

“INICIATIVA DEL RÍO NEGRO PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO NEGRO”

# Modelación hidro-sedimentológica y de calidad de agua del embalse de Rincón del Bonete

Ing. Pablo Santoro

IMFIA, Facultad de Ingeniería

---

COMISIÓN DE CUENCA DEL RÍO NEGRO

26 DE OCTUBRE 2022



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

## Motivación y objetivos

# Embalse de Rincón del Bonete

- Embalse más grande del país
- Tiempo de residencia global: ~150 días
- Es el primero de los embalses del Río Negro
- Condiciona a los dos embalses río abajo
- Condición eutrófica

Generar herramientas de apoyo a la gestión

Soporte para toma decisiones

Pronosticar la respuesta del sistema

Espejo de agua: 1070 Km<sup>2</sup>  
Volumen: 8,8 Km<sup>3</sup>  
Profundidad máxima: 32m

## Motivación y objetivos

# Embalse de Rincón del Bonete

- Embalse más grande del país
- Tiempo de residencia global: ~150 días
- Es el primero de los embalses del Río Negro
- Condiciona a los dos embalses río abajo
- Condición eutrófica



Espejo de agua: 1070 Km<sup>2</sup>  
Volumen: 8,8 Km<sup>3</sup>  
Profundidad máxima: 32m

Es necesario comprender:

### Funcionamiento del embalse

Hidrodinámica

Dinámica térmica y  
transporte de sustancias

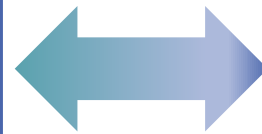
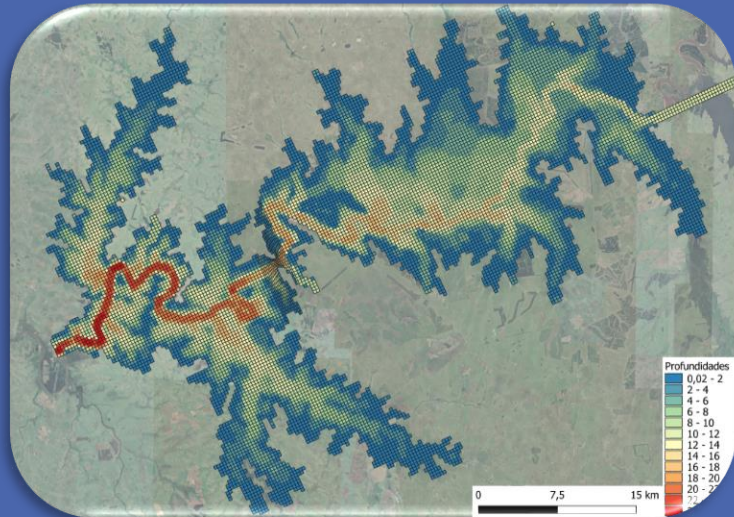
Calidad de agua



# Metodología

Sistematización de información existente y generada en otros proyectos de la IRN

## Modelación numérica



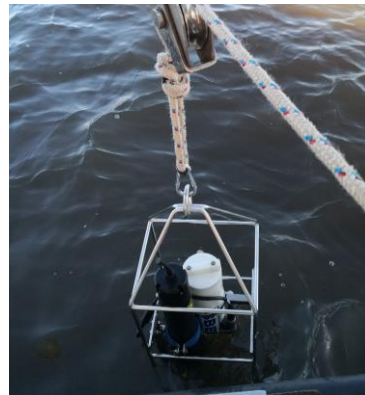
## Medición in-situ



# Medición in-situ

Medición continua de perfil de corrientes y temperatura del agua.

Diseño de campañas orientado a proveer información crítica para el modelo numérico.





# Medición in-situ

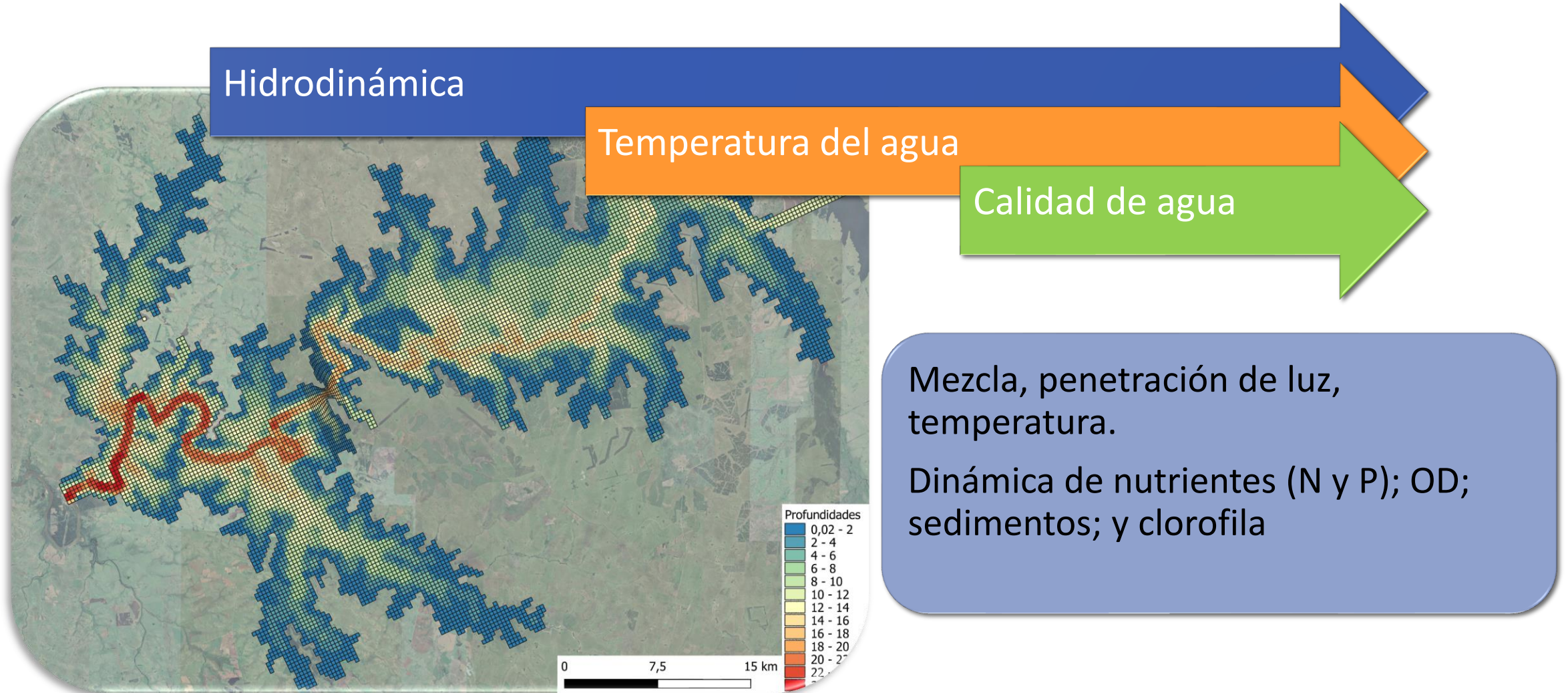
Seis campañas de medición (c/u de una semana)

