



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Taller de técnicas de medición en hidrología e hidráulica

Agosto de 2024

Docente invitado:

Agustín Ríos

arios@fing.edu.uy



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Sustancias y procesos que determinan la turbidez y el color en embalses

El caso de Paso Severino

Docente invitado:

Agustín Ríos

arios@fing.edu.uy

PRÓLOGO

¿Cómo se ha generado el conocimiento de la dinámica de turbidez y color en el embalse de Paso Severino?

PRÓLOGO



¿Cómo se ha generado el conocimiento de la dinámica de turbidez y color en el embalse de Paso Severino?



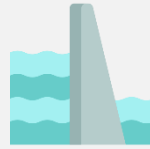
Contenidos



FACULTAD DE
INGENIERÍA



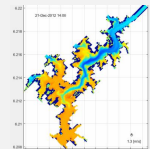
UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Caso de estudio



Color y turbidez -Relevancia-



Color y turbidez -Dinámica-



Discusión

Contenidos



FACULTAD DE
INGENIERÍA



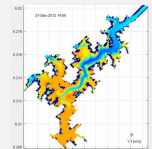
UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Caso de estudio



Color y turbidez –Relevancia–



Color y turbidez –Dinámica–



Discusión

**El embalse
de Paso
Severino**

34.25 °S



Paso Severino

▲ Aguas Corrientes

**El embalse
de Paso
Severino**

34.25 °S

Cuenca:

Santa Lucía Chico

2500 km²

Paso Severino

▲ Aguas Corrientes

Santa Lucía Basin



**El embalse
de Paso
Severino**

34.25 °S

Cuenca:

Santa Lucía Chico

Reserva de agua
para 2 M de
personas



2500 km²

Paso Severino

▲ Aguas Corrientes

Montevideo & AM



**El embalse
de Paso
Severino**

Longitud:
16 km

Ancho:
400 m

Área:
15 km²

Volumen:
65 Hm³

Max prof.:
20 m



**El embalse
de Paso
Severino**

Longitud:
16 km

Ancho:
400 m

Área:
15 km²

Volumen:
65 Hm³

Max prof.:
20 m



El embalse de Paso Severino

Longitud:

16 km

Ancho:

400 m

Área:

15 km²

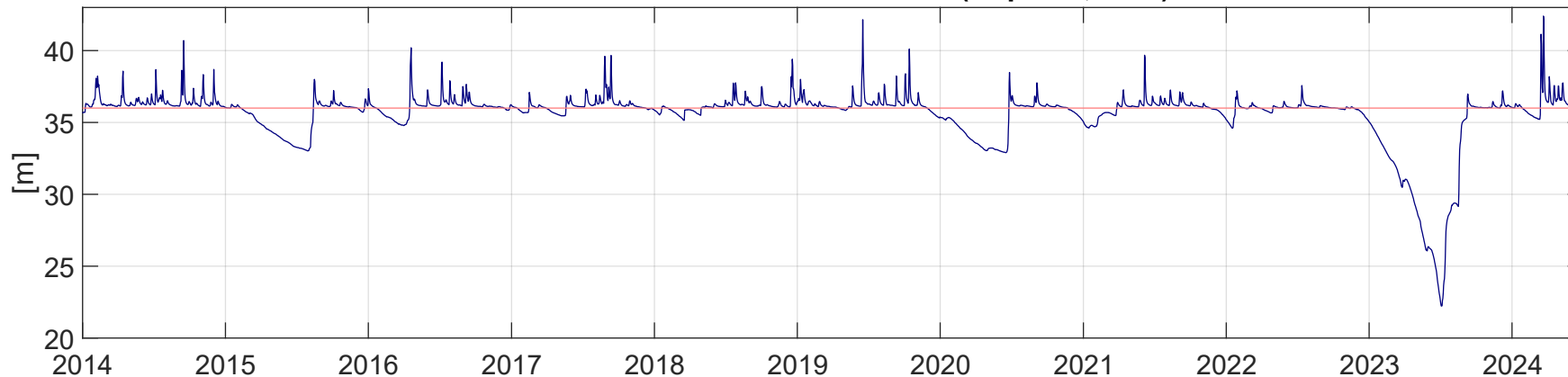
Volumen:

