparencia con los datos totales, en este caso 197 medidas. La transparencia medida en satélite con la medida en el campo ha mostrado una correlación positiva de $R^2=0,7296$ con la siguiente recta de ajuste (figura 13).

En el caso de la clorofila-a se utilizaron los datos de campo tomados principalmente en fechas primaverales y estivales, ya que de los otros períodos no hay apenas datos. En total, la validación se ha realizado con el total de 125 muestras, y se ha obtenido una correlación positiva con un $R^2=0,8887$, con la siguiente recta de ajuste (figura 14).

En el caso de los sólidos en suspensión se utilizaron los datos de campo tomados a lo largo de todo el año, realizando la validación con todos los datos tal y como se había propuesto en la recta de calibración, lo que supone un total de 171 datos, obteniendo una correlación positiva con un $R^2=0,5583$, con la siguiente recta de ajuste (figura 15).

A continuación, se muestran los gráficos con los resultados alcanzados en la validación de los parámetros de transparencia, clorofila a y sólidos en suspensión.

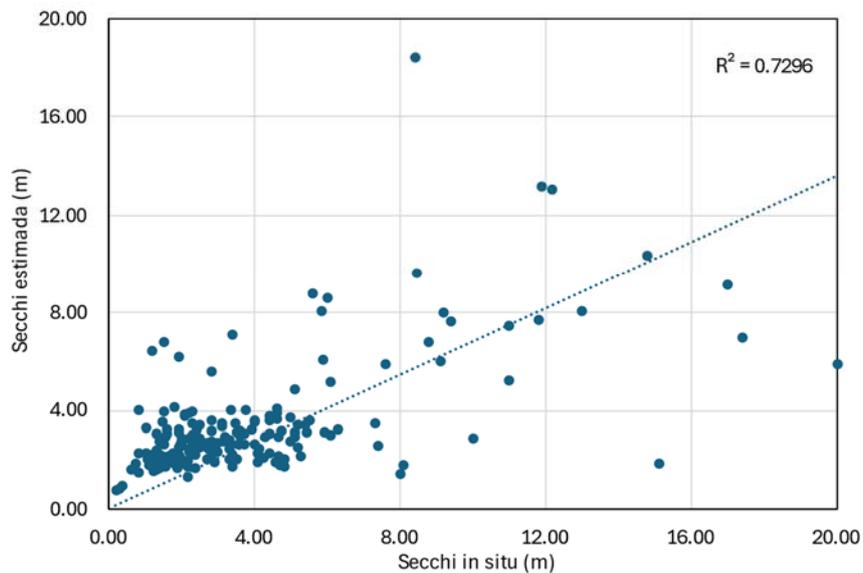


Figura 12. Gráfico de correlación los valores obtenidos de transparencia tomados en campo y mediante el satélite.

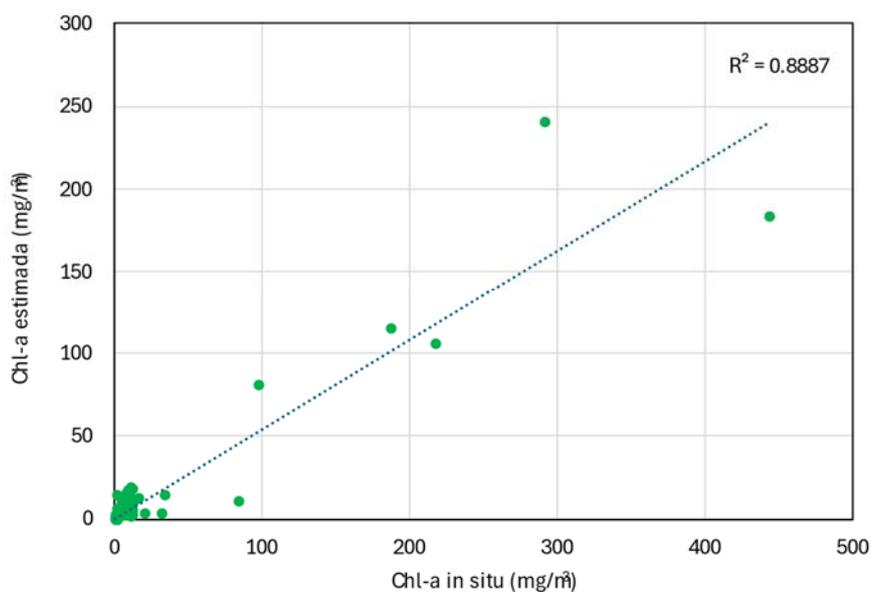


Figura 13. Gráfico de correlación entre los valores obtenidos de clorofila-a tomados en campo y mediante el satélite.

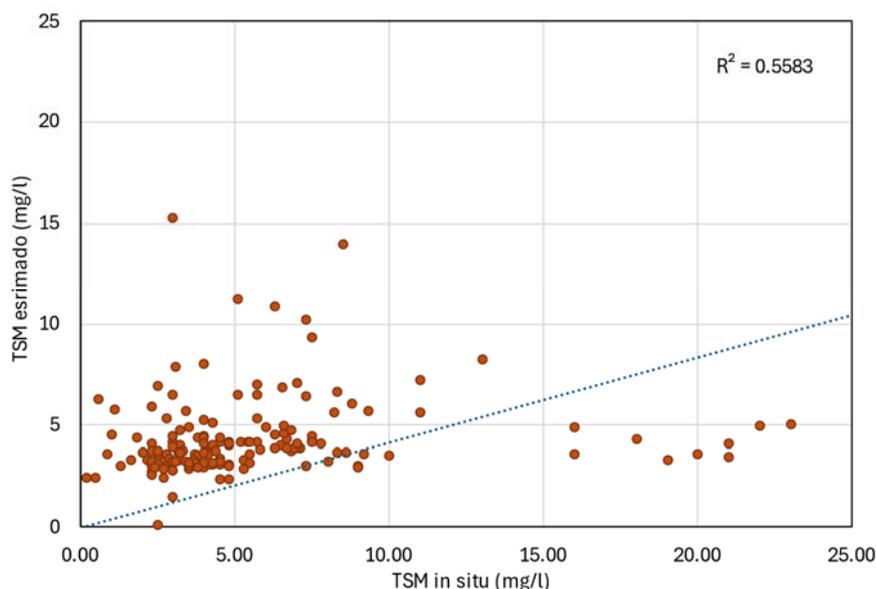


Figura 14. Gráfico de correlación entre los valores obtenidos de sólidos en suspensión tomados en campo y mediante el satélite.

Puesto que las calibraciones han mostrado una correlación positiva en la validación, a continuación, se ha realizado la determinación del estado trófico en los diferentes embalses de estudio. Primero, se ha determinado el estado trófico en función a los datos tomados *in situ* (ver tabla 6), y, después se ha realizado lo mismo con los valores hallados mediante el satélite.

En las tablas 9 y 11 cada estado trófico de la masa de agua es representado con un color siguiendo los colores utilizados normalmente para presentar los estados tróficos: el estado ultraoligotrófico en color azul, oligotrófico en color verde; el estado mesotrófico en color amarillo; el estado eutrófico en color naranja y en rojo el peor estado.

En este estudio de 2023, sí que se ha encontrado valores bajos y altos para las dos variables. En un caso, al considerar embalses y lagos de zonas de alta montaña, los valores obtenidos han sido concordantes con las medidas de campo, en el rango de buena calidad. En la parte opuesta, donde la calidad es baja y el estado trófico elevado, también se han obtenido resultados en lagos y embalses (aunque hay pocos datos). En parte esto es bueno porque no existen muchas masas de agua en mal estado; pero aquellas que están así, se han podido detectar con las imágenes, como ha sido el caso de los embalses de El Val y el Humedal de Utchesa Seca, y las Lagunas de Sariñena y la Salada de Chiprana. Para mejorar esta parte, habría que continuar realizando medidas de campo enfocándose en valores extremos ultraoligotróficos y eutróficos.



Para resumir los resultados alcanzados, se muestra en las siguientes figuras 16 a 18 como ejemplo un mapa resumen del embalse de Barasona en el que se representa una visualización de mapa de calidad de clorofila-a, transparencia y sólidos en suspensión utilizando las ecuaciones calibradas para febrero, marzo, julio y octubre de 2023 pudiendo observar el estado trófico del embalse en varios momentos del año.

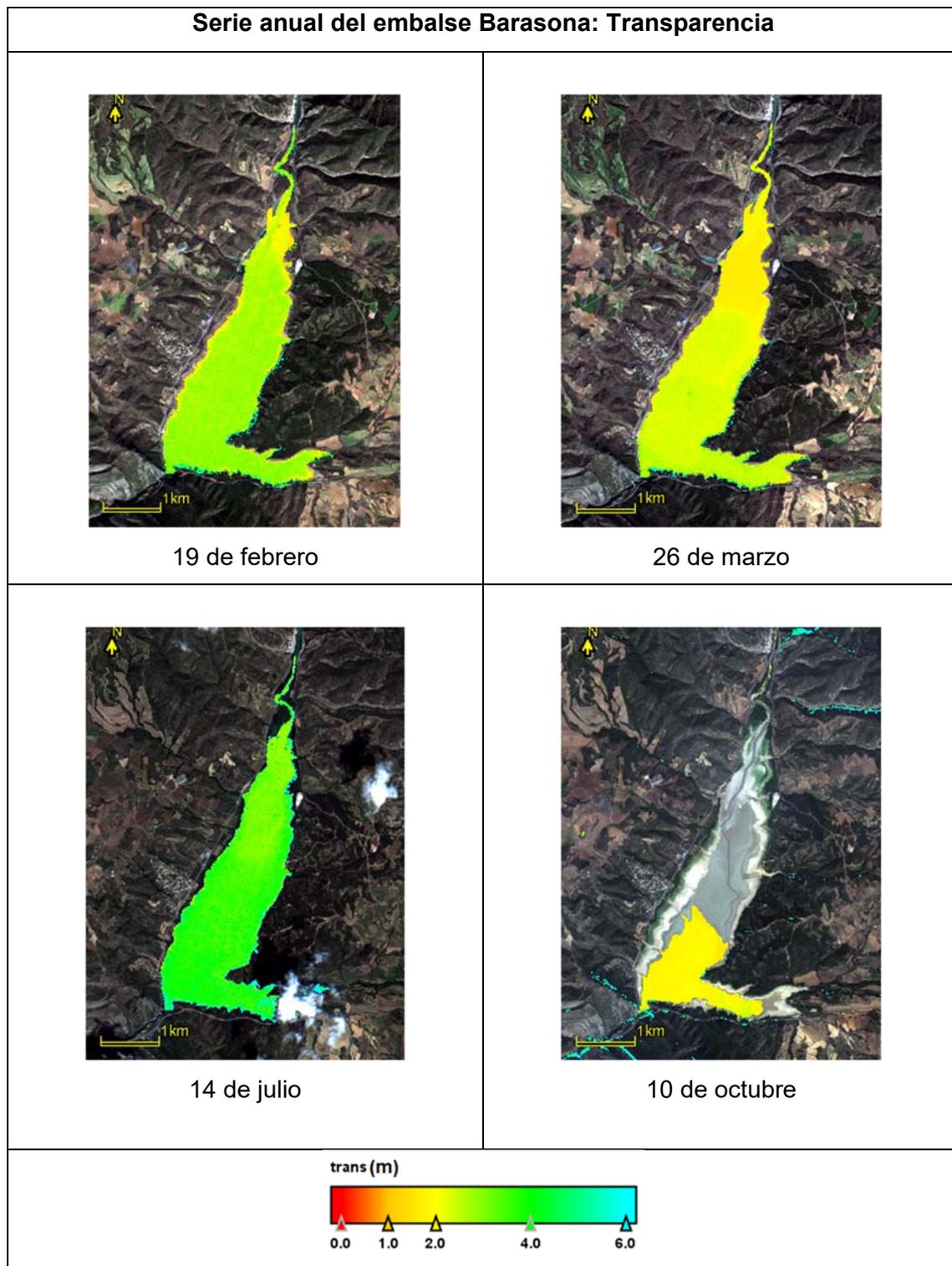


Figura 15. Evolución anual de la transparencia del embalse de Barasona. (A) 19 de febrero, (B) 26 de marzo, (C) 14 de julio y (D) 10 de octubre.

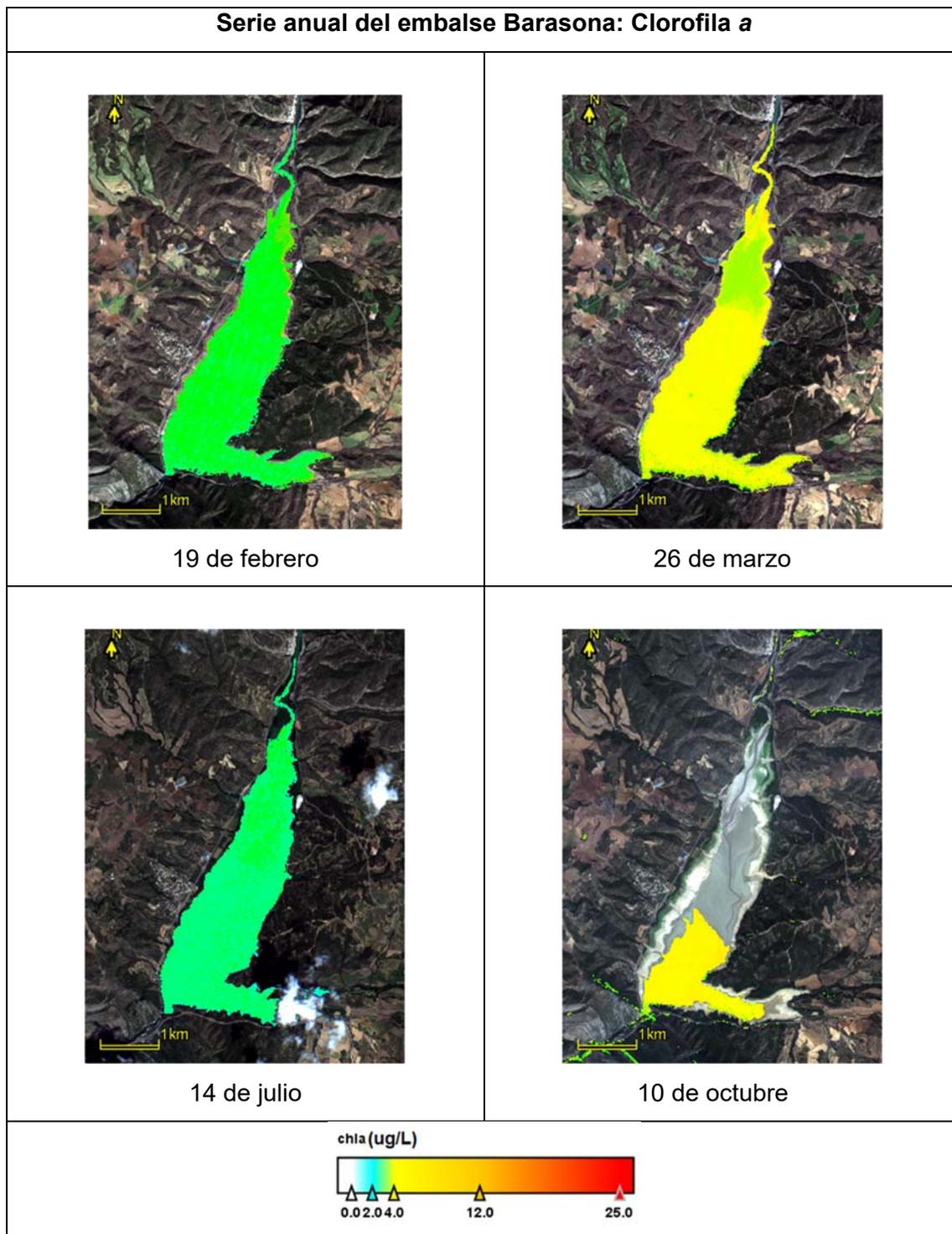
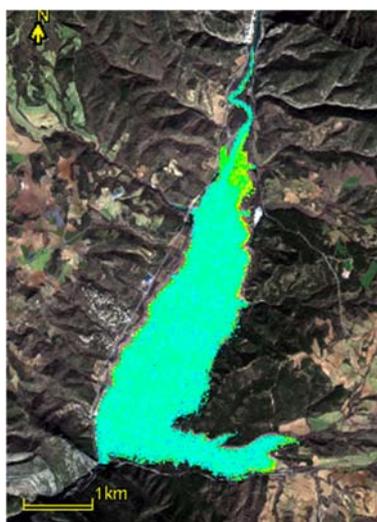
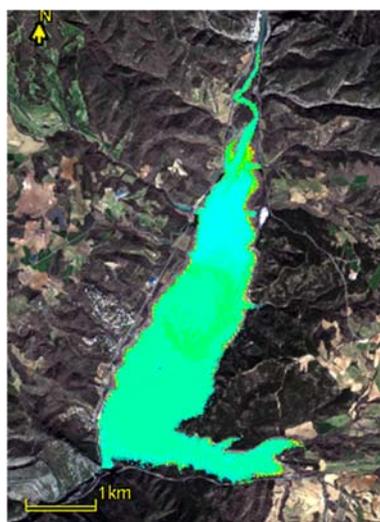


Figura 16. Evolución anual de la Clorofila a del embalse de Barasona. (A) 19 de febrero, (B) 26 de marzo, (C) 14 de julio y (D) 10 de octubre.

Serie anual del embalse Barasona: Sólidos en Suspensión



19 de febrero



26 de marzo



14 de julio



10 de octubre

TSM(mg/L)

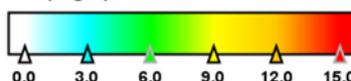


Figura 18. Evolución anual de sólidos en suspensión del embalse de Barasona. (A) 19 de febrero, (B) 26 de marzo, (C) 14 de julio y (D) 10 de octubre.



5. PROPUESTAS A MEJORAR

Para futuros estudios es necesario obtener más datos de campo en embalses y lagos oligotróficos y eutróficos para tener mayor cantidad de valores en concentraciones bajas y altas de clorofila-a y tener una mejor calibración que pueda ser utilizada para todo el rango de concentraciones. No obstante, es probable que sea posible obtener ecuaciones propias para uno o varios embalses, dadas las diferentes características ópticas que se observa entre ellos.

Este año ya se ha incluido el valor de fósforo total para determinar el estado trófico con datos de campo y así intentar en próximos años una aproximación semicuantitativa con las imágenes de satélite, para que el criterio de evaluación se ajuste al RD 47/2022.

También se ha observado en el estudio de 2023 que en algunos embalses las imágenes de invierno no son concordantes con la medida de la clorofila-a. Este problema se observa también en embalses con más turbidez de la normal donde el valor de transparencia es concordante con el campo; pero el de clorofila no concuerda y presenta un estado peor del medido en la masa de agua. Dado que la transparencia está influida tanto por la materia inorgánica en suspensión como por el fitoplancton, se debería aumentar el número de toma de datos de campo a lo largo del año cuando sea posible, para comprobar si los valores de transparencia son más bajos por presencia de materia en suspensión inorgánica o es un error en la estimación por las imágenes de satélite.

Para futuros estudios se prevé diseñar unos modelos mediante herramientas de *Machine Learning*, que permitan crear un sistema de decisiones para así poder conocer, antes del procesado, las características ópticas de las masas de agua y aplicar los algoritmos que mejor se ajusten para cada uno de ellos. Con este procedimiento, separando las masas de agua según sus propiedades ópticas *a priori*, se pueden llegar a obtener R^2 muy cercanas a 1, como ha sucedido este año con la clorofila-a.

Por otra parte, se incluirán imágenes de satélites de la Serie Landsat con el fin de cubrir todas las posibilidades existentes en imágenes disponibles y tener ecuaciones válidas para todas las plataformas satelitales existentes en funcionamiento.



6. CONCLUSIONES

El procesado de imágenes de Sentinel-2 obtenidas en fecha reciente permite obtener mapas de calidad en las masas de agua objeto del estudio, cuyos resultados concuerdan en su mayor parte con el estado obtenido por las medidas en el embalse y en el lago.

A partir de los datos disponibles, se ha realizado una calibración y validación que ha encontrado las ecuaciones que mejor se ajustan a los datos, y con ello obtener el estado trófico cuyos valores son similares a los que se obtienen mediante los datos de campo.

Los mapas de estado trófico obtenidos muestran las variaciones tanto en la distribución espacial de las variables como en la variación temporal a lo largo de las estaciones del año, cuyos resultados son concordantes con los datos de campo y con las apreciaciones por un experto en cuanto a la distribución espacial.

Para la continuación de los trabajos se deben procurar obtener más datos de campo en el rango bajo y alto de las variables consideradas para mejorar los ajustes obtenidos, así como obtener medidas en la estación invernal para confirmar las hipótesis presentadas en cuanto a la presencia de turbidez por materia en suspensión de origen inorgánico (cosa lógica en invierno, por las escorrentías superficiales).

El punto débil del método es la obtención de las imágenes satelitales y la disponibilidad de las mismas por la presencia de nubes. Sin embargo, esta metodología se puede aplicar también al estudio con otros satélites como Landsat-8 y Landsat-9, con lo cual aumentaría la disponibilidad de imágenes.

7. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Espacial Europea (ESA). (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. K. Fletcher (ed.). ESA Communications, Noordwijk. The Netherlands, 77 pp.

Beck, R., Xu, M., Zhan, S., Liu, H., Johansen, R., Tong, S., Yang, B., Shu, S., Wu, Q., Wang, S., Berling, K., Murray, A., Emery, E., Reif, M., Harwood, J., Young, J., Martin, M., Stillings, G., Stumpf, R., Su, H., Ye, Z., & Huang, Y. (2017). 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. *Remote Sensing*, 9(6), 538.

Boletín Oficial del Estado (BOE). (2001) Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. BOE nº 173: 26791-26817, de 24 de julio de 2001. Madrid.

Boletín Oficial del Estado (BOE). (2015). Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE nº 219: 80582-80677, de 12 de septiembre de 2015. Madrid.

Boletín Oficial del Estado (BOE). (2022). Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. BOE nº 17: 5664-5684, de 20 de enero de 2022. Madrid.

Cheng, C., Zhang, F., Shi, J., & Kung, H. T. (2022). What is the relationship between land use and surface water quality? A review and prospects from remote sensing perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(38), 56887-56907.

Dall'Olmo, G., Gitelson, A. A., & Rundquist, D. C. (2003). Towards a unified approach for remote estimation of chlorophyll-a in both terrestrial vegetation and turbid productive waters. *Geophysical Research Letters*, 30(18), 1938.

Delegido, J., Tenjo, C., Ruiz-verdú, A., Peña, R., & Moreno, J. (2014). Modelo empírico para la determinación de clorofila-a en aguas continentales a partir de los futuros Sentinel-2 y 3. Validación con imágenes HICO. *Revista de Teledetección*, (41), 37-47.

Delegido, J., Urrego, P., Vicente, E., Sòria-Perpinyà, X., Soria, J. M., Pereira-Sandoval, M., ... & Moreno, J. (2020). Turbidez y profundidad de disco de Secchi con Sentinel-2 en embalses con diferente estado trófico en la Comunidad Valenciana. *Revista de Teledetección*, 54, 15-24.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE). (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DOCE nº L 327: 1-73, de 22 de diciembre de 2000. Bruselas.



Gurlin, D., Gitelson, A. A., & Moses, W. J. (2011). Remote estimation of Chl-a concentration in turbid productive waters—Return to a simple two-band NIR-red model?. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3479-3490.

Kutser, T. (2012). The possibility of using the Landsat image archive for monitoring long time trends in coloured dissolved organic matter concentration in lake waters. *Remote Sensing of Environment*, 123, 334-338.

Matthews, M.W. (2011). A current review of empirical procedures of remote sensing in inland and near coastal transitional waters. *International Journal of Remote Sensing*, 32(21), 6855-6899.

Pereira-Sandoval, M., Urrego, E. P., Ruiz-Verdu, A., Tenjo, C., Delegido, J., Soria-Perpinya, X., Vicente, E., Soria, J., Moreno J. & Moreno, J. (2019). Calibration and validation of algorithms for the estimation of chlorophyll-a concentration and Secchi depth in inland waters with Sentinel-2. *Limnetica*, 38(1), 471-487.

Ruiz Ramírez, D. C. (2017). *Método de estimación de sólidos suspendidos totales como indicador de la calidad del agua mediante Imágenes satelitales*. Escuela de Posgrados.

Shafique, N. A., Fulk, F., Autrey, B. C., & Flotemersch, J. (2003). Hyperspectral remote sensing of water quality parameters for large rivers in the Ohio River basin. In *First interagency conference on research in the watershed*, Benson, AZ (pp. 216-221).

Soria, X., Delegido, J., Urrego, E. P., Pereira-Sandoval, M., Vicente, E., Ruíz-Verdú, A., ... & Moreno, J. (2017). Validación de algoritmos para la estimación de la clorofila-a con Sentinel-2 en la Albufera de València. En *Actas del XVII Congreso de la Asociación Española de Teledetección* (pp. 289-292).

Sòria-Perpinyà, X., Vicente, E., Urrego, P., Pereira-Sandoval, M., Ruíz-Verdú, A., Delegido, J., ... & Moreno, J. (2020). Remote sensing of cyanobacterial blooms in a hypertrophic lagoon (Albufera of València, Eastern Iberian Peninsula) using multitemporal Sentinel-2 images. *Science of the Total Environment*, 698, 134305.

Xu, J., Fang, C., Gao, D., Zhang, H., Gao, C., Xu, Z., & Wang, Y. (2018). Optical models for remote sensing of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) absorption in Poyang Lake. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 142, 124-136.





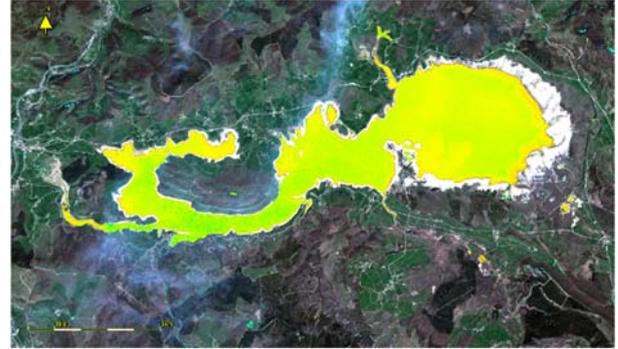
ANEXO 1. FICHAS DE LOS EMBALSES ESTUDIADOS



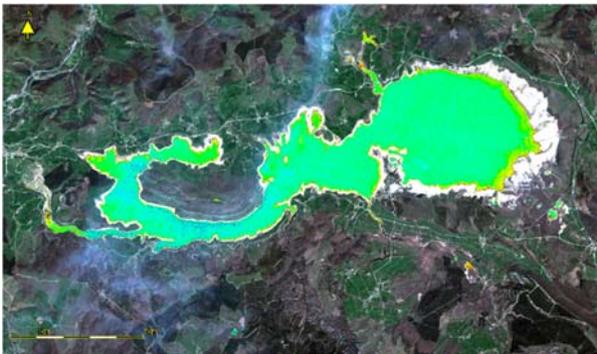
MAS 1. EMBALSE DEL EBRO



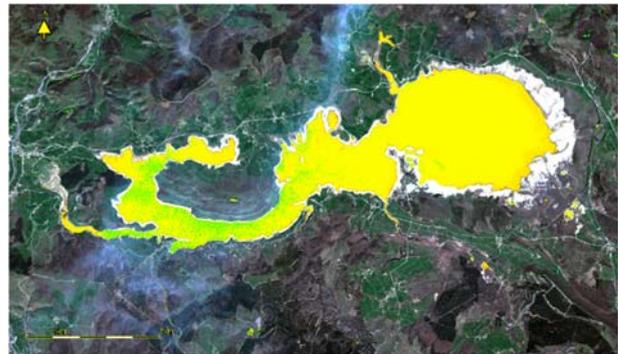
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



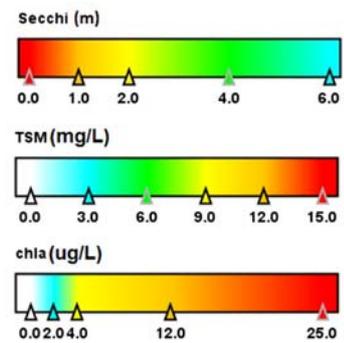
Materia en suspensión (TSM)



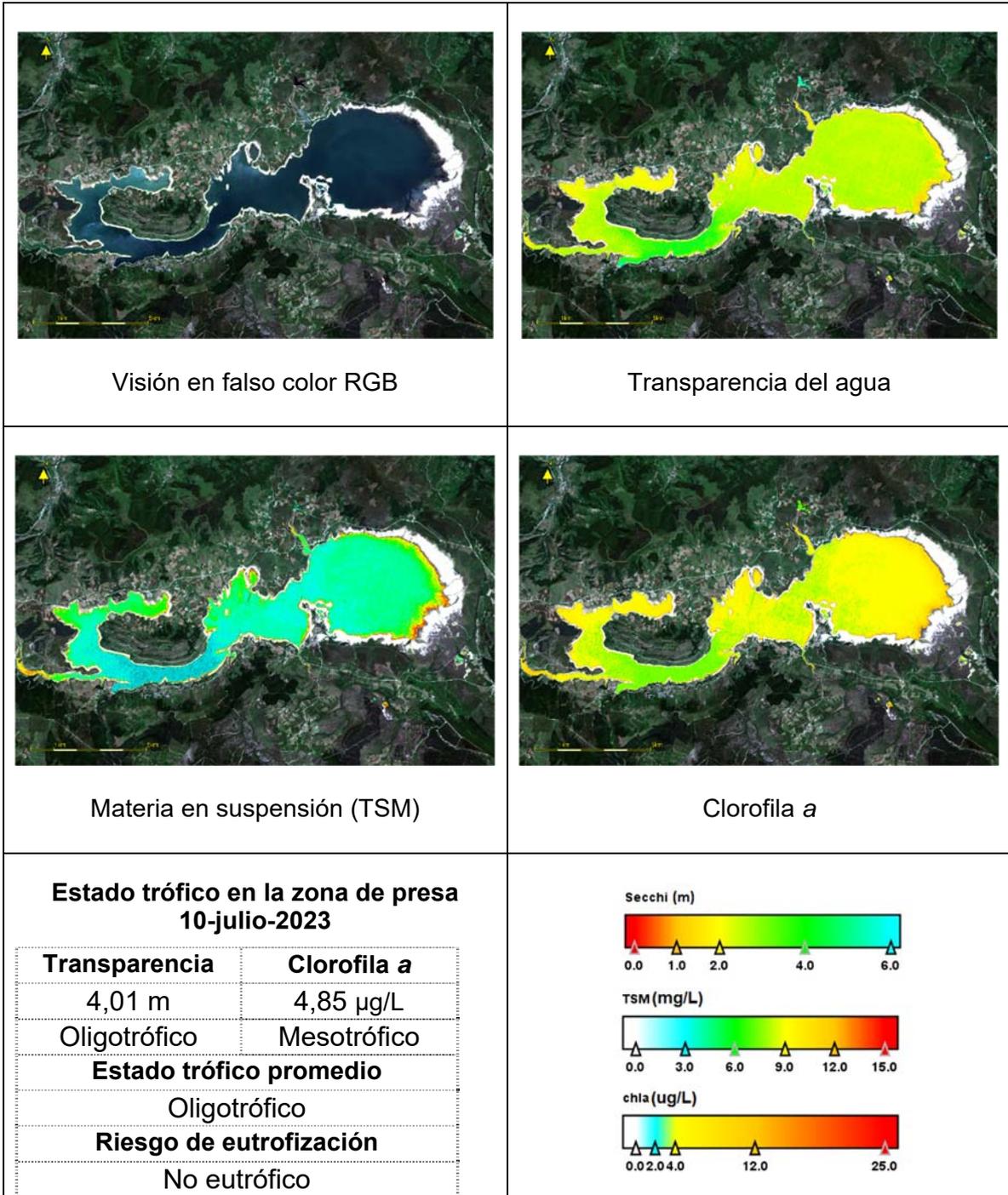
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 6-abril -2023

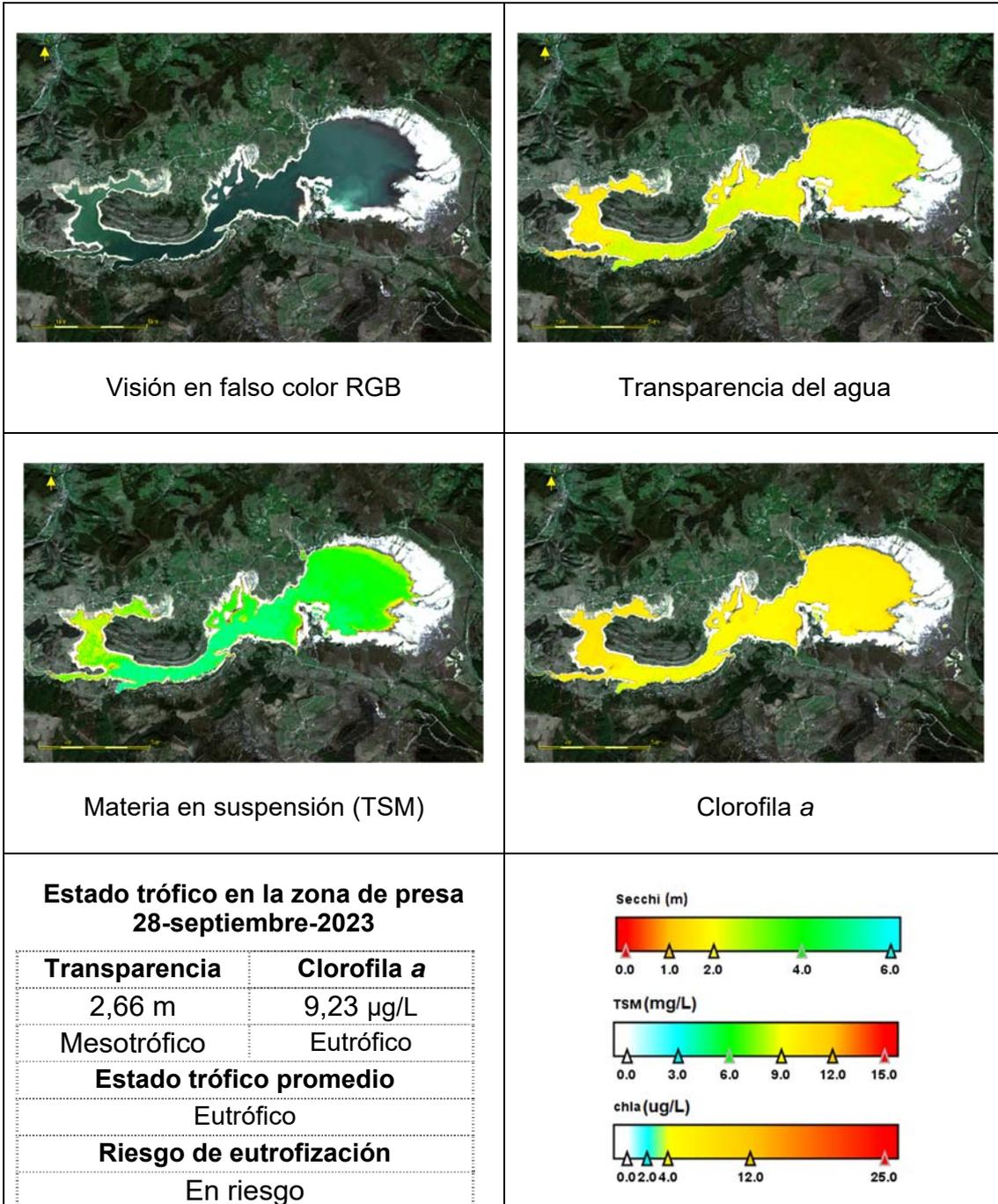
Transparencia	Clorofila a
3,56 m	5,12 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 1. EMBALSE DEL EBRO



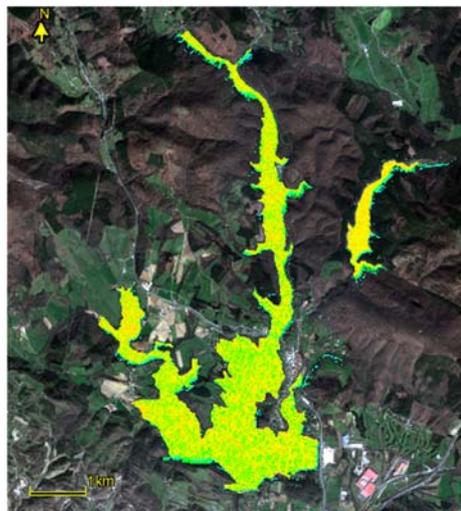
MAS 1. EMBALSE DEL EBRO



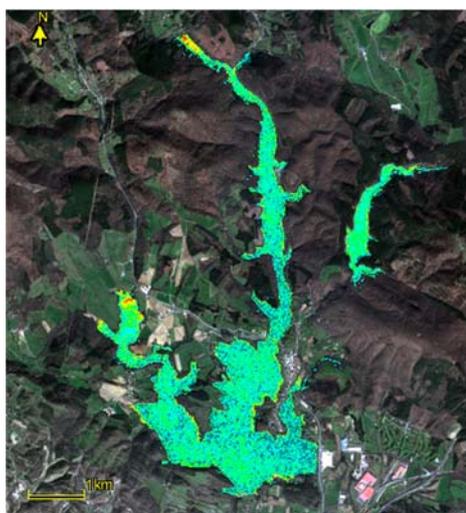
MAS 2 y 5. EMBALSES DE URRÚNAGA y ALBIÑA



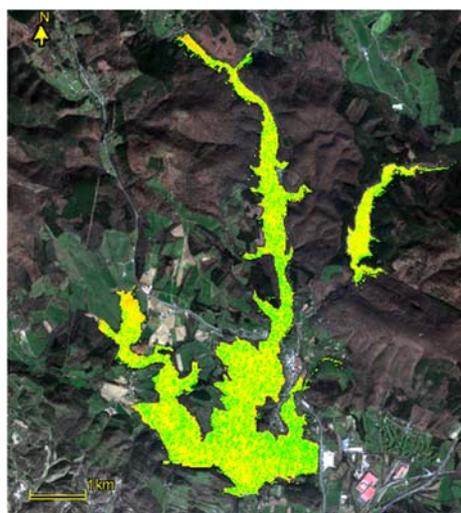
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



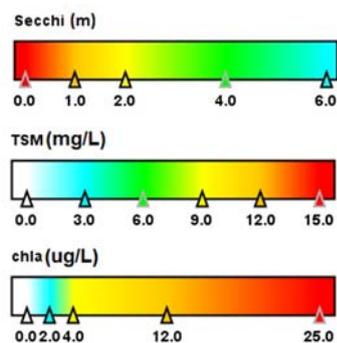
Materia en suspensión (TSM)



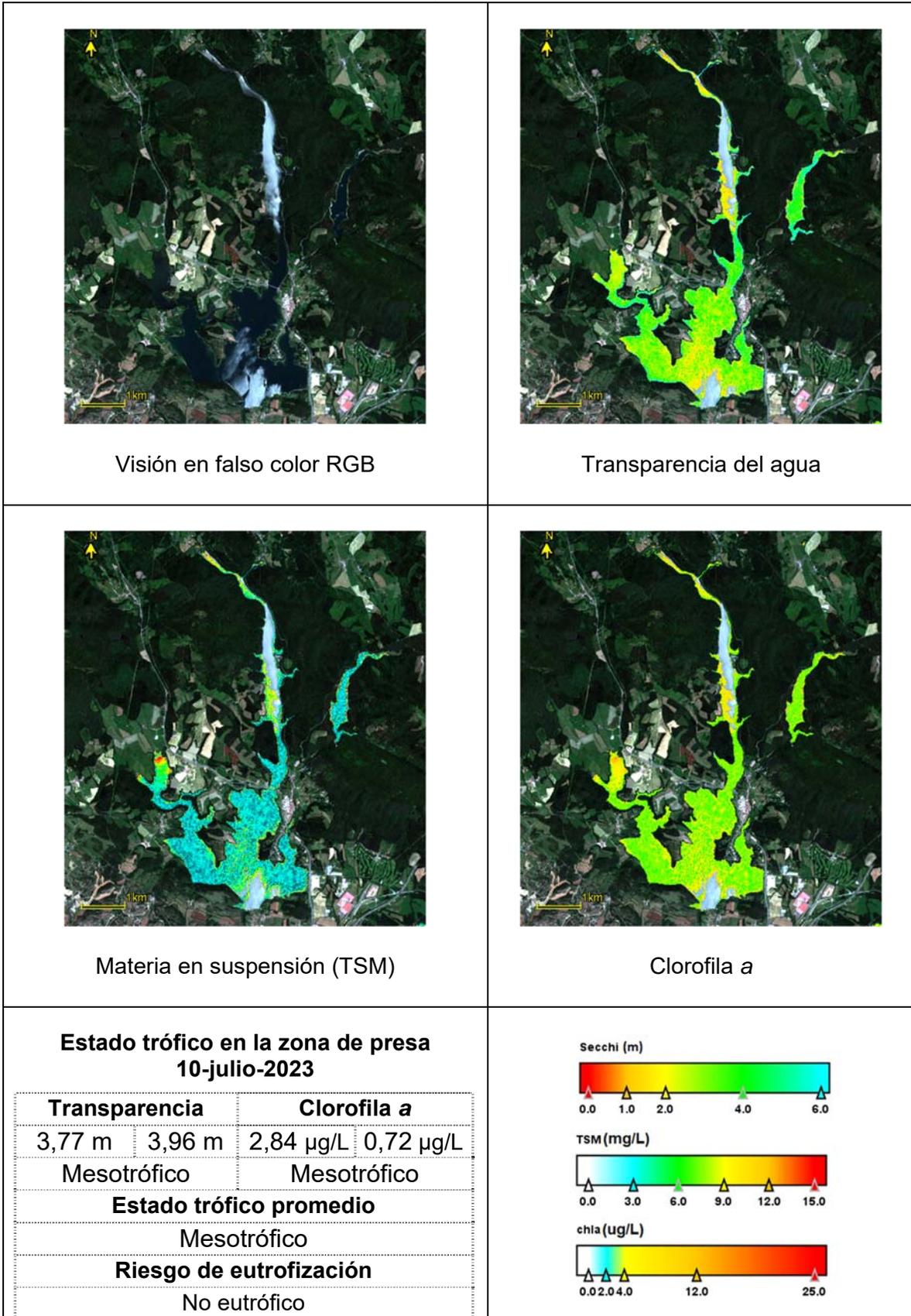
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
17-febrero-2023**

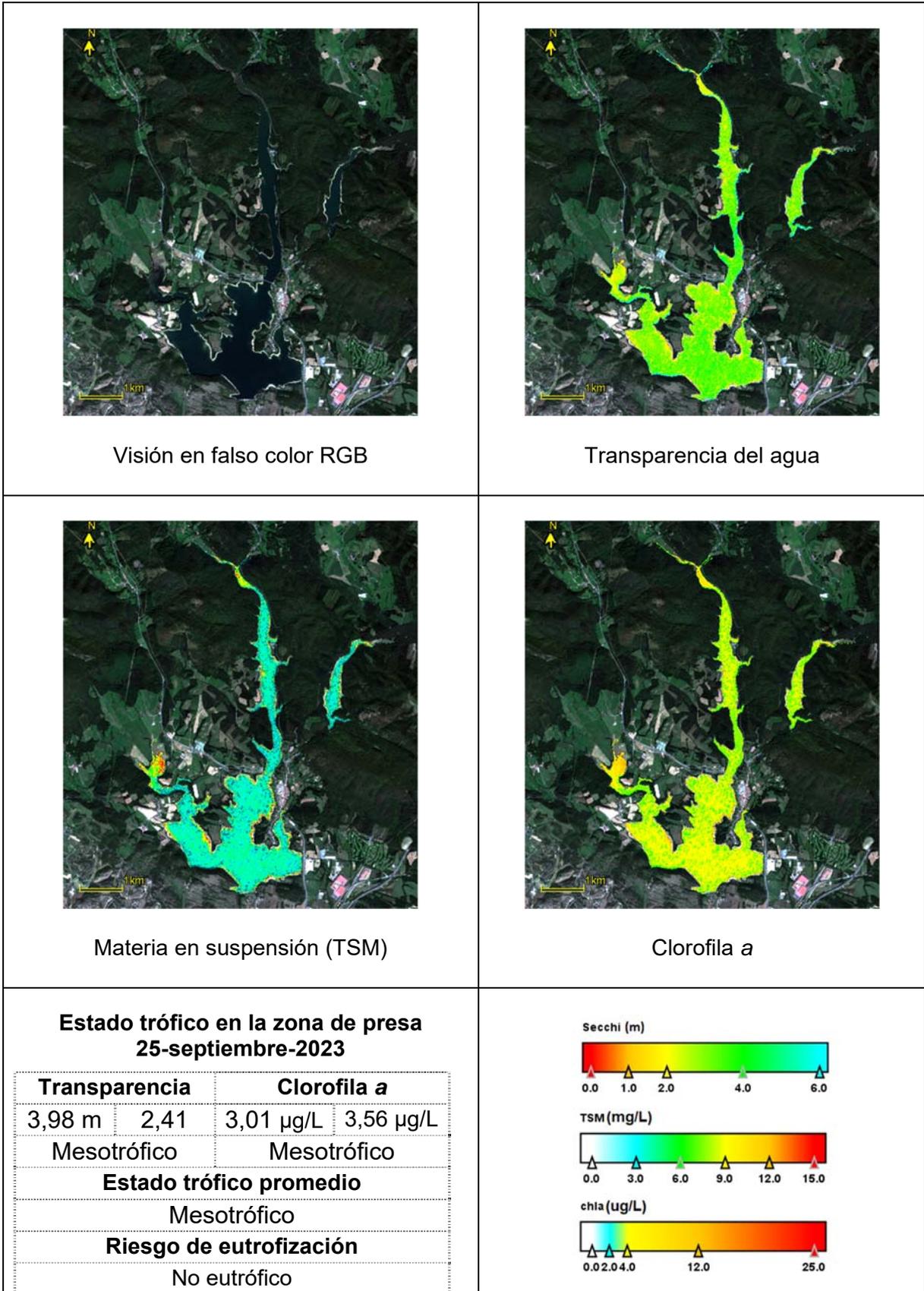
Transparencia		Clorofila a	
2,35 m	1,98 m	3,65 µg/L	3,75 µg/L
Mesotrófico		Mesotrófico	
Estado trófico promedio			
Mesotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			



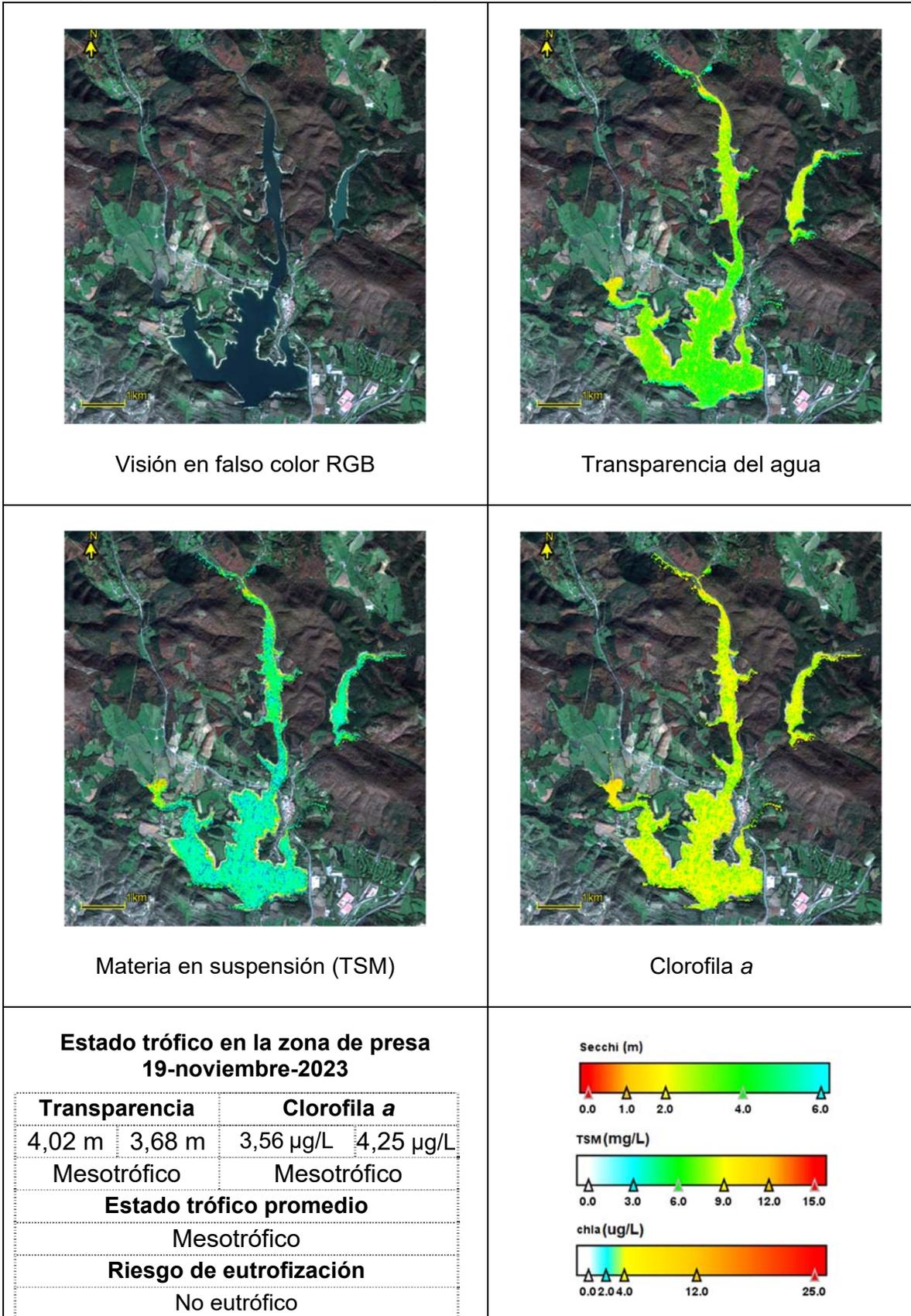
MAS 2 y 5. EMBALSES DE URRÚNAGA y ALBIÑA



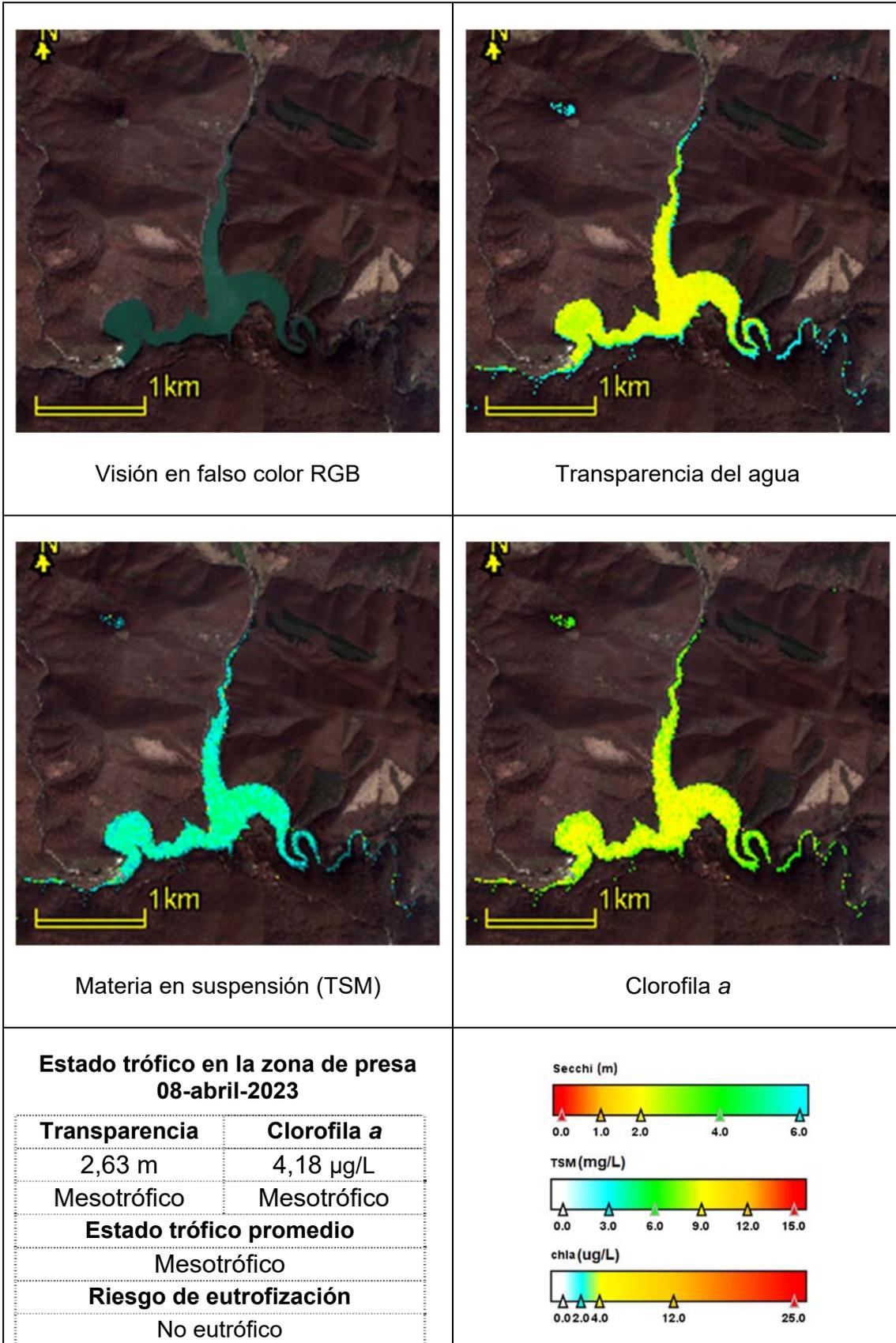
MAS 2 y 5. EMBALSES DE URRÚNAGA y ALBIÑA



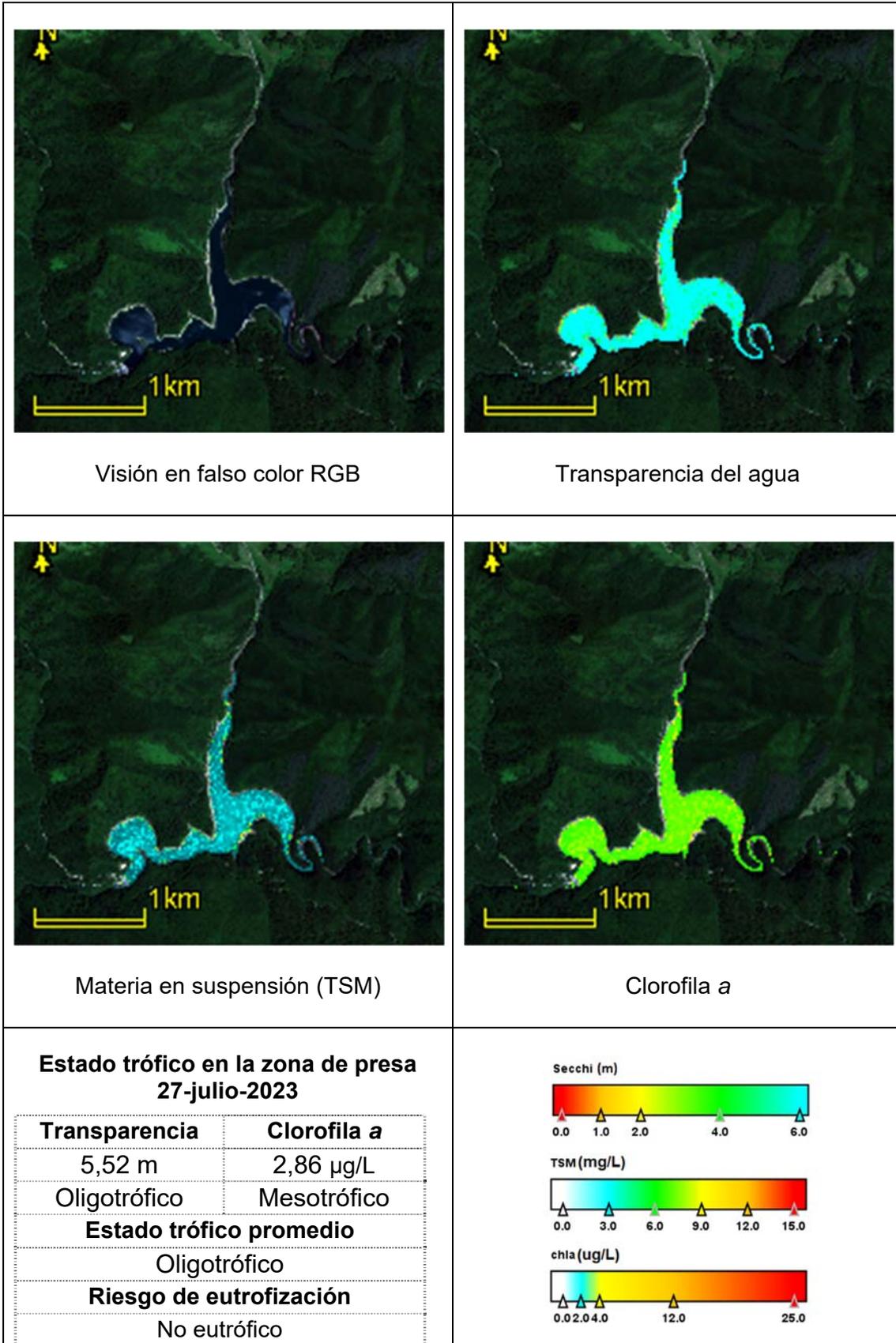
MAS 2 y 5. EMBALSES DE URRÚNAGA y ALBIÑA



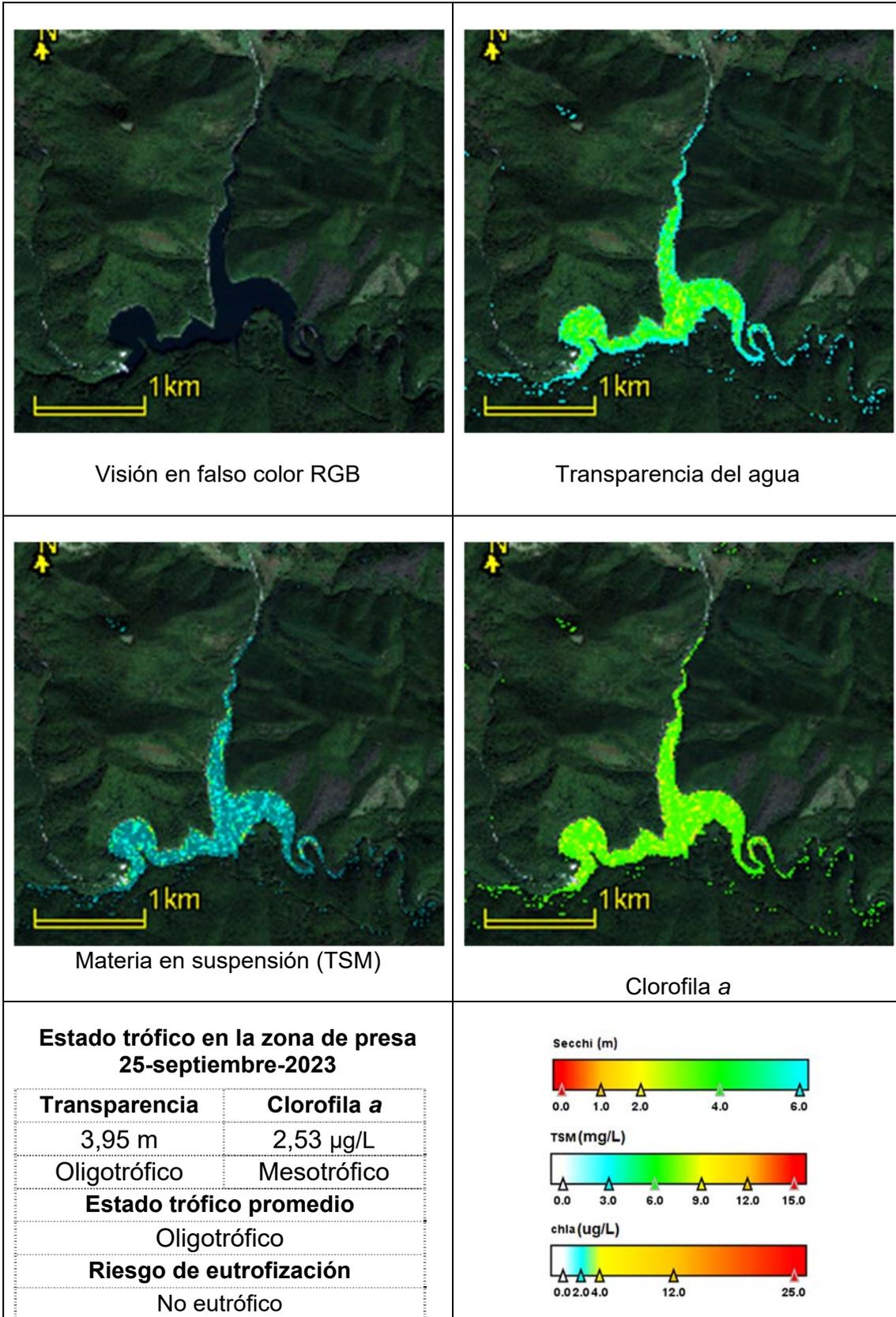
MAS 4. EMBALSE DE IRABIA



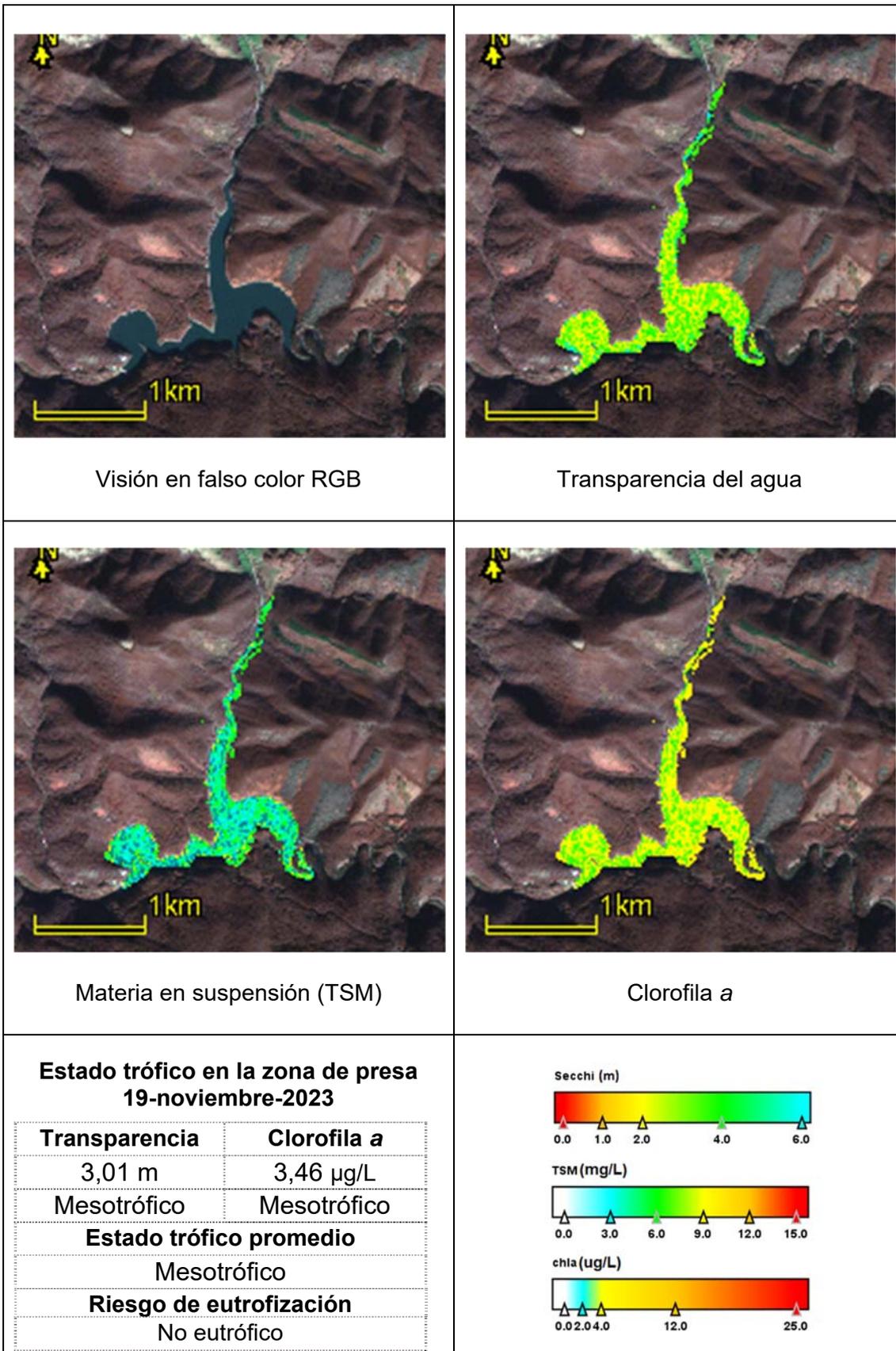
MAS 4. EMBALSE DE IRABIA



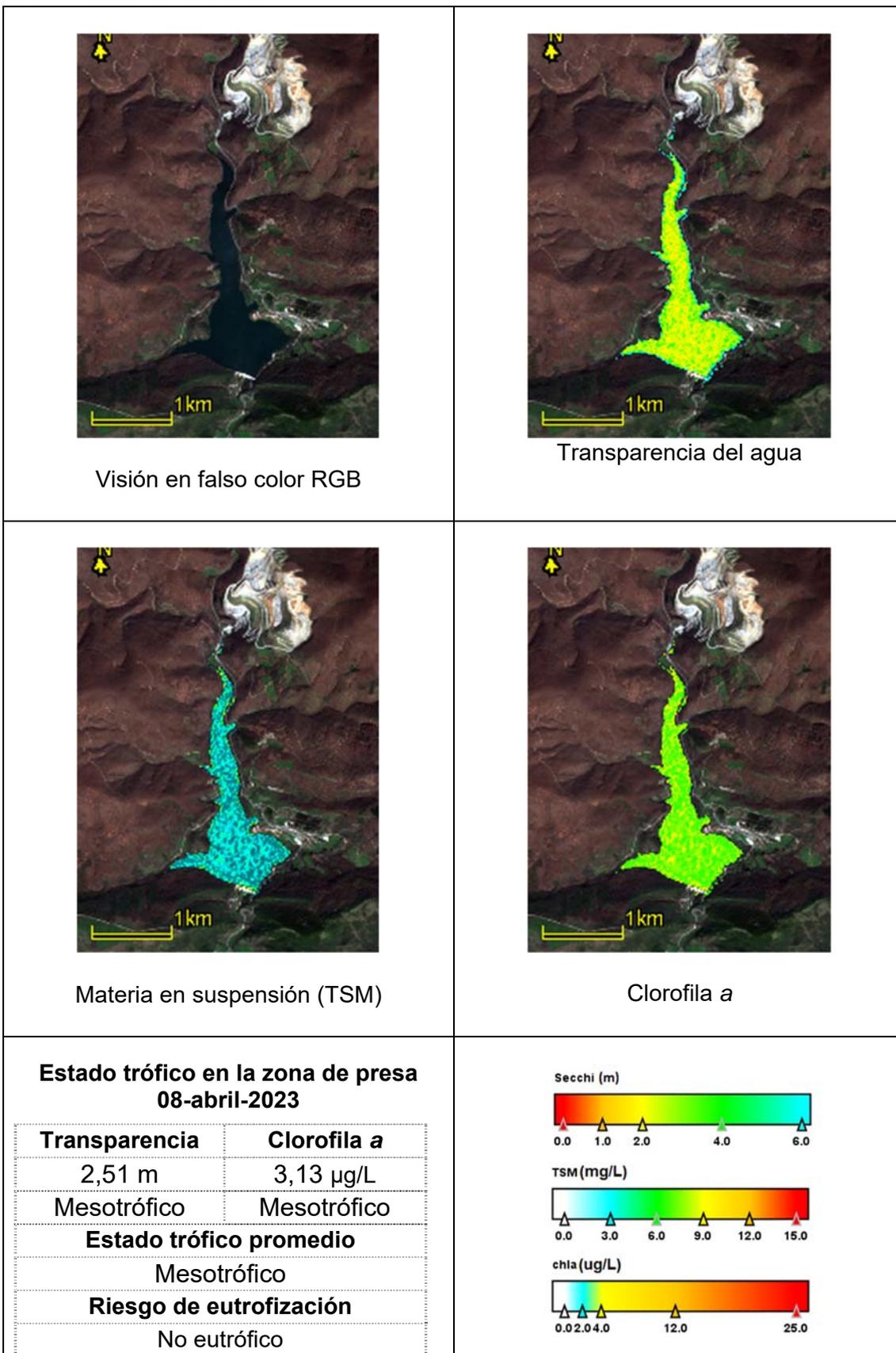
MAS 4. EMBALSE DE IRABIA



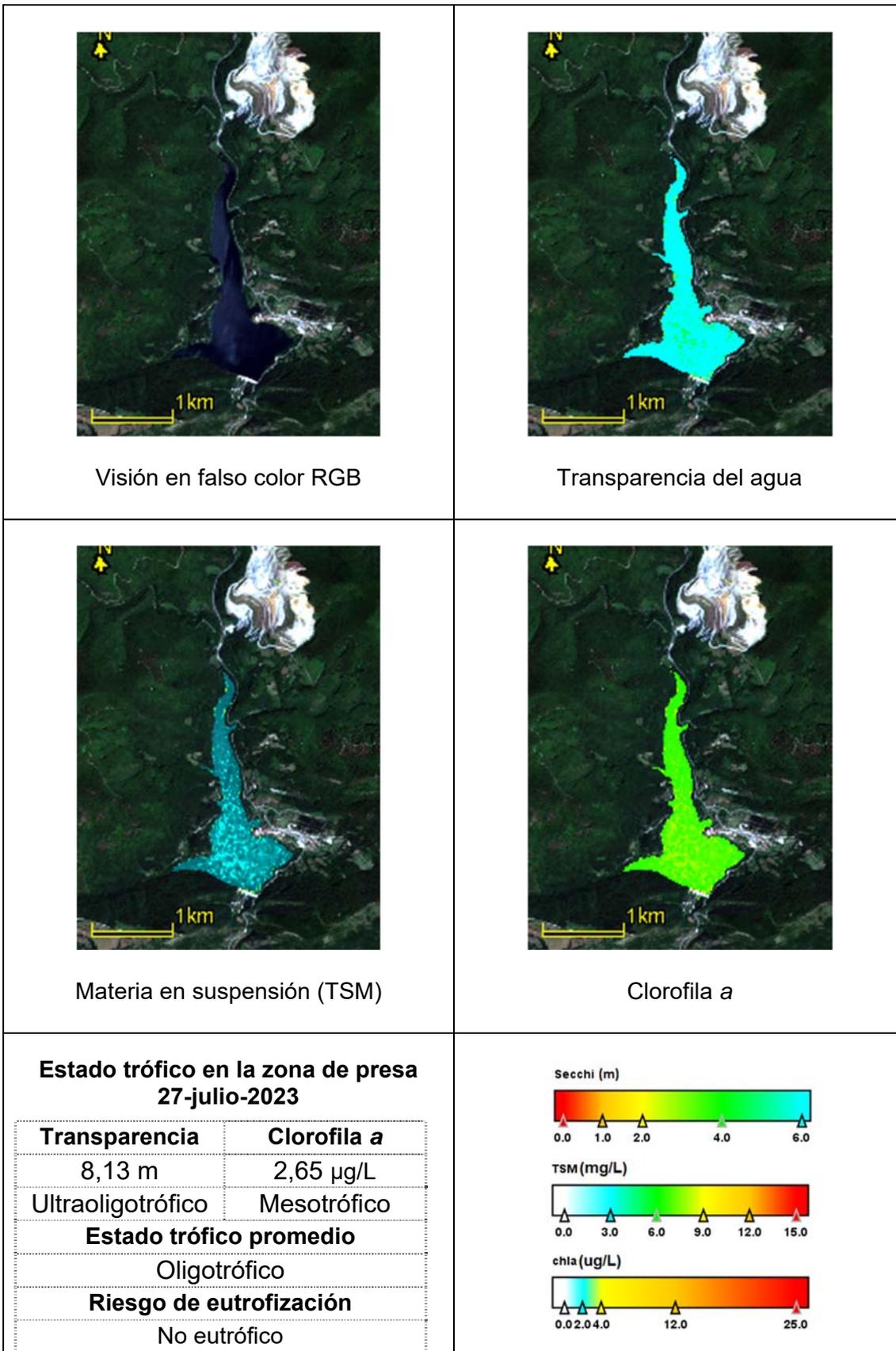
MAS 4. EMBALSE DE IRABIA



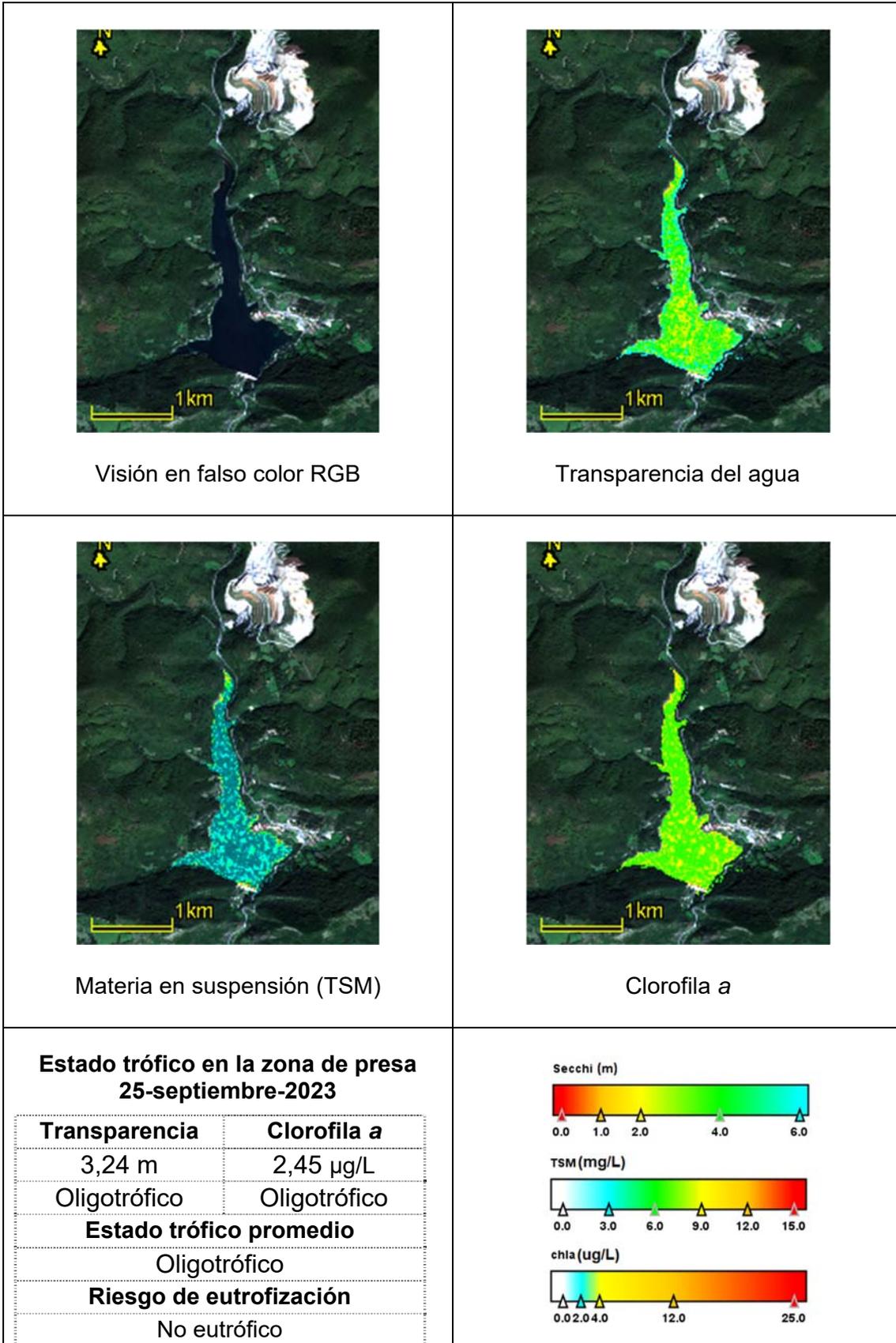
MAS 6. EMBALSE DE EUGUI



MAS 6. EMBALSE DE EUGUI



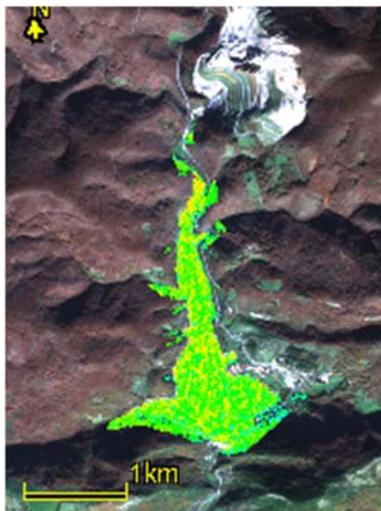
MAS 6. EMBALSE DE EUGUI



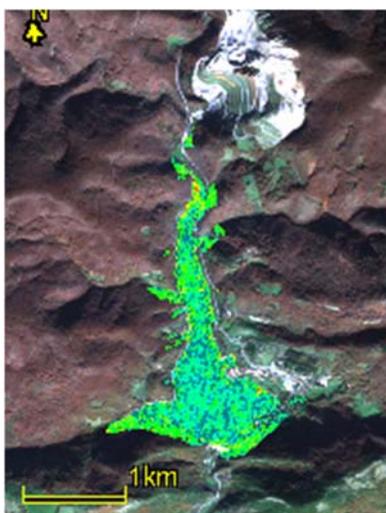
MAS 6. EMBALSE DE EUGUI



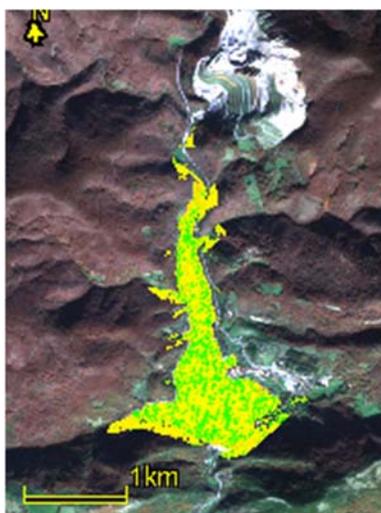
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



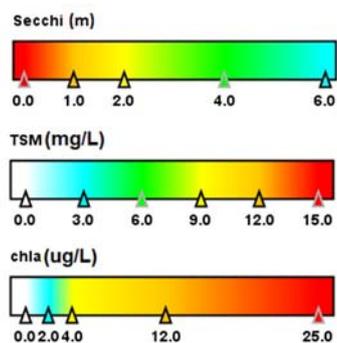
Materia en suspensión (TSM)



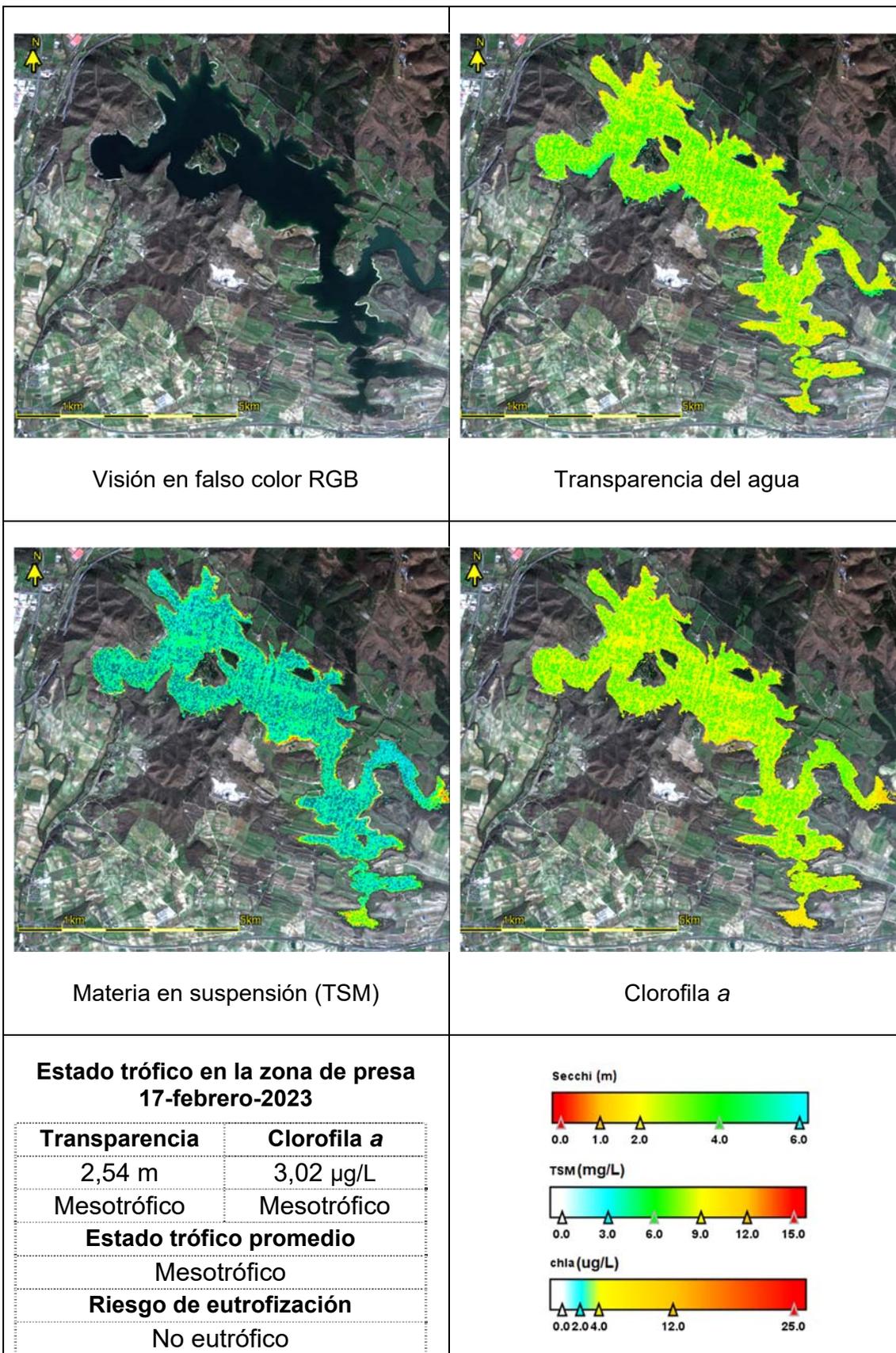
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-noviembre-2023

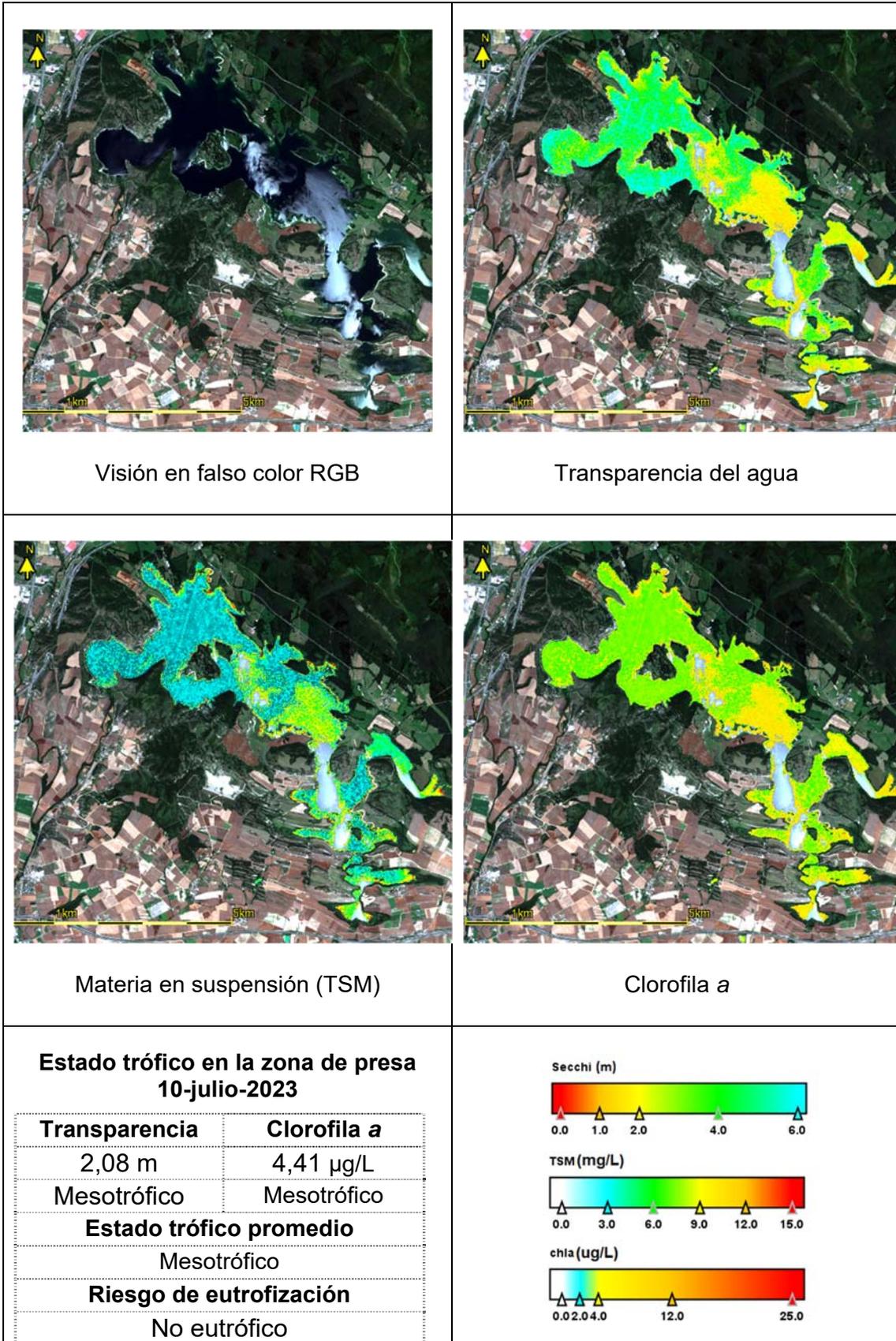
Transparencia	Clorofila a
4,33 m	4,11 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