Medición continua de temperatura en varios puntos entre campañas





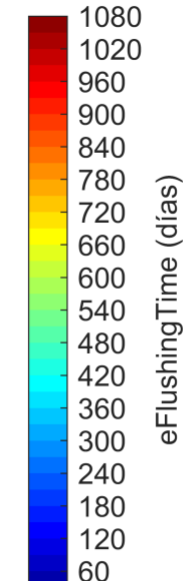
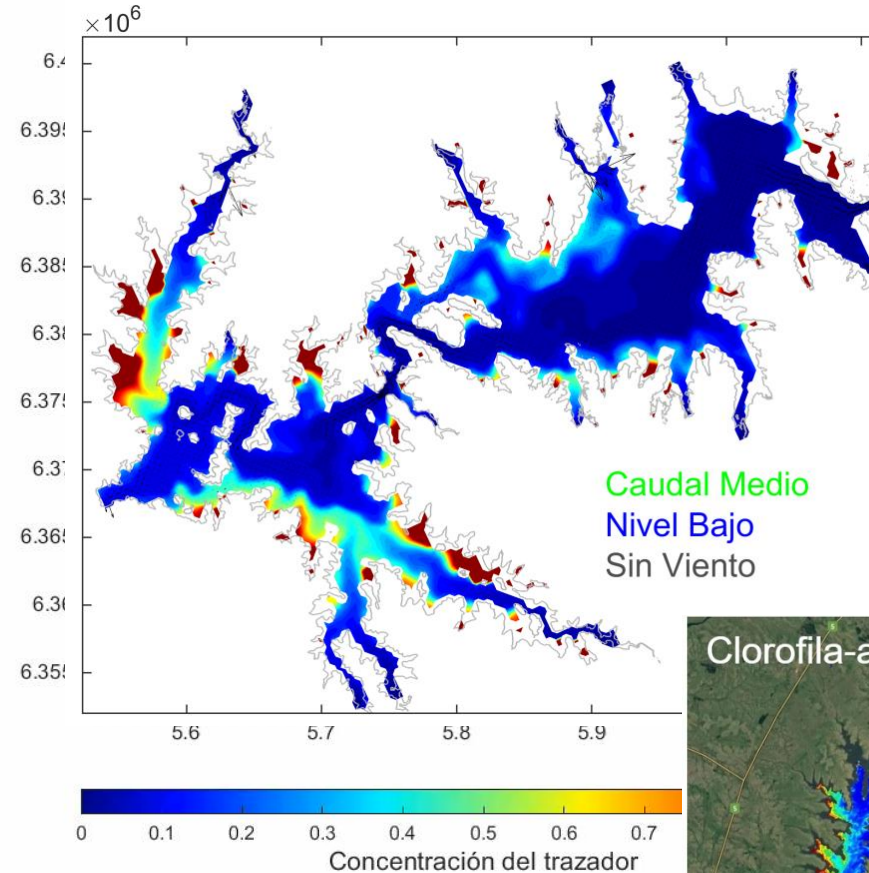
# Modelación numérica