65 Hm³

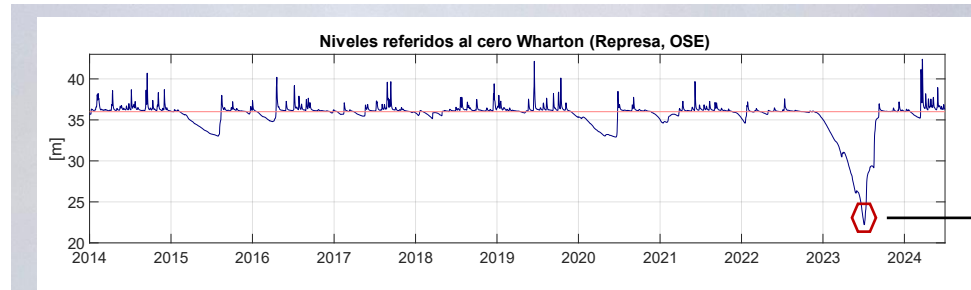
Max prof.:

20 m

Niveles referidos al cero Wharton (Represa, OSE)



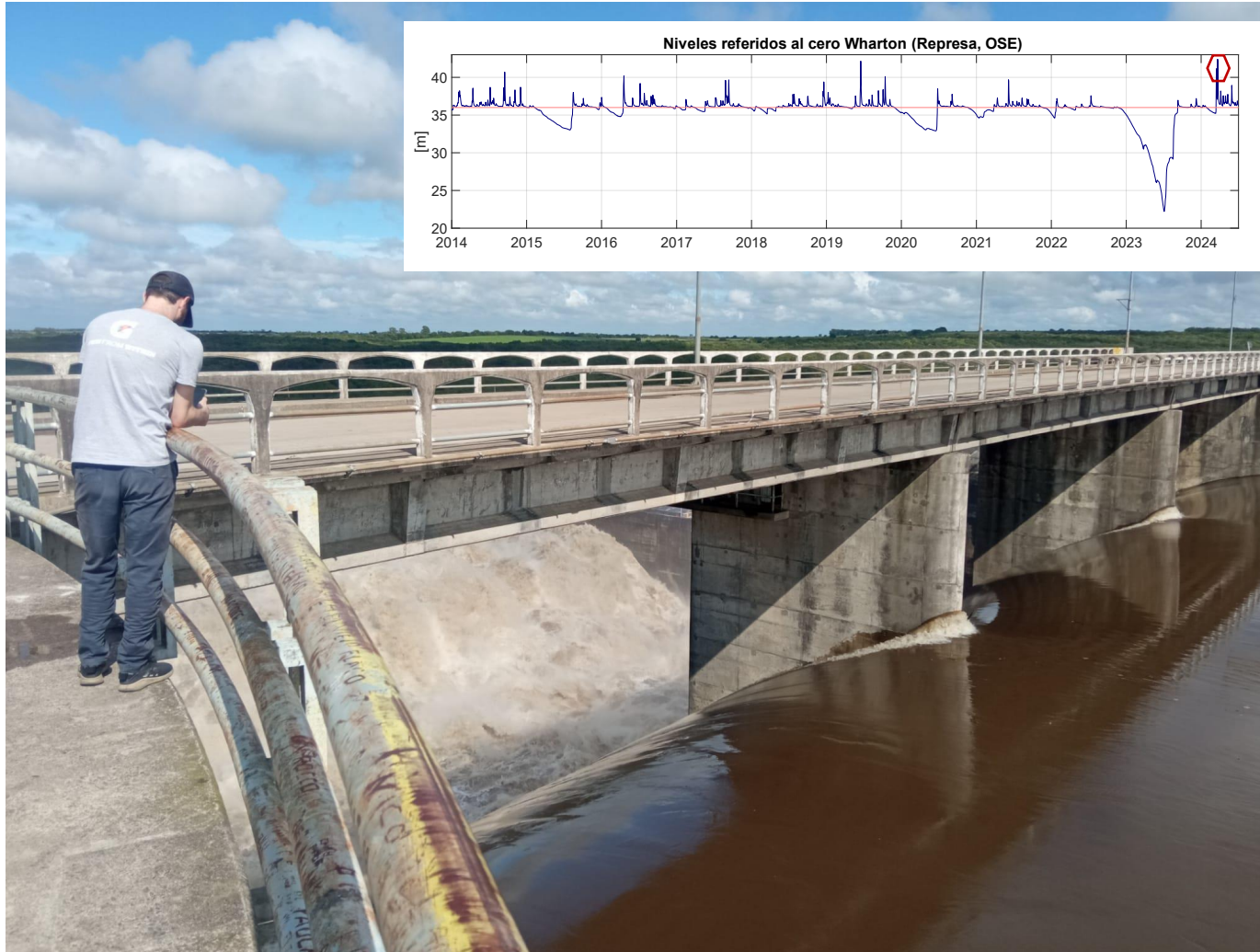
7 de julio de 2023: 22,6 m



5 de julio de 2023:
22,2 m



8 meses después...



15 de marzo de 2024



**21 de marzo de 2024
42,95 m**

Reserva actual del embalse



[Inicio](#) [Clientes](#) [Empresa](#) [Transparencia](#) [Agua](#) [Saneamiento](#) [Compras y Acreedores](#) [Comunidad](#) [Contáctenos](#)

Situación | Zona Metropolitana

Agua | Agua Potable

- Abastecimiento
- Agua Subterránea
- Estudios, Proyectos, Obras
- Gestión
- UPA
- Agua Potable

INFORME DE SITUACIÓN HÍDRICA AL 14/08/2024

Se informan los valores de cloruros y sodio en el agua (promedio diario) que se suministra a la población que reside en Montevideo y Zona Metropolitana.

	Línea de Bombeo 4	Línea de Bombeo 5	Línea de Bombeo 6
Cloruro (mg/L) promedio diario	22	23	22
Sodio (mg/L) promedio diario	42	45	42

Consumo total Mvdeo. y Zona Metropolitana (m3/día)	551.767
Estado de situación de la reserva Paso Severino (m3)	66.484.440

→ $\cong 36,1 m$
V(h)



<http://www.ose.com.uy/agua/situacion-zona-metropolitana>

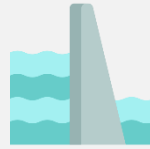
Contenidos



FACULTAD DE
INGENIERÍA



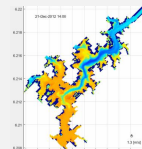
UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Caso de estudio



Color y turbidez -Relevancia-



Color y turbidez -Dinámica-



Discusión

¿Por qué es relevante estudiar el color y la turbidez de Paso Severino?

