

Monitoreo satelital del lago San Roque y otras aplicaciones

A. Ferral^{1,2}, A. Germán^{1,2}, M. Bonansea², F. Nemiña¹, G. Beltramone^{1,2}, S. Pana^{1,2}, V. Gauto^{1,2}, C. Tauro¹, V. Andreo^{1,2}, Scavuzzo M¹.

¹Instituto Gulich, UNC-CONAE & ²CONICET

REUNION DE LA COMUNIDAD SABIA-Mar

25 de noviembre de 2022



PLAN ESPACIAL NACIONAL

SOCIAL

- Emergencias
- Salud
- Seguridad



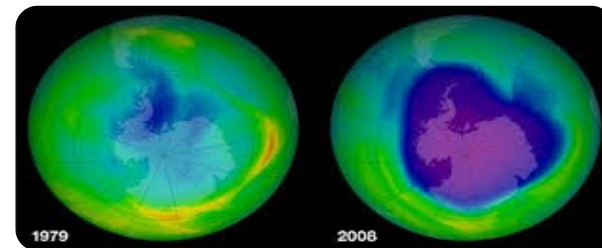
PRODUCTIVO

- Agricultura
- Minería
- Logística



AMBIENTAL

- Contaminación de agua, suelo y aire
- Oceanografía, estudios climáticos



Contexto internacional: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLES 2030



SUSTAINABLE DEVELOPMENT KNOWLEDGE PLATFORM



HOME HIGH-LEVEL POLITICAL FORUM STATES SIDS SDGS TOPICS UN SYSTEM STAKEHOLDER ENGAGEMENT PARTNERSHIPS RESOURCES ABOUT

Sustainable Development Goals



Contexto internacional: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLES 2030

Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos

6.1 De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos

6.1.1 Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos

6.2 De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad

6.2.1 Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos, incluidas instalaciones para el lavado de manos con agua y jabón

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

6.3.1 Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada

6.3.2 Proporción de masas de agua de buena calidad

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

6.4.1 Cambio en el uso eficiente de los recursos hídricos con el paso del tiempo

6.4.2 Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles

6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos

6.6.1 Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo

6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos

6.a.1 Volumen de la asistencia oficial para el desarrollo destinada al agua y el saneamiento que forma parte de un plan de gastos coordinados por el gobierno

6 CLEAN WATER AND SANITATION



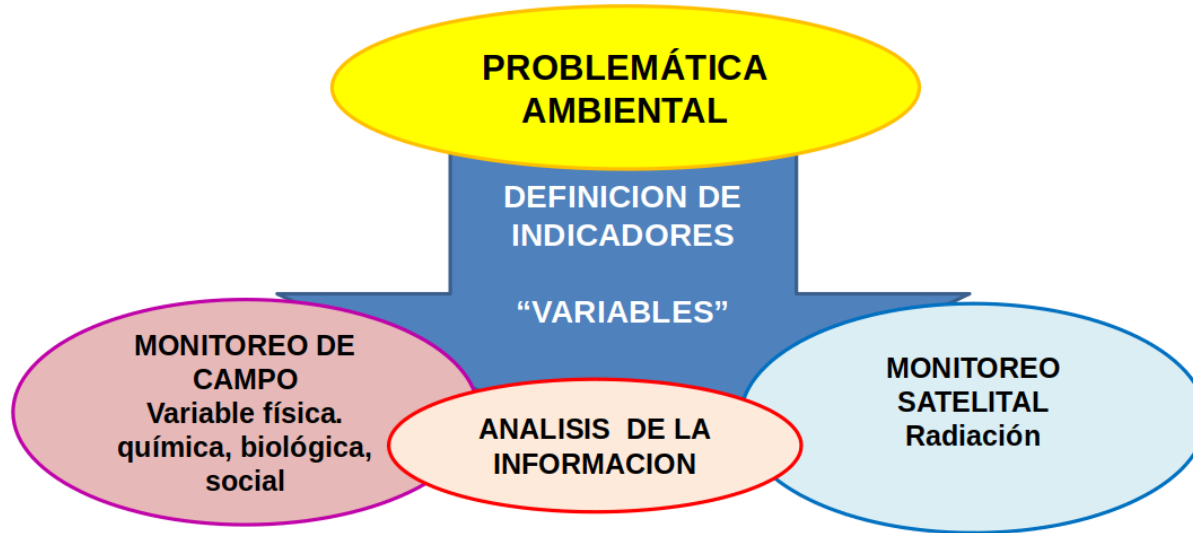
Contexto institucional

En el marco de un convenio de cooperación entre CONAE y la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia se realizaron dos tesis de Maestría en Aplicaciones Espaciales y Alerta Temprana a Emergencias, dictada por el IG y la de FAMAF (UNC) y actualmente se desarrolla una tesis del Doctorado en Geomática y Sistemas Espaciales (IG-UNC)

- Análisis espacio-temporal del efecto del sistema de aireación artificial sobre variables biogeoquímicas en el embalse San Roque. Integración de datos de campo y técnicas geoespaciales. **Dra. Anabella Ferral**, Directora: Dra. Velia Solís, Codirector: Dr. A. Frery (Se abordará más en detalle en la clase de la Dra. Solís) (2013)
- Alerta Temprana de explosiones algales en el Embalse San Roque a partir de datos satelitales diarios y mediciones de campo. Mgter. **Alba German**, Directora: Dra. Anabella Ferral, Codirectora: Dra. C. Tauro (2018)
- Evaluación y desarrollo de herramientas geoespaciales para la gestión de la calidad de aguas interiores mediante la integración de información satelital y monitoreo de campo. **Mgter. Alba German**, Directora: Dra. Anabella Ferral, Codirector: Dr. M. Scavuzzo (en curso)



Sensado remoto y gestión



- Muestreo puntual en espacio y tiempo. Carácter local
- Sostenibilidad en el tiempo condicionada a recursos económicos
- En general pocos datos para realizar análisis estadísticos

- Modelado semiempírico
- Validación
- Estadística multivariada
- Estadística Espacial
- Construcción de Series temporales. Análisis
- Detección de cambios

Análisis de requerimientos

- Región Espectral
- Resolución espacial
- Resolución Temporal
- Precisión (radiometría)
- Resolver problema inverso (Modelo de transferencia radiativa)

Problemática: Eutrofización

Deterioro de la calidad del agua causado por un exceso de nutrientes, **envejecimiento prematuro del sistema**



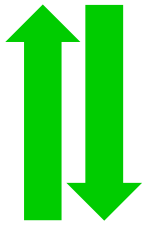
Nutrientes: P, N Fitoplancton



Pérdida de Diversidad



Transparencia



Fotosíntesis



Oxígeno en el fondo



Degradación Anaeróbica (malos olores)



Esquema válido en condiciones adecuadas de luz y temperatura

Problemática: Eutrofización

Monitoreo Satelital: seguimiento de políticas de saneamiento y control; estudiar impacto de uso de suelo en la cuenca; predecir eventos de explosiones algales; detectar presencia de algas tóxicas; detectar fuentes de contaminación.

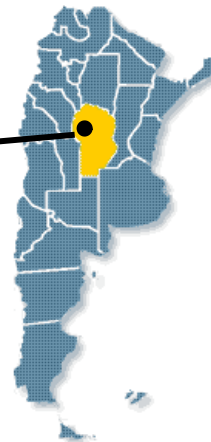


Izq. Fotografías tomadas en el Embalse San Roque durante un evento de floración algal.
Der. Imagen Satelital del Embalse San Roque, LANDSAT 5TM, color real (321), Año 2004.

Fuente: Instituto Gulich y fotos de la SRHyC de Córdoba

Zona de Estudio

Embalse San Roque



San Roque
Córdoba,
Argentina

31° 22' 56" S
64° 27' 56" W

- Construido **1888** y expandido en 1944.
- **Fue el lago artificial más grande del mundo en su momento. Tiene 156** años de antigüedad
- Abastece de agua 70 % de Córdoba de 1.800.000 habitantes
- Área de drenaje: 1750 km²

- Superficie: 15.01 km²
- Volumen: 201 hm³
- Profundidad promedio: 13 m
- **Tiempo de residencia:** 0.1 to 0.7 años
- **Tributarios:** San Antonio, Cosquín, Los Chorrillos rivers y Las Mojarras
- **Emsiarios:** Suquía

Problemática: Eutrofización

INDICADOR DE NIVEL DE EUTROFIZACION: TSI (INDICE DE EUTROFIZACION DE CARLSON)

Secchi disk: $TSI(SD) = 60 - 14.41 \ln(SD)$

Chlorophyll *a*: $TSI(CHL) = 9.81 \ln(CHL) + 30.6$

Total phosphorus: $TSI(TP) = 14.42 \ln(TP) + 4.15$

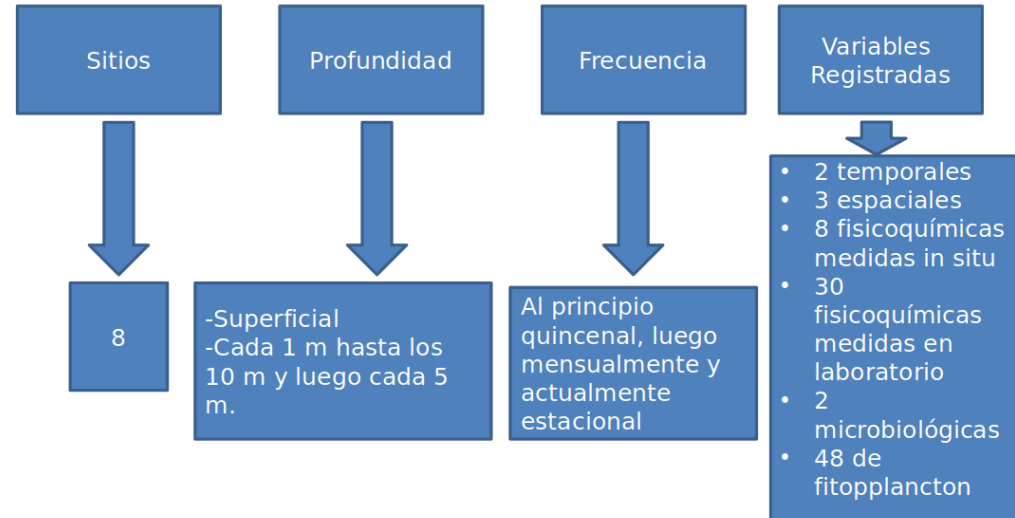
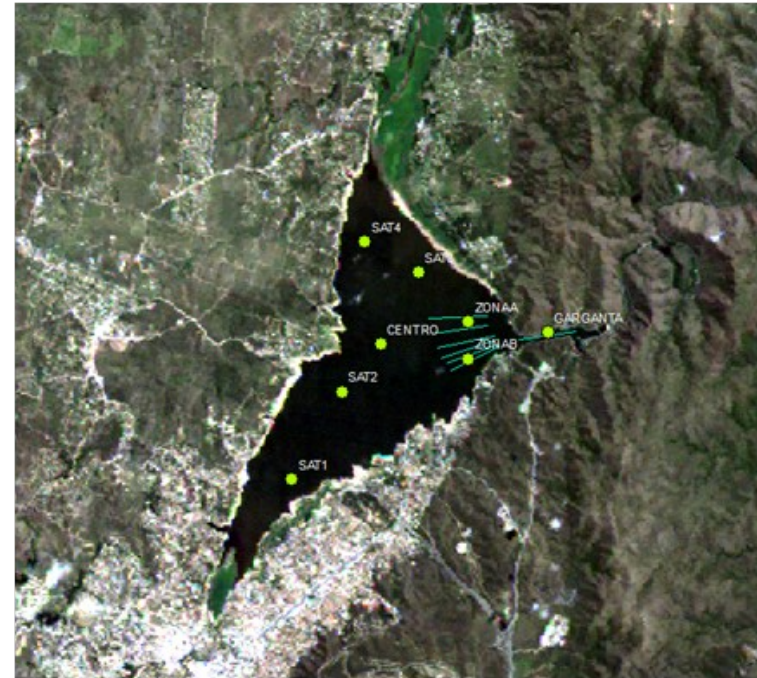
Where \ln = natural log

	ULTRAOLIGOTRÓFICO	OLIGOTRÓFICO	MESOTRÓFICO	EUTRÓFICO	HIPERTRÓFICO
TSI	0-20	>20-40	> 40-50	>50 -70	> 70
$TSI=9,81 \times \ln(\text{clorofila-a}) + 30,6$					

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes1. *Limnology and oceanography*, 22(2), 361-369.

Plan de Monitoreo

Inicio del Monitoreo por la SRH de la provincia de Córdoba, Octubre 2008



Metodología de toma, preservación y análisis de muestras fueron realizados según lineamientos de *SMWW*. Las mediciones in situ se tomaron con sonda multiparamétrica Horiba U-22 de pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura en cada estación.

Esquema conceptual de trabajo

Colección de datos y análisis de laboratorio + Imágenes satelital + Modelos Físicos+ Estadística

Dimensiones de análisis

ESPACIAL / DÓNDE?

Fuentes de contaminación, zonas de riesgo, etc
LANDSAT 5-8-9, Sentinel 2

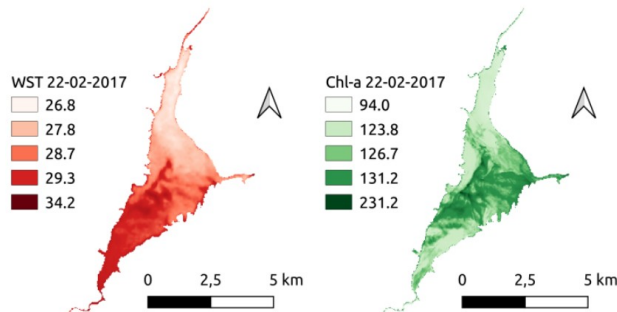
TEMPORAL / CUÁNDO ?

Occurrencia, dinámica, pronóstico
TERRA, AQUA, Suomi-NPP, GOES, Sentinel 3

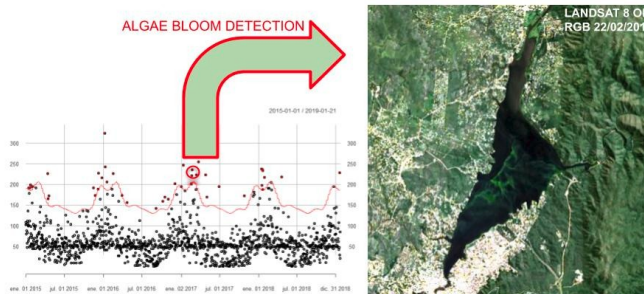
ESPECTRAL / QUÉ ?