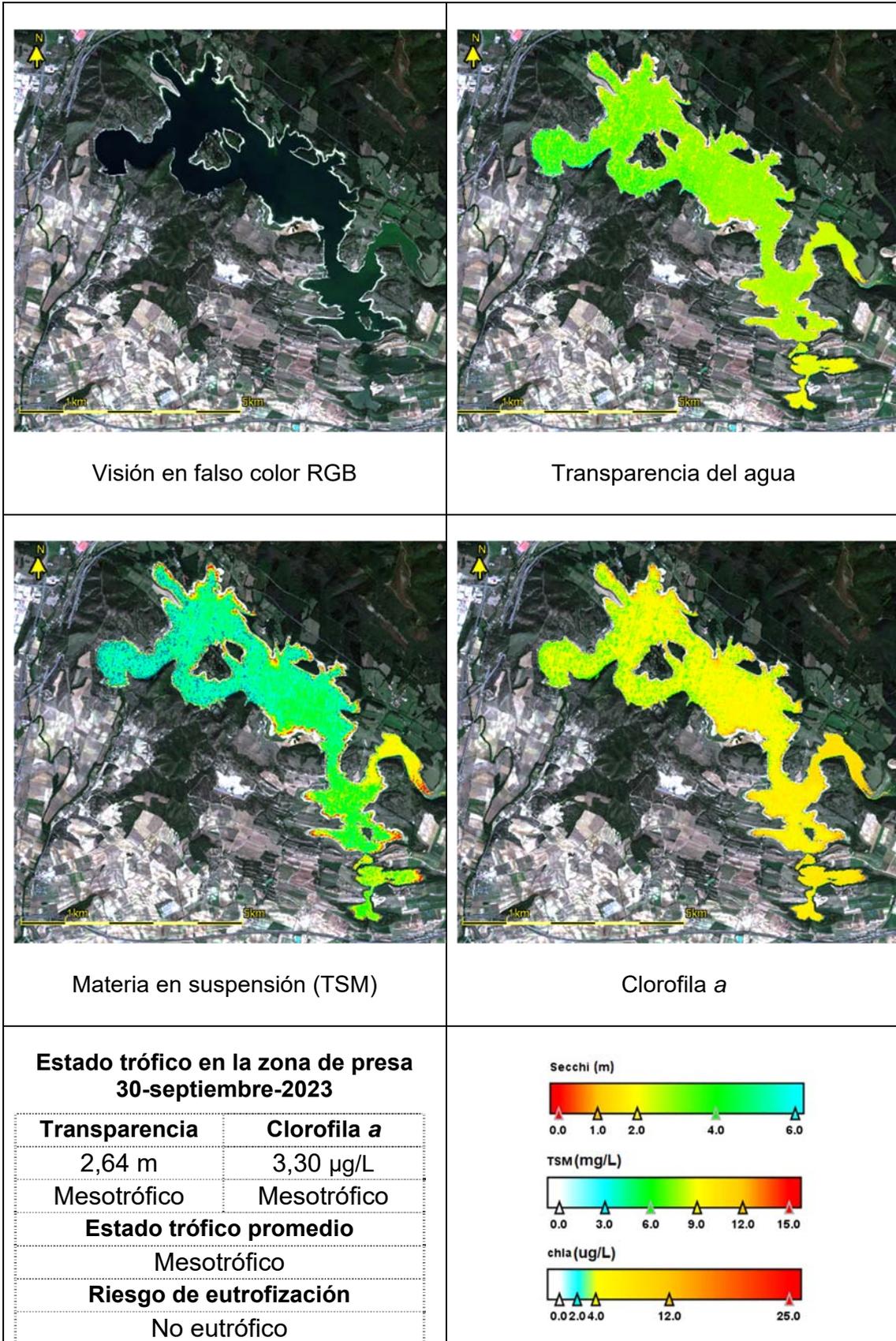
MAS 7 EMBALSE DE ULLIVARRI-GAMBOA



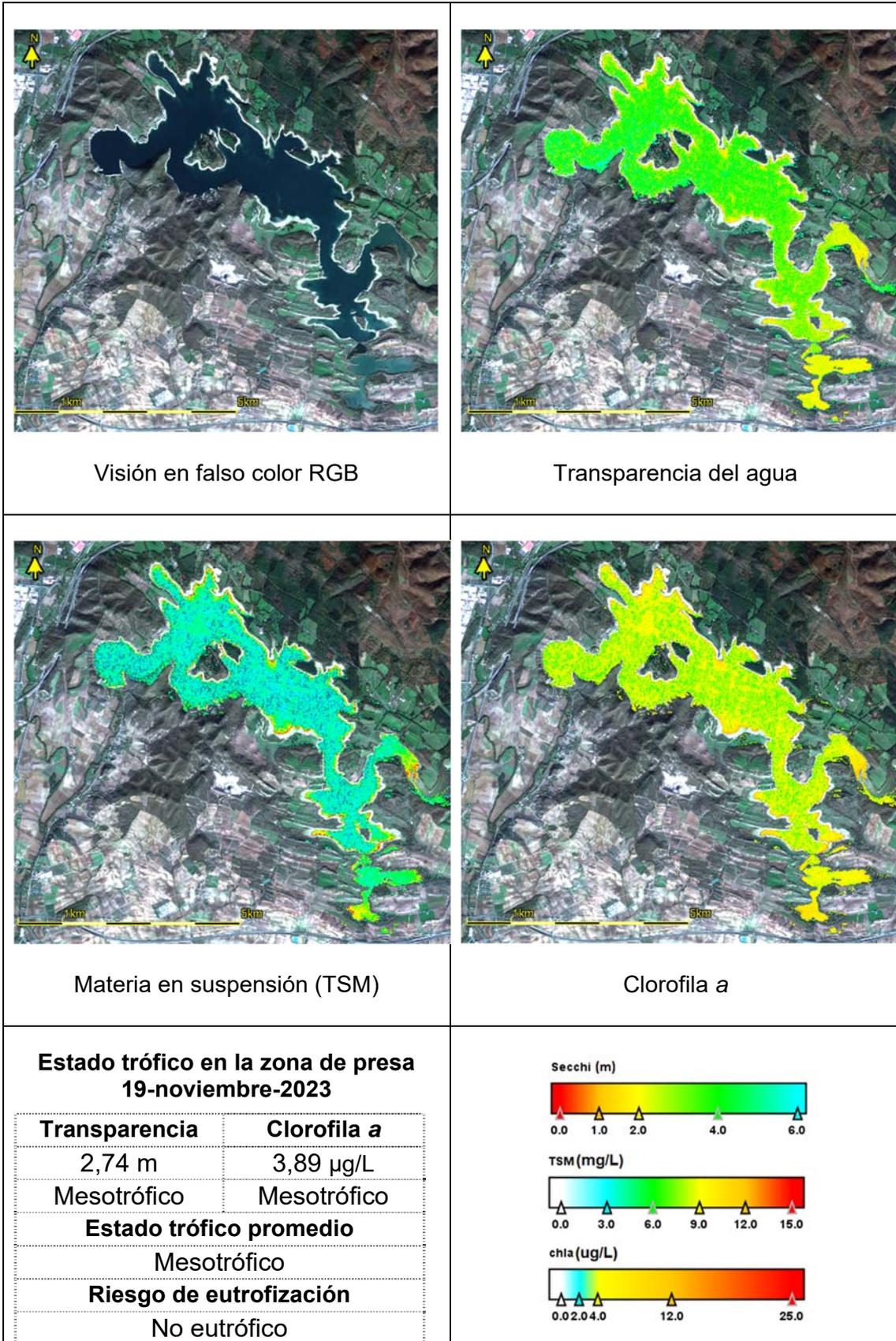
MAS 7 EMBALSE DE ULLIVARRI-GAMBOA



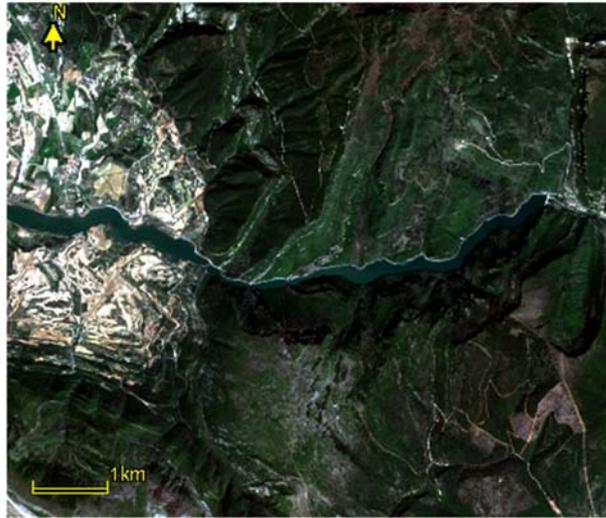
MAS 7 EMBALSE DE ULLIVARRI-GAMBOA



MAS 7 EMBALSE DE ULLIVARRI-GAMBOA



MAS 22. EMBALSE DE SOBRÓN



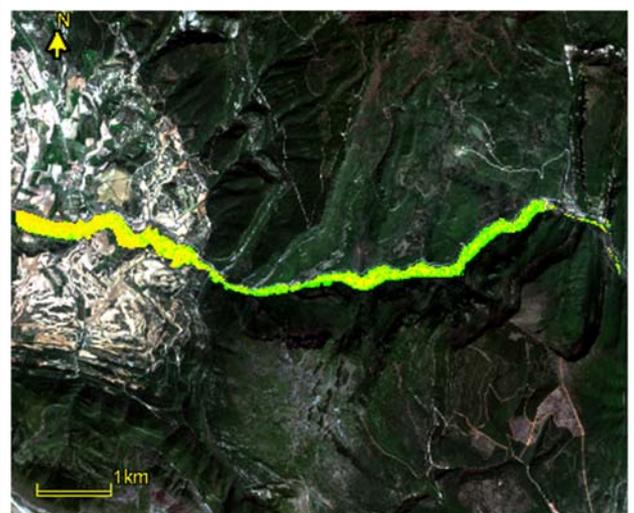
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



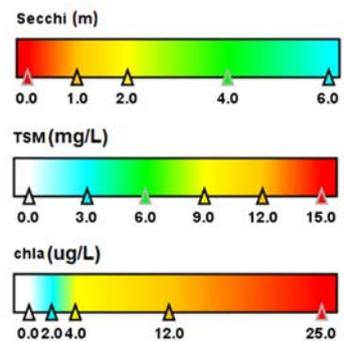
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 6-abril-2023

Transparencia	Clorofila a
3,14 m	3,58 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 22. EMBALSE DE SOBRÓN



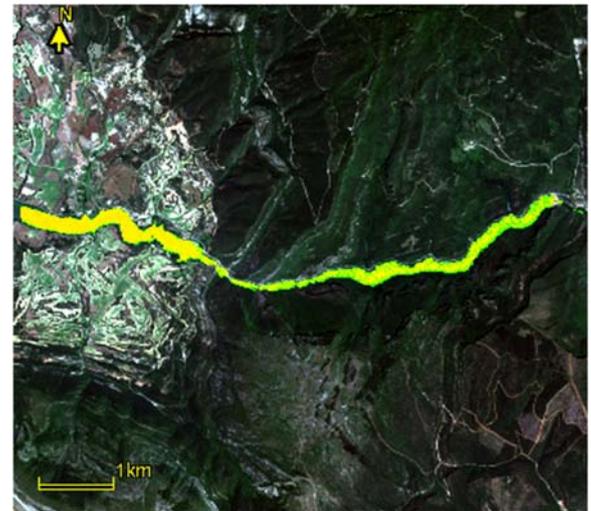
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



Materia en suspensión (TSM)

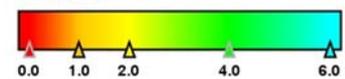


Clorofila a

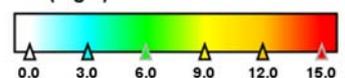
Estado trófico en la zona de presa 10-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
3,26 m	2,51 $\mu\text{g/L}$
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	

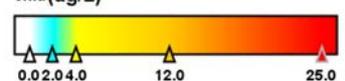
Secchi (m)



TSM (mg/L)



chl a ($\mu\text{g/L}$)



MAS 22. EMBALSE DE SOBRÓN



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



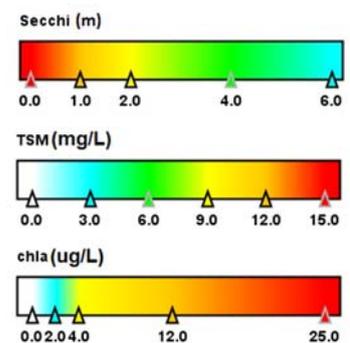
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 28-septiembre-2023

Transparencia	Clorofila a
2,48 m	12,65 µg/L
Mesotrófico	Eutrófico
Estado trófico promedio	
Eutrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 25. EMBALSE DE BÚBAL



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



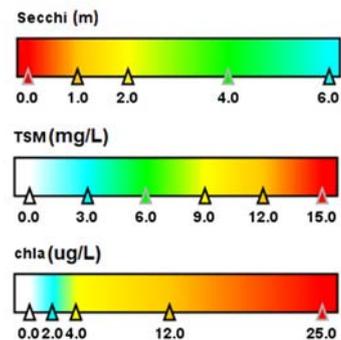
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 14-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
5,89 m	1,14 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 25. EMBALSE DE BÚBAL



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



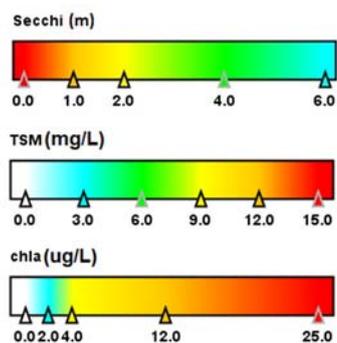
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 08-agosto-2023

Transparencia	Clorofila a
5,67 m	1,04 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 25. EMBALSE DE BÚBAL



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



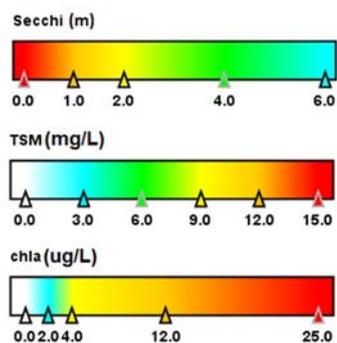
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 25-septiembre-2023

Transparencia	Clorofila a
3,14 m	1,24 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



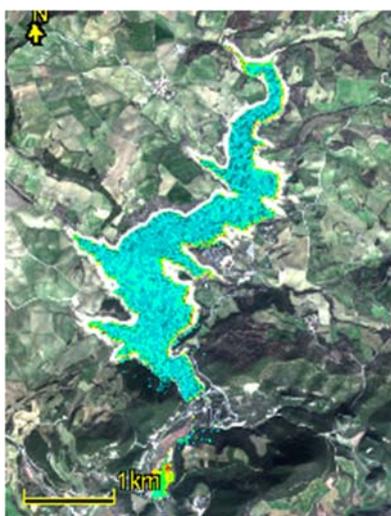
MAS 27. EMBALSE DE ALLOZ



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



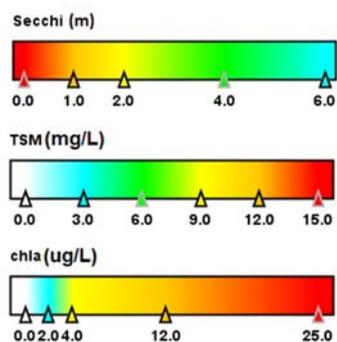
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 17-febrero-2023

Transparencia	Clorofila a
2,53 m	2,95 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 27. EMBALSE DE ALLOZ



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



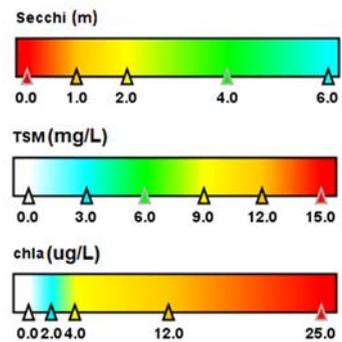
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
25-septiembre-2023**

Transparencia	Clorofila a
2,25 m	4,13 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 27. EMBALSE DE ALLOZ



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



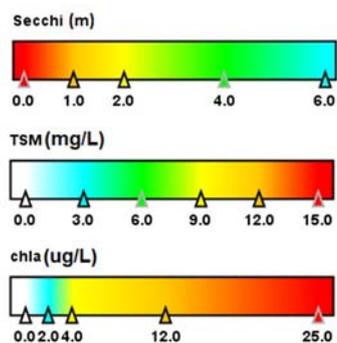
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-noviembre-2023

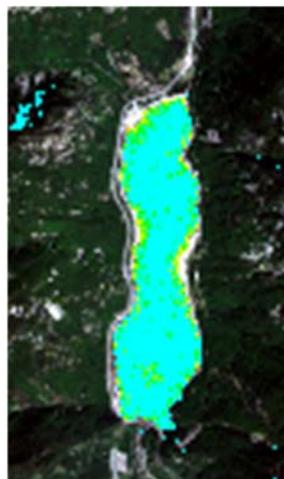
Transparencia	Clorofila a
2,10 m	4,09 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



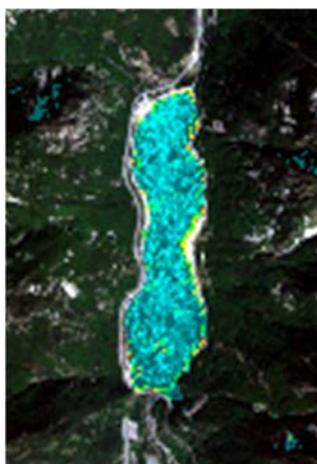
MAS 34. EMBALSE DE BASERCA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



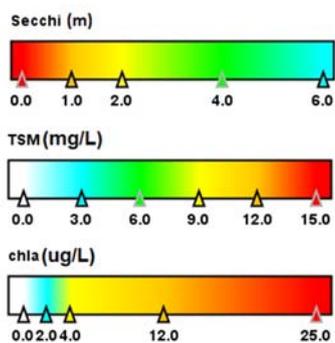
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-julio-2023

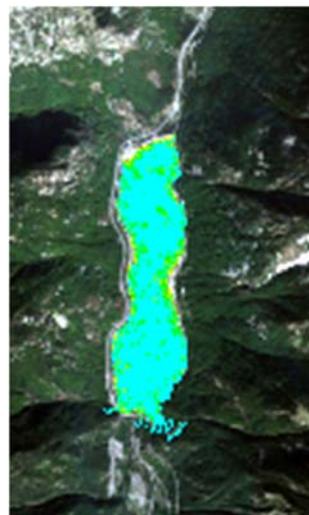
Transparencia	Clorofila a
13,21 m	0,08 µg/L
Ultraoligotrófico	Ultraoligotrófico
Estado trófico promedio	
Ultraoligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



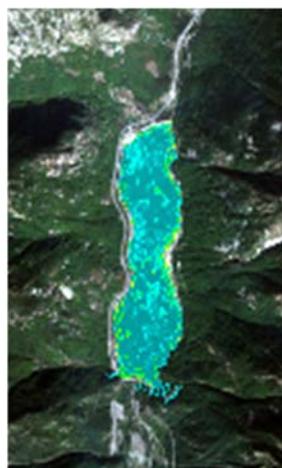
MAS 34. EMBALSE DE BASERCA



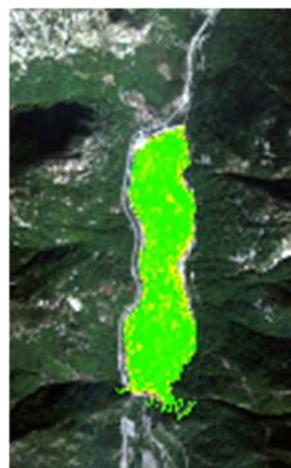
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



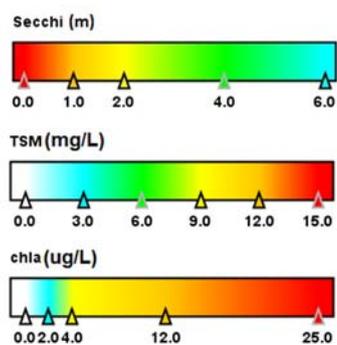
Materia en suspensión (TSM)



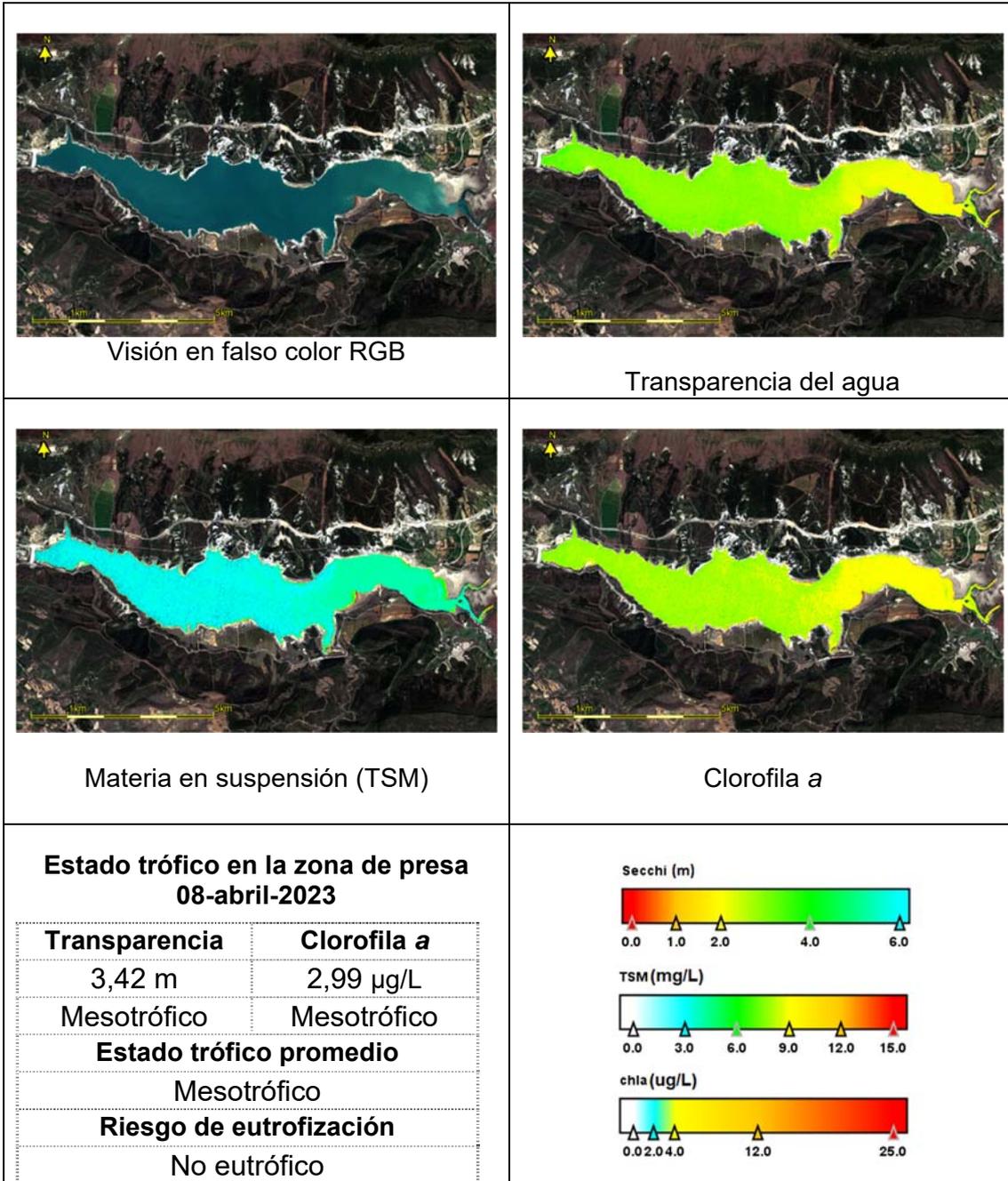
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
27-septiembre -2023**

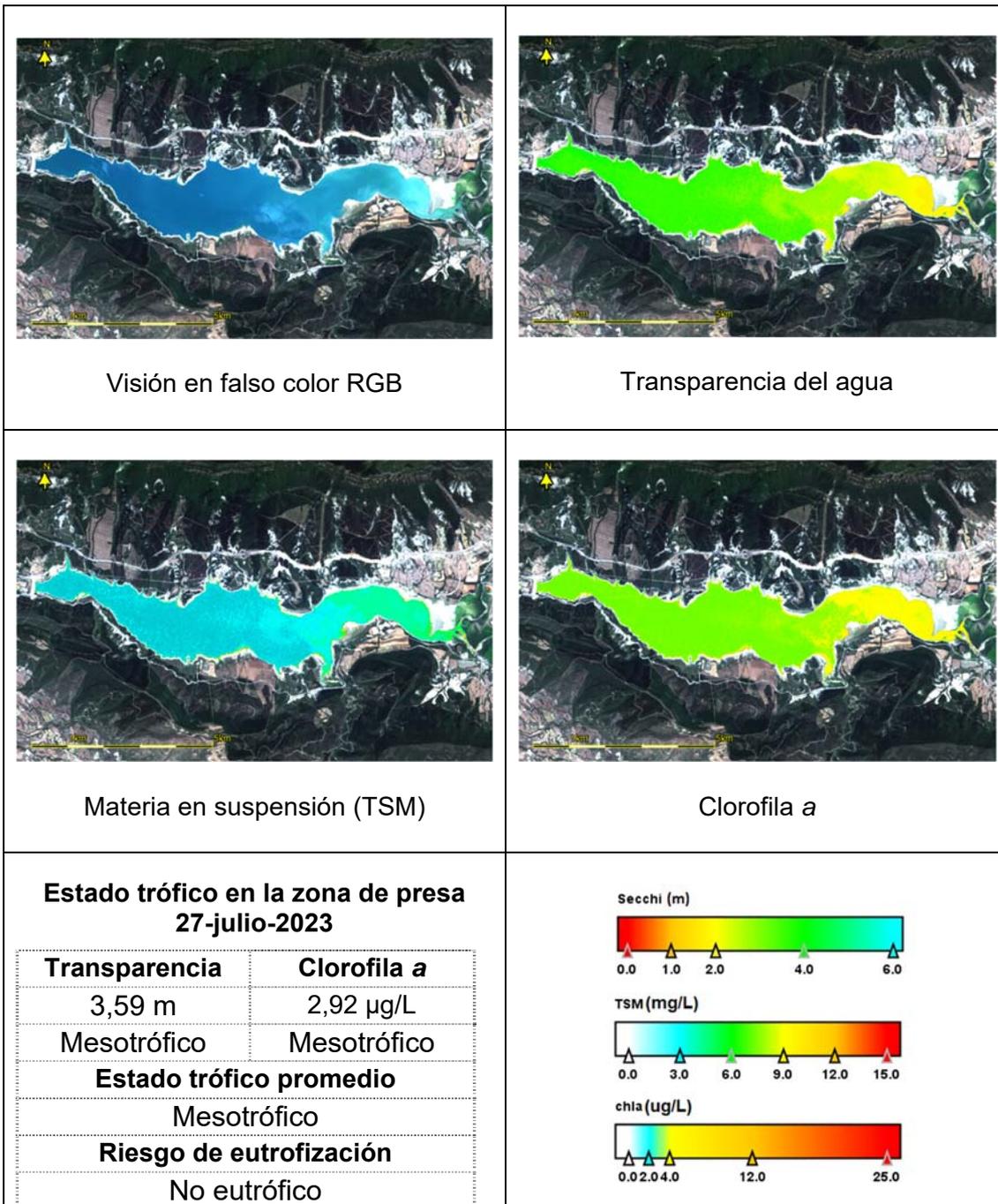
Transparencia	Clorofila a
7,67 m	1,44 µg/L
Ultraoligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Ultraoligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



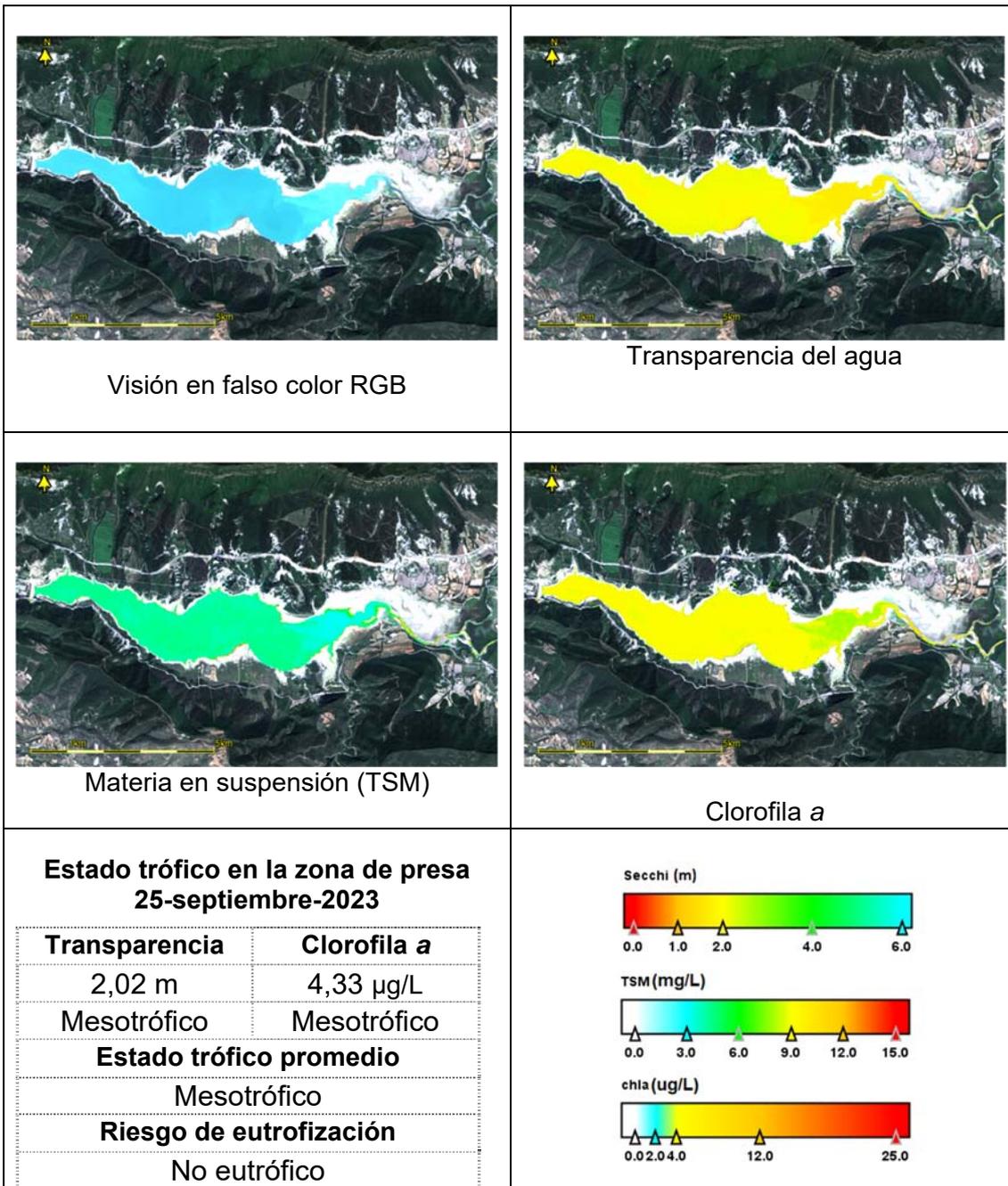
MAS 37. EMBALSE DE YESA



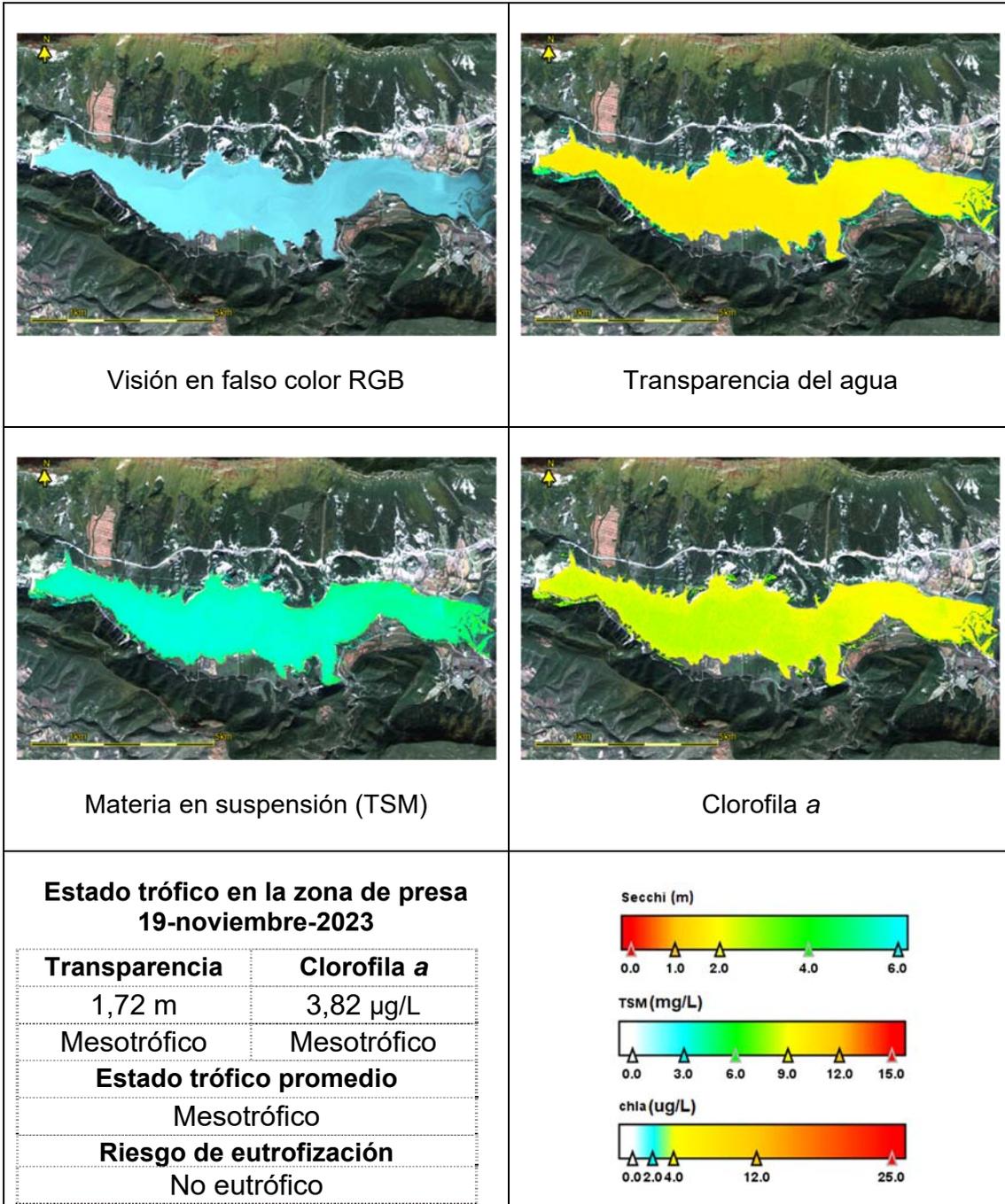
MAS 37. EMBALSE DE YESA



MAS 37. EMBALSE DE YESA



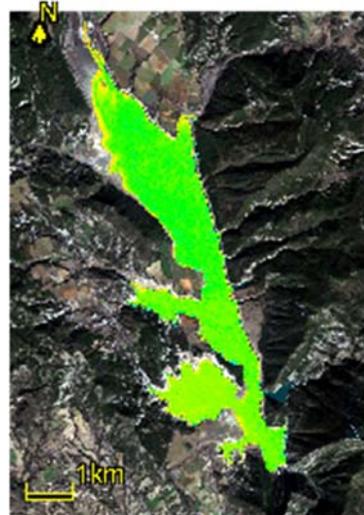
MAS 37. EMBALSE DE YESA



MAS 42. EMBALSE DE MEDIANO



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



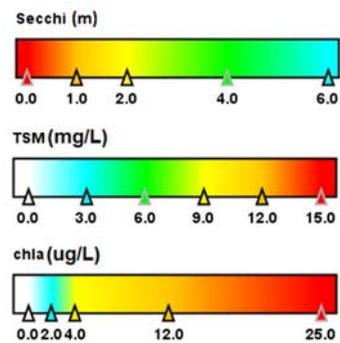
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-febrero-2023

Transparencia	Clorofila a
4,13 m	0,65 µg/L
Oligotrófico	Ultraligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



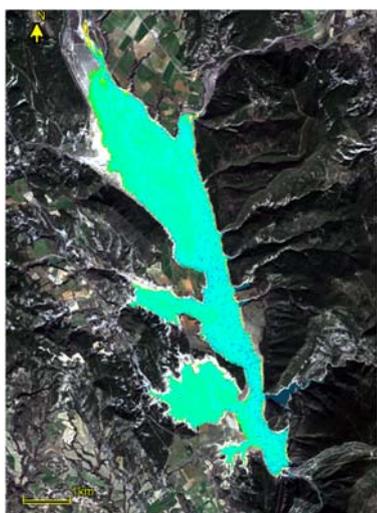
MAS 42. EMBALSE DE MEDIANO



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



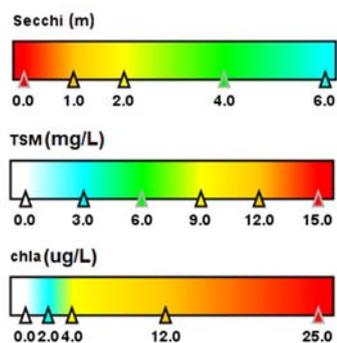
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 16-marzo-2023

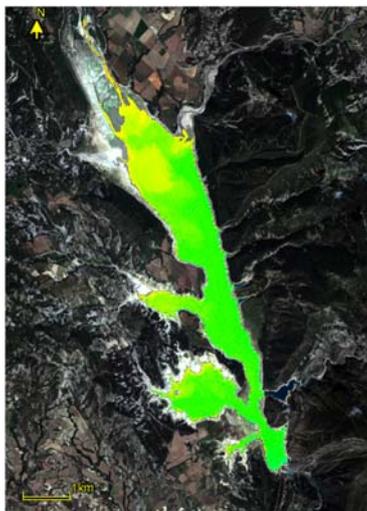
Transparencia	Clorofila a
2,54 m	4,03 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



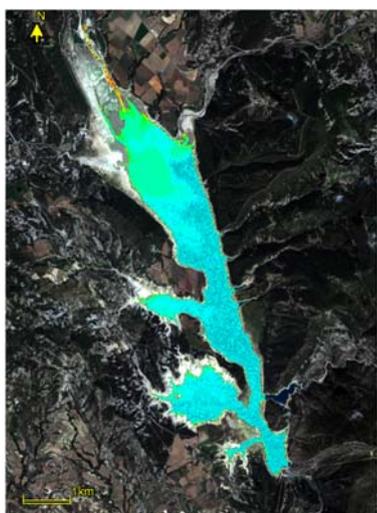
MAS 42. EMBALSE DE MEDIANO



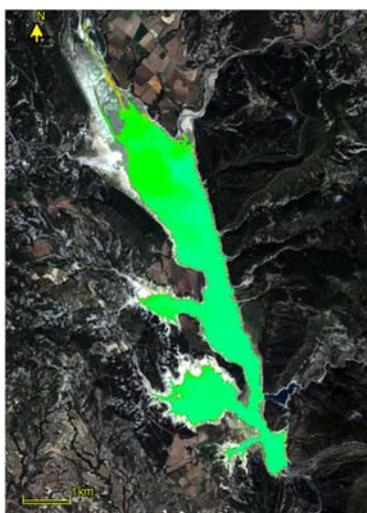
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



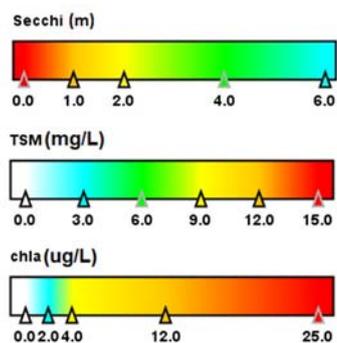
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 14-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
4,07 m	0,48 µg/L
Oligotrófico	Ultraoligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 42. EMBALSE DE MEDIANO



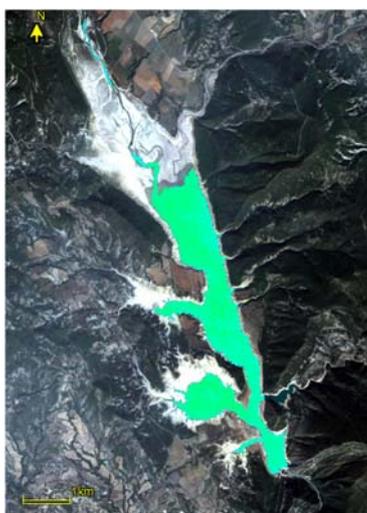
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



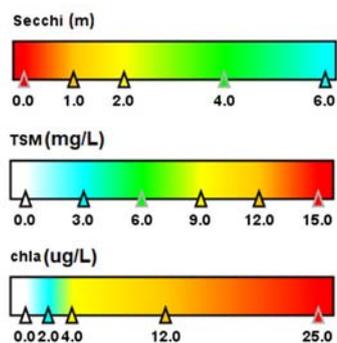
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 10-octubre-2023

Transparencia	Clorofila a
3,65 m	0,56 µg/L
Oligotrófico	Ultraligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 43. EMBALSE DE ESCALES



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



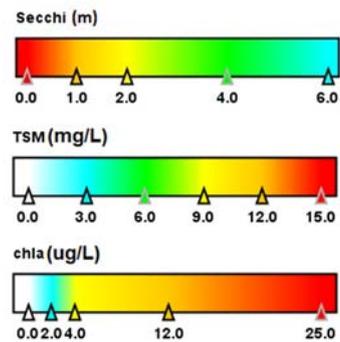
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 05-abril-2023

Transparencia	Clorofila a
3,08 m	3,56 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 43. EMBALSE DE ESCALES



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



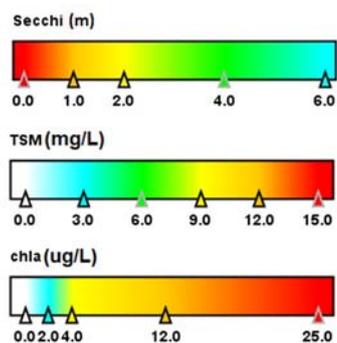
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 09-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
4,14 m	3,04 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 43. EMBALSE DE ESCALES



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



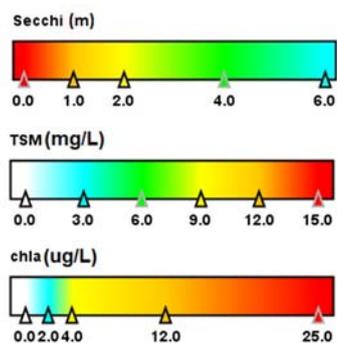
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 2-octubre-2023

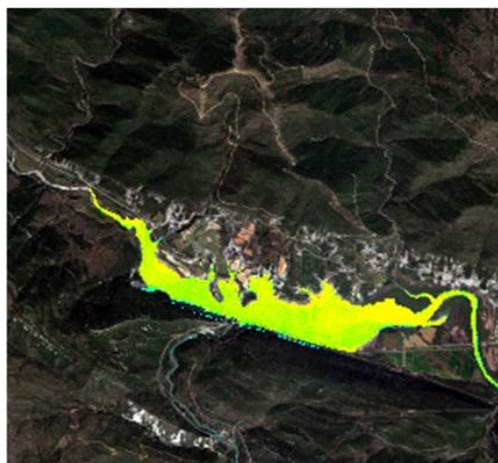
Transparencia	Clorofila a
3,44 m	3,17 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 44. EMBALSE DE LA PEÑA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



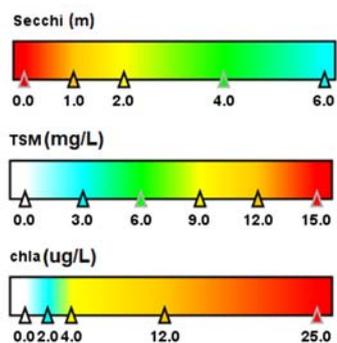
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 08-abril-2023

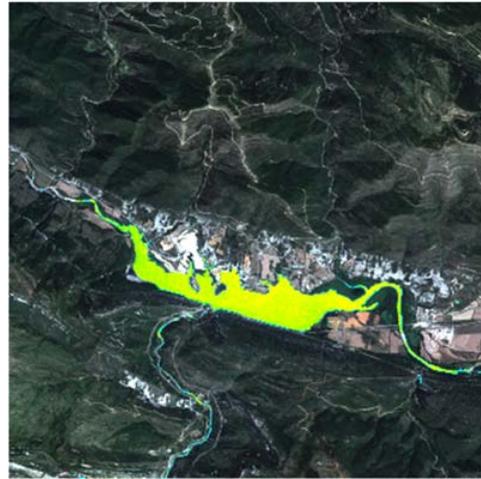
Transparencia	Clorofila a
2,56 m	4,08 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 44. EMBALSE DE LA PEÑA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



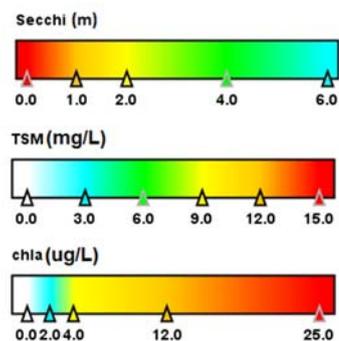
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 27-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
2,78 m	4,10 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 44. EMBALSE DE LA PEÑA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



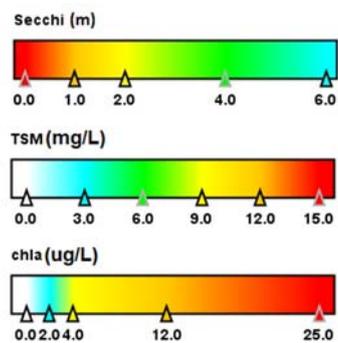
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 25-septiembre-2023

Transparencia	Clorofila a
2,32 m	4,56 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



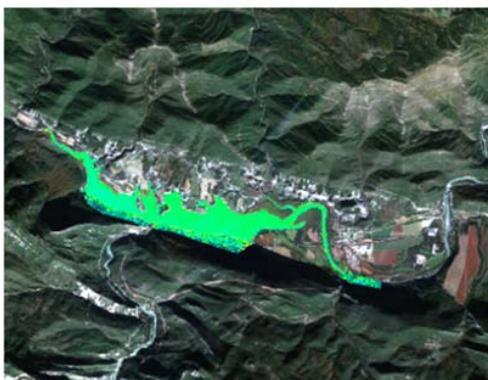
MAS 44. EMBALSE DE LA PEÑA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



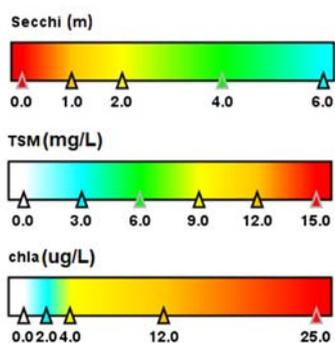
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-noviembre-2023

Transparencia	Clorofila a
2,11 m	4,87 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



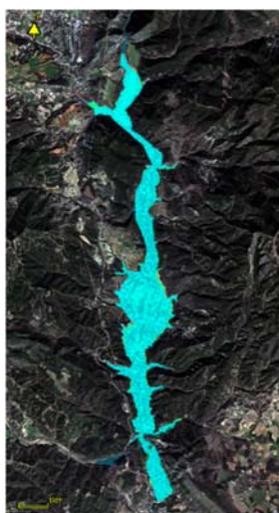
MAS 47. EMBALSE DE EL GRADO



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



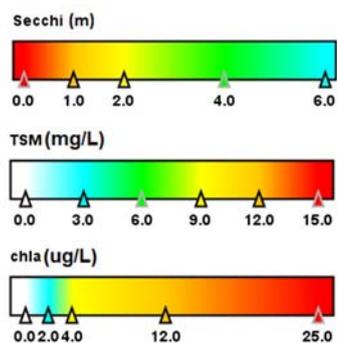
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 26-marzo2023

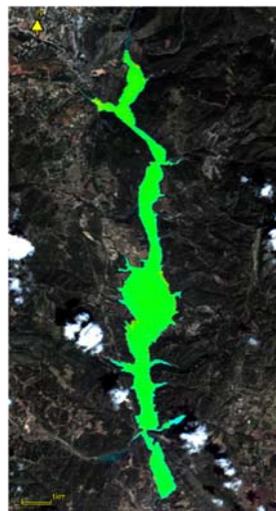
Transparencia	Clorofila a
3,18 m	3,43 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



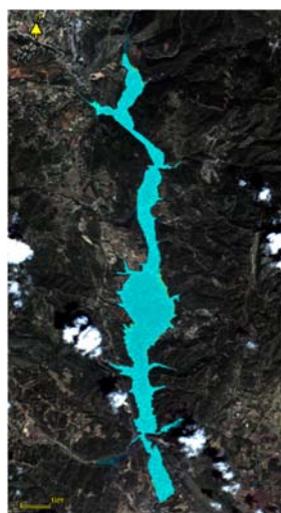
MAS 47. EMBALSE DE EL GRADO



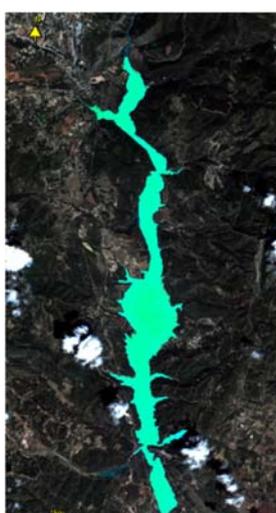
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



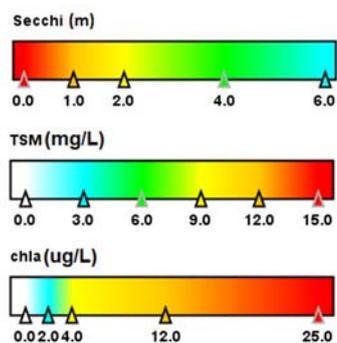
Materia en suspensión (TSM)



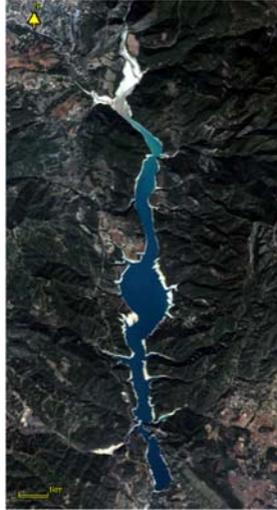
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 14-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
7,13 m	0,10 µg/L
Ultraoligotrófico	Ultraoligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 47. EMBALSE DE EL GRADO



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



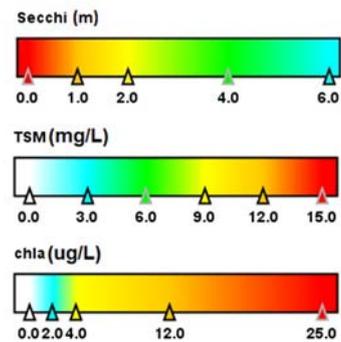
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 02-octubre-2023

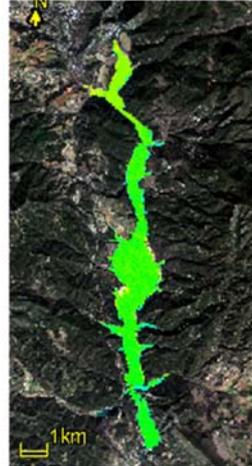
Transparencia	Clorofila a
4,14 m	1,89 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



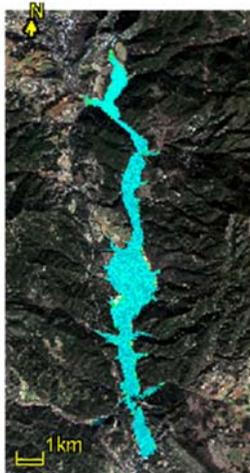
MAS 47. EMBALSE DE EL GRADO



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



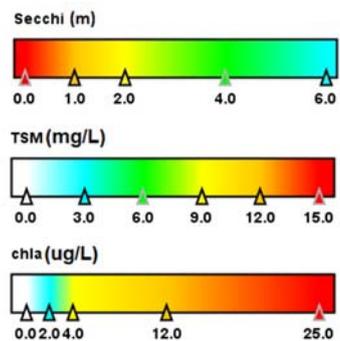
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-noviembre-2023

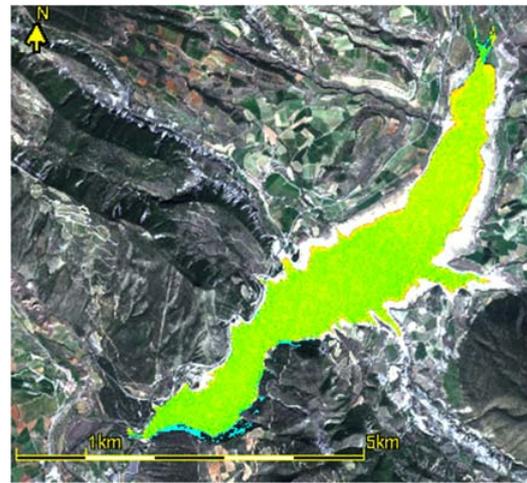
Transparencia	Clorofila a
4,14 m	1,89 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 50. EMBALSE DE TALARN



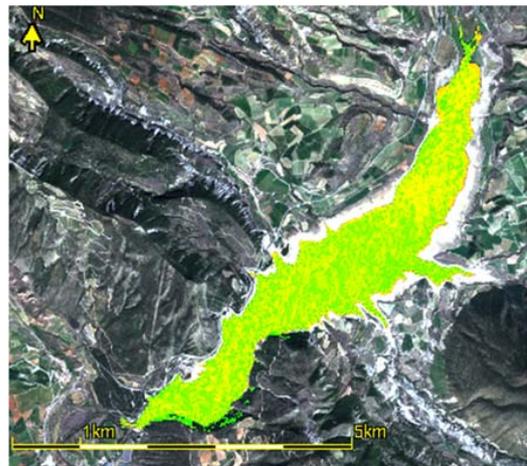
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



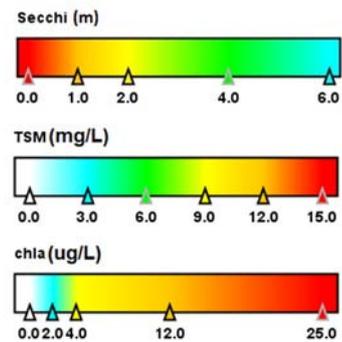
Materia en suspensión (TSM)



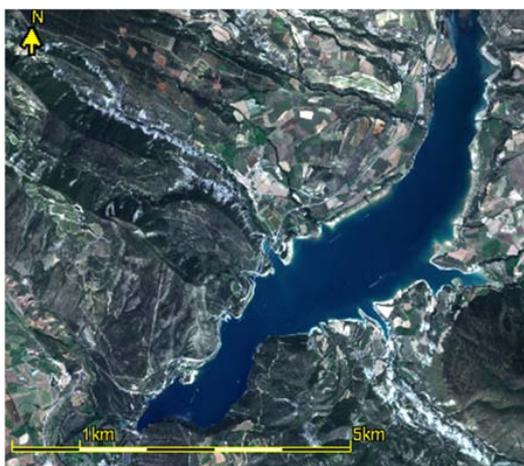
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 05-abril-2023

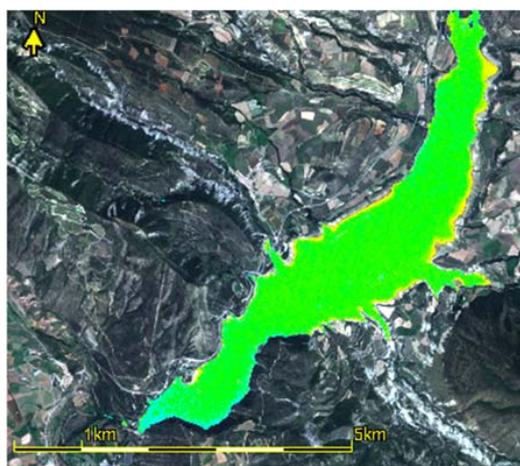
Transparencia	Clorofila a
2,21 m	3,31 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 50. EMBALSE DE TALARN



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



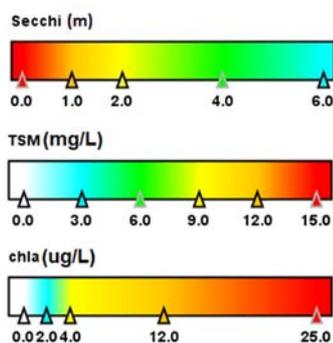
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 09-julio-2023

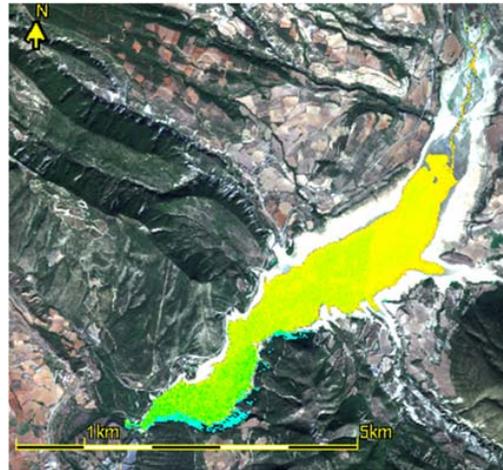
Transparencia	Clorofila a
3,28 m	3,54 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



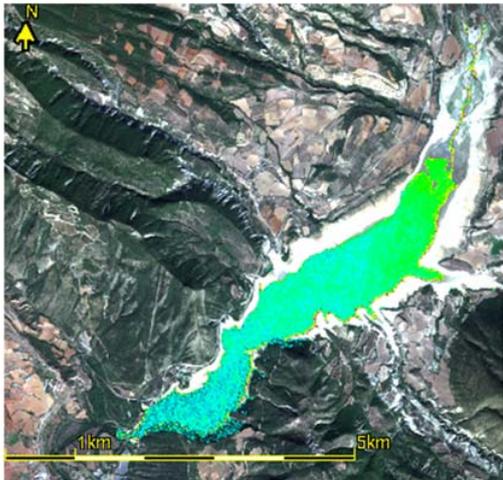
MAS 50. EMBALSE DE TALARN



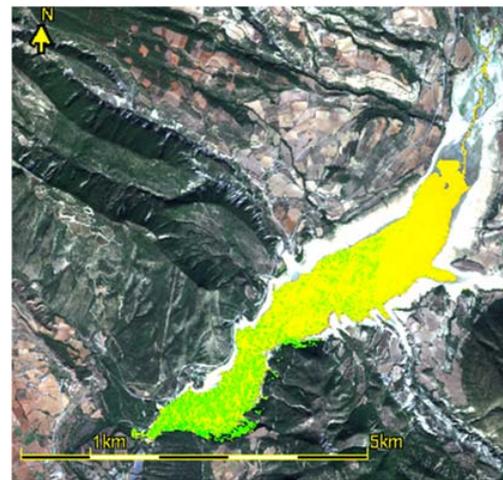
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



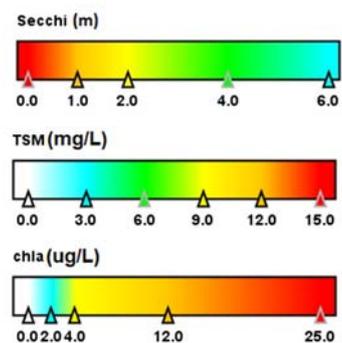
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 2-octubre-2023

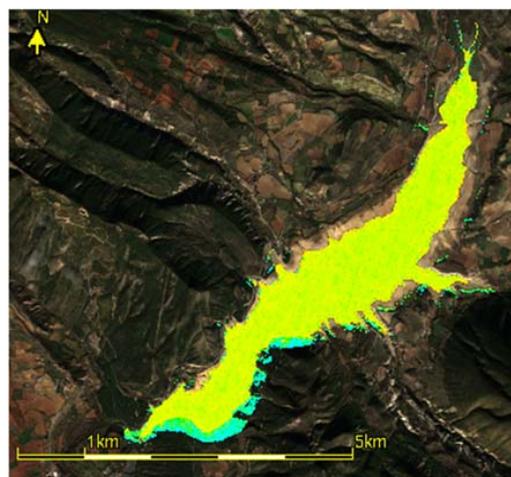
Transparencia	Clorofila a
2,04 m	4,12 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



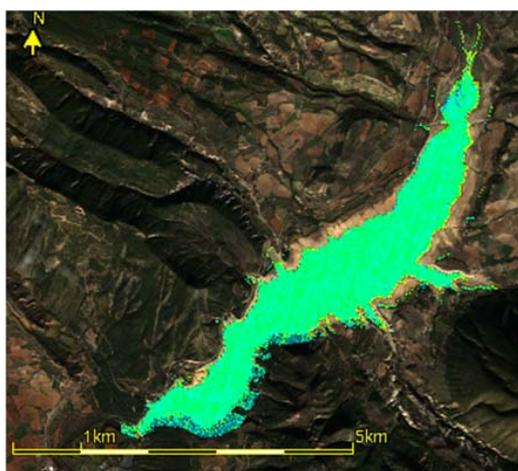
MAS 50. EMBALSE DE TALARN



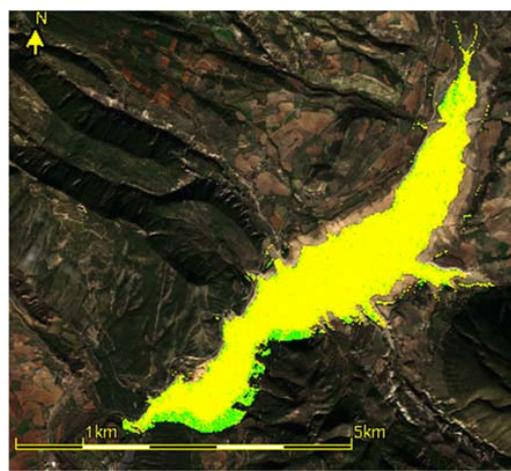
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



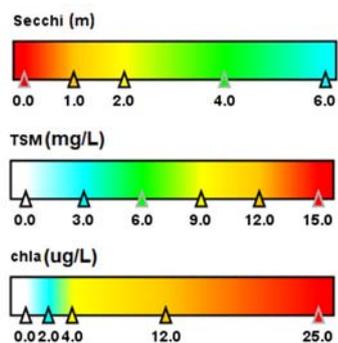
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 21-noviembre-2023

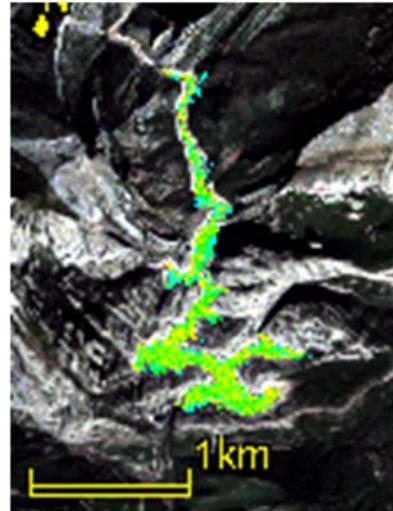
Transparencia	Clorofila a
2,43 m	4,29 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



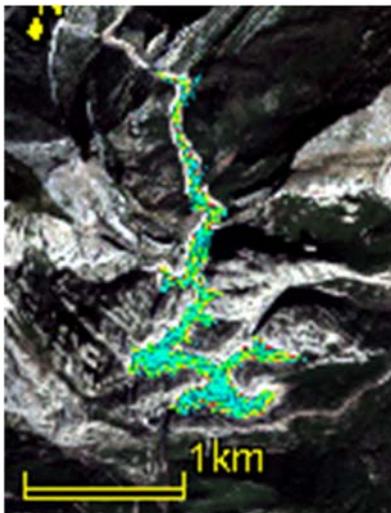
MAS 51. EMBALSE DE VADIELLO



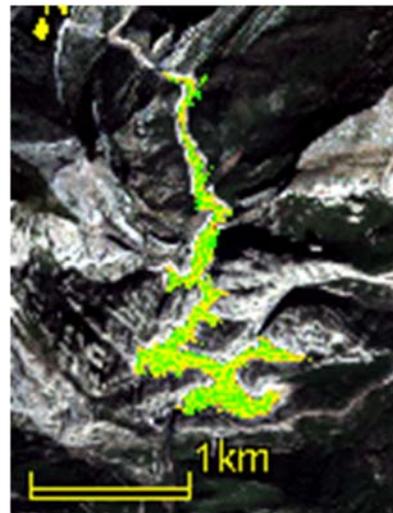
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



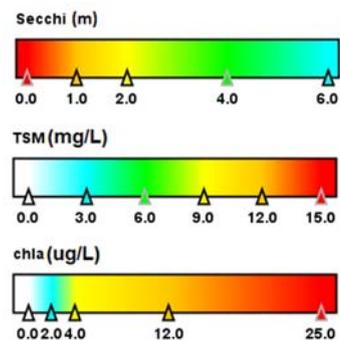
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 16-marzo-2023

Transparencia	Clorofila a
2,81 m	3,55 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 51. EMBALSE DE VADIELLO



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



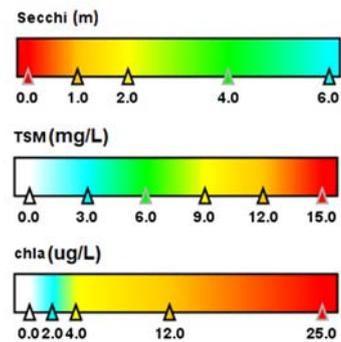
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
14-julio-2023**

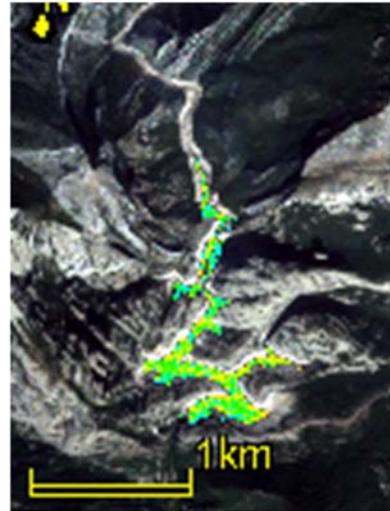
Transparencia	Clorofila a
4,23 m	3,05 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



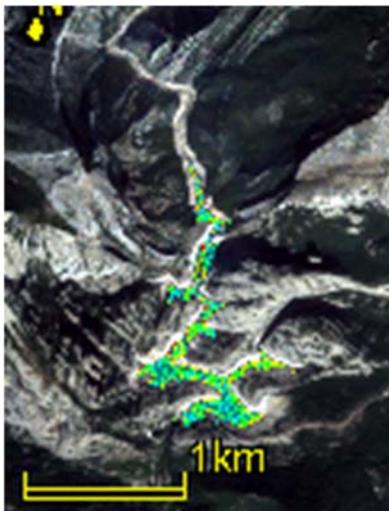
MAS 51. EMBALSE DE VADIELLO



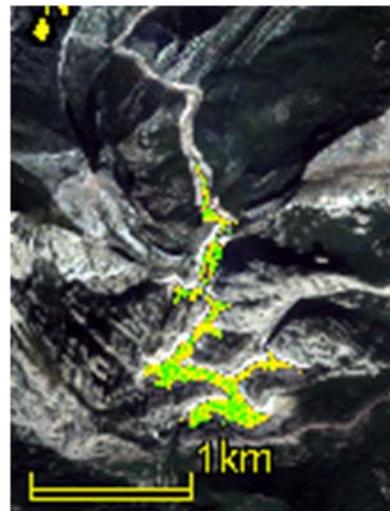
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



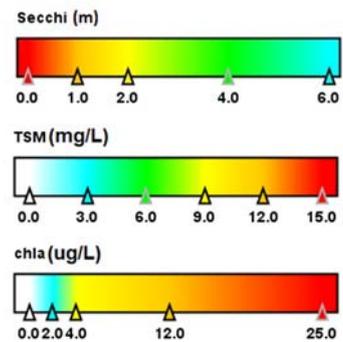
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
02-octubre-2023**

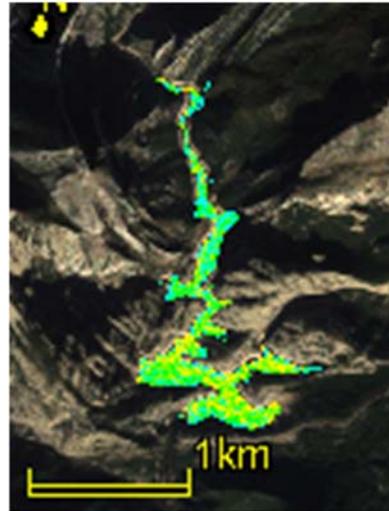
Transparencia	Clorofila a
1,74 m	3,11 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



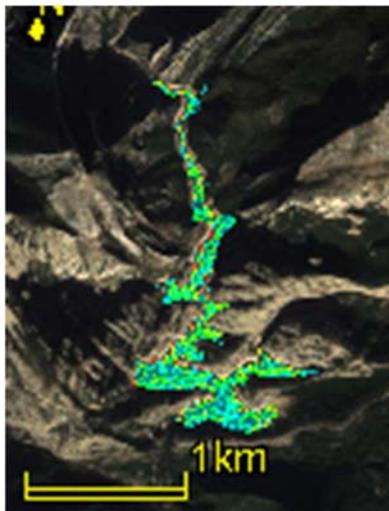
MAS 51. EMBALSE DE VADIELLO



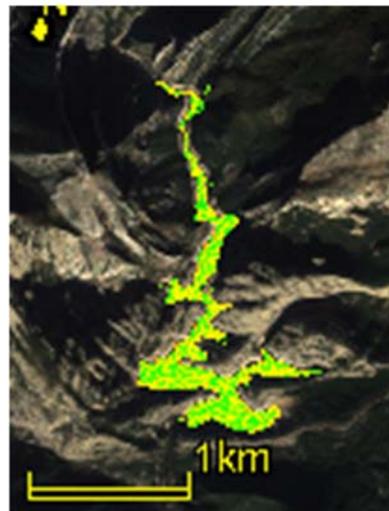
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



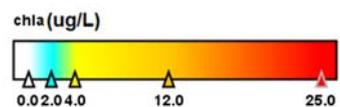
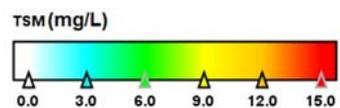
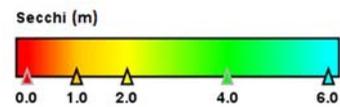
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 26-noviembre-2023

Transparencia	Clorofila a
4,12 m	2,35 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



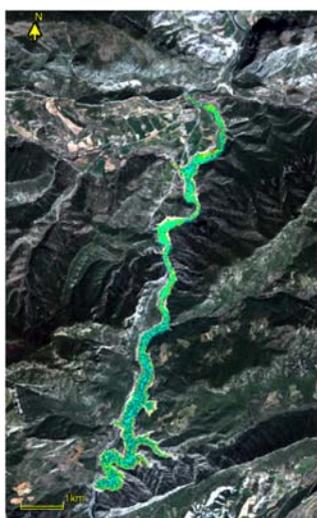
MAS 53. EMBALSE DE OLIANA



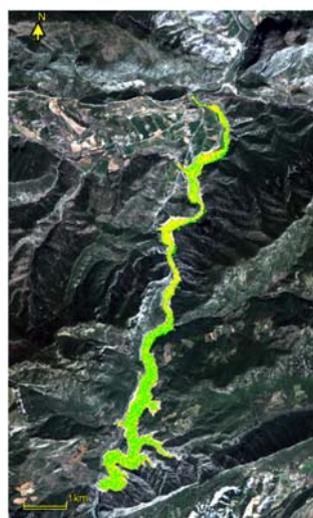
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



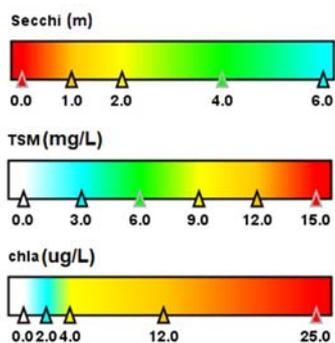
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 05-abril-2023

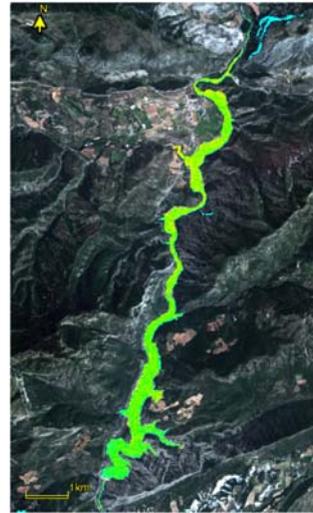
Transparencia	Clorofila a
4,93 m	2,29 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



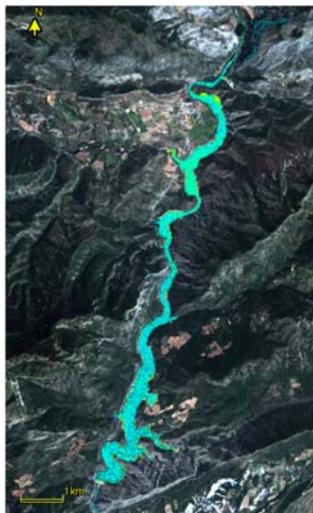
MAS 53. EMBALSE DE OLIANA



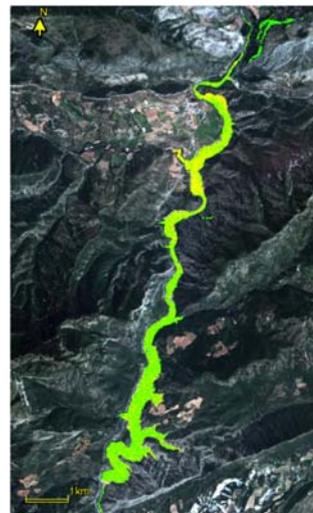
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



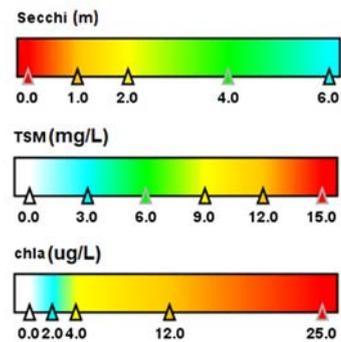
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 09-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
6,24 m	2,82 µg/L
Ultraoligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 53. EMBALSE DE OLIANA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



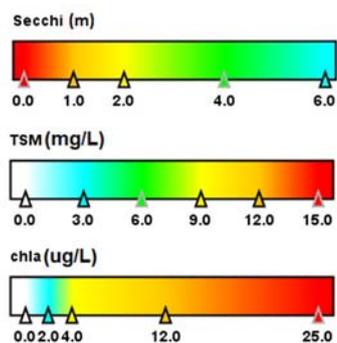
Materia en suspensión (TSM)



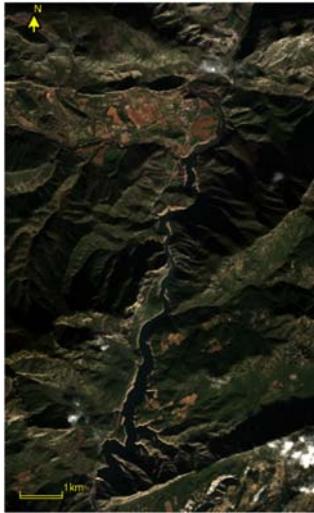
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 27-septiembre-2023

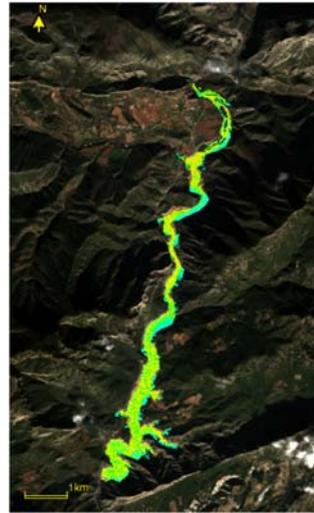
Transparencia	Clorofila a
1,95 m	5,96 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 53. EMBALSE DE OLIANA



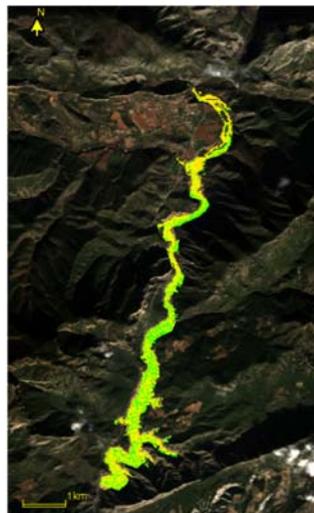
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



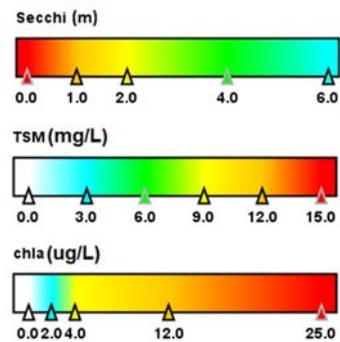
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
21-noviembre-2023**

Transparencia	Clorofila a
3,13 m	6,45 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 54. EMBALSE DE MONTEARAGÓN



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



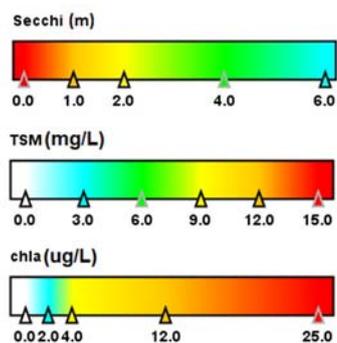
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 16-marzo-2023

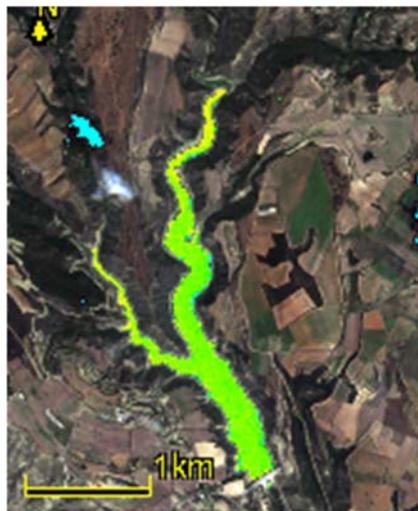
Transparencia	Clorofila a
2,79 m	3,21 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 54. EMBALSE DE MONTEARAGÓN



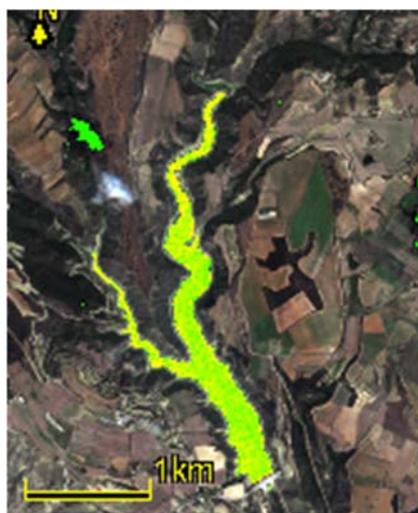
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



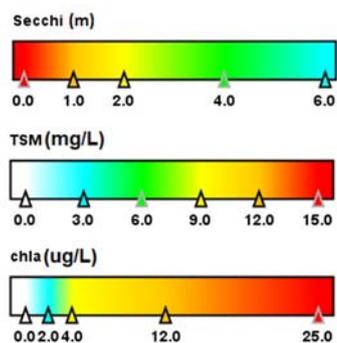
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 14-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
3,05 m	3,34 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 54. EMBALSE DE MONTEARAGÓN



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



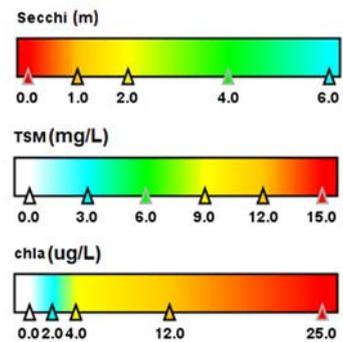
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 02-octubre-2023

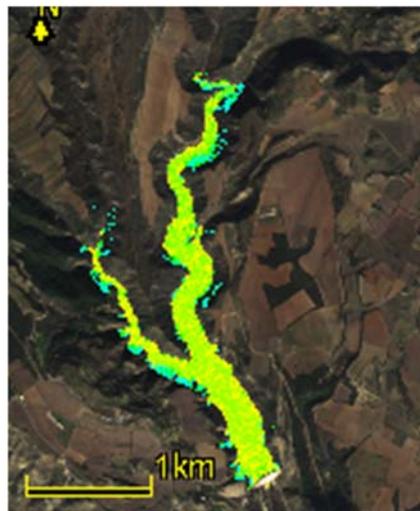
Transparencia	Clorofila a
2,85 m	3,64 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 54. EMBALSE DE MONTEARAGÓN



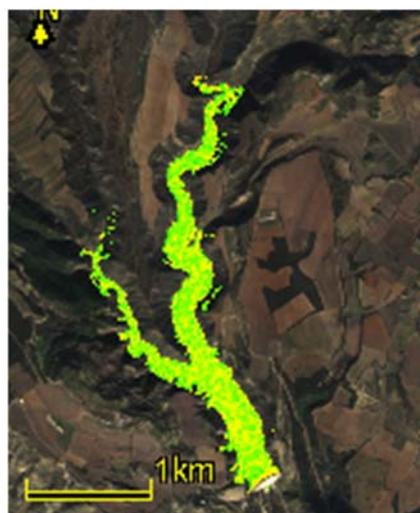
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



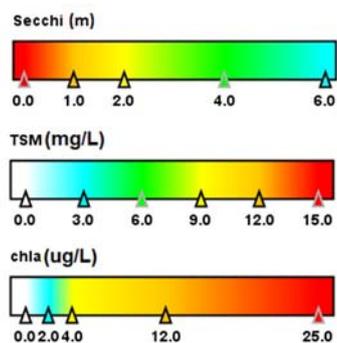
Materia en suspensión (TSM)



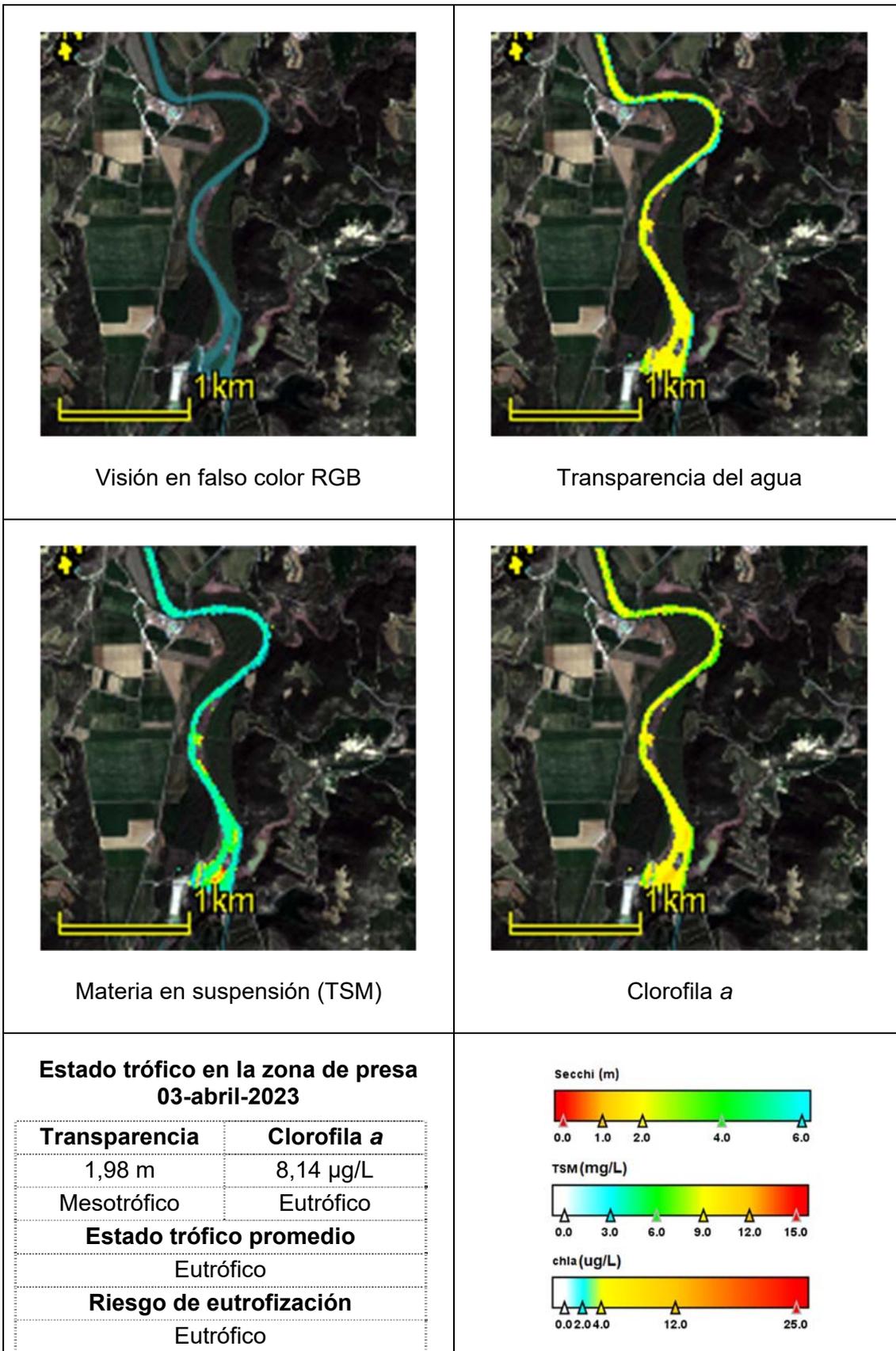
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 26-noviembre-2023