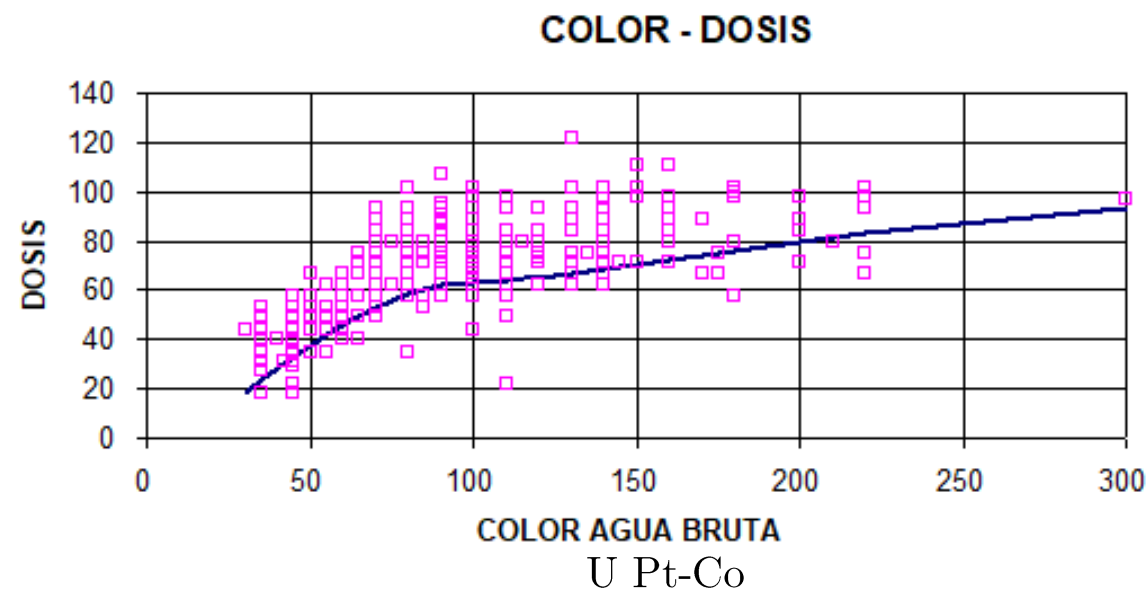
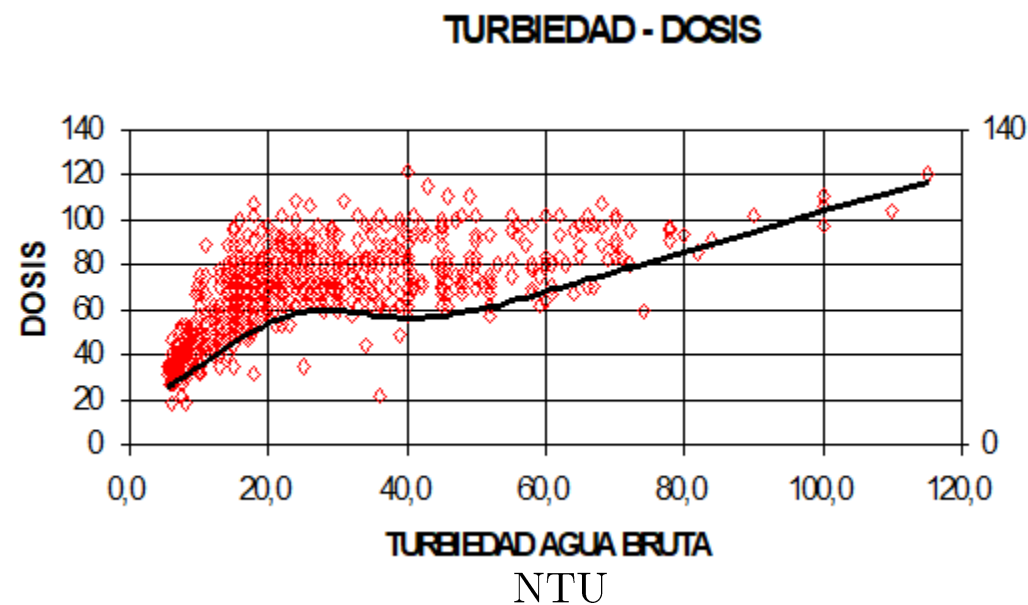
1. Afectan la operativa y los costos de potabilización

El color en Paso Severino es causado principalmente por materia orgánica natural (MON), precursora de subproductos de la desinfección, sustancias potencialmente dañinas para la salud de los consumidores.

La turbidez es causada por partículas en suspensión y en estado coloidal como arcillas, limo, materia orgánica y microorganismos. Su presencia puede incidir en la seguridad del agua, protegiendo microorganismos de la acción del desinfectante.