Contaminantes específicos, detección de especies algales, clasificación
PRISMA, EnMAP, PACE

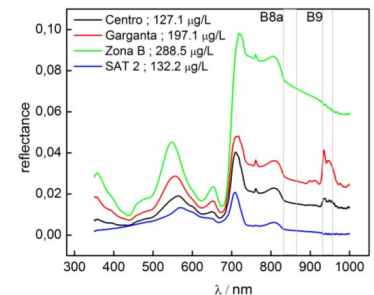
Estado trófico y mapas térmicos



Detección diaria de explosiones algales



Diferenciación de especies algales



Ferral et al, 2018 & 2021; German et al, 2021

German et al, 2020

German et al, 2019 (in situ)

Dificultades y aprendizajes

A partir de datos 3 años de datos de campo (cuarenta fechas) no fue posible encontrar diferencias significativas entre sitios a partir de un análisis estadístico marginal. La concentración de clorofila-a presenta gran variabilidad en el espacio y el tiempo (diario, anual, interanual)

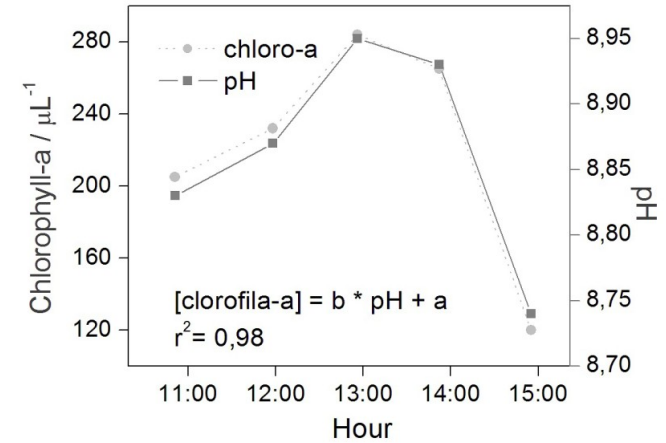
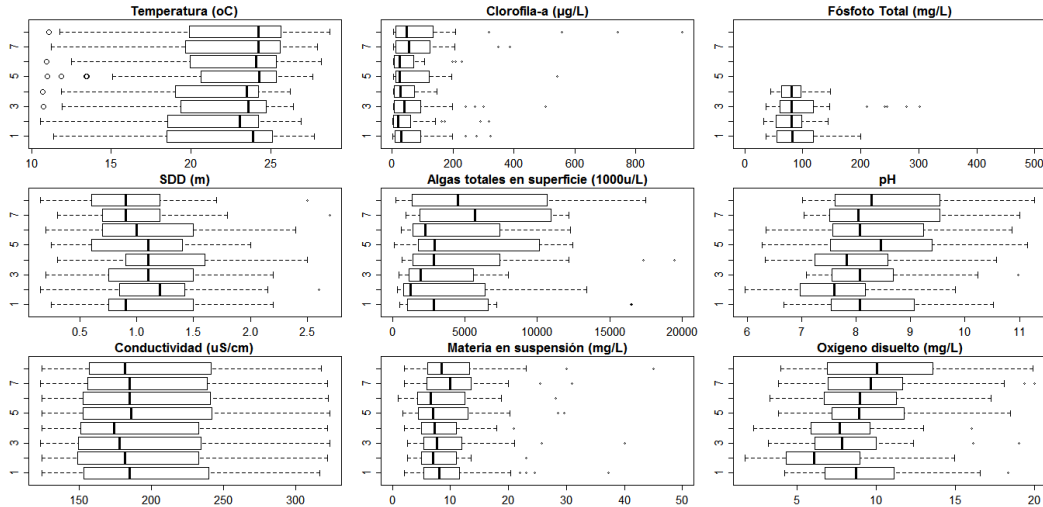
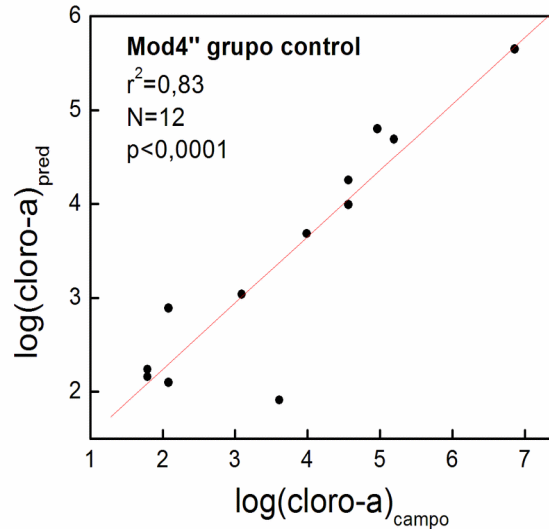
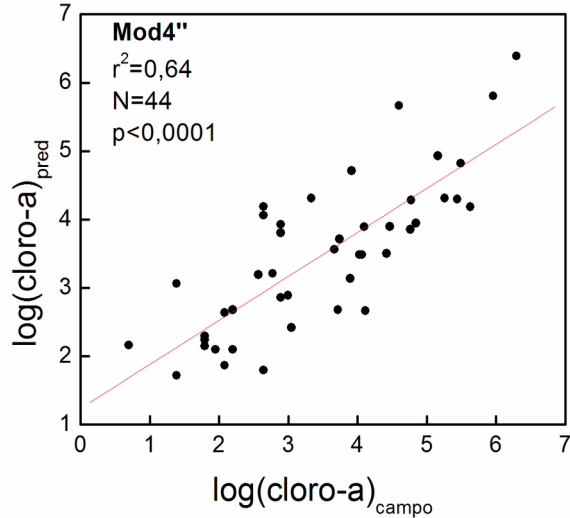


Figure 6: Chlorophyll-a and pH as a function of time for an experiment carried out at Center station on a windless and warm autumn day (May 23, 2011). The inset legend shows a linear regression equation for a chlorophyll-a versus pH curve, where $a = -6494.4$, $b = 757.6$, and $r^2 = 0.98$.

Análisis espacial

LANDSAT 5-TM: 12 fechas de monitoreo de campo coincidieron con el paso del satélite. La técnica de corrección atmosférica a partir de la sustracción por fondo oscuro arrojaba peores valores de correlación entre la información satelital y las mediciones de campo. Este algoritmo se desarrolló sin corrección atmosférica.

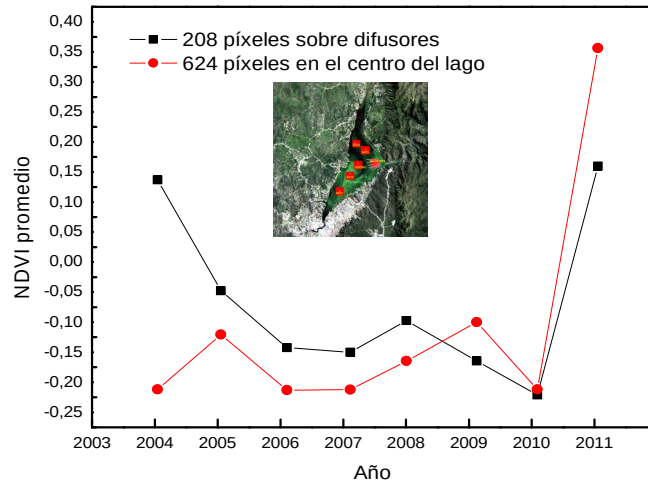


$$\log(\text{Clorofila-a}) = 18,3 - 232,5 \text{ TM1} + 147,7 \text{ TM4}$$

Análisis espacial

Con una sola imagen satelital fue posible encontrar diferencias espaciales significativas relacionadas con la presencia de algas en superficie.

Evaluación de diferencias de NDVI en dos zonas del lago para fechas anteriores y posteriores a la instalación de los difusores

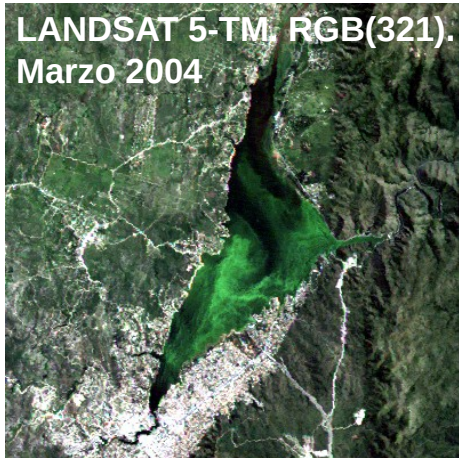


LANDSAT 5-TM: Comparación de valores medios de clorofila-a y TSI obtenidos mediante monitoreo satelital (7621 píxeles) y datos de campo (8 puntos). Caso Embalse San Roque

Fecha	Clorofila-a media In situ (ug/L)	Clorofila-a media Satelital (ug/L)	TSI medio in situ	TSI in medio satelital	Nivel de Eutrofización medio-In situ	Nivel de Eutrofización medio-satelital	Error porcentual %
12/11/2008	20,7	20,0	60,3	60,0	eutrófico	eutrófico	< 1
14/12/2008	102,9	53,9	76,0	69,7	hipereutrófico	eutrófico	- 9
30/12/2008	72,12	70,4	72,5	72,3	hipereutrófico	hipereutrófico	- 1
16/02/2009	243,4	254,2	84,4	84,9	hipereutrófico	hipereutrófico	< 1
20/03/2009	137,5	32,2	78,9	64,6	hipereutrófico	eutrófico	- 12
05/04/2009	12,4	23,21	55,3	61,4	eutrófico	eutrófico	+ 11
07/05/2009	8,7	4,64	51,8	45,6	eutrófico	mesotrófico	- 13
28/09/2009	18,2	3,5	59,0	42,9	eutrófico	mesotrófico	- 14
01/12/2009	39,1	27,7	66,5	63,2	eutrófico	eutrófico	- 3
03/02/2010	131,0	46,0	78,4	68,1	hipereutrófico	Eutrófico	-15
Promedio de error porcentual							8

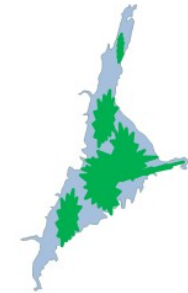
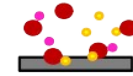
Análisis espacial

Evaluación de la efectividad del sistema de aireación artificial, instalado en 2008

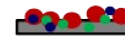


SAN ROQUE RESERVOIR IN SUMMER

Natural

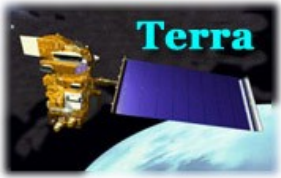


With artificial aeration



Antenucci et al, 2003; Ferral et al, 2017; Ferral et al 2018, Germán et al. 2020, German et al, 2021

Análisis temporal



Ecological Informatics
Volume 59, September 2020, 101131

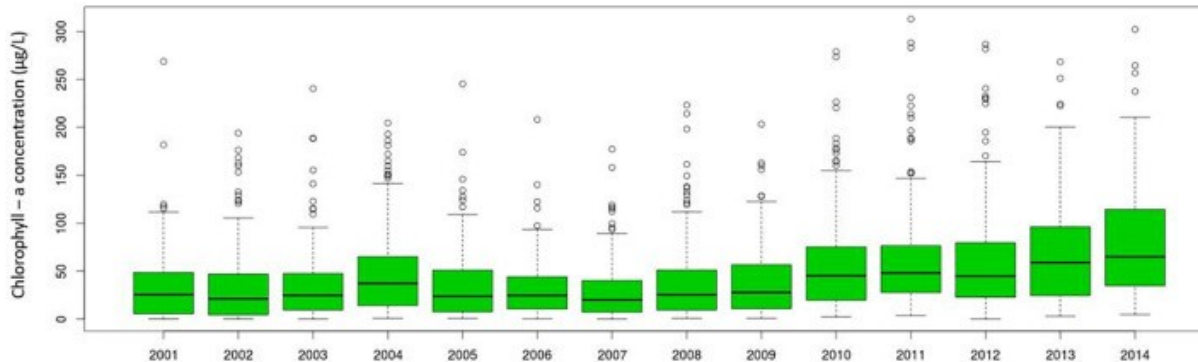


A novel method based on time series satellite data analysis to detect algal blooms

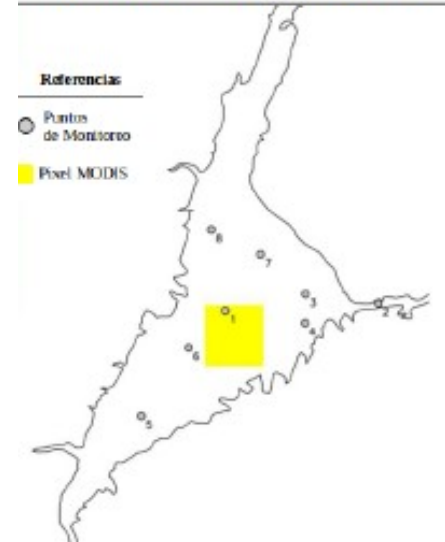
Alba Germán ^{a, b, c}, Verónica Andreo ^{a, b}, Carolina Tauro ^a, C. Marcelo Scavuzzo ^a, Anabella Ferral ^{a, b} ✉

$$\text{Log}_{10}(\text{Chl} - a) = 2.58 - 0.896 * \text{Band}1 / \text{Band}2$$

R²=0.78

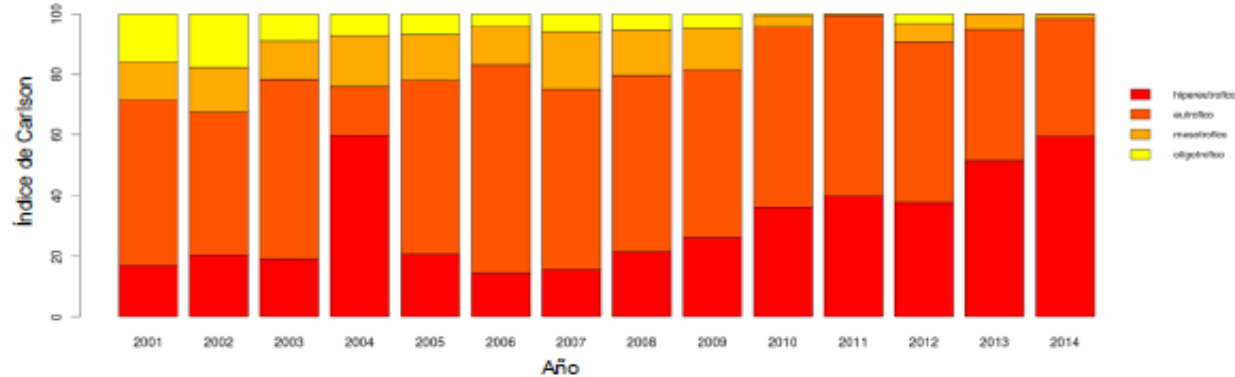


Embalse San Roque

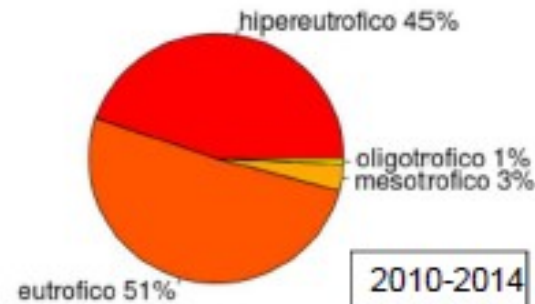
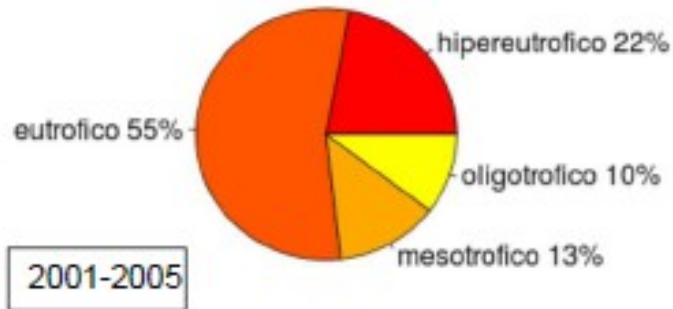