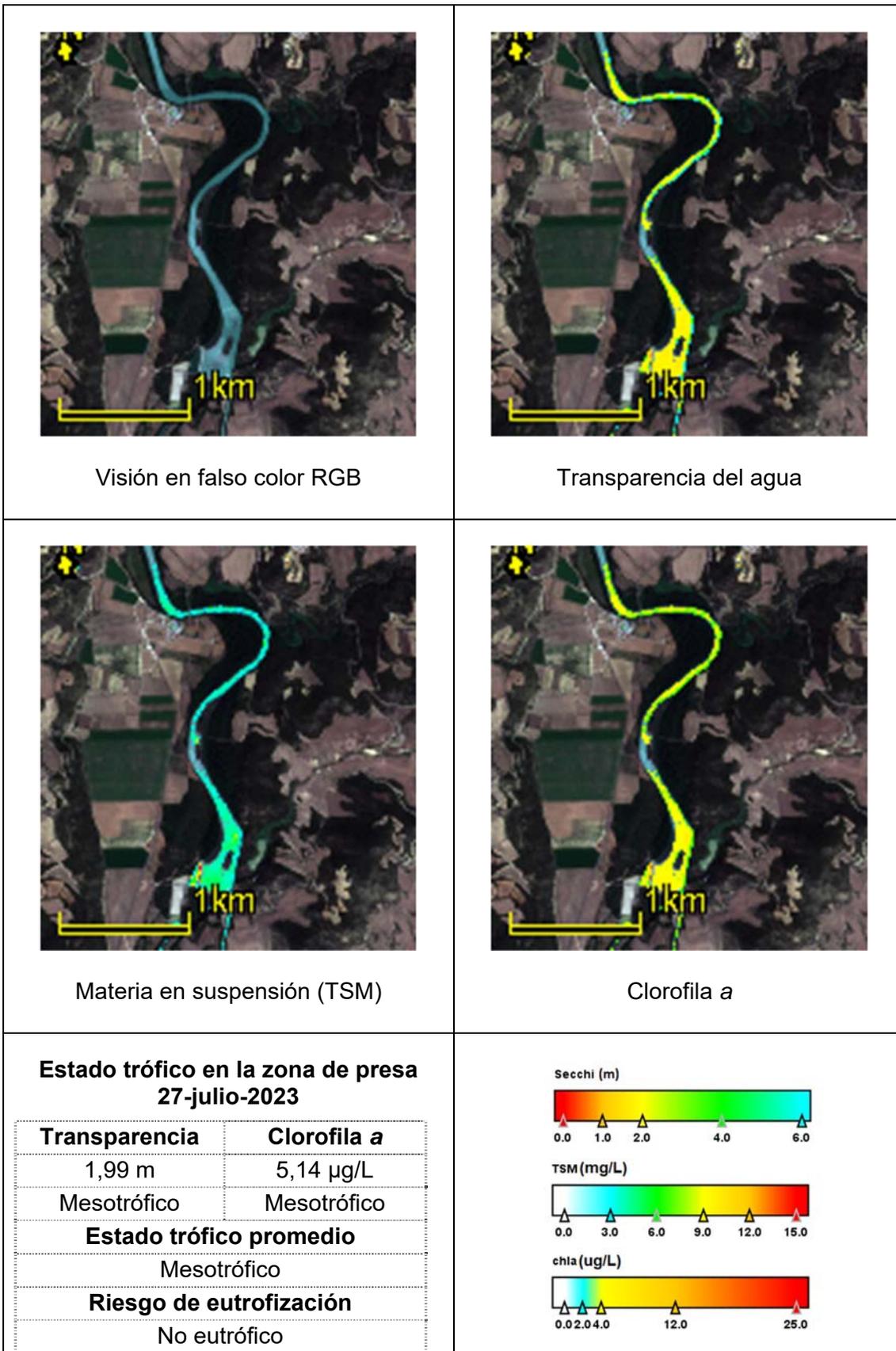
Transparencia	Clorofila a
2,71 m	3,79 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



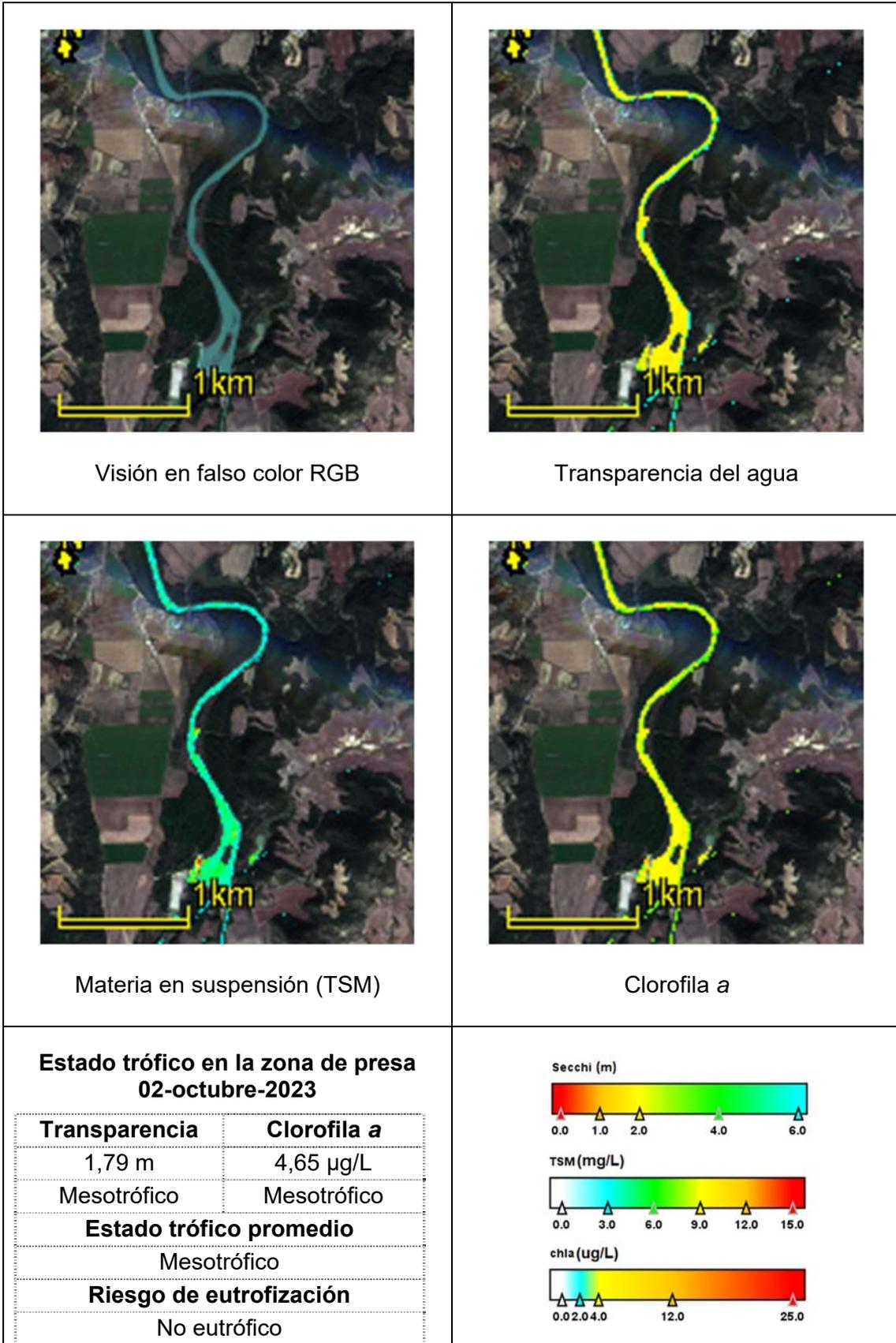
MAS 55. EMBALSE DE ARDISA



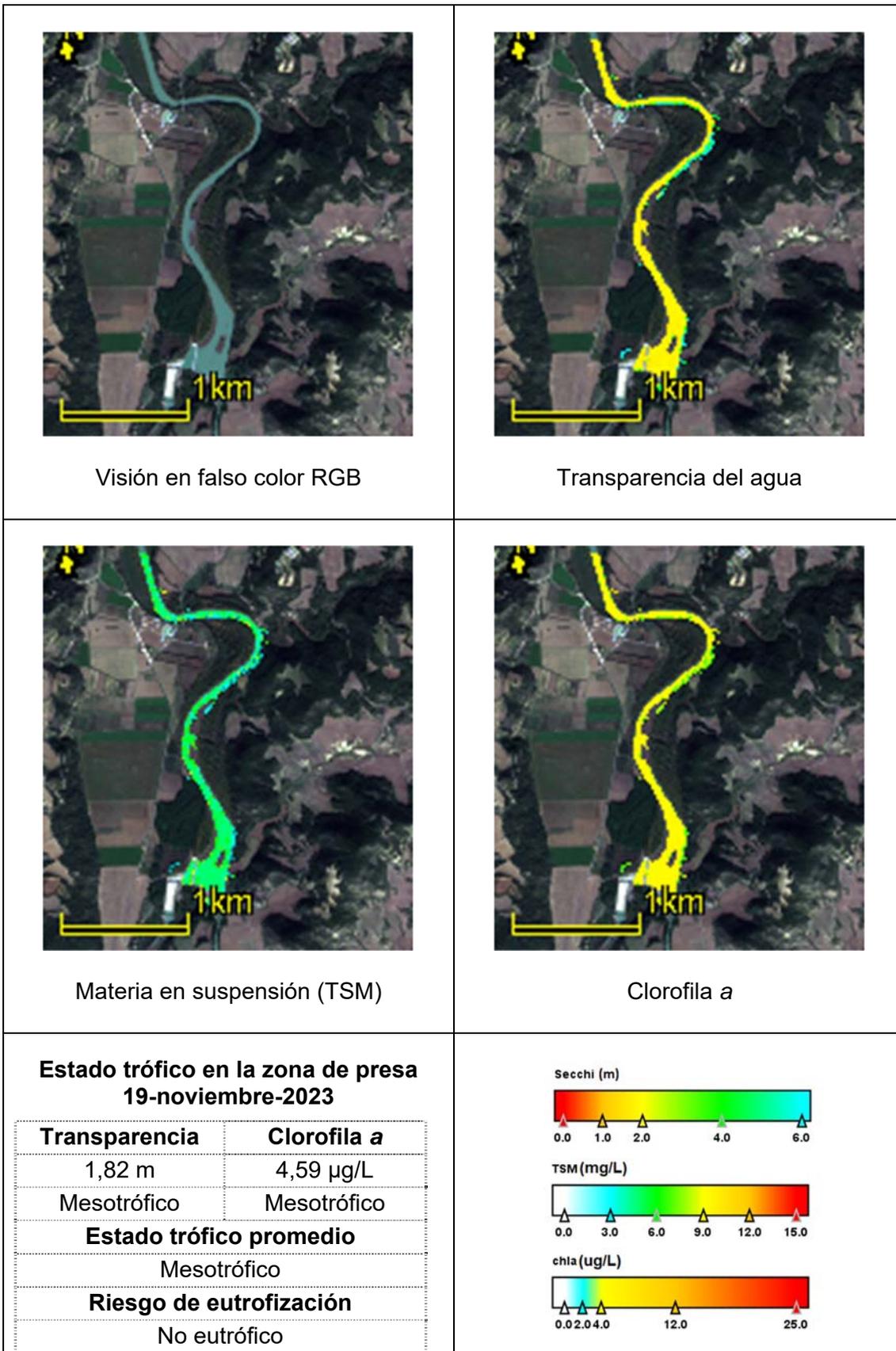
MAS 55. EMBALSE DE ARDISA



MAS 55. EMBALSE DE ARDISA



MAS 55. EMBALSE DE ARDISA



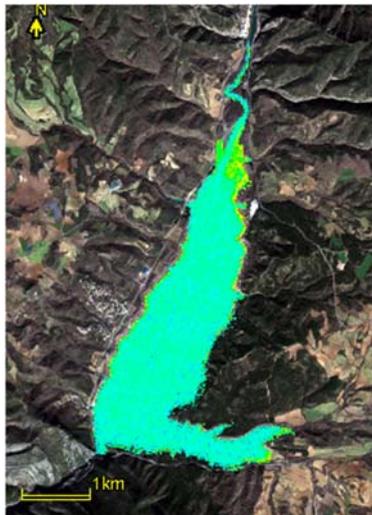
MAS 56. EMBALSE DE BARASONA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



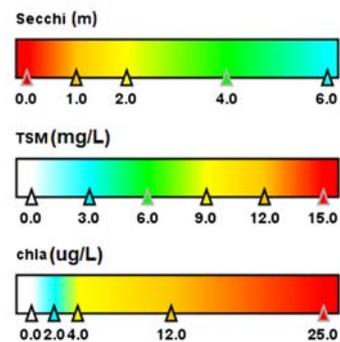
Materia en suspensión (TSM)



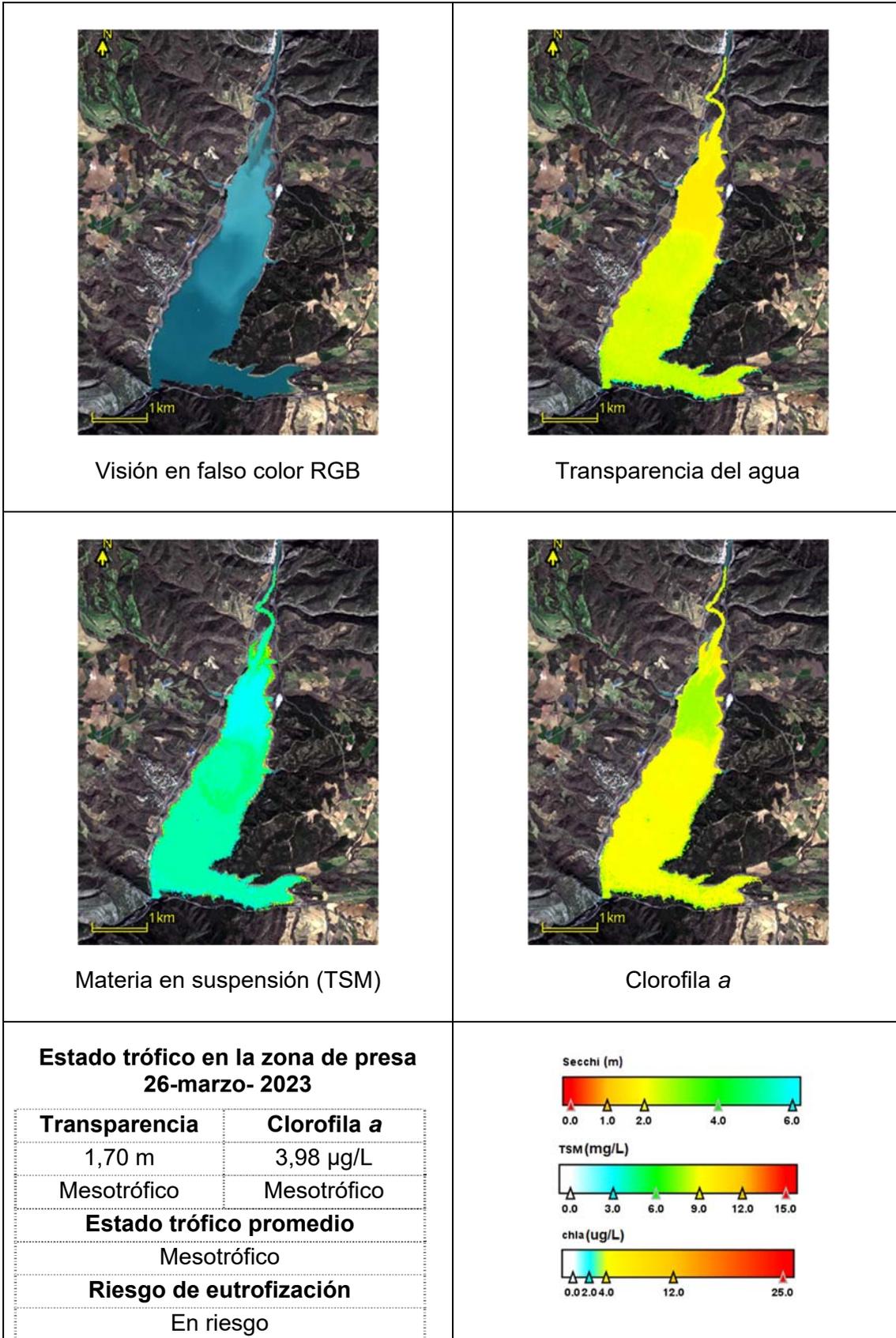
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-febrero-2023

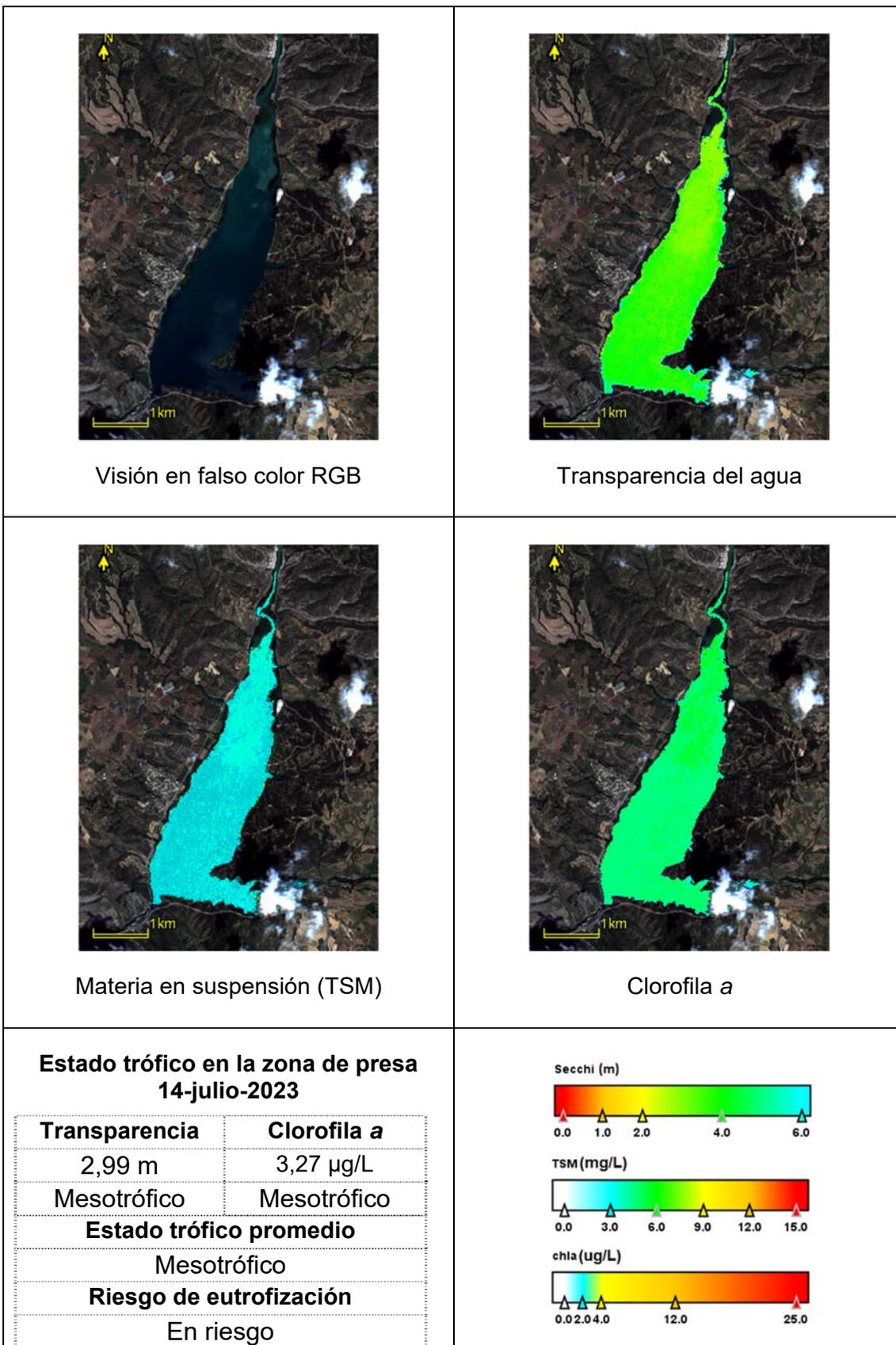
Transparencia	Clorofila a
2,14 m	2,86 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 56. EMBALSE DE BARASONA



MAS 56. EMBALSE DE BARASONA



MAS 56. EMBALSE DE BARASONA



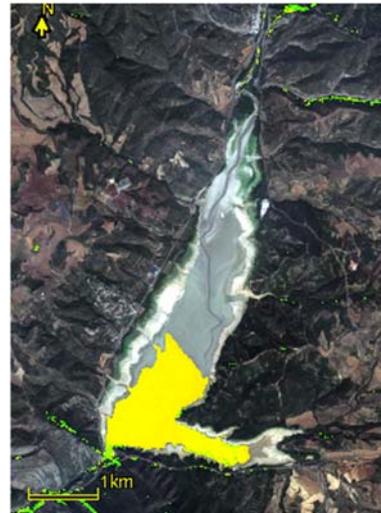
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



Materia en suspensión (TSM)

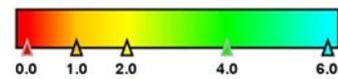


Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 10-octubre-2023

Transparencia	Clorofila a
1,82 m	5,29 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	

Secchi (m)



TSM (mg/L)



chl a (ug/L)



MAS 58 y 66. EMBALSES DE CANELLES y SANTA ANA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



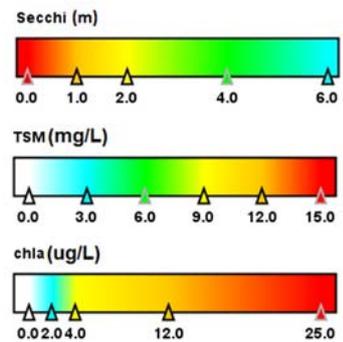
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
19-febrero-2023**

Transparencia		Clorofila a	
4,36 m	3,85 m	1,56 µg/L	1,69 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio			
Oligotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			



MAS 58 y 66. EMBALSES DE CANELLES y SANTA ANA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



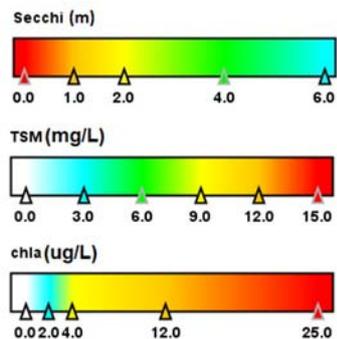
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
26-marzo-2023**

Transparencia		Clorofila a	
1,75 m	4,02 m	3,56 µg/L	3,19 µg/L
Oligotrófico		Mesotrófico	
Estado trófico promedio			
Oligotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			



MAS 58 y 66. EMBALSES DE CANELLES y SANTA ANA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



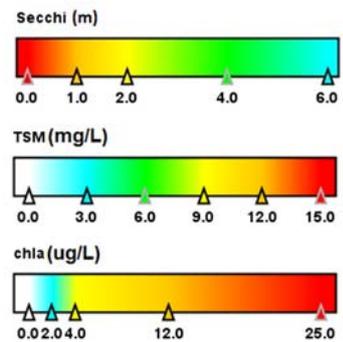
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
09-julio-2023**

Transparencia		Clorofila a	
2,3 m	3,97 m	4,12 µg/L	0,54 µg/L
Oligotrófico		Oligotrófico	
Estado trófico promedio			
Oligotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			



MAS 58 y 66. EMBALSES DE CANELLES y SANTA ANA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



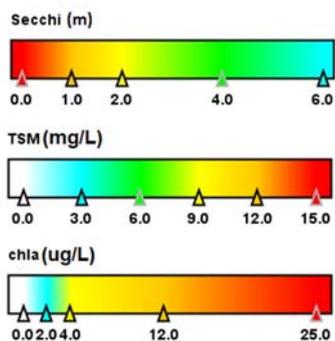
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
2-octubre-2023**

Transparencia		Clorofila a	
2,48 m	3,59 m	6,85 µg/L	0,56 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio			
Oligotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			



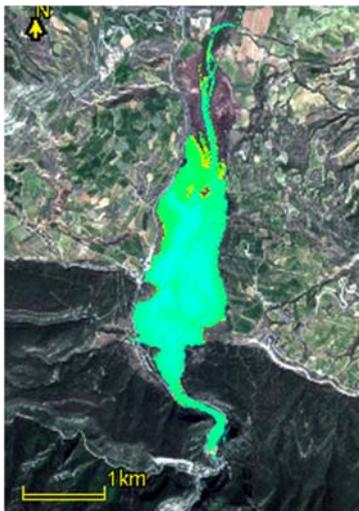
MAS 59. EMBALSE DE TERRADETS



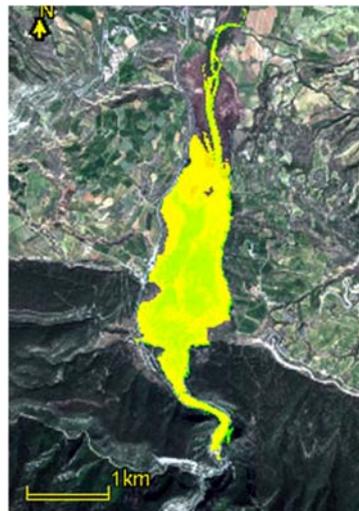
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



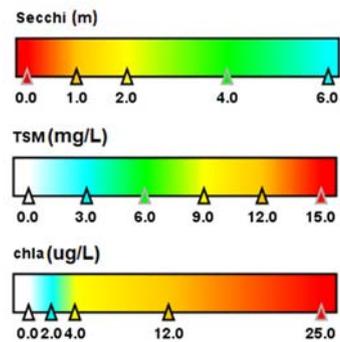
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
05-abril-2023**

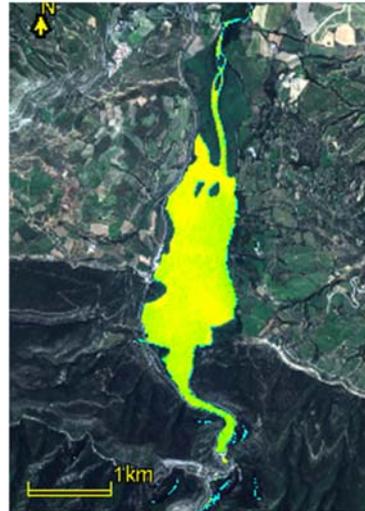
Transparencia	Clorofila a
1,70 m	3,65 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



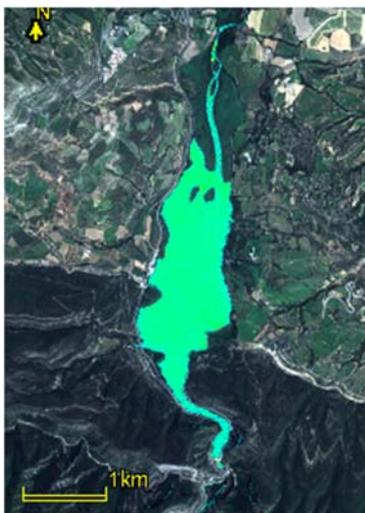
MAS 59. EMBALSE DE TERRADETS



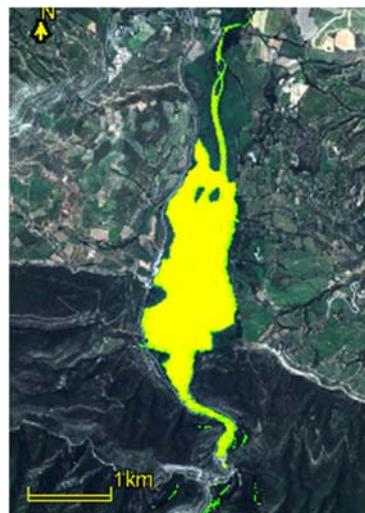
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



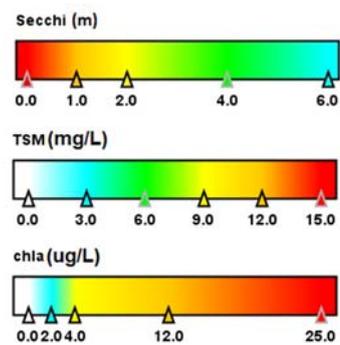
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 09-julio-2023

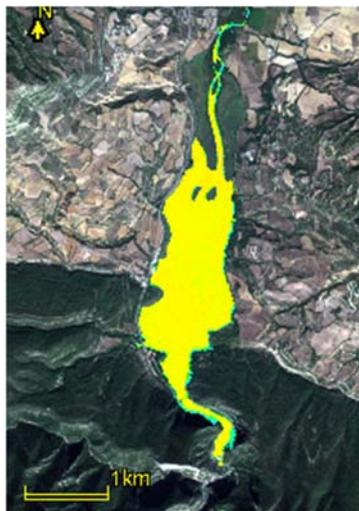
Transparencia	Clorofila a
3,12 m	2,96 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 59. EMBALSE DE TERRADETS



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



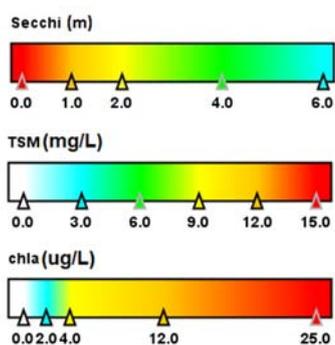
Materia en suspensión (TSM)



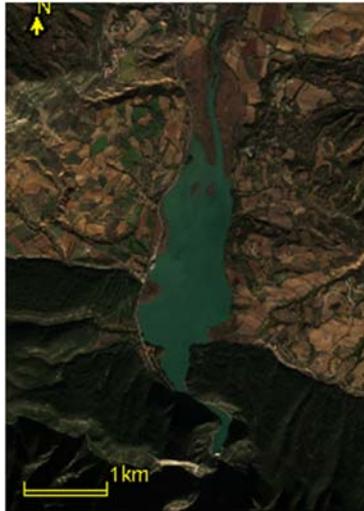
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 12-octubre-2023

Transparencia	Clorofila a
1,76 m	3,97 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 59. EMBALSE DE TERRADETS



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



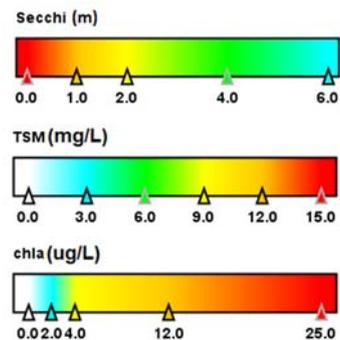
Materia en suspensión (TSM)



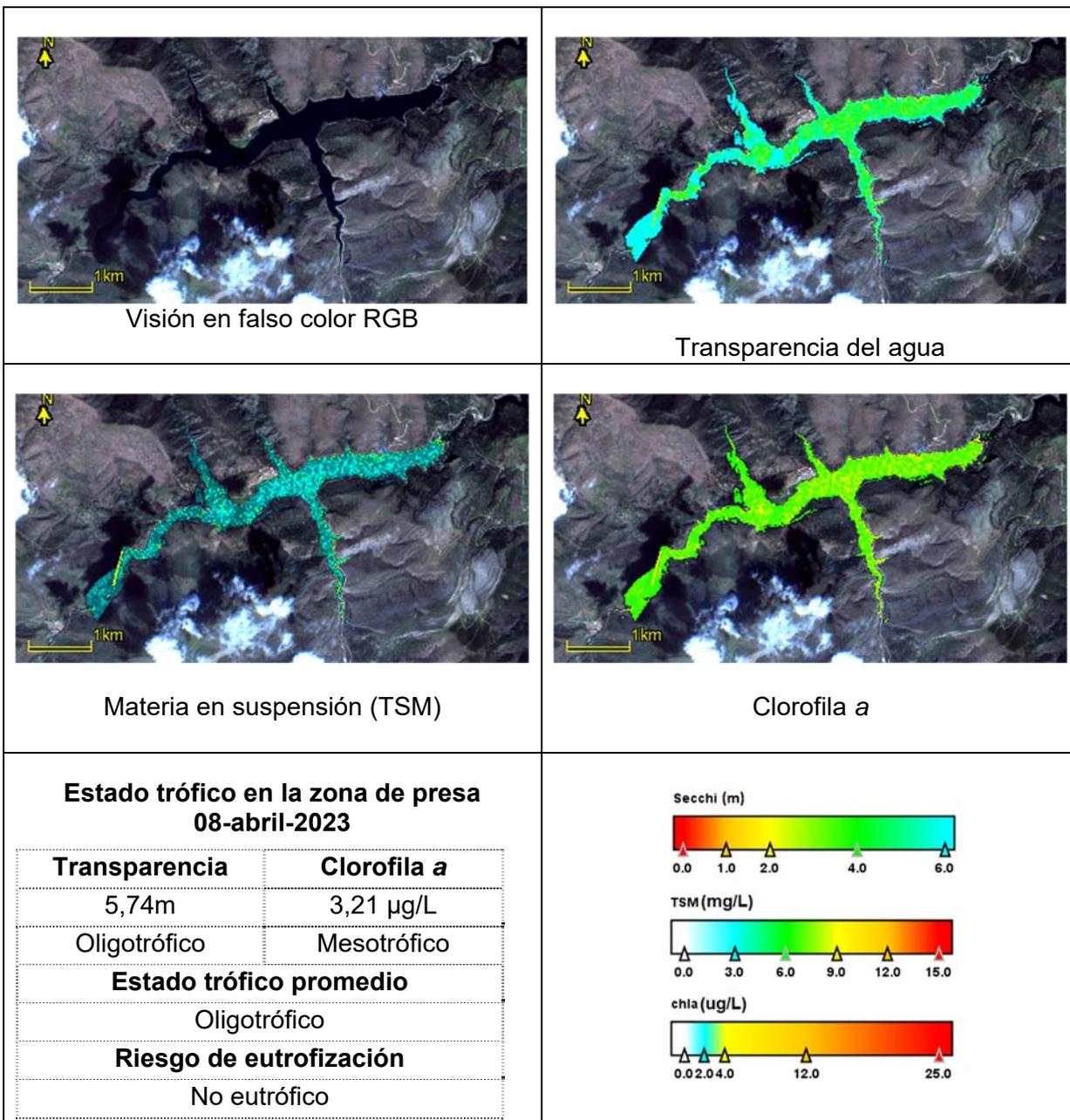
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 21-noviembre-2023

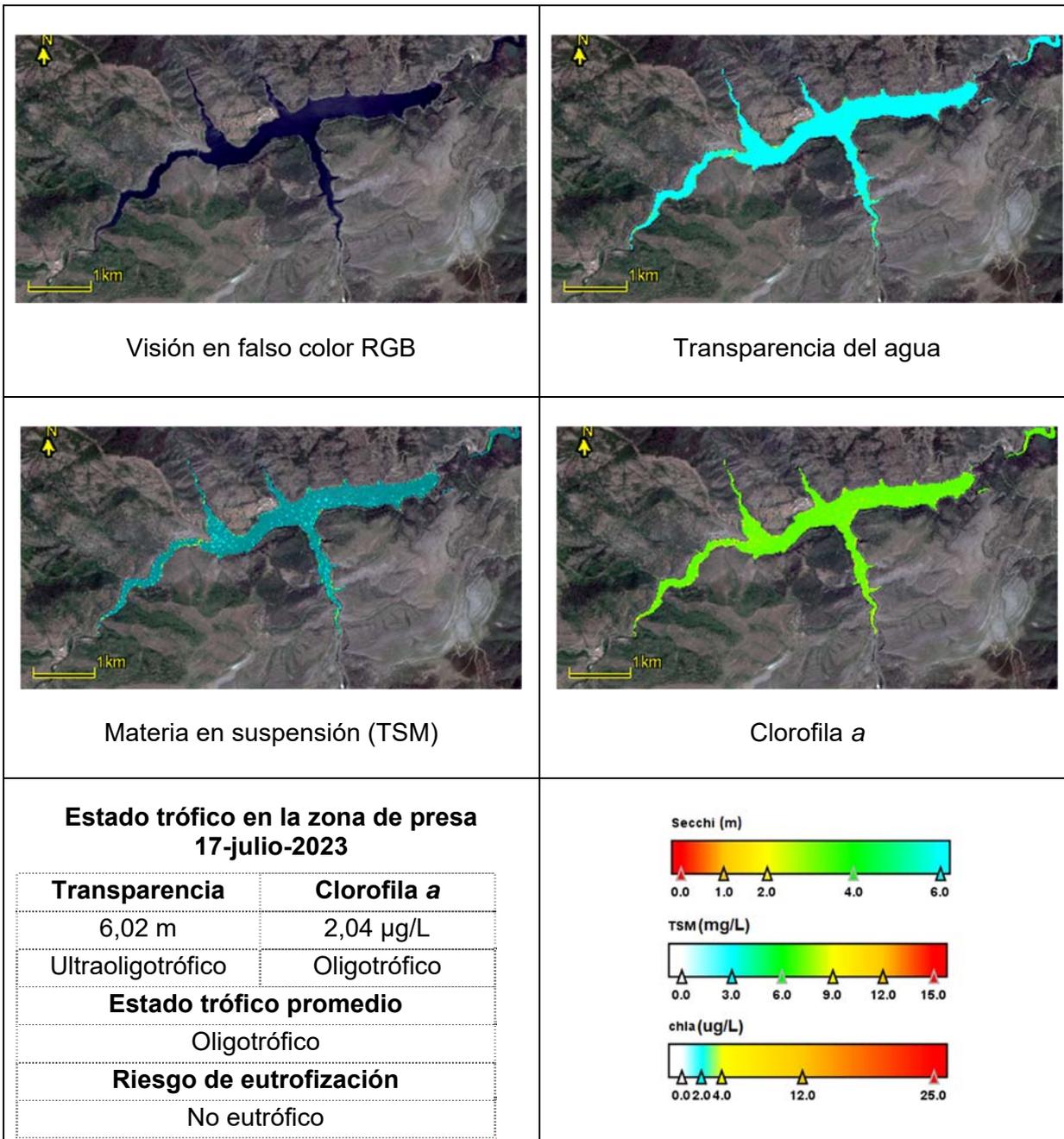
Transparencia	Clorofila a
2,18 m	4,37 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



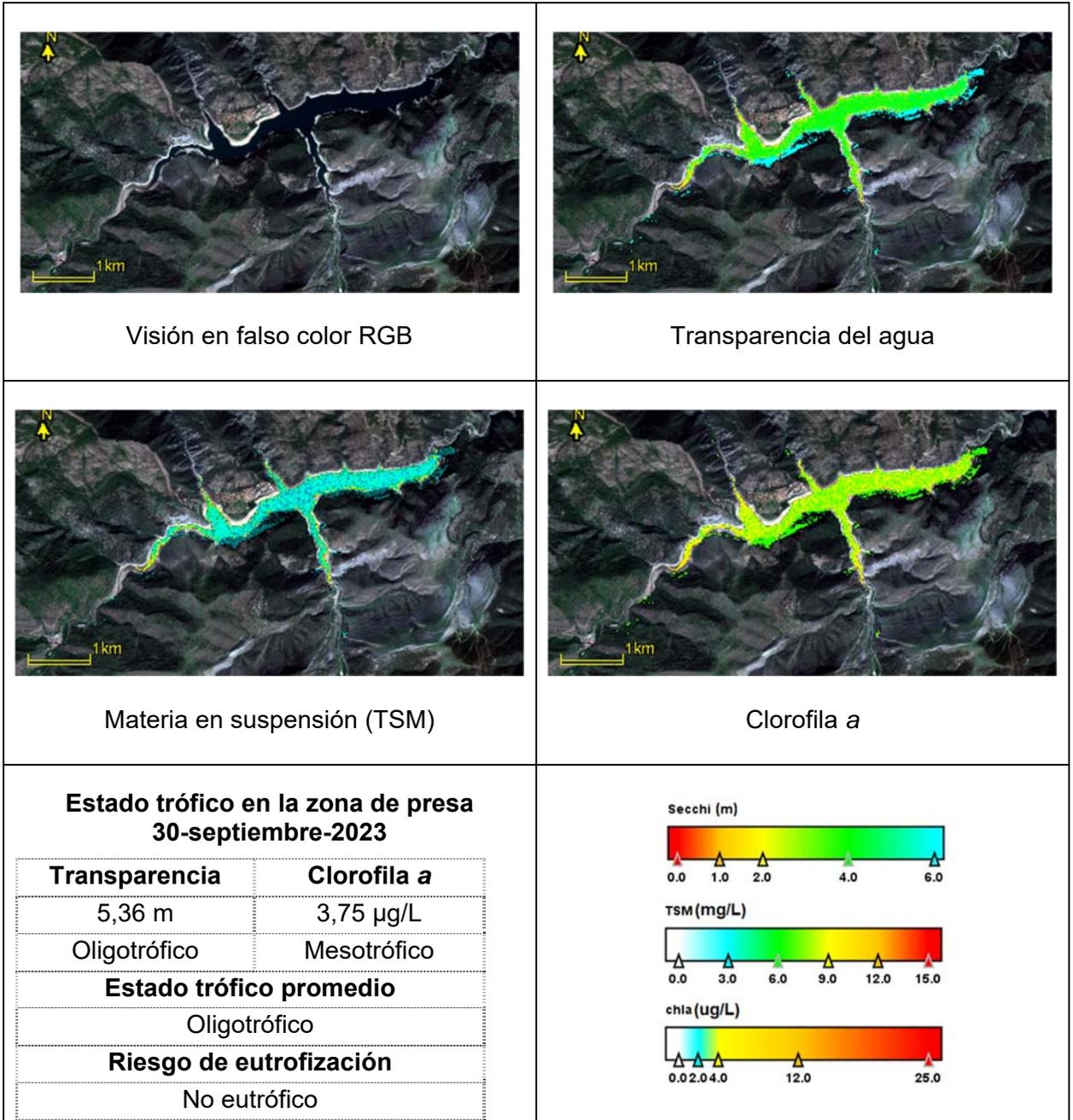
MAS 61. EMBALSE DE MANSILLA



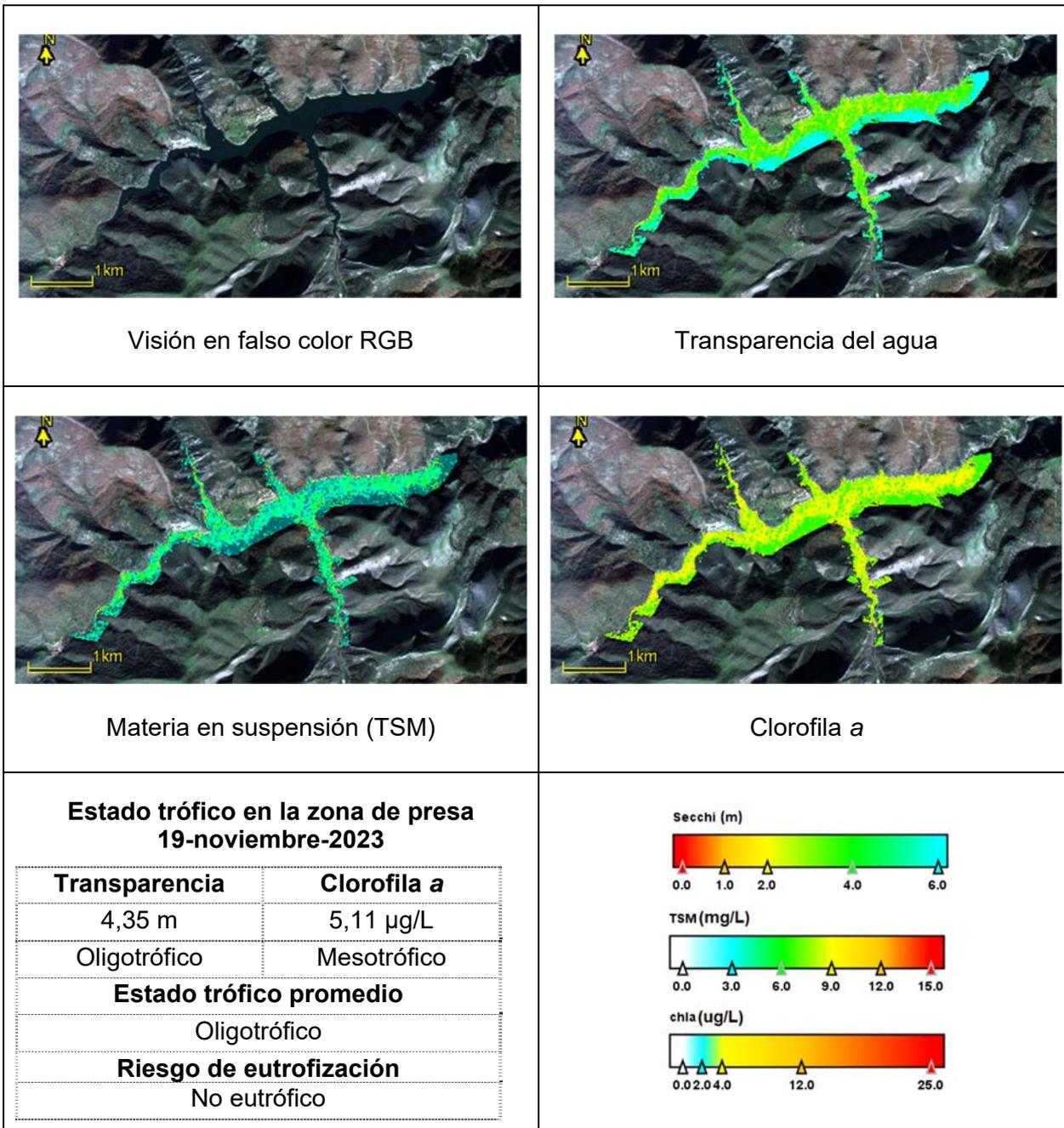
MAS 61. EMBALSE DE MANSILLA



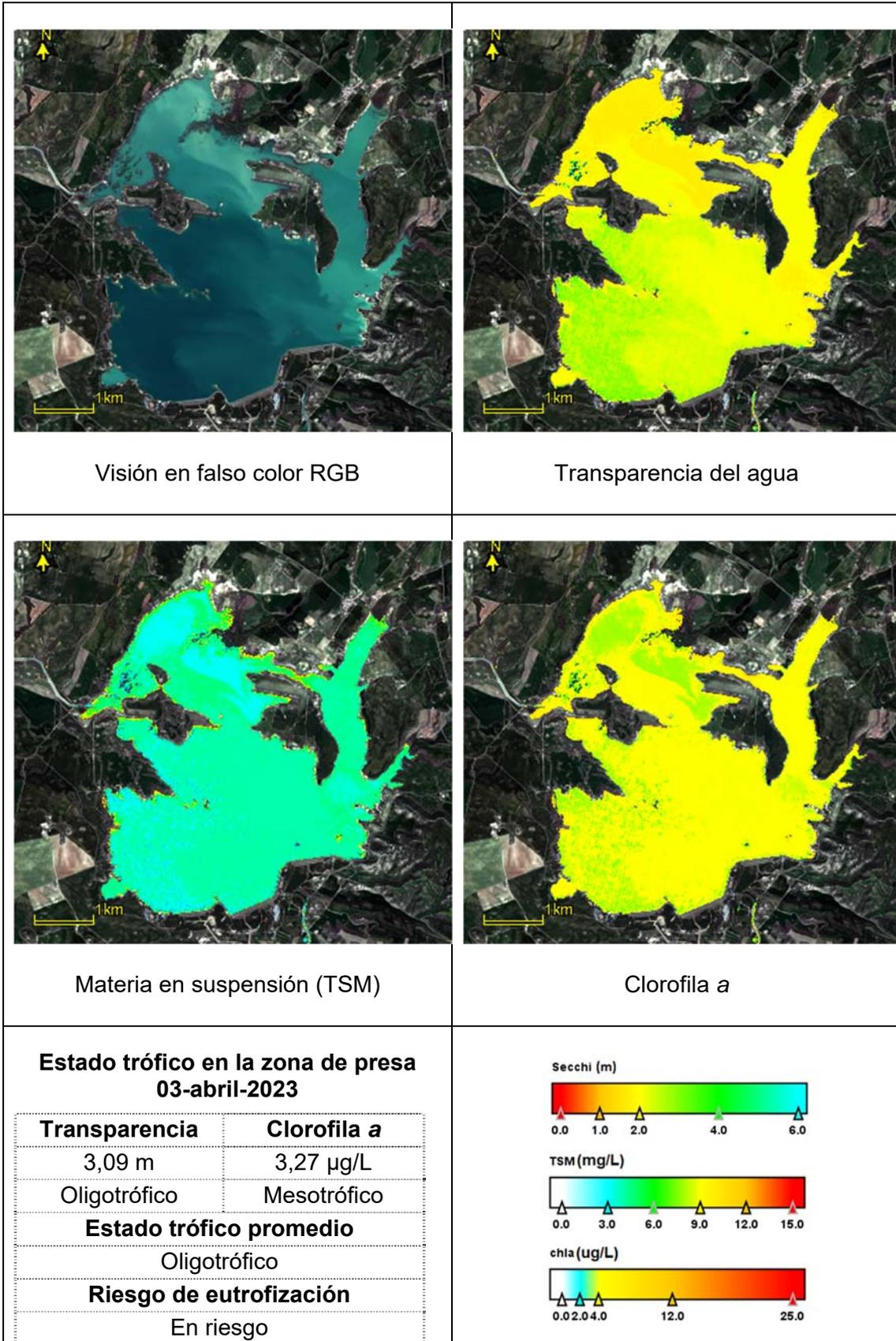
MAS 61. EMBALSE DE MANSILLA



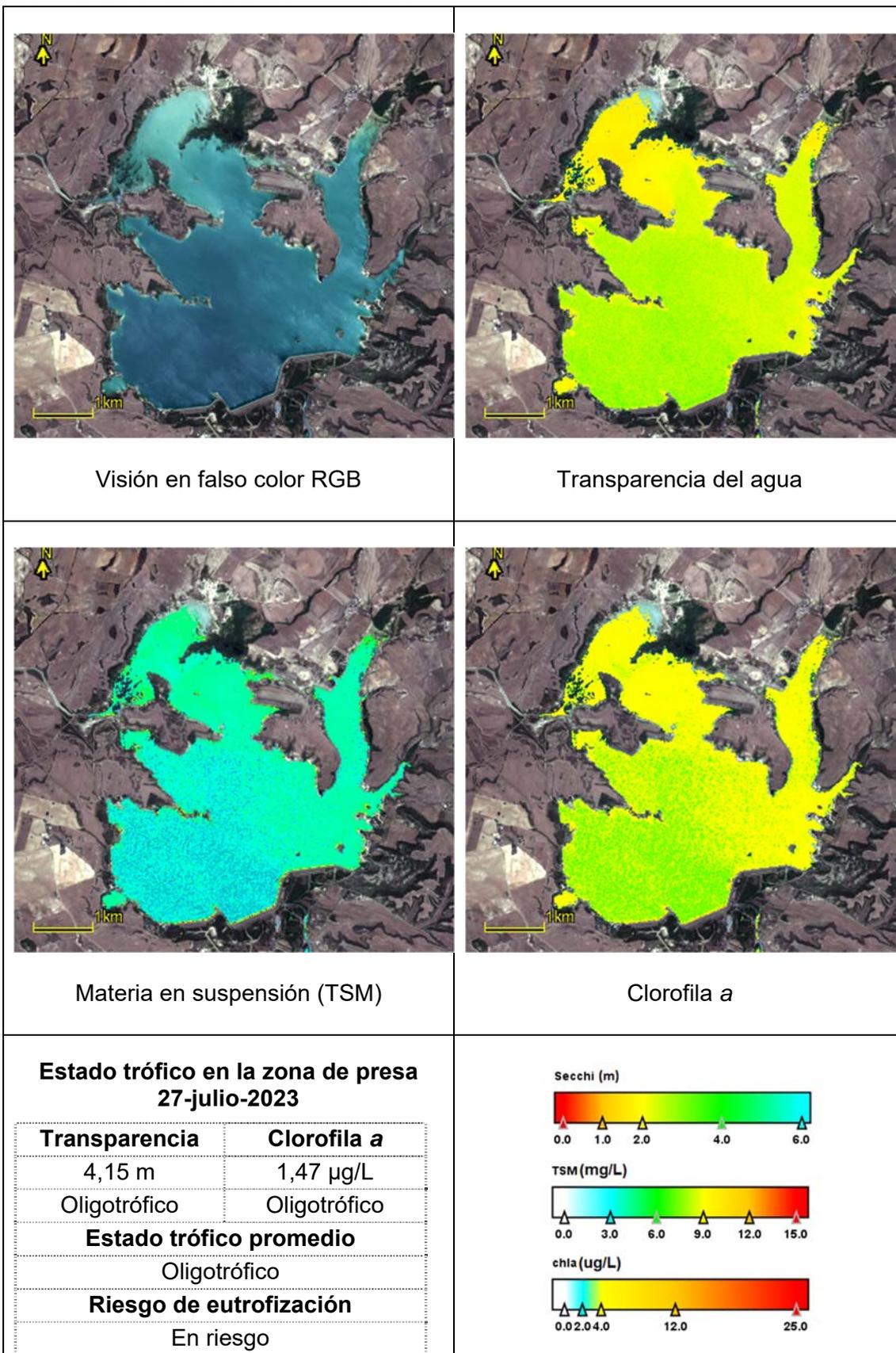
MAS 61. EMBALSE DE MANSILLA



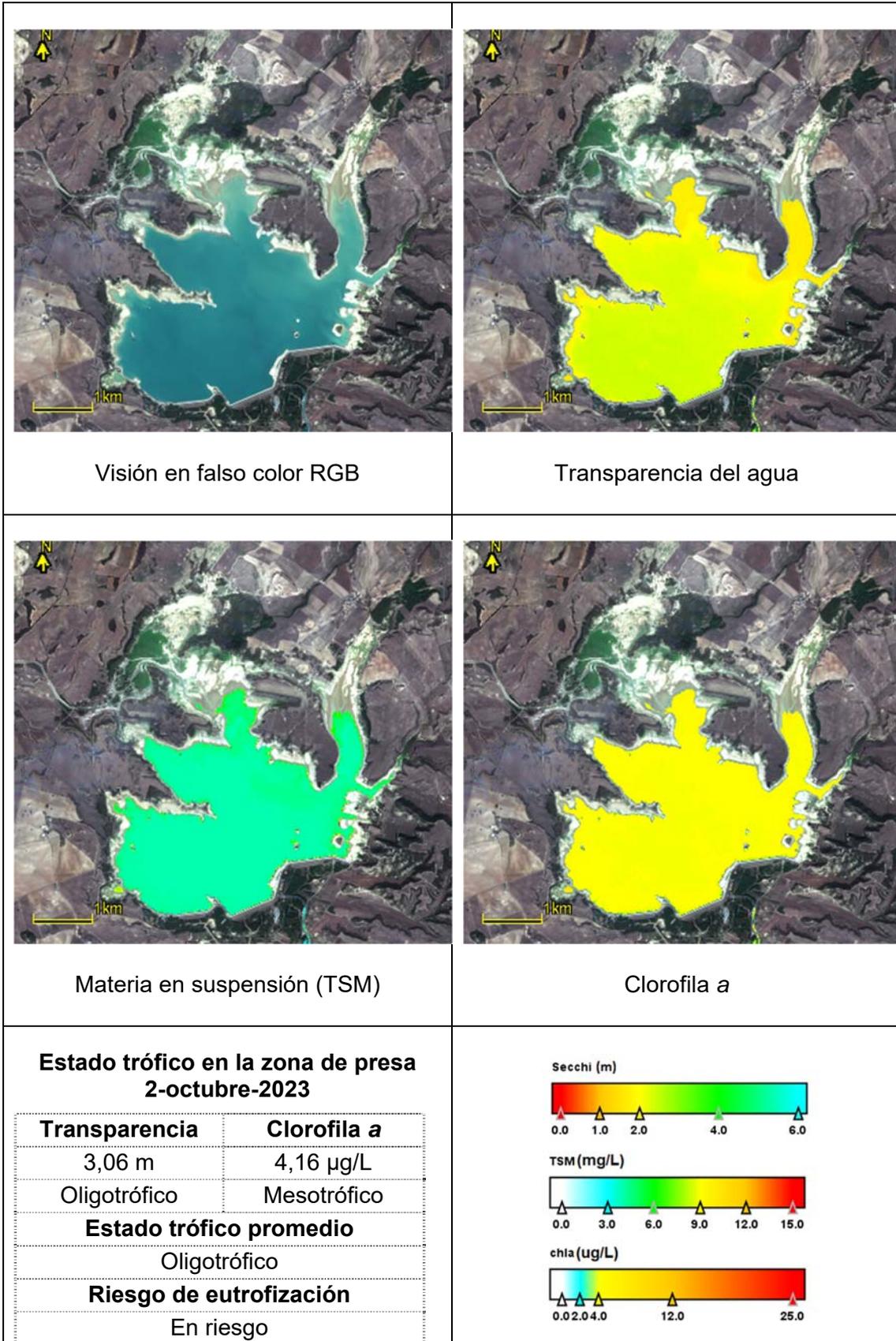
MAS 62. EMBALSE DE LA SOTONERA



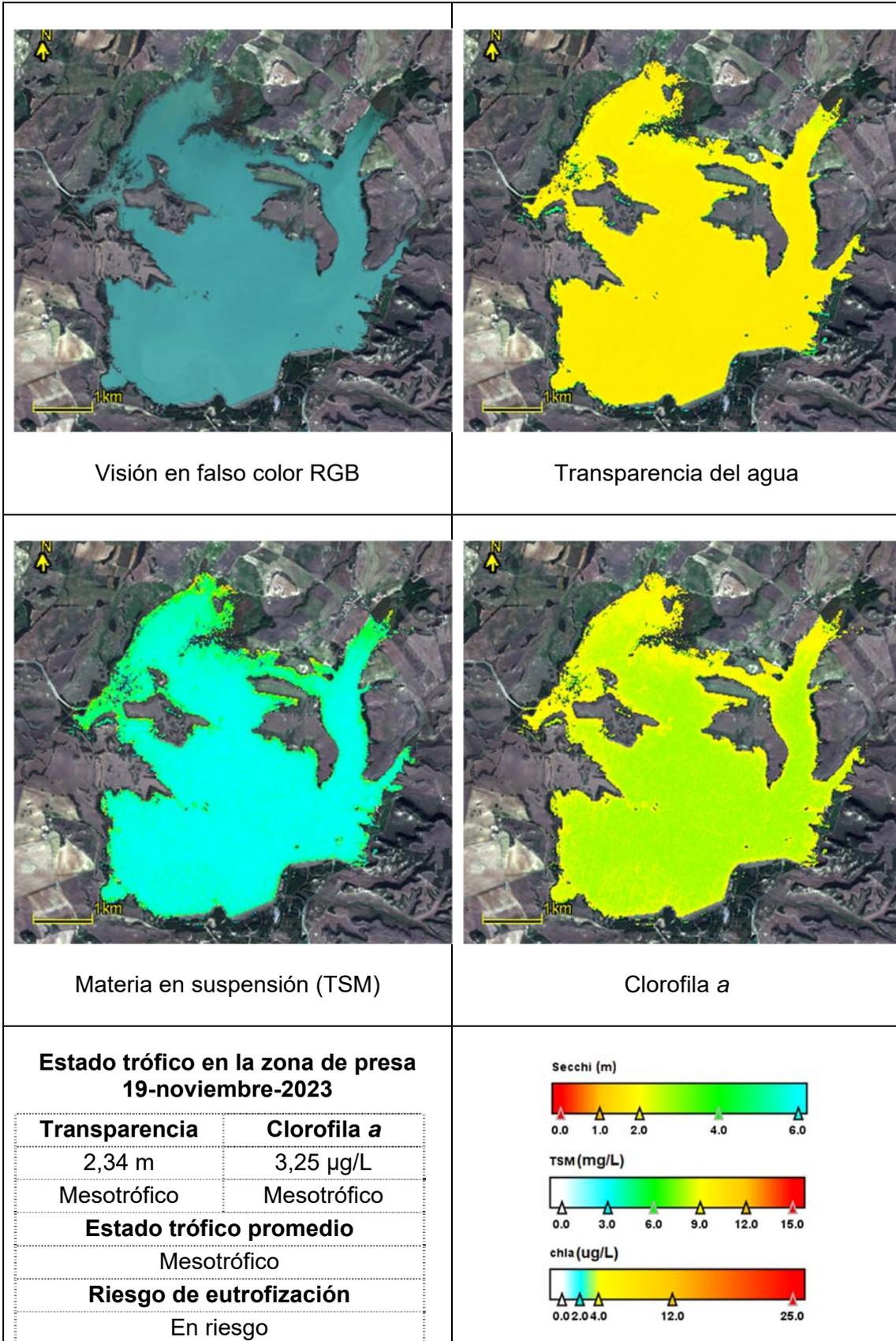
MAS 62. EMBALSE DE LA SOTONERA



MAS 62. EMBALSE DE LA SOTONERA



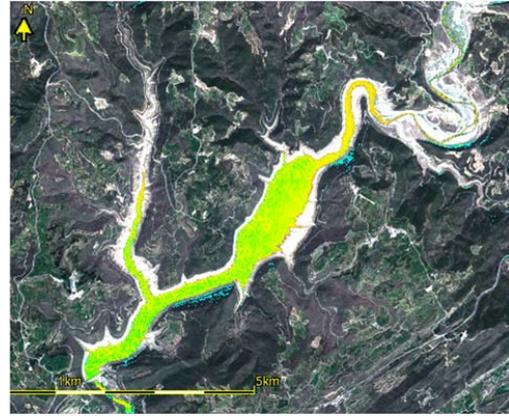
MAS 62. EMBALSE DE LA SOTONERA



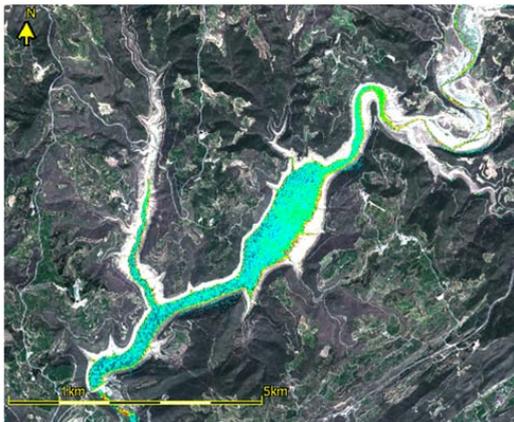
MAS 63. EMBALSE DE RIALB



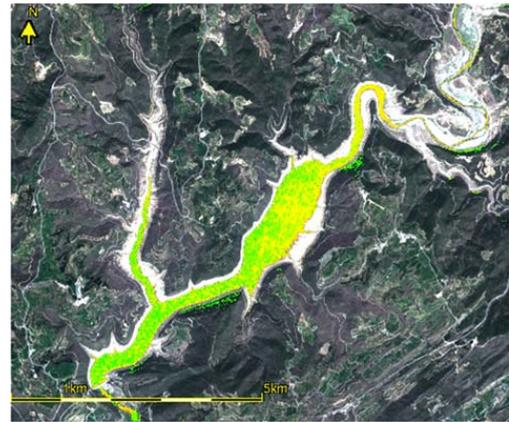
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



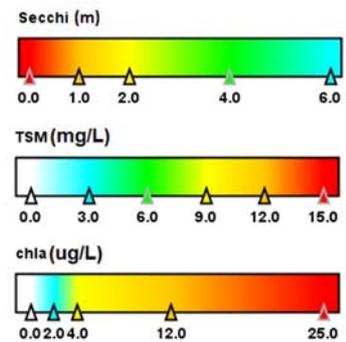
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 5-abril-2023

Transparencia	Clorofila a
4,45 m	3,75 µg/L
Ultraoligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 63. EMBALSE DE RIALB



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



Materia en suspensión (TSM)

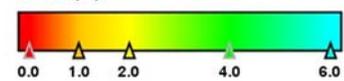


Clorofila a

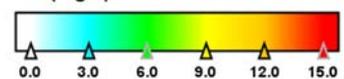
Estado trófico en la zona de presa 19-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
2,81 m	3,20 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	

Secchi (m)



TSM (mg/L)



chl a (µg/L)



MAS 63. EMBALSE DE RIALB



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



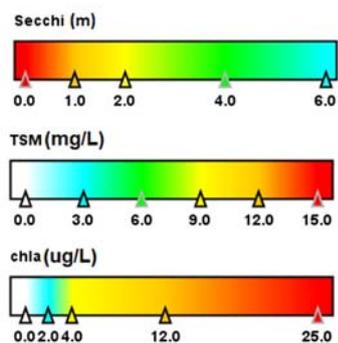
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
12-octubre-2023**

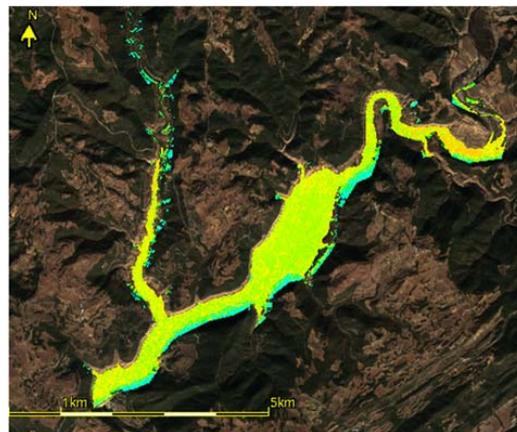
Transparencia	Clorofila a
2,14 m	9,56 µg/L
Mesotrófico	Eutrófico
Estado trófico promedio	
Eutrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 63. EMBALSE DE RIALB



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



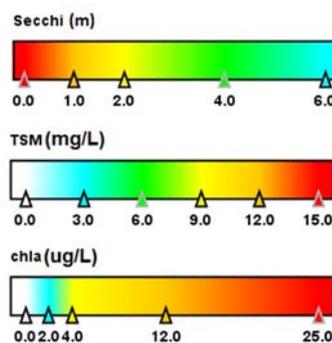
Materia en suspensión (TSM)



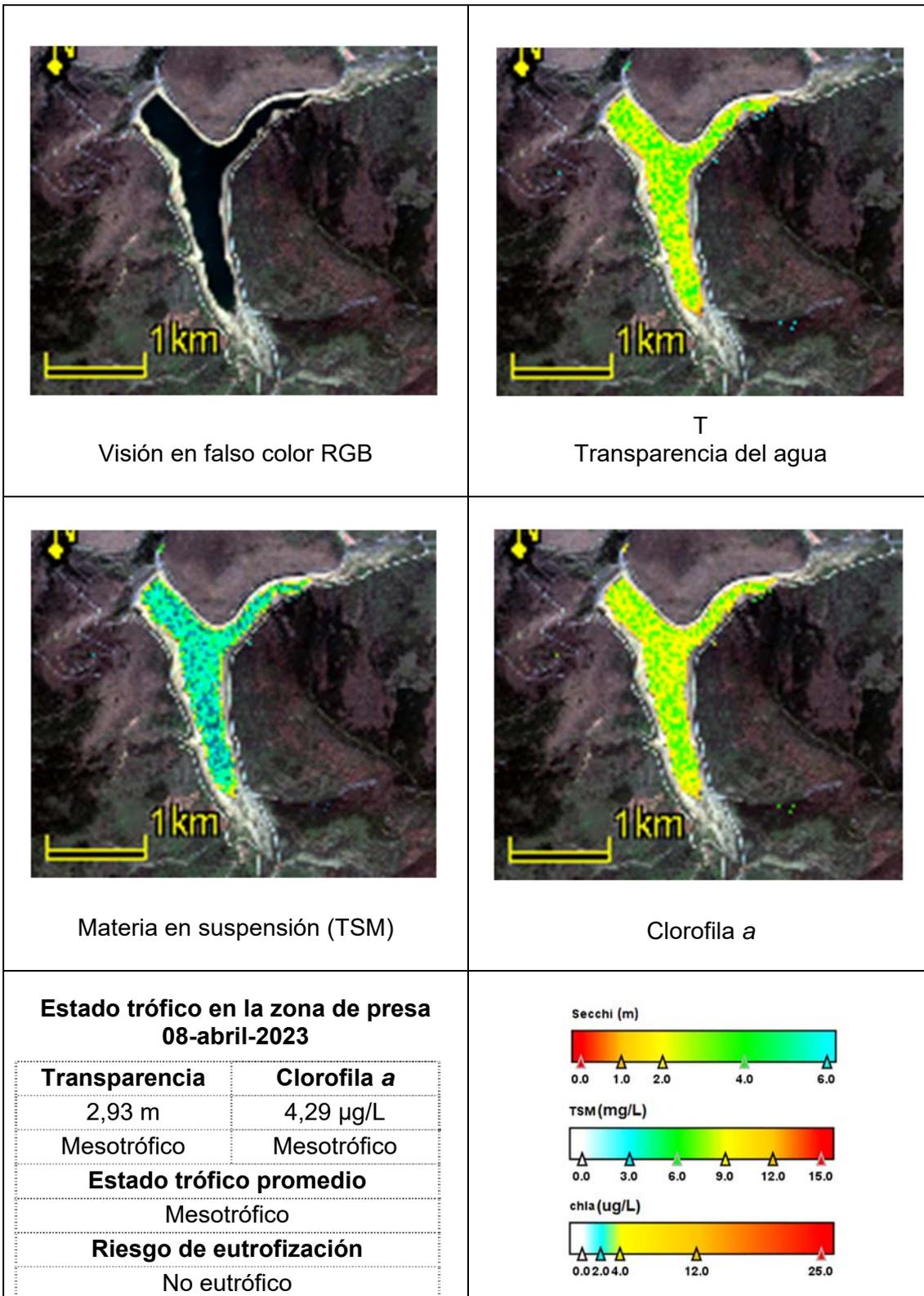
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
21-noviembre-2023**

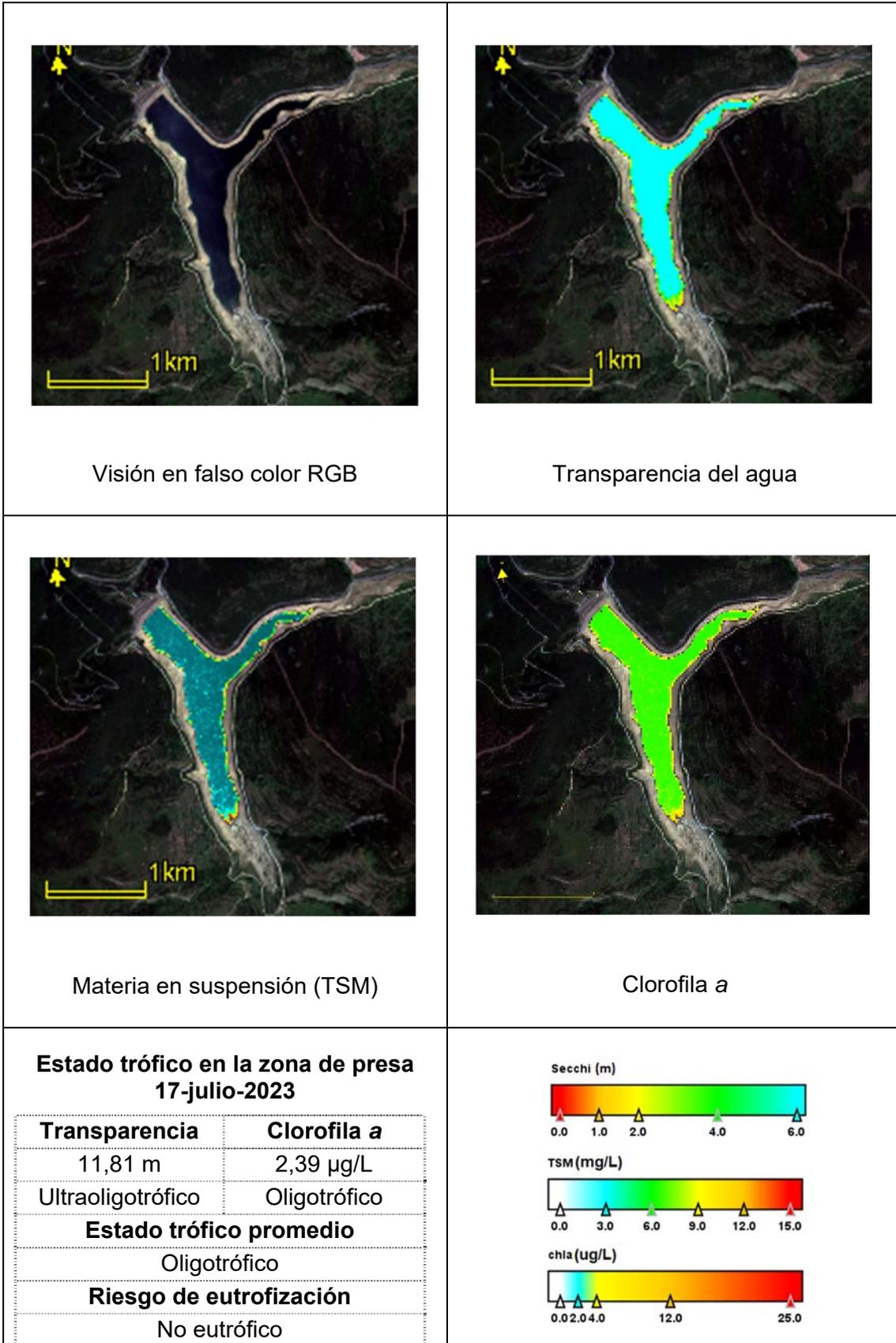
Transparencia	Clorofila a
2,55 m	3,45 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 64. EMBALSE DE PAJARES



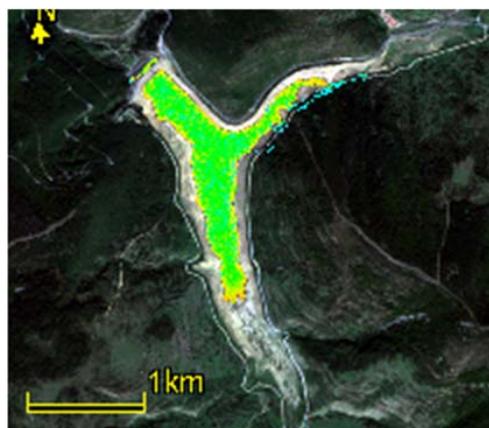
MAS 64. EMBALSE DE PAJARES



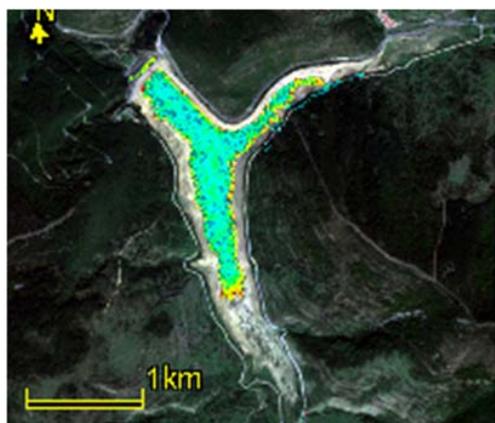
MAS 64. EMBALSE DE PAJARES



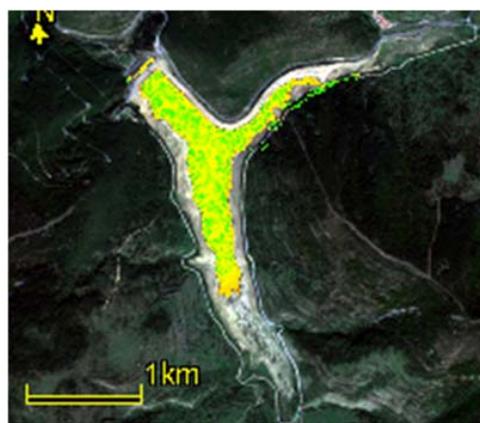
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



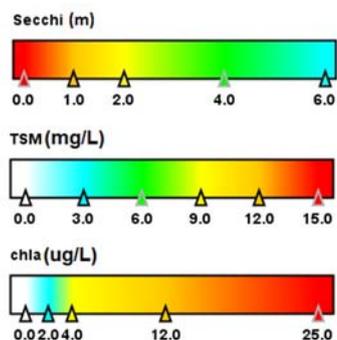
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 30-septiembre-2023

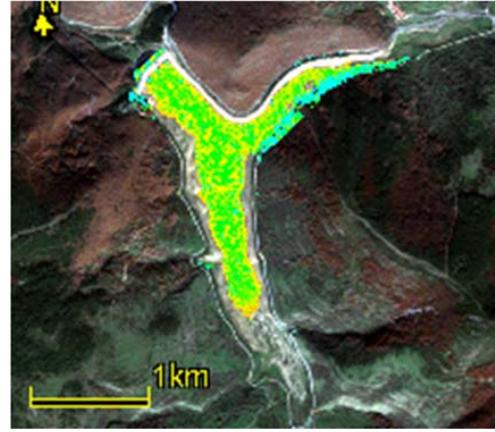
Transparencia	Clorofila a
4,15 m	3,73 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



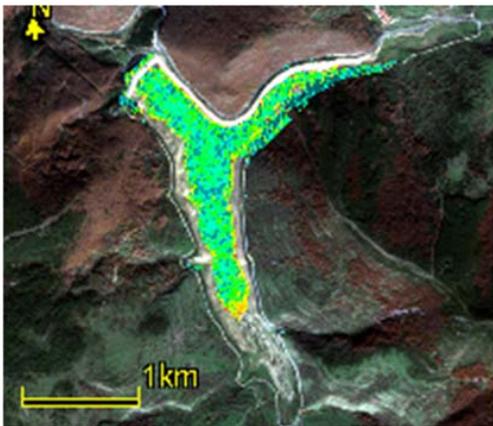
MAS 64. EMBALSE DE PAJARES



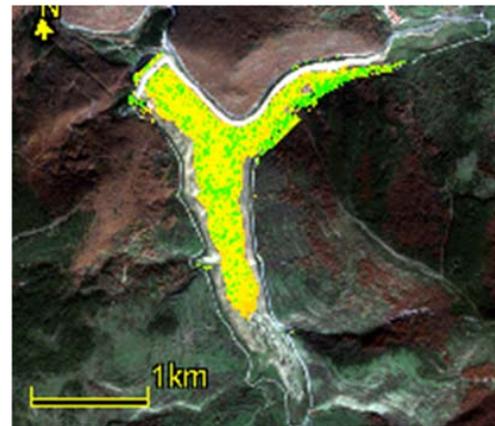
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



Materia en suspensión (TSM)

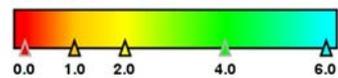


Clorofila a

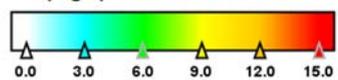
Estado trófico en la zona de presa 19-noviembre-2023

Transparencia	Clorofila a
3,97 m	4,26 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	

Secchi (m)



TSM (mg/L)



chl a (µg/L)



MAS 65. EMBALSE DE CAMARASA



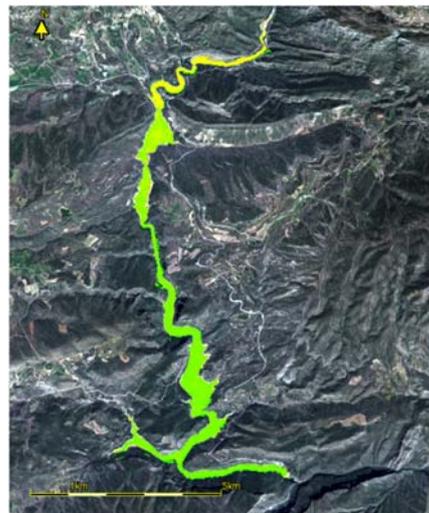
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



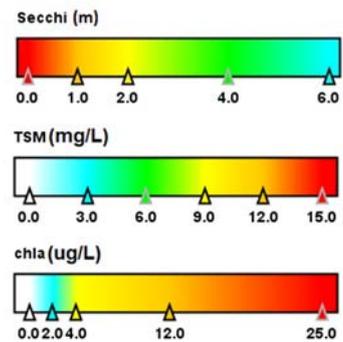
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 5-abril -2023

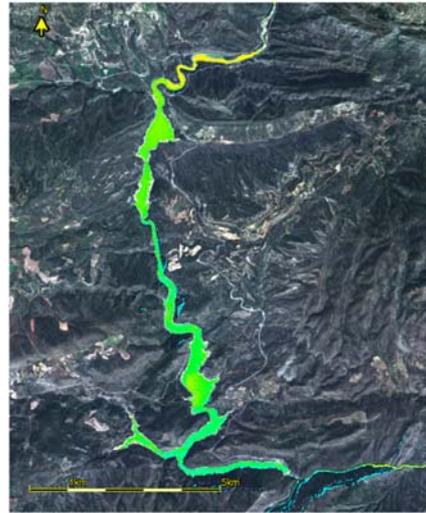
Transparencia	Clorofila a
5,85 m	2,64 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 65. EMBALSE DE CAMARASA



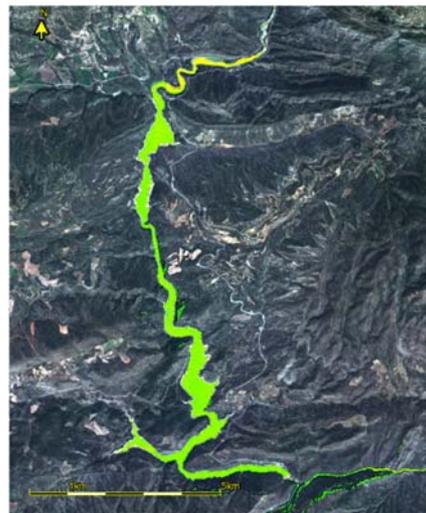
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



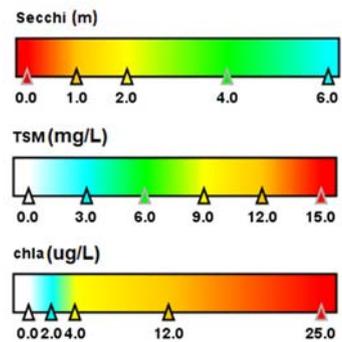
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
5,52 m	2,80 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 65. EMBALSE DE CAMARASA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



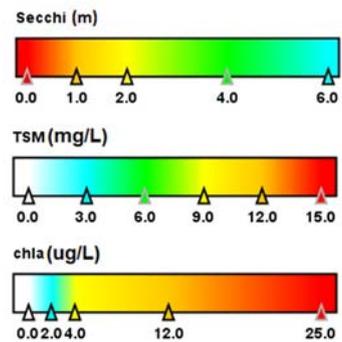
Materia en suspensión (TSM)



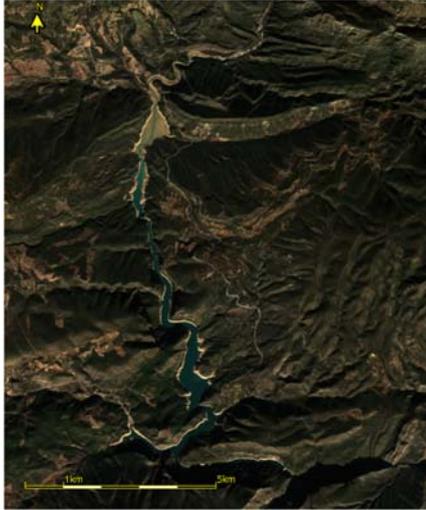
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 2-octubre-2023

Transparencia	Clorofila a
4,14 m	2,89 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 65. EMBALSE DE CAMARASA



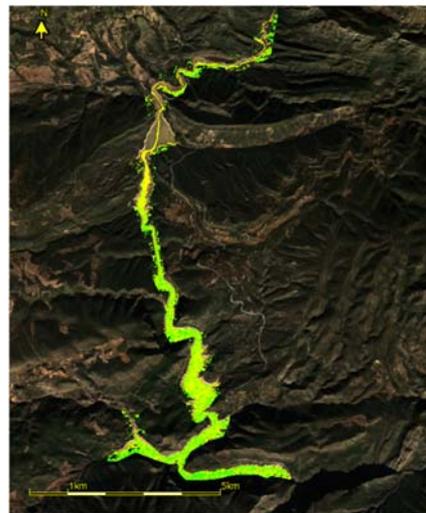
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



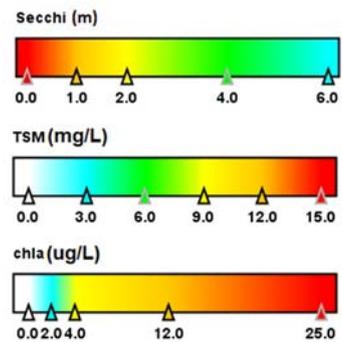
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 21-noviembre-2023

Transparencia	Clorofila a
3,66 m	3,01 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 67 y 1049. EMBALSES DE SAN LORENZO y BALAGUER



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



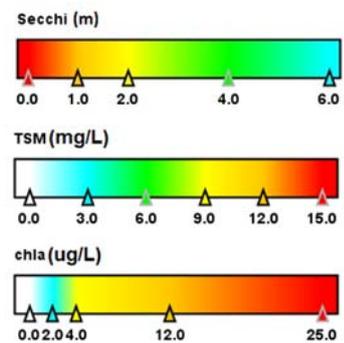
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
26-marzo-2023**

Transparencia		Clorofila a	
2,75 m	2,51 m	3,10 µg/L	11,15 µg/L
Mesotrófico		Mesotrófico	
		Eutrófico	
Estado trófico promedio			
Mesotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			



MAS 67 y 1049. EMBALSES DE SAN LORENZO y BALAGUER



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



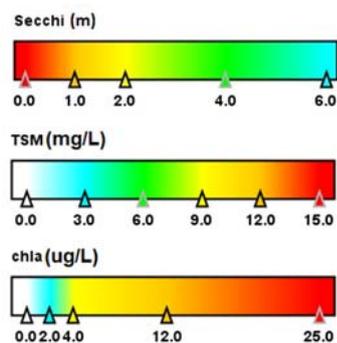
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
14-julio-2023**

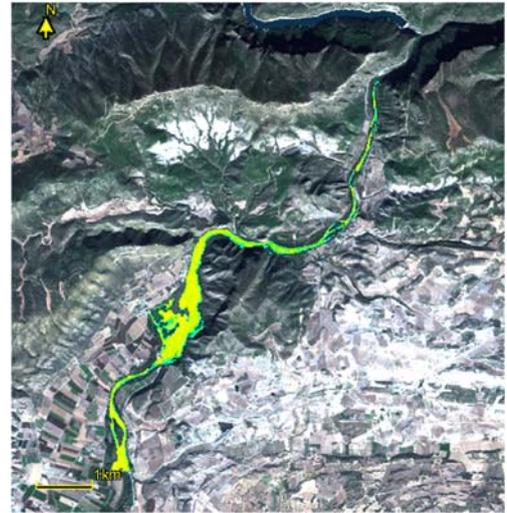
Transparencia		Clorofila a	
3,93 m	3,06 m	2,98 µg/L	3,52 µg/L
Oligotrófico		Mesotrófico	
Estado trófico promedio			
Mesotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			