# Resultados hidrodinámicos 2D

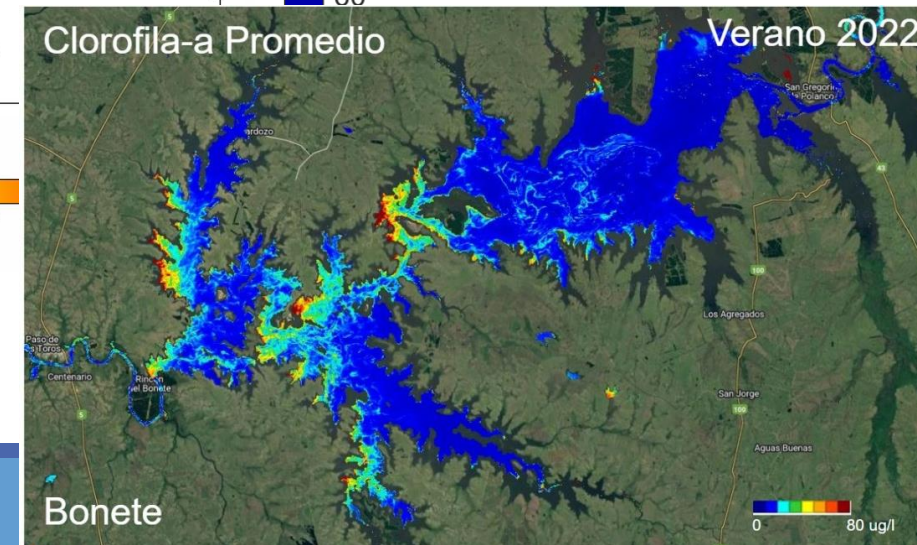
Primera implementación 2D  
(promedio en vertical)

- Reproducción adecuada de niveles y corrientes medidos
- Análisis de circulación
- Estimación de tiempos de residencia con trazador pasivo



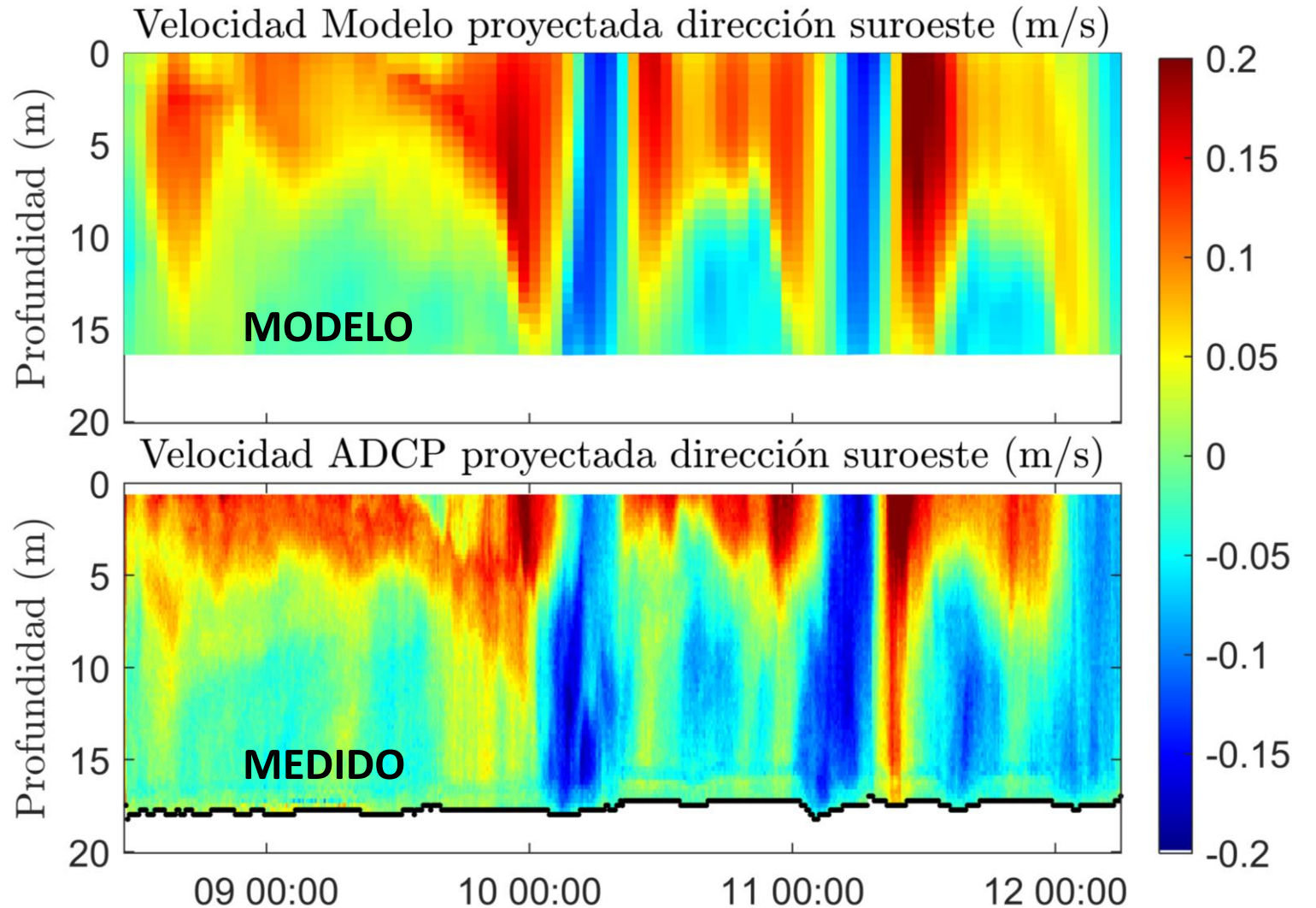
Ejemplo de estimación de tiempo de residencia

Mapa de Cl-a teledetectada (Guigou, 2022)