Análisis temporal

Índice de eutrofización de Carlson [1] = $30,6 + 9,81 \cdot \ln(\text{Cl-a}(\mu\text{g/L}))$

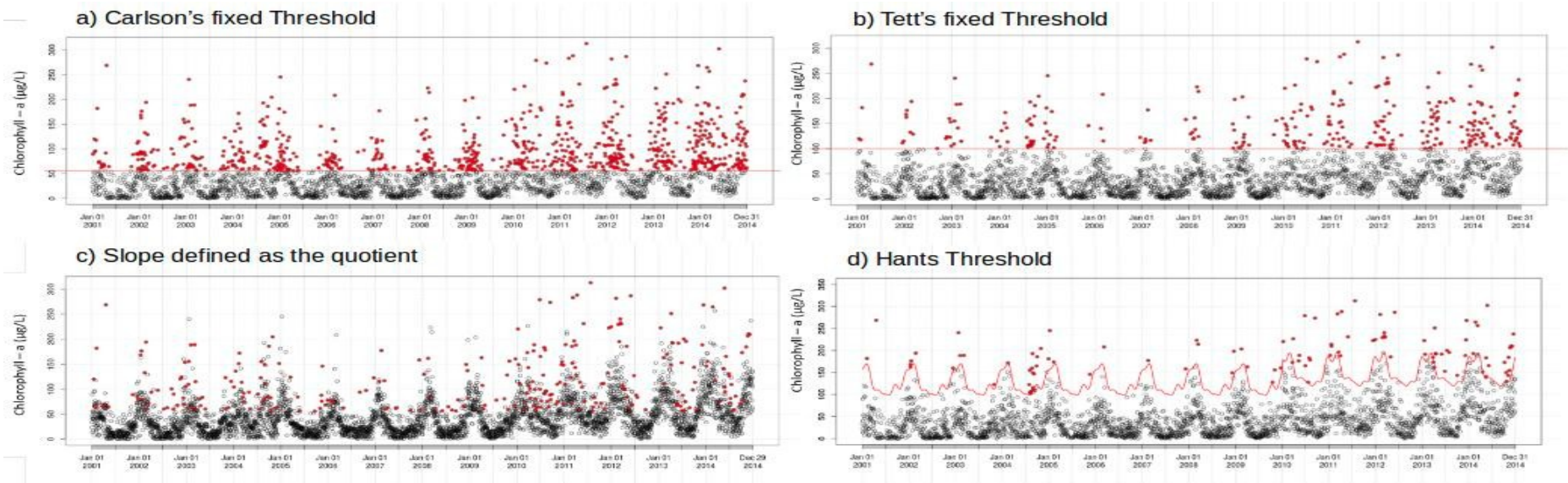


Comparación del estado trófico entre los primeros y últimos 5 años de la serie



Análisis temporal

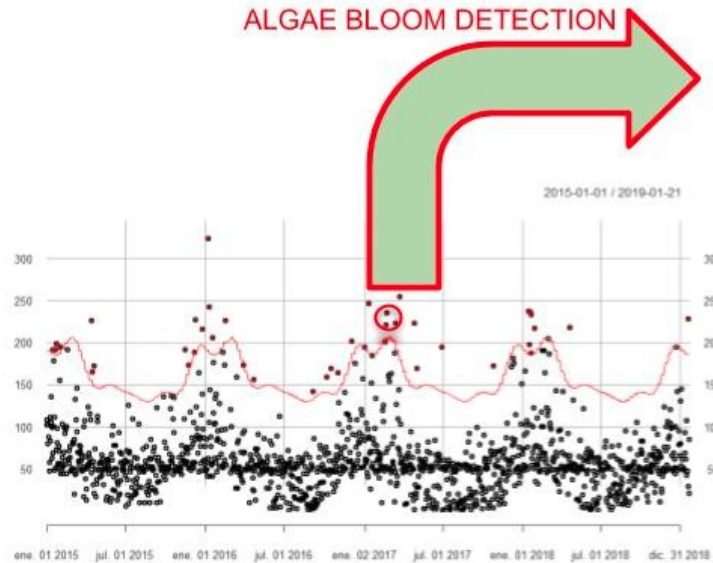
Geración de umbral dinámico a partir del modelado de la serie con análisis de frecuencia
(caso d), Series de Fourier.

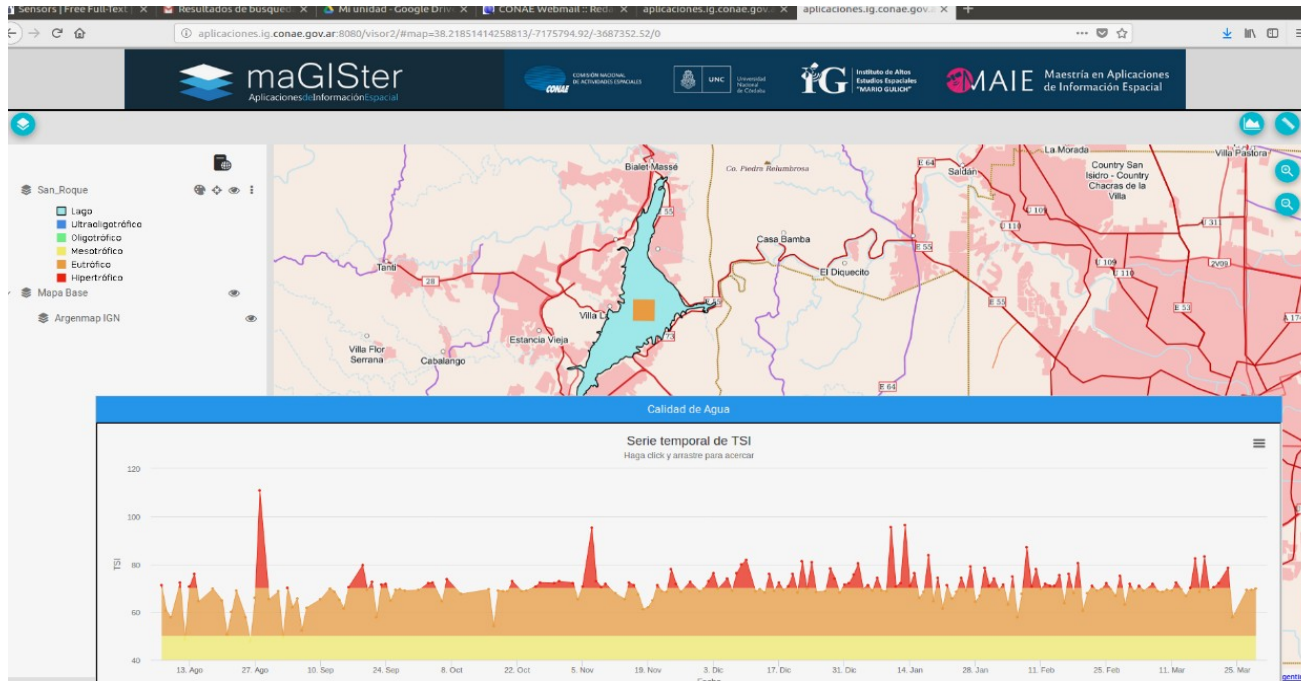


German, A., Andreo, V., Tauro, C., Scavuzzo, C. M., & Ferral, A. (2020). A novel method based on time series satellite data analysis to detect algal blooms. *Ecological Informatics*, 59, 101131.

Análisis temporal

Detección de explosiones algales



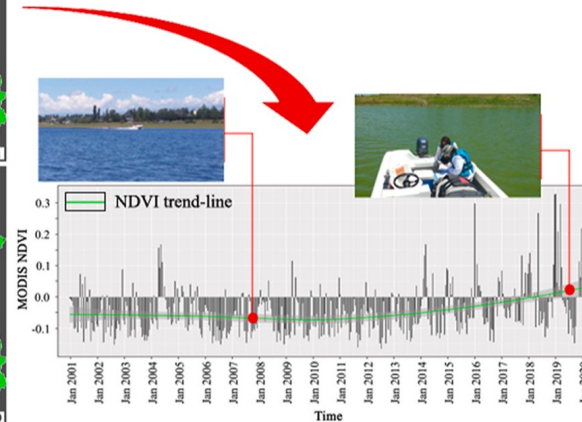
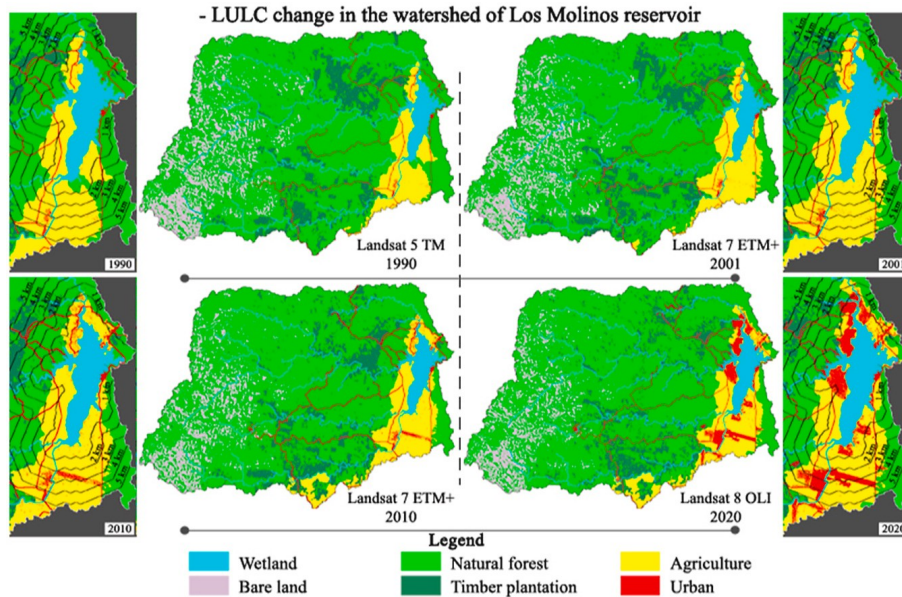


Impresión de pantalla del producto operativo disponible en el servidor del Instituto Gulich de la serie de tiempo del Índice de Estado Trófico del Embalse San Roque (Roa et al, 2018). **Coordinado por la Mgter. Alba Germán** <http://aplicaciones.ig.conae.gov.ar:8080/visor2/#map=38.21851414258813/-7176521.08/-3680740.71/0>

Análisis temporal



Assessing land use and land cover change in Los Molinos reservoir watershed and the effect on the reservoir water quality

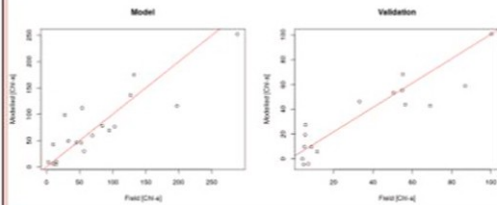


- Time-series of MODIS NDVI in Los Molinos reservoir

Análisis espacio-temporal

SPACE-TIME MONITORING OF WATER QUALITY IN AN EUTROPHIC RESERVOIR USING SENTINEL 2 DATA - A CASE STUDY OF SAN ROQUE, ARGENTINA

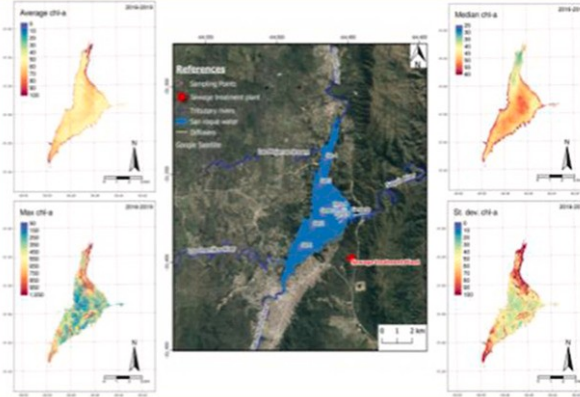
SENTINEL 2 EMPIRICAL [CHL-A] MODELLING



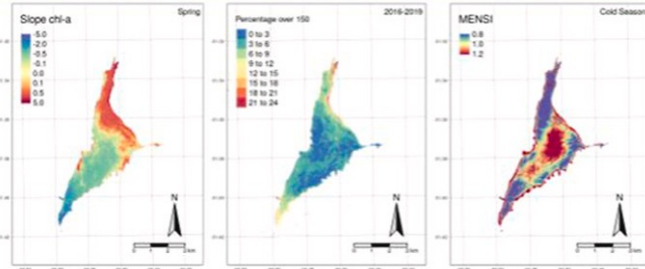
$$[\text{Chl-a}] = -5.57 + 80.13 * \text{S2 band8/S2 band4}$$

R2 = 0.77; RMSE = 34.07

S2 SPATIO-TEMPORAL [CHL-A] STATISTICS



DATA MINING AND SPATIAL INDEXES ANALYSIS



CONCLUSION

- Regions where water quality is improving or deteriorating was identified in the reservoir.
- Main source of nutrients is the tributary entries to the reservoir.
- There is insufficient sewage water treatment in the basin.
- Inter-annual and seasonal patterns influenced by external factors (aeolian forces, hydrodynamic flows, bathymetry and water levels).



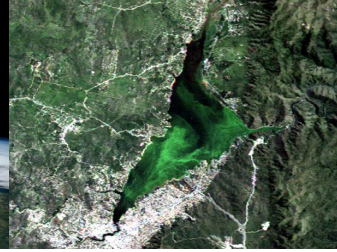
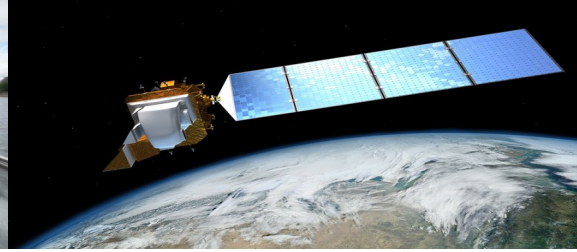
Remote Sensing Applications: Society and Environment

Volume 24, November 2021, 100614



Space-time monitoring of water quality in an eutrophic reservoir using SENTINEL-2 data - A case study of San Roque, Argentina

Alba Germán ^{a, b, c} ✉, Michal Shimoni ^d, Giuliana Beltramone ^a, María Inés Rodríguez ^e, Jonathan Muchiut ^{b, f}, Matías Bonansea ^g, C. Marcelo Scavuzo ^a, Anabella Ferral ^{a, b} ✉



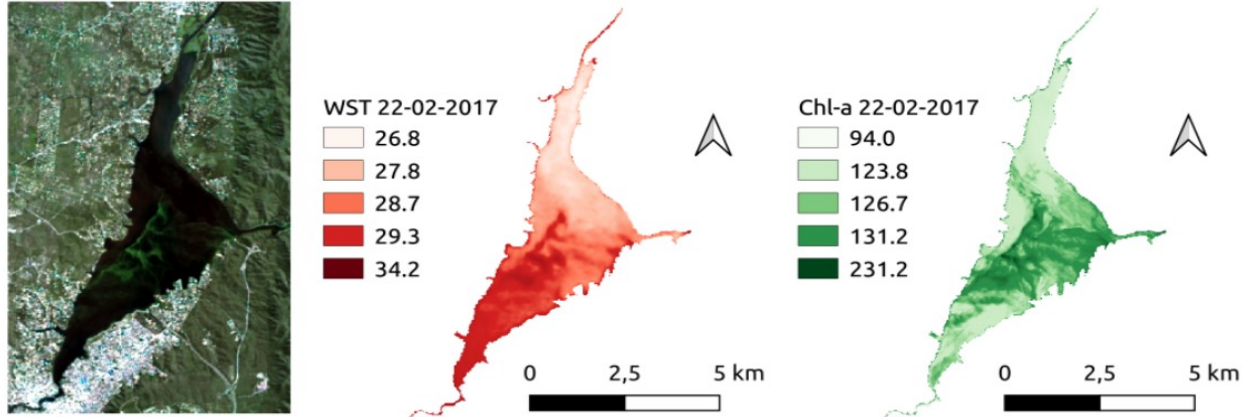
ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA EN UN EMBALSE Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA

Ferral A^{1,2}., German A^{1,2}., Beltramone^{1,2}, Bonansea M², Burgos Paci M², Saunders de Carvalho L.³, Shimoni M.⁴, Roque M.⁵, Scavuzzo M¹.