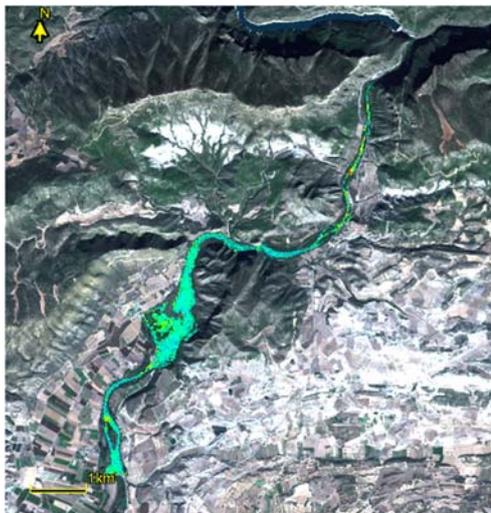
MAS 67 y 1049. EMBALSES DE SAN LORENZO y BALAGUER



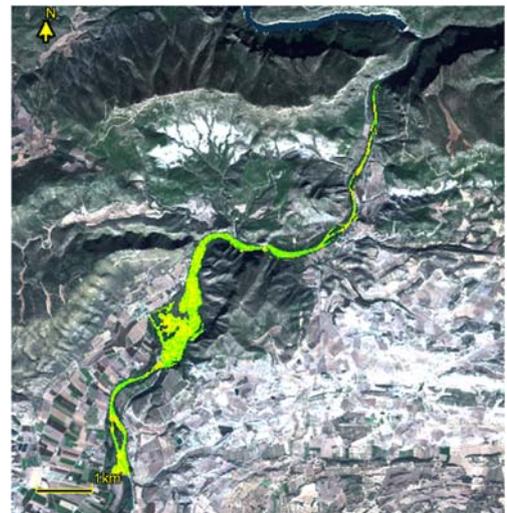
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



Materia en suspensión (TSM)

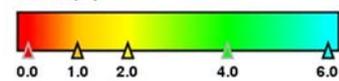


Clorofila a

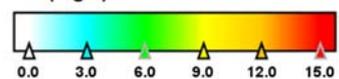
**Estado trófico en la zona de presa
27-septiembre-2023**

Transparencia		Clorofila a	
3,28 m	2,01 m	3,03 µg/L	2,84 µg/L
Oligotrófico		Mesotrófico	
Estado trófico promedio			
Mesotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			

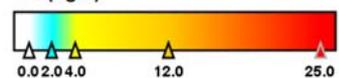
Secchi (m)



TSM(mg/L)



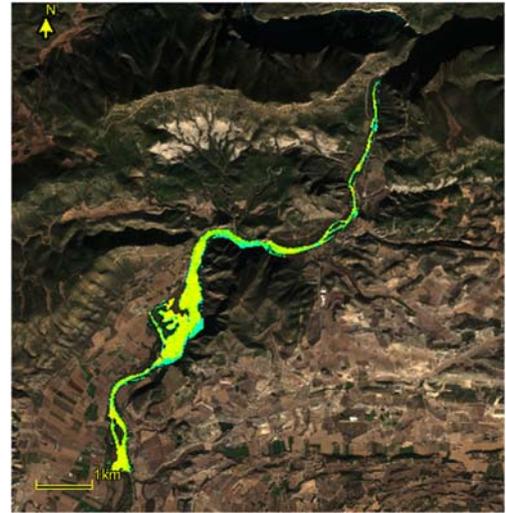
chl a (ug/L)



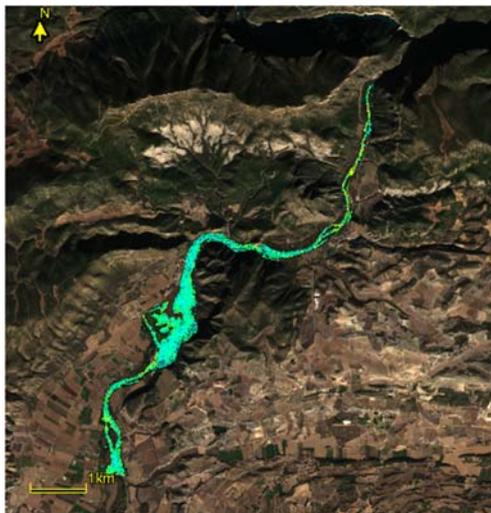
MAS 67 y 1049. EMBALSES DE SAN LORENZO y BALAGUER



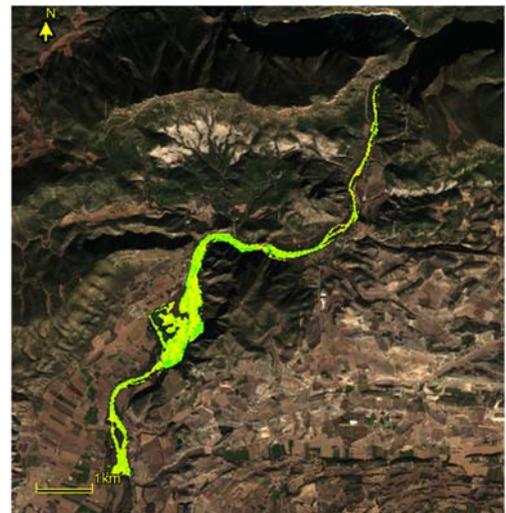
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



Materia en suspensión (TSM)

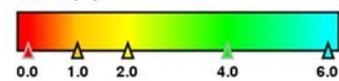


Clorofila a

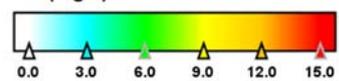
**Estado trófico en la zona de presa
21-noviembre-2023**

Transparencia		Clorofila a	
2,48 m	2,23 m	3,69 µg/L	5,28 µg/L
Mesotrófico		Mesotrófico	
Estado trófico promedio			
Mesotrófico			
Riesgo de eutrofización			
No eutrófico			

Secchi (m)



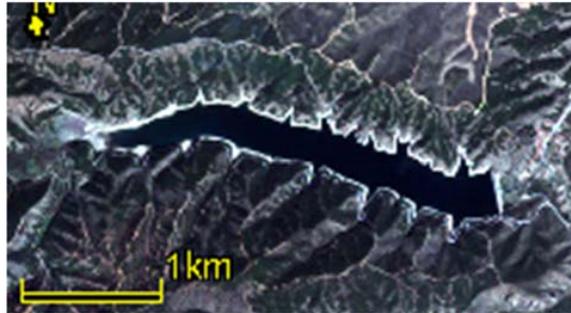
TSM(mg/L)



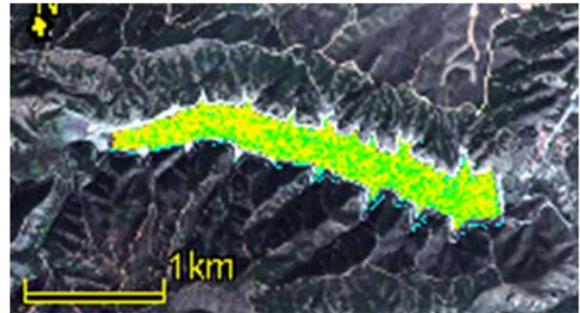
chl a (ug/L)



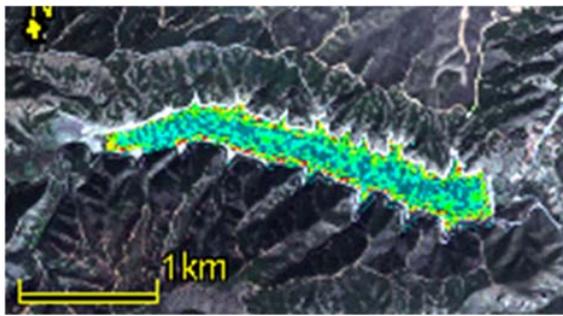
MAS 68. EMBALSE DE EL VAL



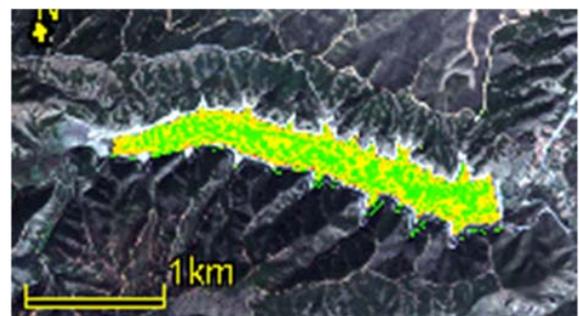
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



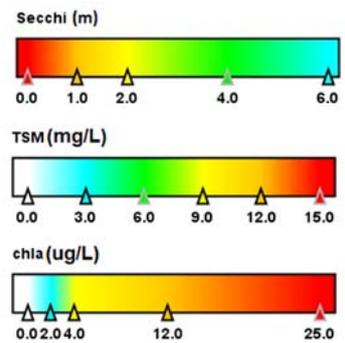
Materia en suspensión (TSM)



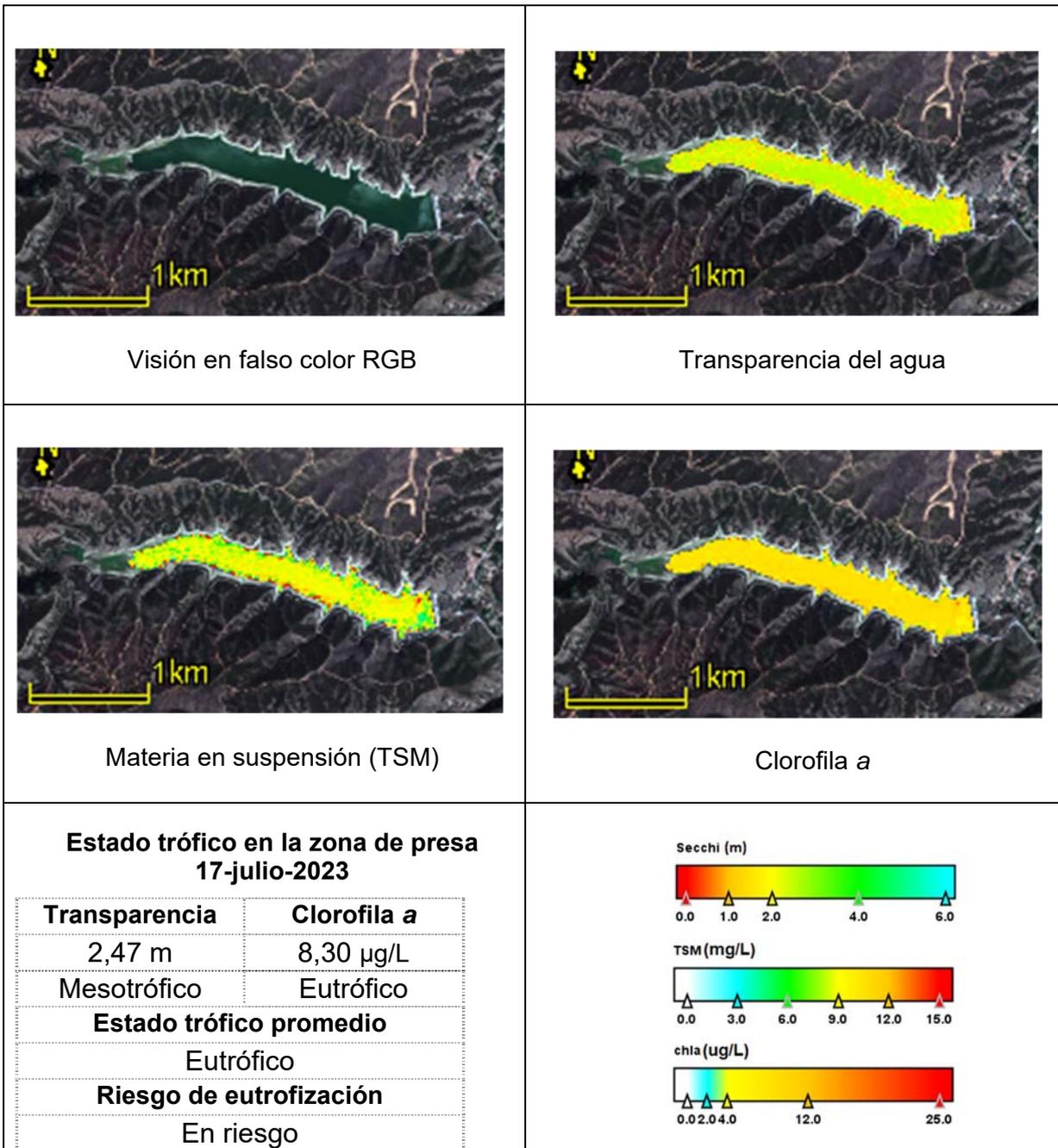
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 08-abril-2023

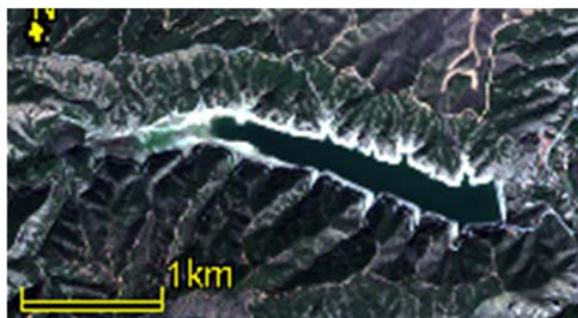
Transparencia	Clorofila a
2,68 m	2,55 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



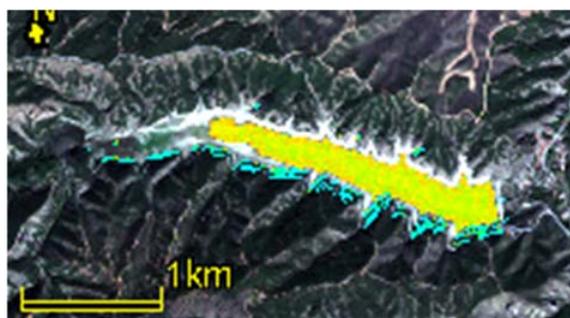
MAS 68. EMBALSE DE EL VAL



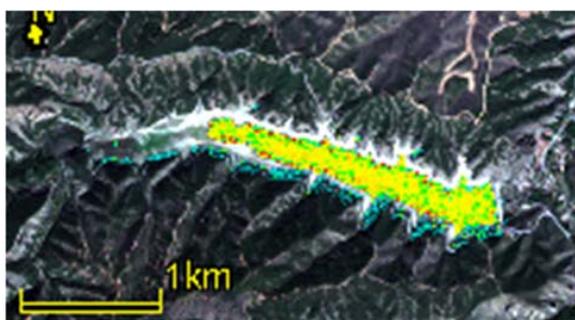
MAS 68. EMBALSE DE EL VAL



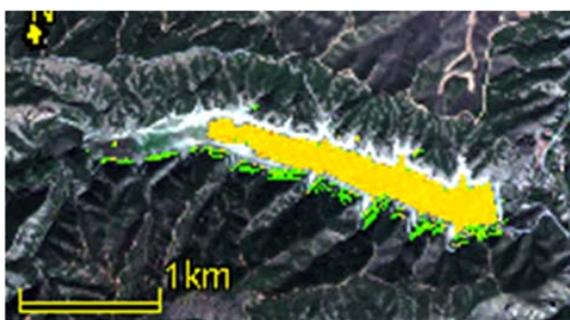
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



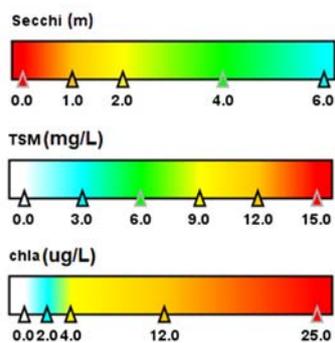
Materia en suspensión (TSM)



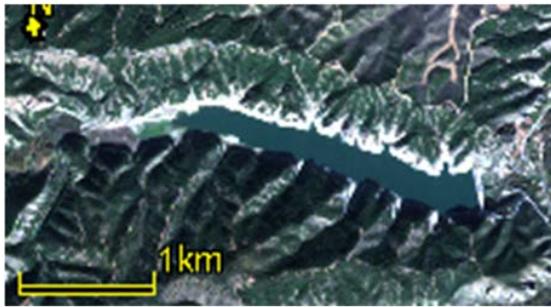
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 30-septiembre-2023

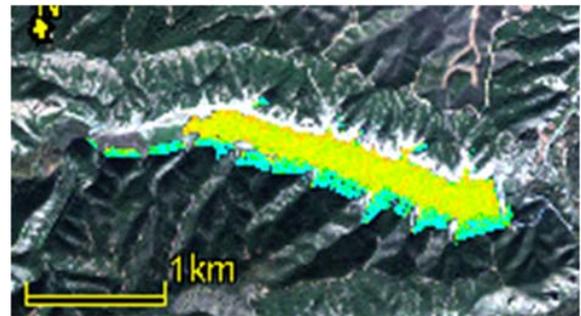
Transparencia	Clorofila a
2,40 m	7,45 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



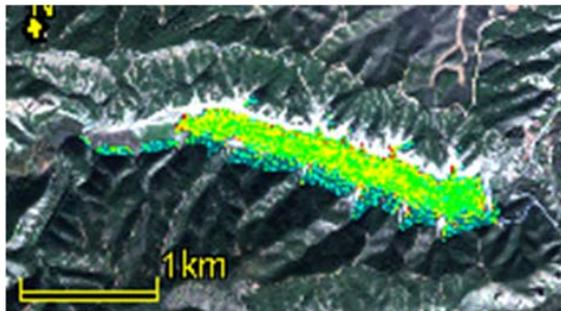
MAS 68. EMBALSE DE EL VAL



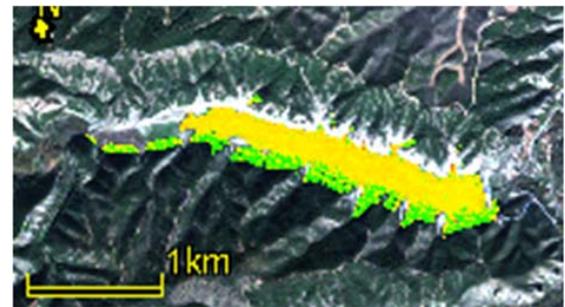
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



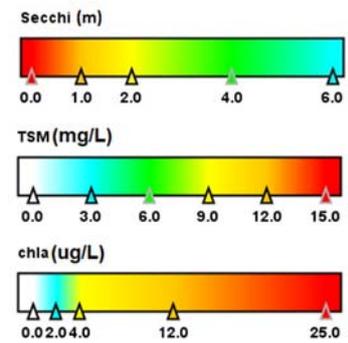
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-noviembre-2023

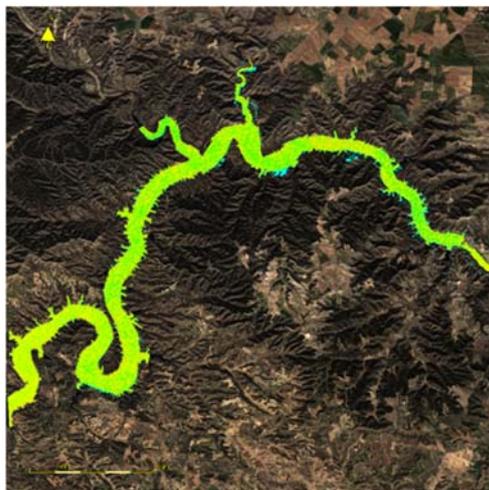
Transparencia	Clorofila a
2,33 m	5,29 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



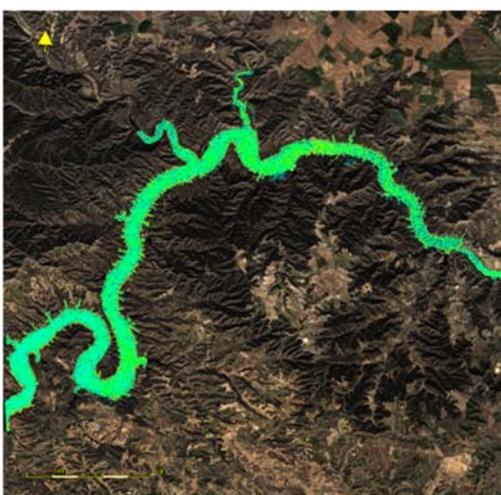
MAS 70. EMBALSE DE MEQUINENZA



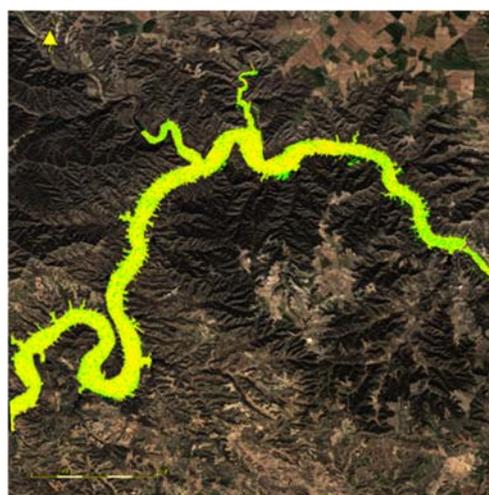
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



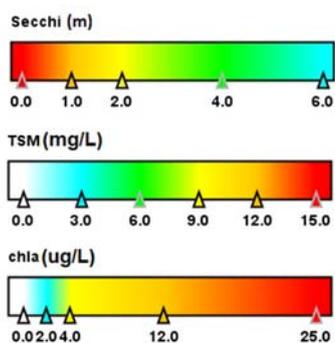
Materia en suspensión (TSM)



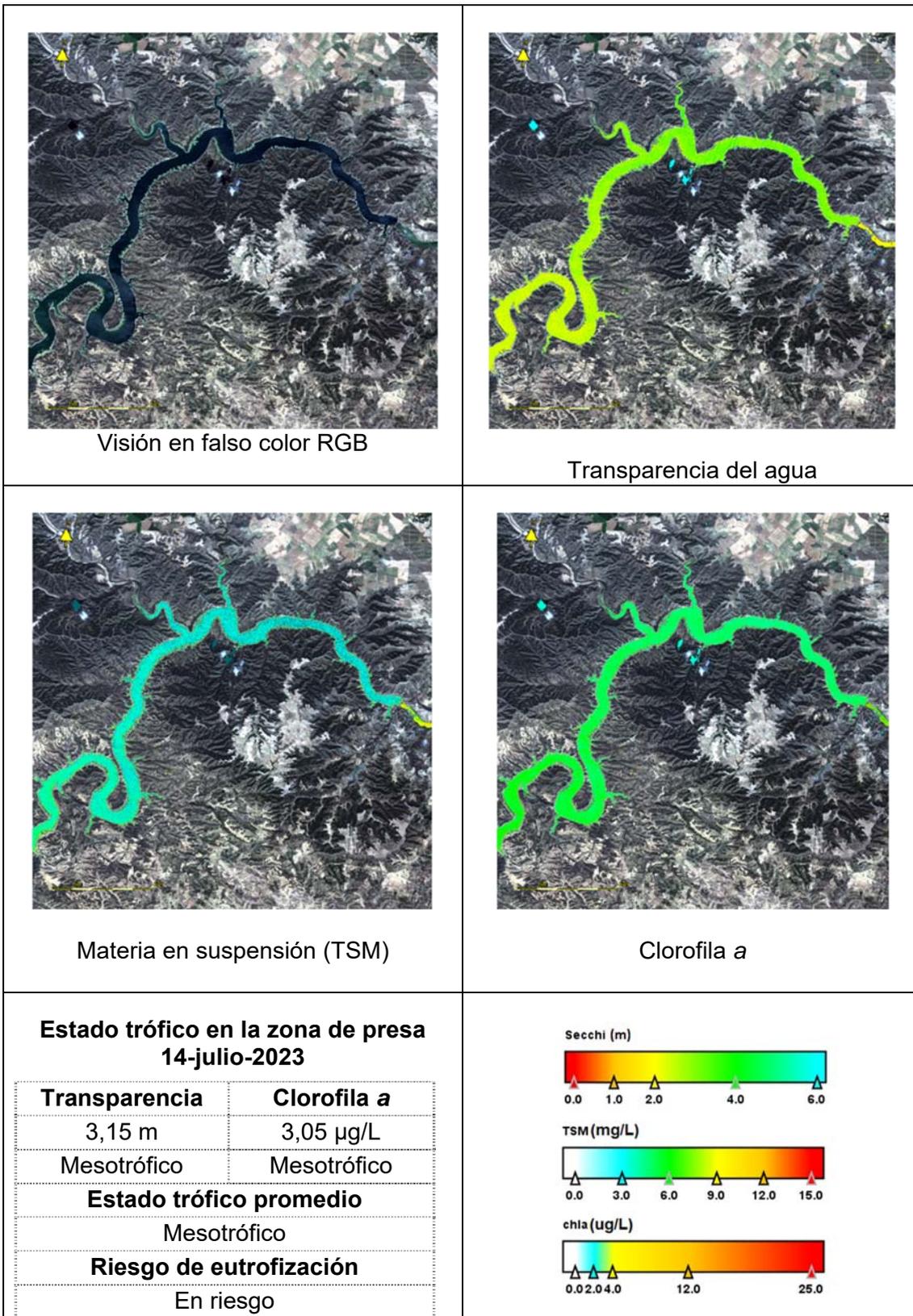
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 26-marzo-2023

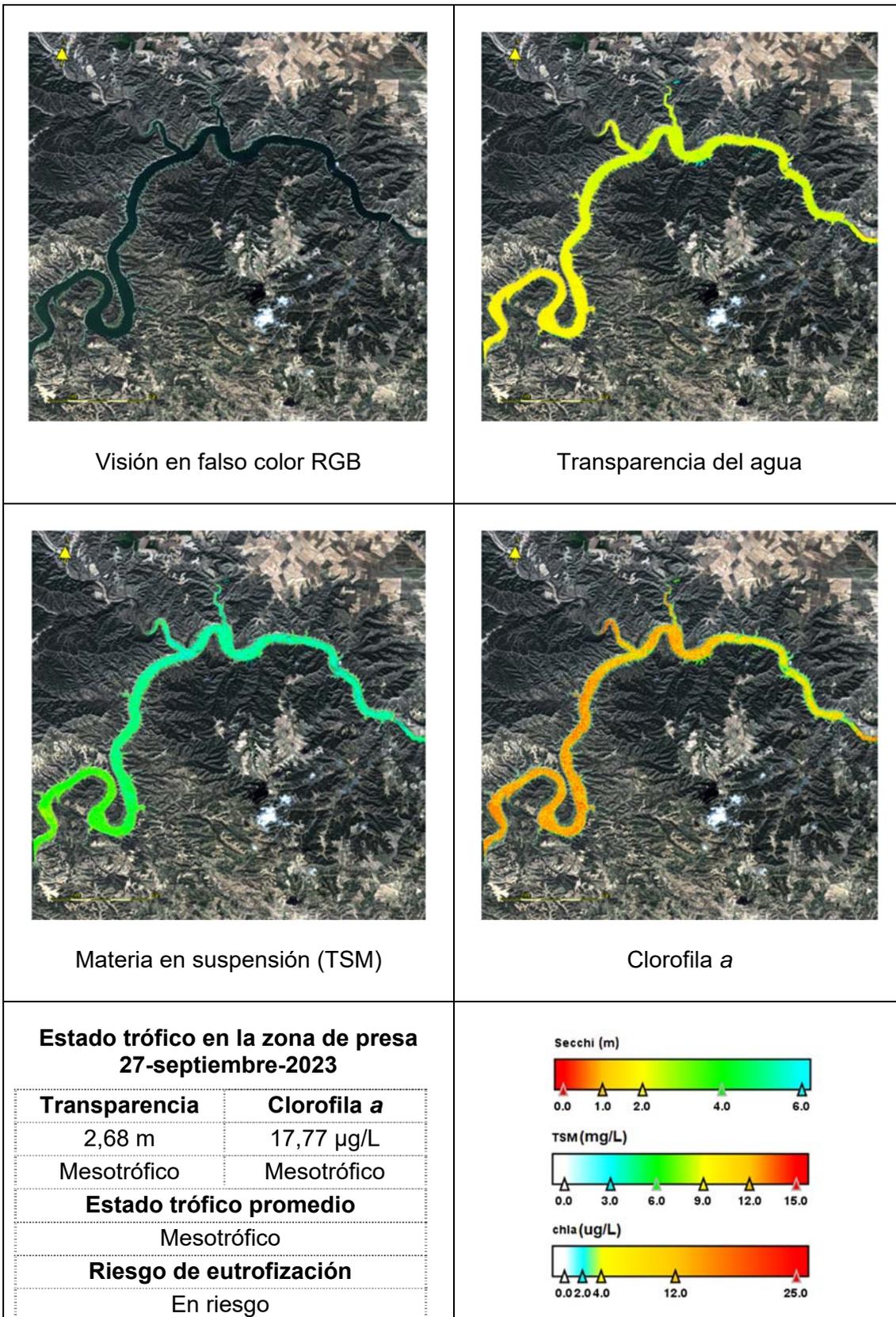
Transparencia	Clorofila a
2,79 m	5,84 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 70. EMBALSE DE MEQUINENZA



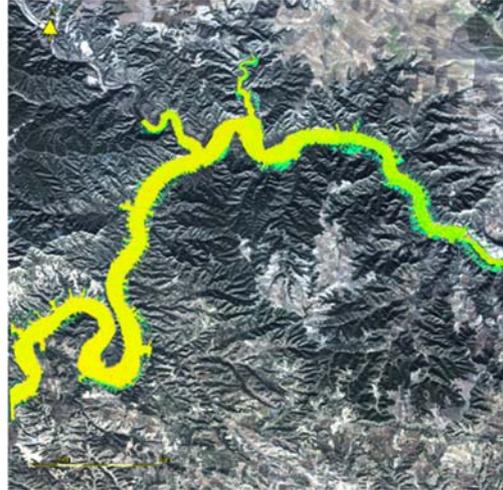
MAS 70. EMBALSE DE MEQUINENZA



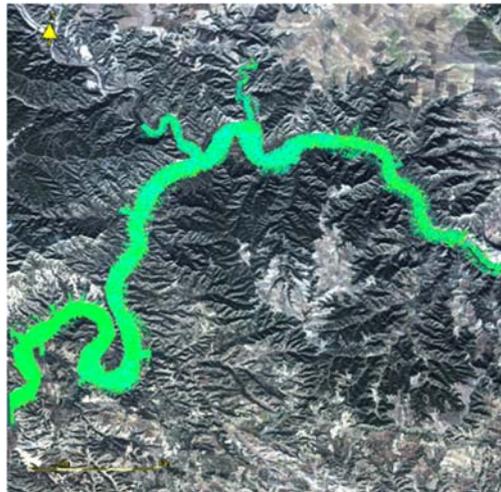
MAS 70. EMBALSE DE MEQUINENZA



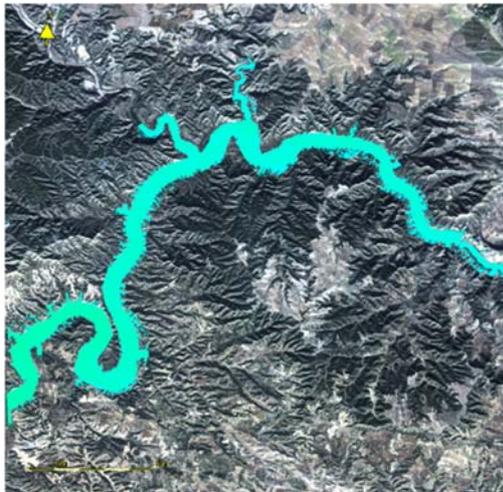
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



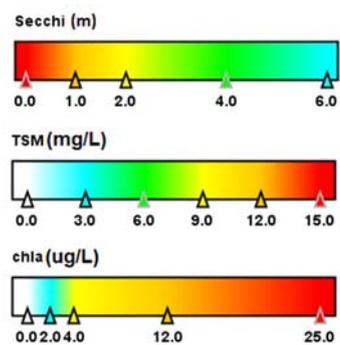
Materia en suspensión (TSM)



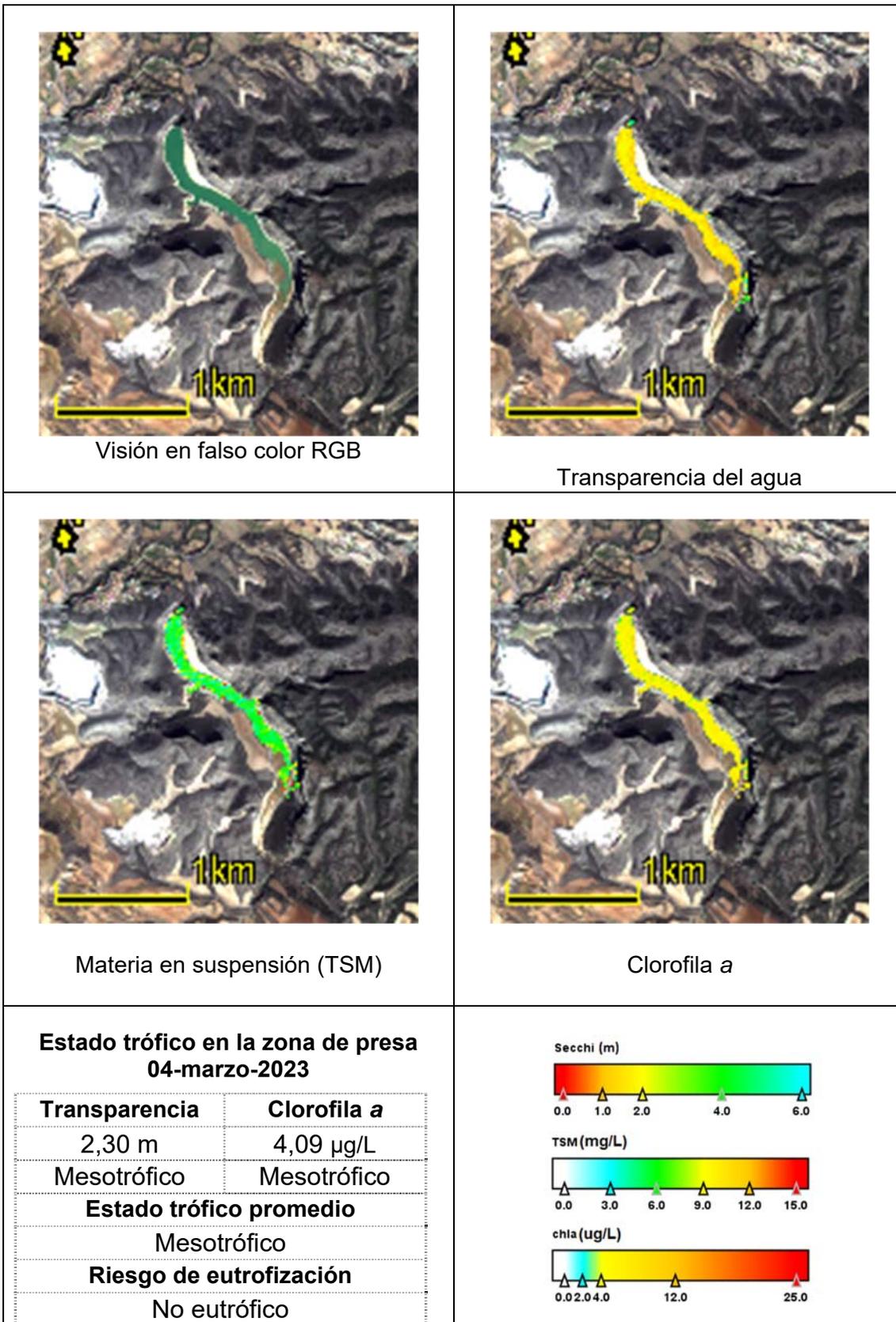
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 06-diciembre-2023

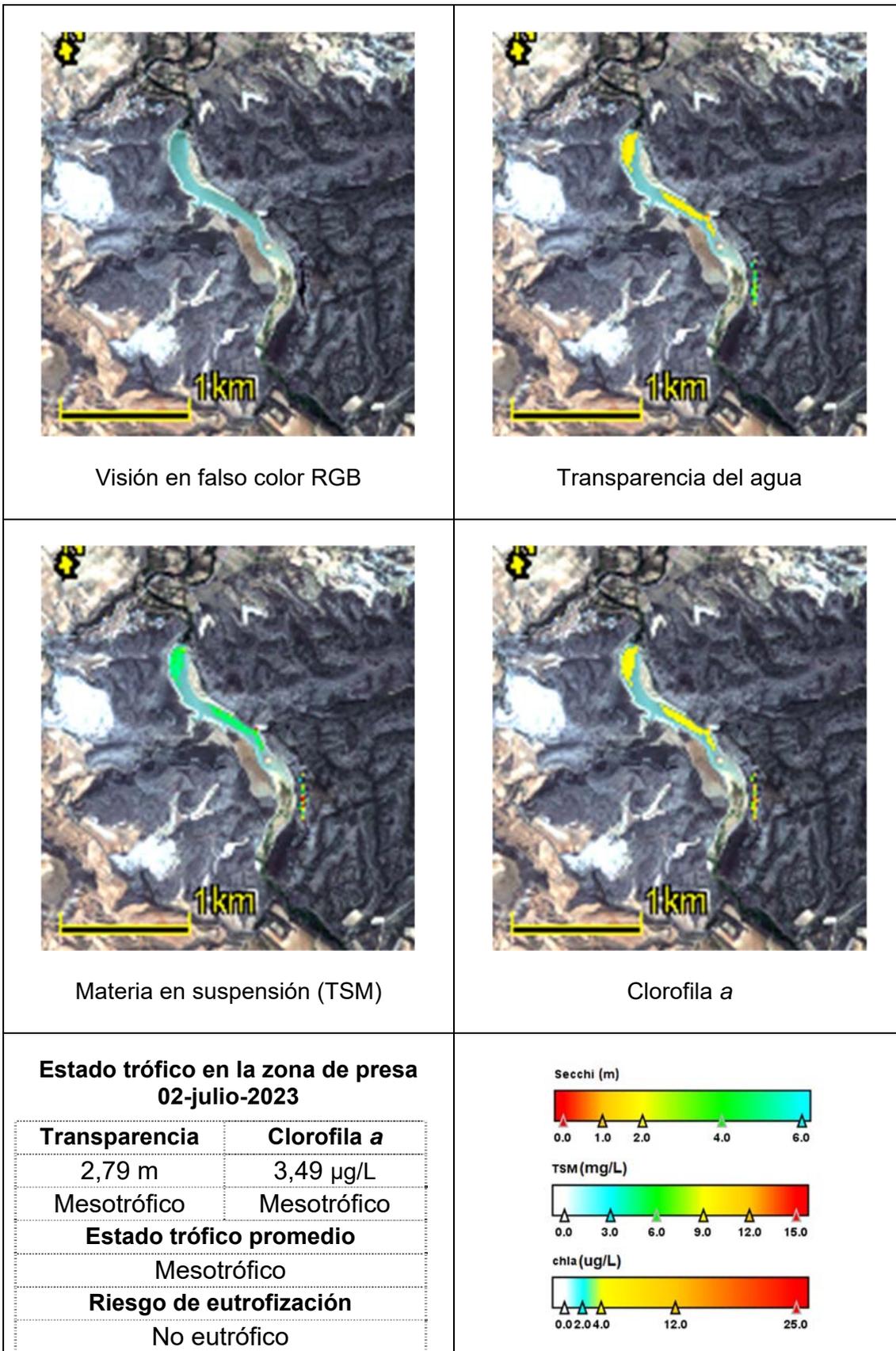
Transparencia	Clorofila a
1,83 m	0,17 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



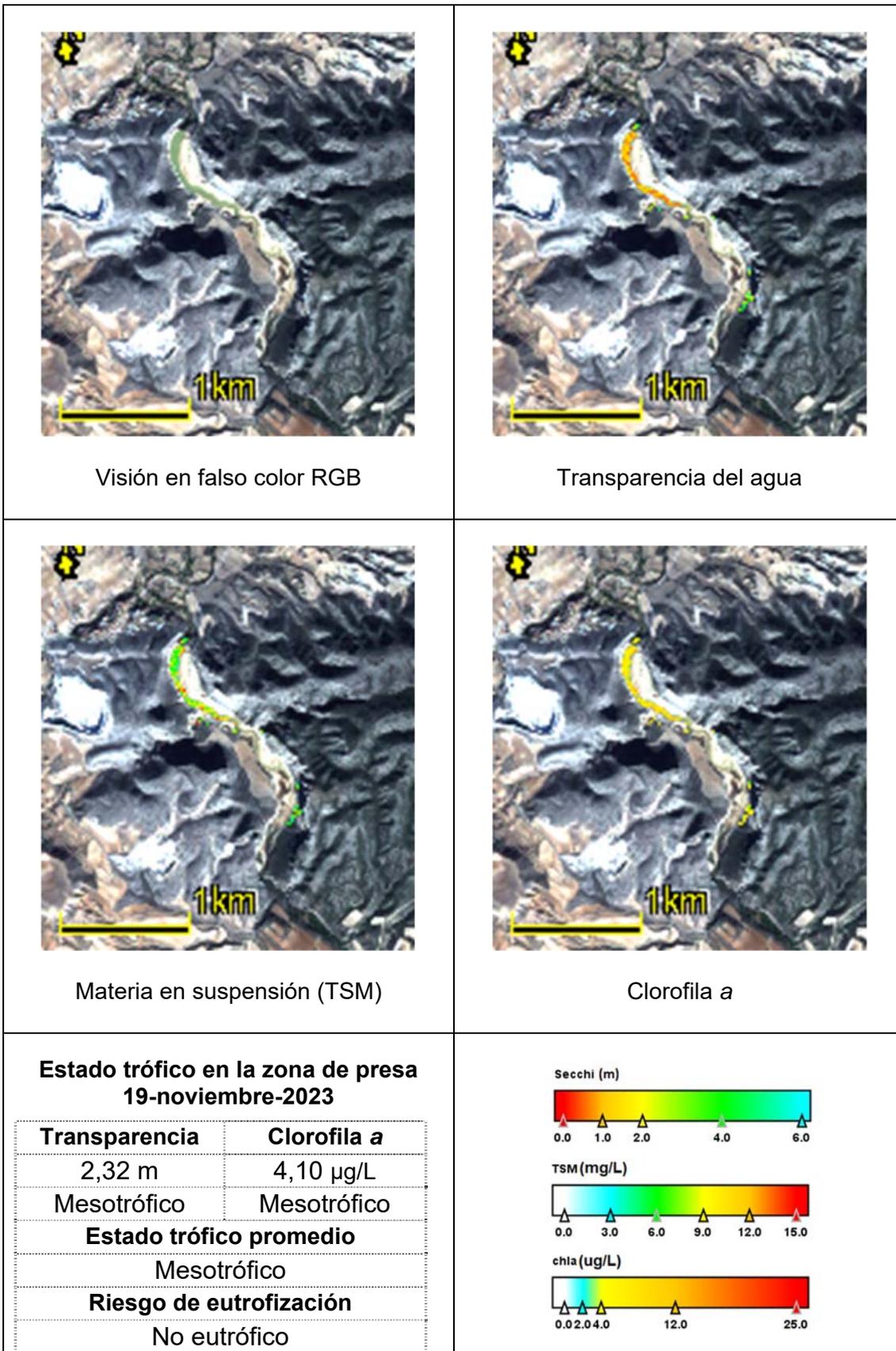
MAS 71. EMBALSE DE MEZALOCHA



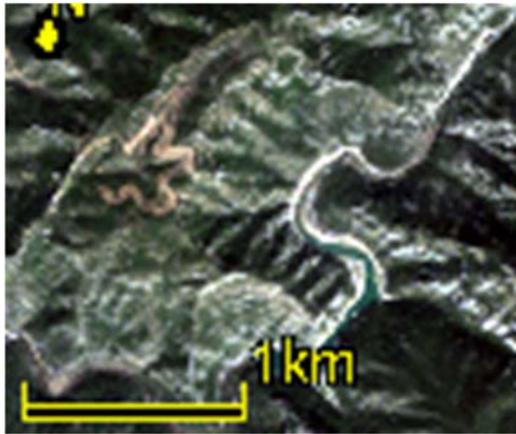
MAS 71. EMBALSE DE MEZALOCHA



MAS 71. EMBALSE DE MEZALOCHA



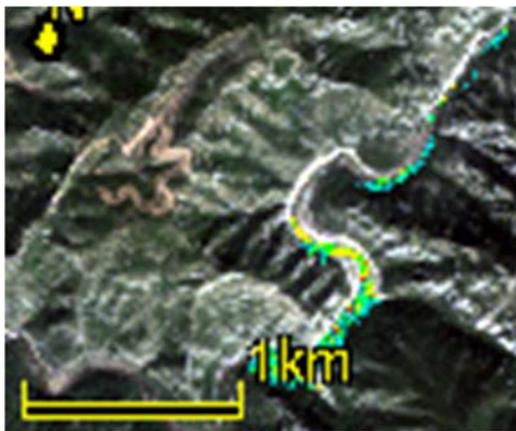
MAS 72. EMBALSE DE MARGALEF



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



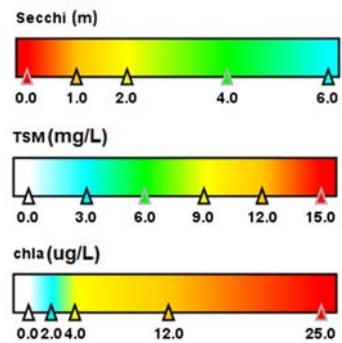
Materia en suspensión (TSM)



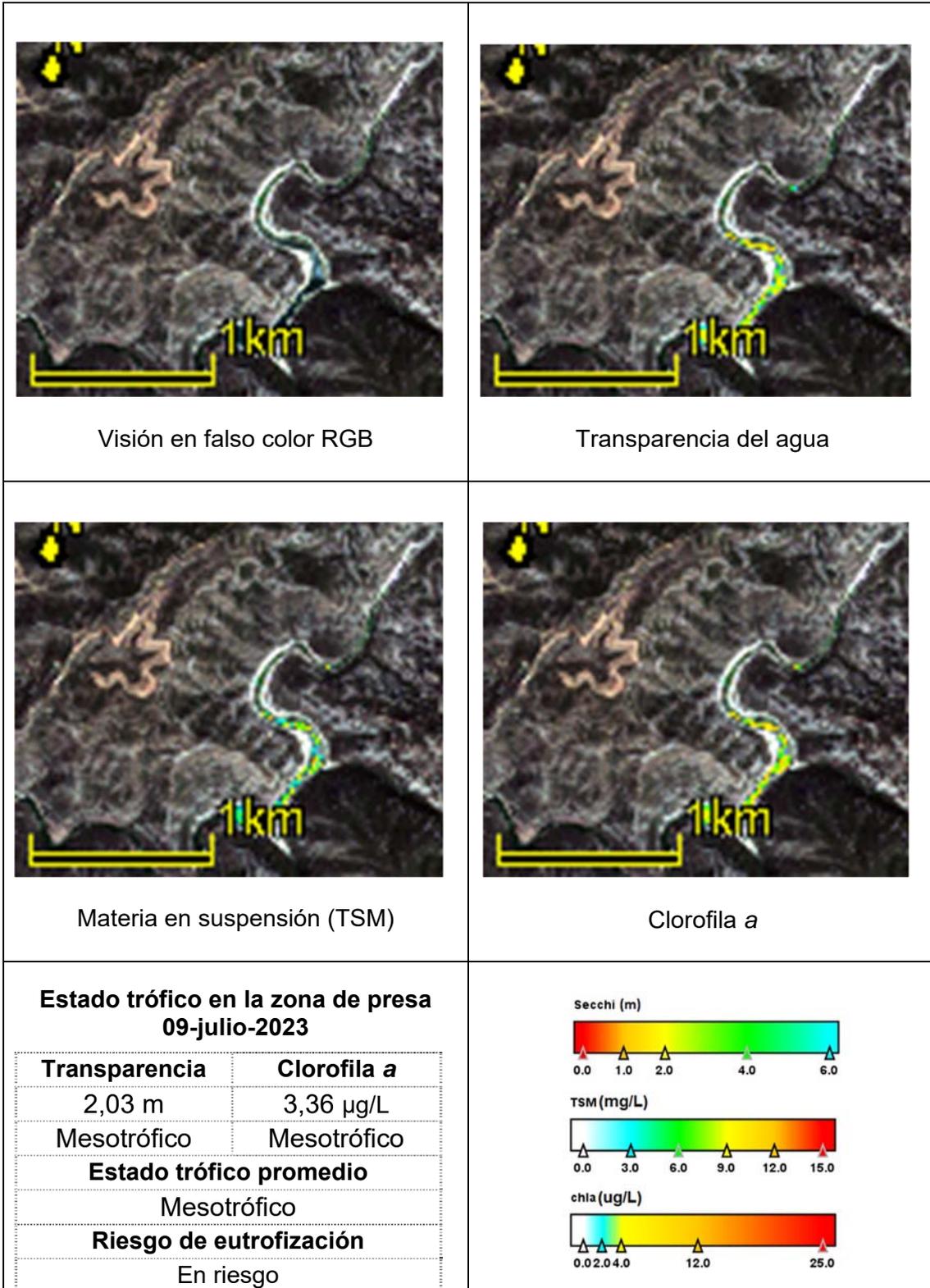
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
01-marzo-2023**

Transparencia	Clorofila a
2,77 m	3,36 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 72. EMBALSE DE MARGALEF



MAS 72. EMBALSE DE MARGALEF



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



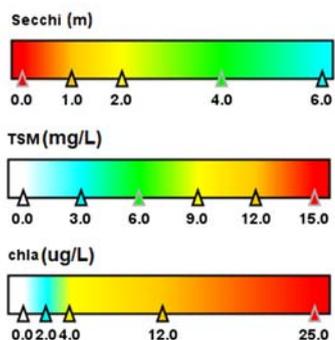
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 27-septiembre-2023

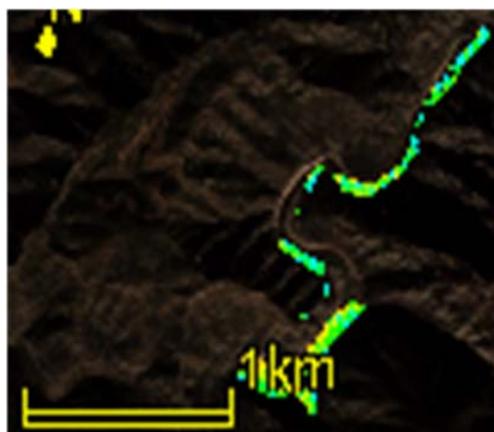
Transparencia	Clorofila a
2,03 m	6,24 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



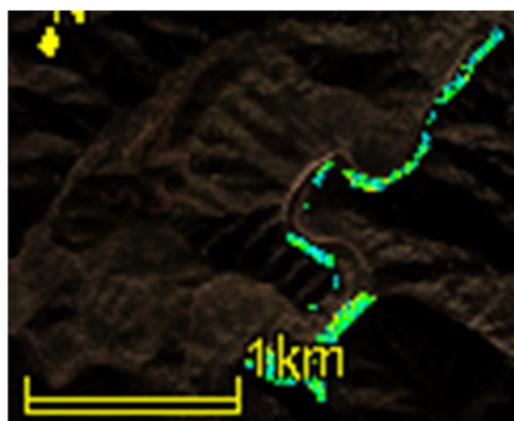
MAS 72. EMBALSE DE MARGALEF



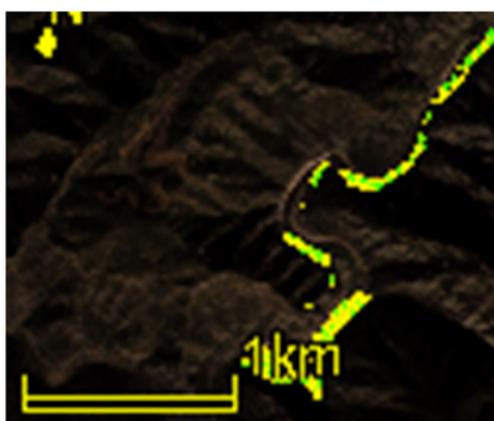
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



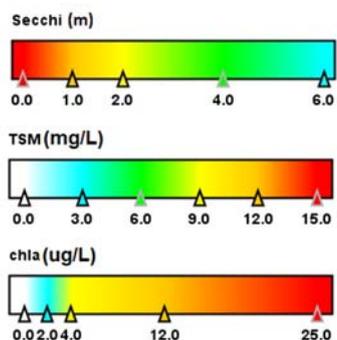
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 26-noviembre-2023

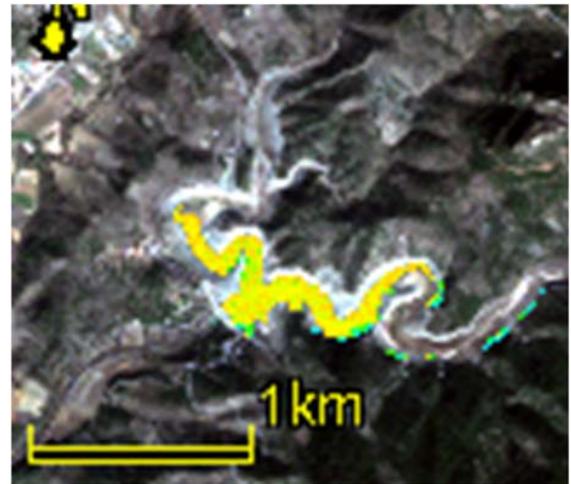
Transparencia	Clorofila a
1,50 m	8,18 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



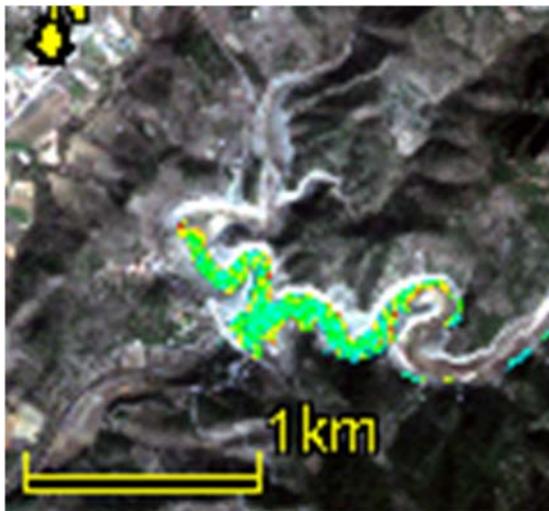
MAS 73. EMBALSE DE CIURANA



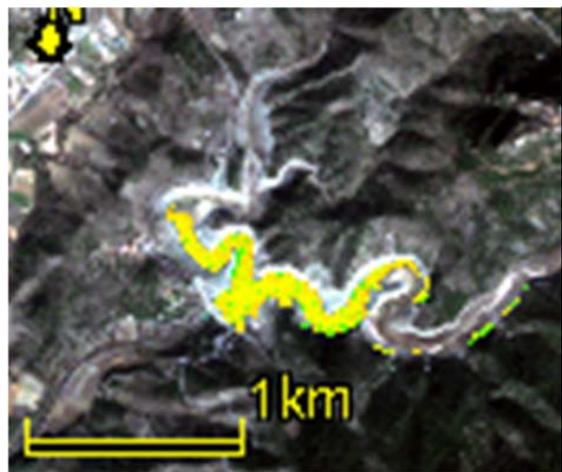
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



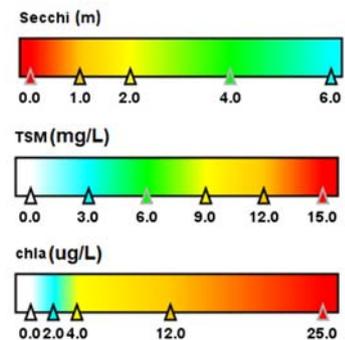
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
01-marzo-2023**

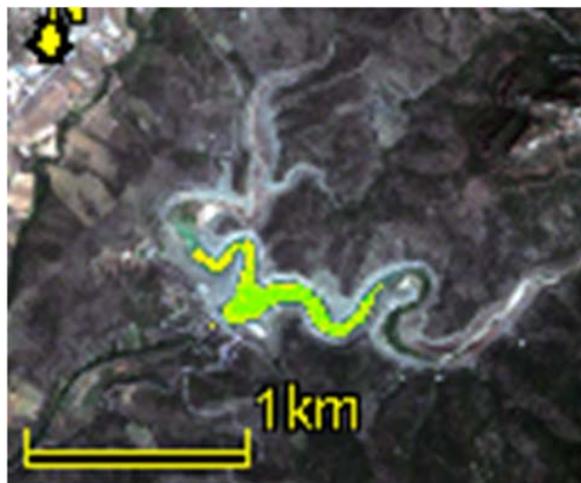
Transparencia	Clorofila a
1,67 m	5,74 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



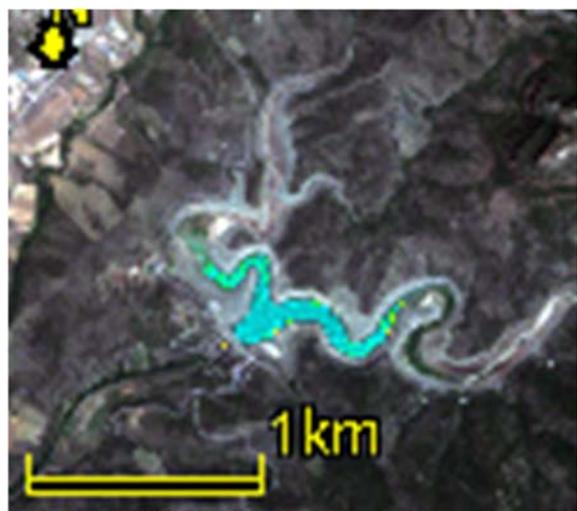
MAS 73. EMBALSE DE CIURANA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



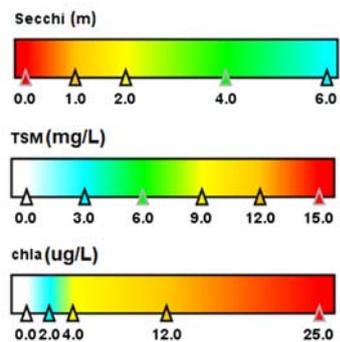
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-julio-2023

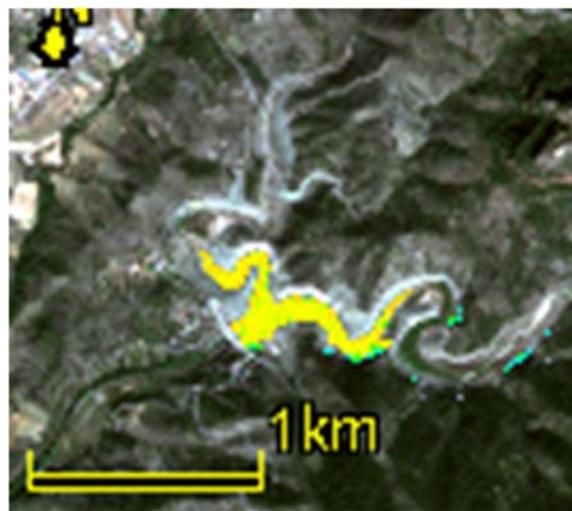
Transparencia	Clorofila a
1,95 m	4,45 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



MAS 73. EMBALSE DE CIURANA



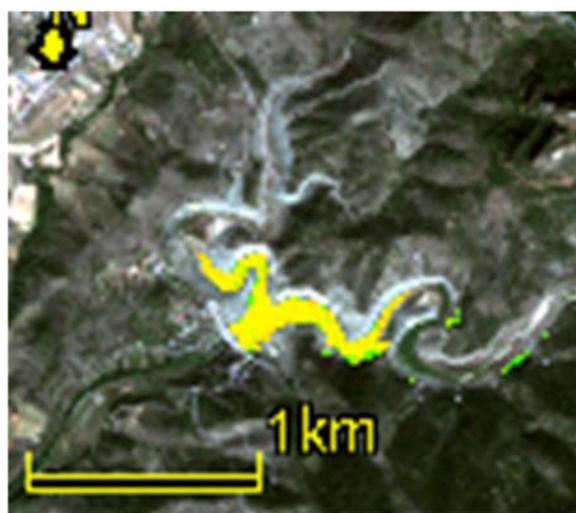
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



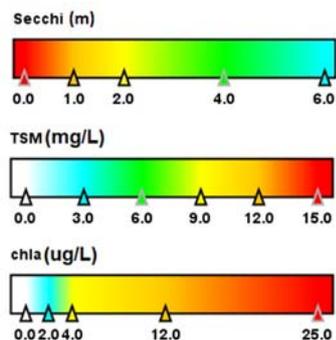
Materia en suspensión (TSM)



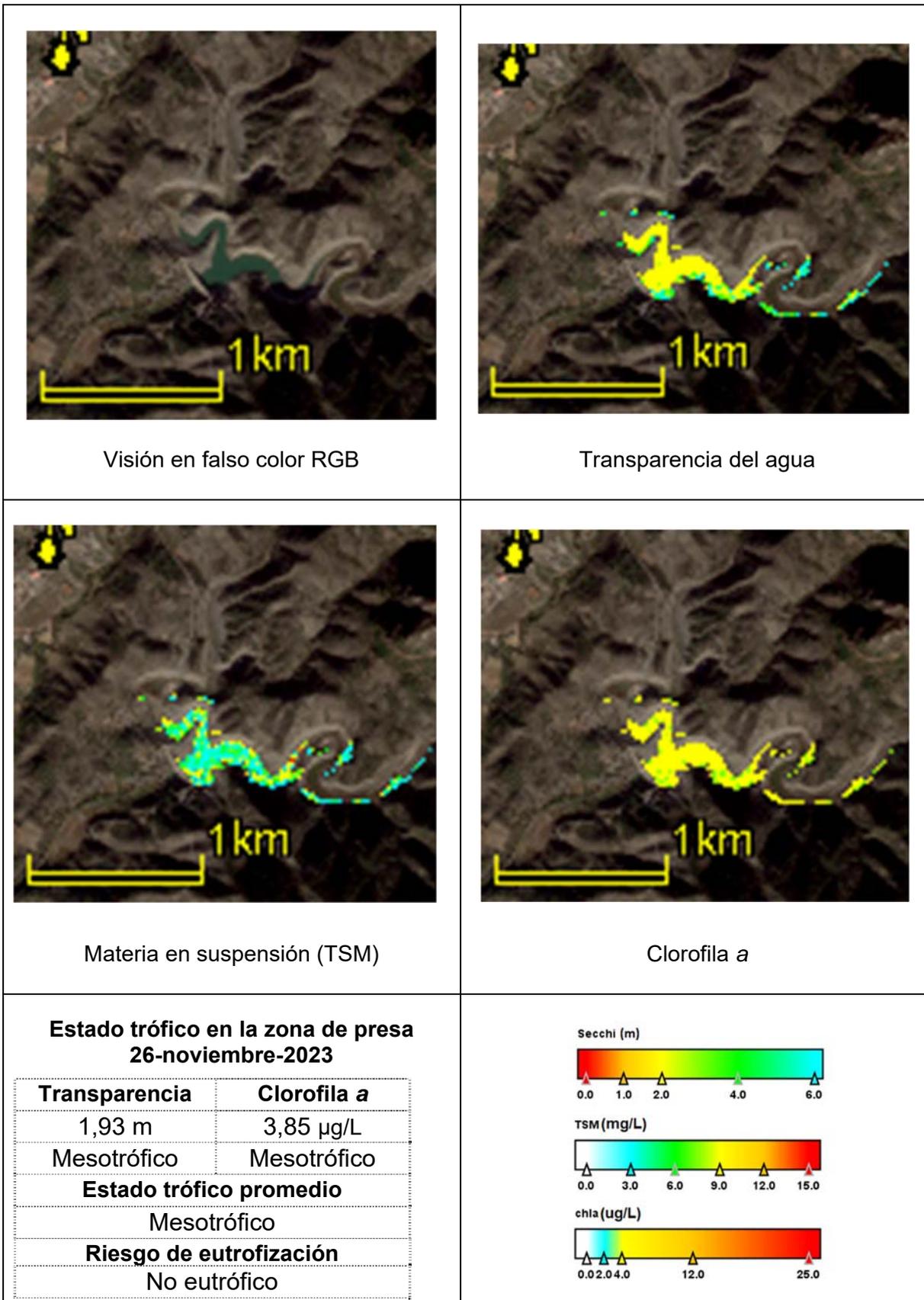
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 27-septiembre-2023

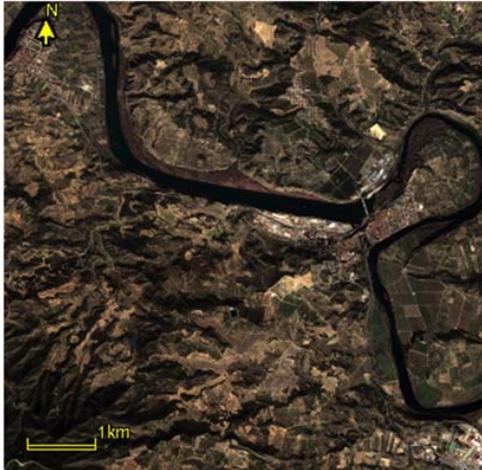
Transparencia	Clorofila a
1,96 m	5,42 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



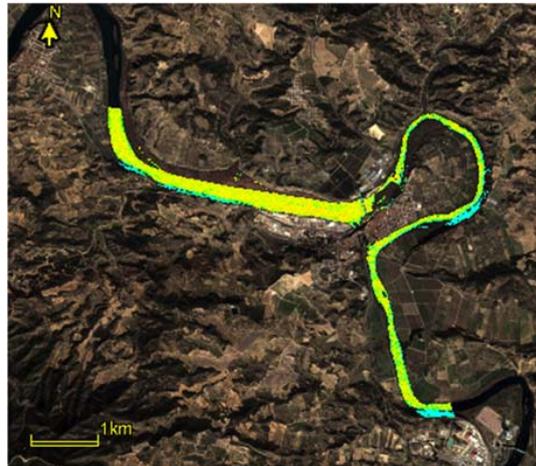
MAS 73. EMBALSE DE CIURANA



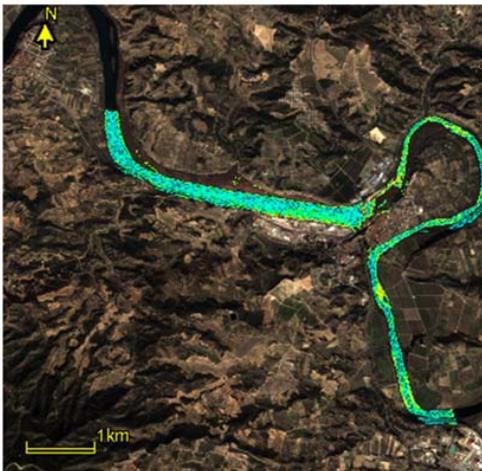
MAS 74. EMBALSE DE FLIX



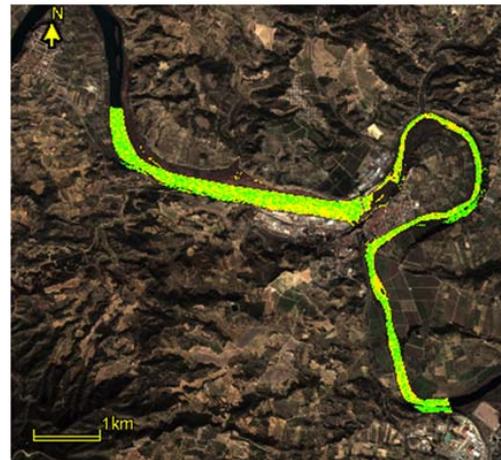
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



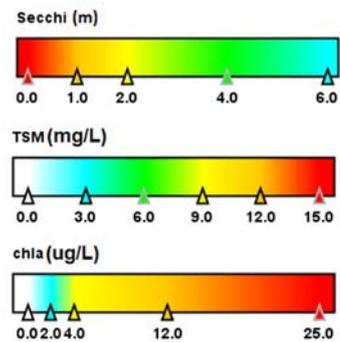
Materia en suspensión (TSM)



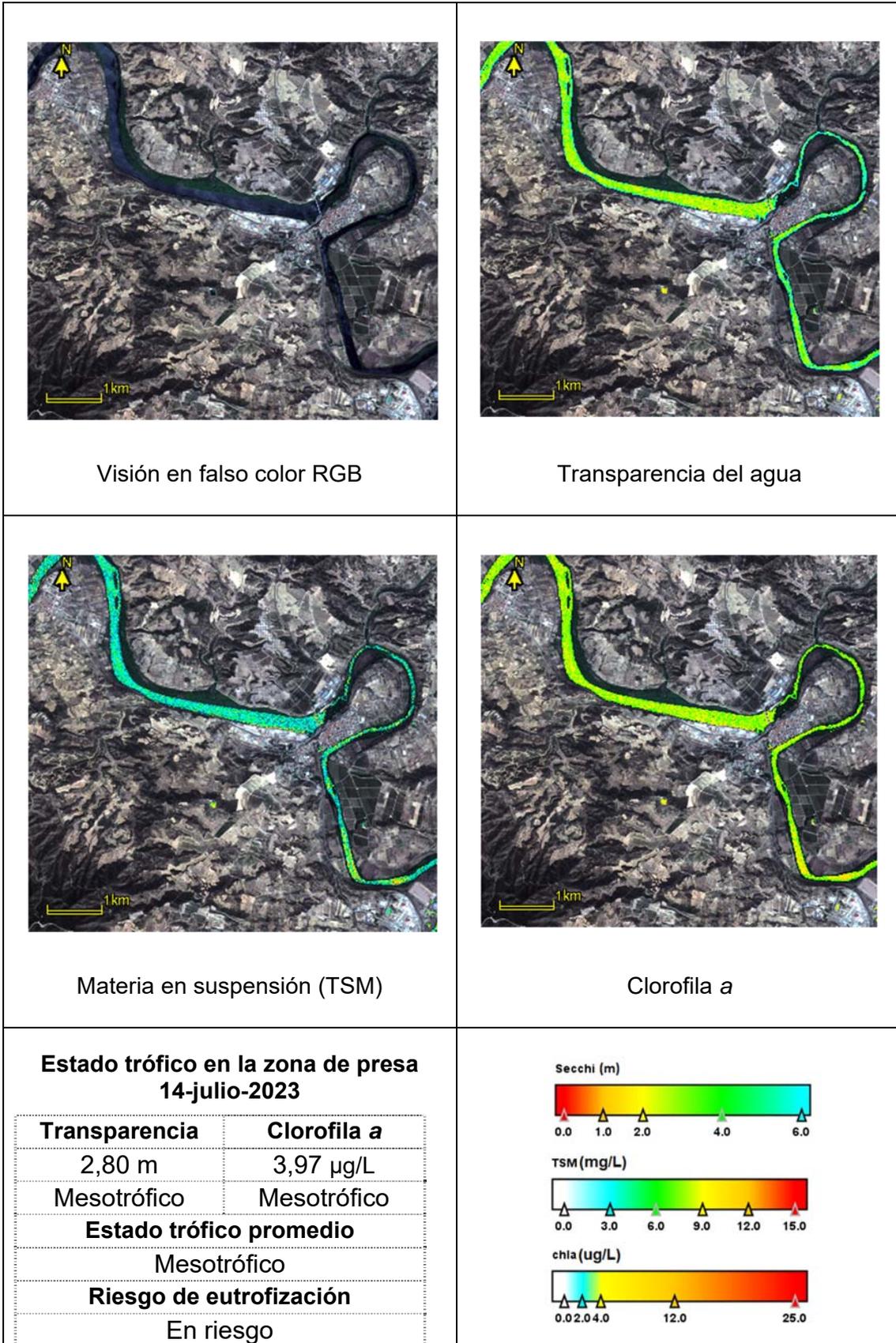
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 26-marzo-2023

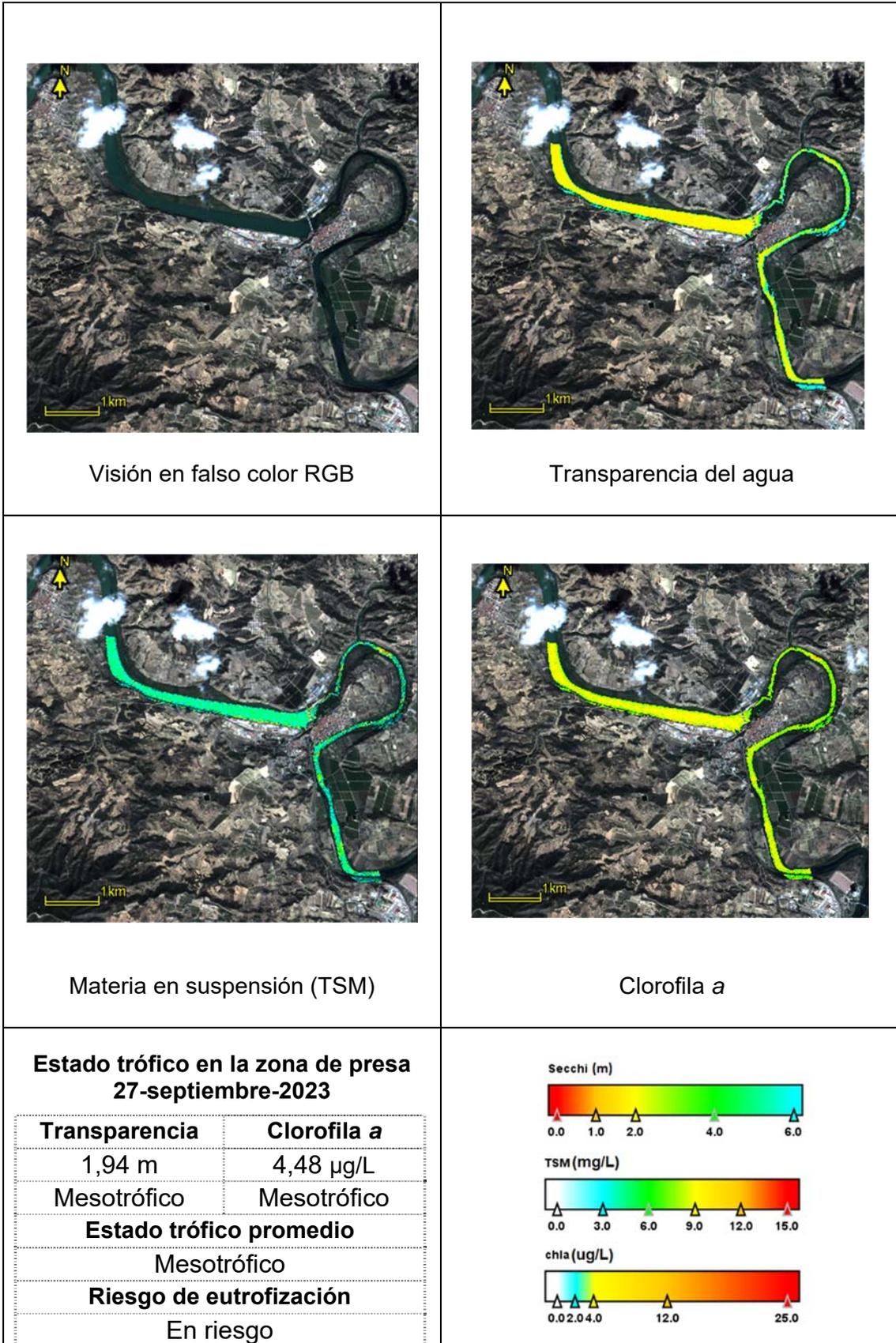
Transparencia	Clorofila a
2,48 m	3,12 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



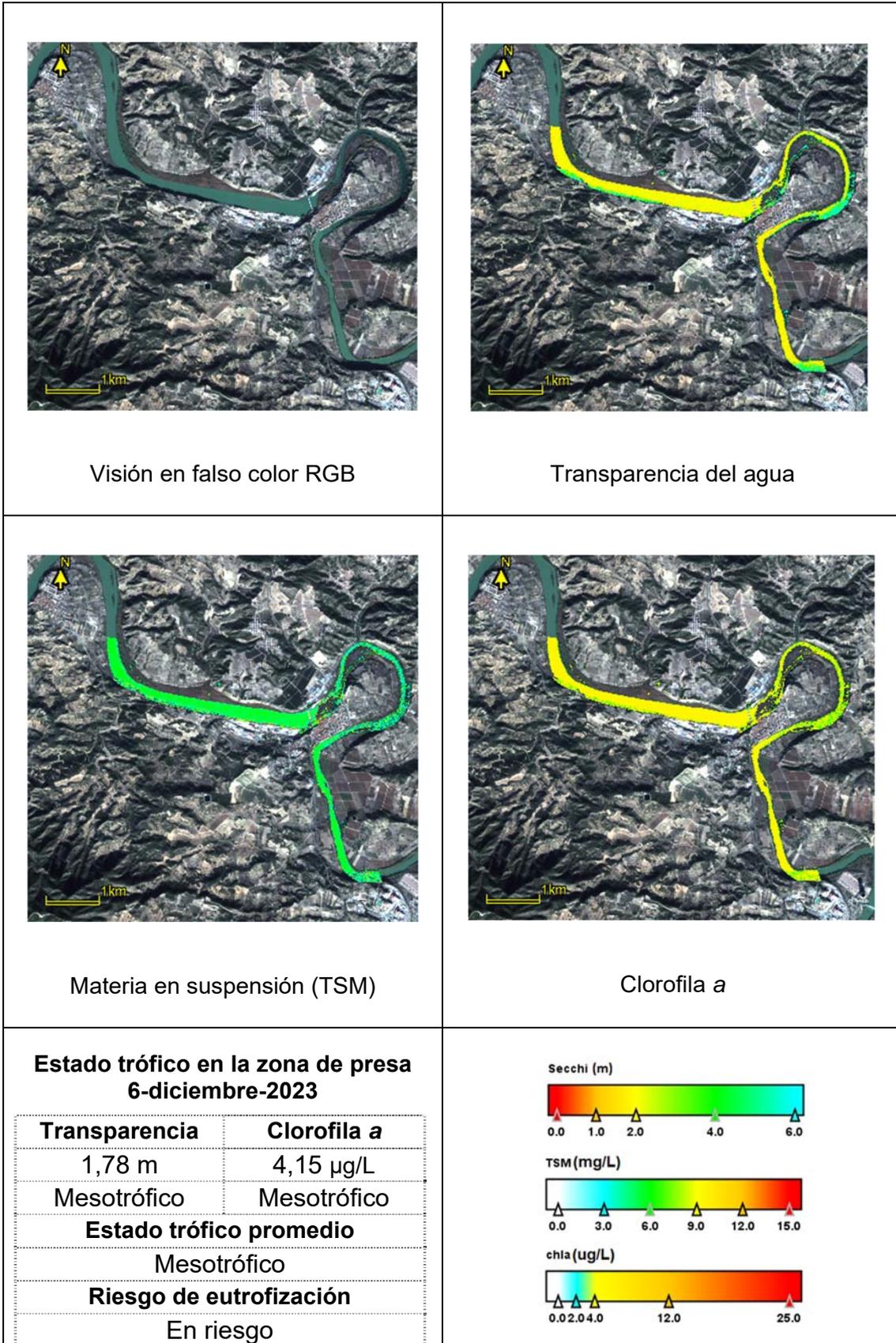
MAS 74. EMBALSE DE FLIX



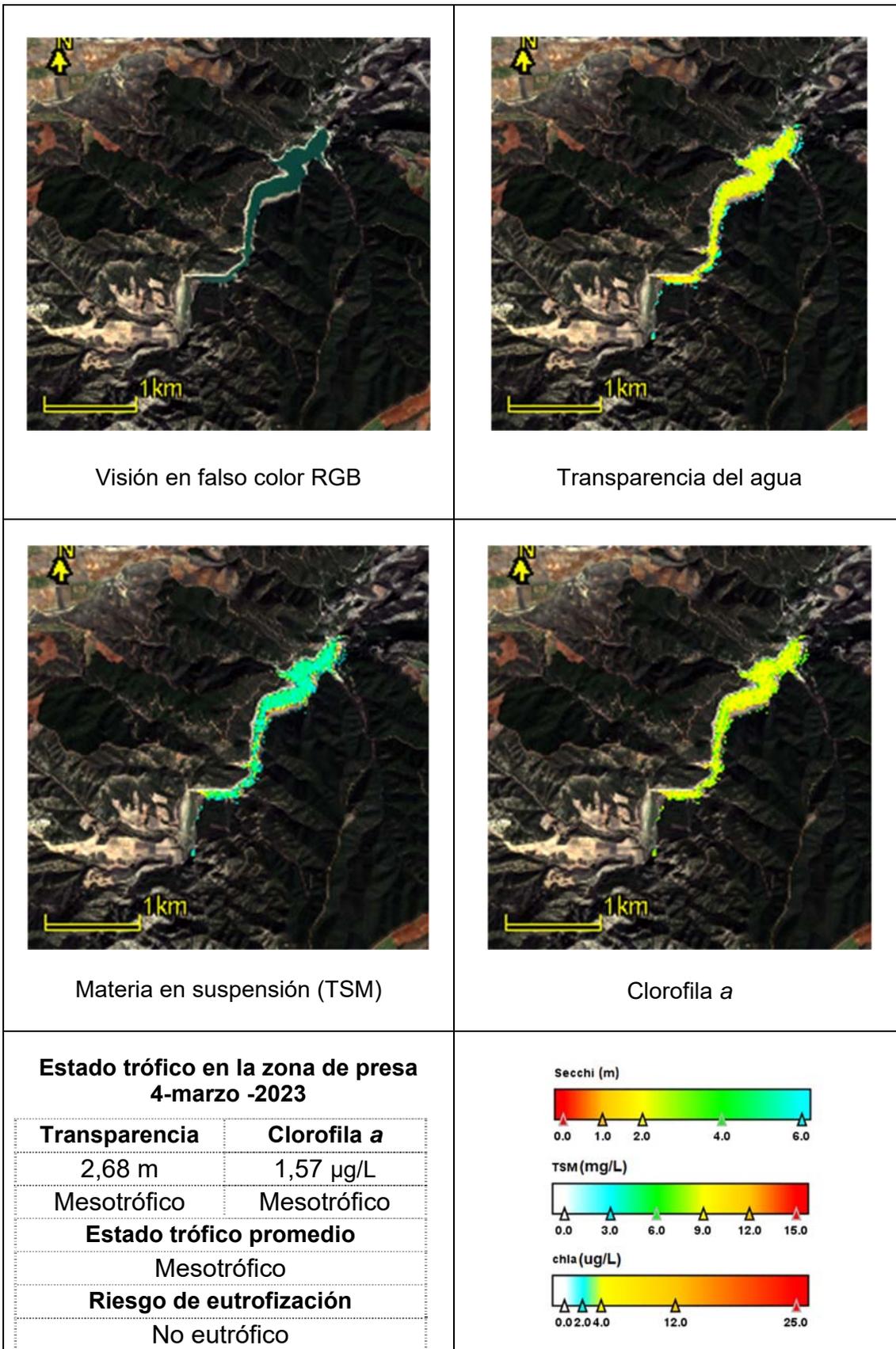
MAS 74. EMBALSE DE FLIX



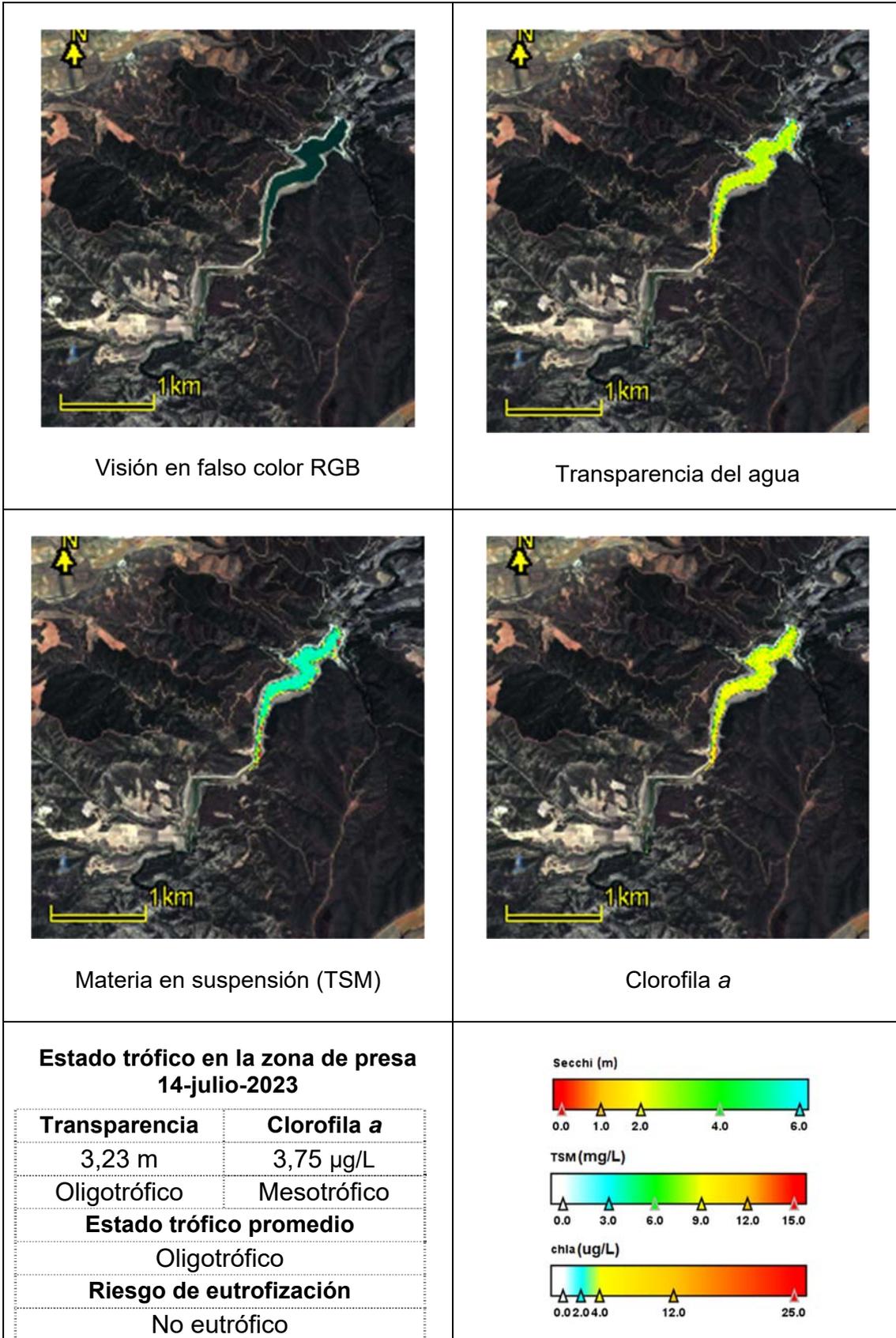
MAS 74. EMBALSE DE FLIX



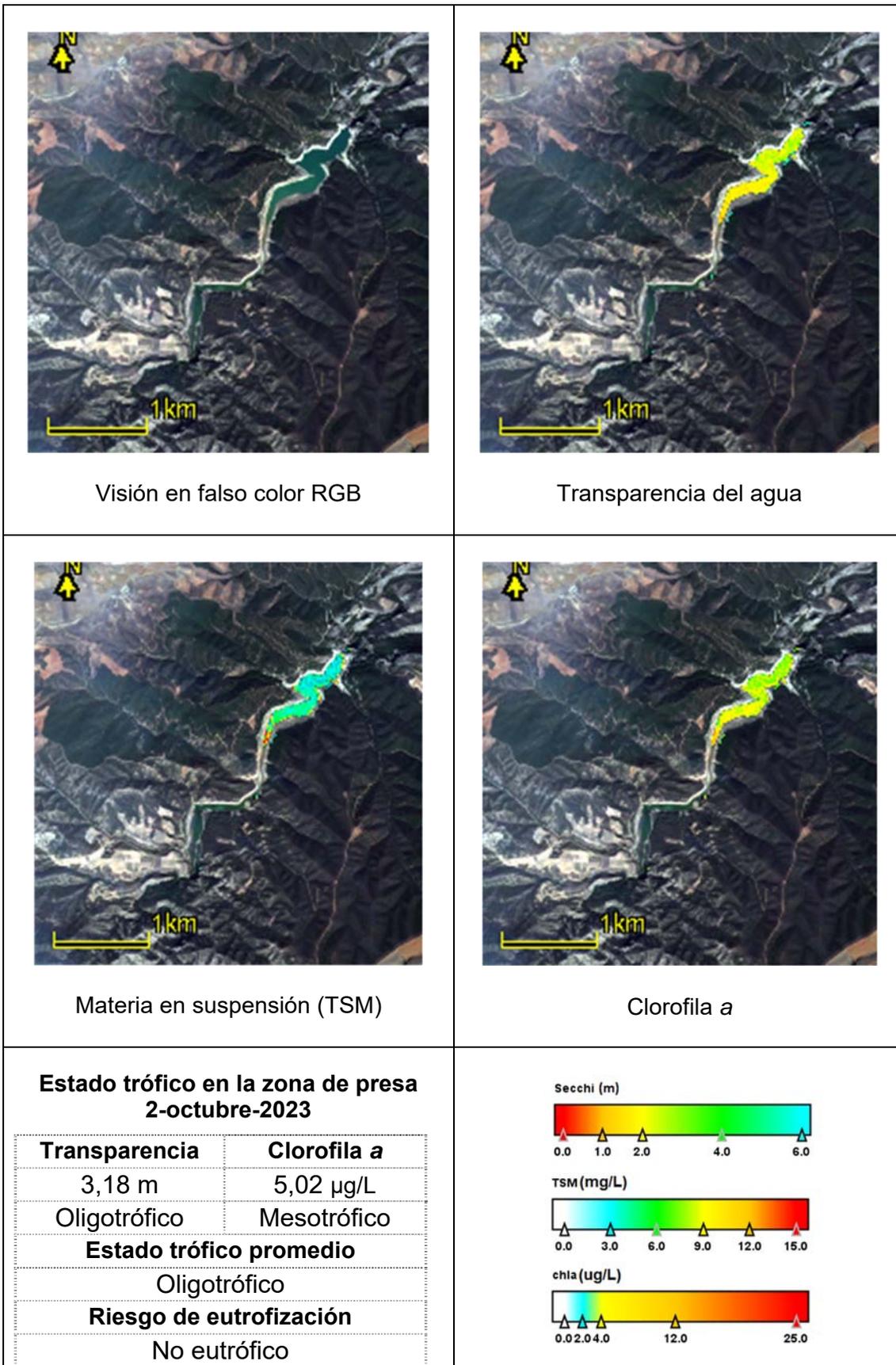
MAS 80. EMBALSE DE LAS TORCAS



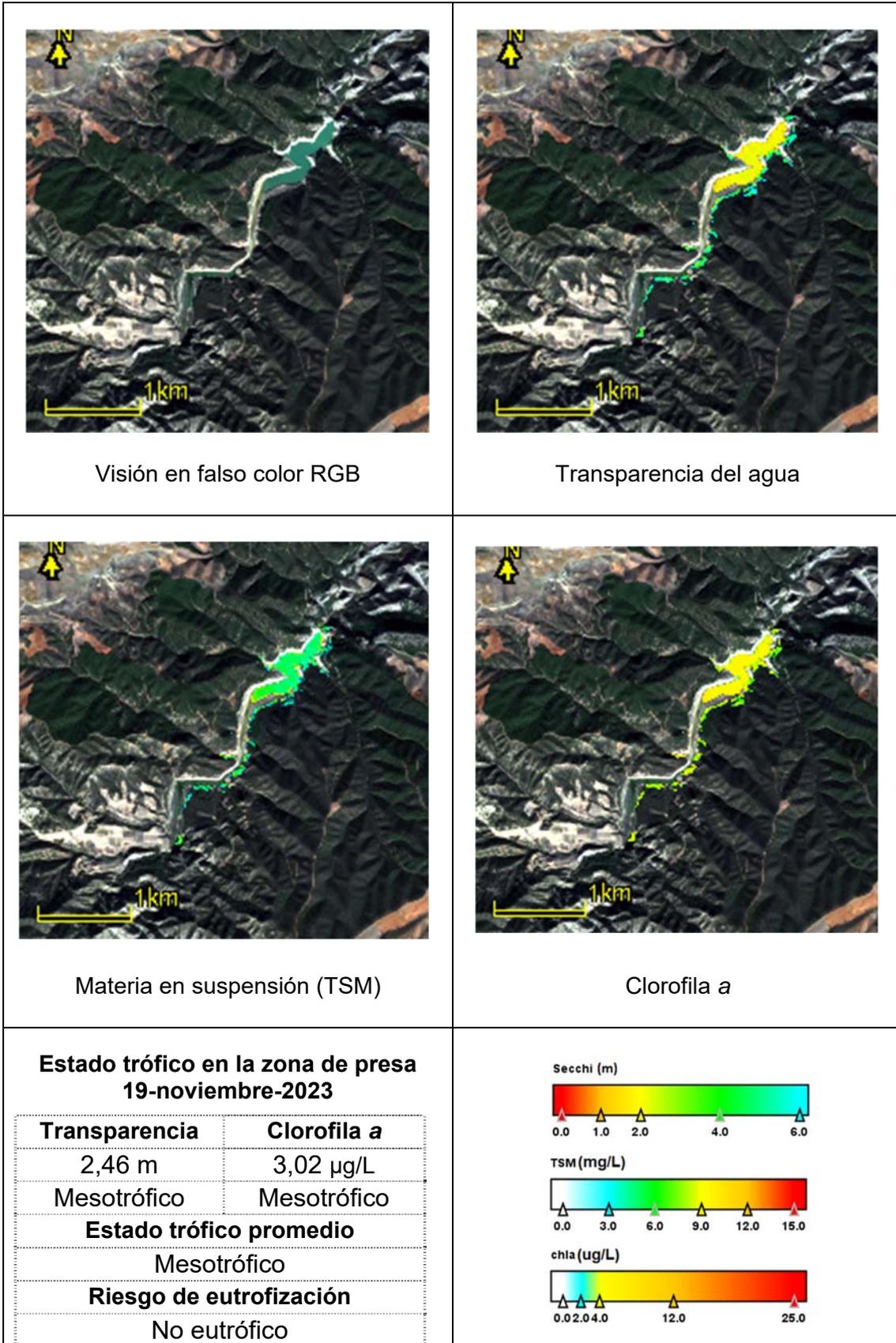
MAS 80. EMBALSE DE LAS TORCAS



MAS 80. EMBALSE DE LAS TORCAS



MAS 80. EMBALSE DE LAS TORCAS



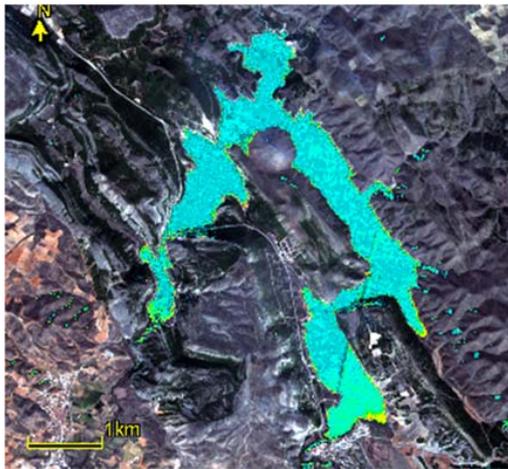
MAS 76. EMBALSE DE LA TRANQUERA



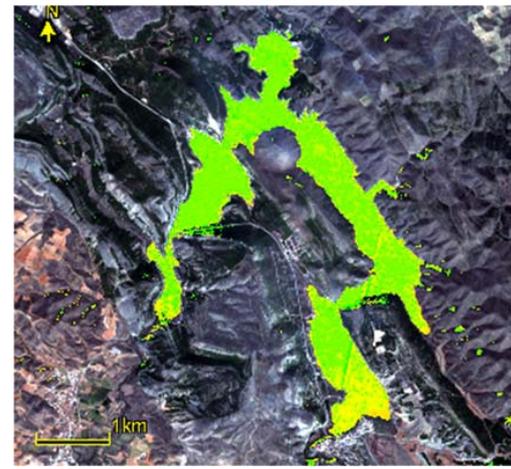
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