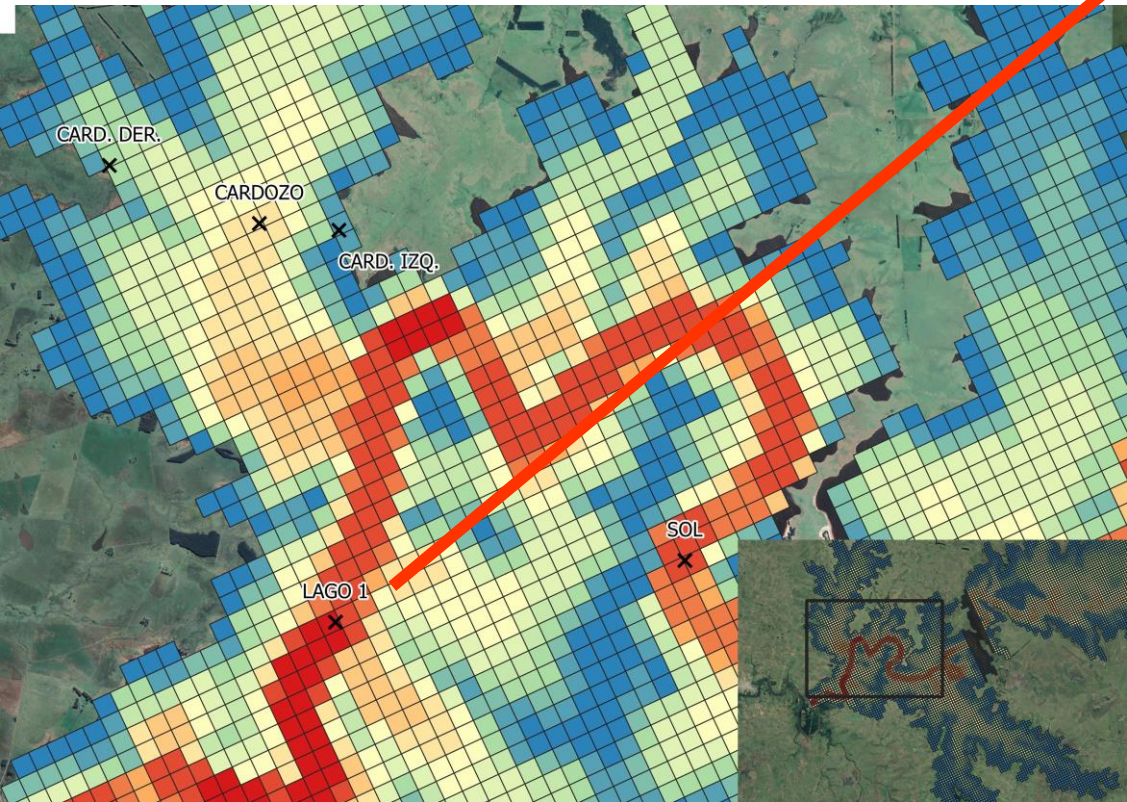


# Resultados hidrodinámicos 3D

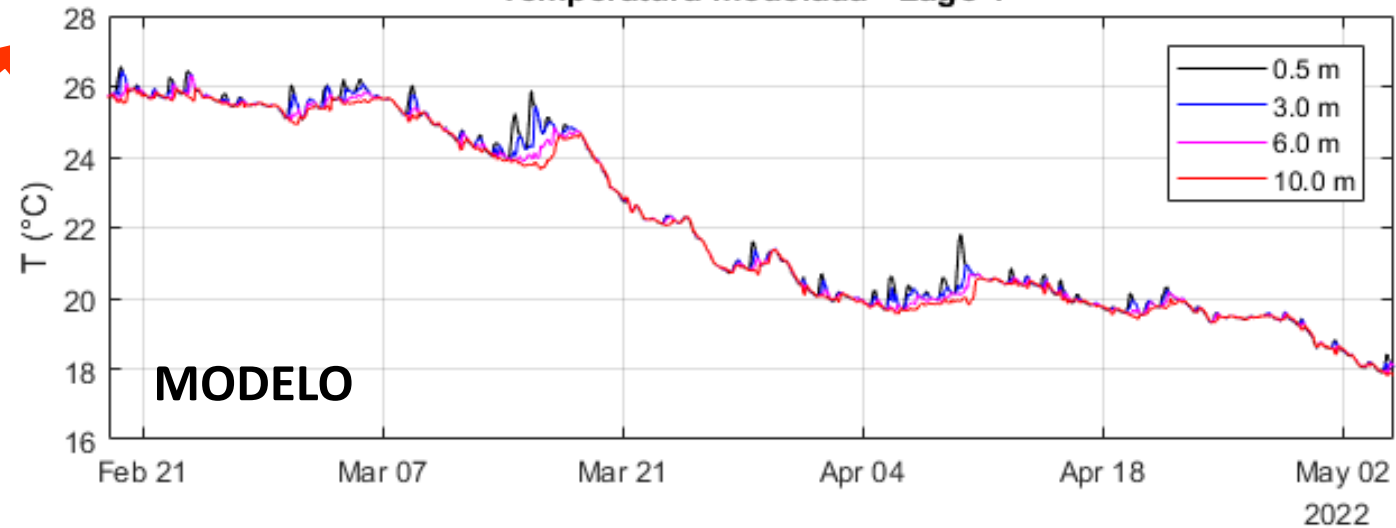




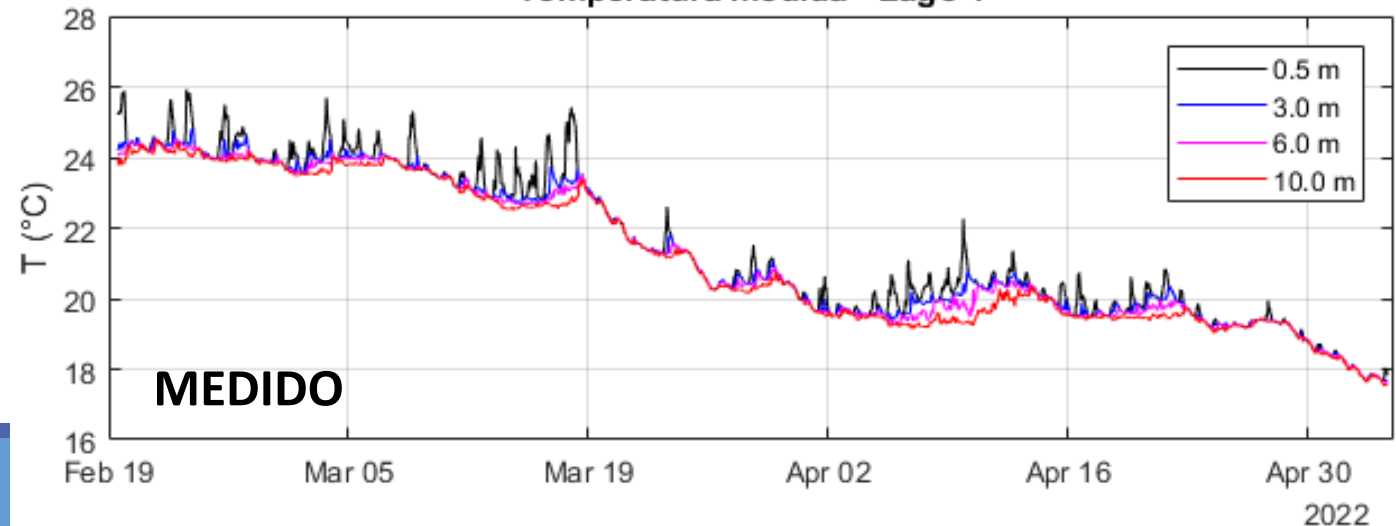