1- Instituto Gulich, UNC-CONAE, Argentina; 2-CONICET, Argentina; 3- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil; 4- Royal Militar Academy, Belgium; 5-Administración Provincial de Recursos Hídricos, Córdoba, Argentina

Análisis espacio-temporal

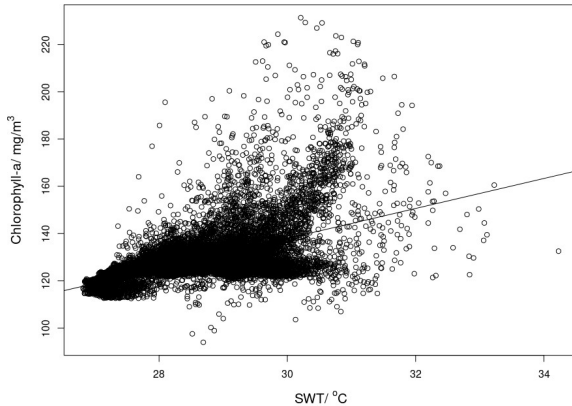
- Explosiones algales y patrones de temperatura



RGB Landast 8 OLI (left), Surface Water Temperature (middle) and Chlorophyll-a (right) images for a Bloom event occurred in San Roque reservoir on 22/02/2017.

A threshold of **150 mg/m³ in Chlorophyll-a** concentration was considered to define bloom (German et al, 2021).

Average values of **(30.2 ±0.5)°C** and **(27.1 ±0.1)°C** for **bloom and no bloom** regions respectively were found.
Significant different (p<0.001)



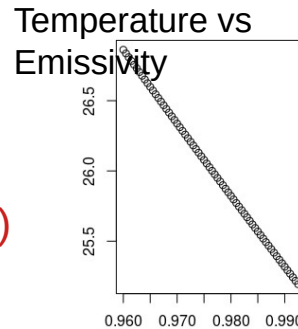
Linear regression for 22-02-2017 date (Chl-a vs SWT)
 $r^2=0.28$; $p<0.001$ in accordance with previous results obtained through MODIS data analysis for this reservoir (German et al, 2018)

Changes in modeled temperature **could be associated with changes in emissivity of water due to high amount of algae presence.**

For **ST retrieval**, a water emissivity value of **0.99** is used (Cook et al, 2014).

Emissivity measurements for different surfaces in the region of 8-12 μm found the following average values regarding water systems (Buettner and C. D. Kern, 1965):

- 0.993 (pure water)
- 0.972 (water plus thin film of petroleum oil)
- 0.966 (water plus thin film of corn oil)
- 0.961 (water plus a thin film of polyethylene)



No se debe al cambio de emisividad. Entonces:

- Batimetría
- Termoclinas
- mayor absorción de luz y disipación de calor por presencia de algas

Evaluación de Correcciones atmosféricas



ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC CORRECTION METHODS FOR SENTINEL-2 MSI IMAGES APPLIED TO CHLOROPHYLL-A RETRIEVAL IN AN EUTROPHIC RESERVOIR

*Alba German^{A,B}, Michal Shimoni^D, Lino A. Sander de Carvalho^C, Giuliana Beltramone^{A,B},
Matías Bonansea^B, C. Marcelo Scavuzzo^A, Anabella Ferrat^{A,B}*

A. Mario Gulich Institute, CONAE-UNC, Córdoba, Argentina.

B. National Council of Scientific Research and Technology (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

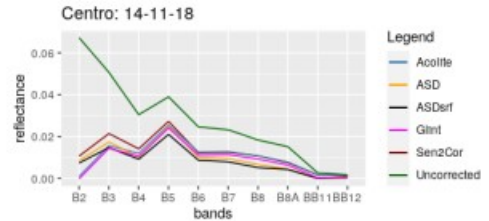
C. Meteorology Department, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brazil.

D. Signal and Image Center, Belgian Royal Military Academy (SIC-RMA), Brussels, Belgium.

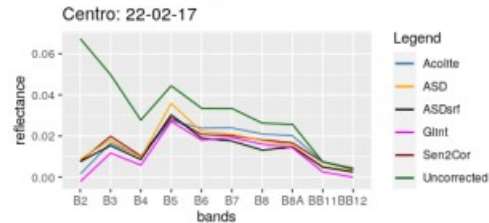
- Spectra in central ("Centro") site for both dates:

Importance of atmospheric correction observing green line (Product level 1):

In all cases, the reflectance is higher in each band, but particularly in the ones which are used for [Chl-a] retrieval.



(a) 14/11/2018



(b) 22/02/2017

Table 1: Numeric evaluation of atmospheric correction methods in central ("Centro") site. Level 1 is atmospherically uncorrected reflectance.

14/11/2018				
	RMSE	MAPE	XCORR	SAM
Sen2cor	0.0044	56.6342	0.9909	1.4232
Acolite	0.0039	55.0859	0.8933	1.4222
AcoliteGlint	0.0033	41.6457	0.8994	1.4151
Level 1	0.0254	281.8881	0.6367	1.4360
22/02/17				
	RMSE	MAPE	XCORR	SAM
Sen2cor	0.0027	25.4550	0.9732	1.4441
Acolite	0.0046	38.2097	0.8861	1.4421
AcoliteGlint	0.0039	38.0272	0.9350	1.4330
Level 1	0.0247	172.5000	0.4247	1.4569

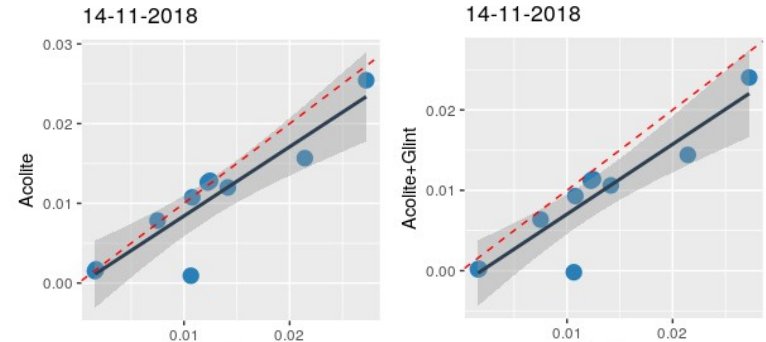
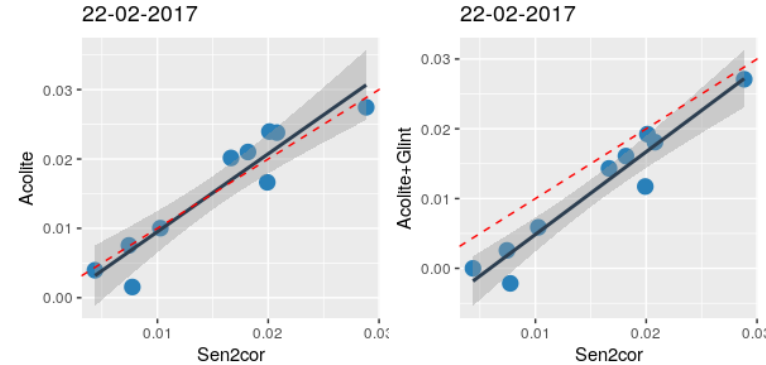
- Difference between spectra (RMSE and MAPE); similarities (XCORR and SAM).

RMSE and MAPE in 14/11/18 : Acolite + Glint is smaller than the rest, while in 22/02/17 Sen2cor showed the best result.

Instead, XCORR values are closer to 1 for Sen2cor in both dates.

SAM are very similar, but ACOLITE + Glint are smaller in both dates.

In both dates Acolite and Sen2cor are statistically similar, but not with Acolite + Glint.



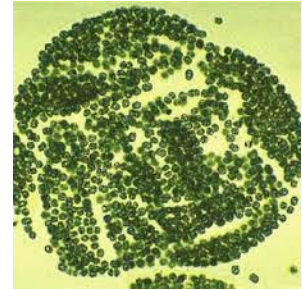
Pearson correlation analysis between [Chl-a] for 9 dates: Sen2cor (R=0.66), Acolite (R=0.65) with NIR/Red bands ratio. No significant correlation between Glint corrected bands.

Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio



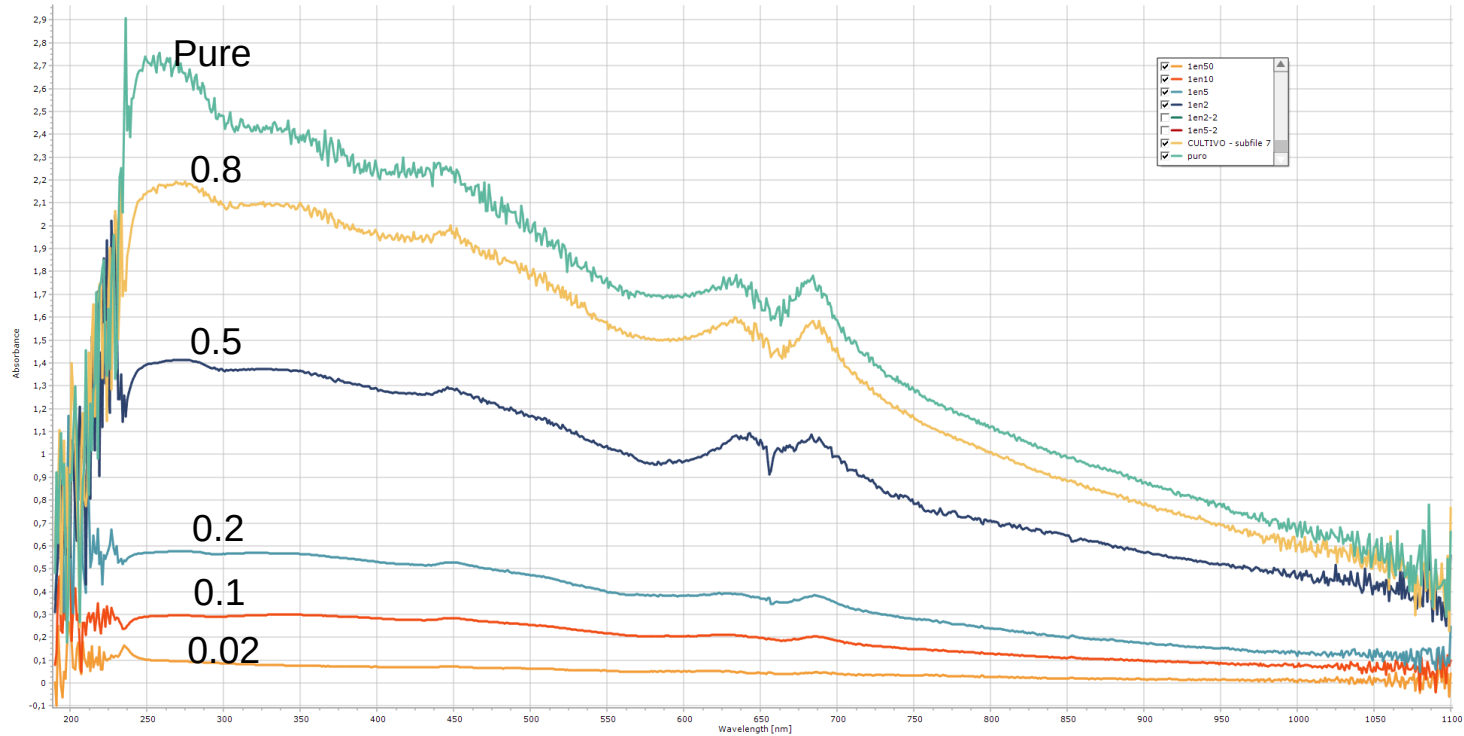
First experiment: Optical characterization of *Microcystis sp.* March 2022

- *Cyanobacteria: Microcystis sp*
- *Concentration of pure culture: 1×10^8 cell/L (CEPROCOR)*
- *Five dilutions: 0.02, 0.1, 0.2, 0.5, 0.8 (IG-CONAE)*
- *Reflectance: Black box set-up, halogen lamps, ASD Field Spectrometer 350-2500 nm, 1nm SR (IG-CONAE)*
- *Absorbance: Agilent UV-Vis Spectrophotometer 190-1100 nm (INFIQC)*
- *Fluorescence Spectrometer: Excitation 420, Emission 500-800 (INFIQC)*
- *Analysis and curation (IG, INFIQC, RMA)*



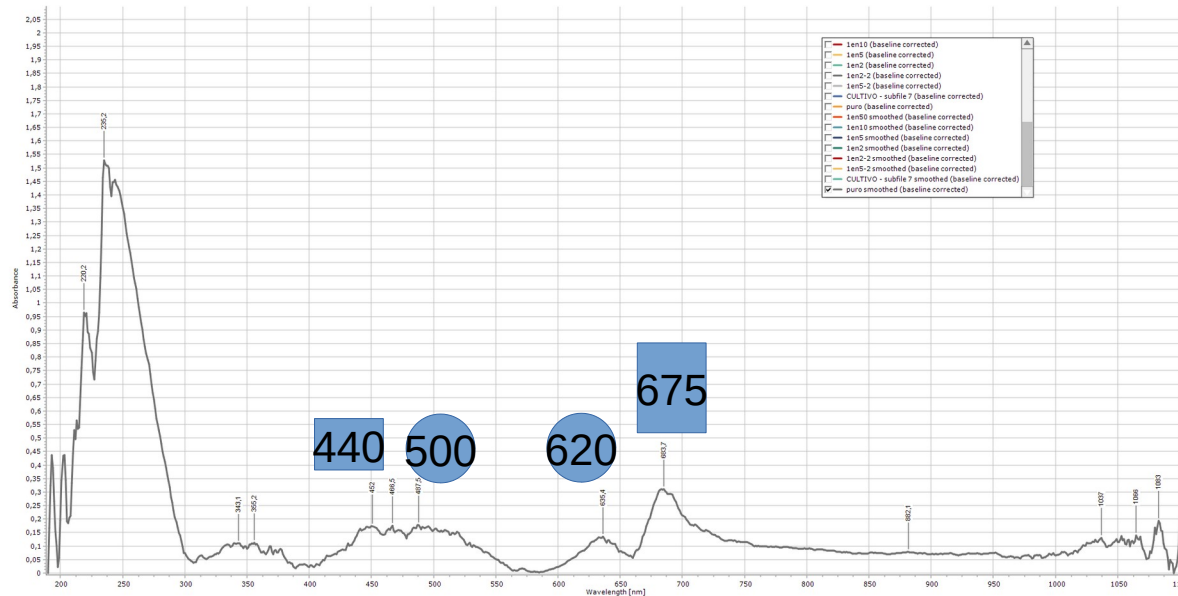
Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