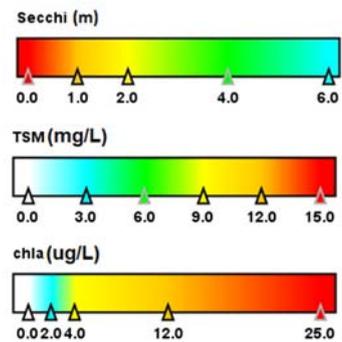
Materia en suspensión (TSM)



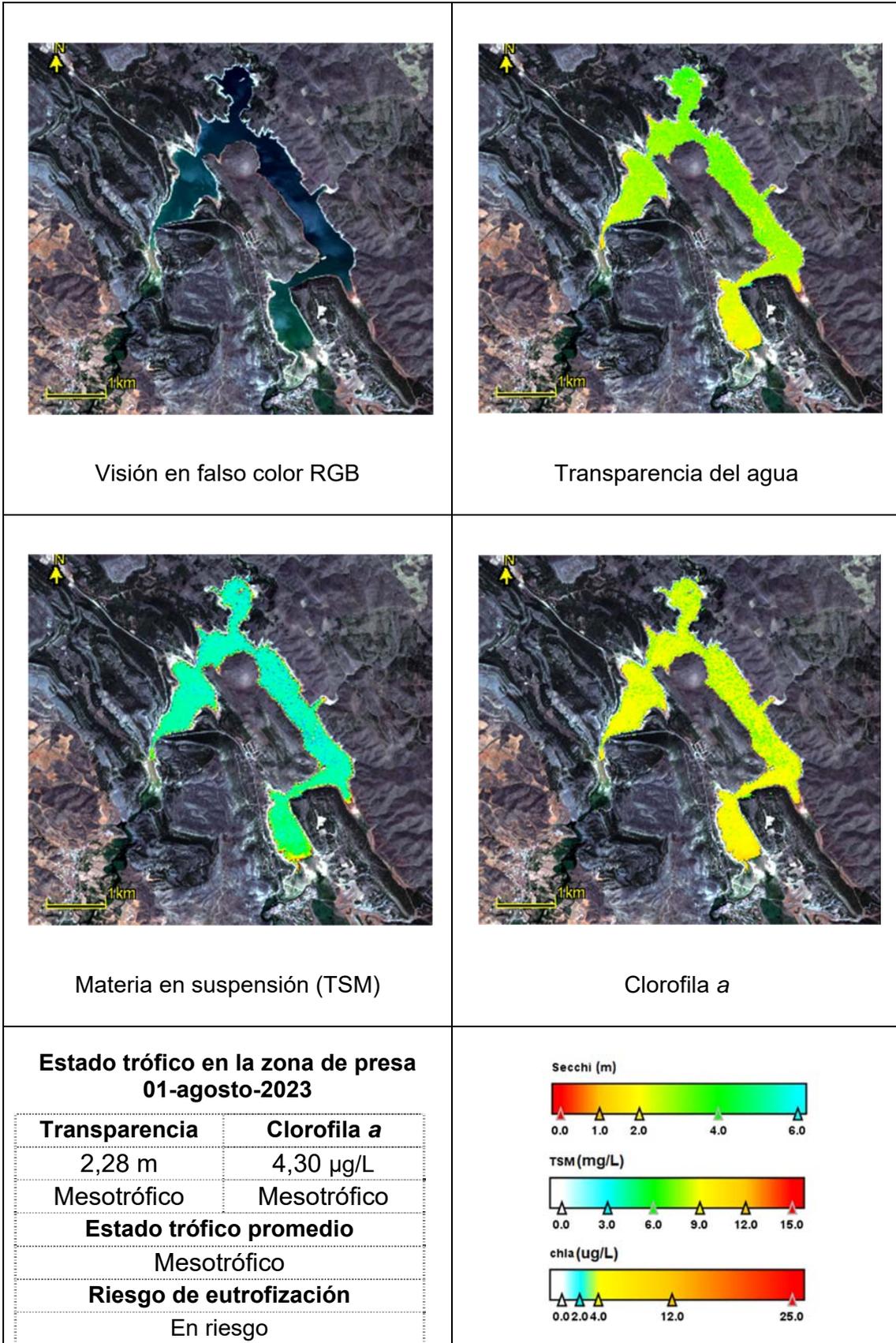
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 29-marzo-2023

Transparencia	Clorofila a
2,56 m	4,02 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 76. EMBALSE DE LA TRANQUERA



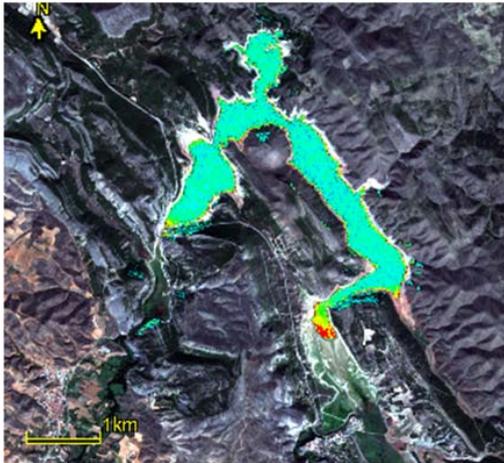
MAS 76. EMBALSE DE LA TRANQUERA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



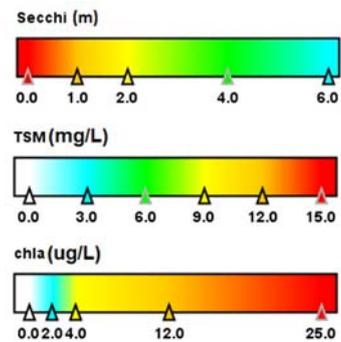
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 25-septiembre-2023

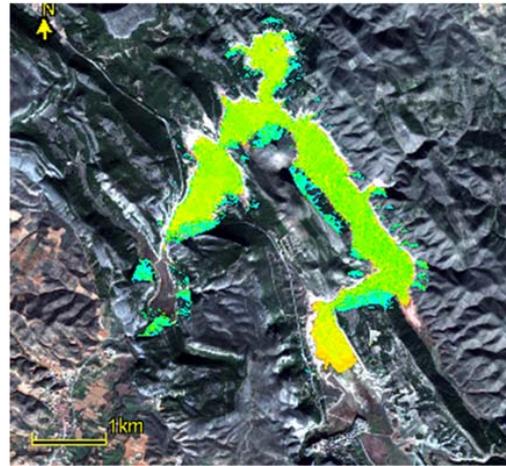
Transparencia	Clorofila a
2,24 m	3,96 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



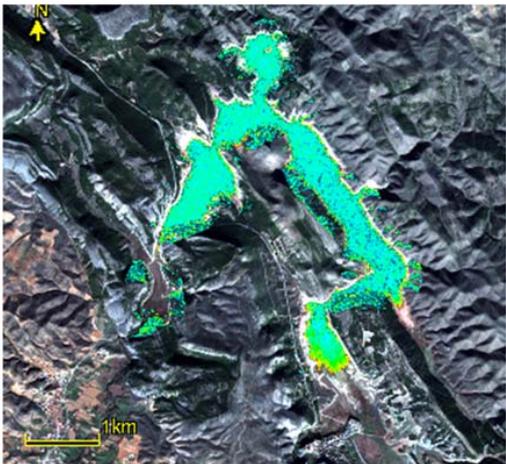
MAS 76. EMBALSE DE LA TRANQUERA



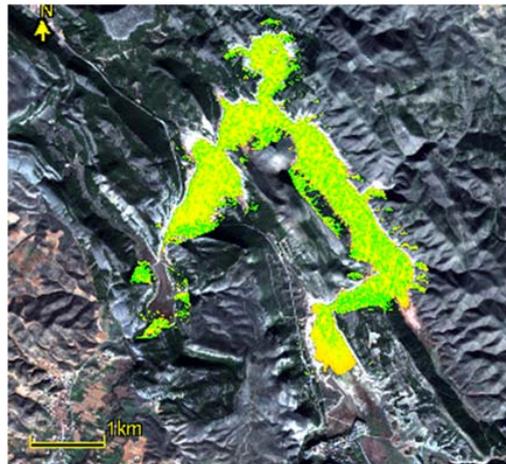
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



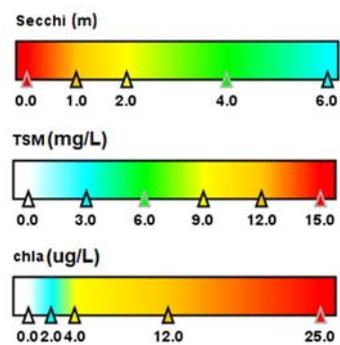
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 24-noviembre-2023

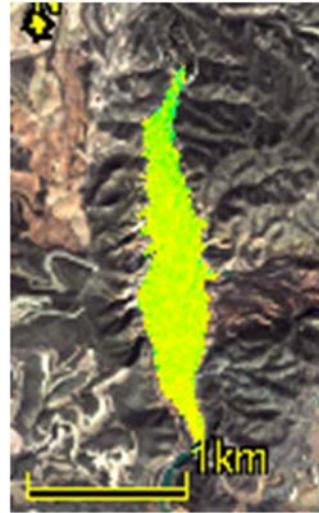
Transparencia	Clorofila a
2,32 m	4,04 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 77. EMBALSE DE MONEVA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



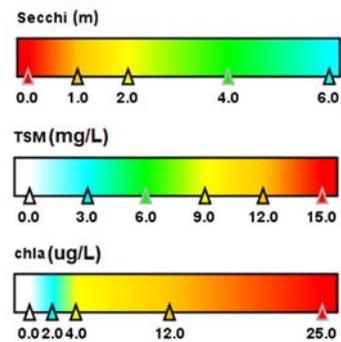
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 16-marzo-2023

Transparencia	Clorofila a
2,20 m	0,32 µg/L
Mesotrófico	Ultraoligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 77. EMBALSE DE MONEVA



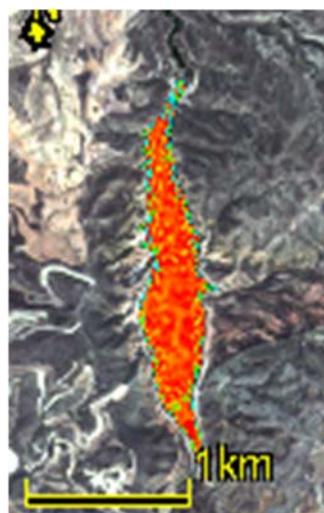
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



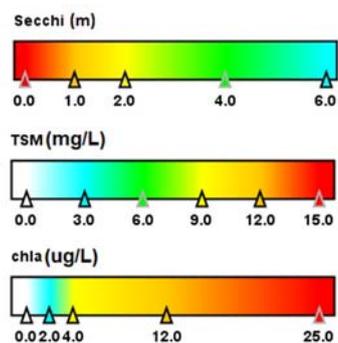
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 14-julio-2023

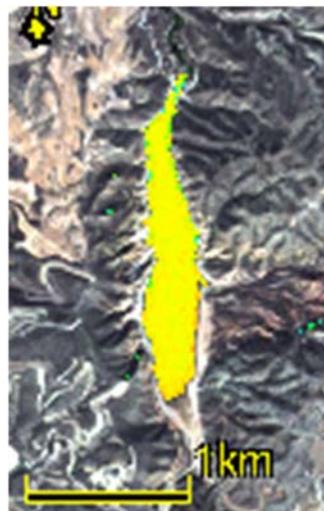
Transparencia	Clorofila a
2,03 m	15,17 µg/L
Mesotrófico	Eutrófico
Estado trófico promedio	
Eutrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



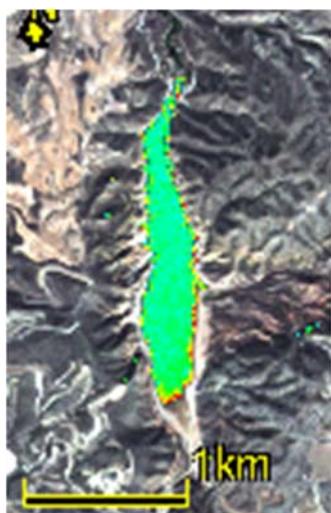
MAS 77. EMBALSE DE MONEVA



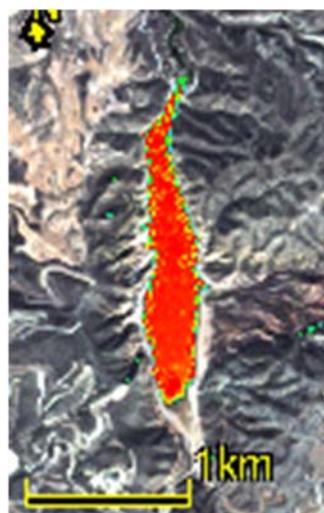
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



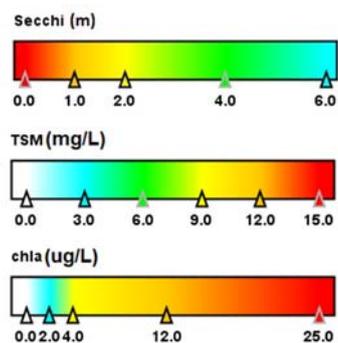
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 2-octubre-2023

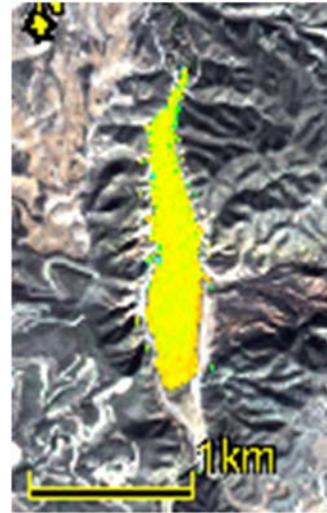
Transparencia	Clorofila a
2,15 m	18,30 µg/L
Mesotrófico	Eutrófico
Estado trófico promedio	
Eutrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



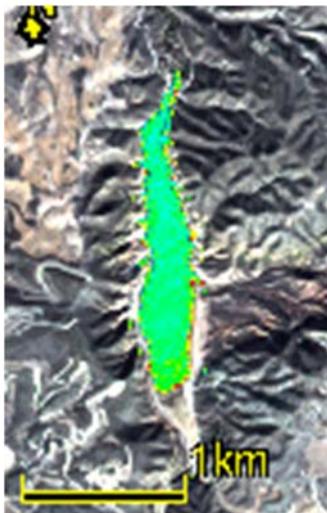
MAS 77. EMBALSE DE MONEVA



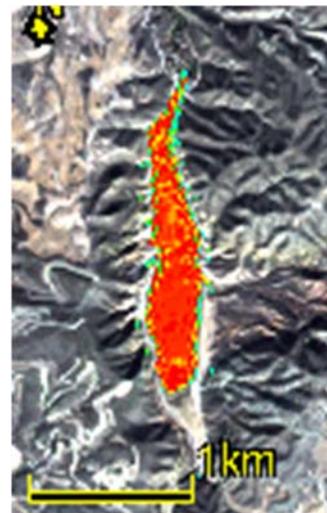
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



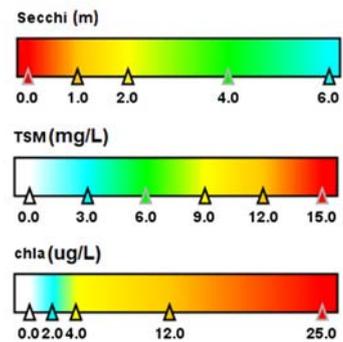
Materia en suspensión (TSM)



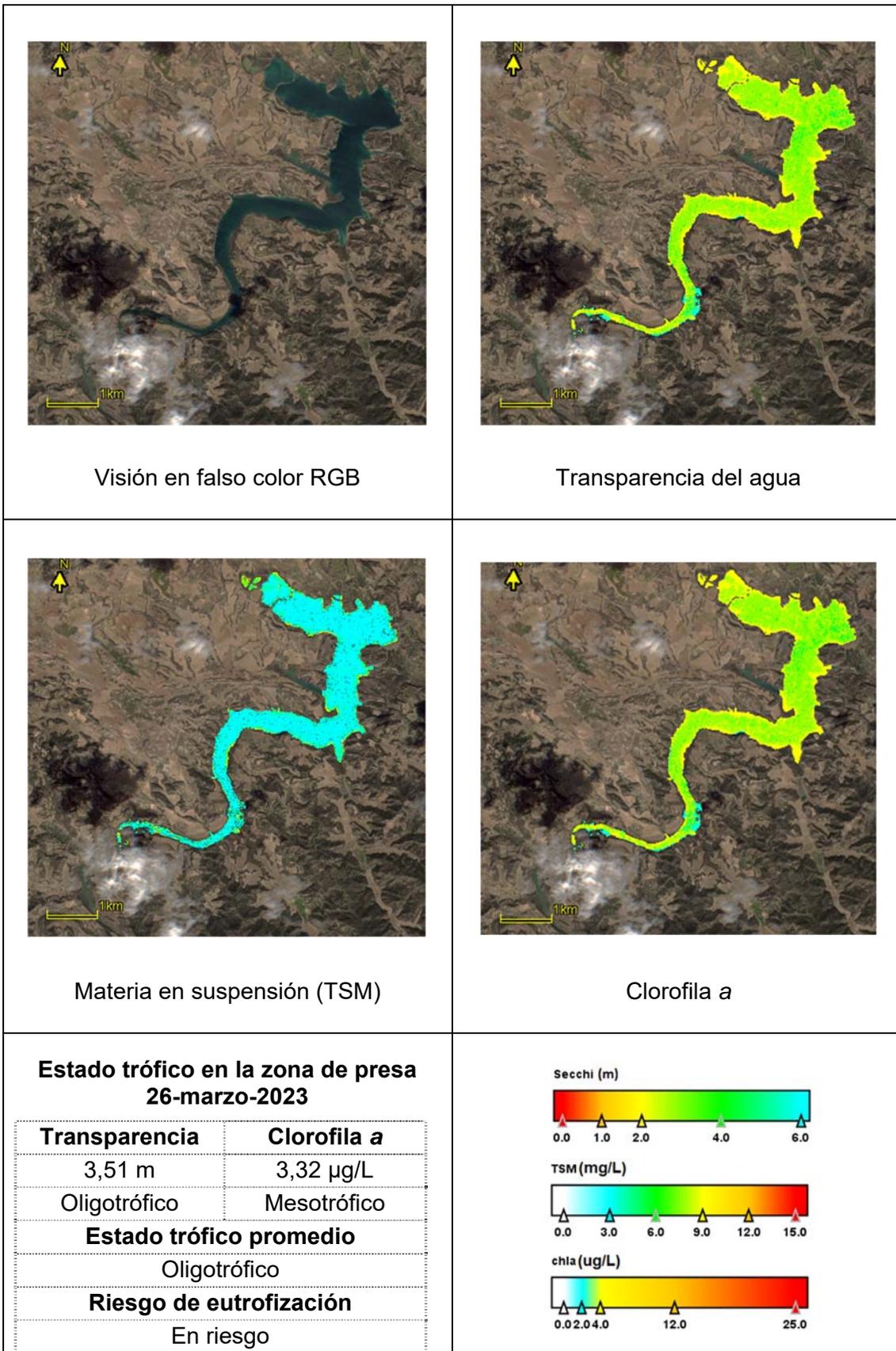
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
19-noviembre-2023**

Transparencia	Clorofila a
2,05 m	10,13 µg/L
Mesotrófico	Eutrófico
Estado trófico promedio	
Eutrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



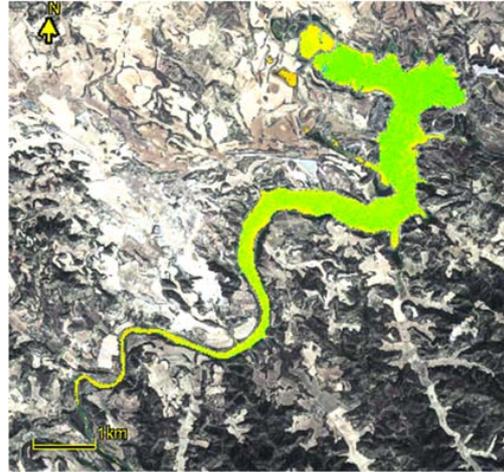
MAS 78. EMBALSE DE CASPE



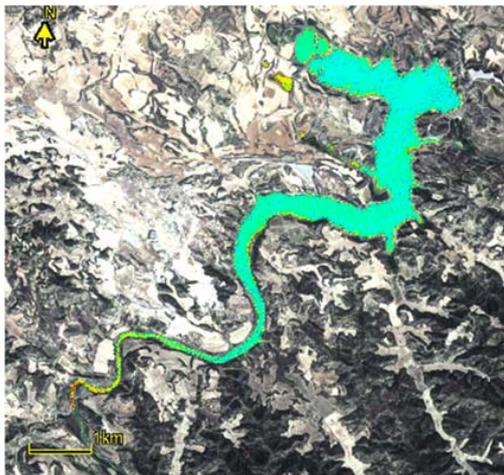
MAS 78. EMBALSE DE CASPE



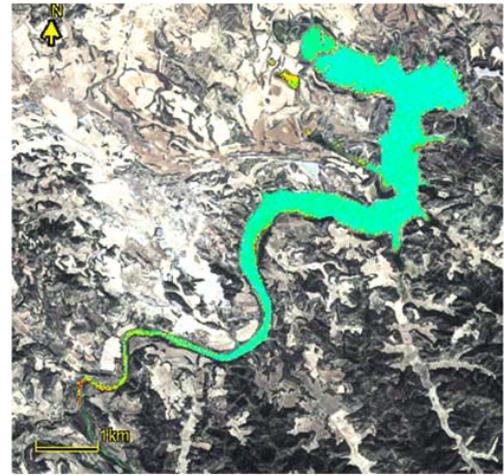
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



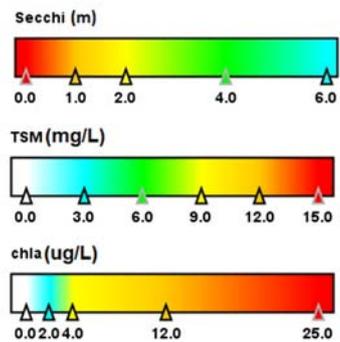
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 14-julio-2023

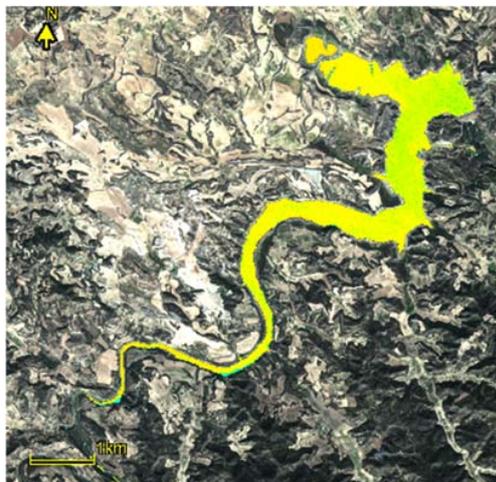
Transparencia	Clorofila a
3,54 m	2,98 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



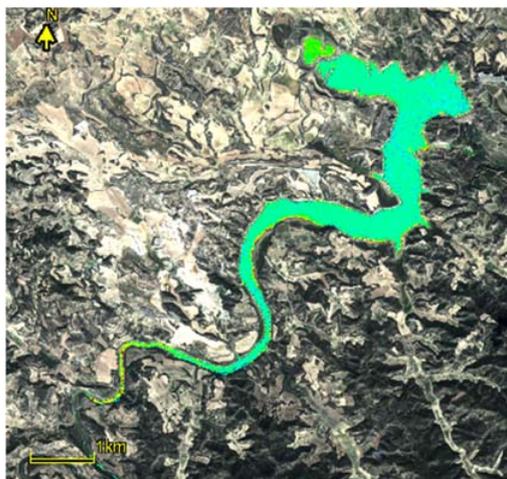
MAS 78. EMBALSE DE CASPE



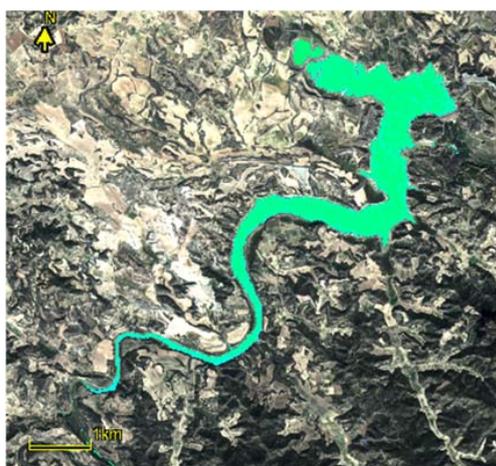
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



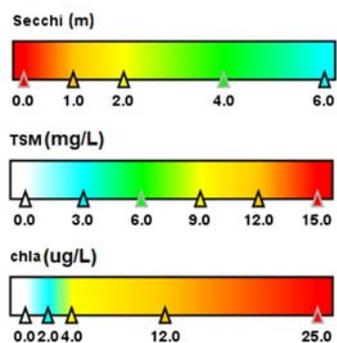
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 22-septiembre-2023

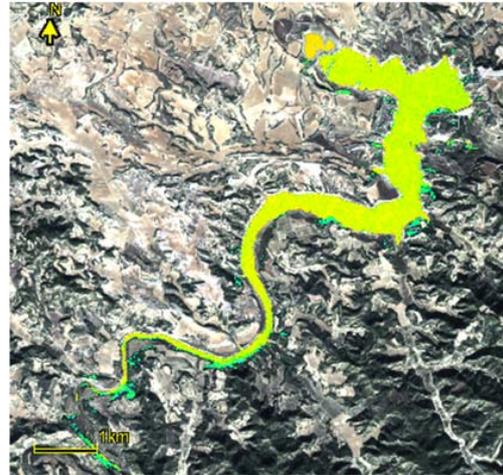
Transparencia	Clorofila a
2,90 m	3,63 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



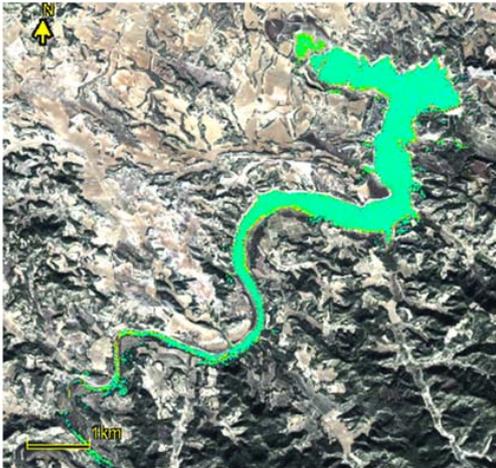
MAS 78. EMBALSE DE CASPE



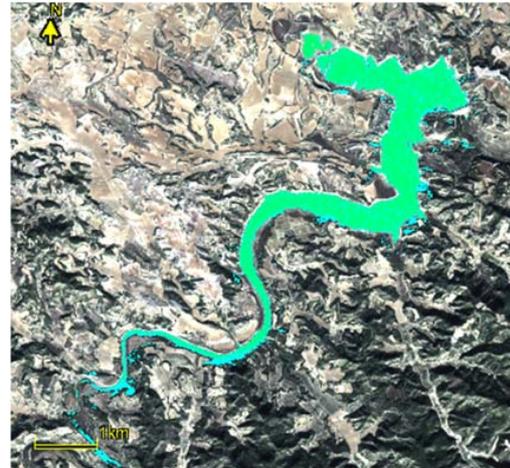
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



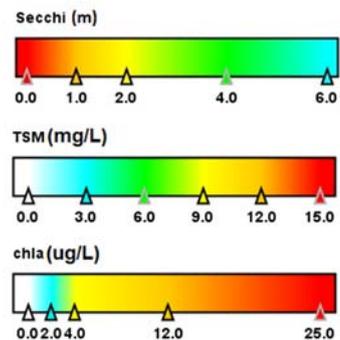
Materia en suspensión (TSM)



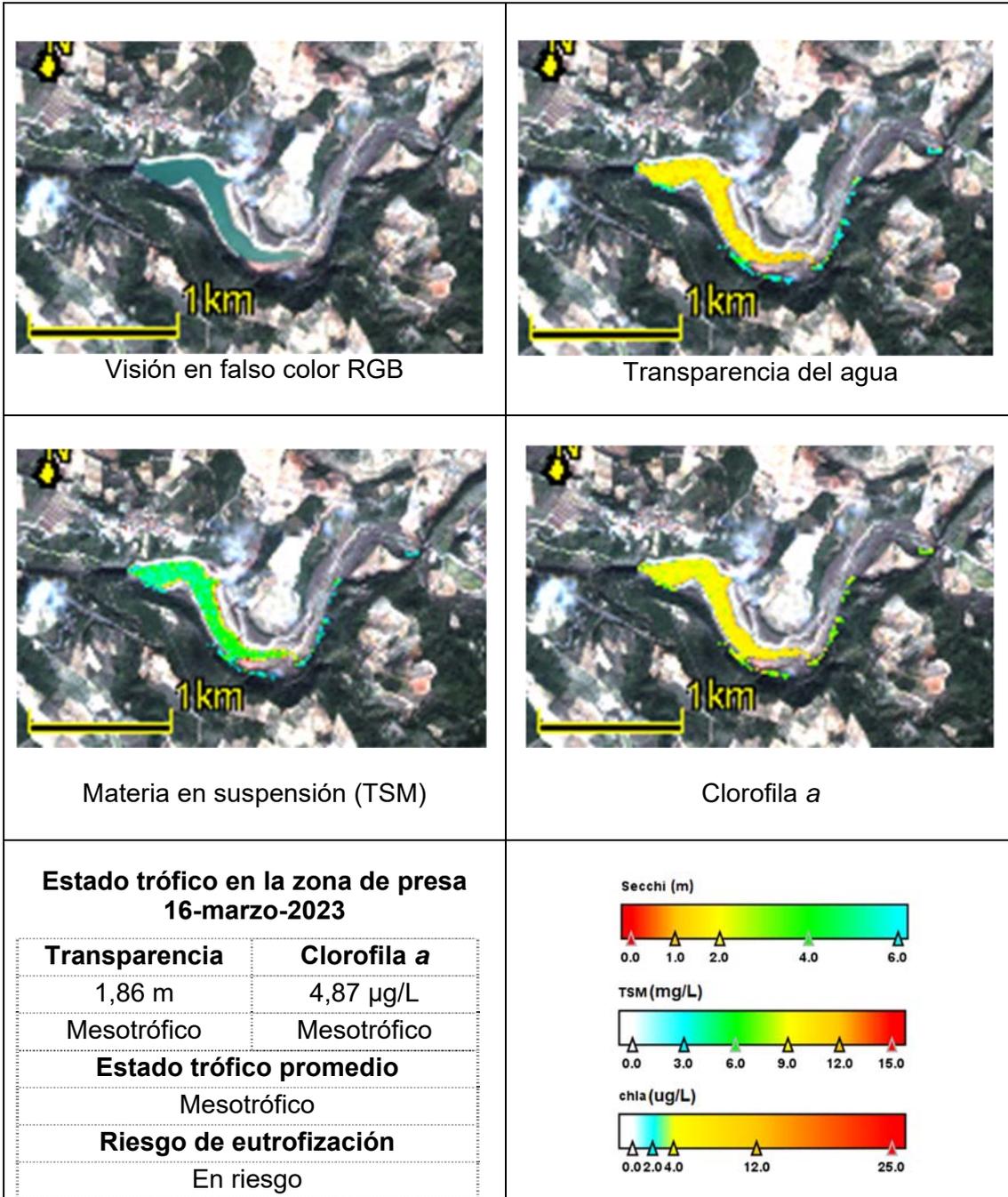
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 6-diciembre-2023

Transparencia	Clorofila a
2,82 m	3,54 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 79. EMBALSE DE GUIAMETS



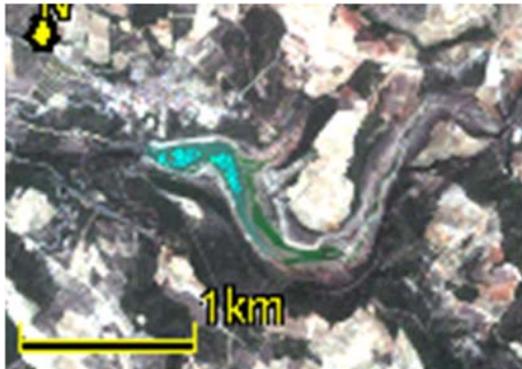
MAS 79. EMBALSE DE GUIAMETS



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



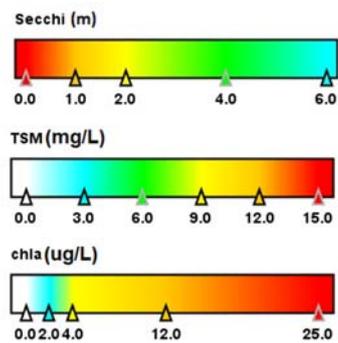
Materia en suspensión (TSM)



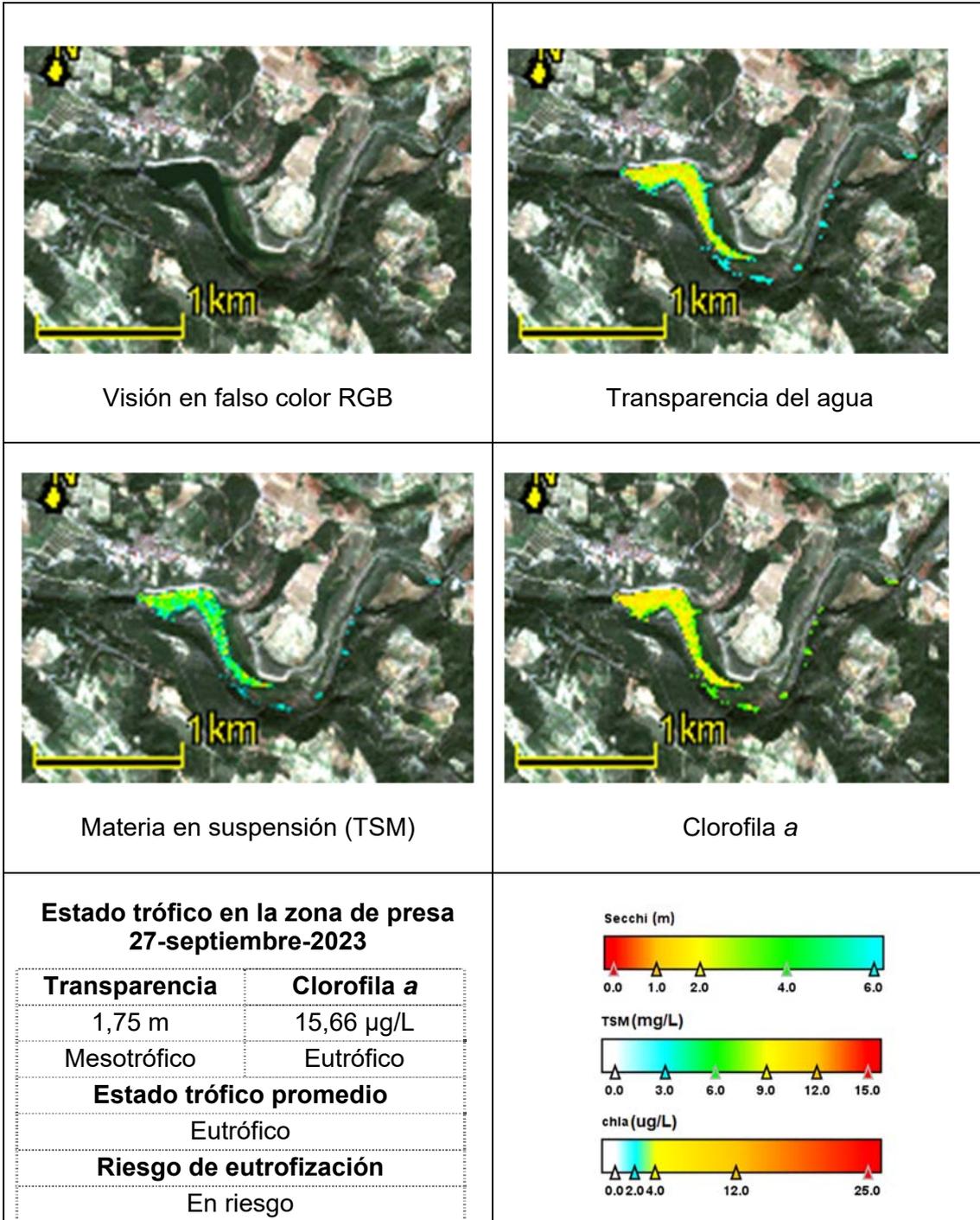
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 19-julio-2023

Transparencia	Clorofila a
1,97 m	3,82 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



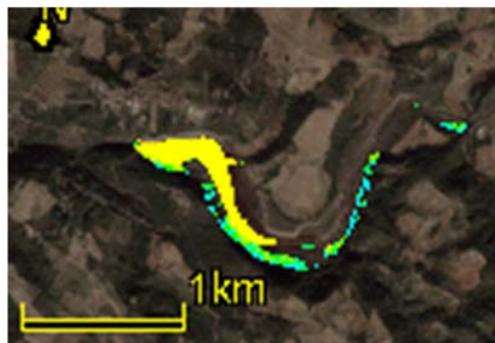
MAS 79. EMBALSE DE GUIAMETS



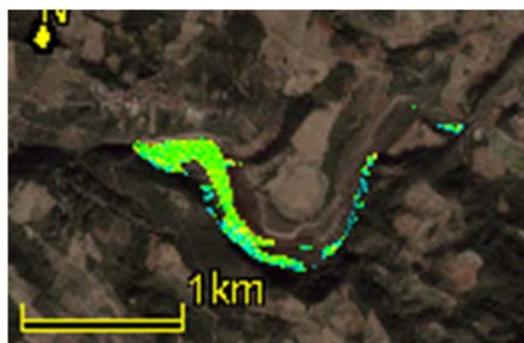
MAS 79. EMBALSE DE GUIAMETS



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



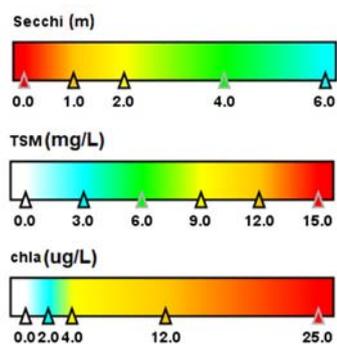
Materia en suspensión (TSM)



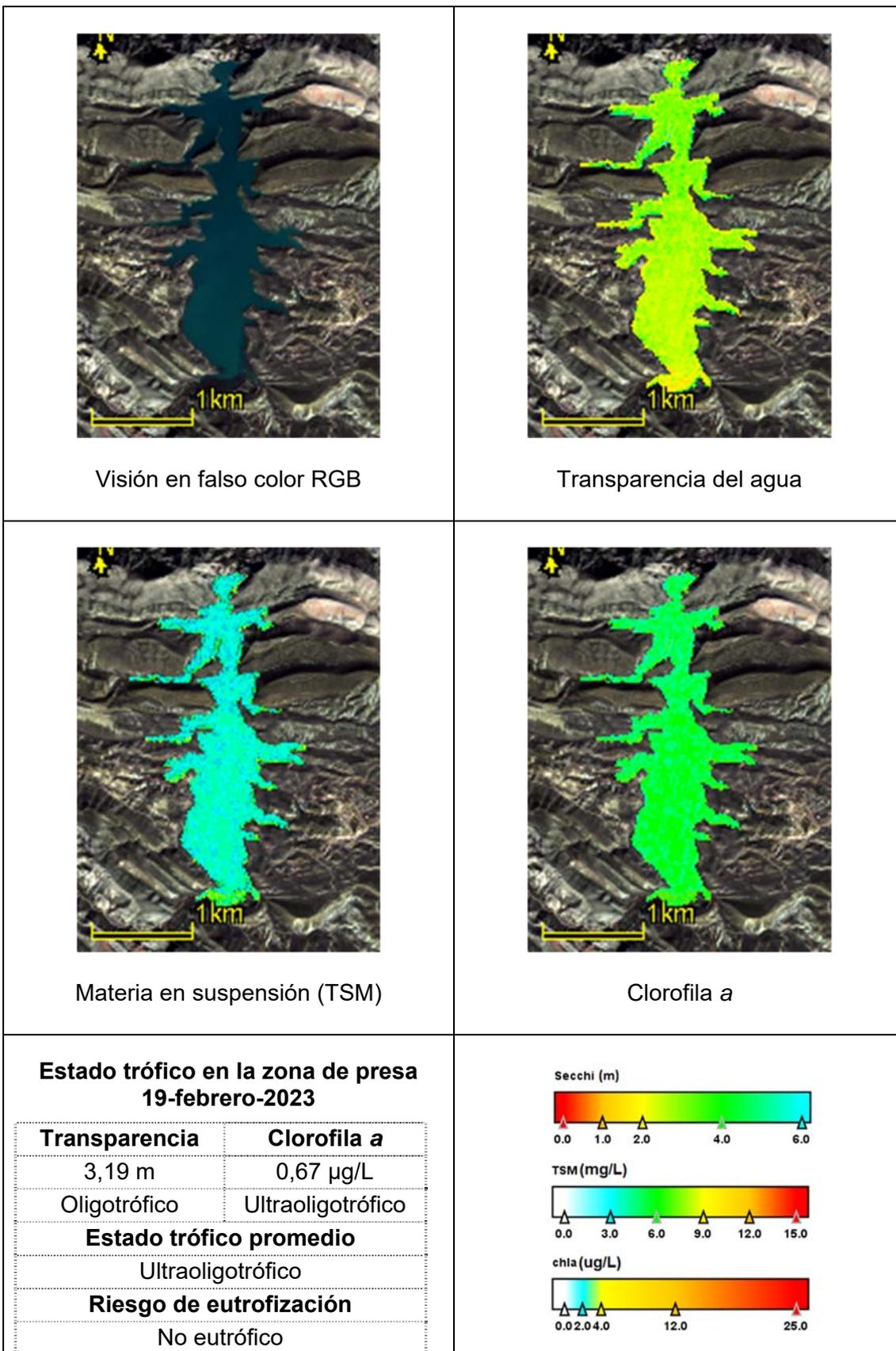
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 26-noviembre-2023

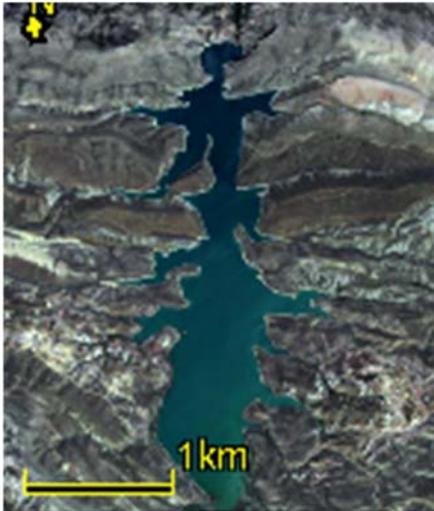
Transparencia	Clorofila a
1,62 m	7,16 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



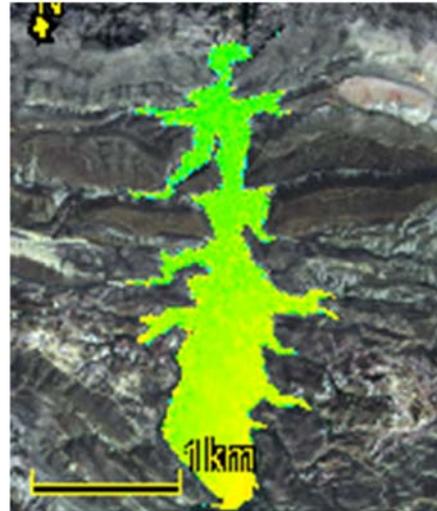
MAS 80. EMBALSE DE CUEVA FORADADA



MAS 80. EMBALSE DE CUEVA FORADADA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



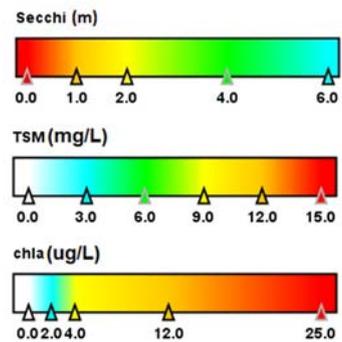
Materia en suspensión (TSM)



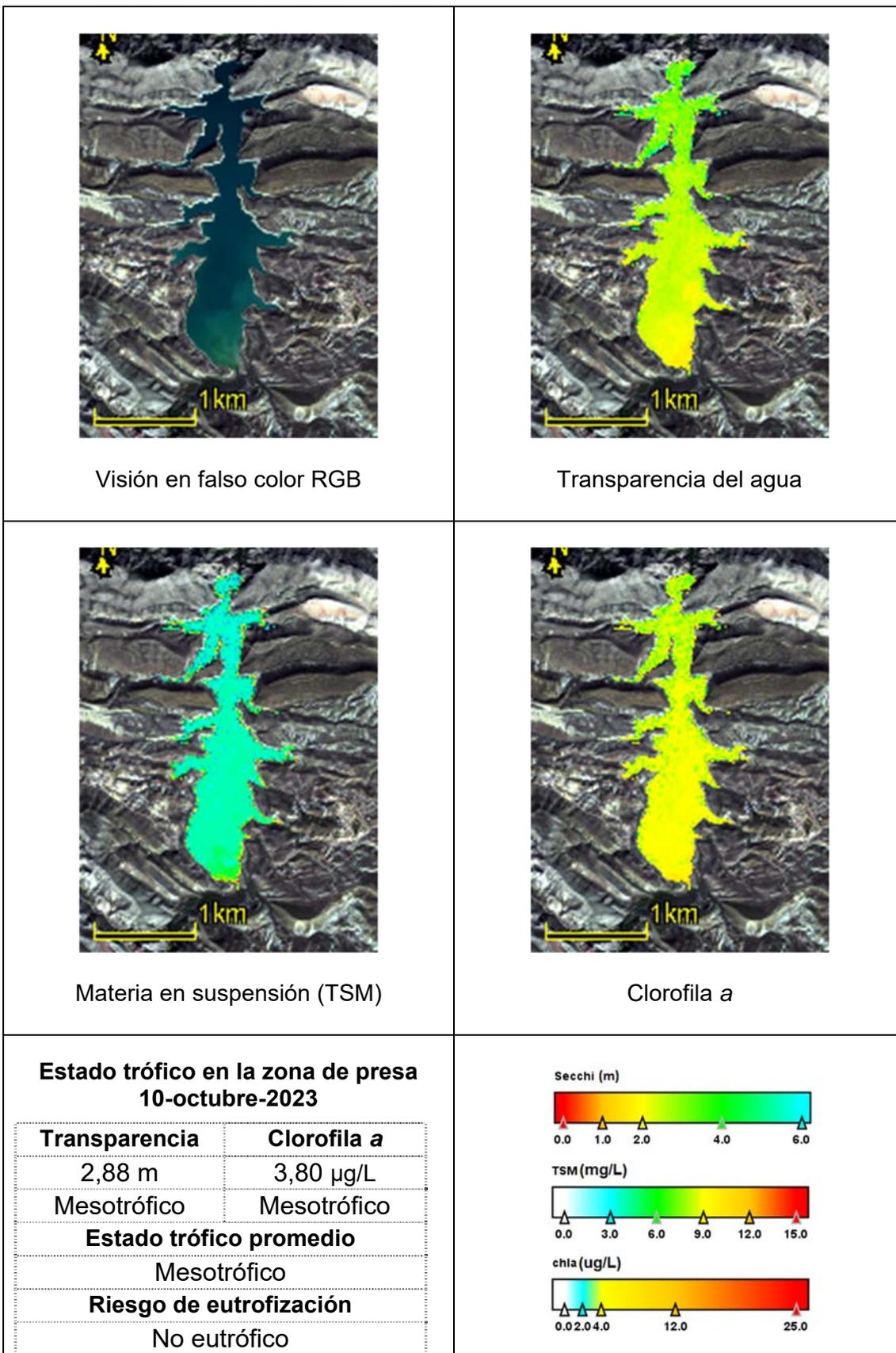
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
09-julio-2023**

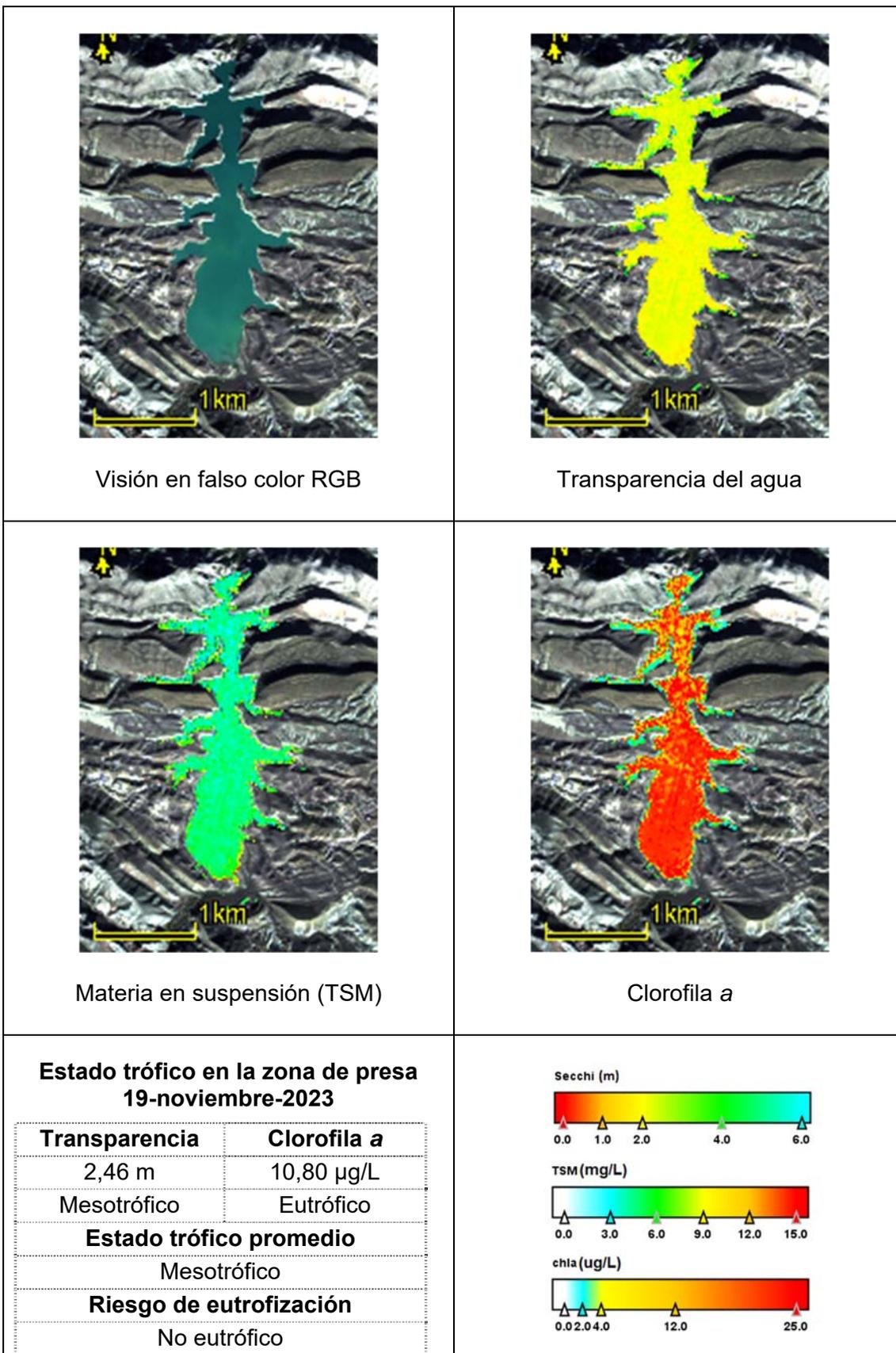
Transparencia	Clorofila a
3,49 m	3,21 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



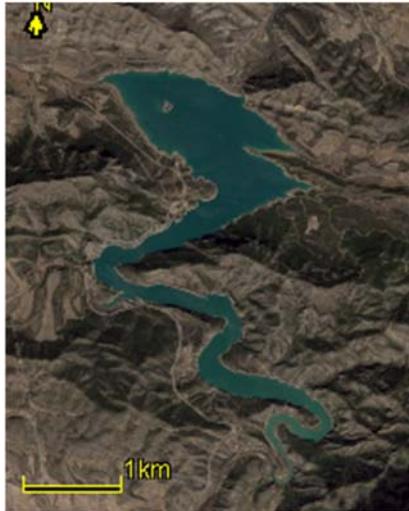
MAS 80. EMBALSE DE CUEVA FORADADA



MAS 80. EMBALSE DE CUEVA FORADADA



MAS 82. EMBALSE DE CALANDA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



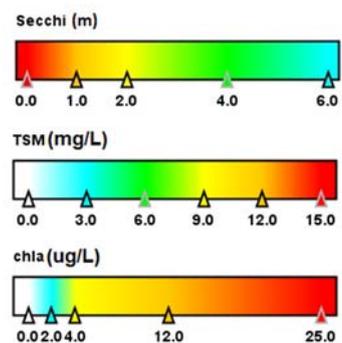
Materia en suspensión (TSM)



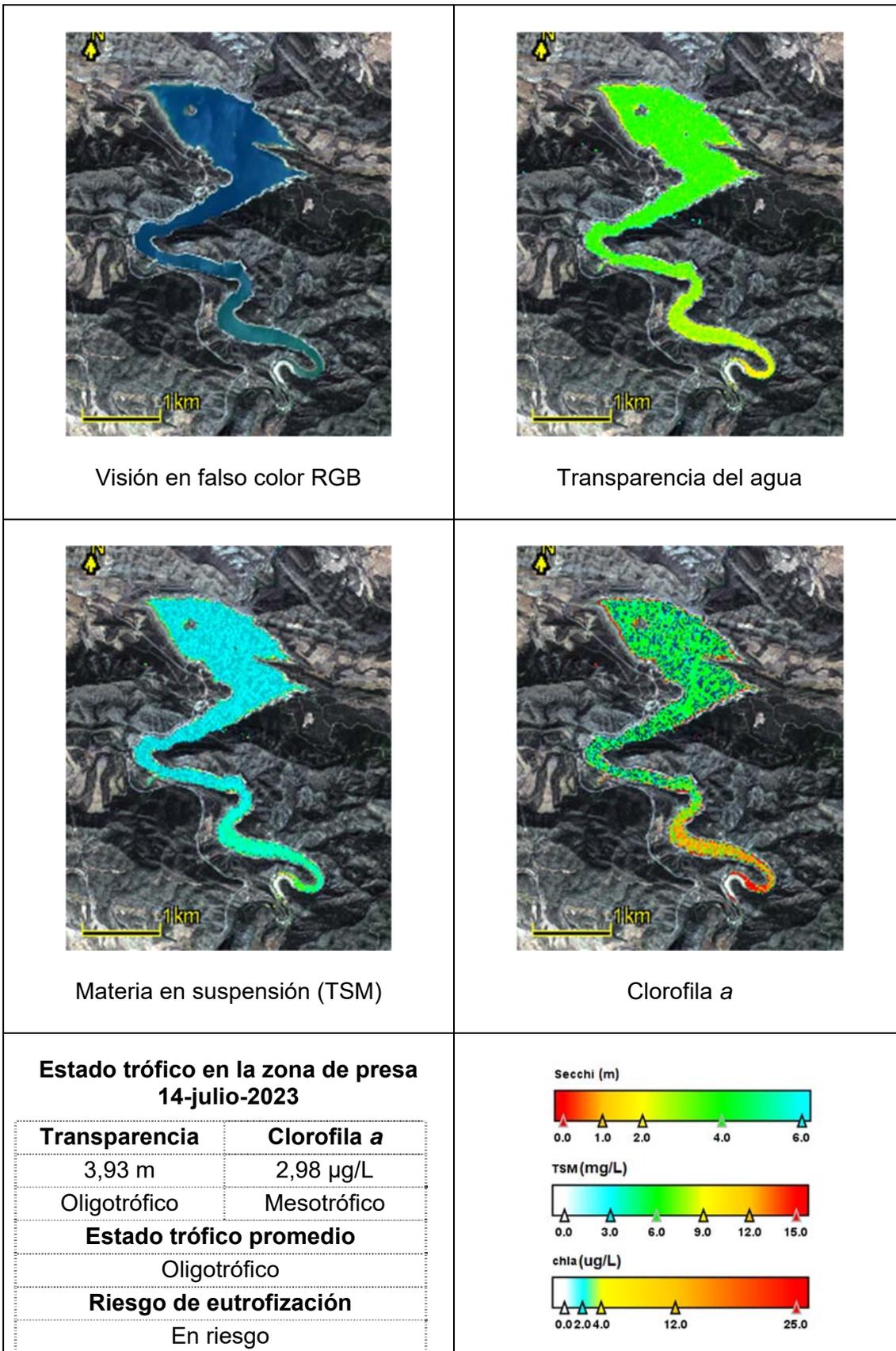
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 26-marzo-2023

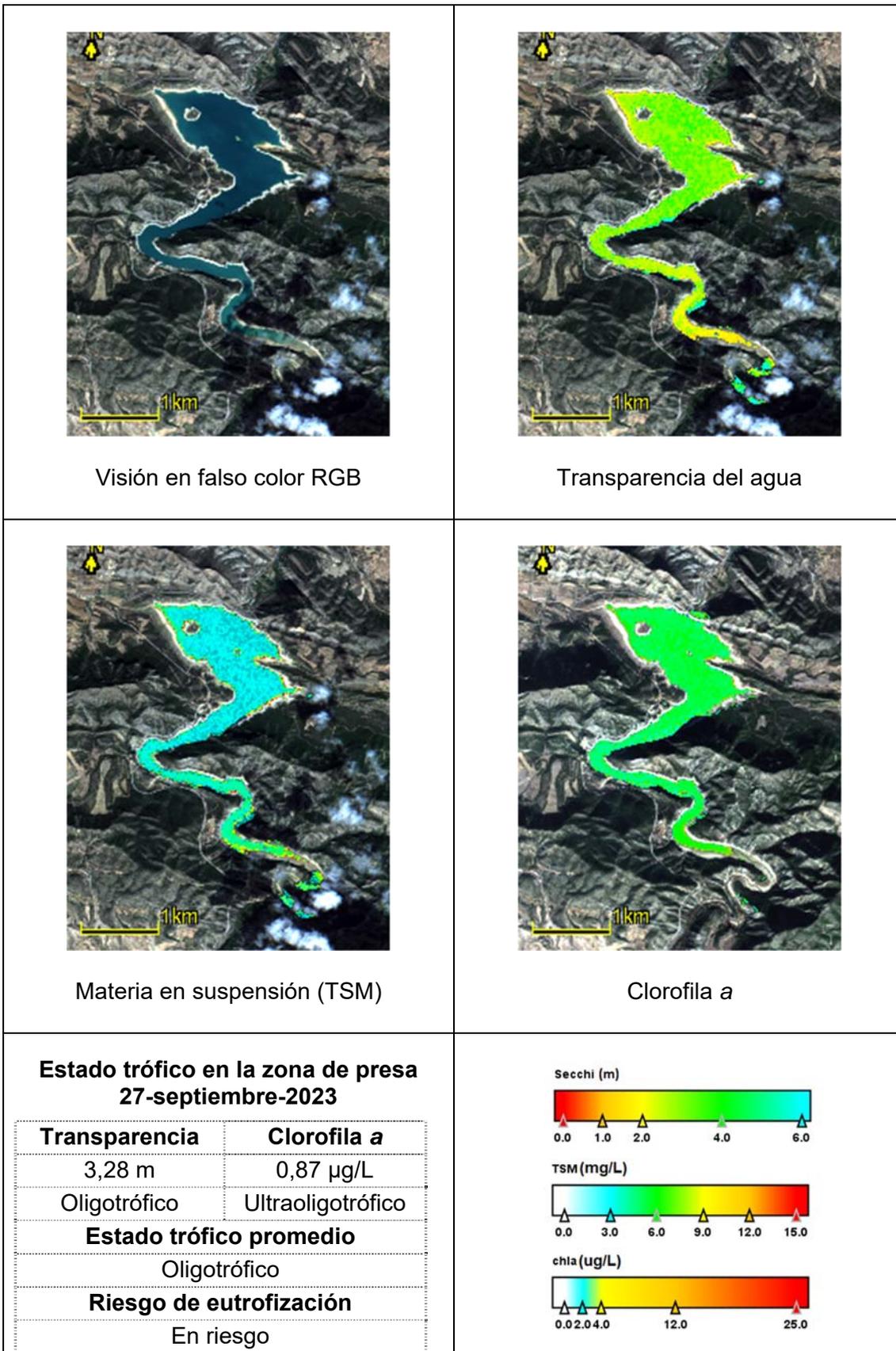
Transparencia	Clorofila a
2,75 m	3,10 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



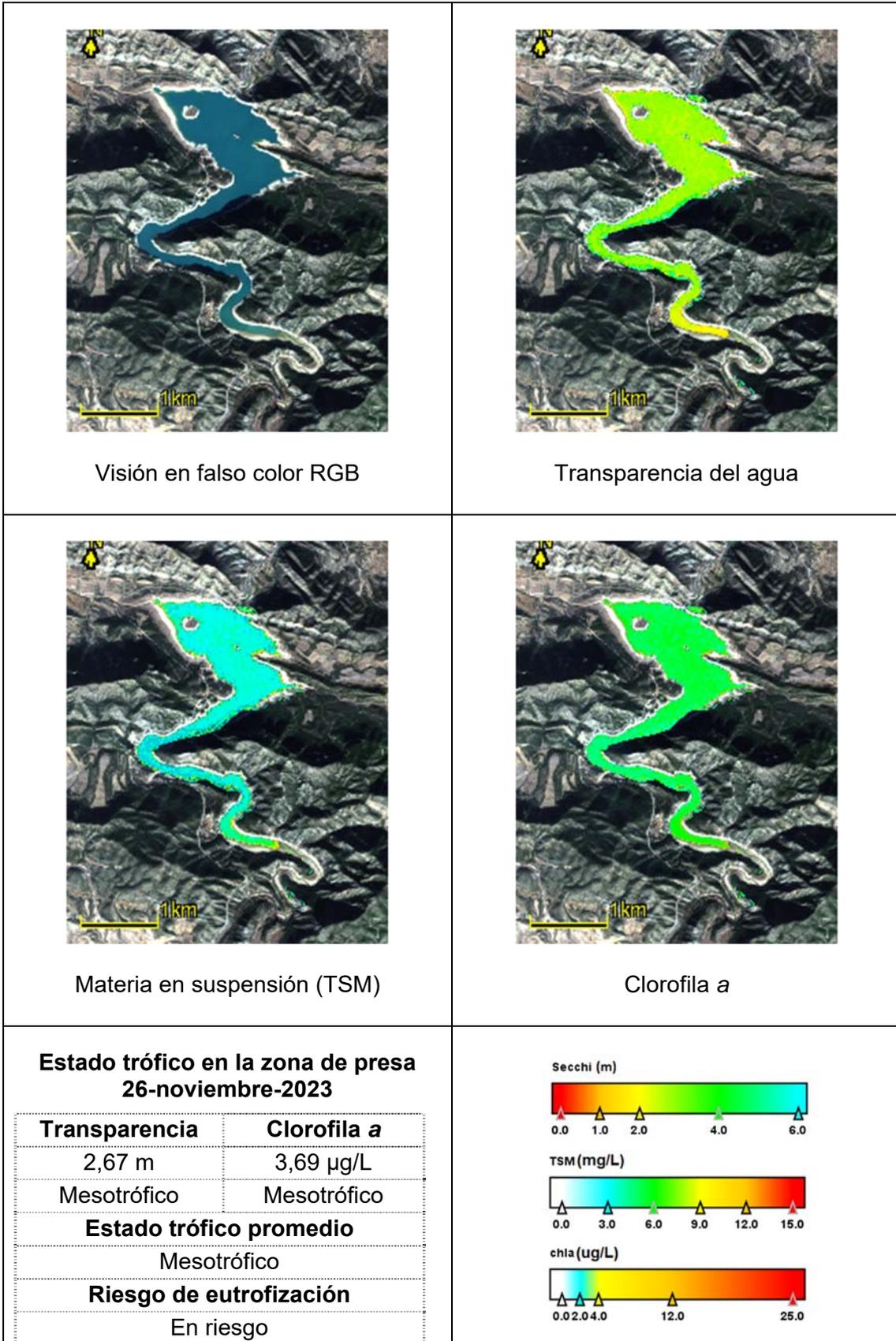
MAS 82. EMBALSE DE CALANDA



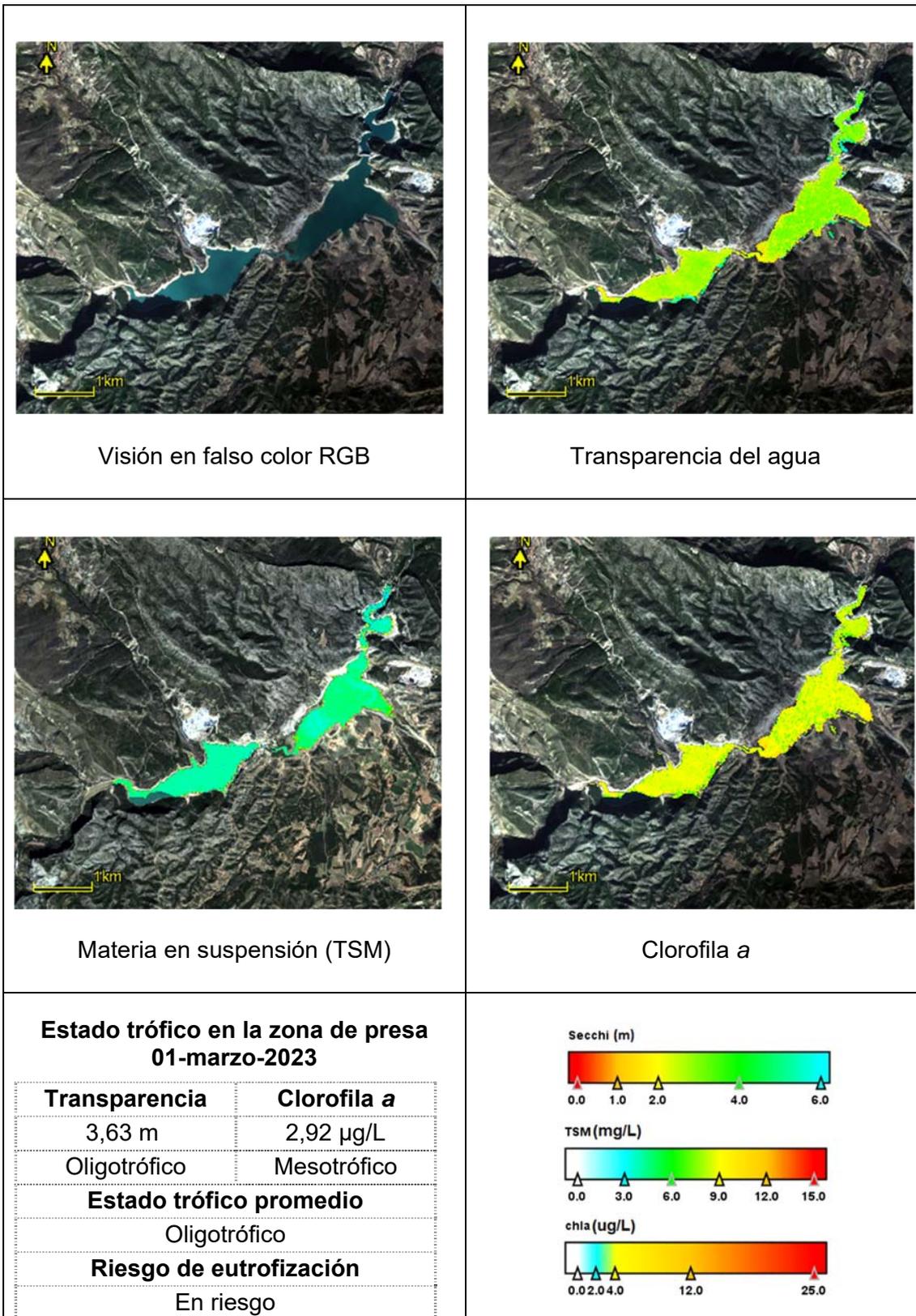
MAS 82. EMBALSE DE CALANDA



MAS 82. EMBALSE DE CALANDA



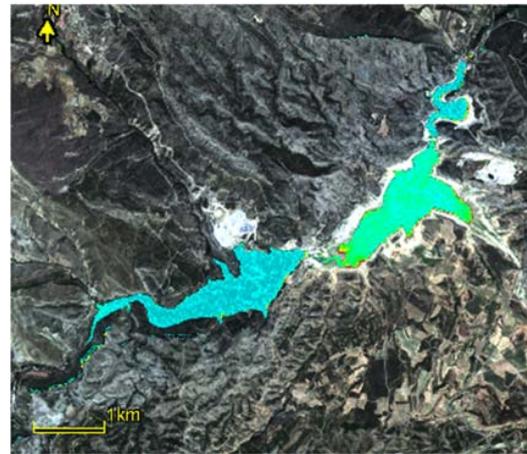
MAS 85. EMBALSE DE SANTOLEA



MAS 85. EMBALSE DE SANTOLEA



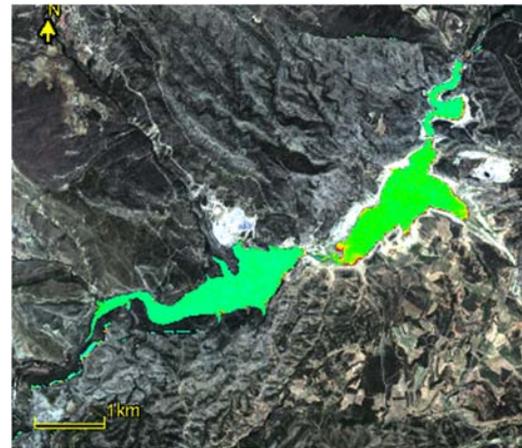
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



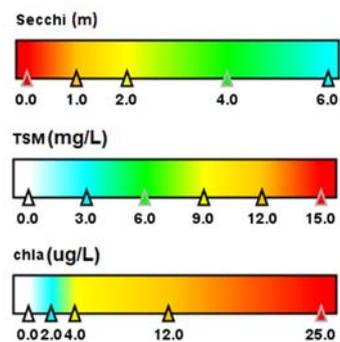
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 14-julio-2023

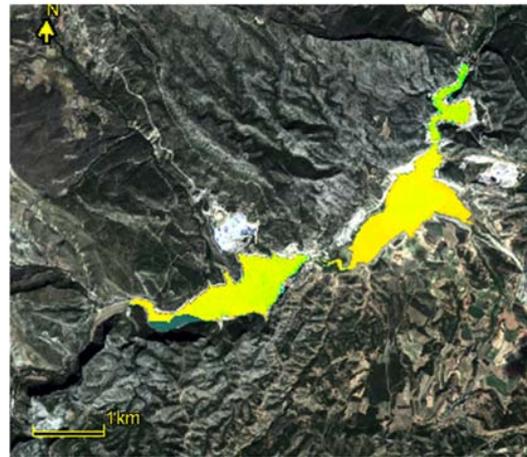
Transparencia	Clorofila a
2,86 m	3,82 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



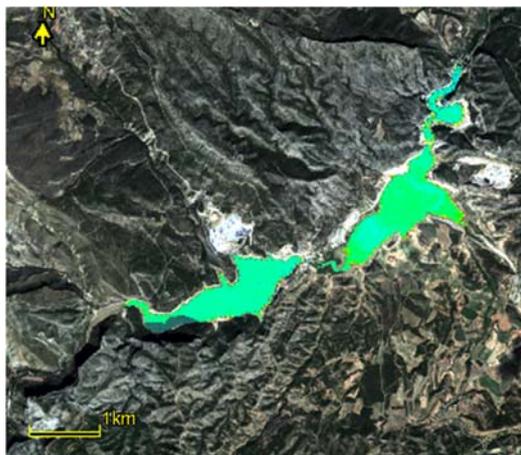
MAS 85. EMBALSE DE SANTOLEA



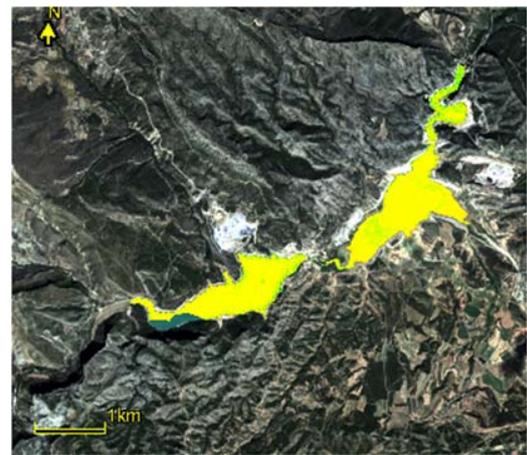
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



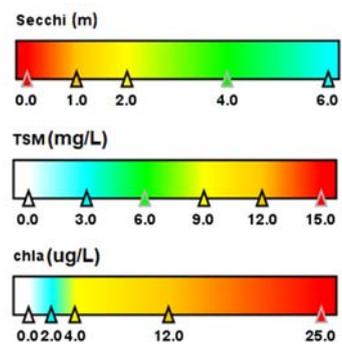
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 22-septiembre-2023

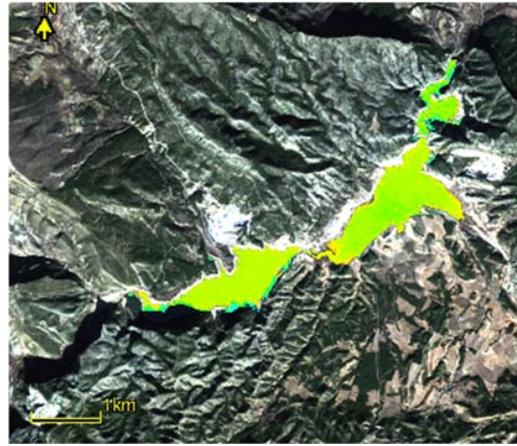
Transparencia	Clorofila a
2,06 m	4,40 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



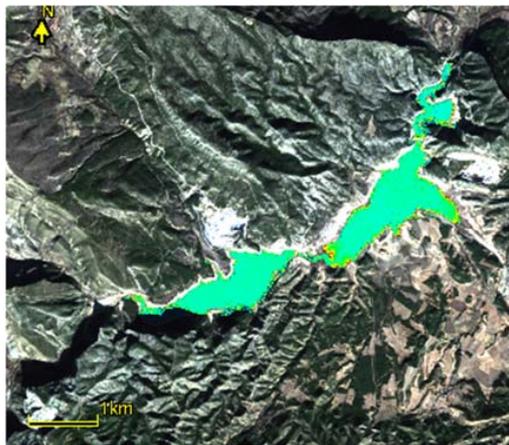
MAS 85. EMBALSE DE SANTOLEA



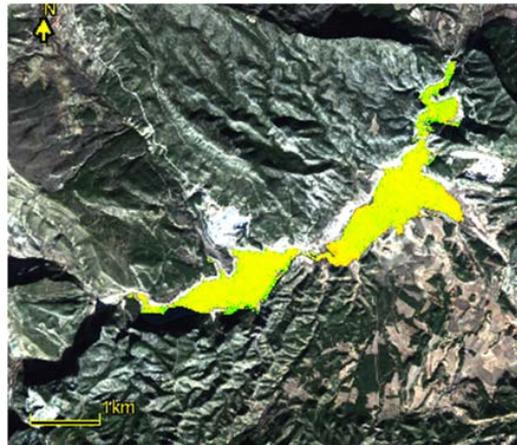
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



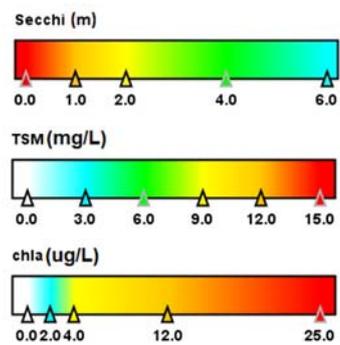
Materia en suspensión (TSM)