# Resultados temperatura del agua



Temperatura modelada - Lago 1

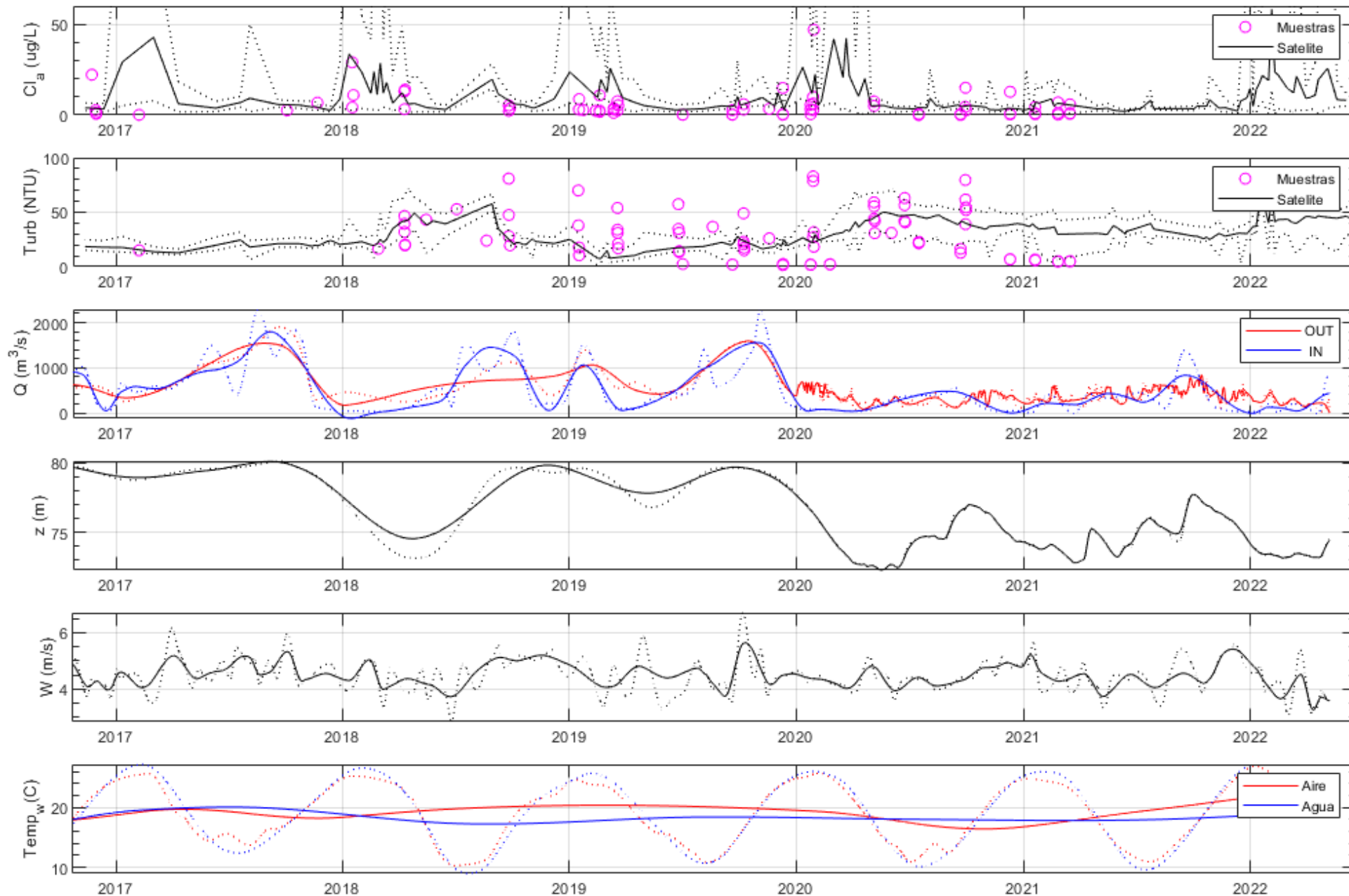


Temperatura medida - Lago 1





# Análisis de información de teledetección



Ejemplo series filtradas.