UV-VIS Absorption Curves. Dilutions of *Microcystis* 1×10^8 cells



Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

UV-VIS Absorption Peaks. Dilution of *Microcystis* 1×10^8 cells



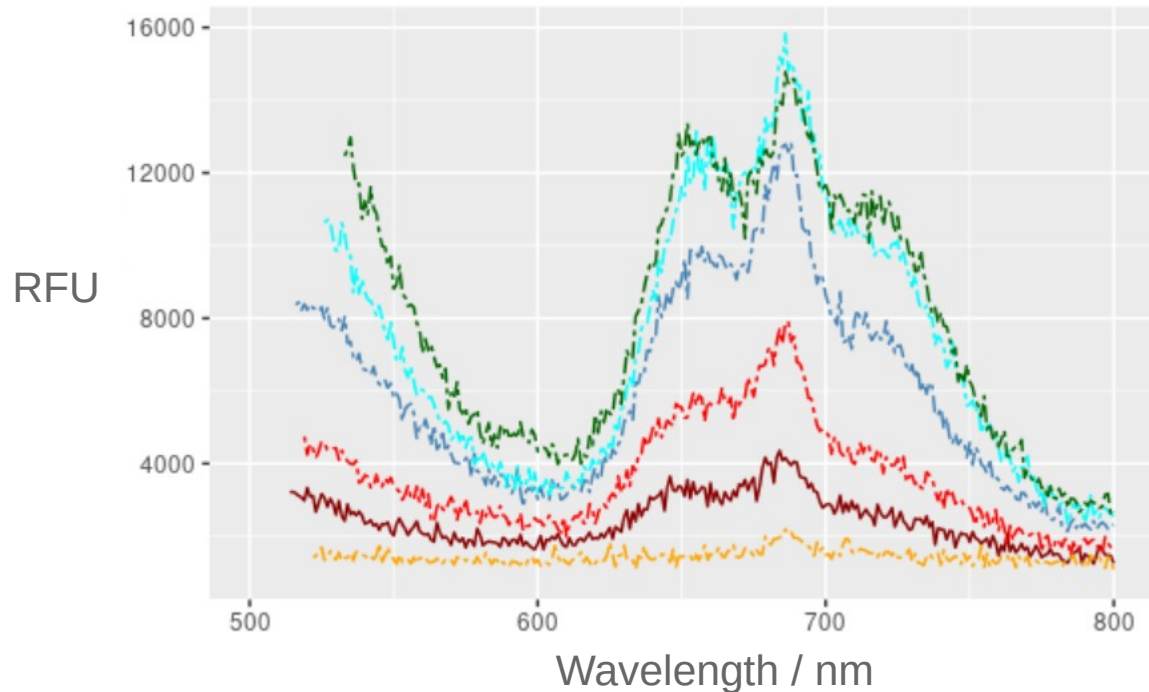
Clorofila-a

picocianina

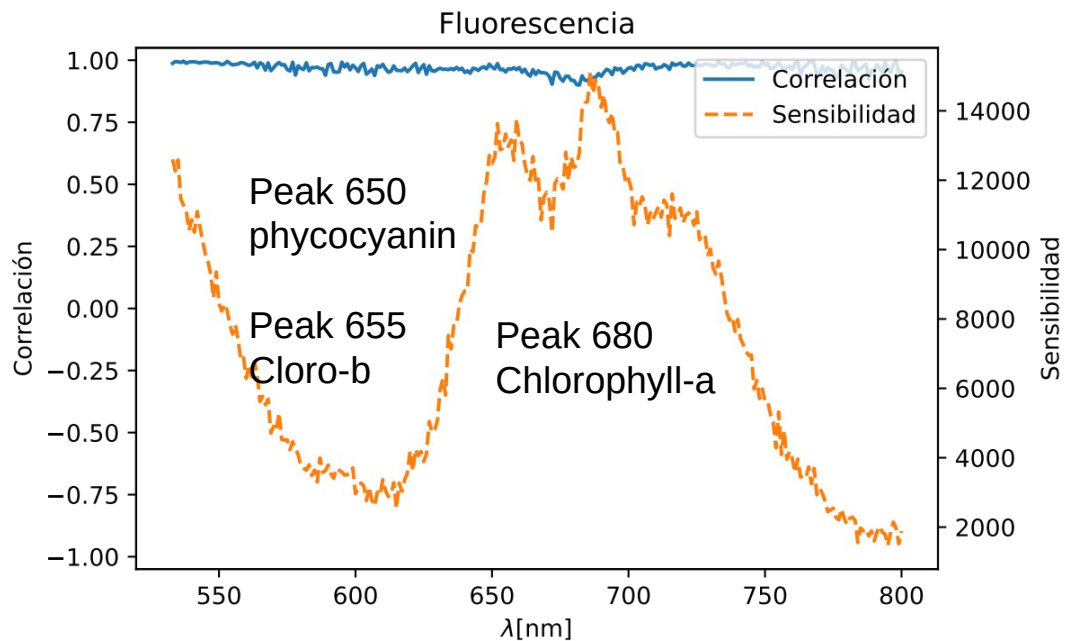
Paine, E. C., Slonecker, E. T., Simon, N. S., Rosen, B. H., Resmini, R. G., & Allen, D. W. (2018). Optical characterization of two cyanobacteria genera, *Aphanizomenon* and *Microcystis*, with hyperspectral microscopy. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(3).

Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

**Fluorescence curves 400-2500 nm. Excitation 420 nm.
Dilutions of *Microcystis* 1×10^8 cells**



Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio



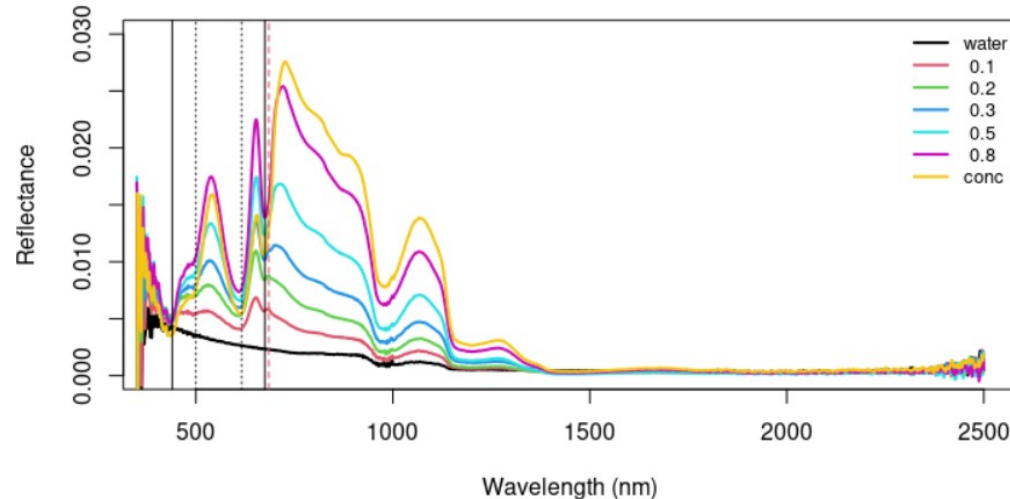
For chlorophyll-a it is informed a peak at 670. Also it is informed for species *C. Vulgaris* and *P. Velgolandica* 685.3 and 685.3 respectively. Excitation at 437 nm

Li, N., Liu, Z., Wang, P., Suman, K., Zhang, J., & Song, Y. (2022). Effects of sodium hypochlorite treatment on the chlorophyll fluorescence in photosystem II of microalgae. *Science of The Total Environment*, 833, 155192.

Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

Reflectance curves for different cells concentrations. 400-2500 nm

Microcystis



Black solid lines : 440, 675 (clorofila-a absorption)

Black striped line: 500, 615 (pycocyanin absorption)

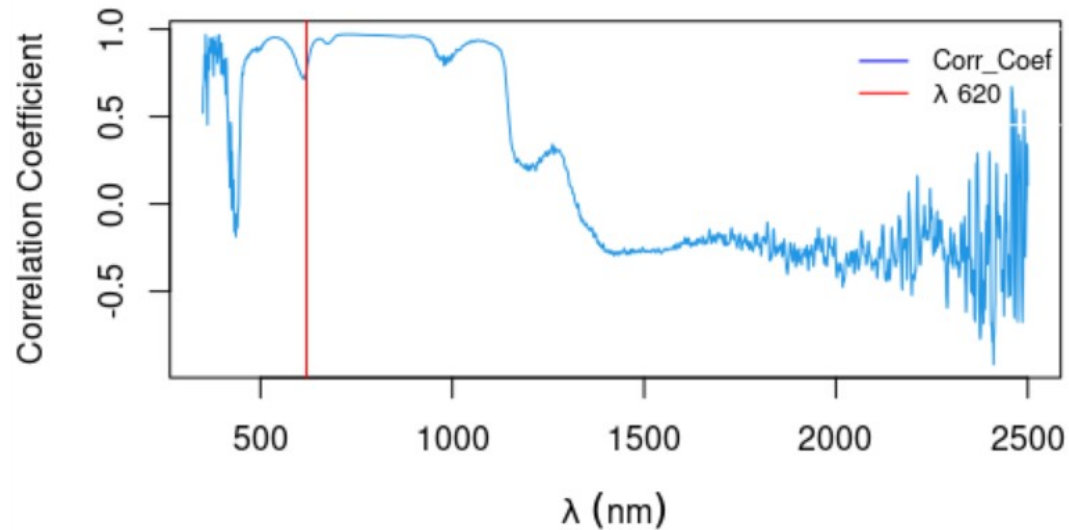
Red dot line: Clorofila-a fluorescence. Disapeer for high concentrations

Reflectances: 480, 533, 714 (709 reported), 820. Typical from cyanobacterias. Reflectance phycocianin peak does not appear at 640. 714 shift to the red with concentration 650 nm peak (next to absorption peaks: chlorpphyll-a (675 and phycocianin(620)).

Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

Reflectance-Concentration correlation vs Wavelength

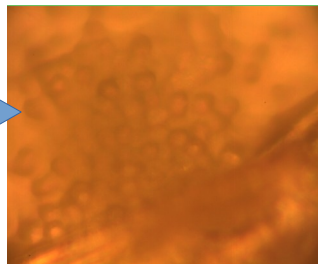
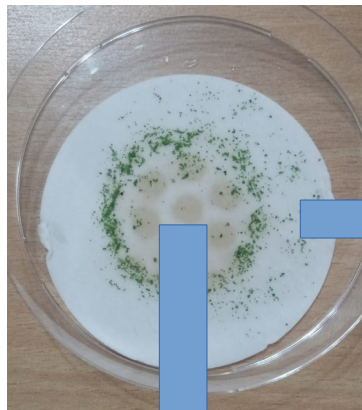
Pearson Correlation: [Microcystis] vs Wavelength



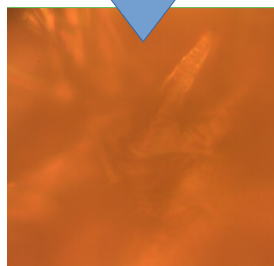
Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

MICRO-RAMAN over a filter of San Roque (SAT4) with MICROCYSTIS.

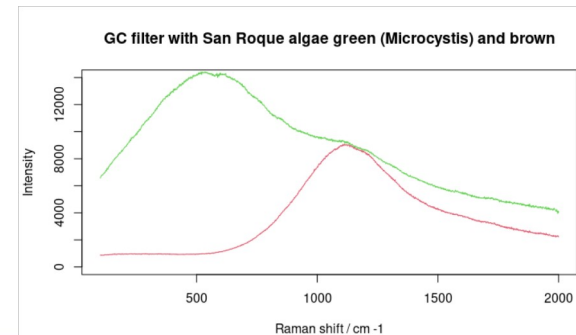
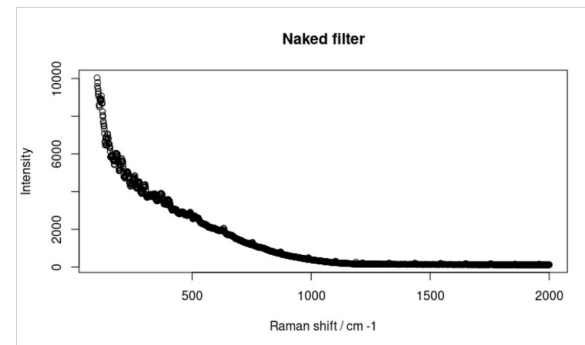
Excitation at 633 nm. Both alga presents fluorescence when are excited with RED light. We should use a NIR laser



Microcystis (Green RAMAN curve)



Ceratium (Red RAMAN curve)



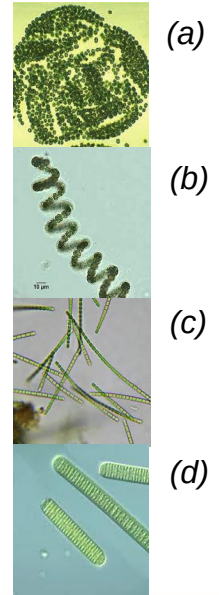
Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio



I N F I Q C

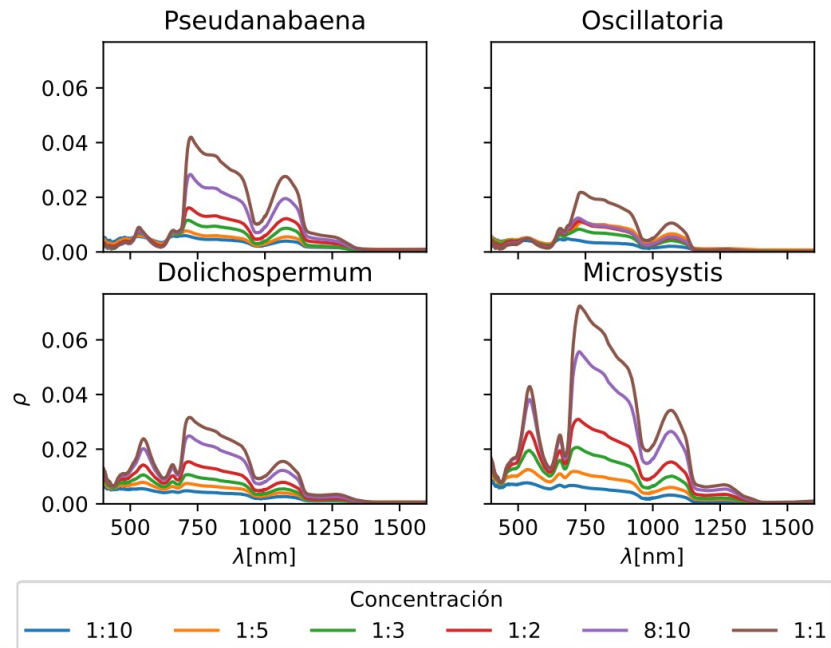
Second experiment. Compare reflectance spectra from different Cyanobacterias. April 2022