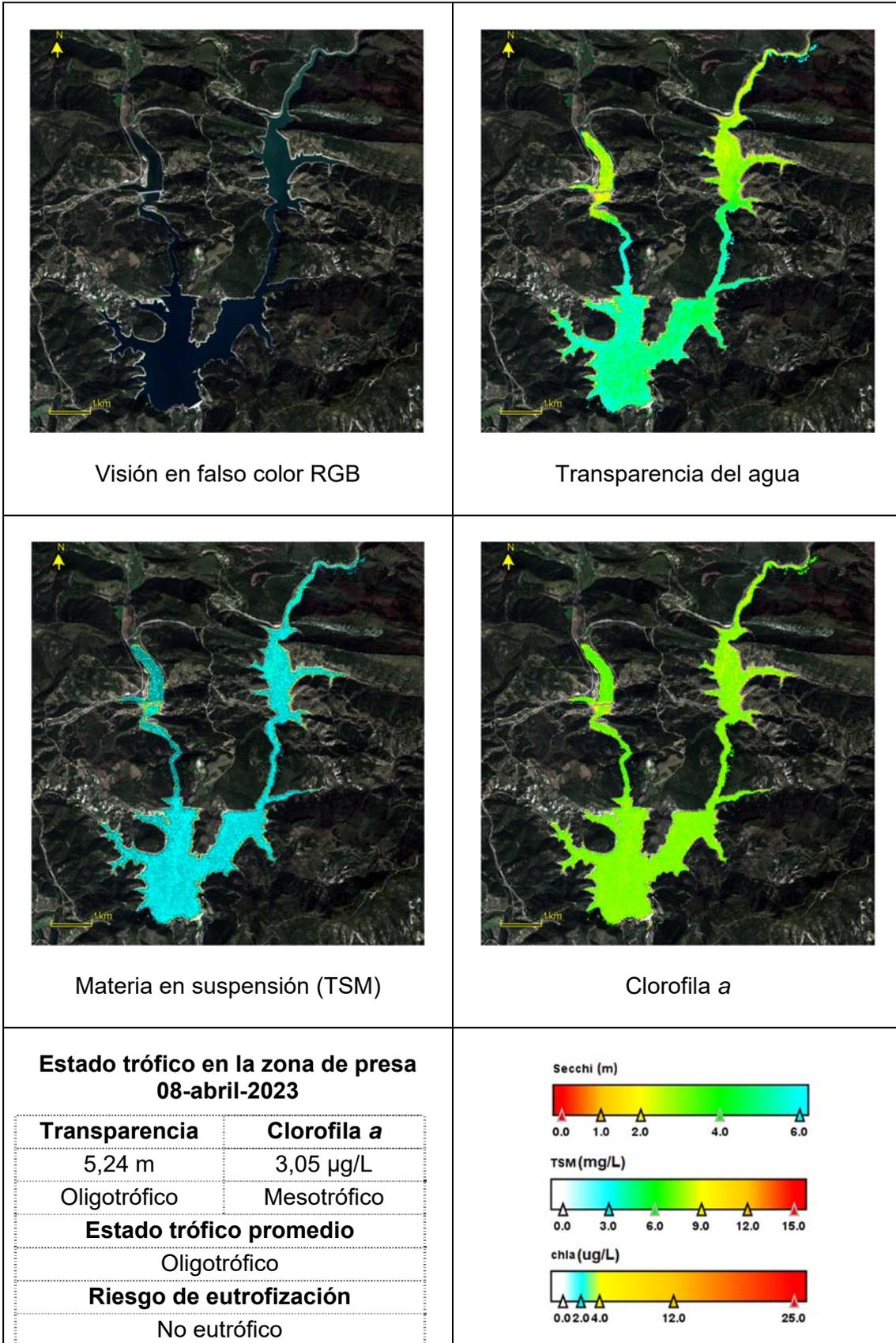
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 6-diciembre-2023

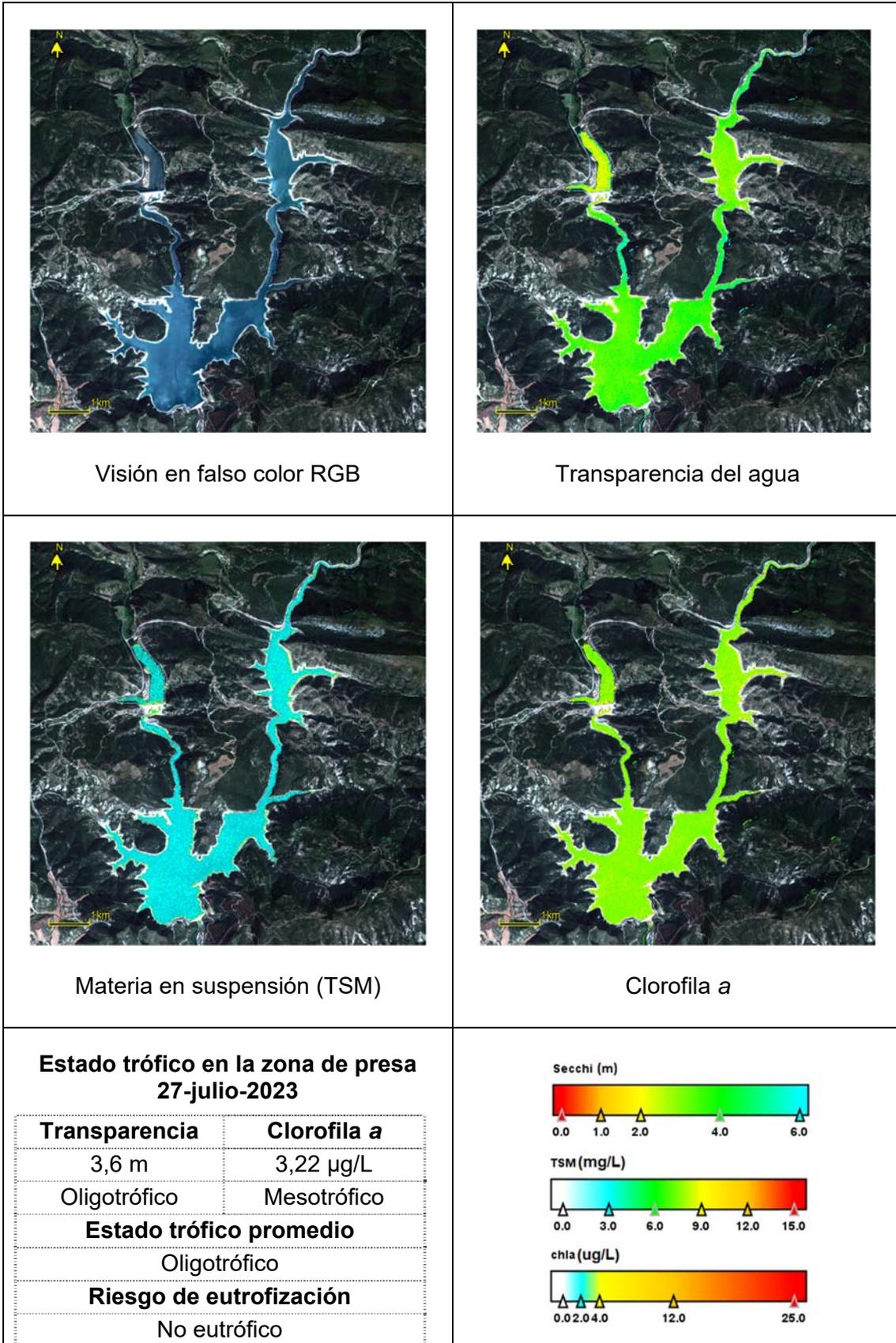
Transparencia	Clorofila a
3,14 m	4,03 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



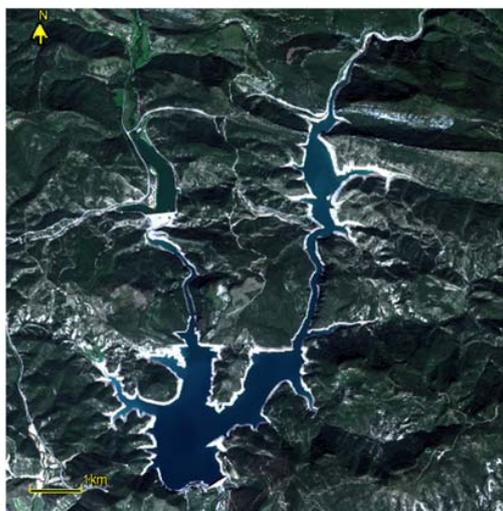
MAS 86. EMBALSE DE ITOIZ



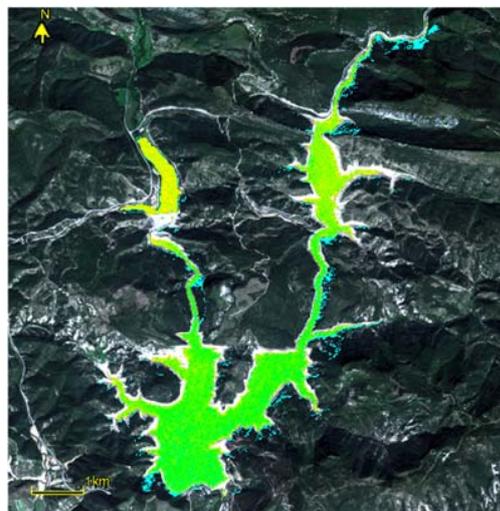
MAS 86. EMBALSE DE ITOIZ



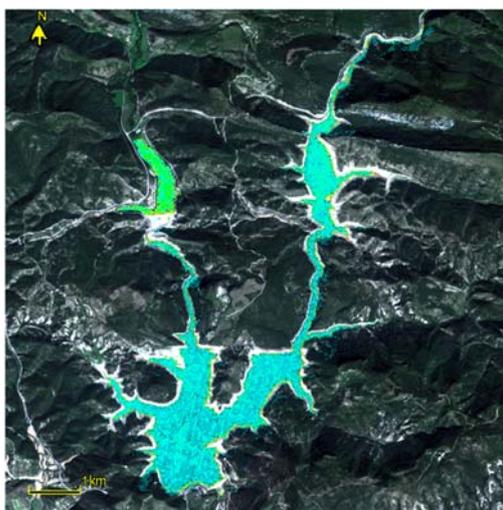
MAS 86. EMBALSE DE ITOIZ



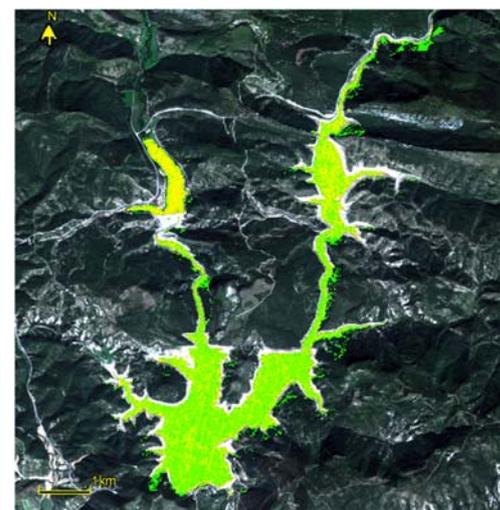
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



Materia en suspensión (TSM)

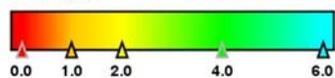


Clorofila a

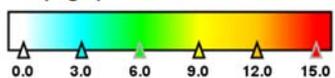
Estado trófico en la zona de presa 25-septiembre-2023

Transparencia	Clorofila a
4,19 m	3,04 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	

Secchi (m)



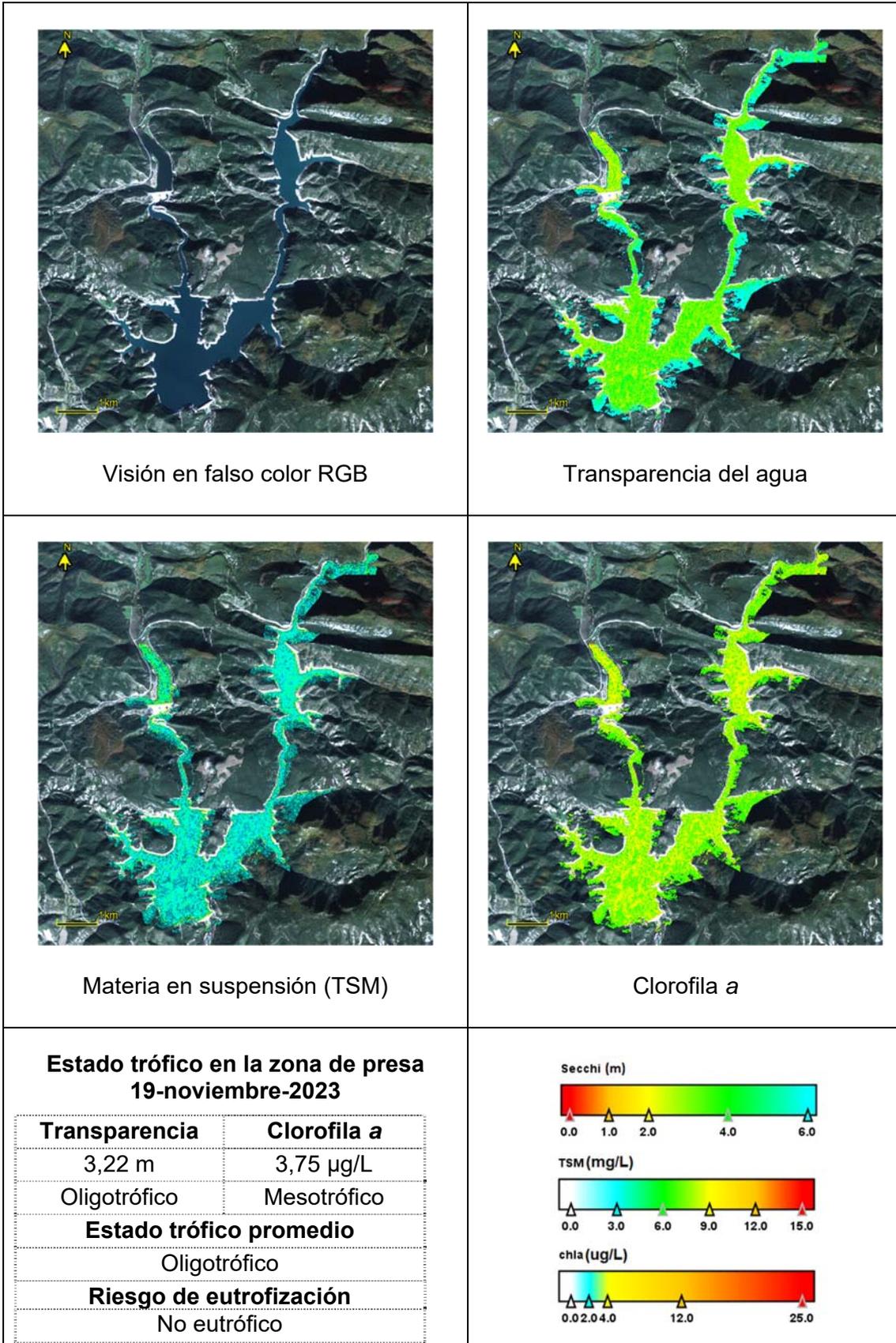
TSM (mg/L)



chl a (ug/L)



MAS 86. EMBALSE DE ITOIZ



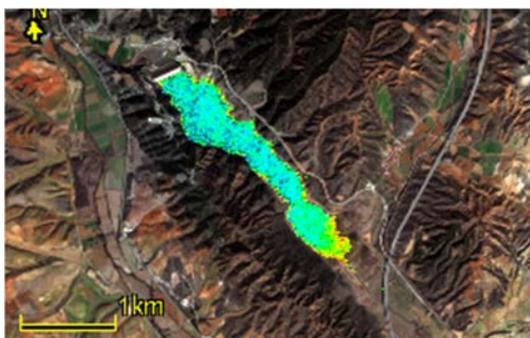
MAS 87. EMBALSE DE LECHAGO



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



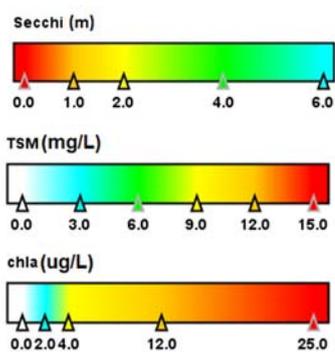
Materia en suspensión (TSM)



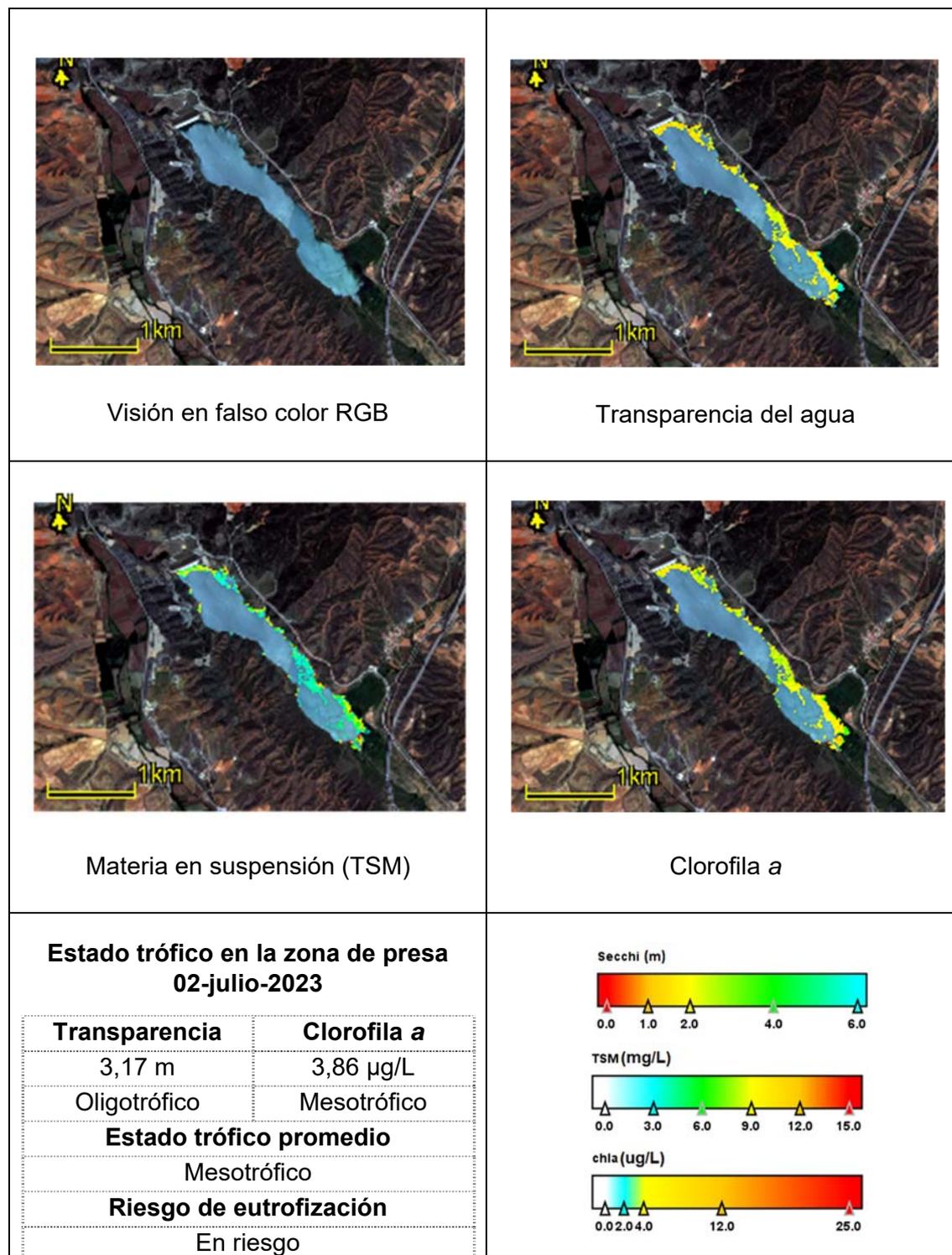
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
04-marzo-2023**

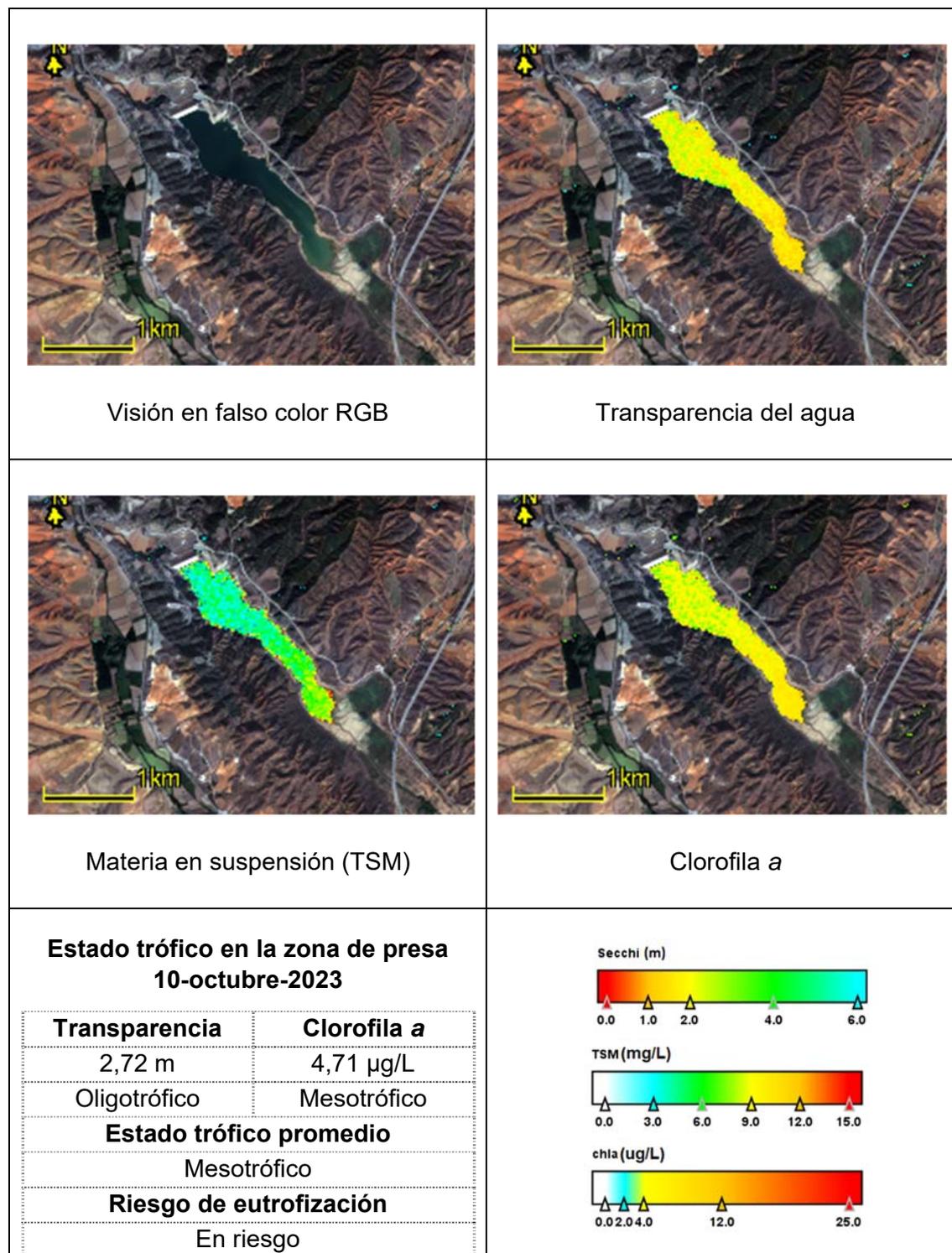
Transparencia	Clorofila a
3,22 m	3,83 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



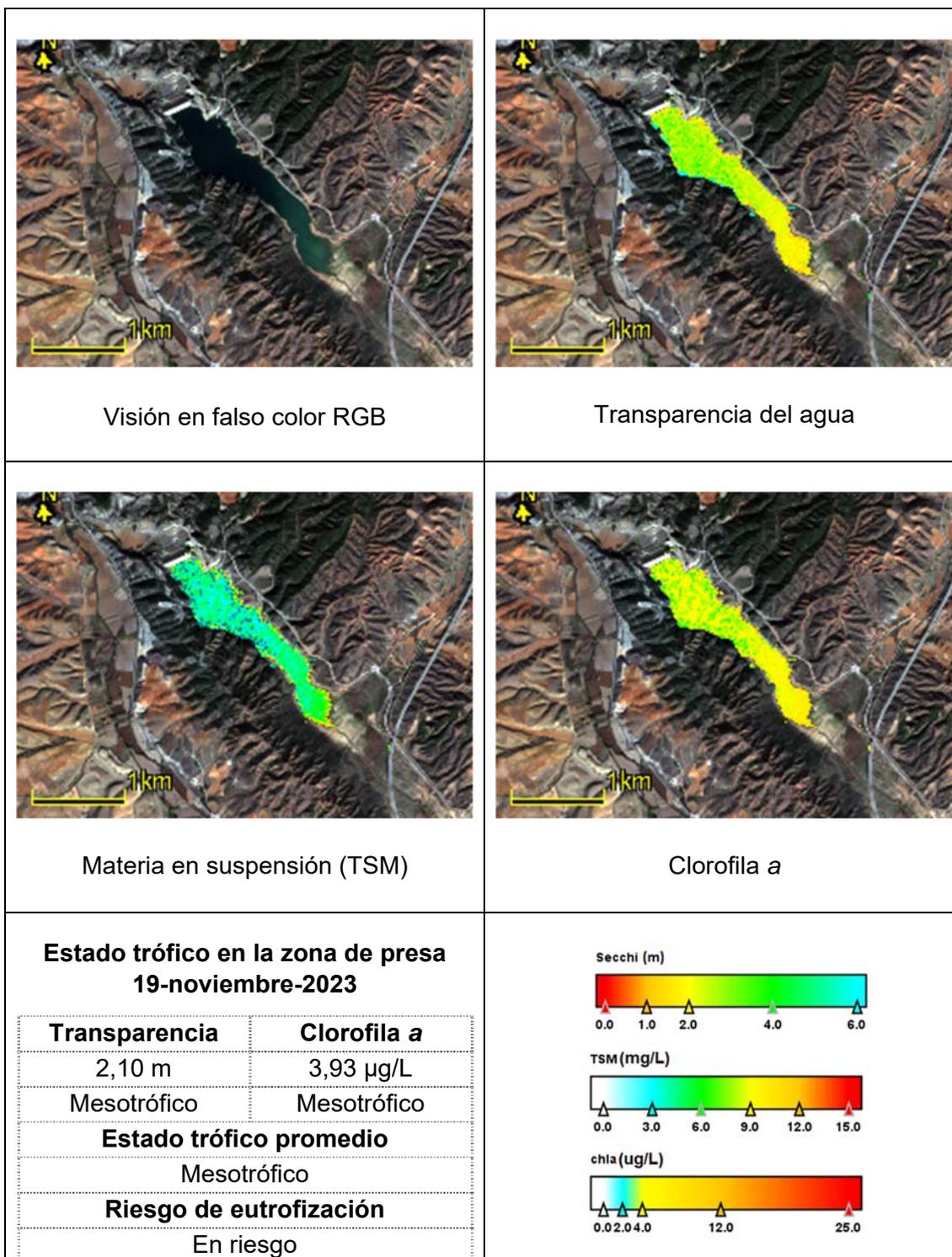
MAS 87. EMBALSE DE LECHAGO



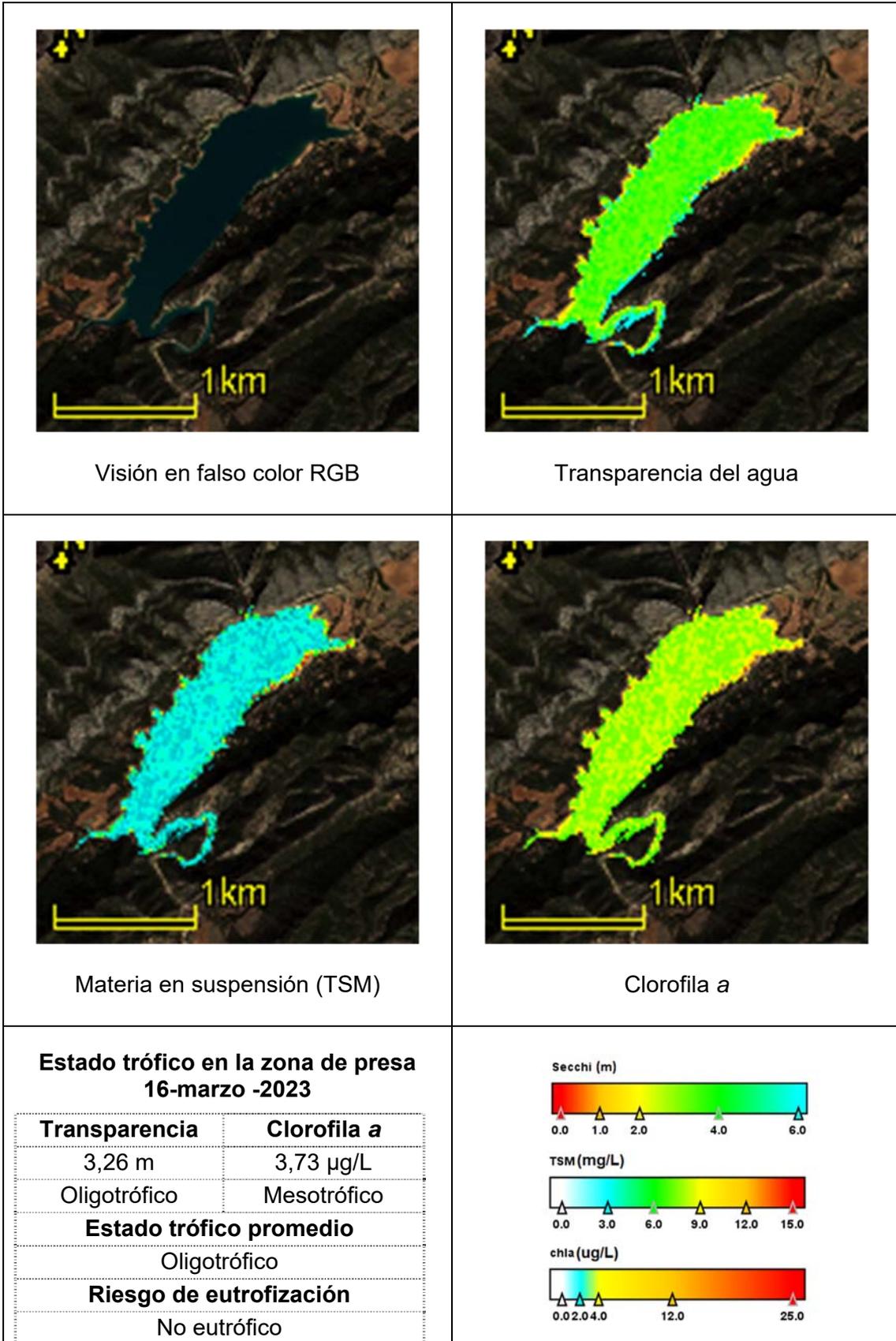
MAS 87. EMBALSE DE LECHAGO



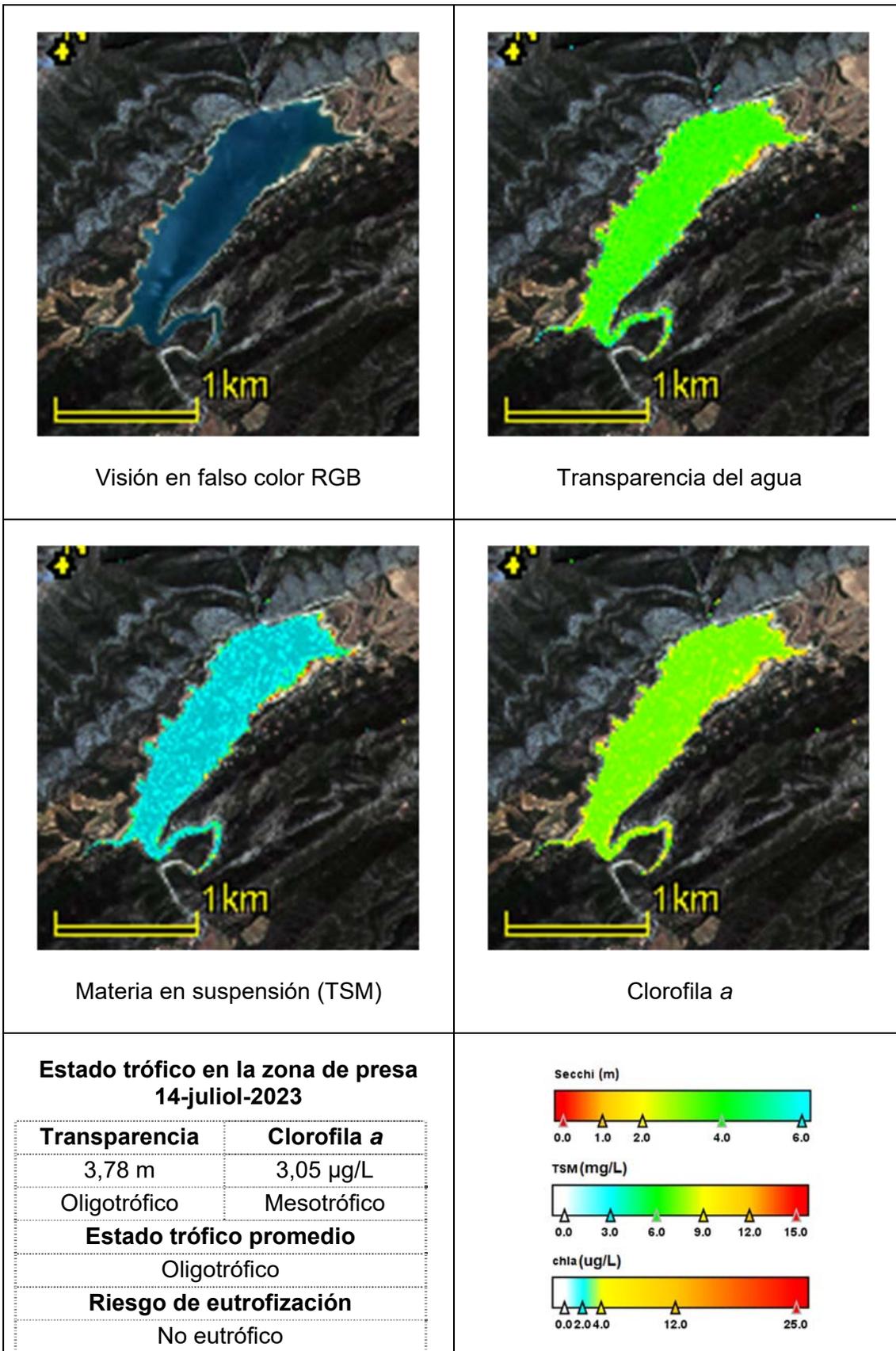
MAS 87. EMBALSE DE LECHAGO



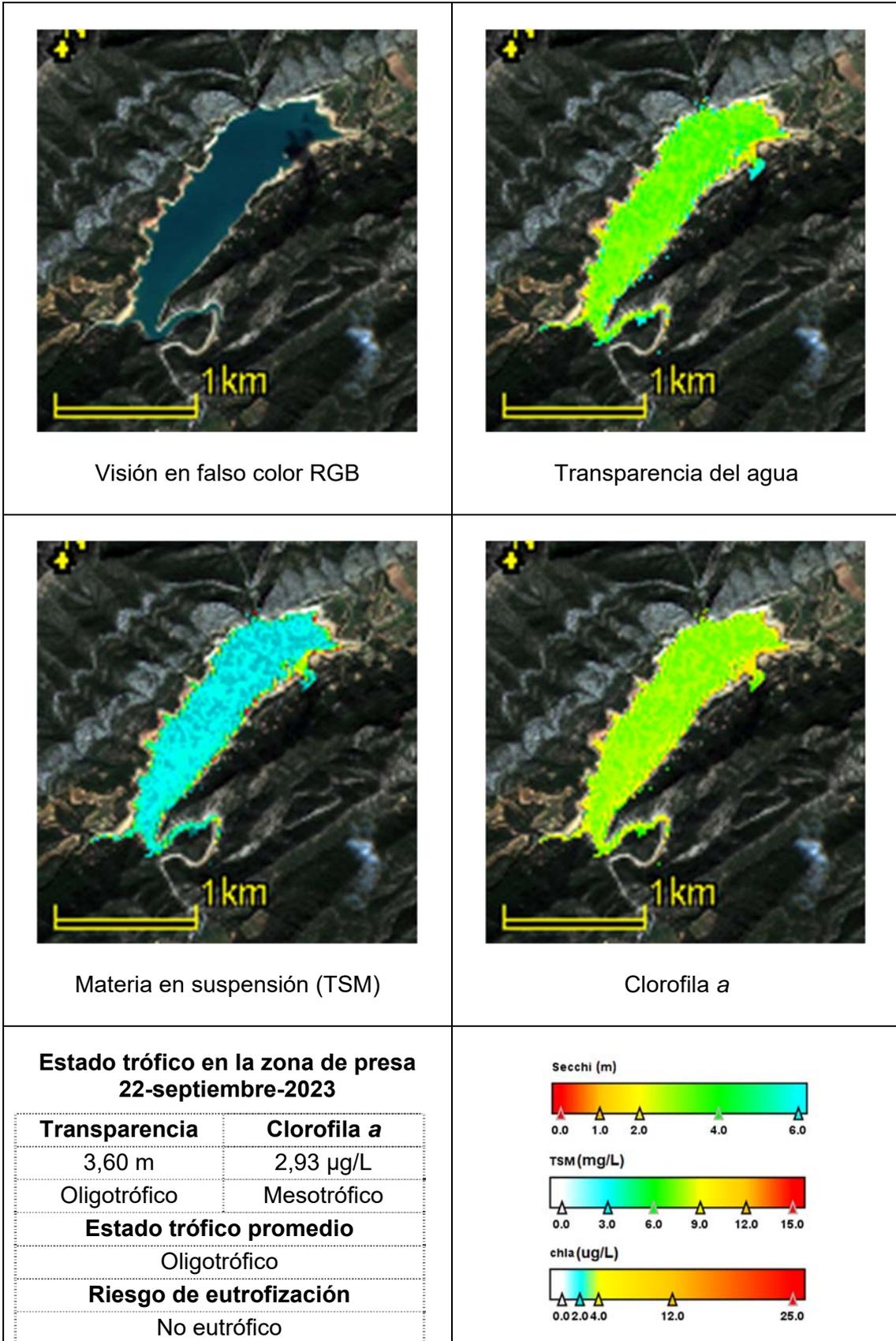
MAS 912. EMBALSE DE PENA



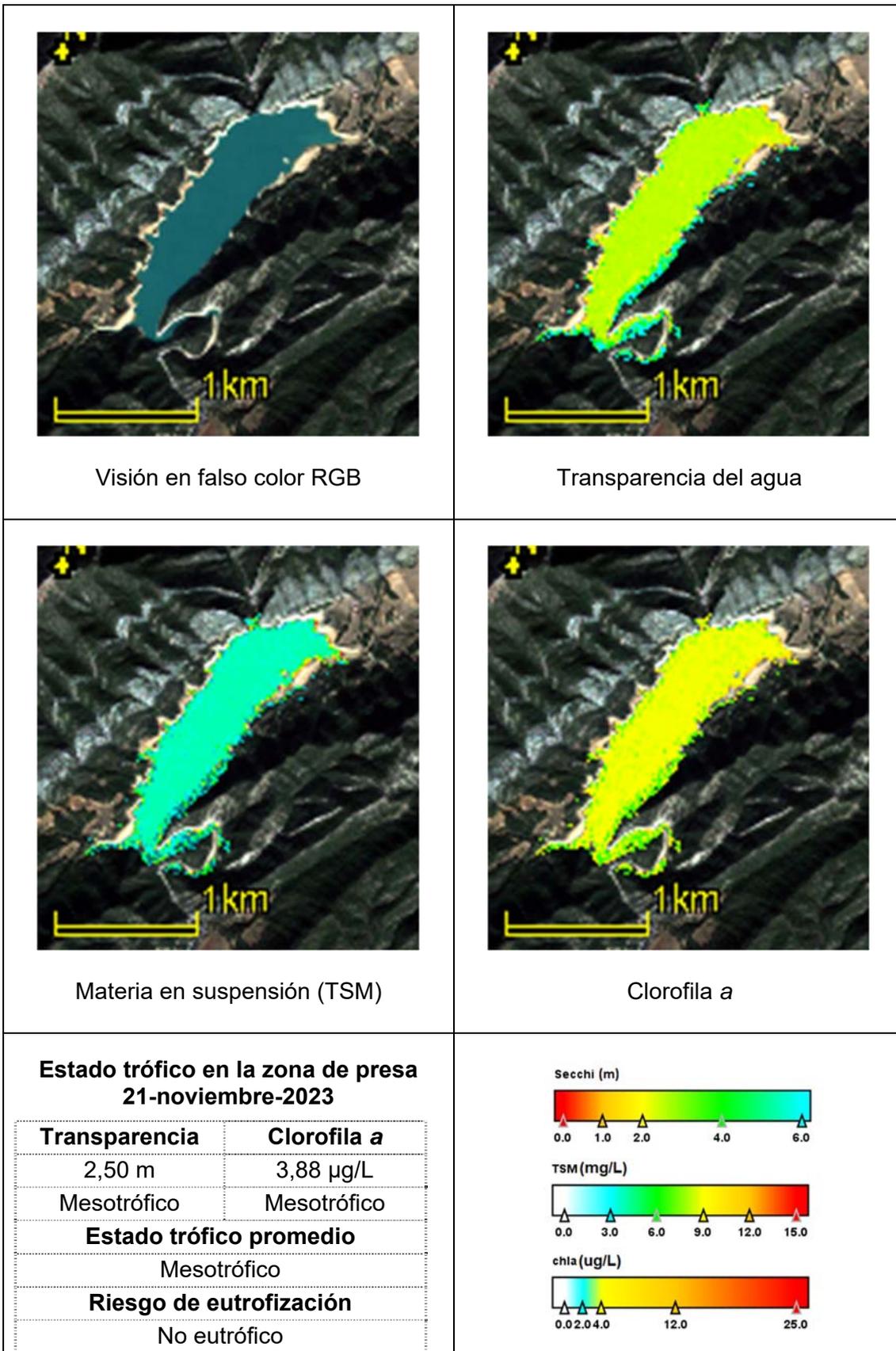
MAS 912. EMBALSE DE PENA



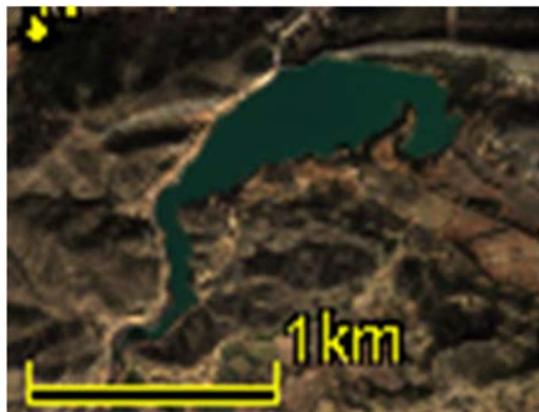
MAS 912. EMBALSE DE PENA



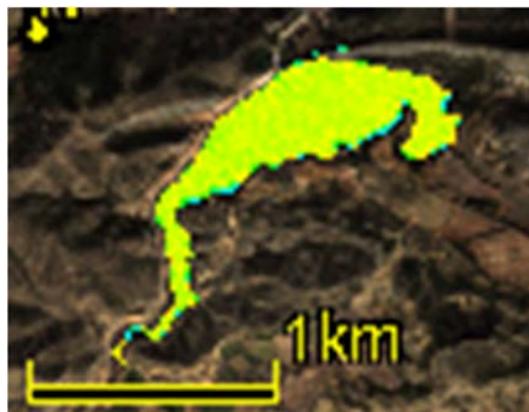
MAS 912. EMBALSE DE PENA



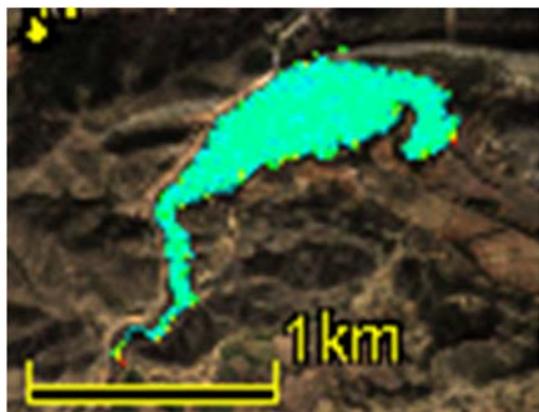
MAS 913. EMBALSE DE GALLIPUÉN



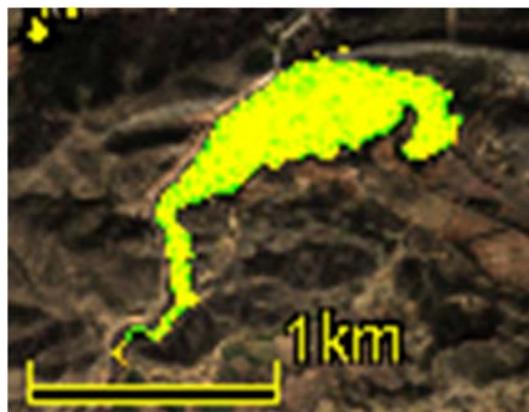
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



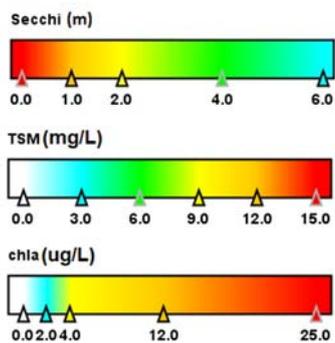
Materia en suspensión (TSM)



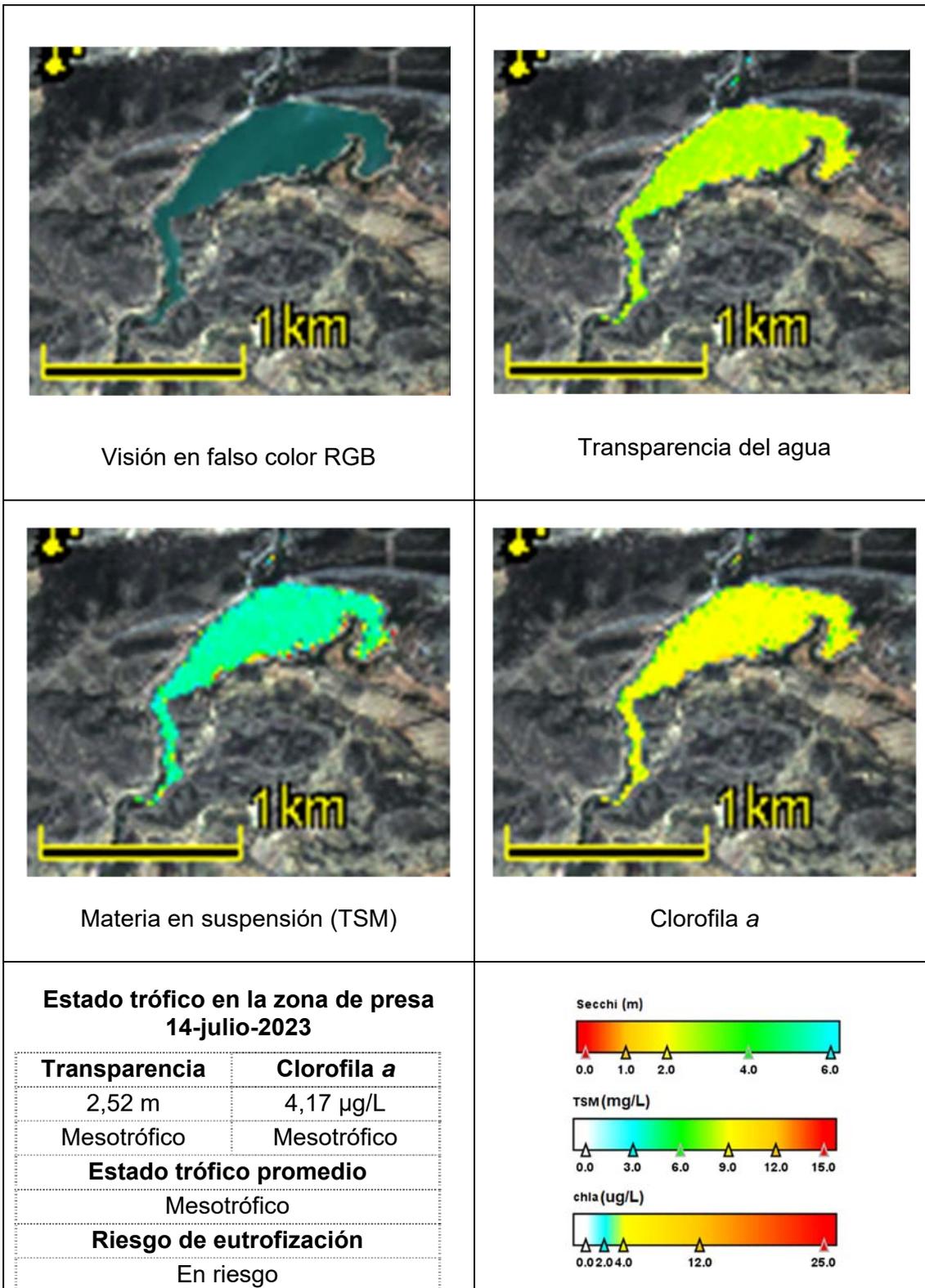
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 16-marzo-2023

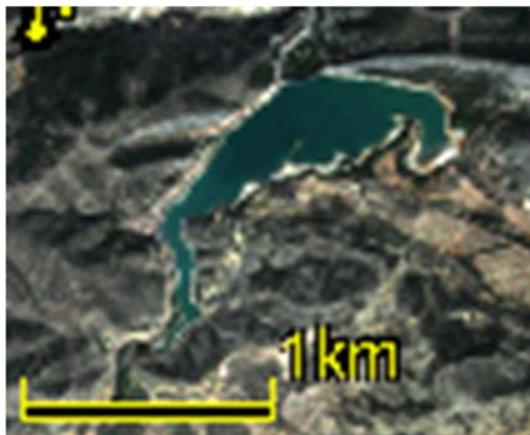
Transparencia	Clorofila a
3,86 m	2,96 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



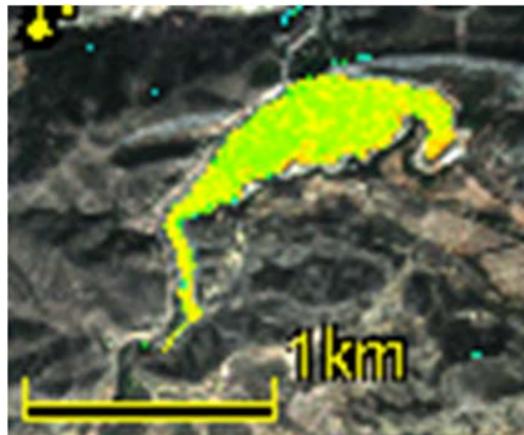
MAS 913. EMBALSE DE GALLIPUÉN



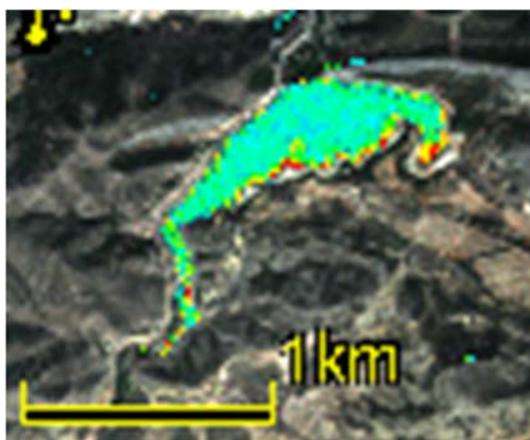
MAS 913. EMBALSE DE GALLIPUÉN



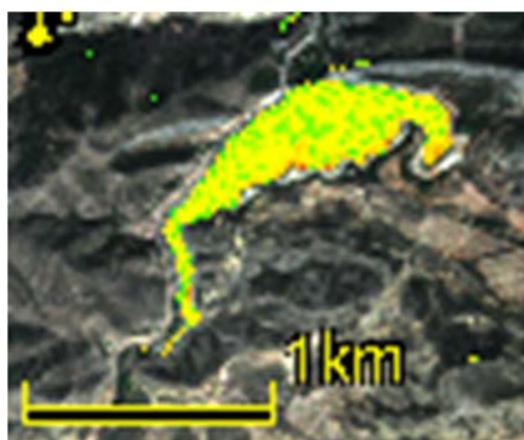
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



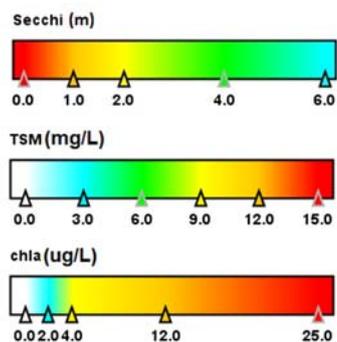
Materia en suspensión (TSM)



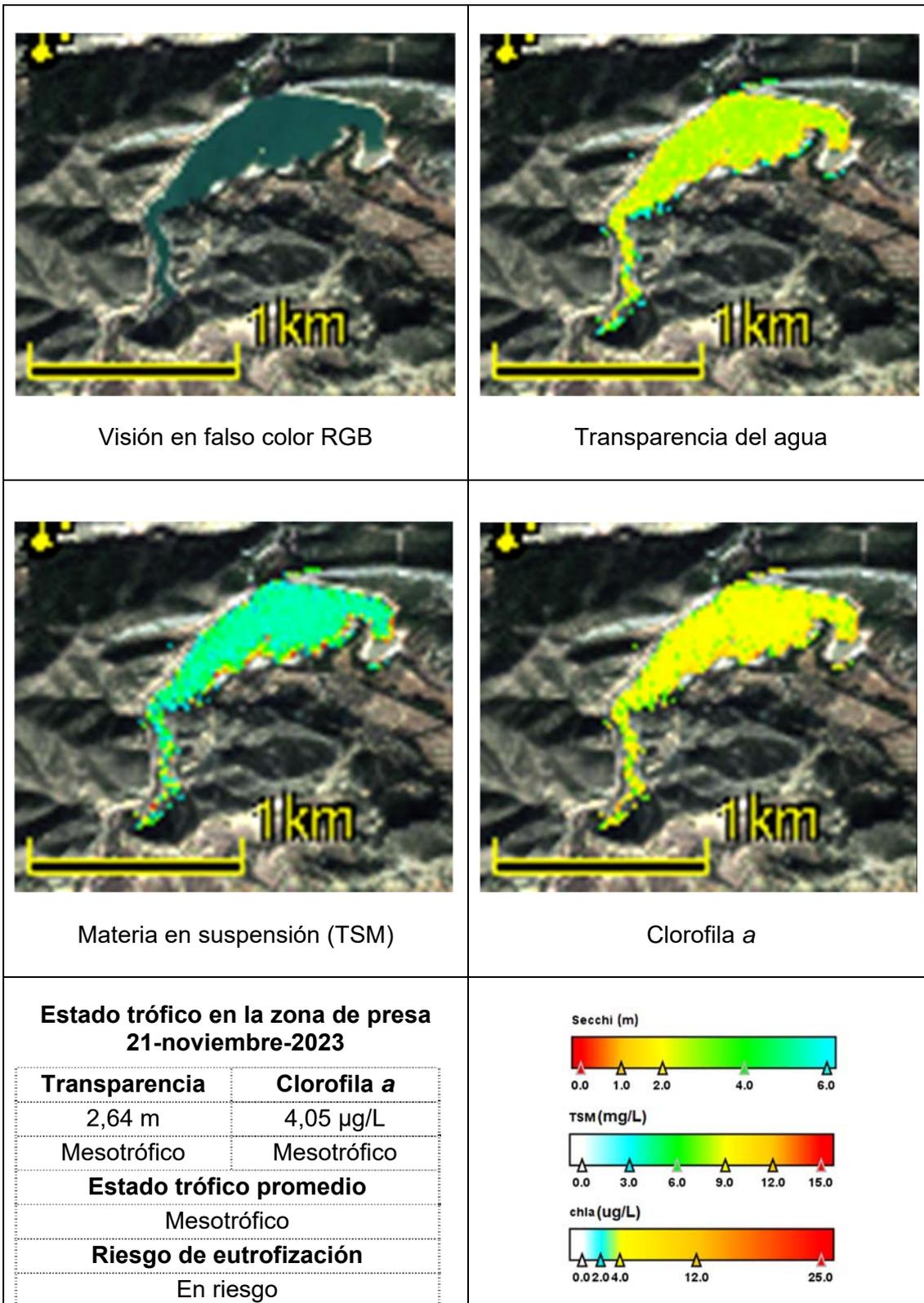
Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 22-septiembre-2023

Transparencia	Clorofila a
2,63 m	3,87 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



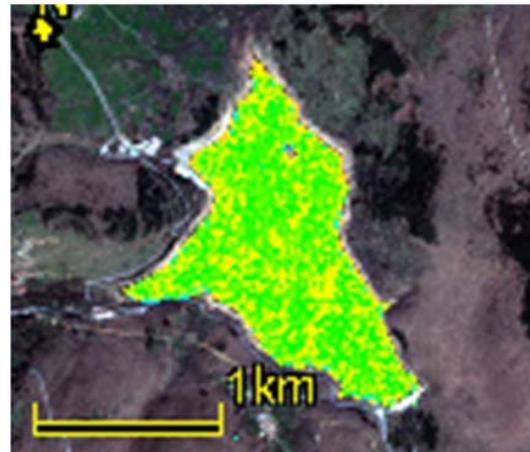
MAS 913. EMBALSE DE GALLIPUÉN



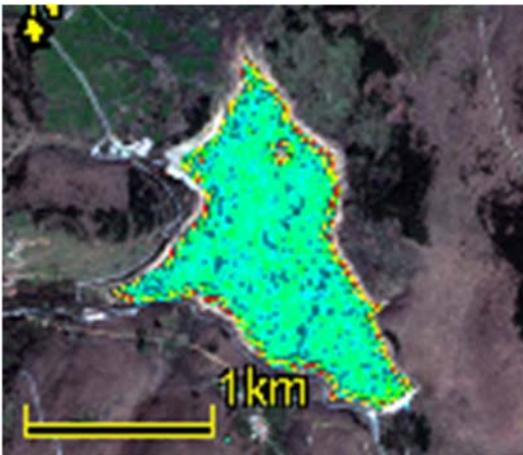
MAS 916. EMBALSE DE ORTIGOSA



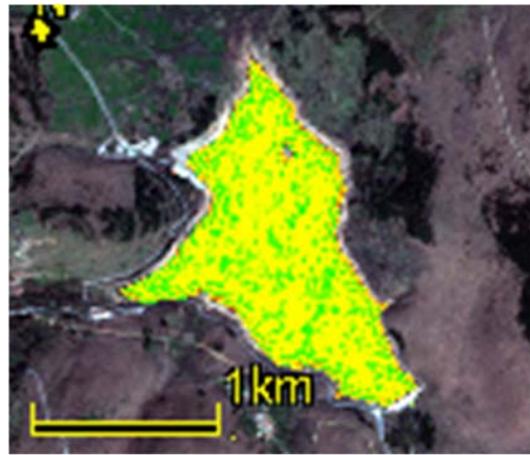
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



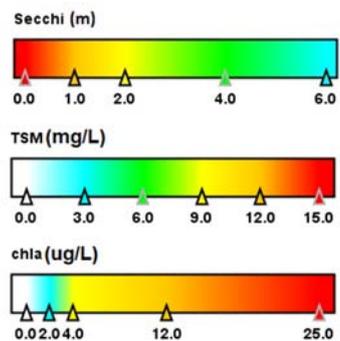
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
08-abril-2023**

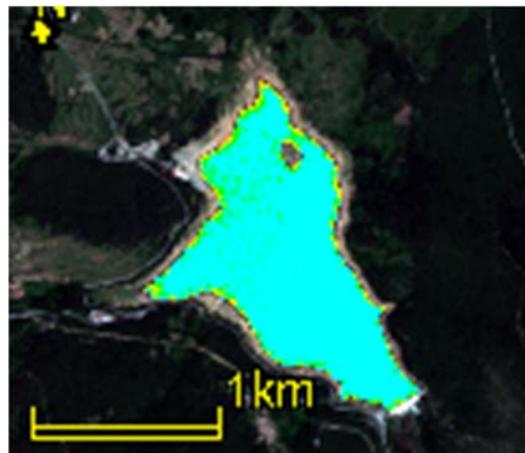
Transparencia	Clorofila a
3,76 m	4,37 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



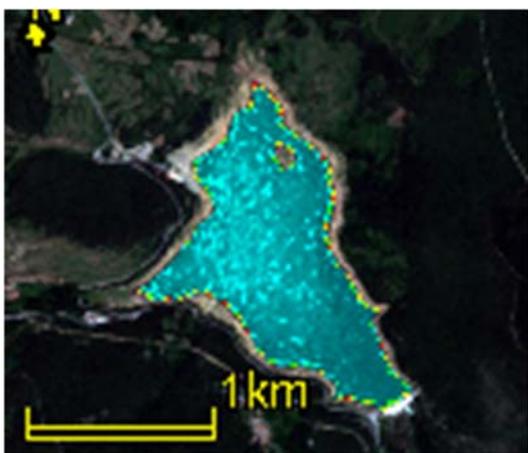
MAS 916. EMBALSE DE ORTIGOSA



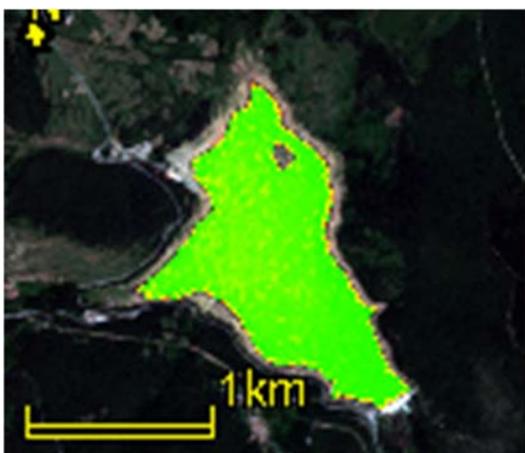
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



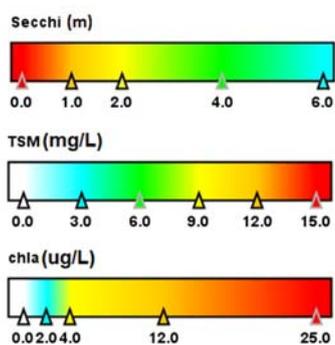
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
17-julio-2023**

Transparencia	Clorofila a
9,98 m	2,44 µg/L
Ultraoligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



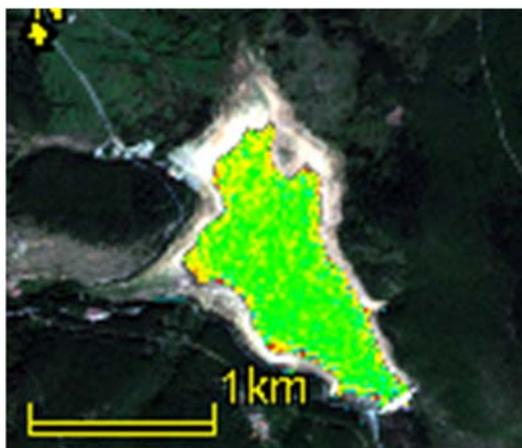
MAS 916. EMBALSE DE ORTIGOSA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



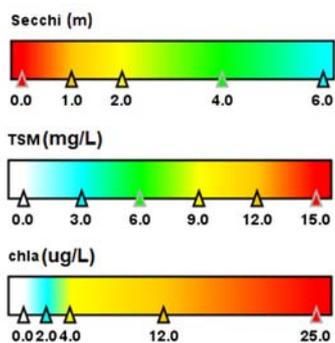
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

Estado trófico en la zona de presa 30-septiembre-2023

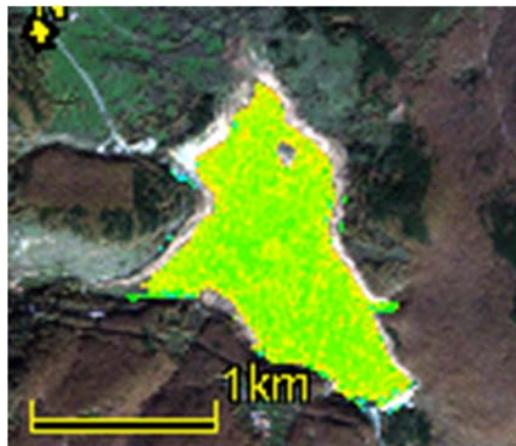
Transparencia	Clorofila a
2,48 m	5,21 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



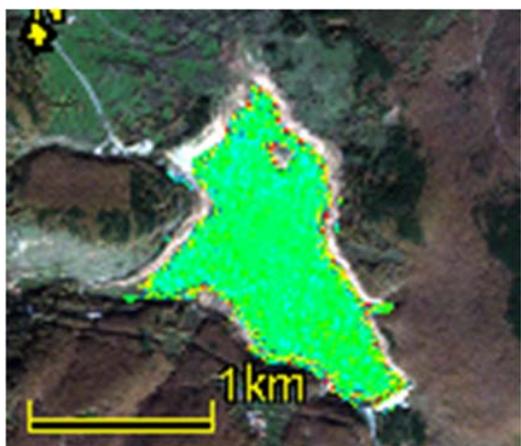
MAS 916. EMBALSE DE ORTIGOSA



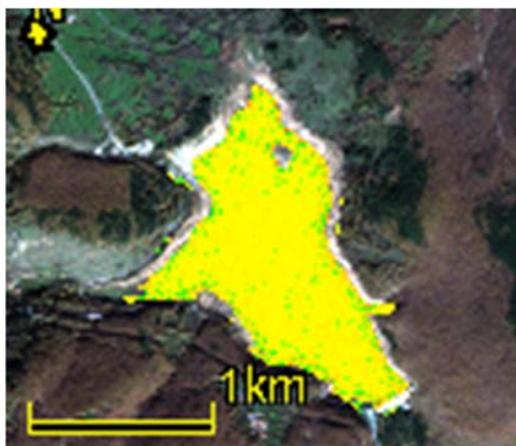
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



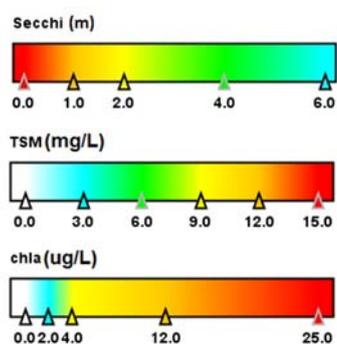
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
19-noviembre-2023**

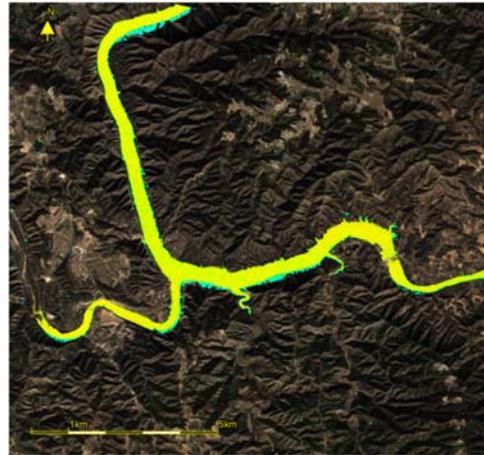
Transparencia	Clorofila a
2,72 m	4,89 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



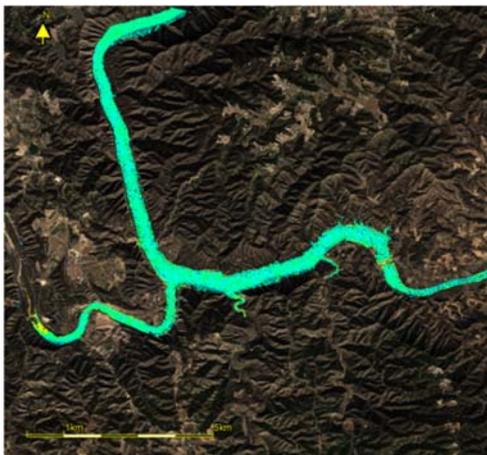
MAS 949. EMBALSE DE RIBARROJA



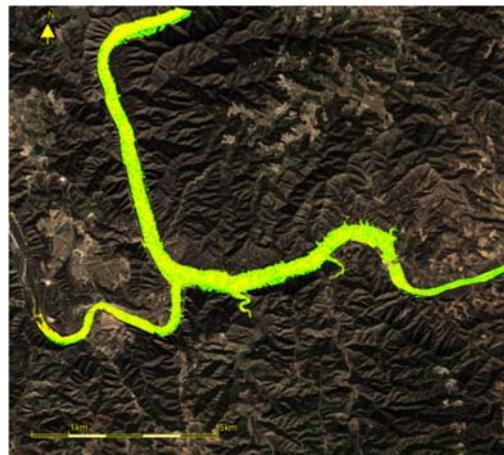
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



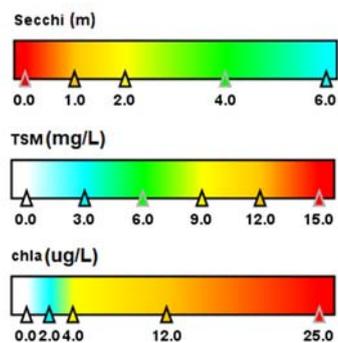
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
16-marzo-2023**

Transparencia	Clorofila a
2,33 m	5,63 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 949. EMBALSE DE RIBARROJA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



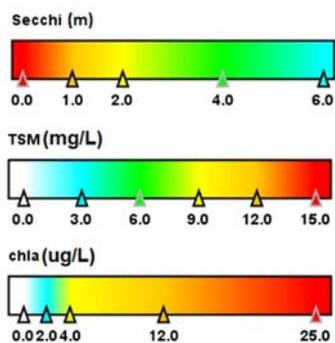
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
14-julio-2023**

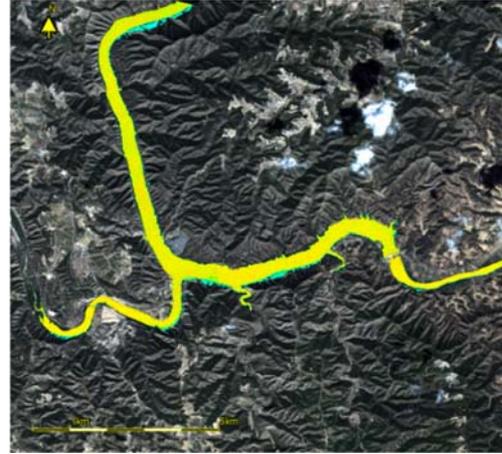
Transparencia	Clorofila a
3,81 m	3,15 µg/L
Oligotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 949. EMBALSE DE RIBARROJA



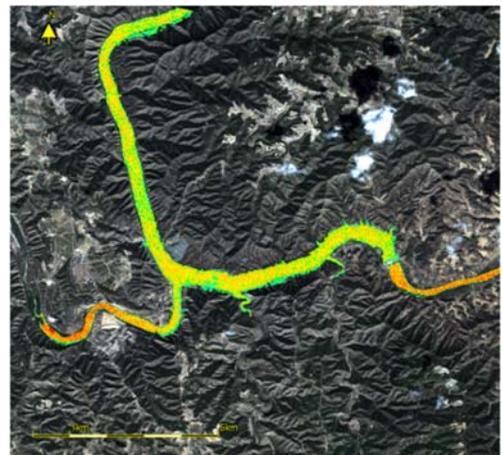
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



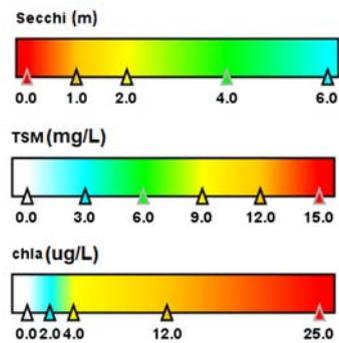
Materia en suspensión (TSM)



Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
27-septiembre-2023**

Transparencia	Clorofila a
2,39	5,09 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



MAS 949. EMBALSE DE RIBARROJA



Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



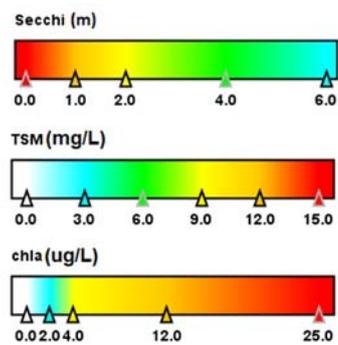
Materia en suspensión (TSM)



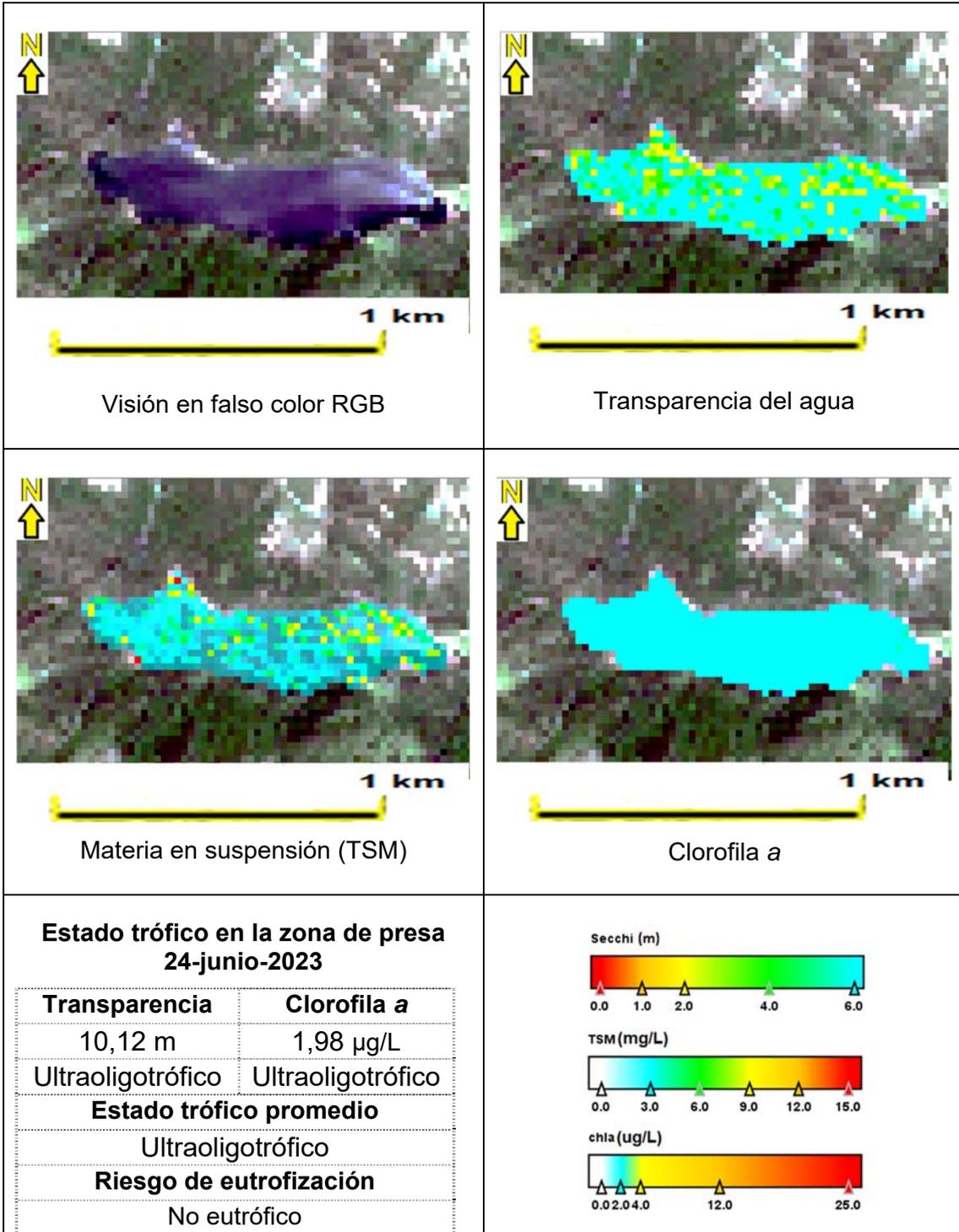
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
06-diciembre-2023**

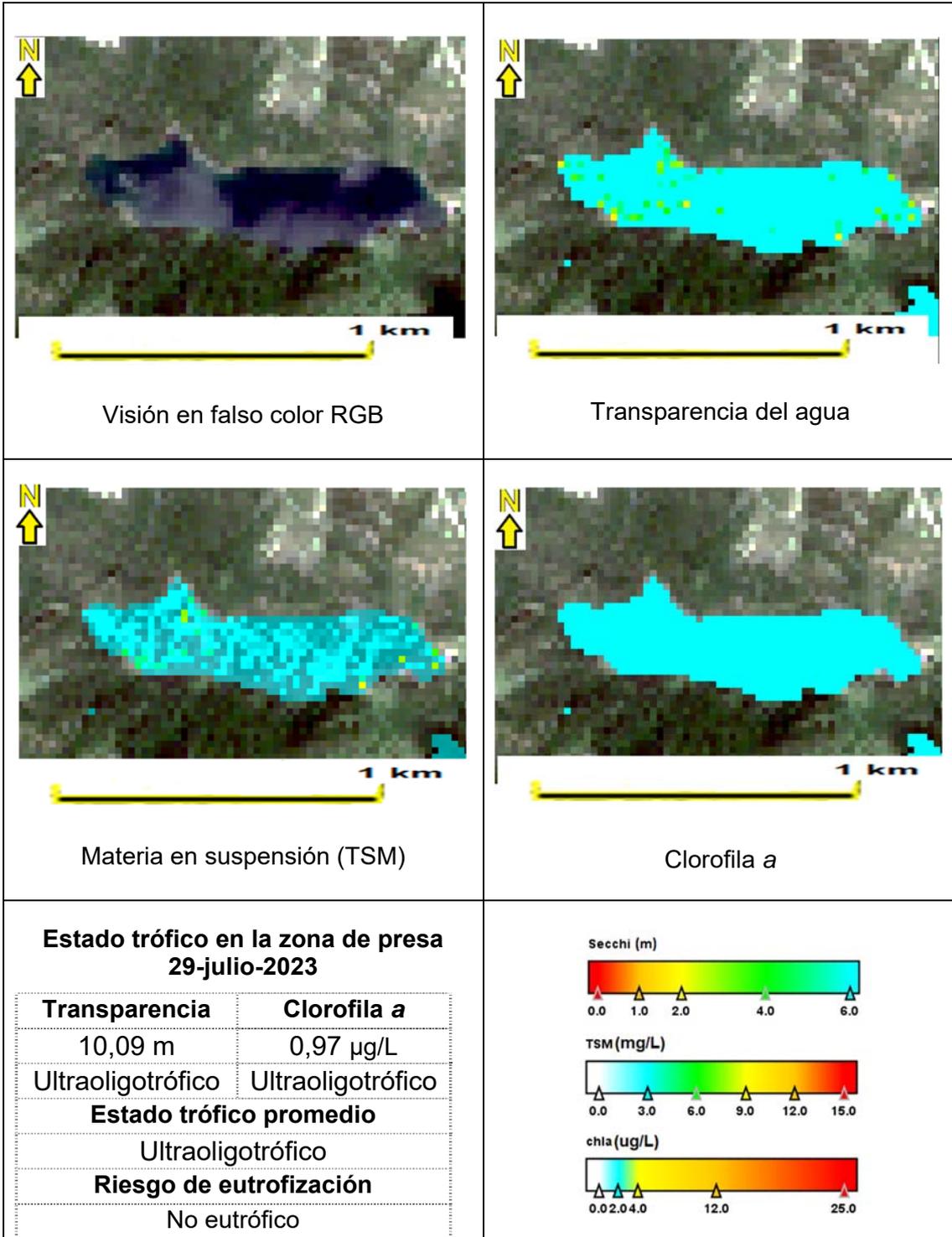
Transparencia	Clorofila a
2,39 m	5,09 µg/L
Mesotrófico	Mesotrófico
Estado trófico promedio	
Mesotrófico	
Riesgo de eutrofización	
En riesgo	