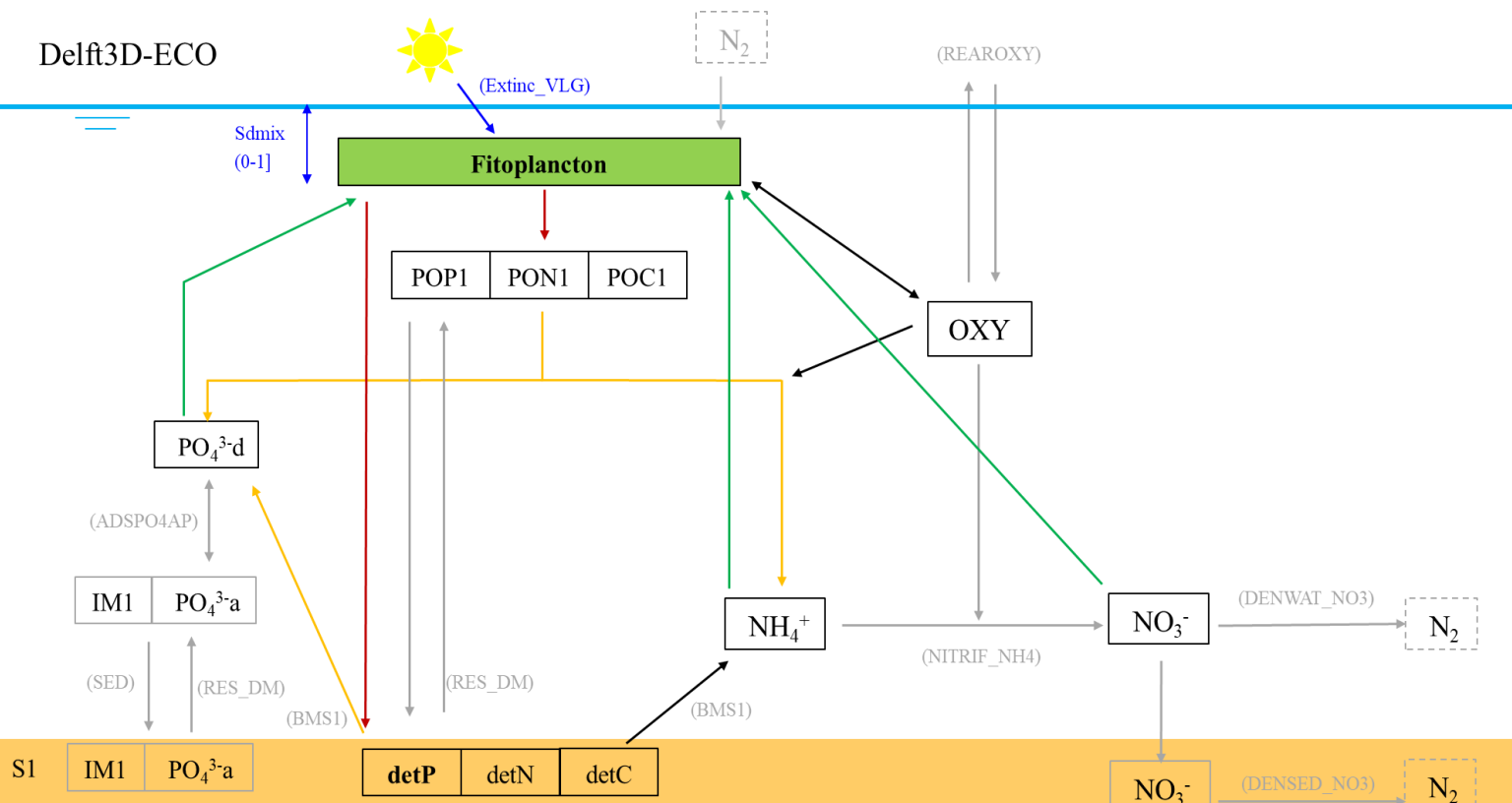
# Modelo de calidad de agua

## Delft3D-ECO

Modela distintas sustancias (nutrientes, fitoplancton, oxígeno disuelto, etc.)

Transporte (advección-difusión)

Calidad de agua (transformación de sustancias)