- *Microcystis* (a), *Dolichospermum* (b), *Pseudoanabaena* (c), *Oscillatoria* (d)
- Concentration of pure culture $> 1 \times 10^6$ cell/L (CEPROCOR)
- Five dilutions: 0.02, 0.1, 0.2, 0.5, 0.8 (IG-CONAE)
- Reflectance: Black box set-up, halogen lamps, ASD field spectrometer 350-2500 nm, 1nm SR (IG-CONAE)



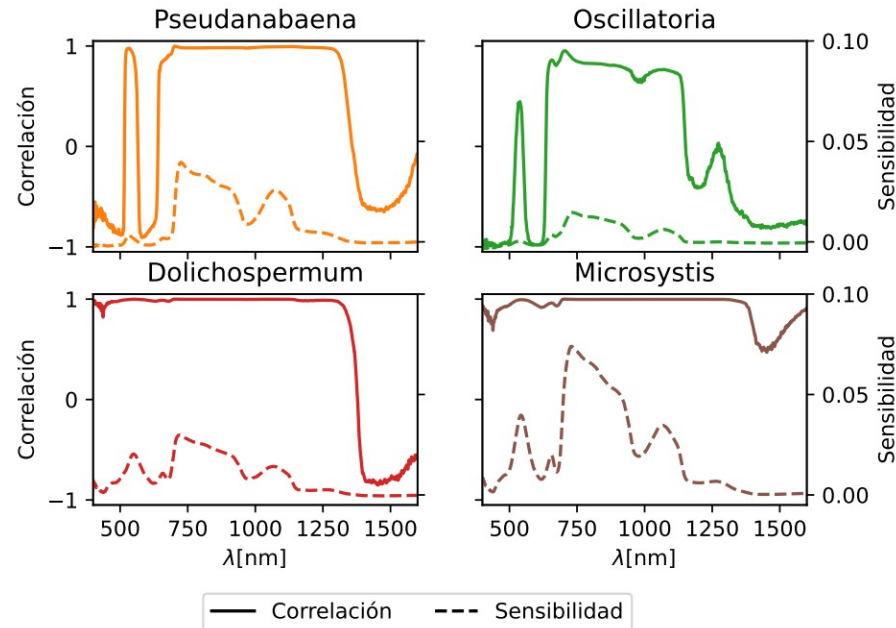
Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

Reflectance Curves for different concentration of four cyanobacteria species (350-2500nm)



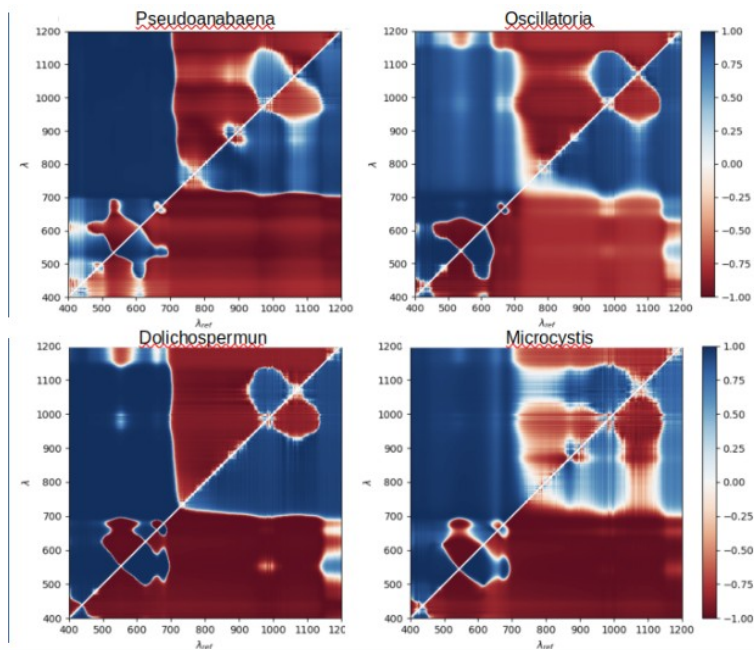
Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

Correlation Coefficient and Slope between Reflectance and Concentration as a function of wavelength. Four cyanobacteria species



Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

Correlation Coefficient for Reflectance ratios, λ/λ_{ref} , and Concentrations as a function of wavelength. Four cyanobacteria species



RED/NIR region. Positive
(Chlorophyll-a)

709/620 zone. Negative
(phycocyanin)

Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

Normalized Spectral Similarity, denoted by B or NS3, distance calculation to study reflectance spectral separability

The spectral amplitude difference (A) between two spectra, S1 and S2 , for a uniform spectral interval is given by

$$A = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [S_1(\lambda_i) - S_2(\lambda_i)]^2 \right]^{1/2}$$

In order to compare reflectance spectra from a common baseline, reflectance spectra of the unknown pixel and library reference spectra were normalized by the magnitude of the spectral vector as

$$\hat{A} = \frac{A - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}}$$

The metric spectral angle mapper (SAM), defines the shape difference between spectra and corresponds to the angle between two vectors. The spectra are normalized to remove amplitude dependence and are computed as a vector dot product of the spectra using. B iss them:

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{\int S_1(\lambda) S_2(\lambda) d\lambda}{\left[\int S_1(\lambda)^2 d\lambda \right]^{1/2} \left[\int S_2(\lambda)^2 d\lambda \right]^{1/2}} \right]$$

$$B = \sqrt{\hat{A}^2 + (1 - \cos \theta)^2}.$$

Nidamanuri, R. R., & Zbell, B. (2010). Normalized Spectral Similarity Score NS3 as an Efficient Spectral Library Searching Method for Hyperspectral Image Classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 4(1), 226-240.

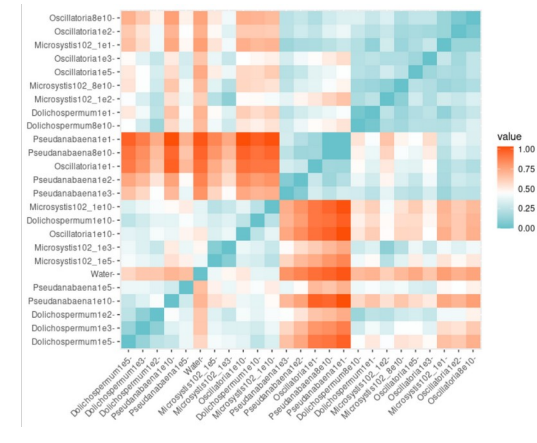
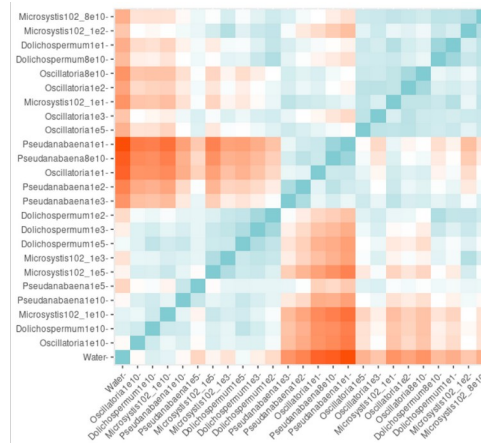
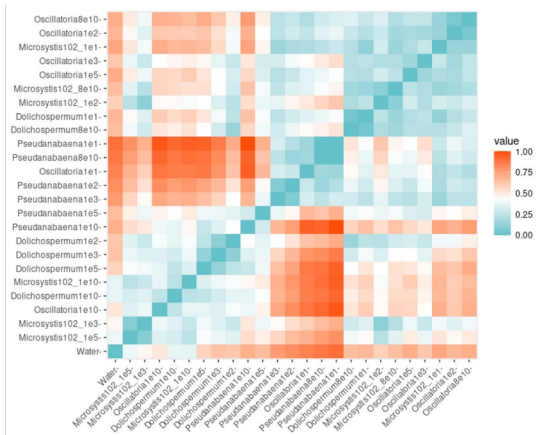
Análisis espectral: Cultivos algales en laboratorio

Normalized Spectral Similarity distance

AN= Normalized Amplitud diference

Alpha= spectral angle mapper

NS3: Normalized Spectra Similarity Score



Datos satelitales hyperespectrales: PRISMA

Acquire and download a LD2 PRISMA image



Mission Selection Form

Mission *
PRISMA

Systems *
New Acquisition

OPEN



<http://prisma.asi.it/missionselect/>

Datos satelitales hiperespectrales: PRISMA



- 400-1010 nm (VNIR) 66 bands
- 920-2505 nm (SWIR) 171 bands
- 400-700 (Panchromatic) 1 band
- Spectral resolution (FWHM) ≤ 12 nm
- Swath width
- 30 km (FOV = 2.77°)
- Spatial resolution VNIR & SWIR 30 m ;

Open in Rstudio: *prismaread* package



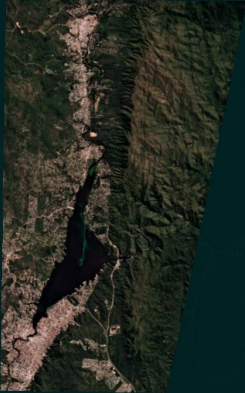
Datos satelitales hyperespectrales: PRISMA

Green zones in the north of the lake are confusing: algae or grass?

Click [here](#) or press esc to exit fullscreen mode

Mar 11, 2022 14:19:18 UTC
5477321_2024609_2022-03-11_2405

Source	PlanetScope Ortho Tile
Cloud Cover	0.00%
Grid cell	2024609
Ground sample distance	4m
Pixel Resolution	3,125m
Satellite ID	2405
Off-nadir angle	1.0°
Sun elevation	49.0°
Sun azimuth	54.0°
Ground control	true
Quality category	standard
Instrument	Super Dove (PSB.SD)



High spatial resolution PLANET image from 11-03-2022 was downloaded (RBG,NIR)

Datos satelitales hyperespectrales: PRISMA

PRISMA 30 m resolution. 11-03-2022

PLANET 3m resolución. 11-03-2022



Green zones are confusing: algae or grass?



From PLANET it the green zone seems algae bloom.

We must extract water body extension in order to perform PCA only over PRISMA water pixels

1- MNDWI (Green & SWIR_1.5um)

2- SWIR > 1.7um

This method perform better than MNDWI. Thereshold was set to 0.0042 for SWIR (2035 nm) band from PRISMA.

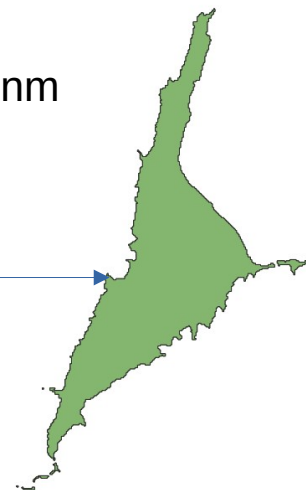
Band 112 SWIR, 2035 nm
Reservoir statistic



Band 112 SWIR, 2035 nm
Whole image statistic



Band 2035 nm
(SWIR 112)
> 0.0042

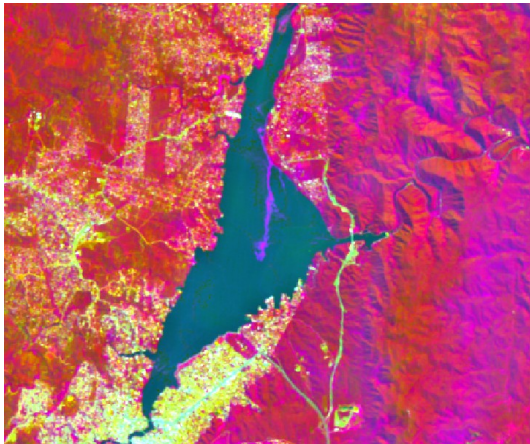


STATISTICS_MAXIMUM=**0.0041953134350479**
STATISTICS_MEAN=**6.2900848974669e-07**
STATISTICS_MINIMUM=**-0.0021571996621788**
STATISTICS_STDDEV=**0.00049493017163614**
STATISTICS_VALID_PERCENT=**2.348**

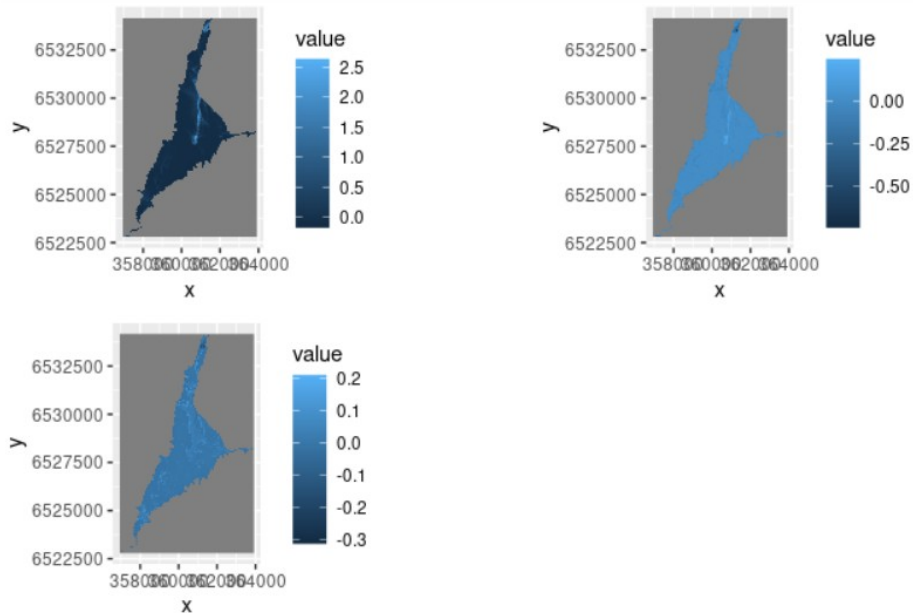
STATISTICS_MAXIMUM=**0.73235672712326,**
STATISTICS_MEAN=**0.067810104207723**
STATISTICS_MINIMUM=**0**
STATISTICS_STDDEV=**0.059615038081943**
STATISTICS_VALID_PERCENT=**100**