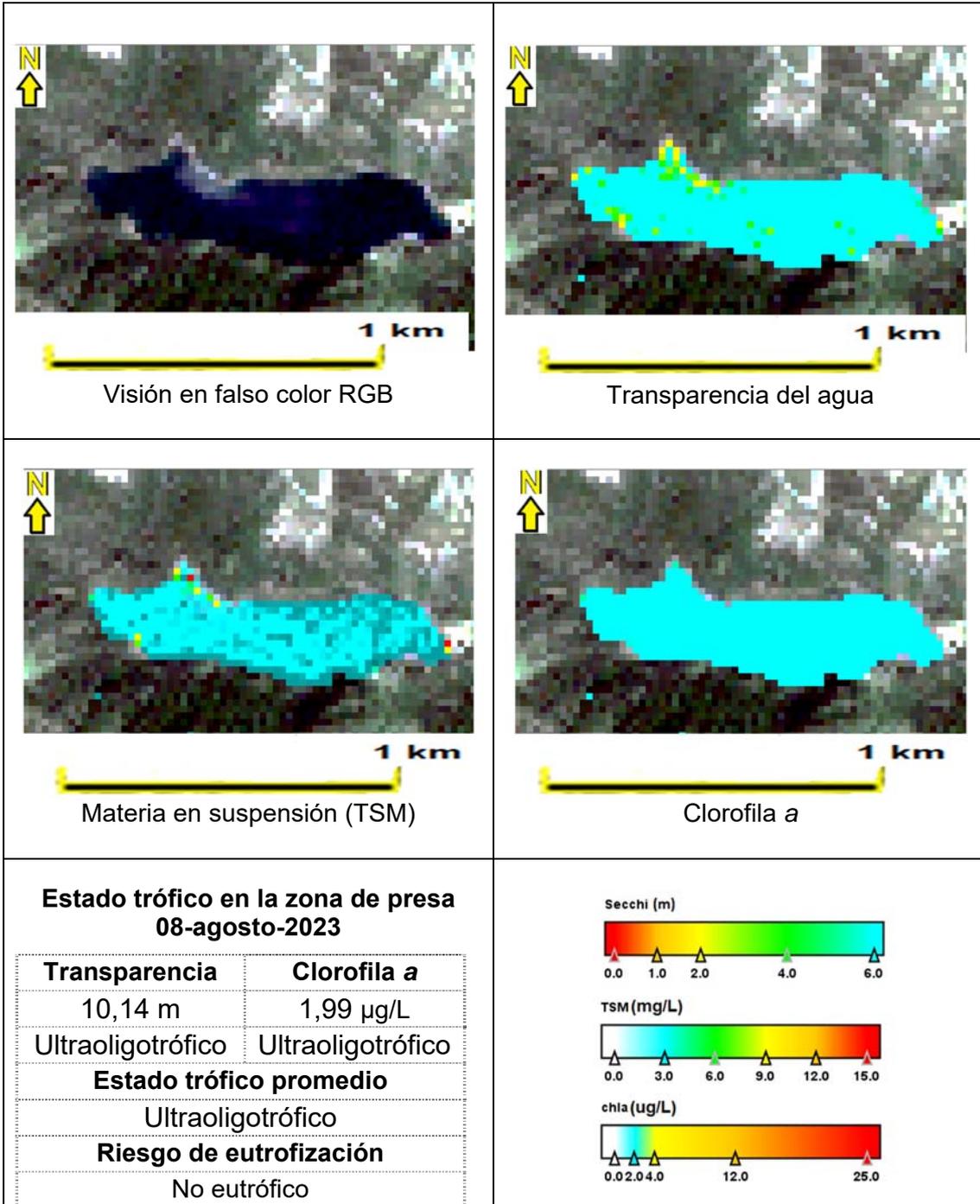
MAS 996. ESTANY DE SANT MAURICI



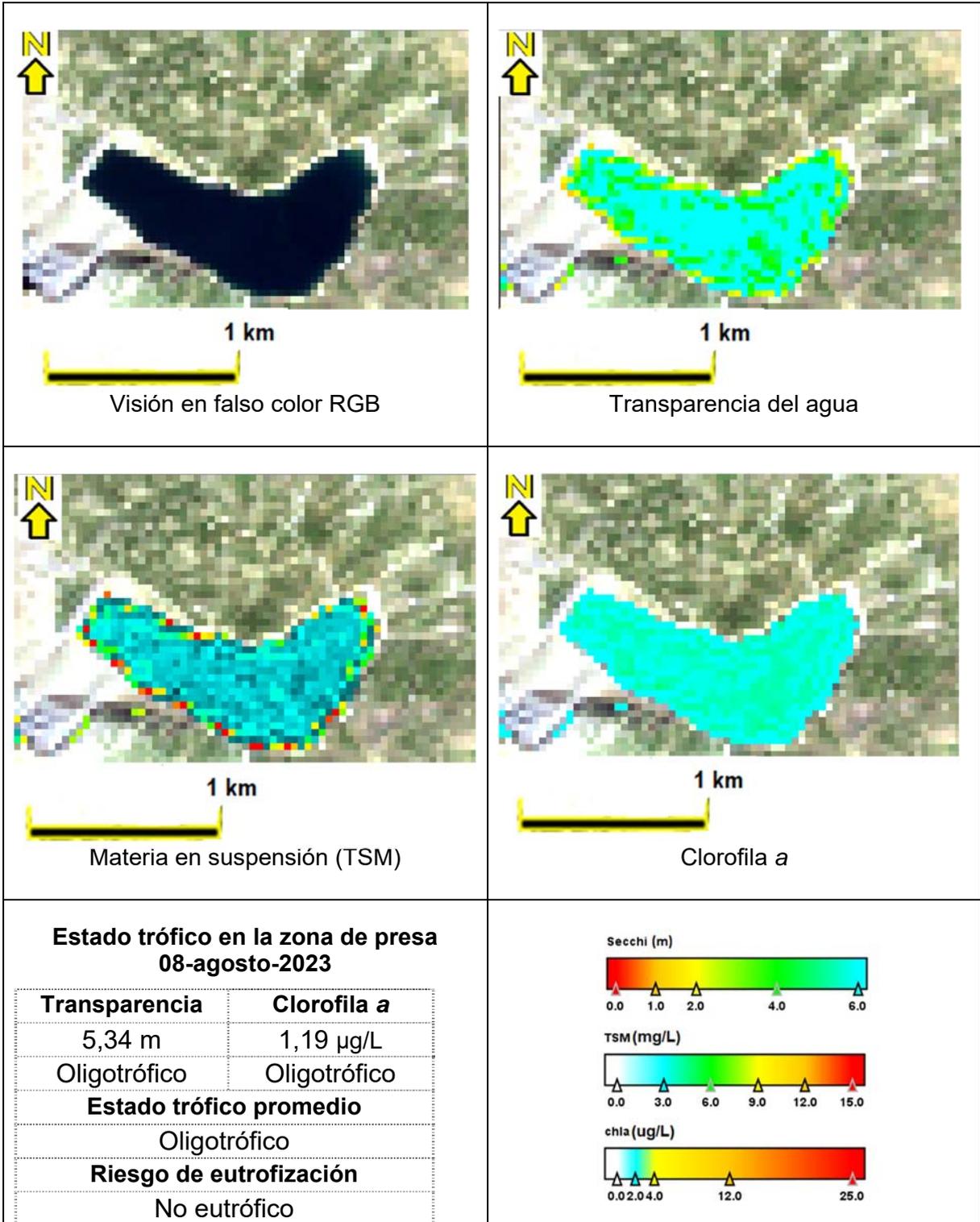
MAS 996. ESTANY DE SANT MAURICI



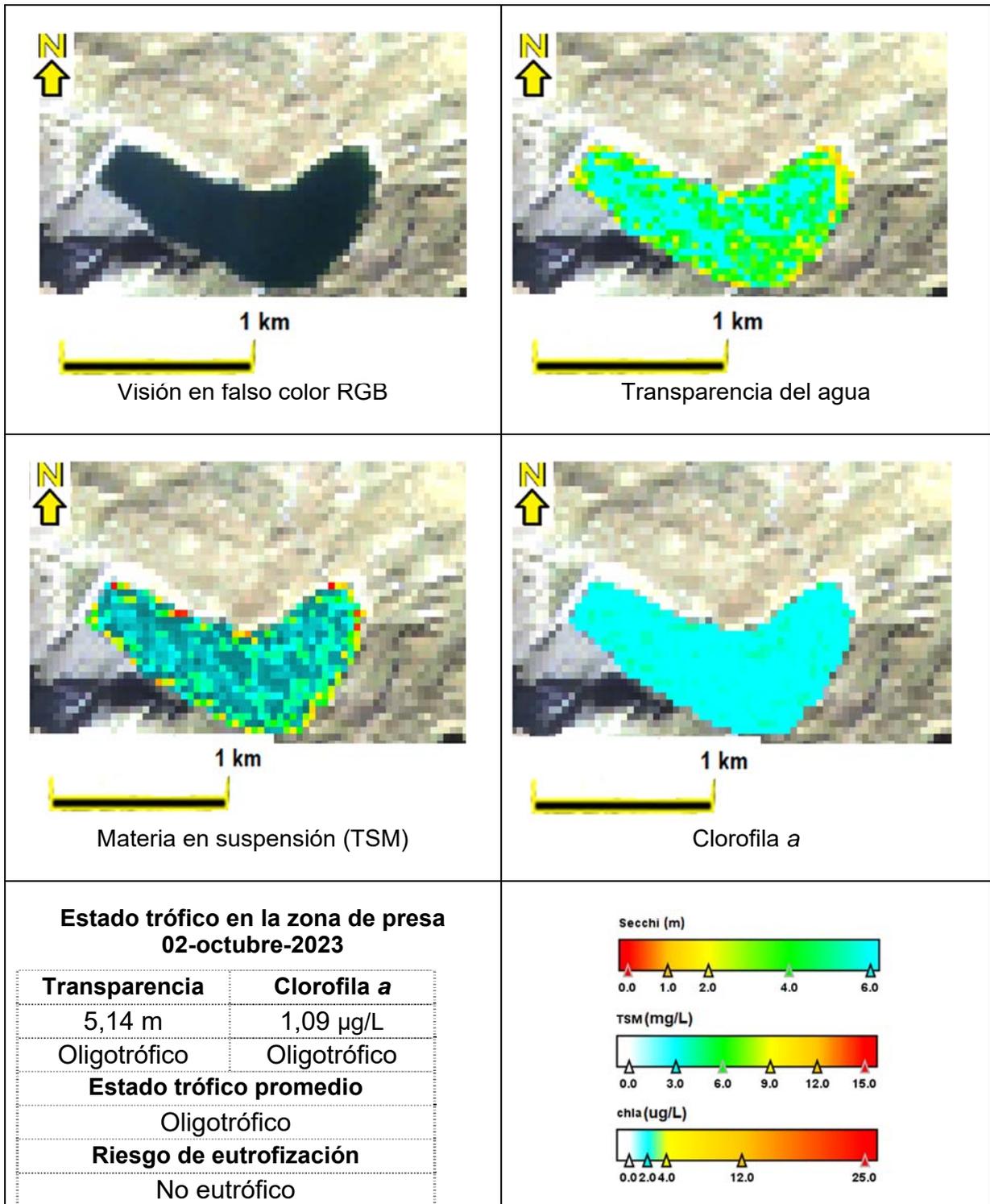
MAS 996. ESTANY DE SANT MAURICI



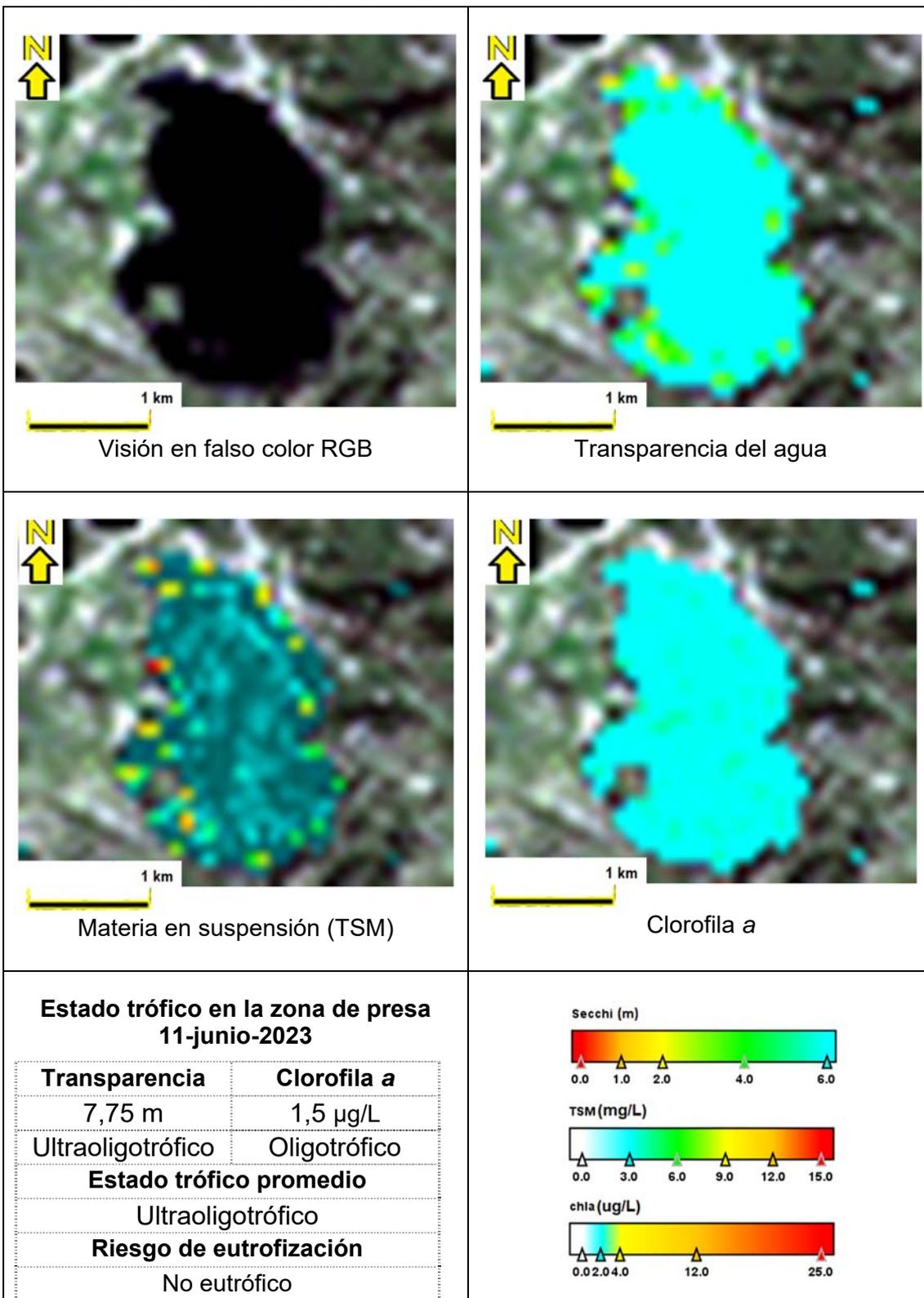
MAS 1003. IBON RECRECIDO DE IP



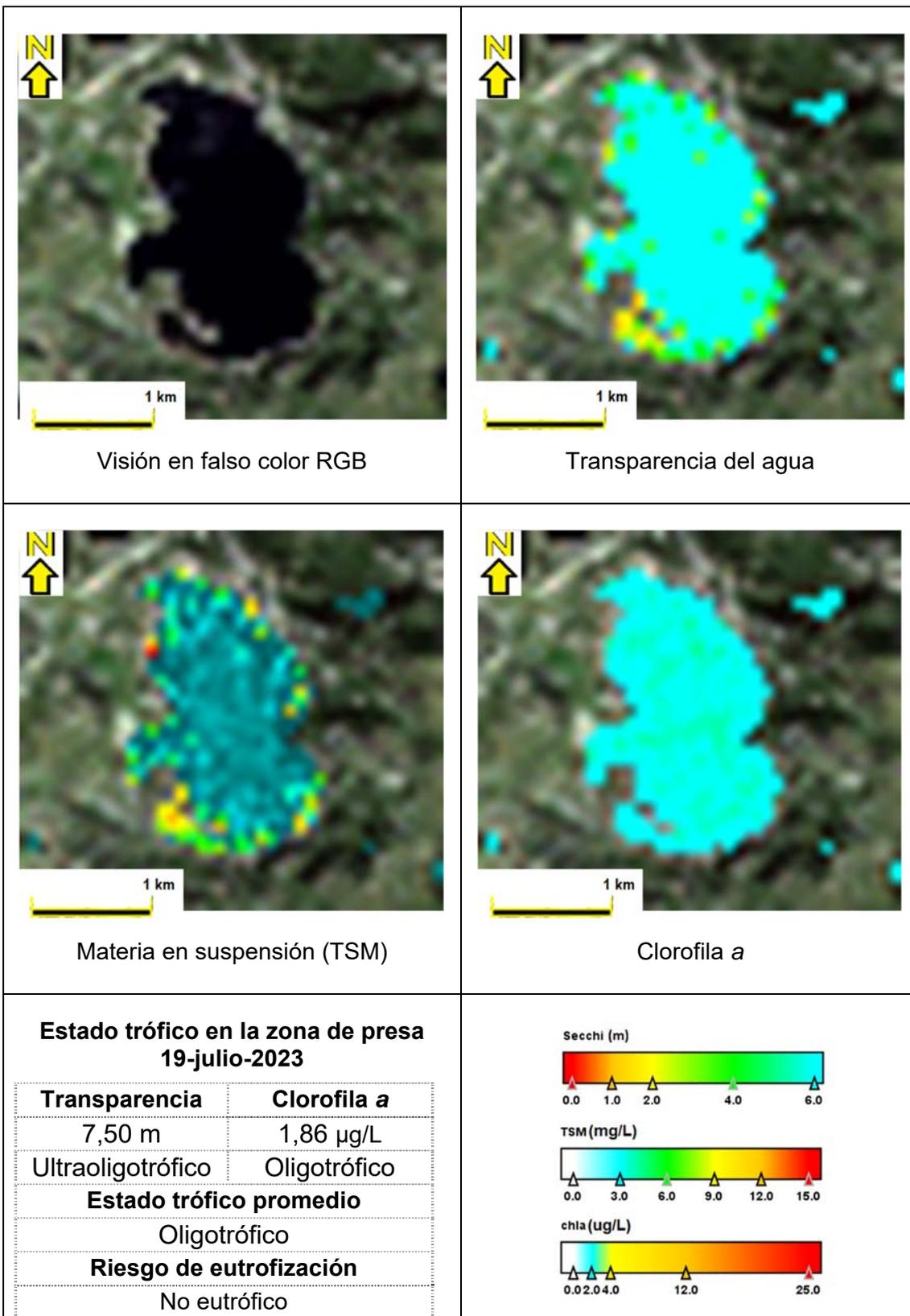
MAS 1003. IBON RECRECIDO DE IP



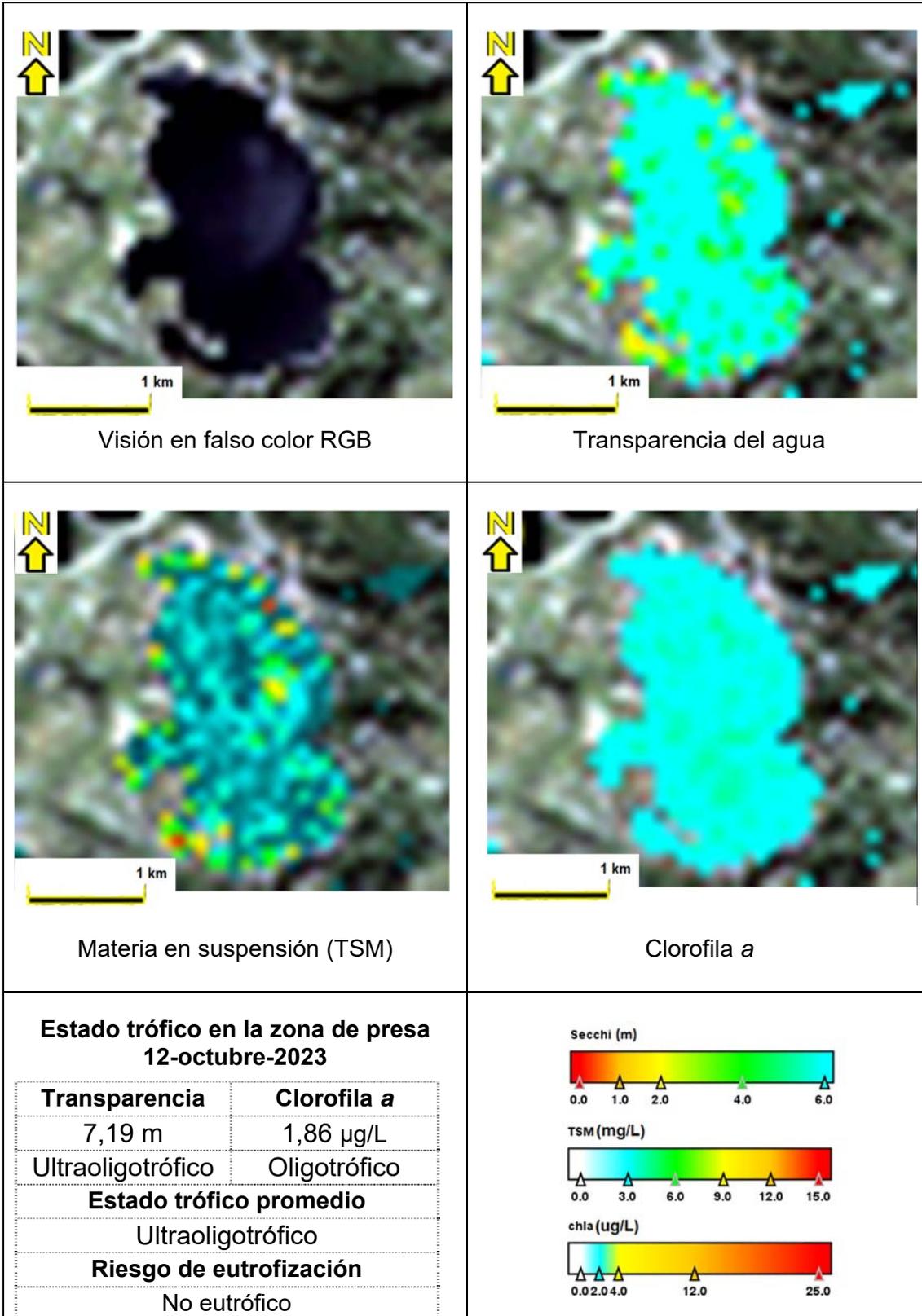
MAS 1020. LAC MAJOR DE COLOMERS



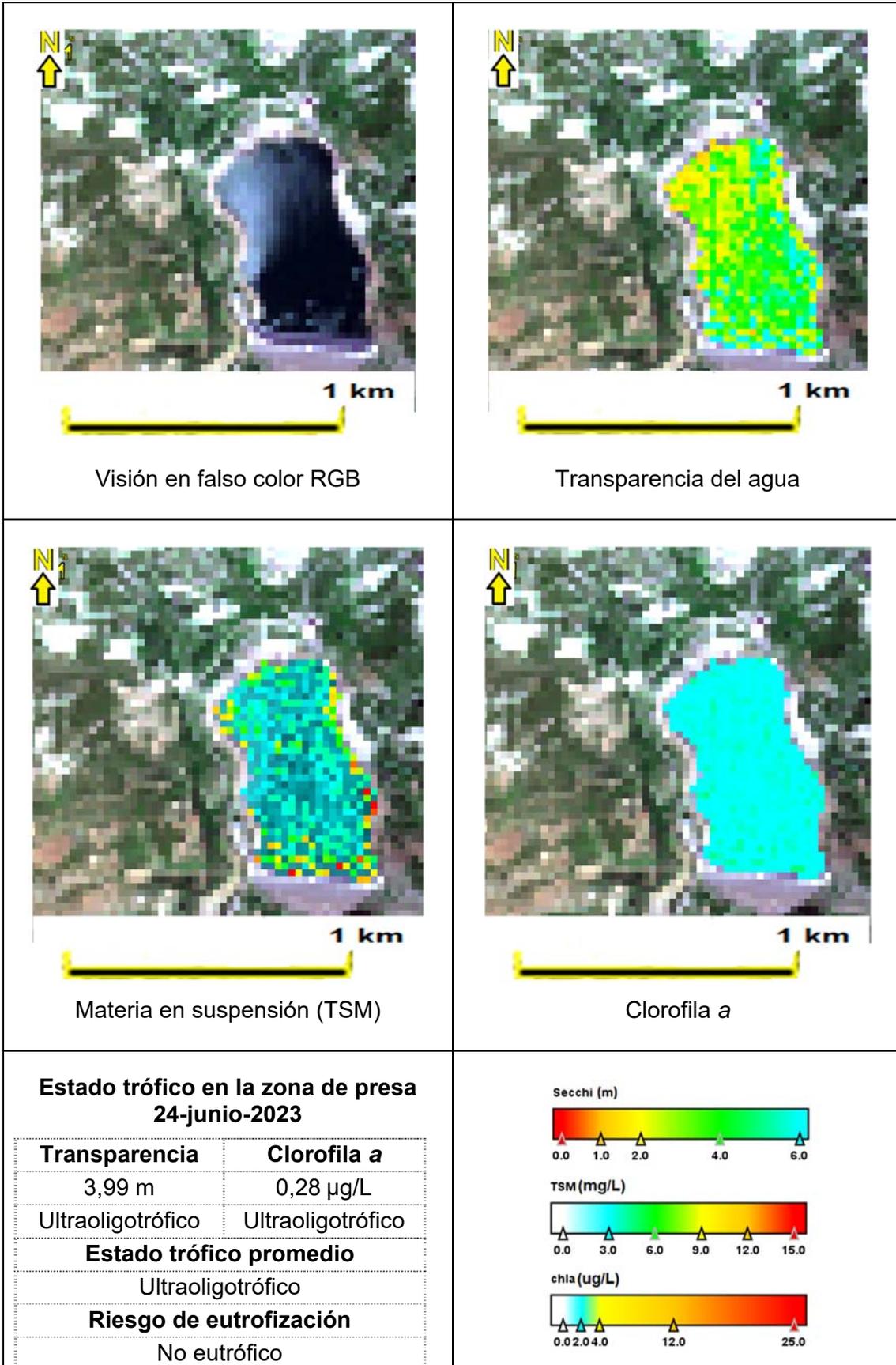
MAS 1020. LAC MAJOR DE COLOMERS



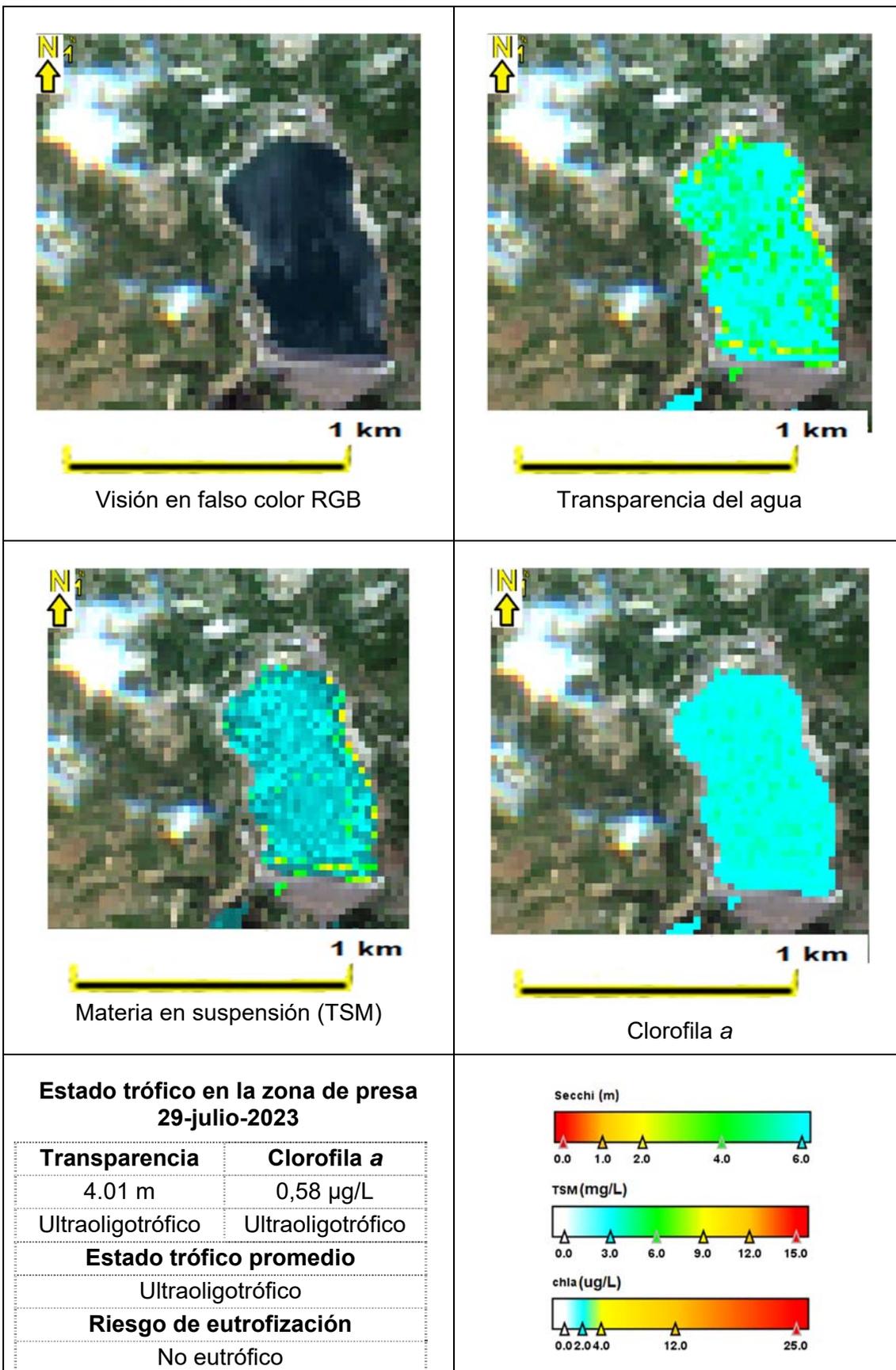
MAS 1020. LAC MAJOR DE COLOMERS



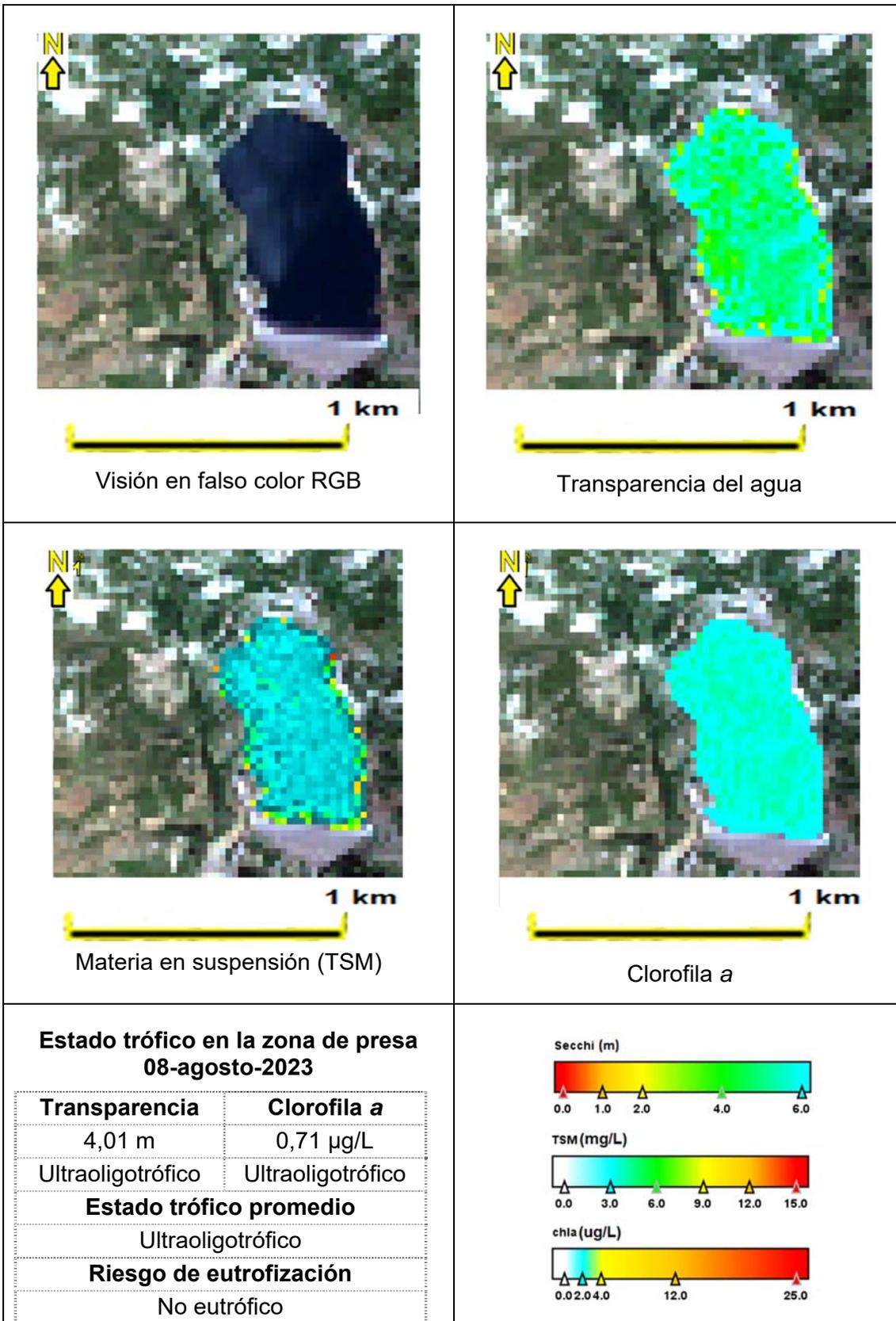
MAS 1052. EMBALSE DE SALLENTE



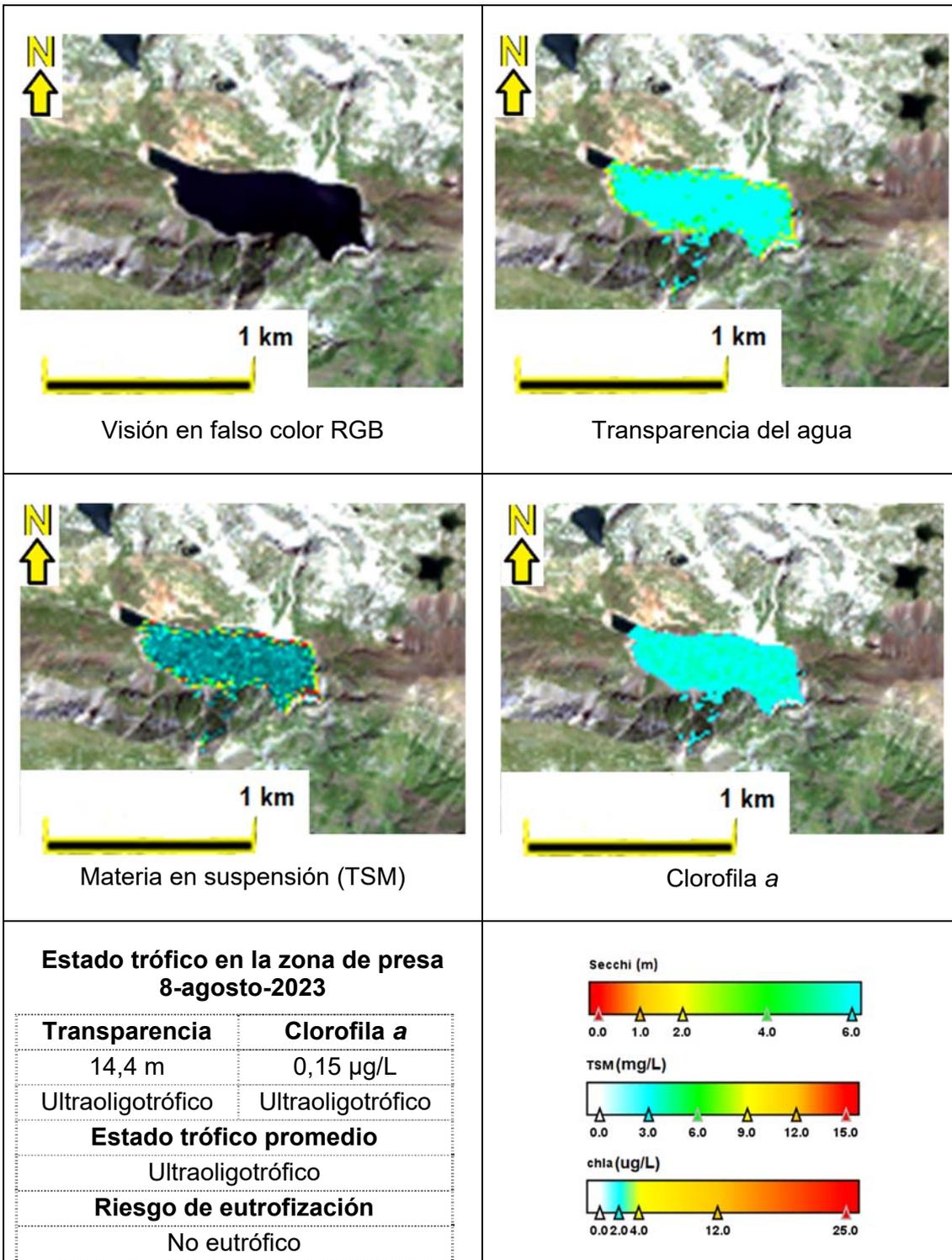
MAS 1052. EMBALSE DE SALLENTE



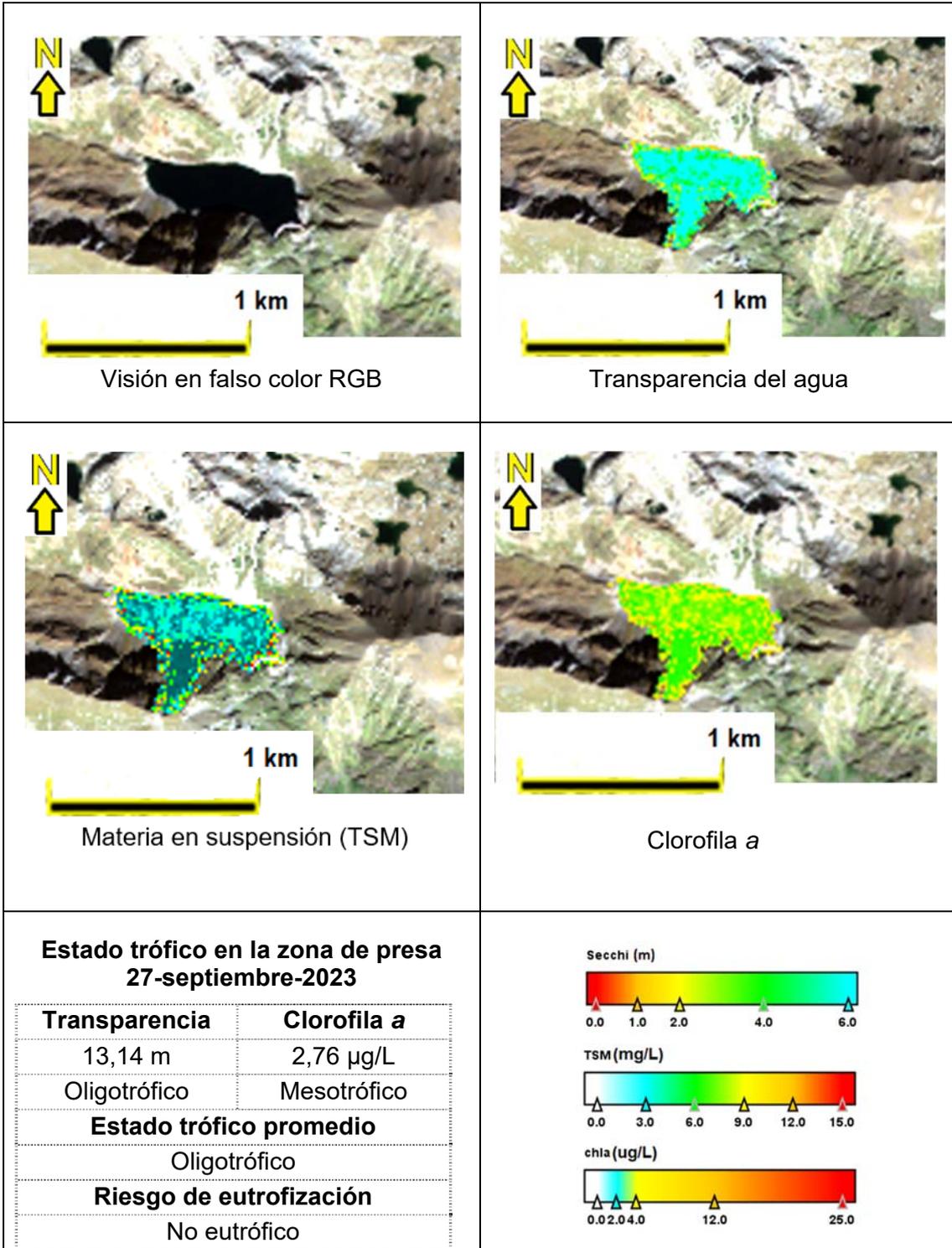
MAS 1052. EMBALSE DE SALLENTE



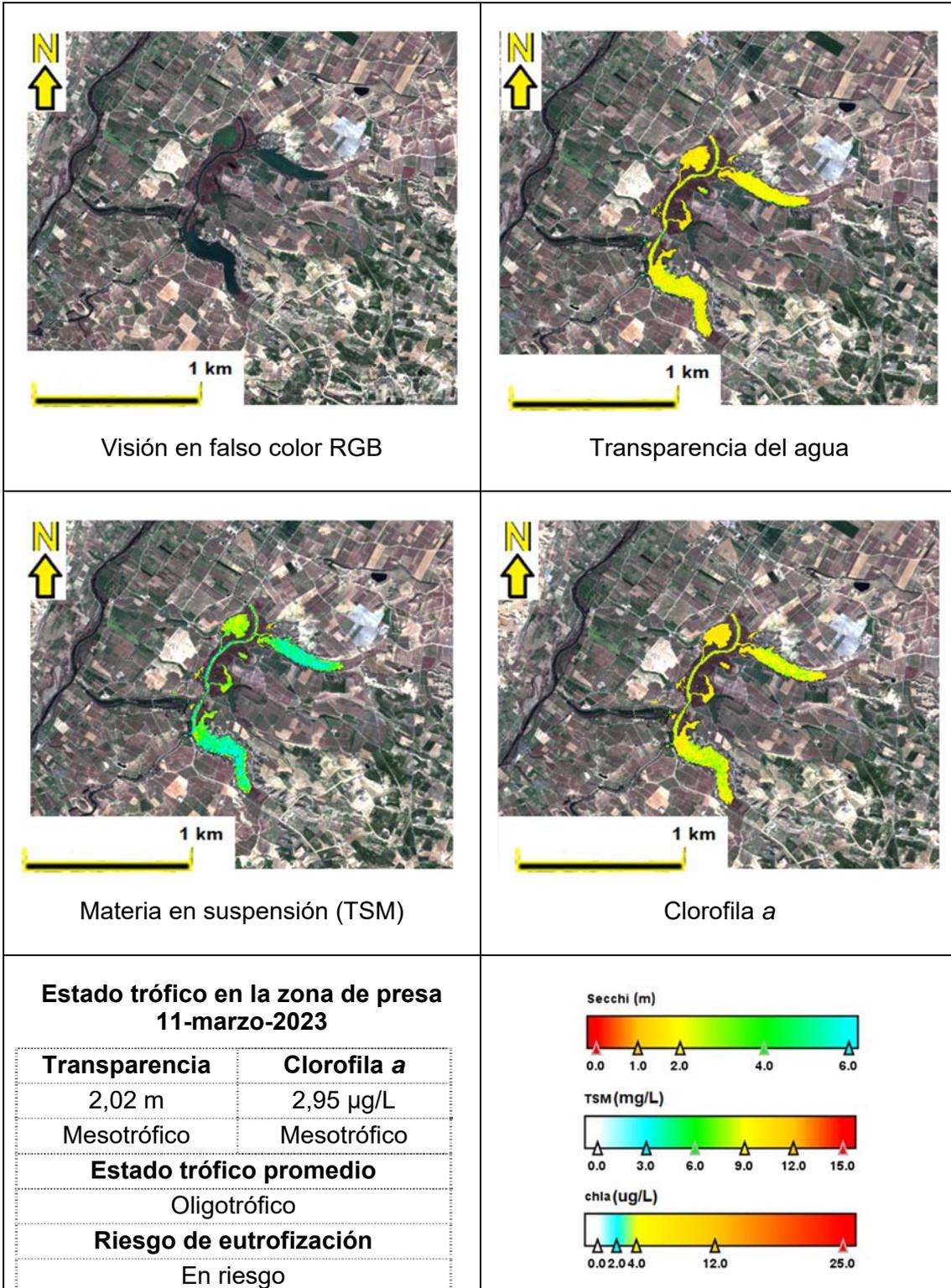
MAS 1053. EMBALSE DE LLAUSET



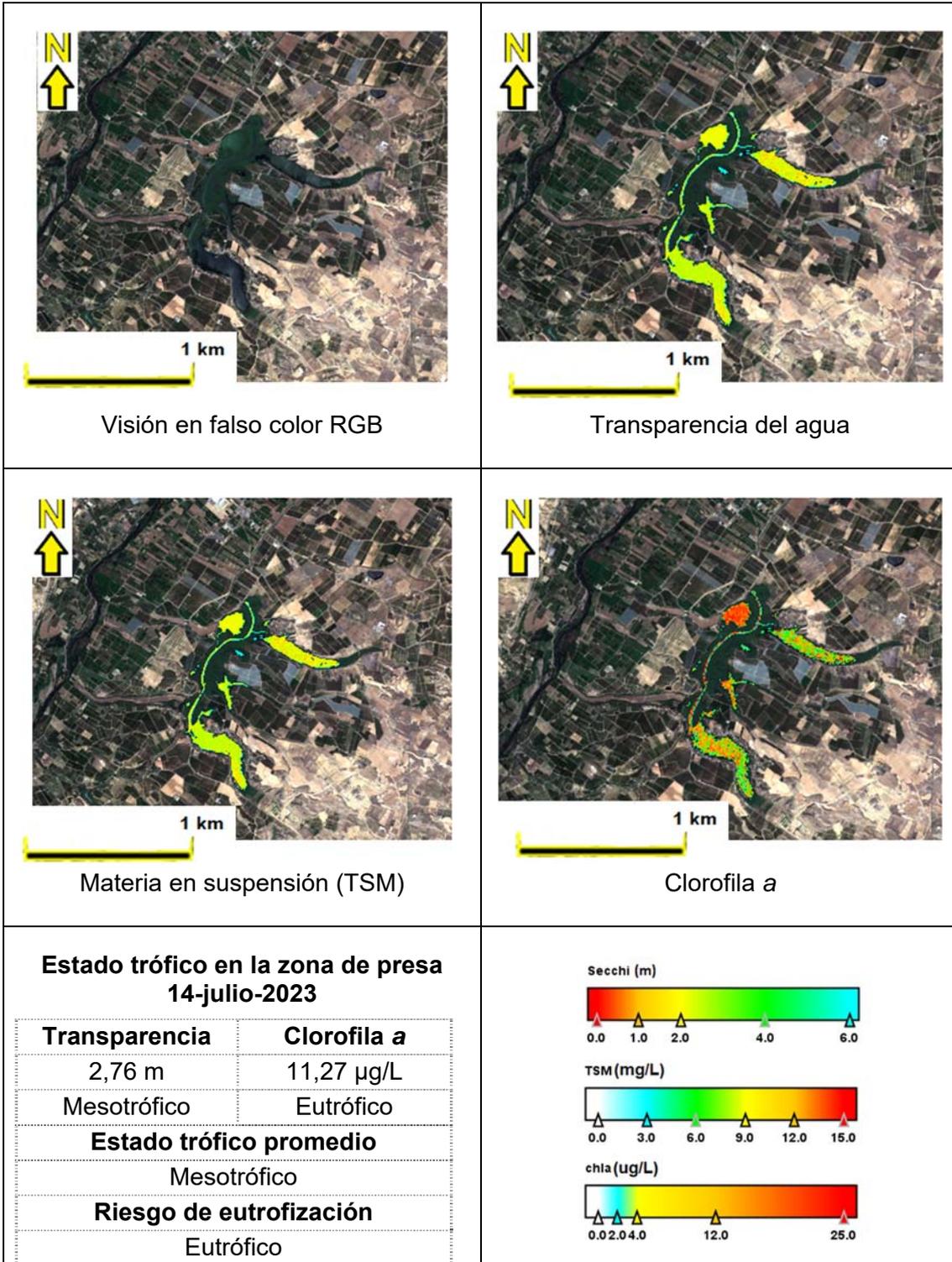
MAS 1053. EMBALSE DE LLAUSET



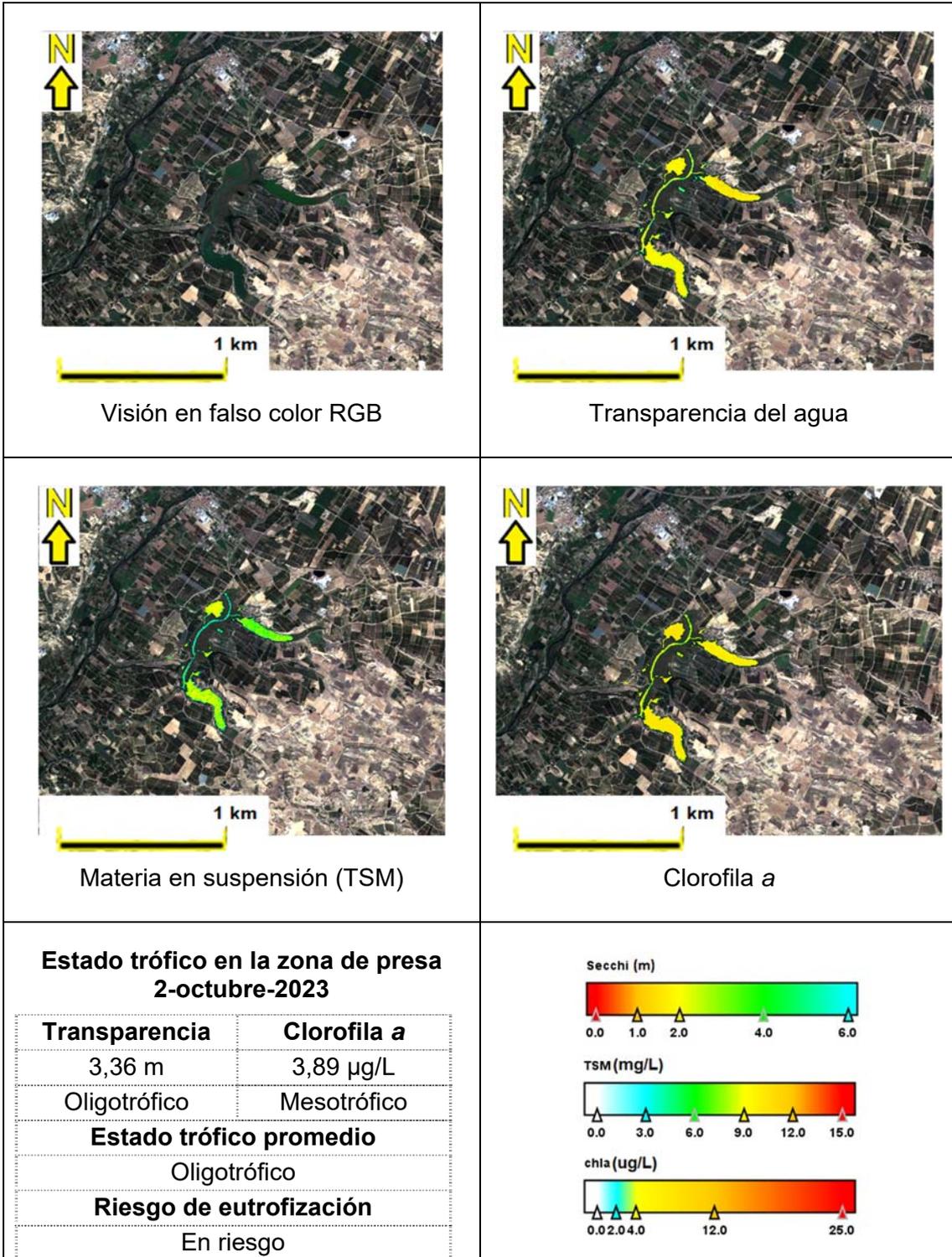
MAS 1679. HUMEDAL DE UTCHESA SECA



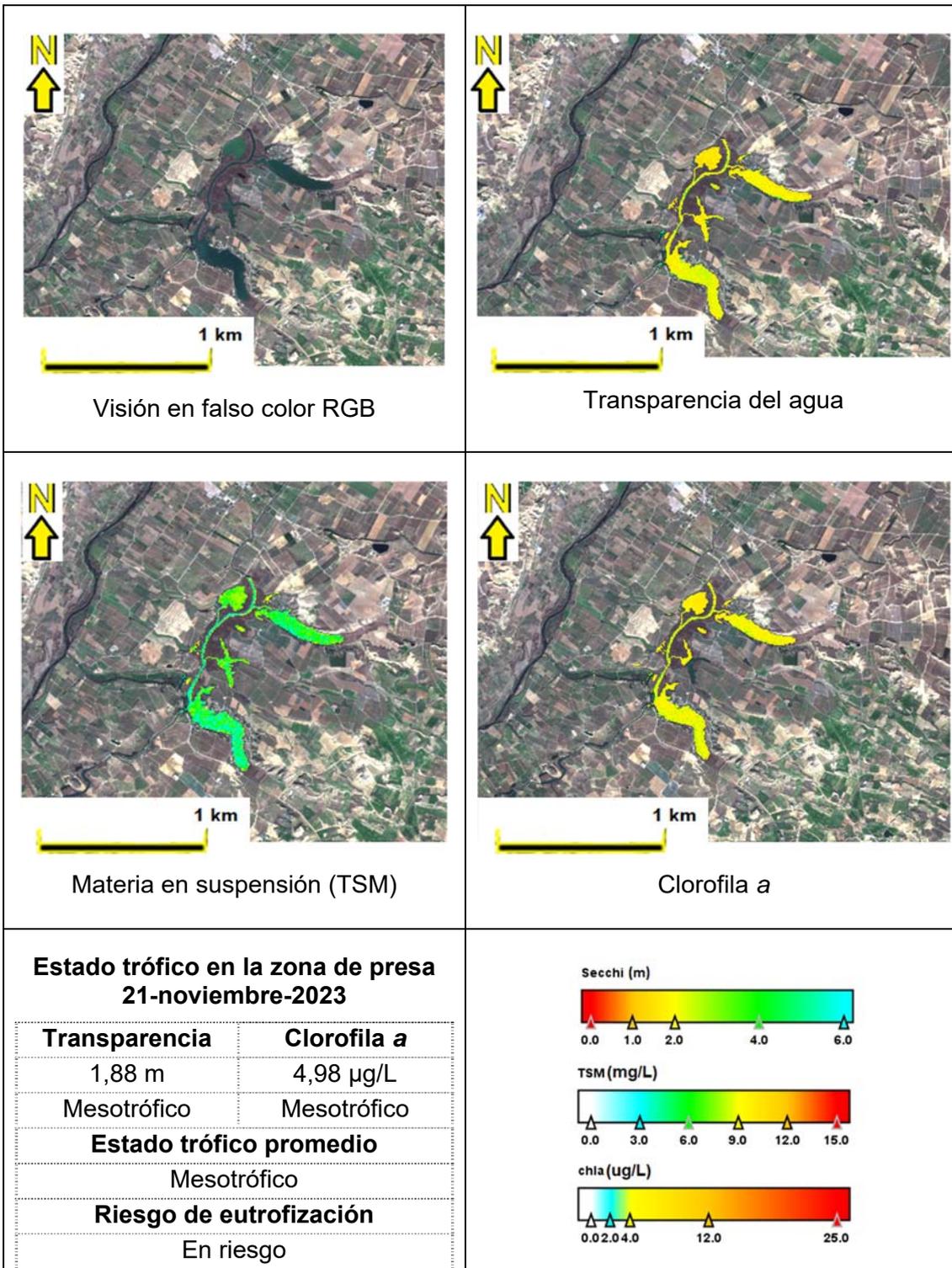
MAS 1679. HUMEDAL DE UTCHESA SECA



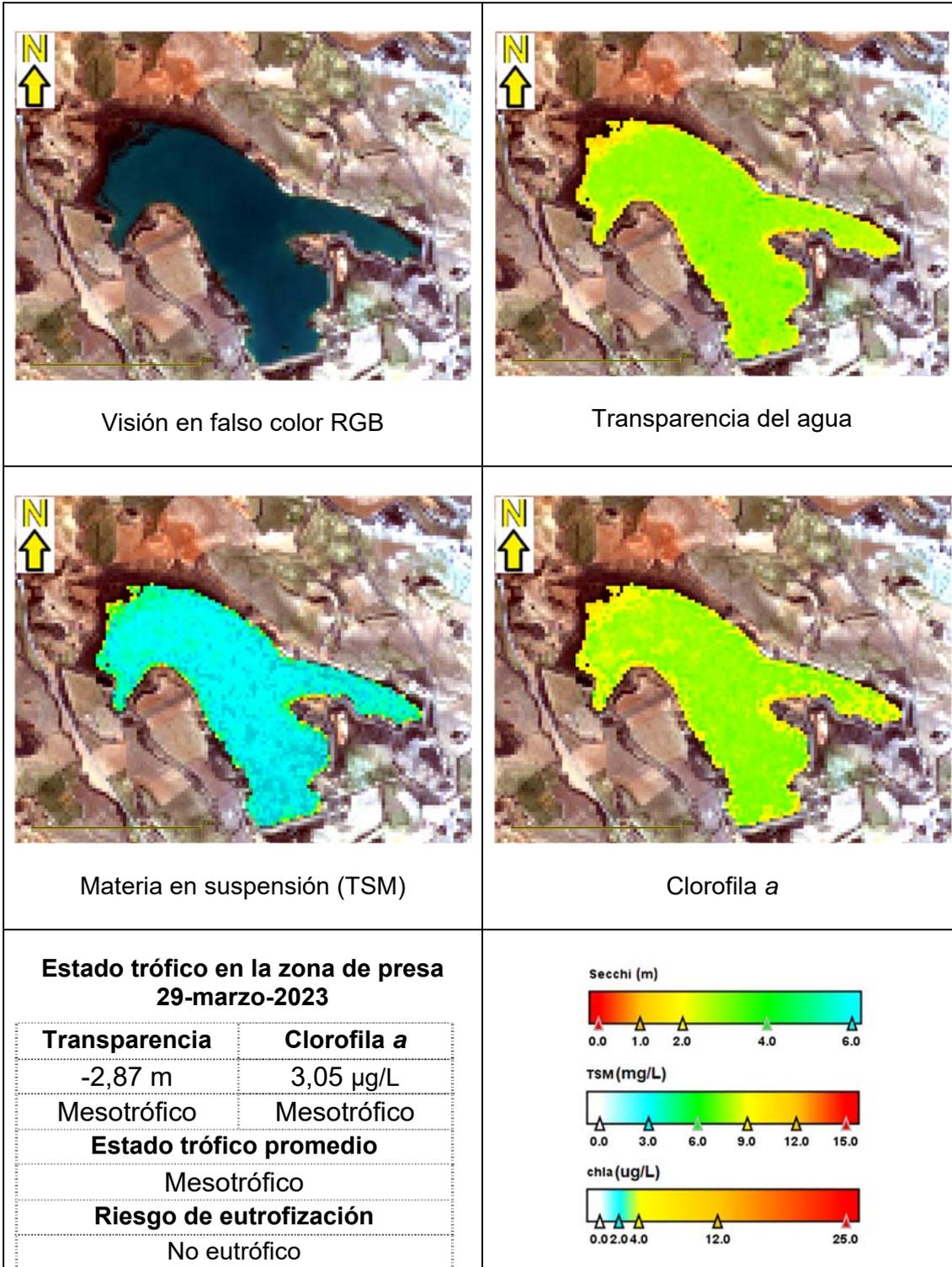
MAS 1679. HUMEDAL DE UTCHESA SECA



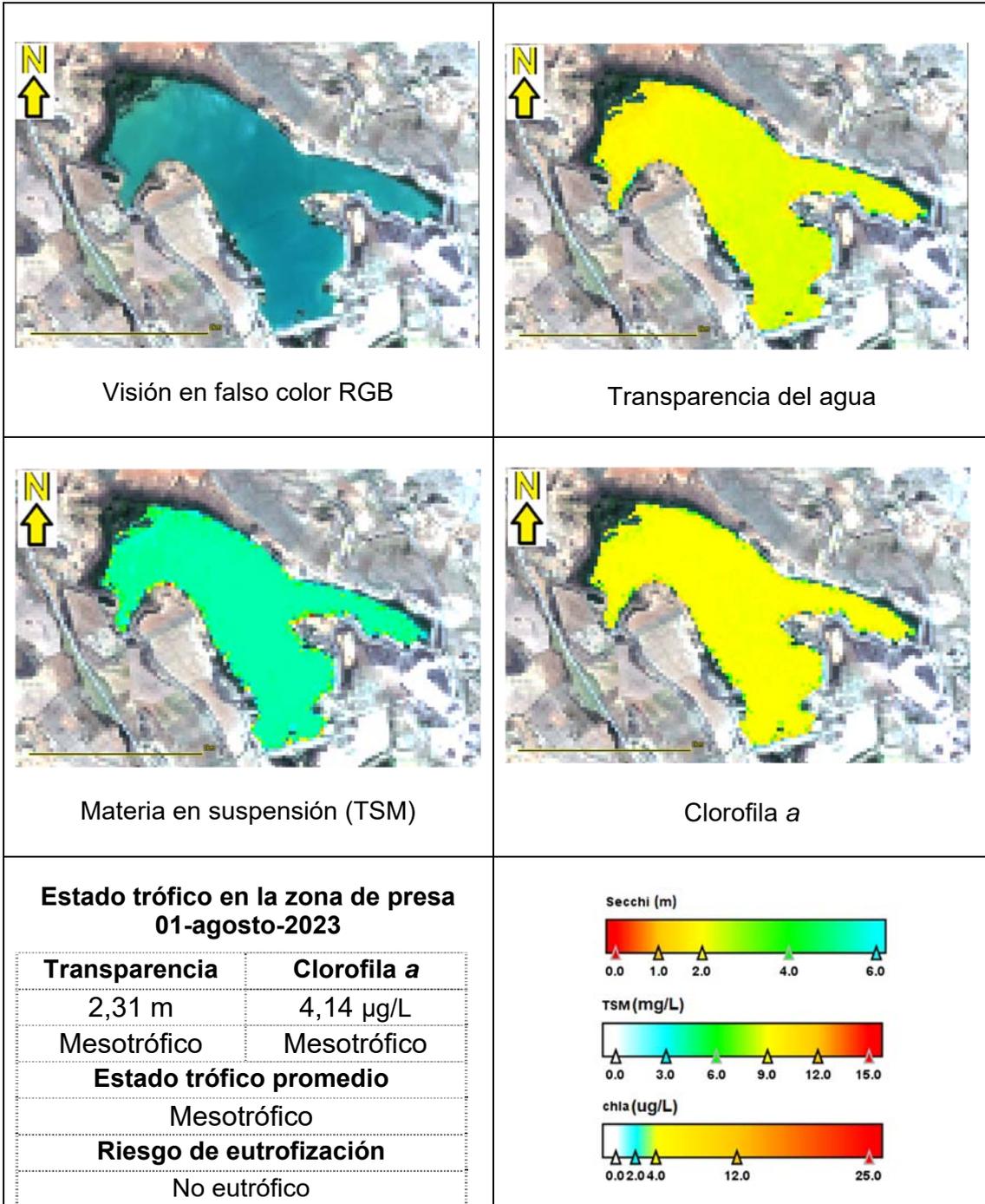
MAS 1679. HUMEDAL DE UTCHESA SECA



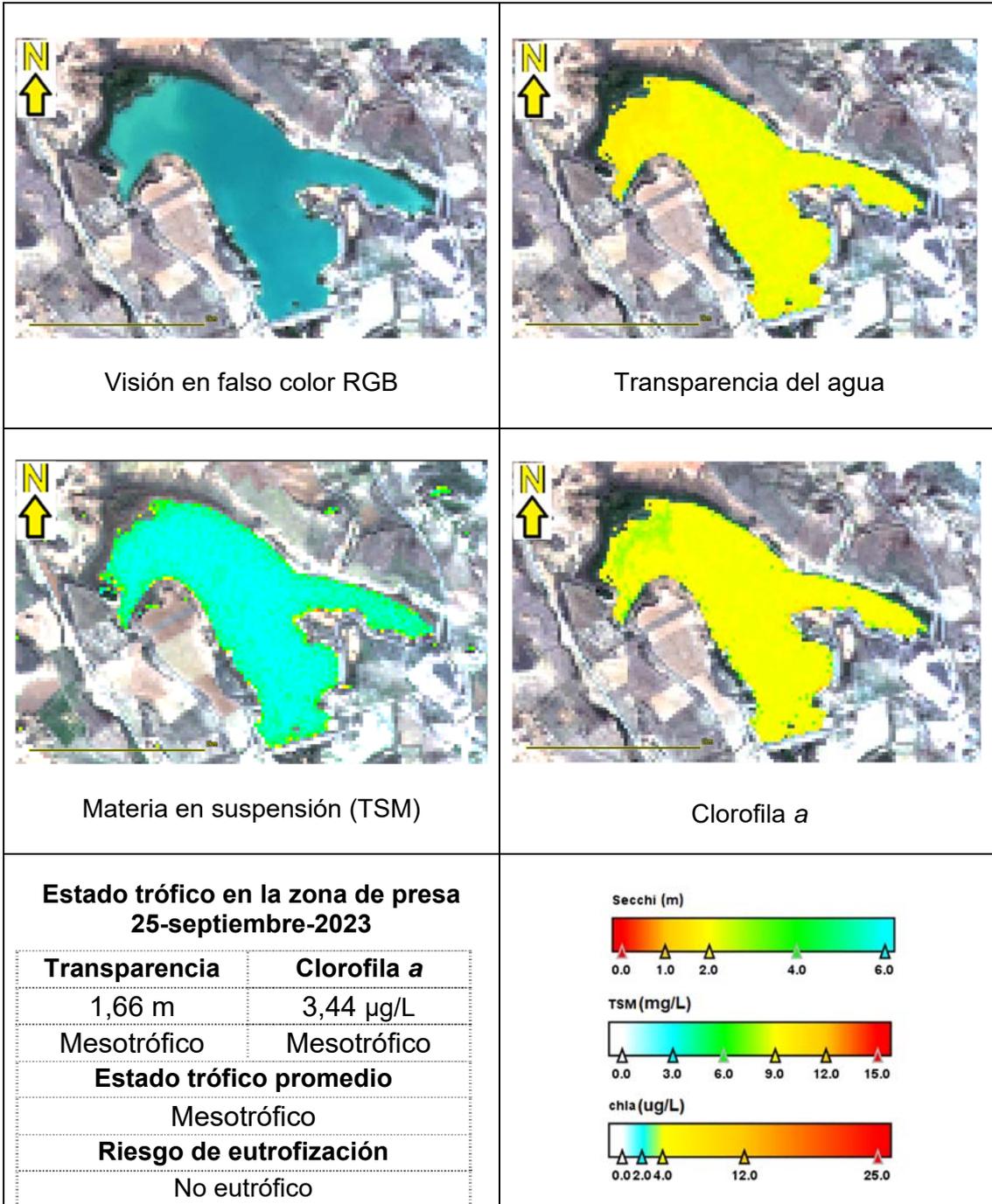
MAS 1681. EMBALSE DE MONTEAGUDO DE LAS VICARIÁS



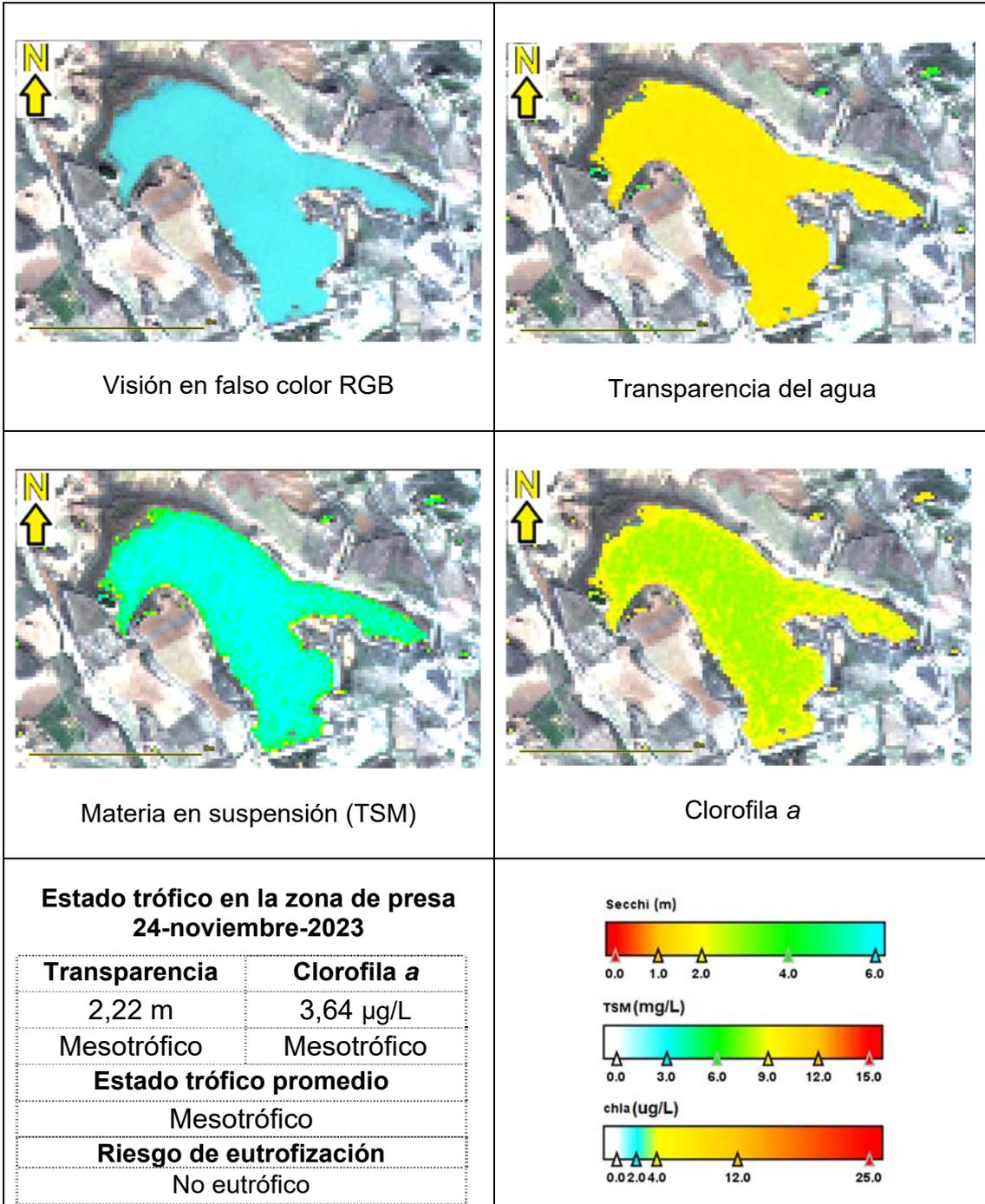
MAS 1681. EMBALSE DE MONTEAGUDO DE LAS VICARIÁS



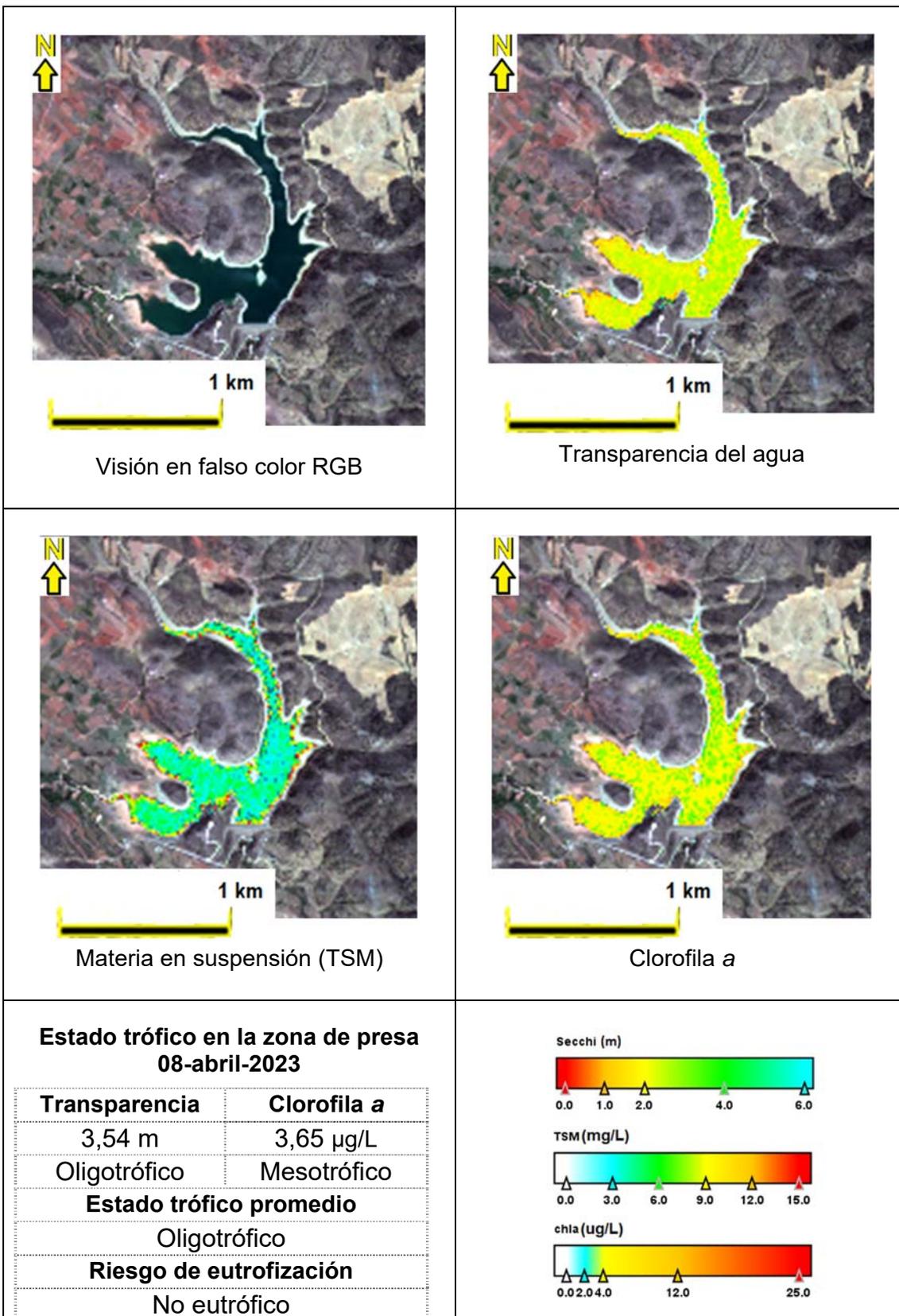
MAS 1681. EMBALSE DE MONTEAGUDO DE LAS VICARIÁS



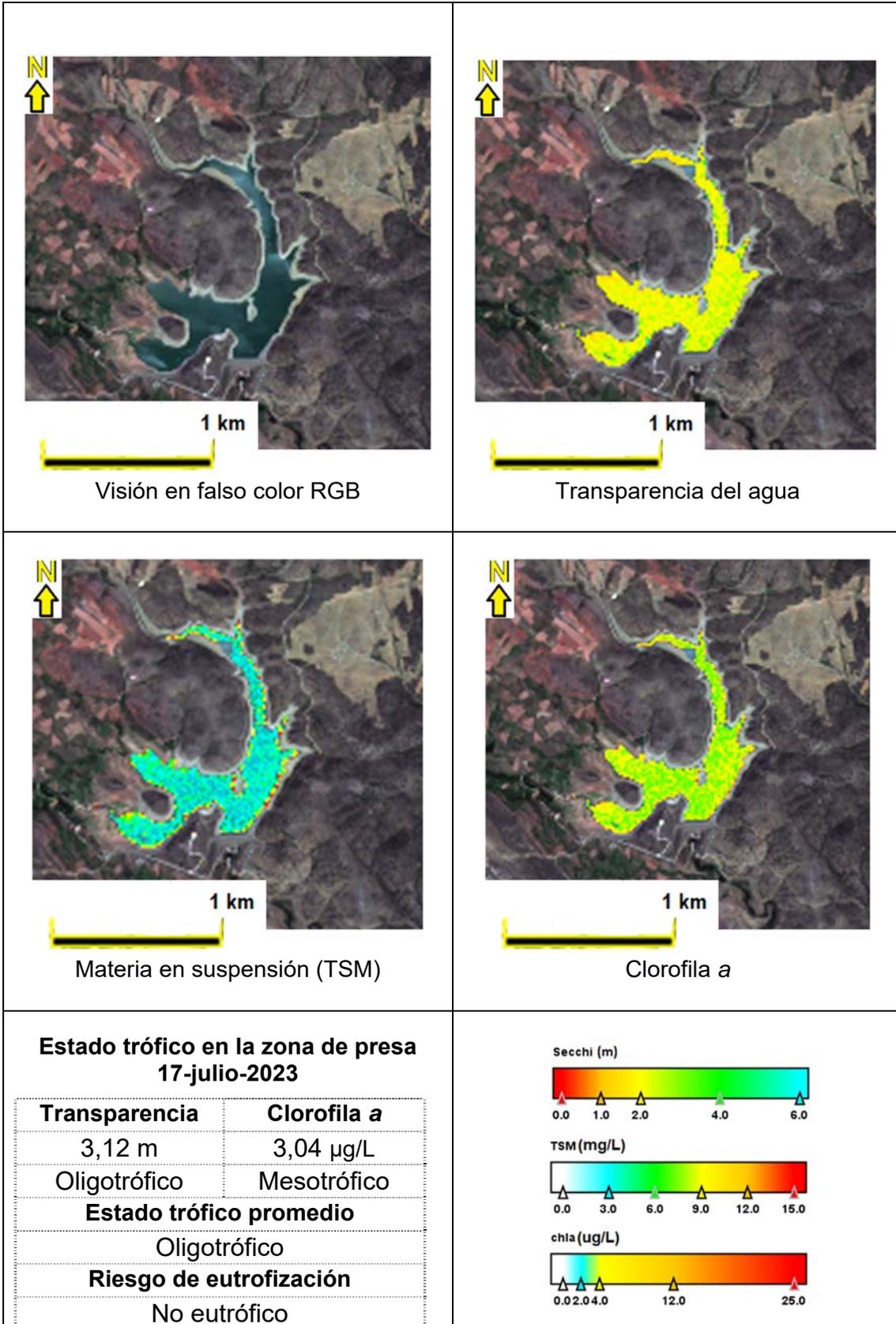
MAS 1681. EMBALSE DE MONTEAGUDO DE LAS VICARIÁS