1. Afectan la operativa y los costos de potabilización

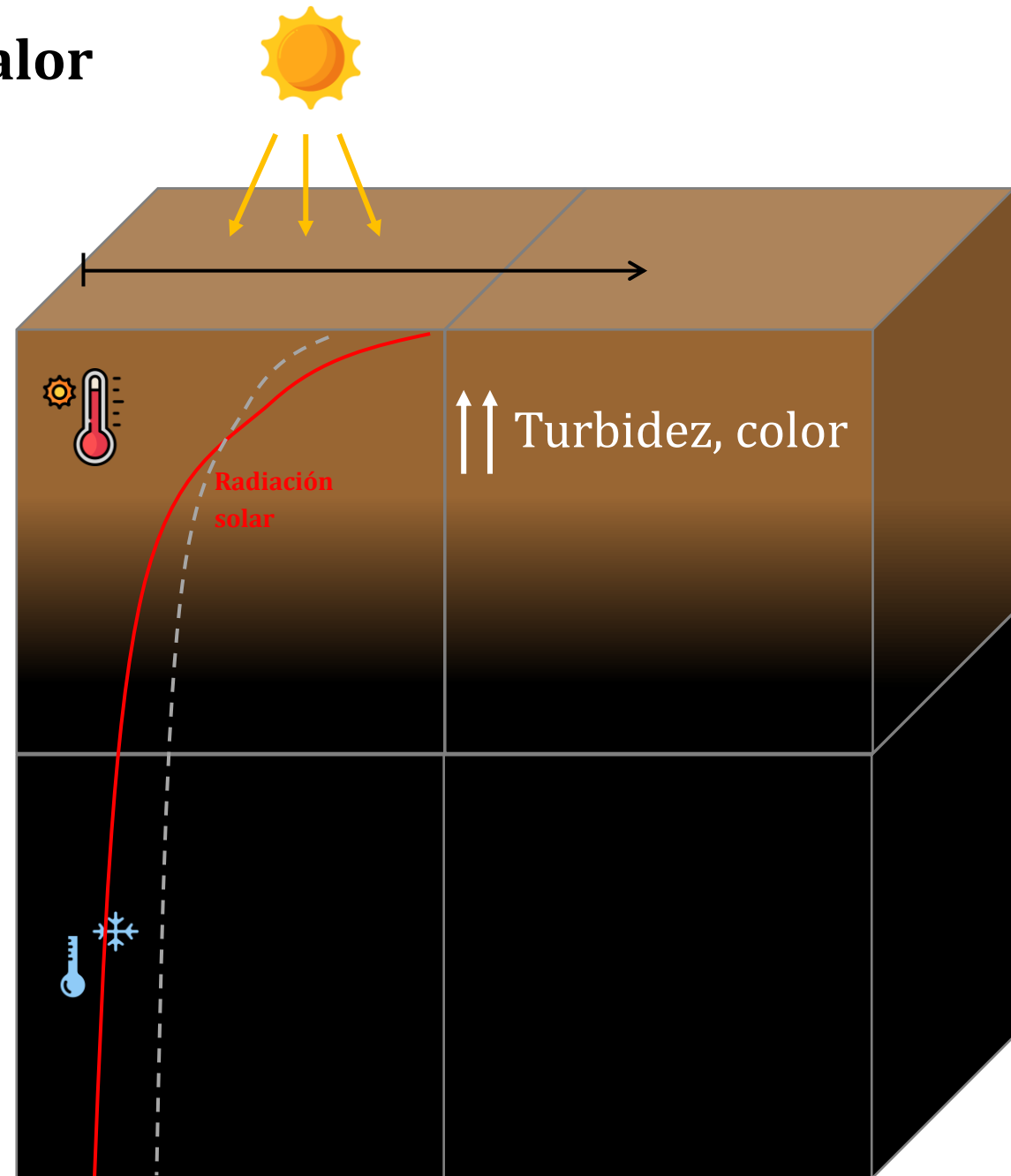
La variabilidad del color y la turbidez del agua bruta tiene un gran impacto en la demanda de insumos y en los costos del proceso de potabilización.