### Modelo hidrodinámico

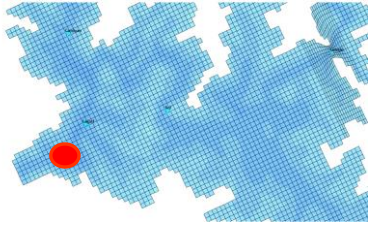
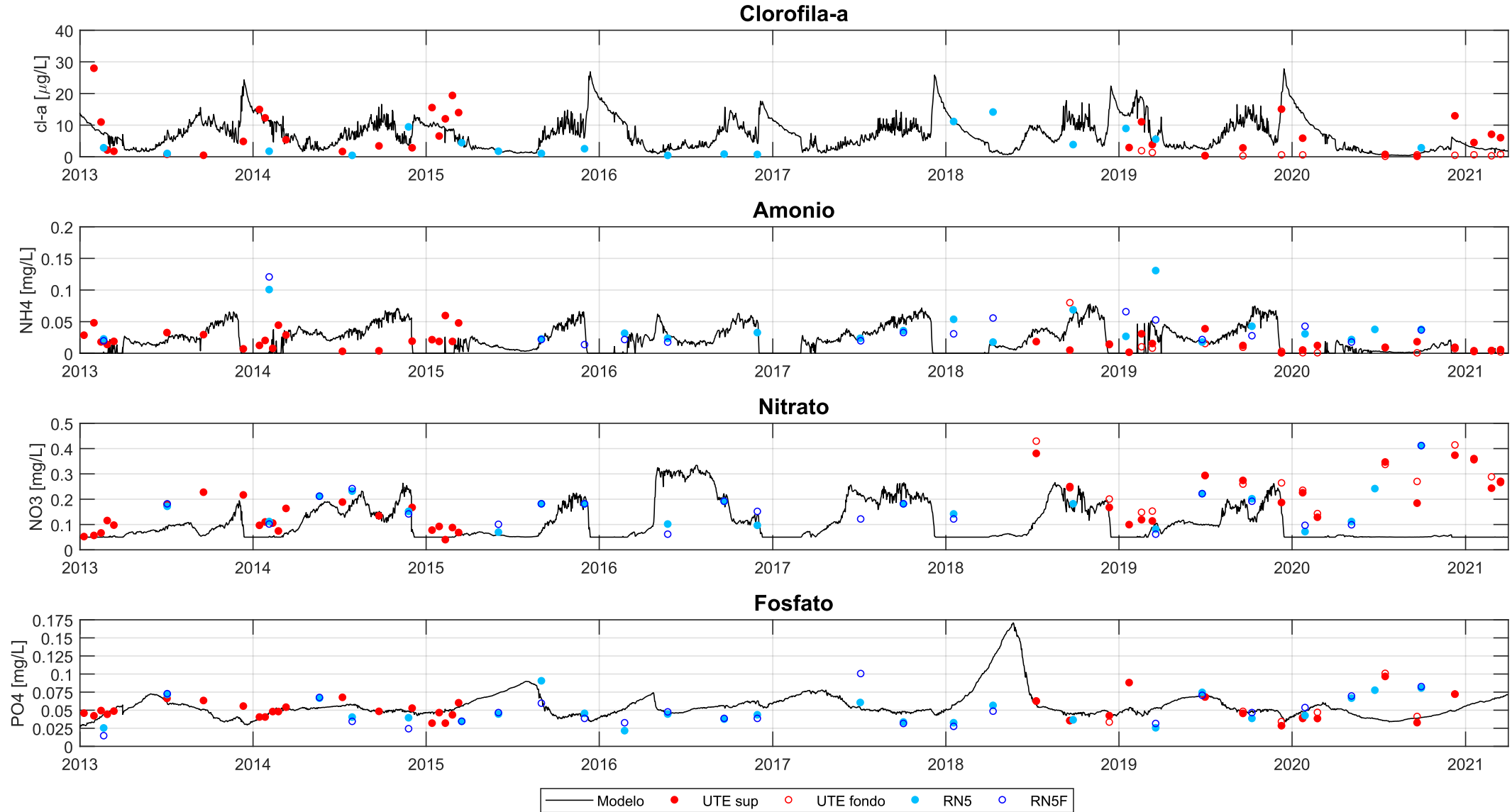
- ✓ Niveles y corrientes
- ✓ Temperatura del agua
- ✓ Tensión rasante en el fondo

### Condiciones iniciales y de borde

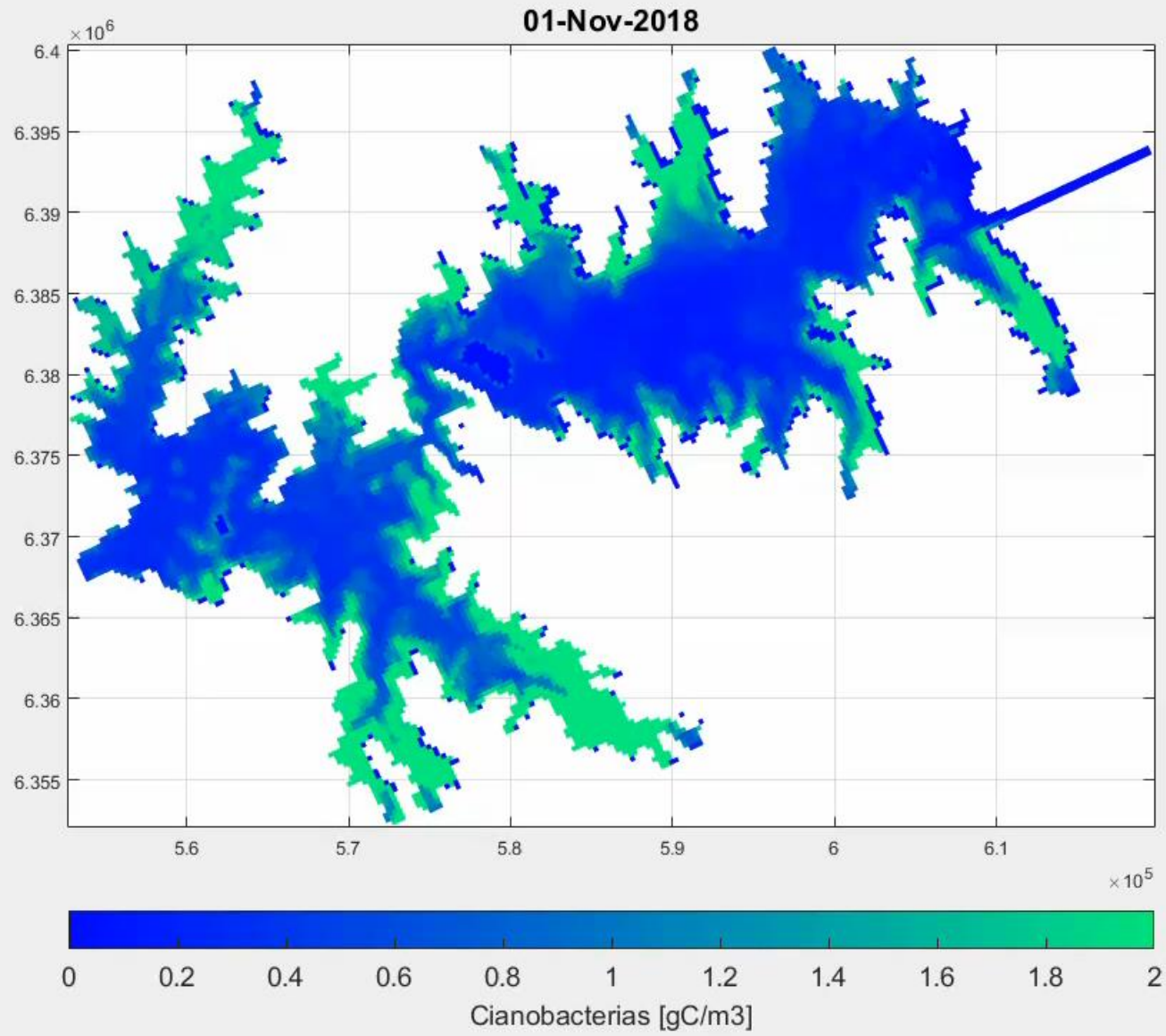
- monitoreo de **DINACEA** y **UTE**
- **SWAT** implementado por **DINACEA**