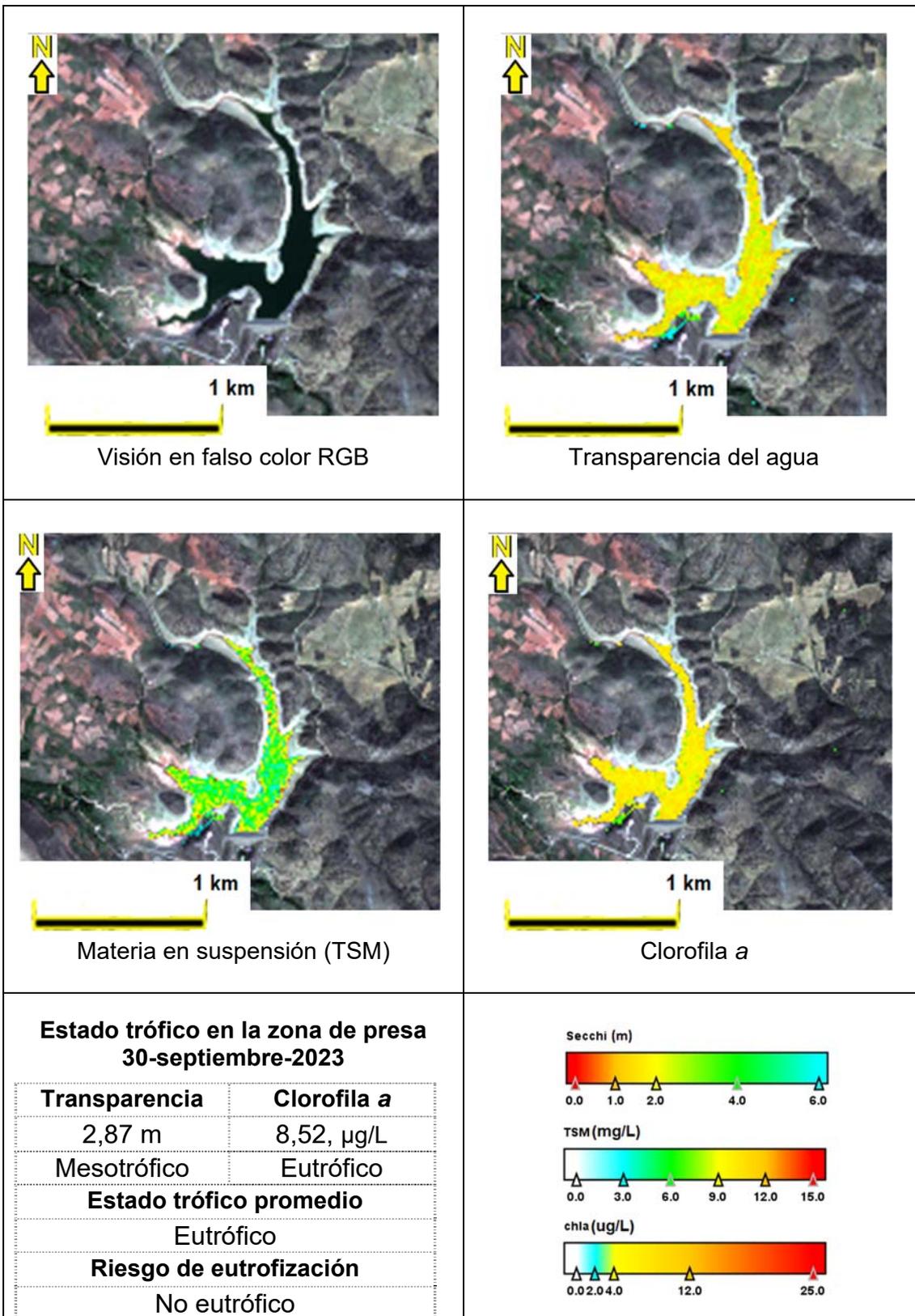
MAS 1804. EMBALSE DE MAIDEVERA



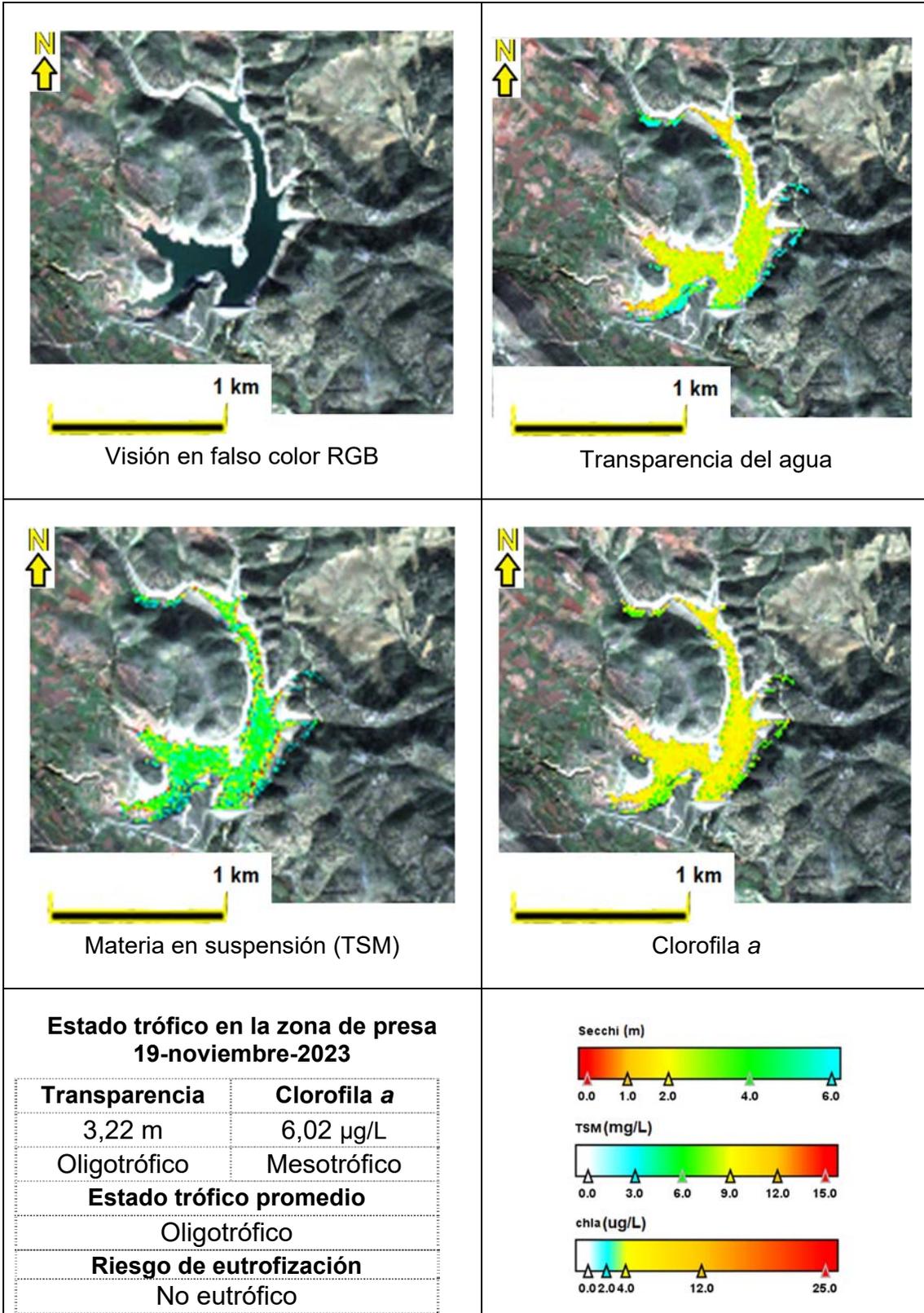
MAS 1804. EMBALSE DE MAIDEVERA



MAS 1804. EMBALSE DE MAIDEVERA



MAS 1804. EMBALSE DE MAIDEVERA



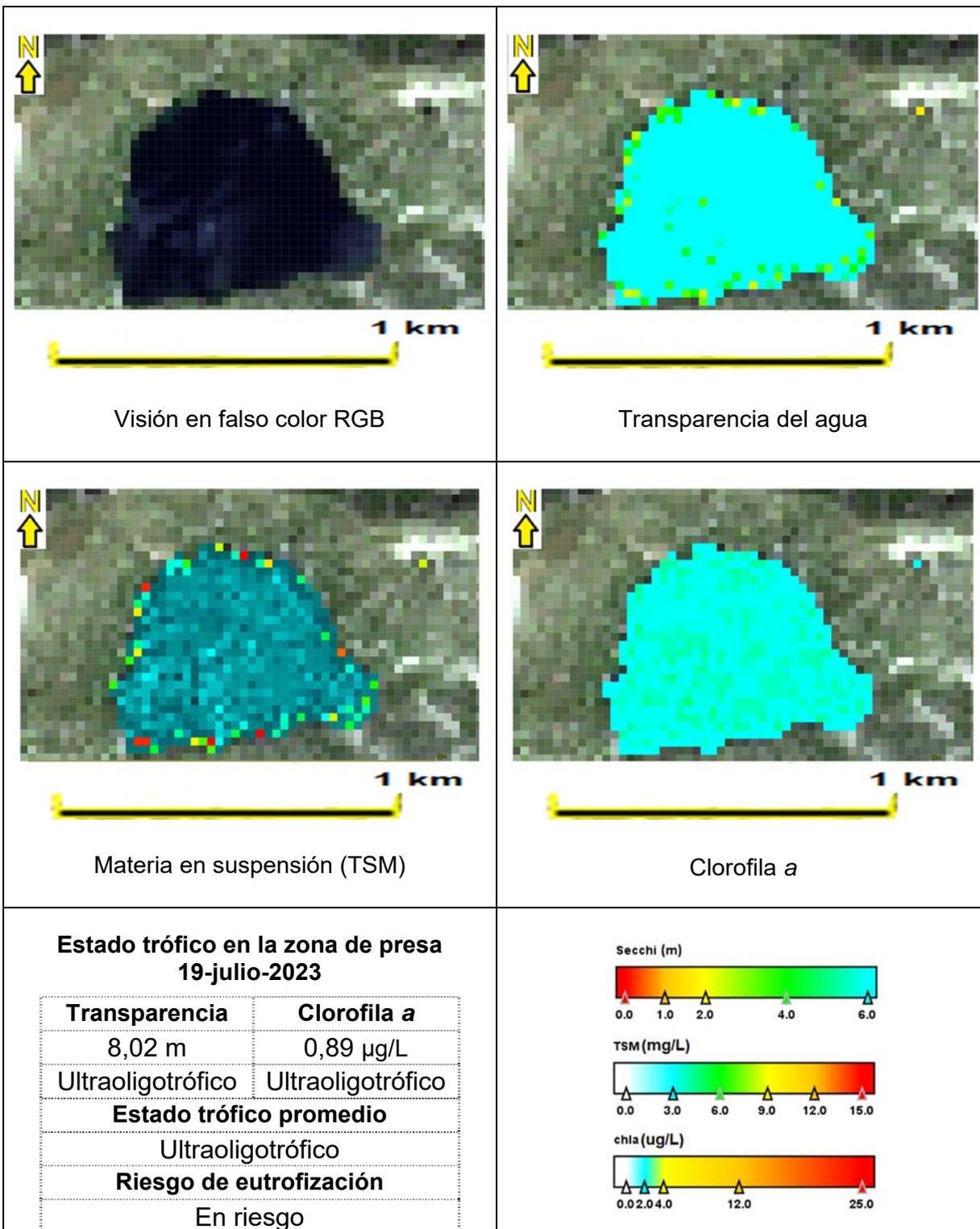




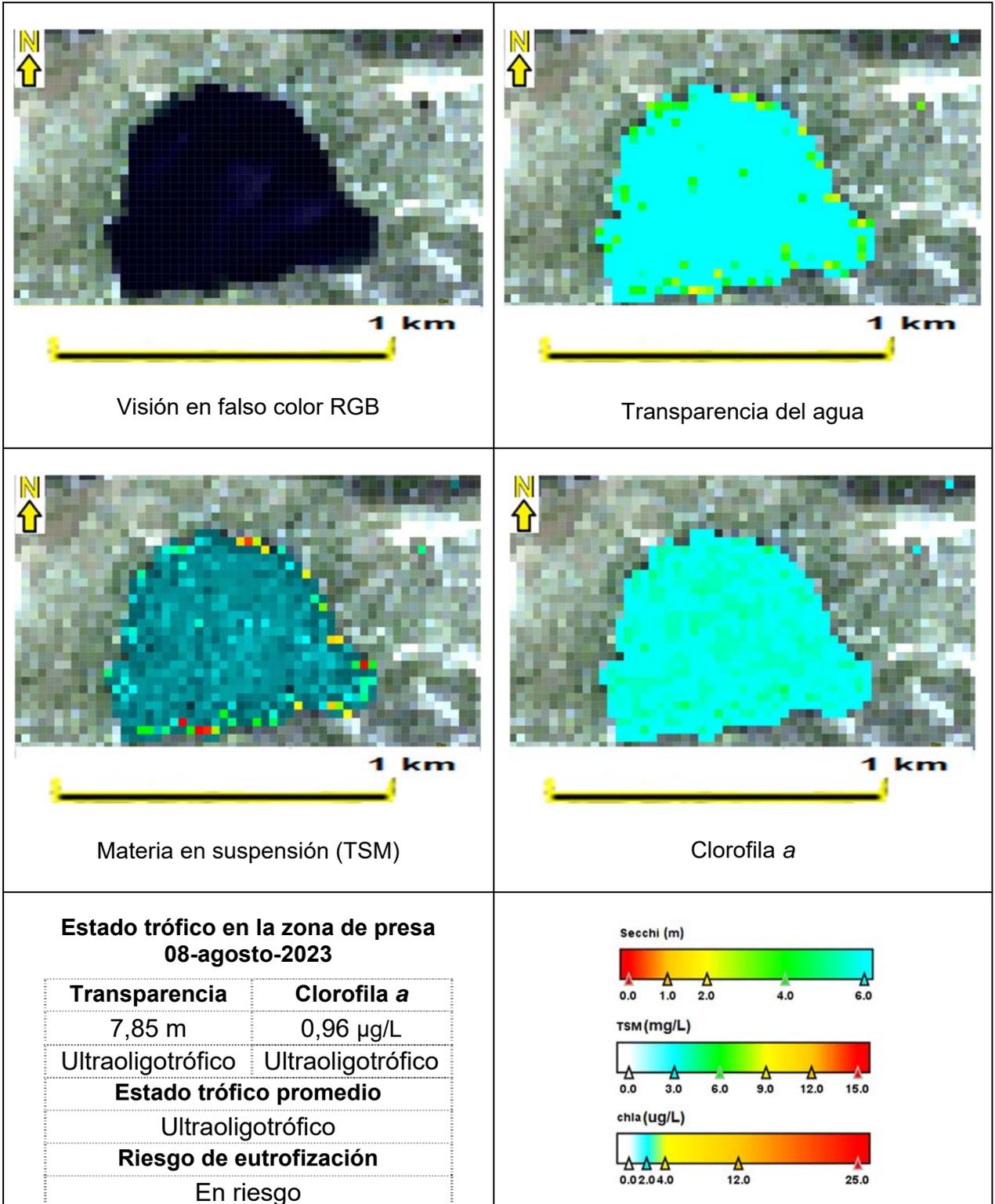
ANEXO 2. FICHAS DE LOS LAGOS ESTUDIADOS



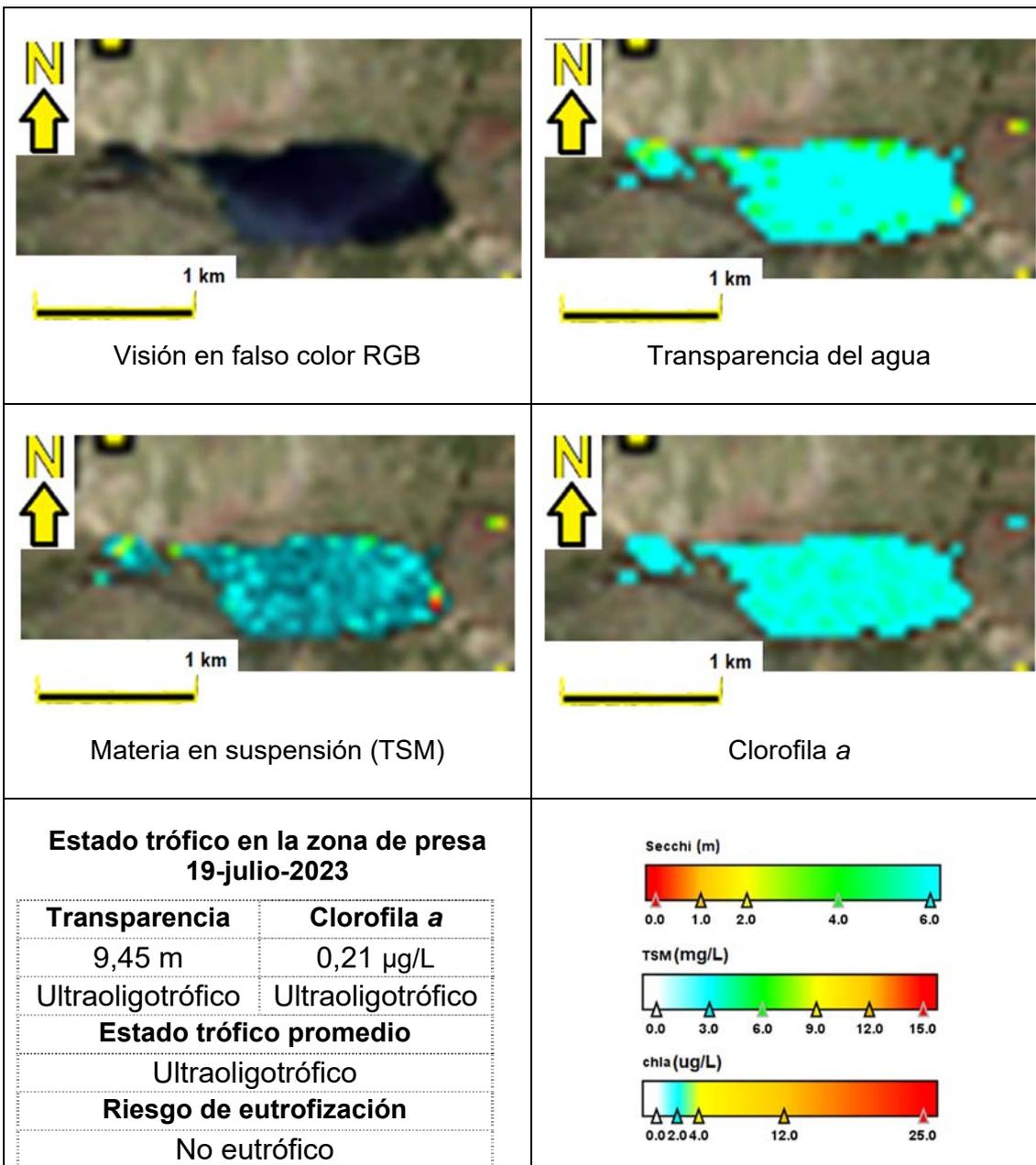
MAS 970. LAC REDON



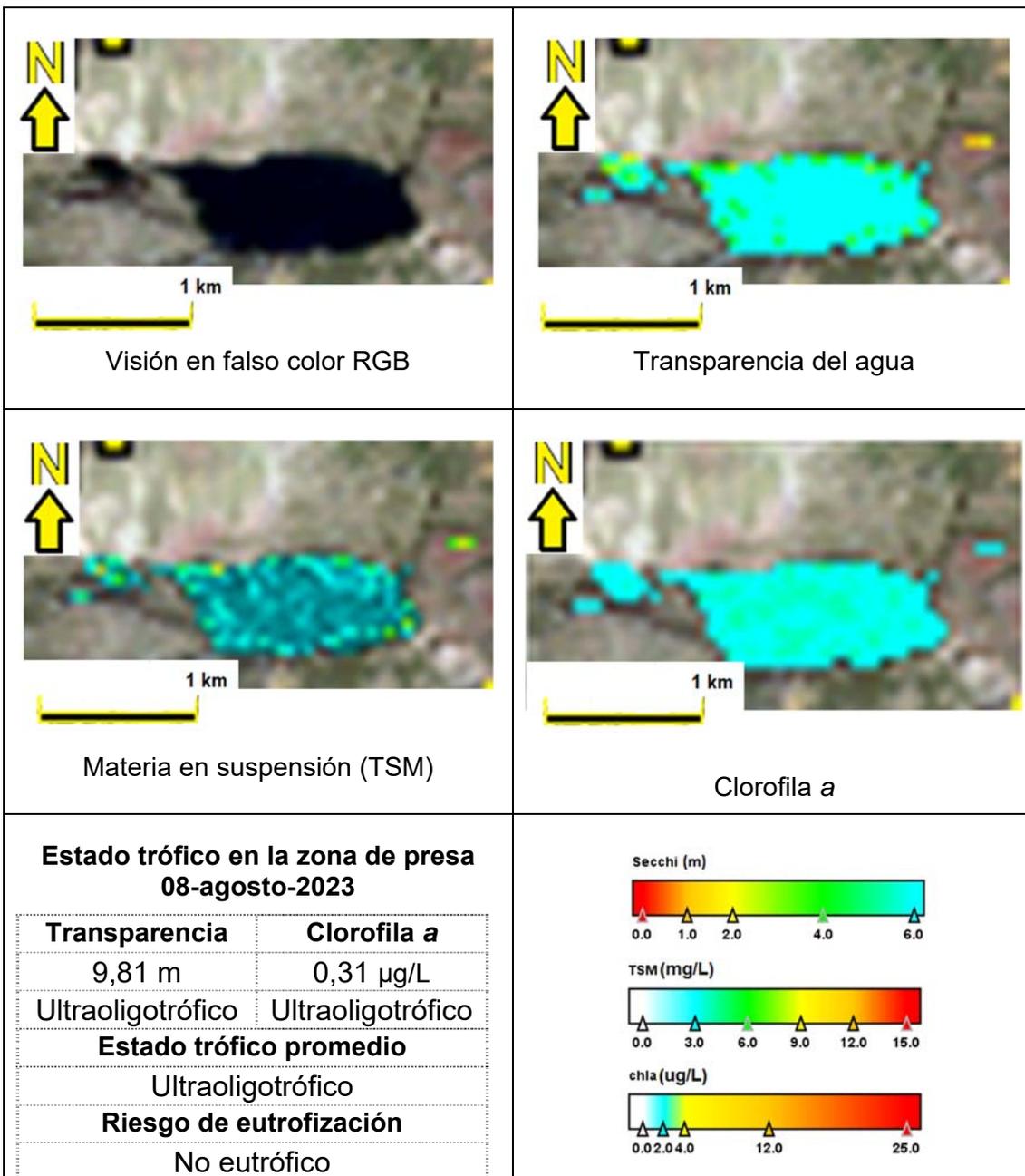
MAS 970. LAC REDON



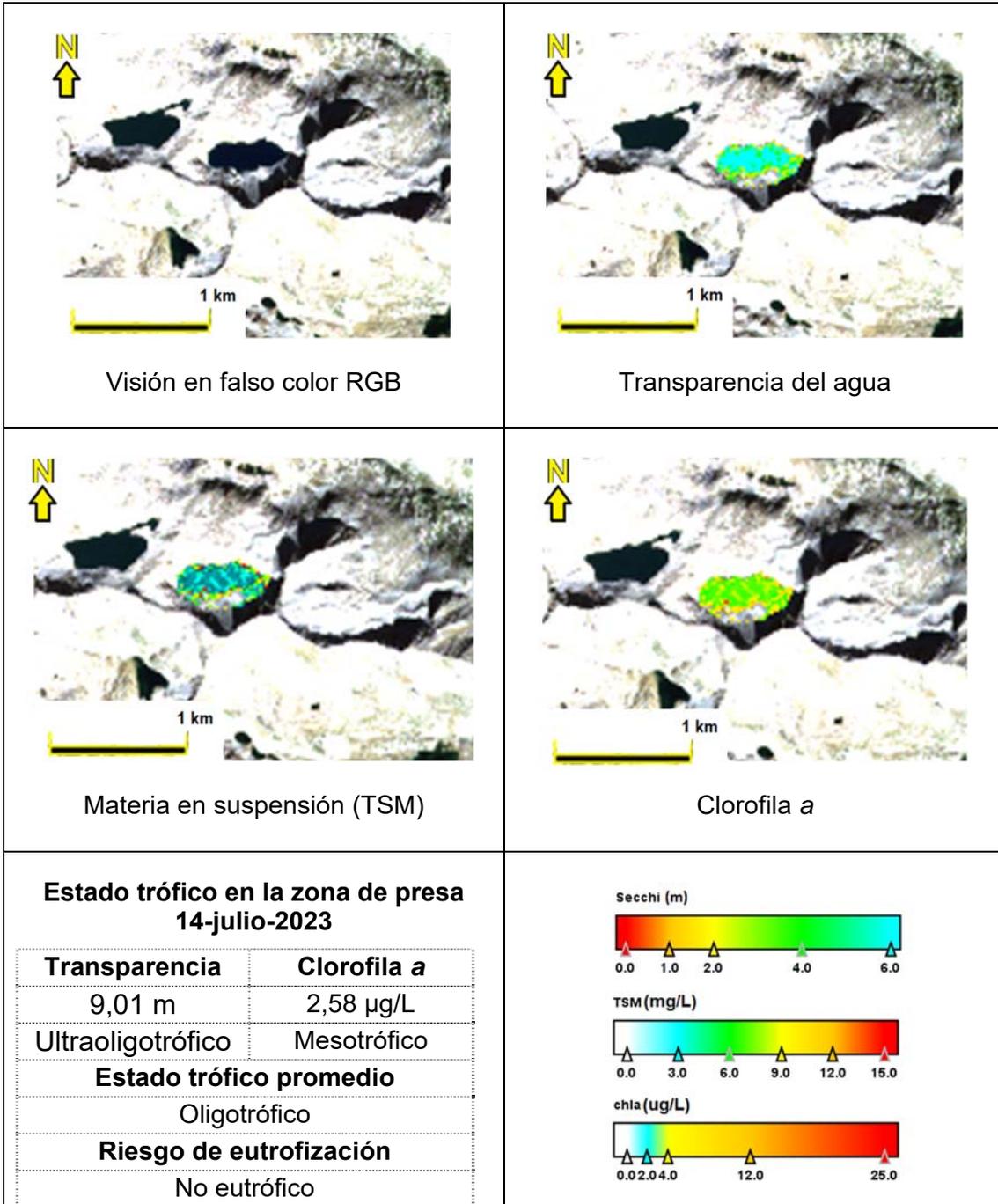
MAS 979. ESTANY FONDO



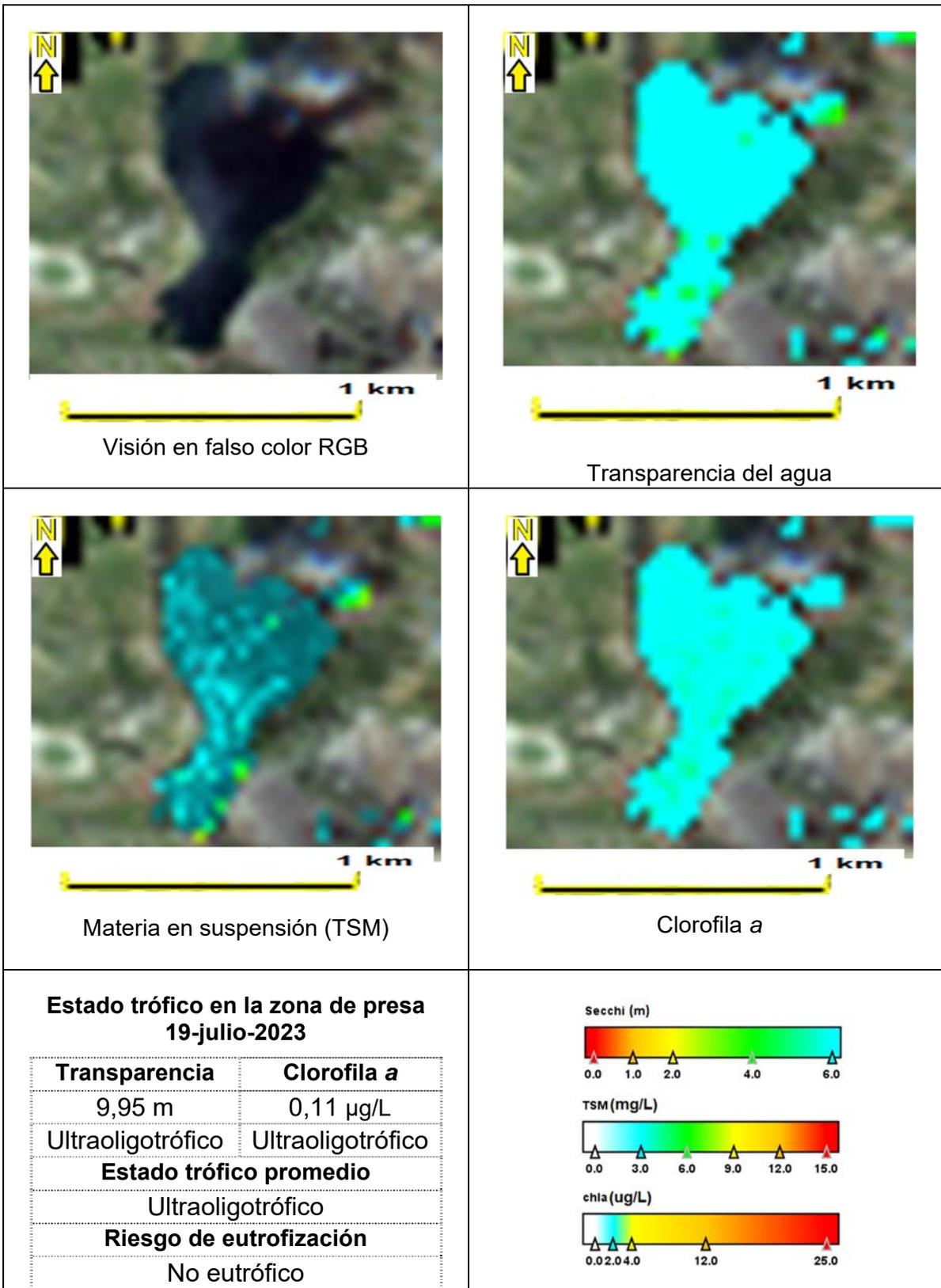
MAS 979. ESTANY FONDO



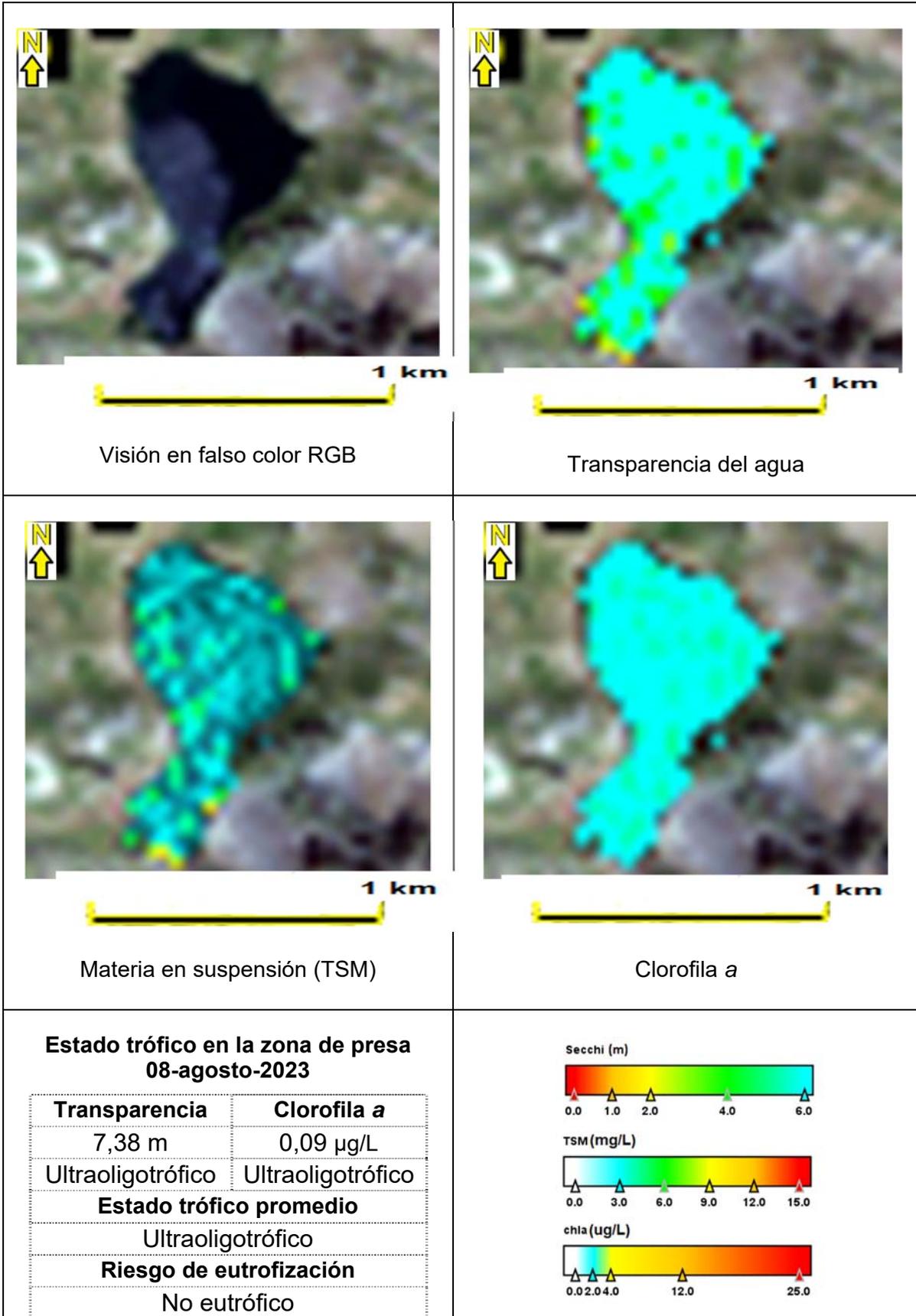
MAS L1008. ESTANY NEGRE (ESPOT)



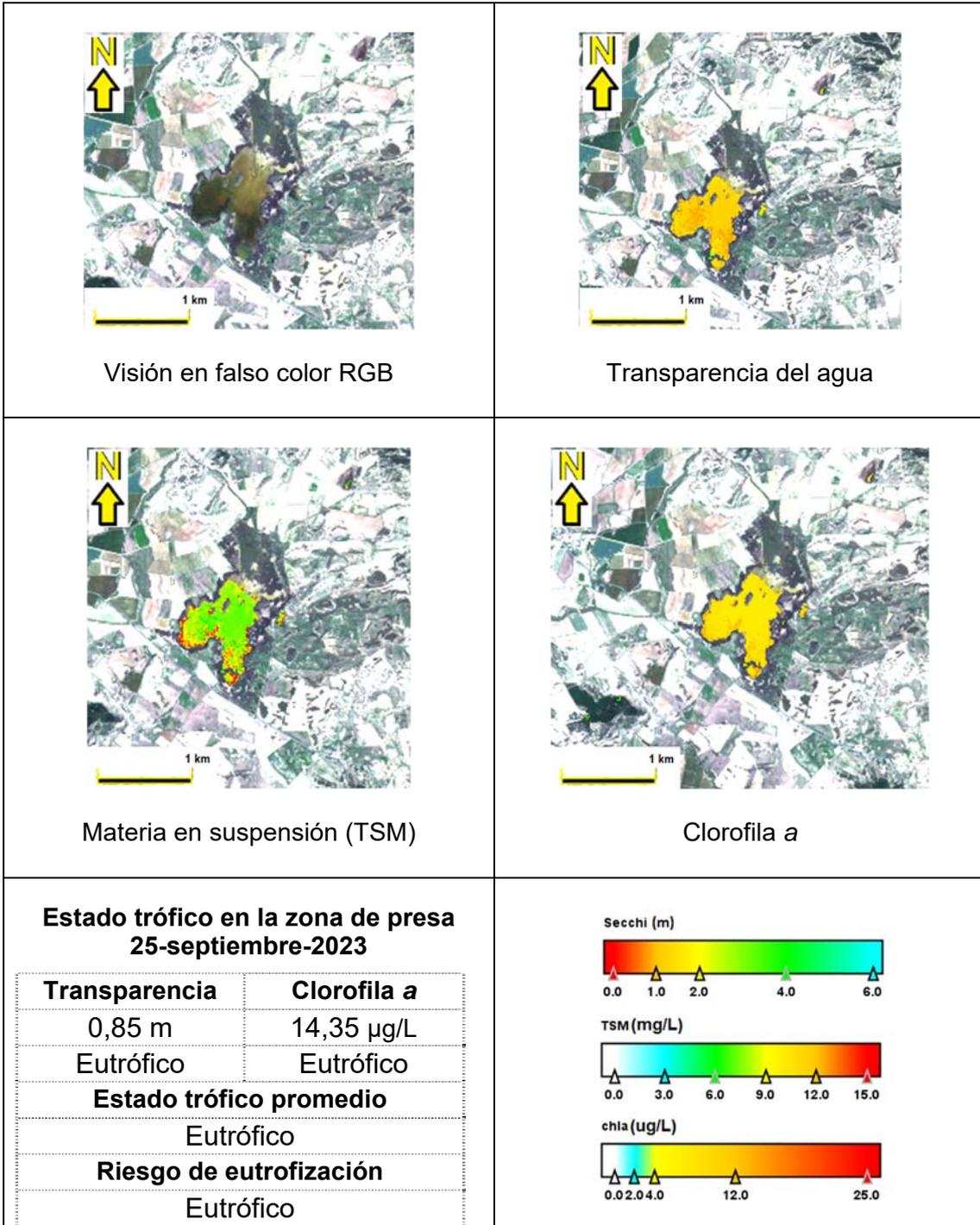
MAS L1010. ESTANY DE LA GOLA



MAS L1010. ESTANY DE LA GOLA



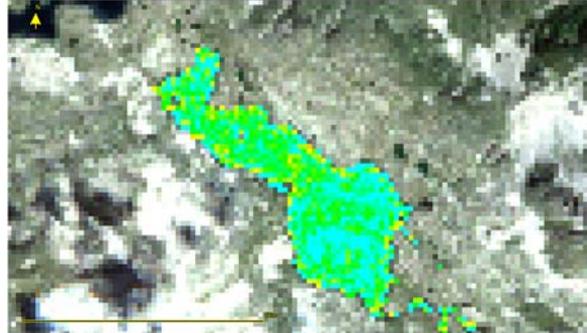
MAS L1016. LAGUNA DE PITILLAS



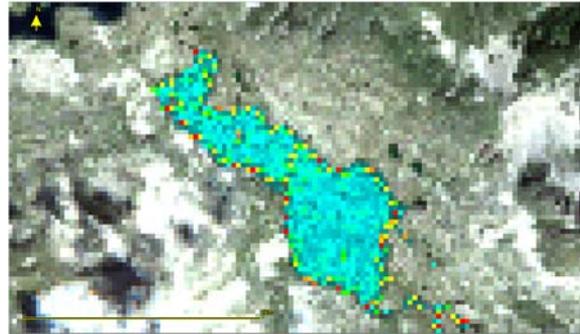
MAS L1018. LAC TORT DE RIUS



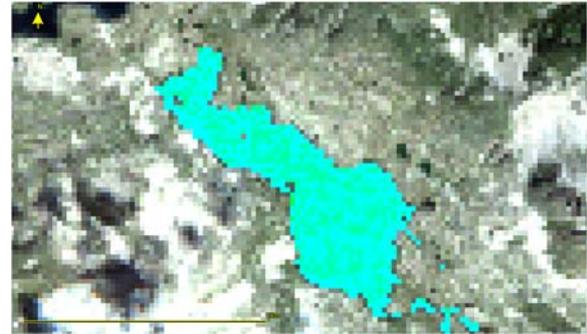
Visión en falso color RGB



Transparencia del agua



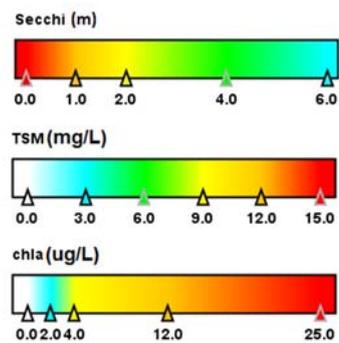
Materia en suspensión (TSM)



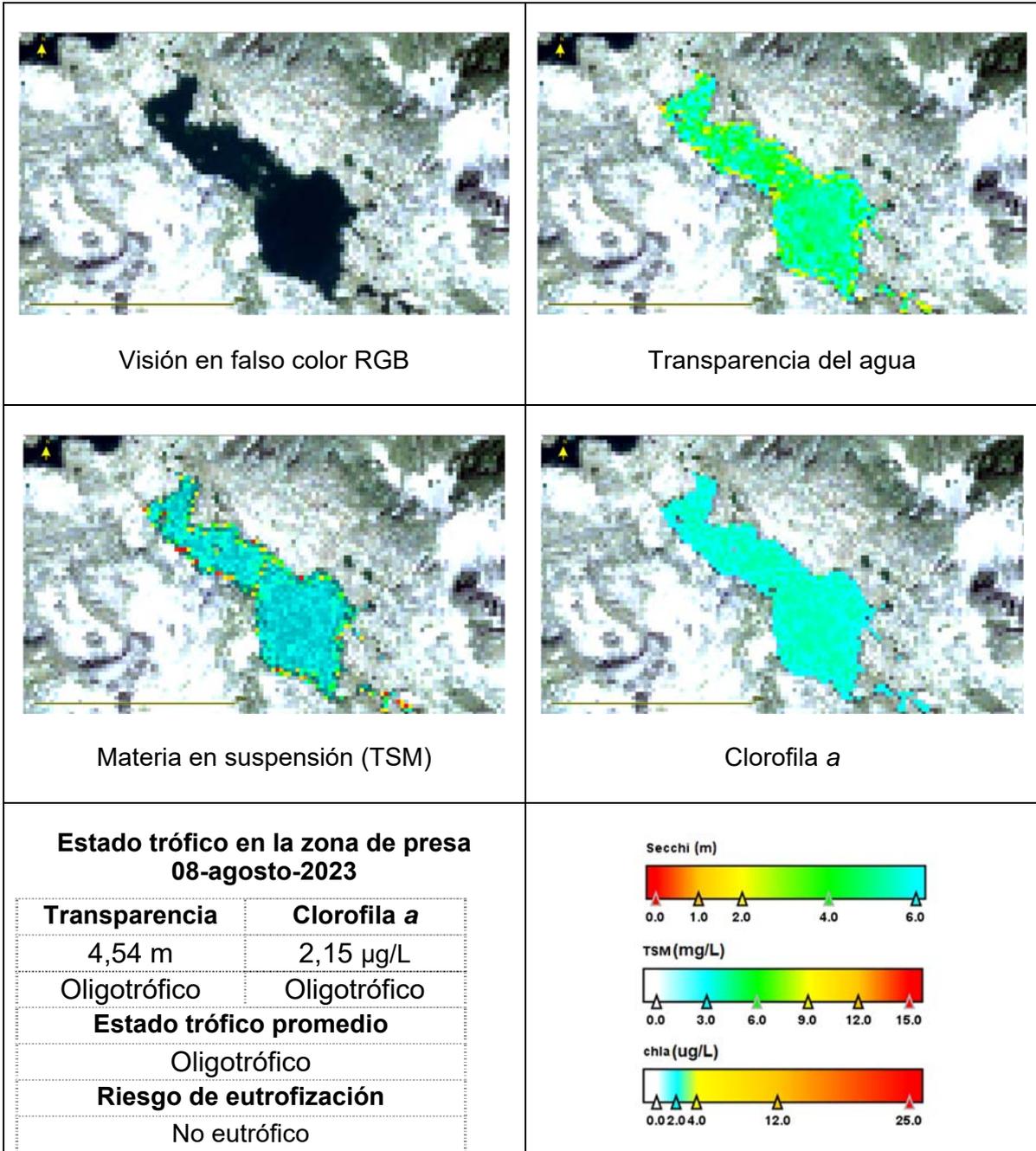
Clorofila a

**Estado trófico en la zona de presa
19-julio-2023**

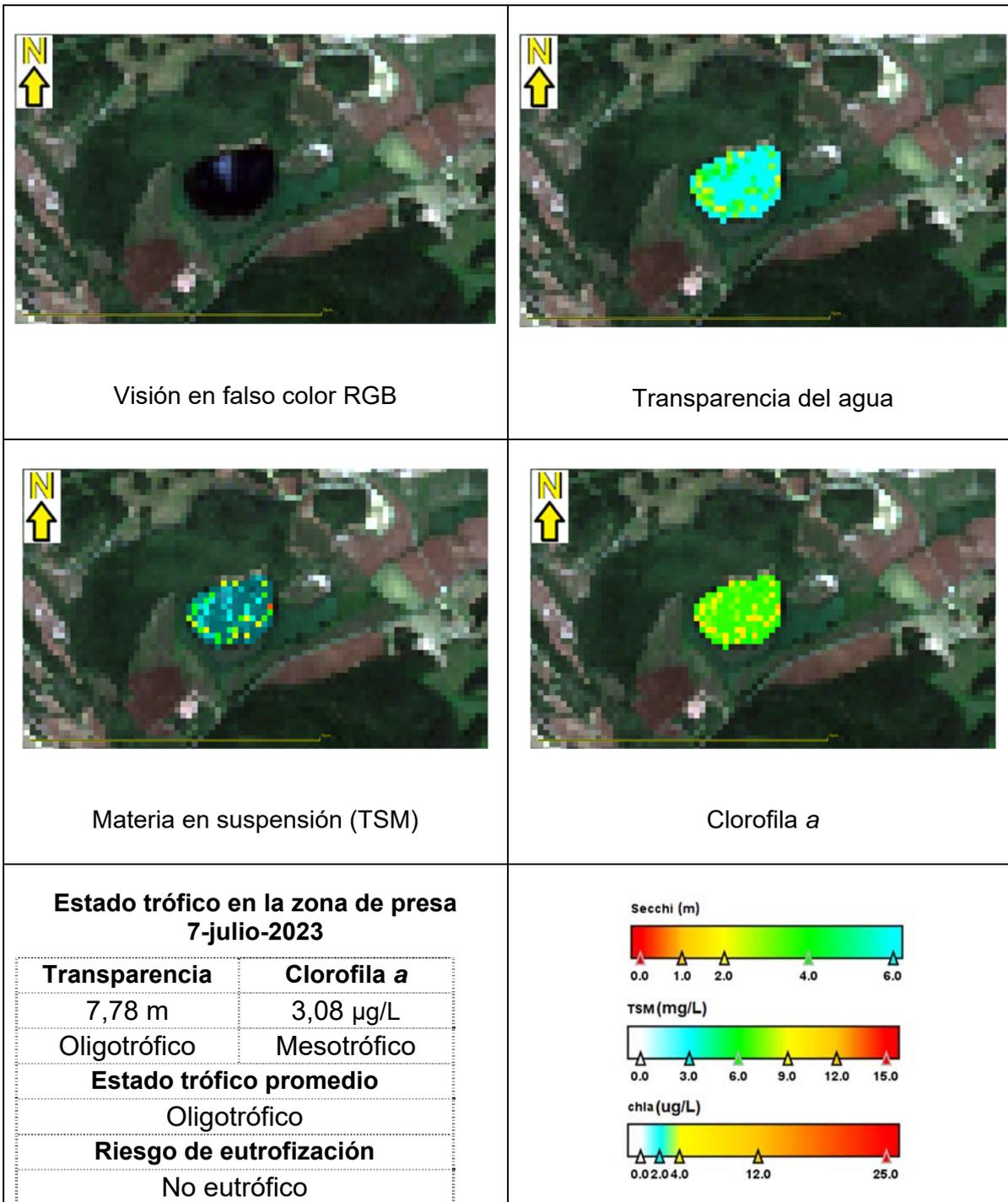
Transparencia	Clorofila a
4,14 m	1,75 µg/L
Oligotrófico	Oligotrófico
Estado trófico promedio	
Oligotrófico	
Riesgo de eutrofización	
No eutrófico	



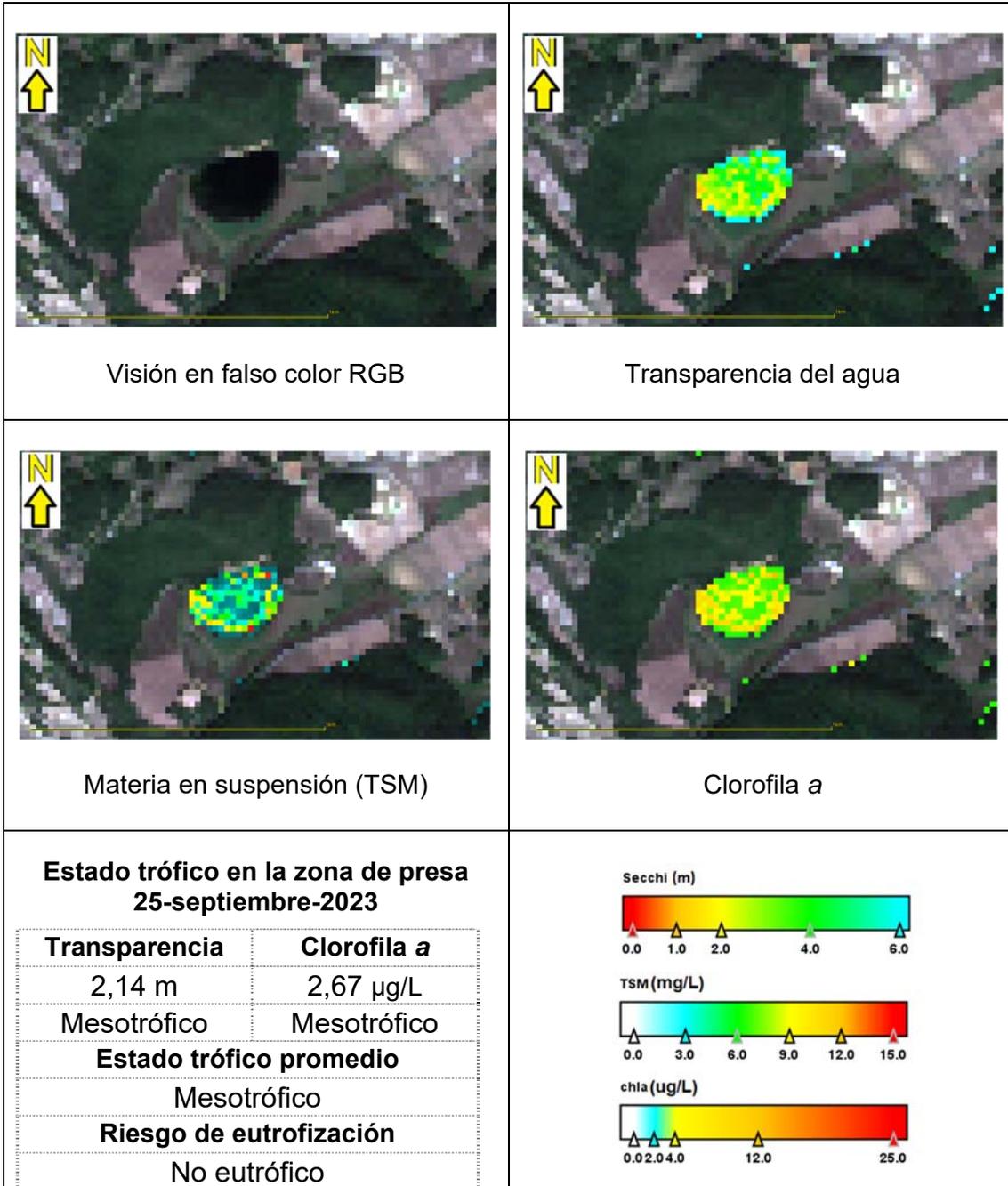
MAS L1018. LAC TORT DE RIUS



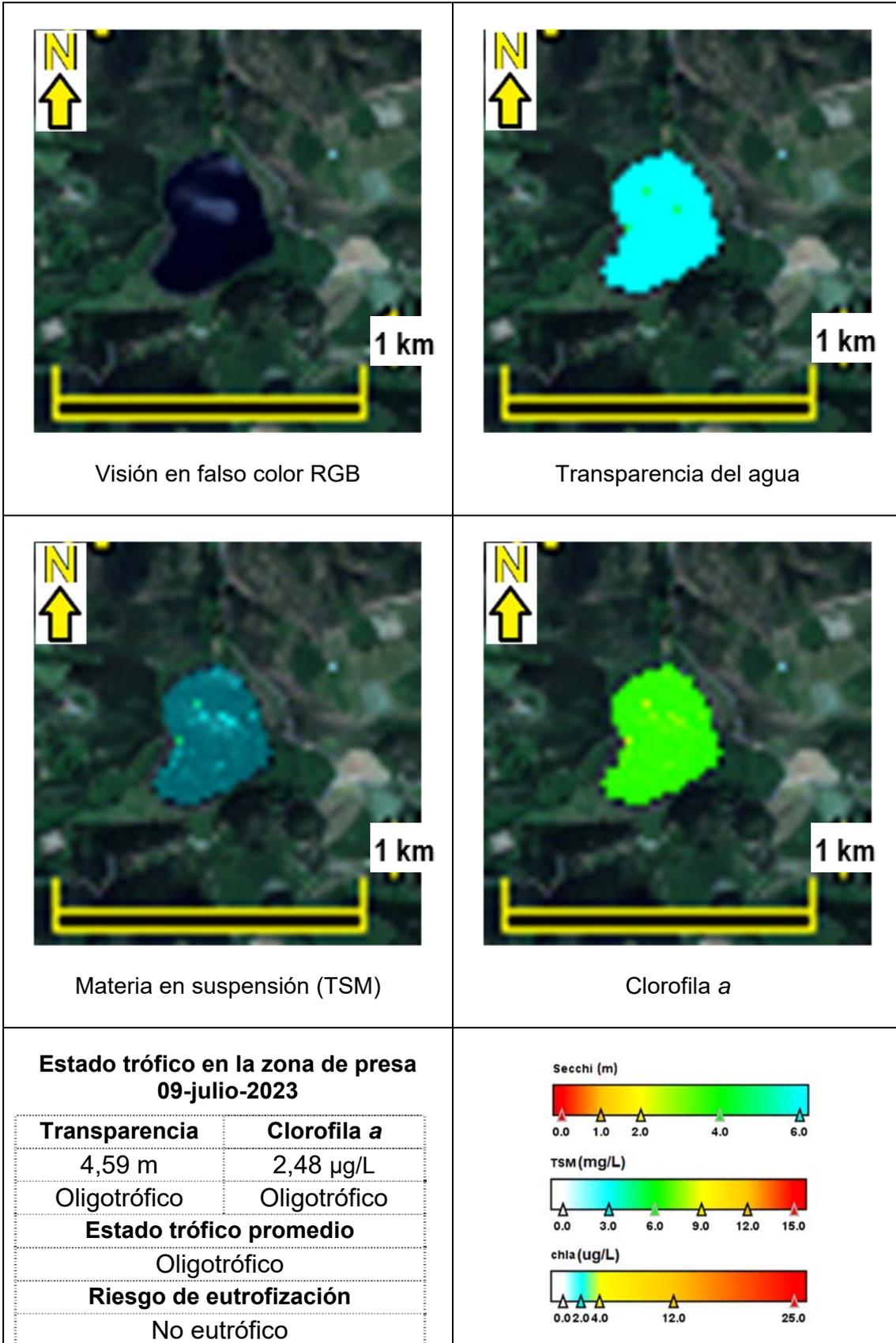
MAS L1019. LAGO DE ARREO



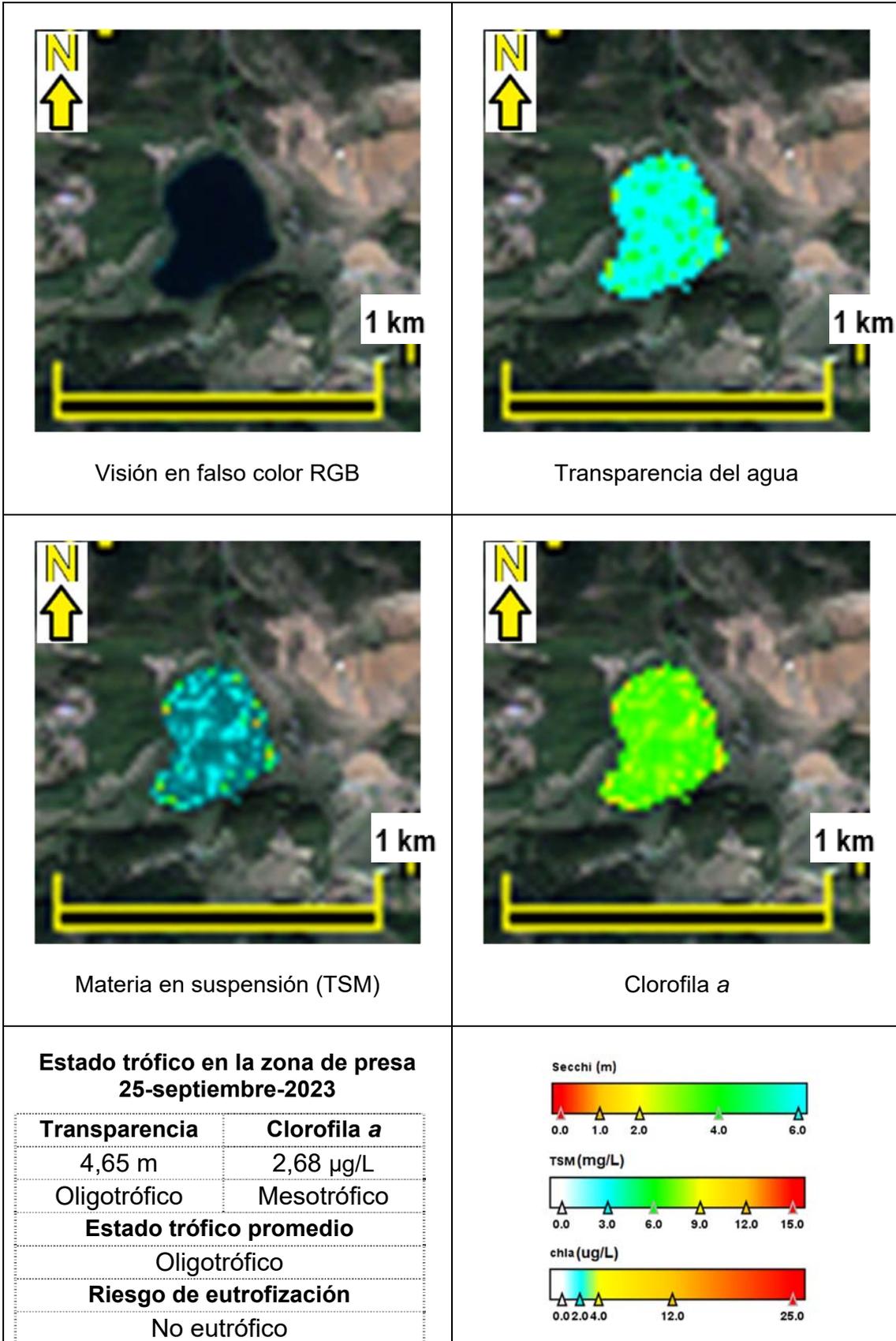
MAS L1019. LAGO DE ARREO



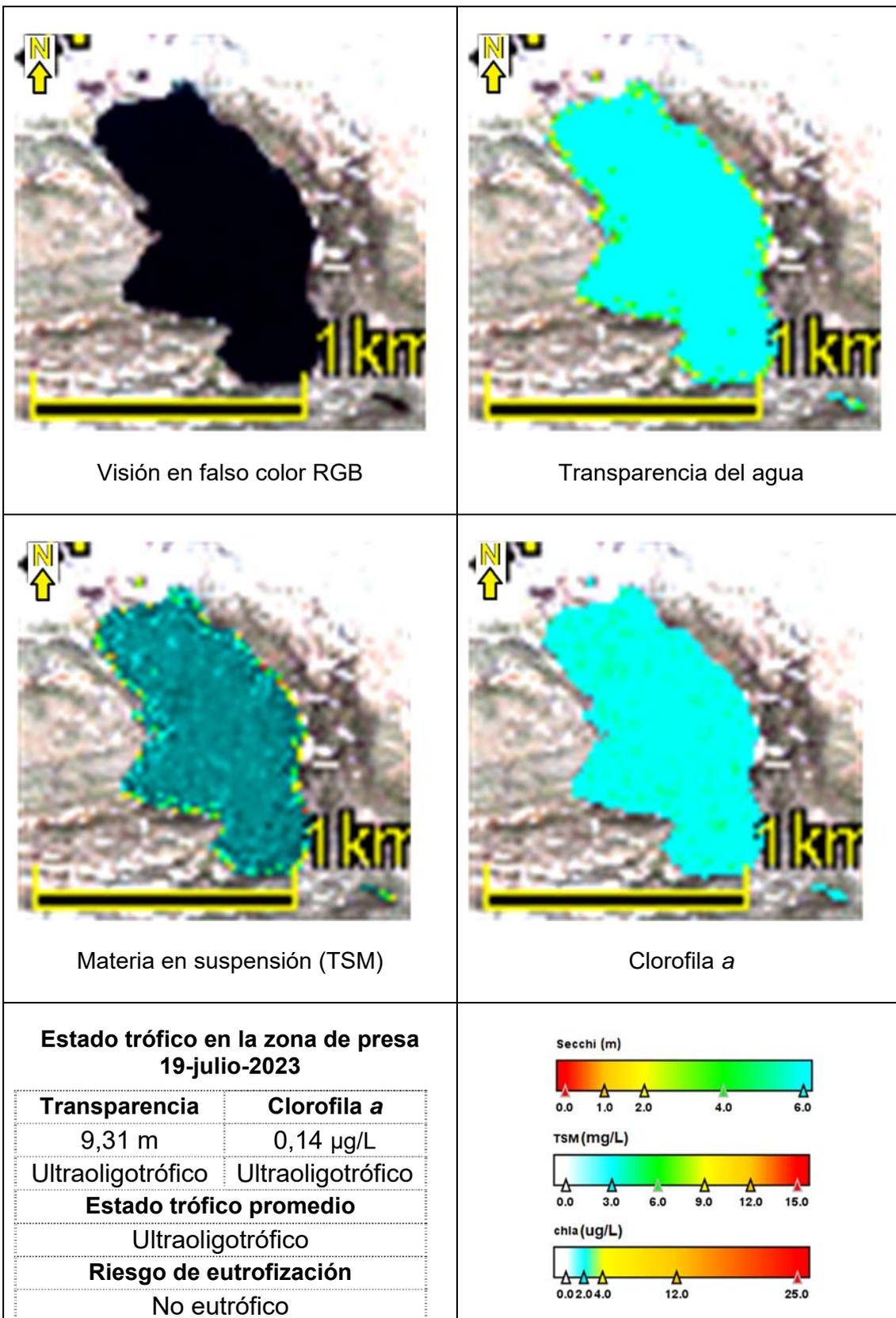
MAS L1029. ESTANY DE MONTCORTÉS



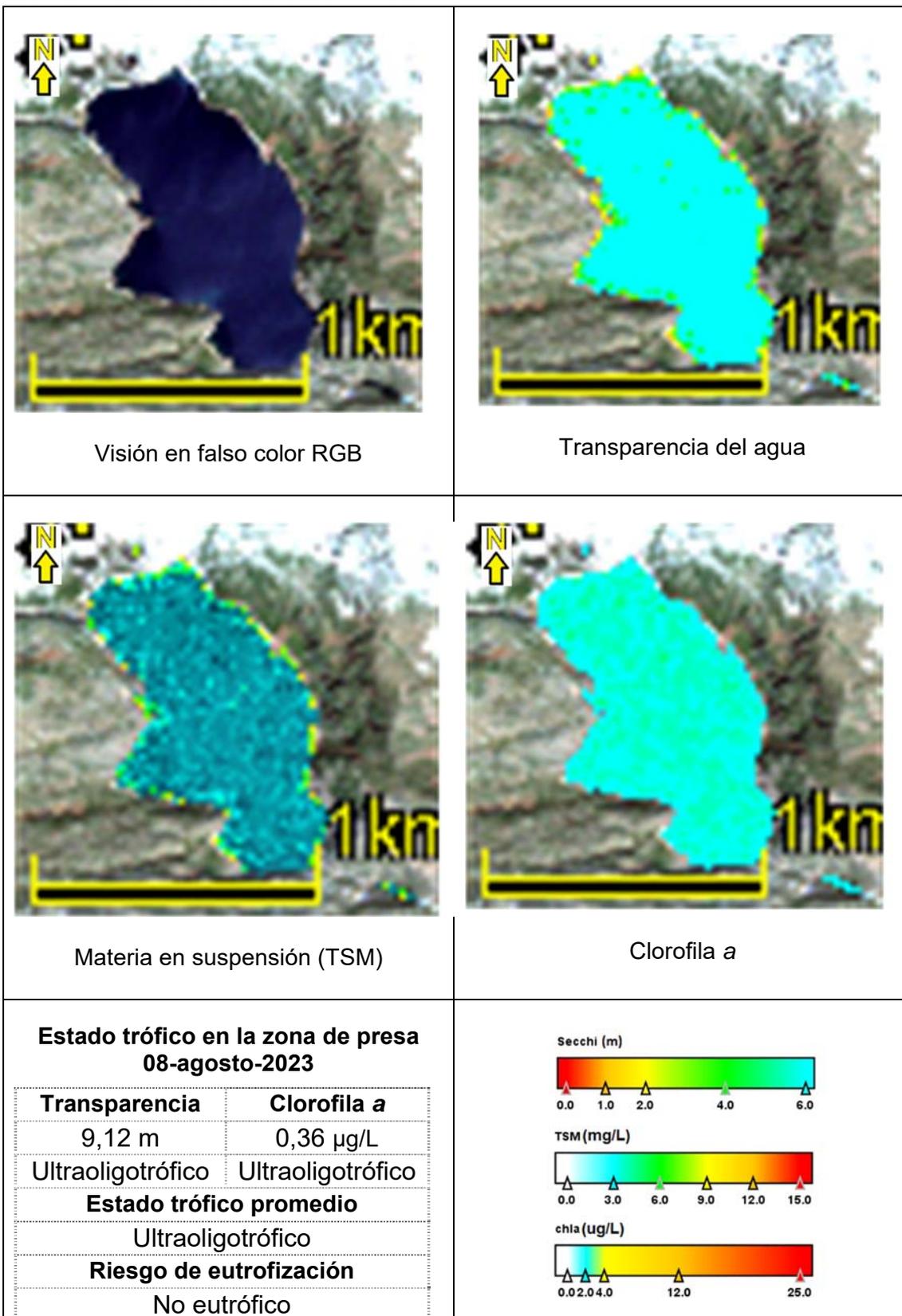
MAS L1029. ESTANY DE MONTCORTÉS



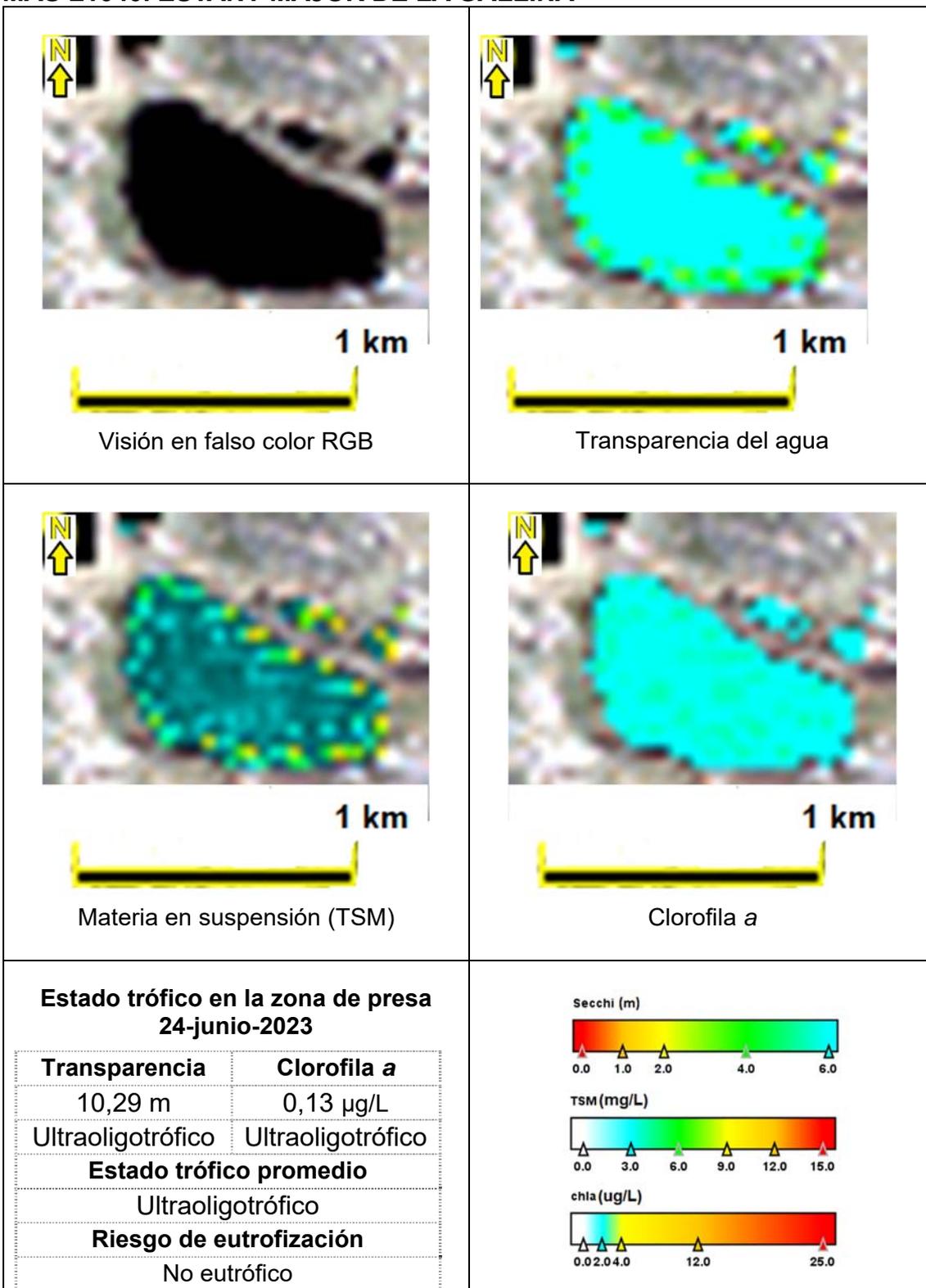
MAS L1032. ESTANY DE CERTASCAN



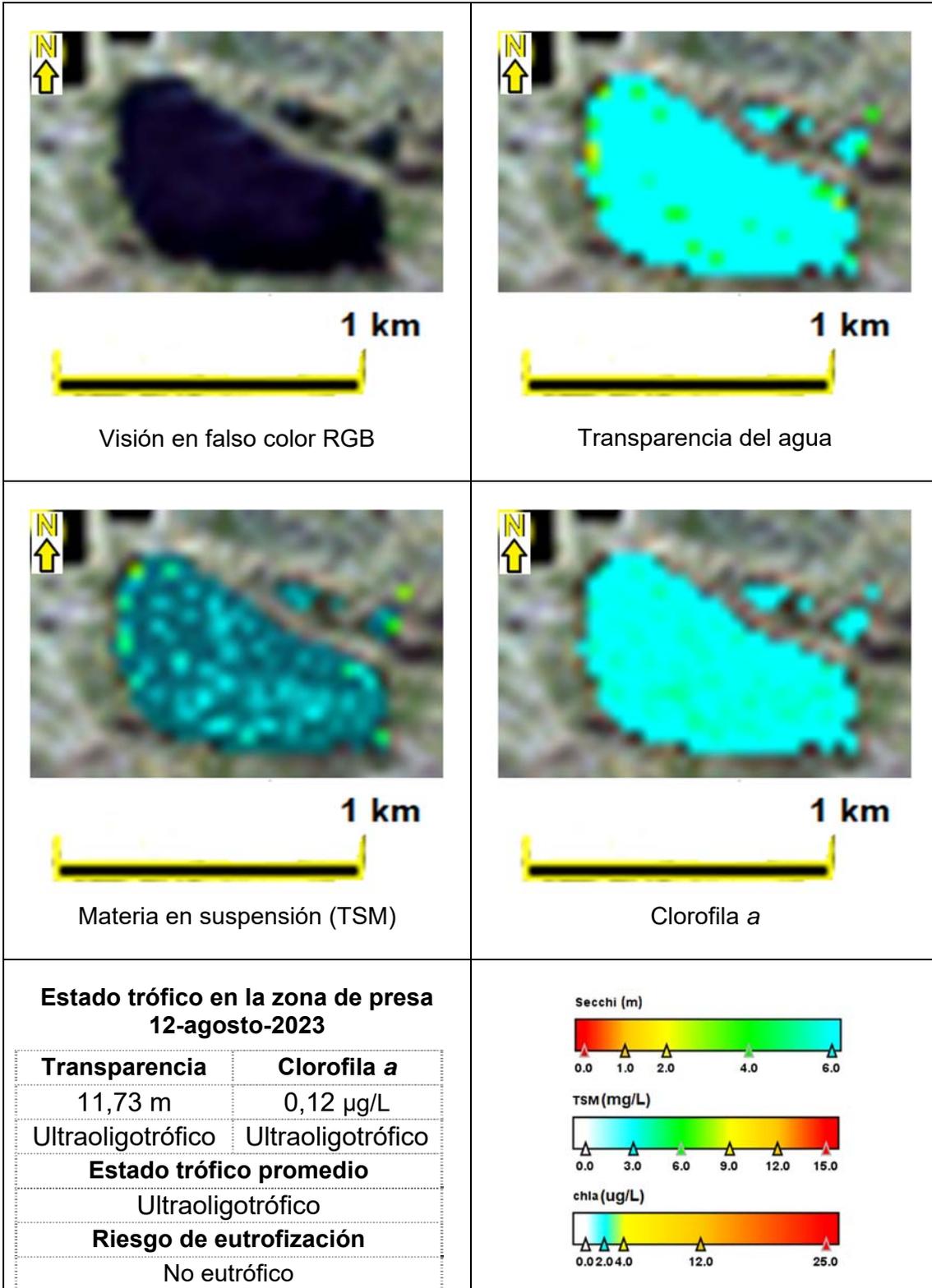
MAS L1032. ESTANY DE CERTASCAN



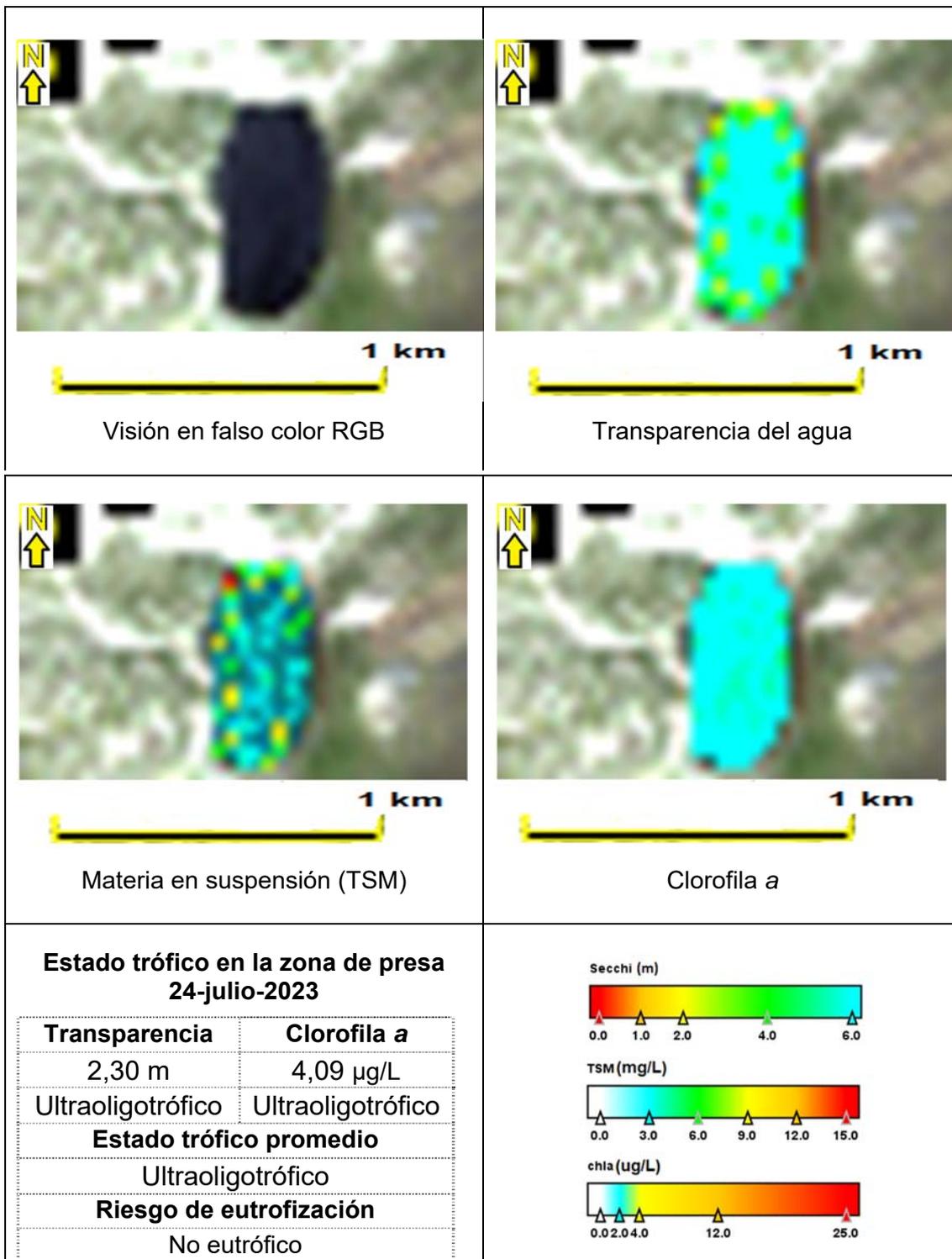
MAS L1040. ESTANY MAJOR DE LA GALLINA



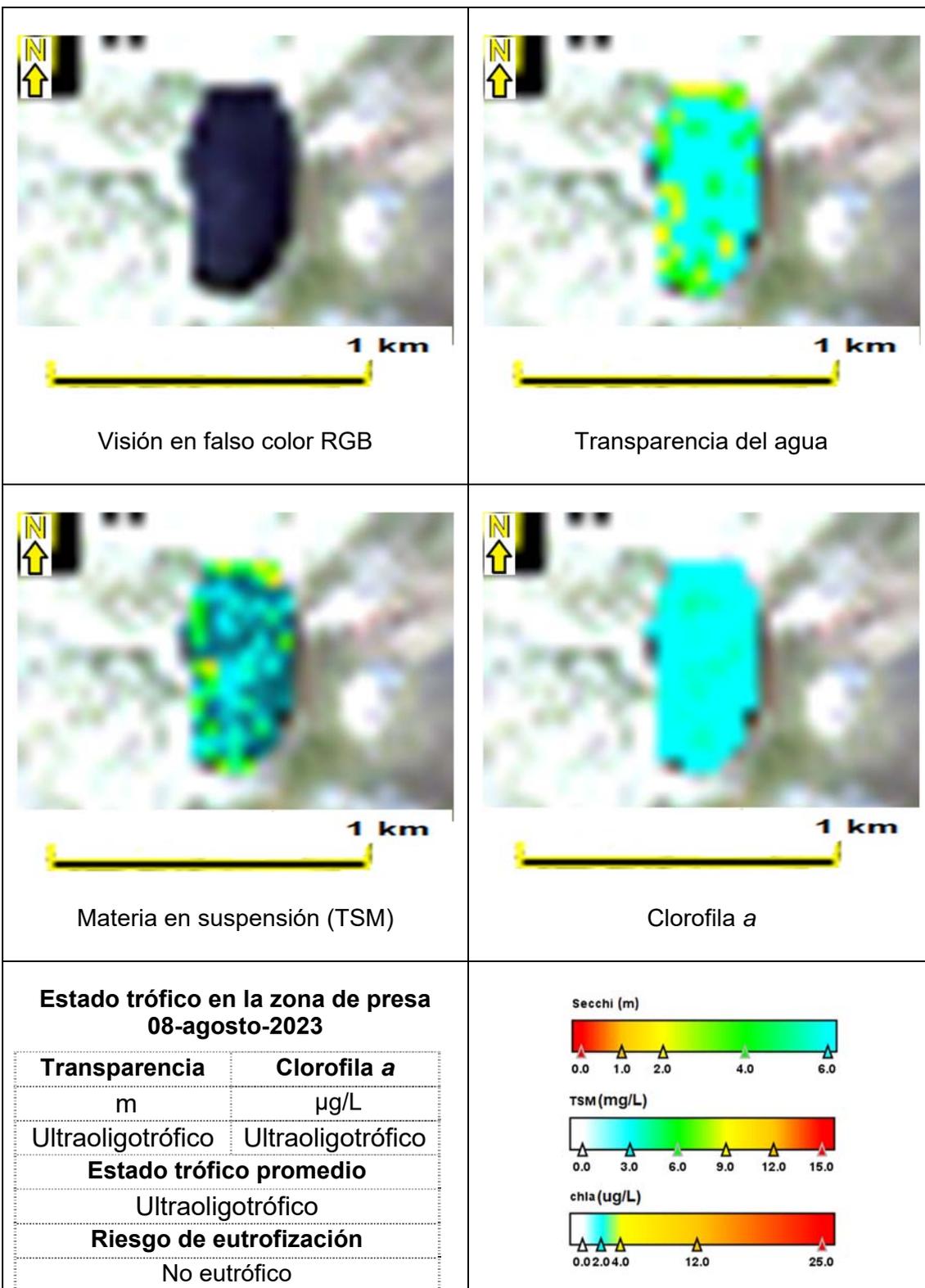
MAS L1040. ESTANY MAJOR DE LA GALLINA



**MAS L1747. COMPLEJO LAGUNAR CUENCA DE SAN ANTONIO (1, 3).
ESTANY GRAN DE MAINERA**



**MAS L1747. COMPLEJO LAGUNAR CUENCA DE SAN ANTONIO (1, 3).
ESTANY GRAN DE MAINERA**



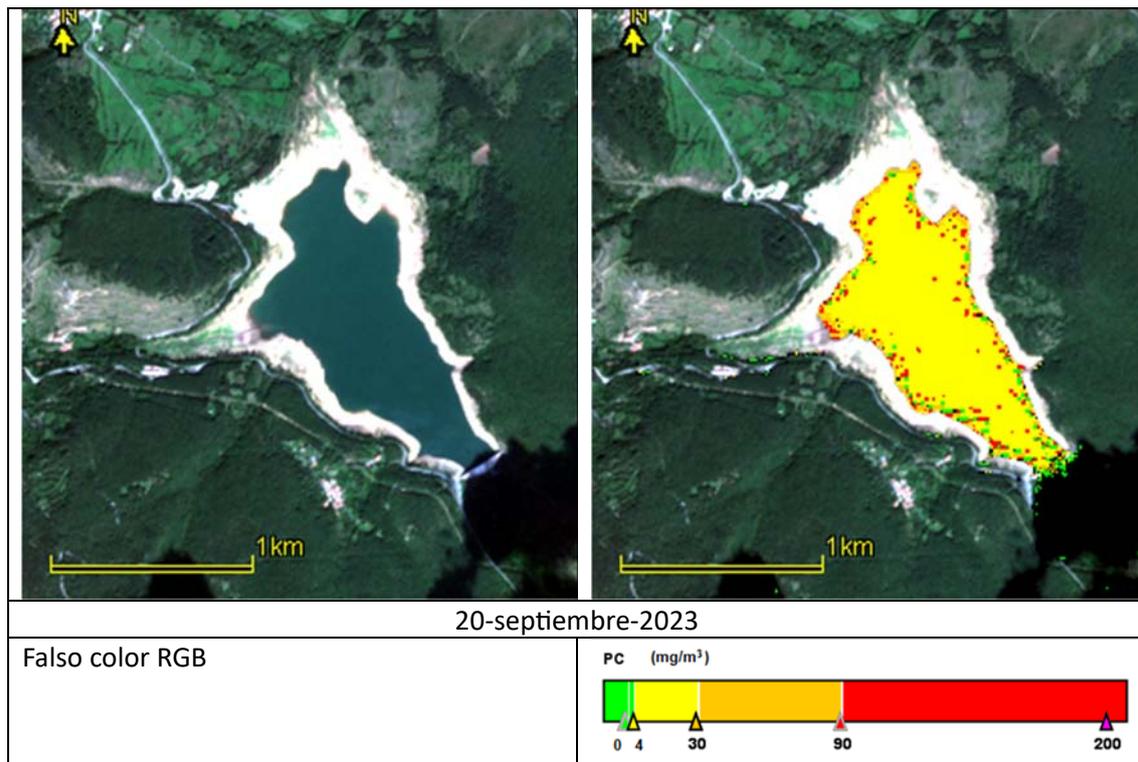


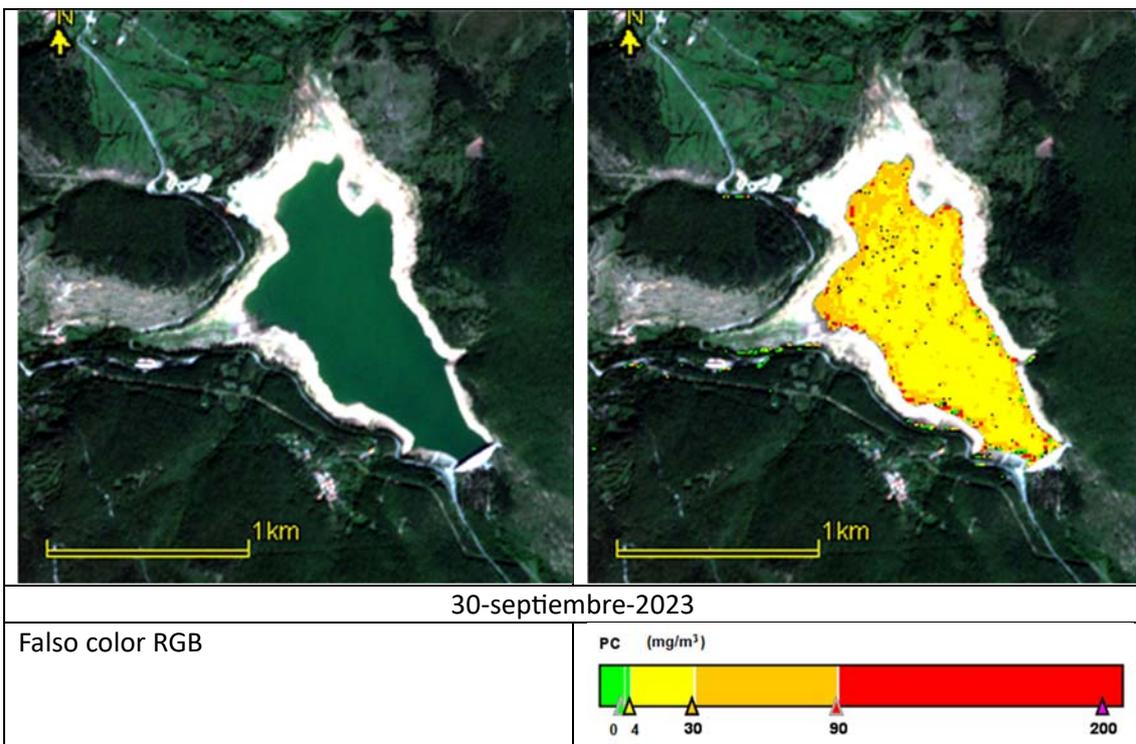
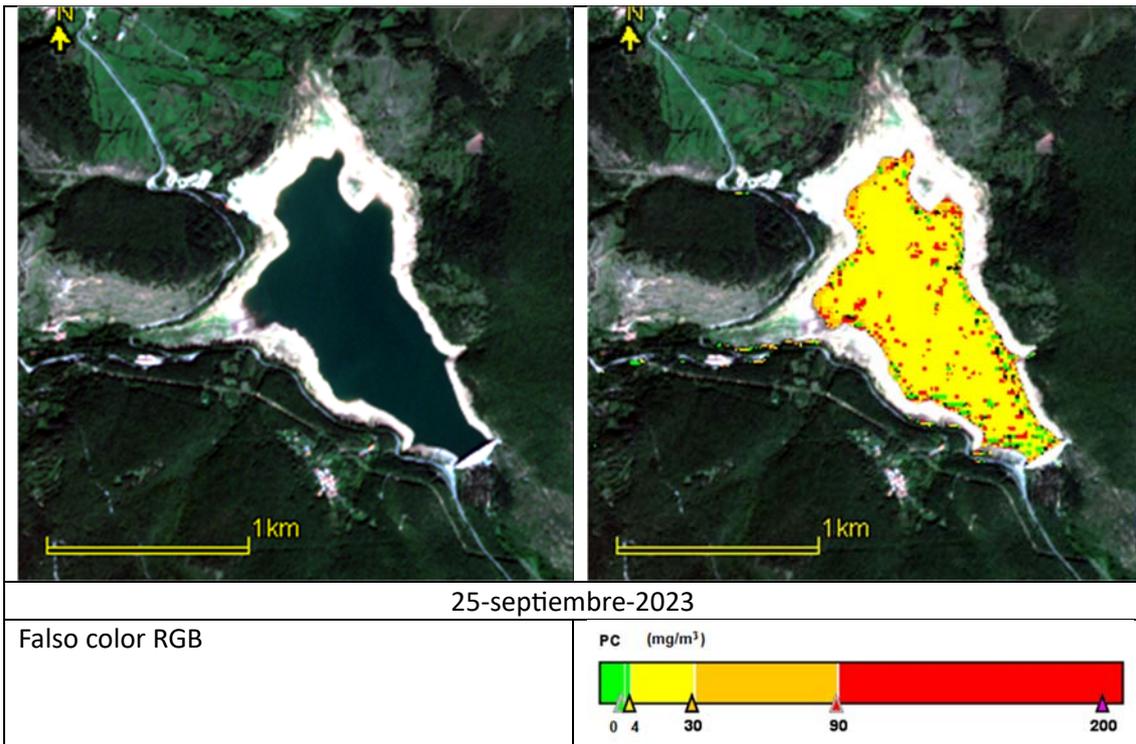
ANEXO 3. PRESENCIA DE CIANOBACTERIAS EN EL EMBALSE DE ORTIGOSA

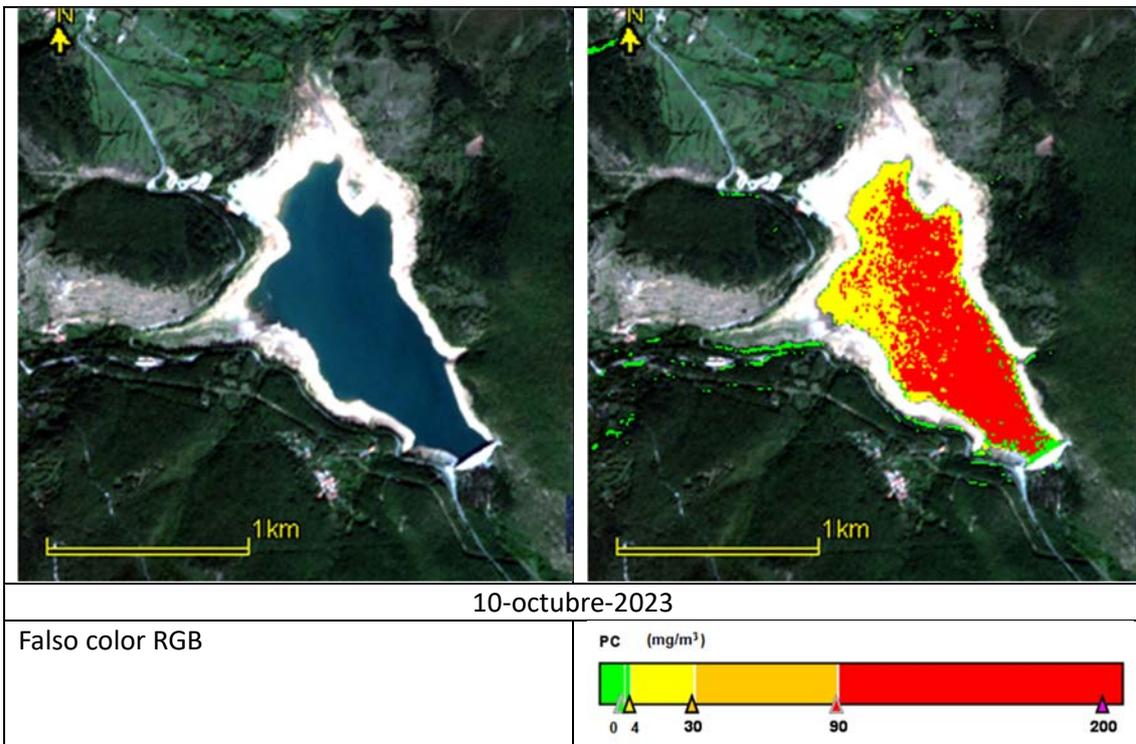
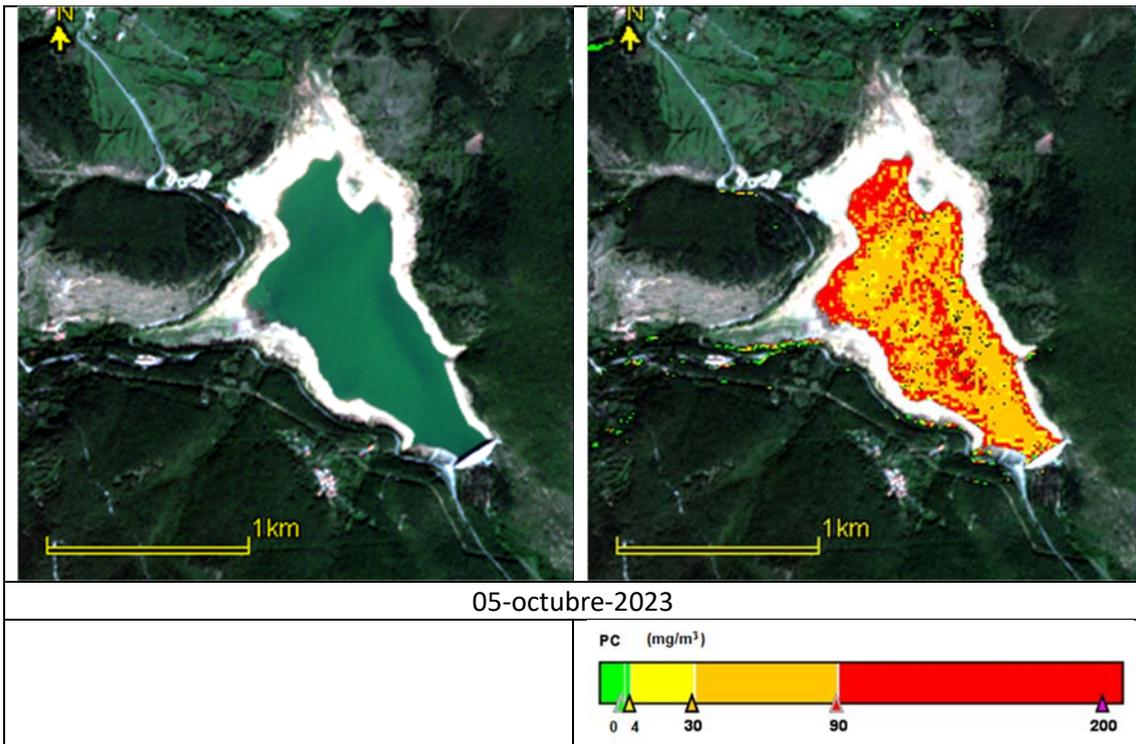


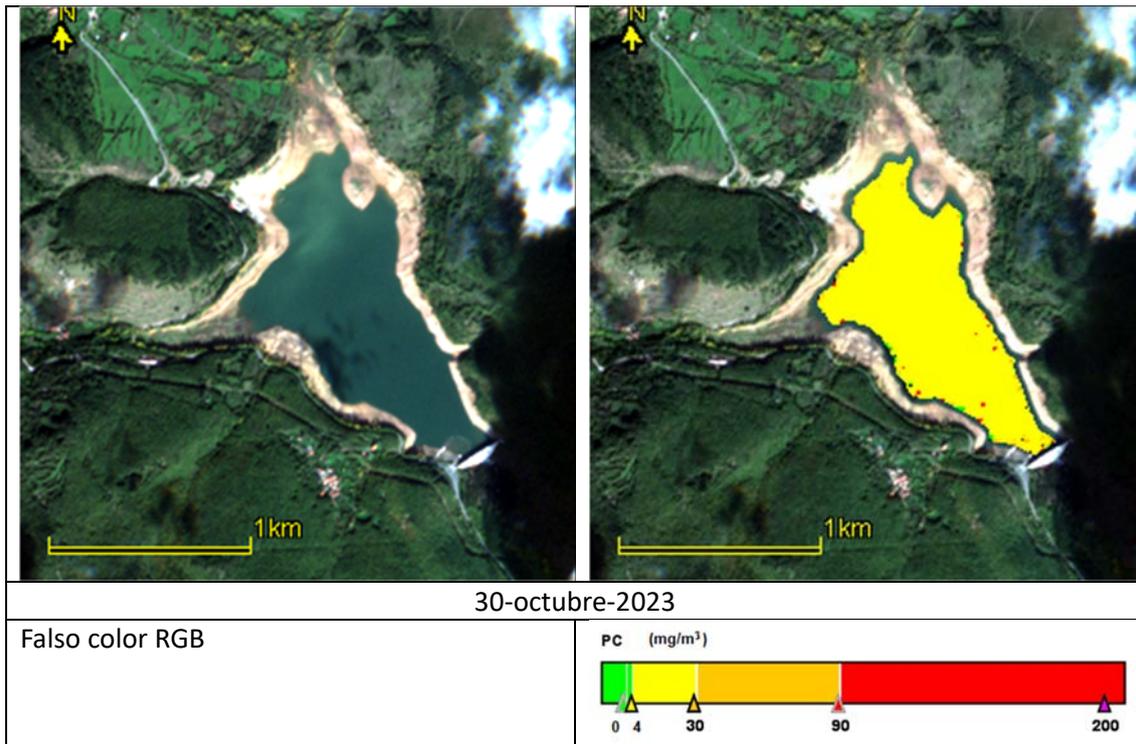
PRESENCIA DE CIANOBACTERIAS EN EL EMBARSE DE ORTIGOSA

Se ha detectado la presencia de Cianobacterias en el embalse de Ortigosa por aviso de los servicios de vigilancia del embalse. El episodio ha sido similar al acontecido en 2022 cuando se observó alrededor del 8 de octubre de 2022. Los mapas obtenidos mediante imágenes de satélite presentan que el 30 de septiembre comienza la floración pasando de niveles intermedios (color amarillo) a nivel de alerta (color naranja) y el día 5 de octubre esta presencia es más evidente, alcanzando el máximo observado mediante las imágenes el día 10 de octubre. Posteriormente, las tormentas han aportado agua al embalse a la vez que no se ha podido obtener imágenes por la nubosidad, observando el aumento de nivel en la imagen del día 30 de octubre, y también ha desaparecido los niveles de alerta.









En la imagen del 5 de octubre se observó el máximo de cianobacterias, concentrado hacia la presa, mientras que el 30 de octubre el nivel del embalse había aumentado y se había producido la desaparición de la concentración de cianobacterias detectable desde el satélite, como se puede ver en la figura siguiente, donde el nivel del embalse se incrementó en ocho metros hasta el 1 de diciembre.