Datos satelitales hiperespectrales: PRISMA

PCA over the whole image.
Only one water patterns
appear



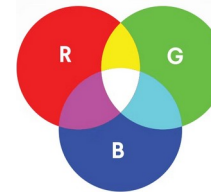
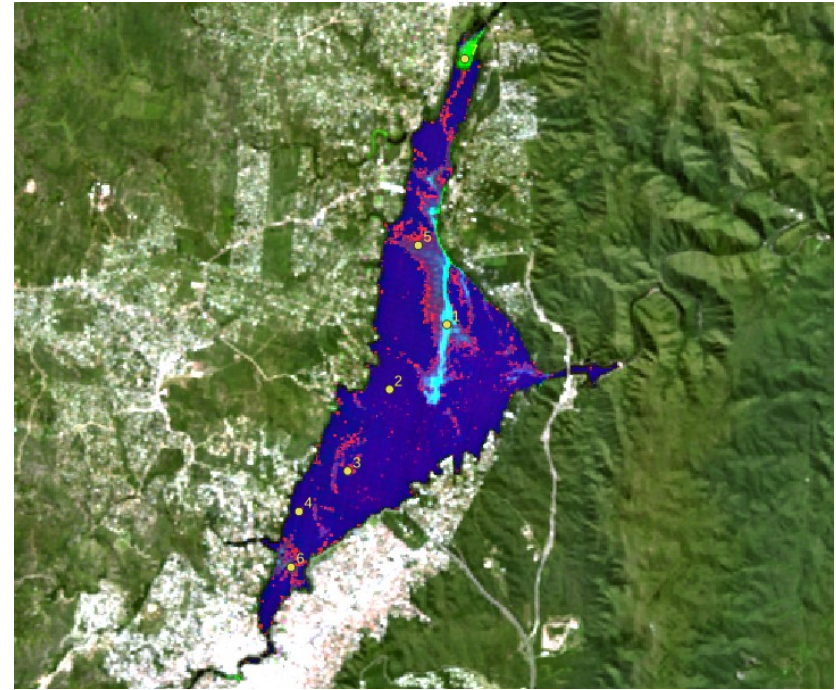
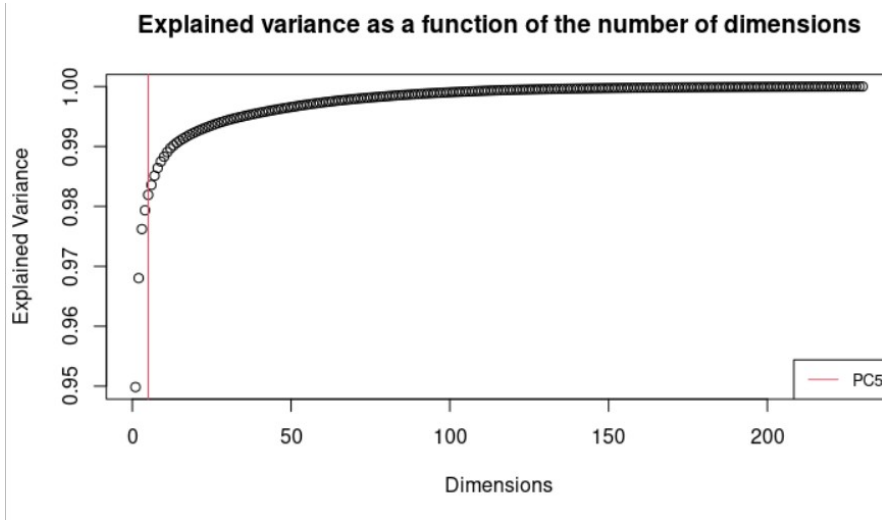
PCA over the lake. 3 First components



Datos satelitales hiperespectrales: PRISMA

PCA over the lake. 5 First components explain 98.2 % of the variance. Seven components explain 98.8

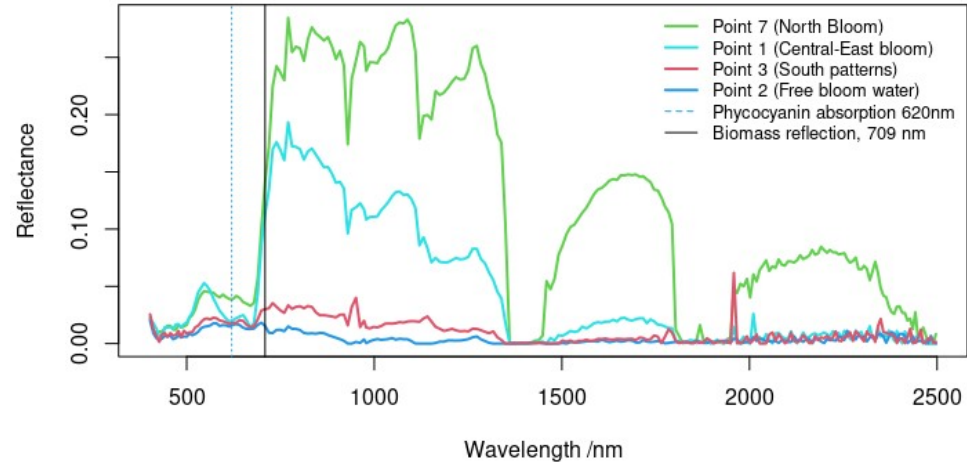
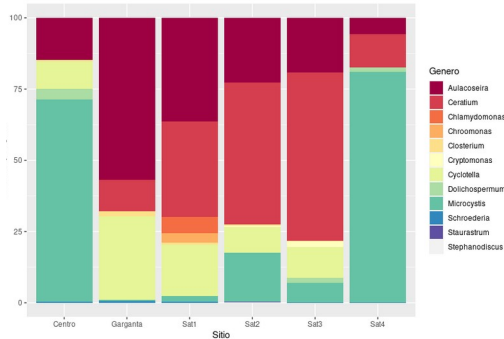
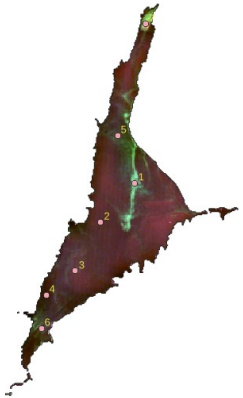
Explained variance as a function of the number of dimensions



PCA 2: Blue (Turbid water)
PCA1: Green (bloom)
PCA 3: Red (possible Other Species)
Colour cyan is mix between green and blue (water with algae)

Datos satelitales hiperespectrales: PRISMA

PRISMA Spectral Signature for selected points

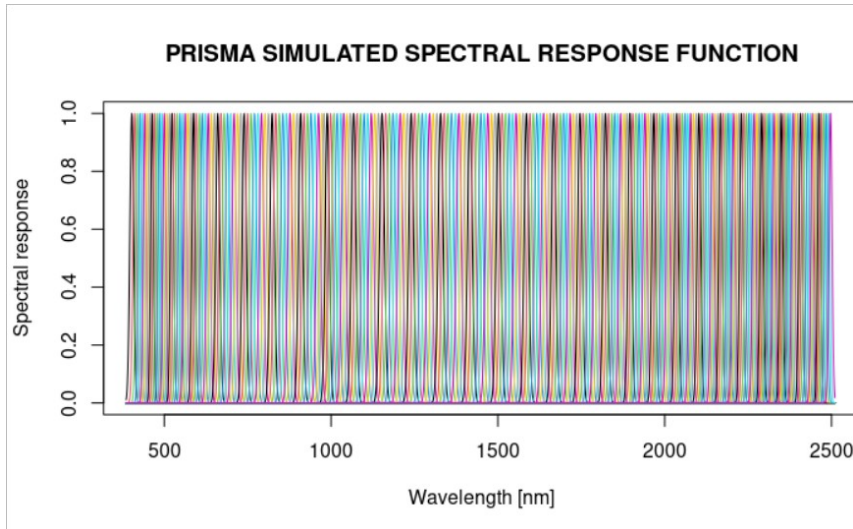


Point 3: Feature at 940 (red curve) seems the same as previous results for in situ Field Spectroscopy data in which *Ceratium* abundance were predominant. German et al, 2019

Alba, G., Anabella, F., Marcelo, S., Andrea, G. A., Ivana, T., Guillermo, I., ... & Michal, S. (2019, July). Spectral monitoring of algal blooms in an eutrophic lake using sentinel-2. In IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (pp. 306-309). IEEE.

Datos satelitales hiperespectrales: PRISMA

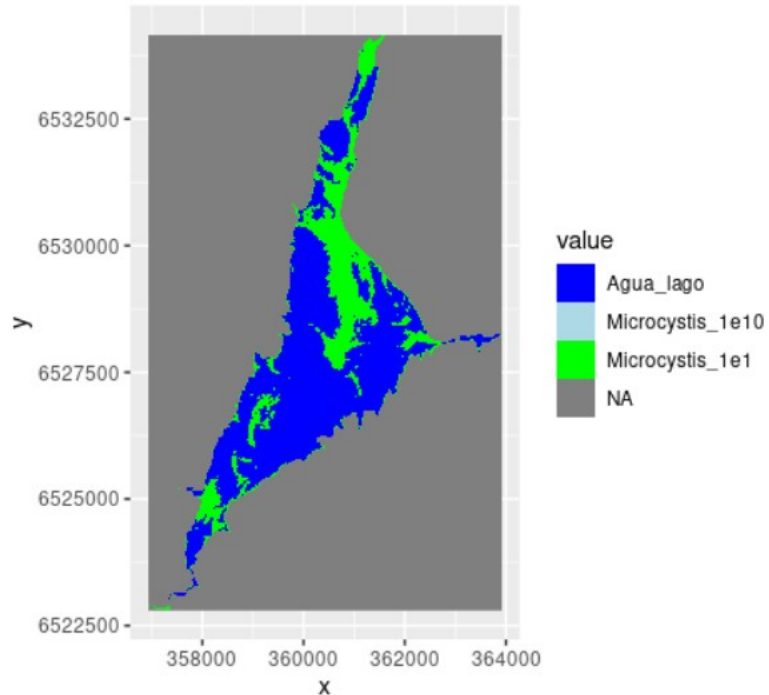
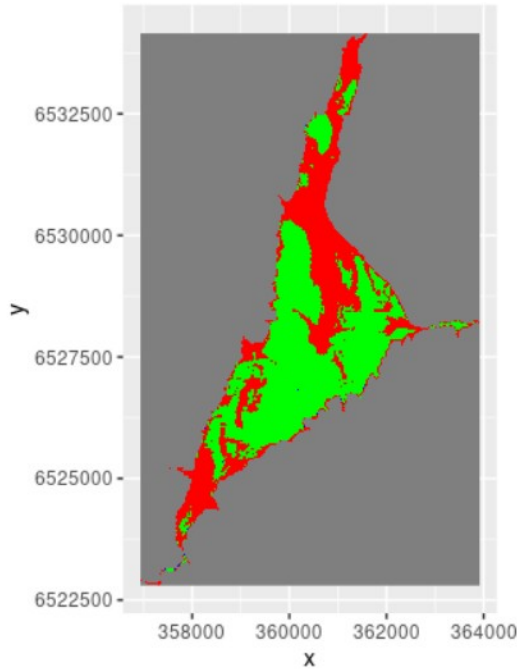
SAM against laboratory data. Resample ASD data (2100 bands) to 230 PRISMA bands (Figure left). Equation shown should be implemented to resample ASD Field radiometer data to PRISMA response in order to compare spectral signatures. I is reflectance modelled (left side of equation) or ASD reflectance (inside the integral) and SRF is the spectral response function of the sensor (Figure)



$$\hat{I}(\lambda_i) = \frac{\int_k I(\lambda) \cdot SRF(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_k SRF(\lambda) \cdot d\lambda}$$

Datos satelitales hiperespectrales: PRISMA

SAM against laboratory data. Resample ASD data (2100 bands) to 230 PRISMA bandas. Utilize culture Medium as water does not results (left map). A natural eutrophic water signature extracted from the PRISMA image (Point 2) was used in right



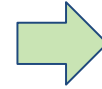
Evaluación espacio-temporal del impacto de carbono negro en cuerpos níveos de los Andes patagónicos a partir de información satelital y modelado numérico

Plan de doctorado **Lic. Beltramone Giuliana.**

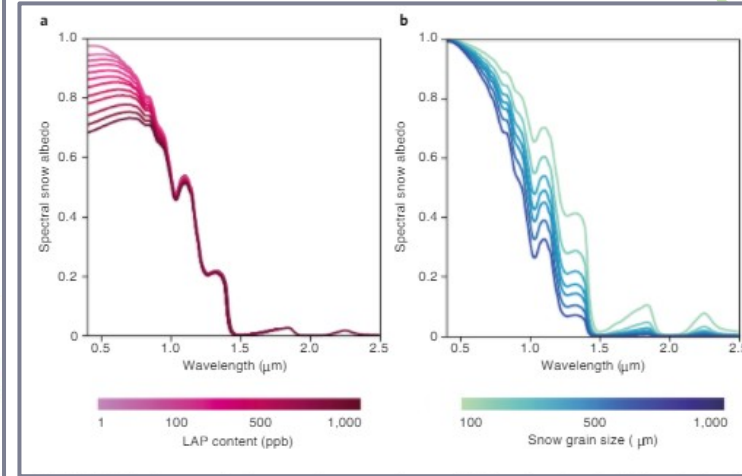
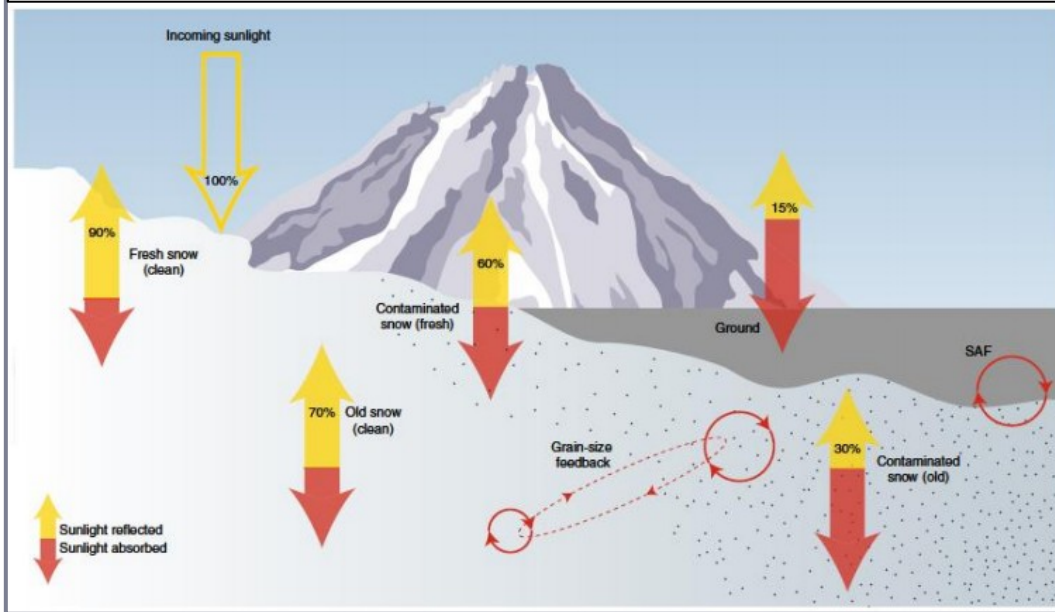
Director de beca CONICET: Dr. Marcelo Scavuzzo. Directora doctorado: Dra. Anabella Ferral.