# Resultados Delft3D-ECO

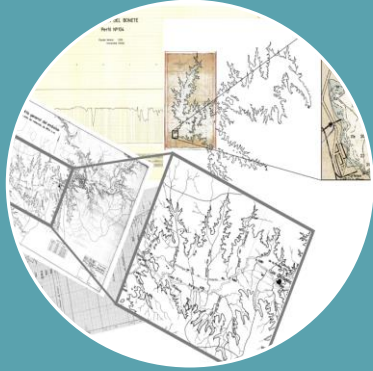


# Resultados Delft3D-ECO



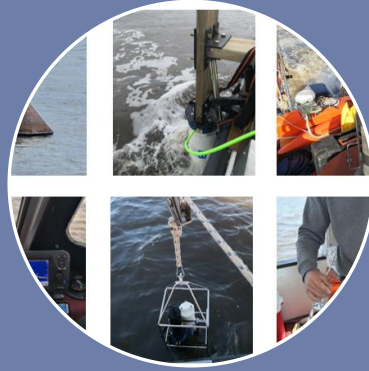


# Resultados



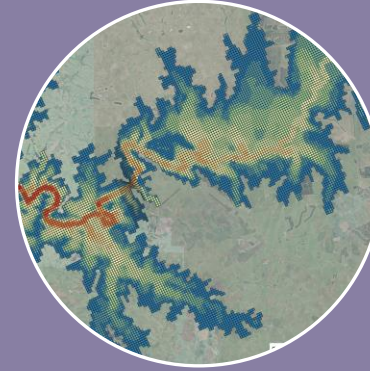
## Sistematización de información

- Batimetría del embalse
- Forzantes del modelo
- Análisis conjunto de información de distintas fuentes



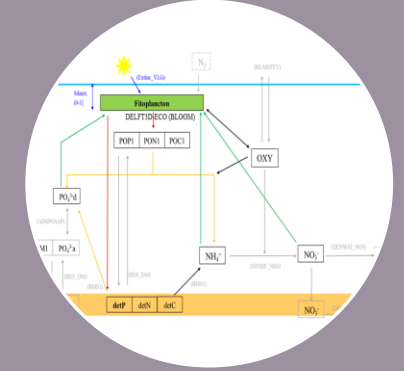
## Medición in-situ

- Siete campañas de medición
- Series continuas de temperatura y corriente



## Modelo hidrodinámico

- Implementación 2D y 3D
- Buena representación de niveles, corrientes y temperatura



## Modelo de calidad de agua

- Análisis de sensibilidad a procesos y forzantes
- Interpretación conjunta con información de monitoreo y teledetección

# Muchas gracias

Ing. Pablo Santoro  
IMFIA, Facultad de Ingeniería

[psantoro@fing.edu.uy](mailto:psantoro@fing.edu.uy)



Santiago Delgado  
Facundo Galletta  
Fernanda Maciel  
Eliana Morquio  
Rodrigo Mosquera  
Carolina Paz  
Francisco Pedocchi  
Ismael Piedra-Cueva  
Agustín Ríos  
Pablo Santoro

IMFIA – FING - UdelaR

Claudia Cabrera  
Pablo Cabrera  
Rafael Curbelo  
Marisol Mallo  
Pablo Kok  
Álvaro Plat  
Alicia Torres  
Teresa Sastre  
Martin Scarone  
José Valles

MIEM – DNE

UTE - Generación Hidráulica

UTE - Gestión Ambiental

DINACEA – MA

DINACEA - MA

UTE - Generación Hidráulica

MIEM

DINAGUA - MA

MIEM – DNE

DINAGUA - MA