Ríos, Danilo (1997). Determinación de una relación empírica que vincula la dosis de sulfato de aluminio con el color y la turbidez del agua bruta para la planta de tratamiento de Aguas Corrientes. 1er Congreso Nacional de AIDIS, Uruguay,

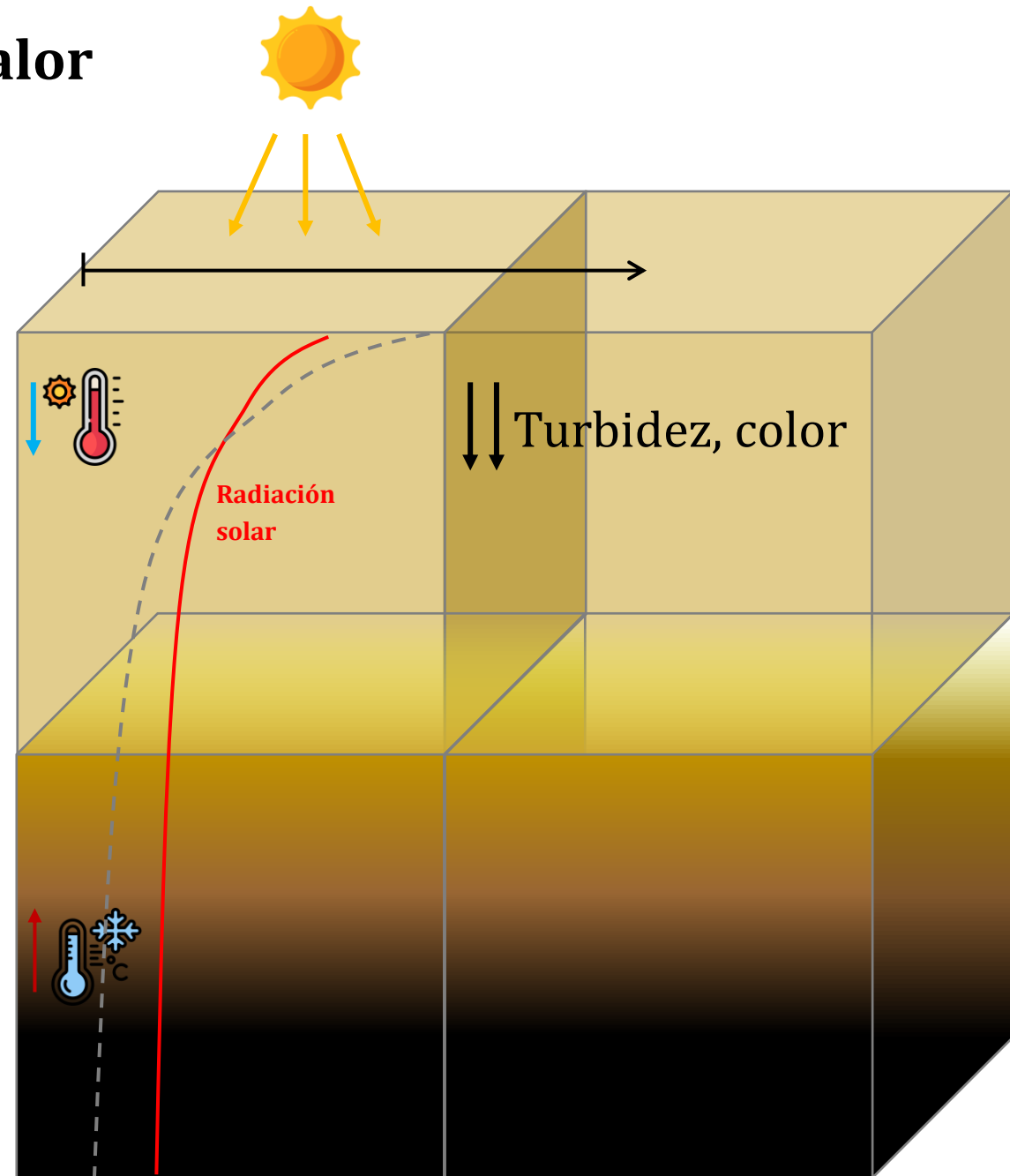
2. Influyen en la distribución de calor

La atenuación de la radiación solar en la columna de agua depende de la dinámica de turbidez y color.



2. Influyen en la distribución de calor

La atenuación de la radiación solar en la columna de agua depende de la dinámica de turbidez y color.