Problema:

Partículas o impurezas (*Carbono Negro, Carbono Marrón, Cenizas Volcánicas, Polvo y Algas*) que al depositarse en la nieve, absorben radiación y aceleran el proceso de fusión

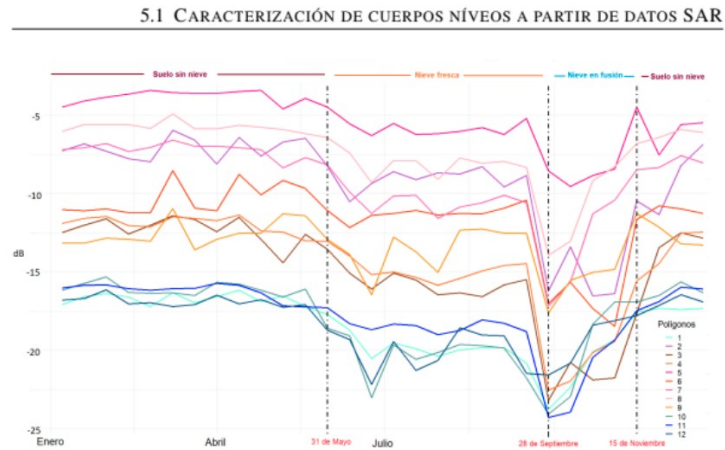


Las impurezas y el tamaño de grano de nieve, impactan de diferente manera en el albedo de la nieve



APLICACION: MONITOREO DE NIEVE EN ZONAS MONTAÑOSAS, ODS 15.1.2; 15.4.1

Series temporales de productos SAR para estimar fecha de inicio de fusión de nieve



Simulaciones de Albedo para luego utilizar sensores ópticos para detectar contaminantes en nieve

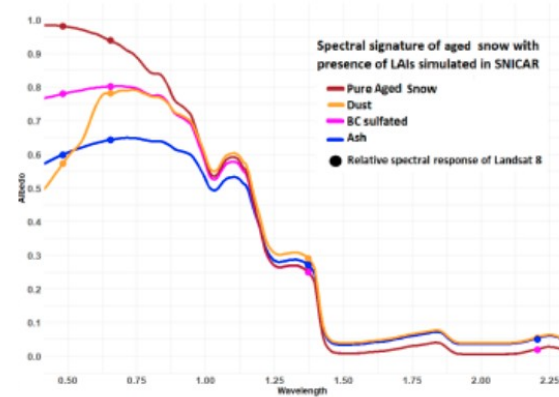
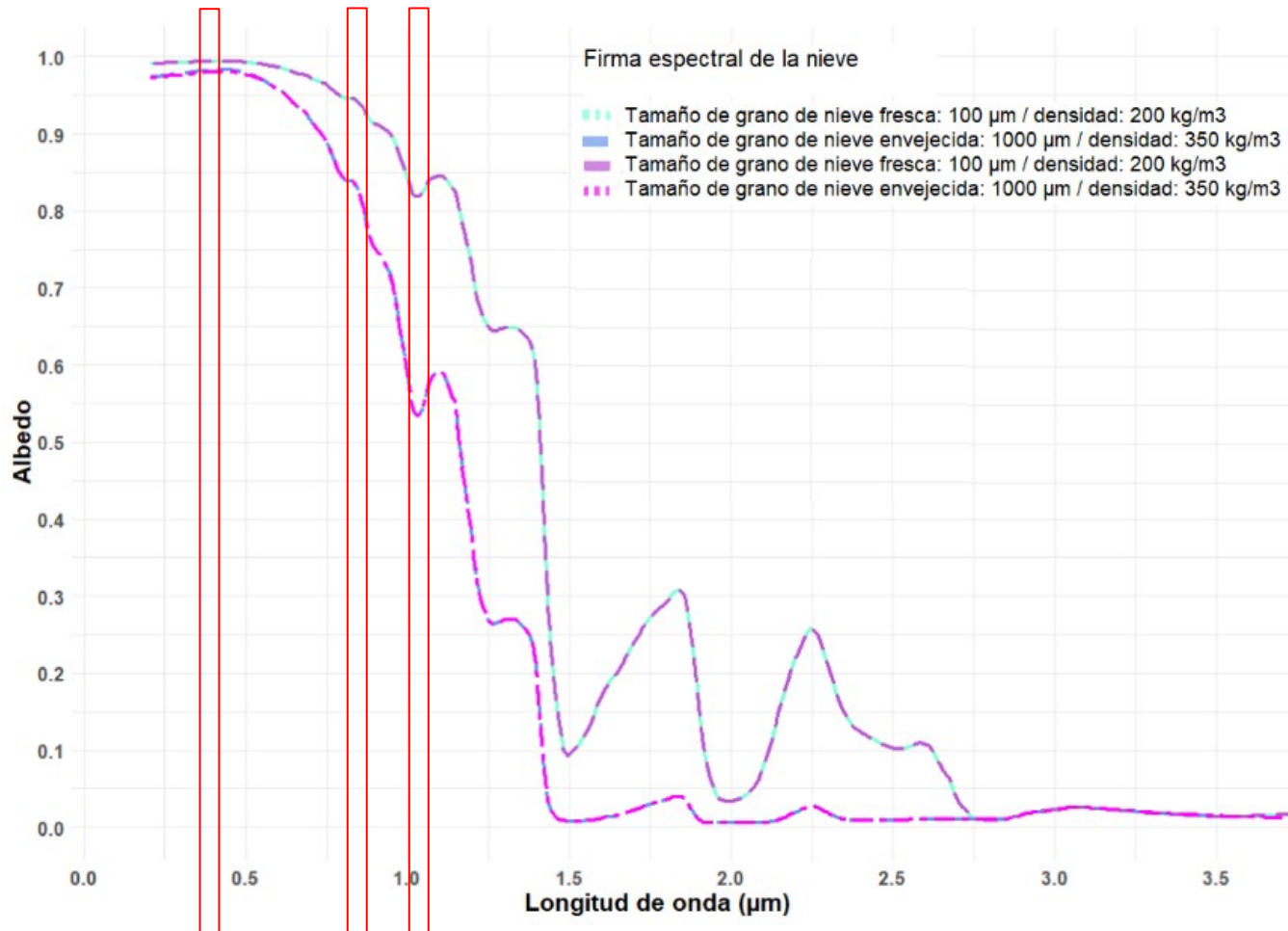


Figure 4. Aged snow with high concentration of impurities spectral signature simulated in SNICAR, overlapped with the relative spectral response of Landsat-8 bands (dots ●). The color of the dots are equal to the snow signature simulated in SNICAR. LAIs concentrations: Black Carbon (BC) sulfated: 500 ppb, ash and dust: 500 ppm

Beltramone, G., Scavuzzo, M., German, A., & Ferral, A. (2020, December). Wet snow detection in Patagonian Andes with Sentinel-1 SAR temporal series analysis in GEE. In 2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON) (pp. 1-8). IEEE.

Beltramone, G., Scavuzzo, M., German, M. Bonansea, A., & Ferral, A (2021) Surface reflectance simulations of fresh and aged snow with light absorbing impurities. In 2021 XIX Workshop on information processing and control (RPIC) (pp. 1-6). IEEE.



Pre-Operational Sentinel-3
snow and ice products
(SICE)

Albedo-Grain size-pollution

**Retrieval of snow and ice
properties from the Senti
nel-3 Ocean and Land Col
our Instrument**

Kokhanovsky, A., et al. *Remote Sensing*
(2019)

<https://www.mdpi.com/2072-4292/11/19/2280>

Sentinel-3	Sabia-Mar
B1 = 400 (nm)	B01 = 412 (nm)
B17 = 865 (nm)	B11 = 865 (nm)
B21 = 1020 (nm)	B12 = 1044 (nm)

+ **Cloud
Bands! :D**

PROYECTO PROSAT II Programa de Desarrollo de Tecnologías Satelitales

Préstamo BID N° 4840/0C-AR

DESARROLLO DE SISTEMA GEOESPACIAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE CUERPOS DE AGUA INTERIORES DESTINADOS A POTABILIZACIÓN

Director: Dr. Bertoni

Coordinador General: Dr. A. Rodriguez (LH-UNC)

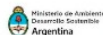
Coordinadora desde INA -CIRSA: Biol. M. Inés Rodriguez

Revisor CONAE: Ing. M. Uriburu Quirno

Investigadores colaboradores en el área de teledetección: Dr. Bonansea, Dra. Ferral, Mgter. Germán, F. Nemiña, Dr. Perez, Lic. Sanchez Valdivia, A. Atencio, A. Othaz, A. Rossen, K. Quaini, Dra. Drodzt, entre otros



IRRIGACIÓN

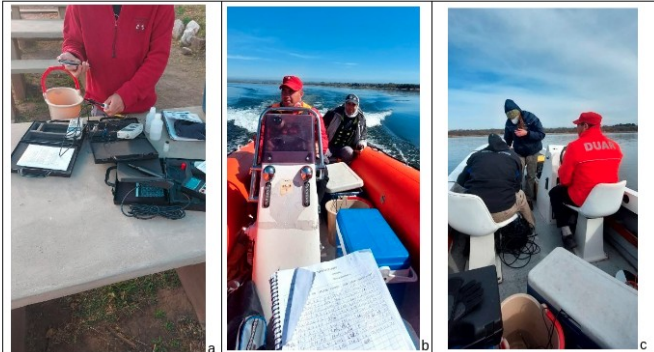


Córdoba, 04 de Julio de 2022

2022 - "Las Malvinas son argentinas"

CAMPAÑAS DE MONITOREO DE CAMPO CON RADIÓMETRO

Río Tercero, Cba, 2022



Ref. fotografías

a: 23-08-22 Calibración de equipos

b: 23-08-22 Traslado entre los distintos puntos de muestreo

c: 23-08-22 Medición de variables in-situ

Monitoreo con radiómetro en Salto Grande en Julio, alta turbidez

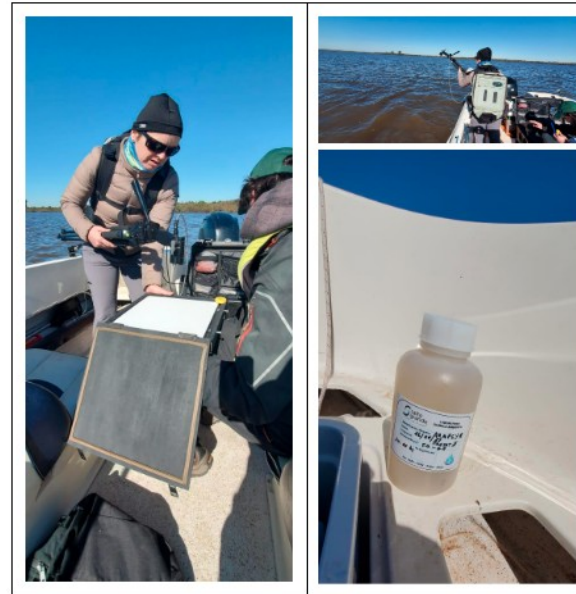


Figura 4. Fotografías tomadas durante el monitoreo de campo llevado a cabo en Salto Grande el 16 y 17-8-22. A la derecha se observa una medición de radiómetro de campo sobre la superficie de referencia "Spectralón". A la derecha se muestra una medición de radianza del agua y una muestra de agua de coloración marrón.

PERSPECTIVAS FUTURAS

- Continuar con la caracterización espectral de muestras de algas y aguas naturales en condiciones de laboratorio e in-situ
- Fortalecer el grupo en el manejo de técnicas de análisis hiperespectral
- Avanzar en el modelado de floraciones algales a partir de series de tiempo espacio-temporales
- Avanzar en el desarrollo de indicadores de presencia de cianobacterias y/o otras especies a partir de información satelital hiperespectral
- Colaborar con la caracterización espectral de aguas naturales y nieve en el marco de la Misión SABIA-Mar
- Avanzar en la comprensión del impacto de los cambios de uso del suelo en la contaminación de cuencas hídricas y níveas.

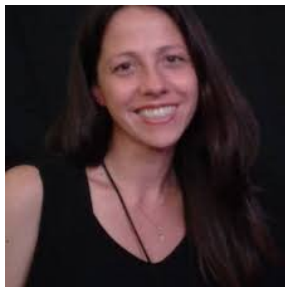
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN ASOCIADOS

- **Modelado y monitoreo satelital de indicadores de calidad ambiental del recurso hídrico en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible 2030 y de la misión SABIA-Mar. PIBBA-CONICET, Convocatoria-2021. Directora: Anabella Ferral. Colaboradores: Dr. Scavuzzo, Mgter. Germán, Dr. Bonansea, Mgter. Beltramone, Mgter. Gauto, Geo. Pana, Dr. Perez, Dr. Burgos Pacci. Periodo 2023-2025**
- **Desarrollo de sistema geoespaclal para el monitoreo de la calidad de cuerpos de agua interiores destinados a potabilización. PROSAT II Programa de Desarrollo de Tecnologías Satelitales Préstamo BID N° 4840/0C-AR. Período 2022-2023. Director: Dr. Bertoni (Instituto Nacional del Agua). Participa como investigadora.**
- **Desarrollo de una herramienta operativa para el monitoreo de la calidad del agua en embalses de la provincia de Córdoba destinados a consumo humano con énfasis en la detección y alerta de floraciones algales, cianobacterias nocivas y cenizas generadas por incendios. Convocatoria “Ciencia y Tecnología contra el hambre”. Director: Matías Bonansea. Periodo 2021-2022**
- Generación de herramientas tecnológicas para el monitoreo de la calidad del agua, estado trófico y dinámica de sus cuencas en embalses de la provincia de Córdoba. FONCyT-PICT -I-D-2018. PICT-2018-01447. Director D. Bonansea. Participación como investigador del grupo responsable: Anabella Ferral. Periodo 2020-2022
- Tecnologías satelitales italo-argentinas para el mapeo de indicadores de los objetivos de desarrollo sostenible 2030 de las Naciones Unidas. VIII programa de cooperación científica entre Argentina e Italia (MAECI-CONICET). Subsidio otorgado a proyectos de gran relevancia. Director en Argentina: Dr. M. Scavuzzo, Director en Italia: Dr. Paolo Gamba. Período: 2021-2023. EU 36000. Financia Italia y para los investigadores argentinos no hay dinero sino capacitación.
- Efectos de la deforestación y degradación del bosque sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: aplicaciones de sensores remotos ópticos y de radar de apertura sintética (SAR) a su monitoreo e investigación. PIP CONICET KB2 11220200101287CO. Directora Laura Bellis. Participa como investigadora: Dra. Ferral. Período 2022-2024
- Alert System for Algal Bloom. Dirigido por Felipe Lobo (Federal University of Pelotas, Brazil (UFPeI)-Brazil). Financiado por GEOS y Google Earth engine (<https://www.earthobservations.org/article.php?id=447>). La financiación no es en dinero sino en capacitación y licencias. 2020-2021.

Water resources quality indicators monitoring by remote sensing at Gulich Institute



Dr. Scavuzzo
Physics
IG Head
(Group
Supervisor &
Professor)



Dra. Ferral
Chemist
Environmental
quality indicators



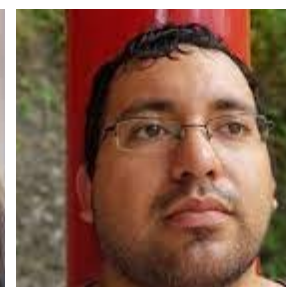
Mgter. Germán
**Environmental
Managment**
Algal bloom models



Mgter. Beltramone
**Environmental
Managment**
Snow Pollution



Lic. Sofia Pana
Geographer
Water quality &
Ecosystem
services



Mgter. Victor
Gauto
**Chemical
Engineer**
Hyperspectral
analysis & turbid
waters



Francisco Nemiña
Physics
Hyperspectral
laboratory
measurements



gracias!
aferral@conae.gov.ar

<https://ig.conae.unc.edu.ar/>



Dr. Bonansea
Biologist (colaborator)
Reasercher
UNRC-CONICET