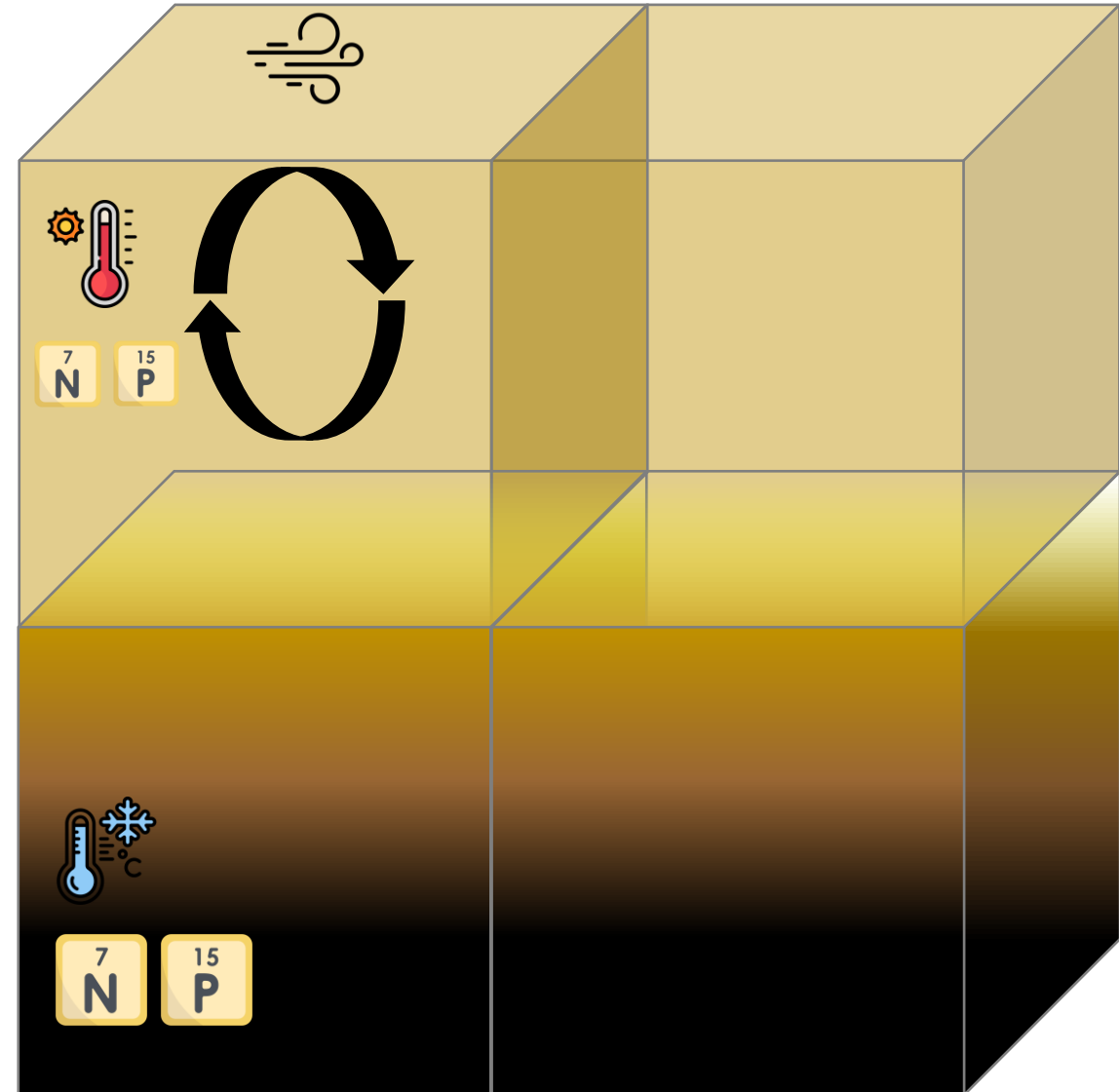


3. Influyen en el clima lumínico



Espectro visible:

Organismos fotosintéticos

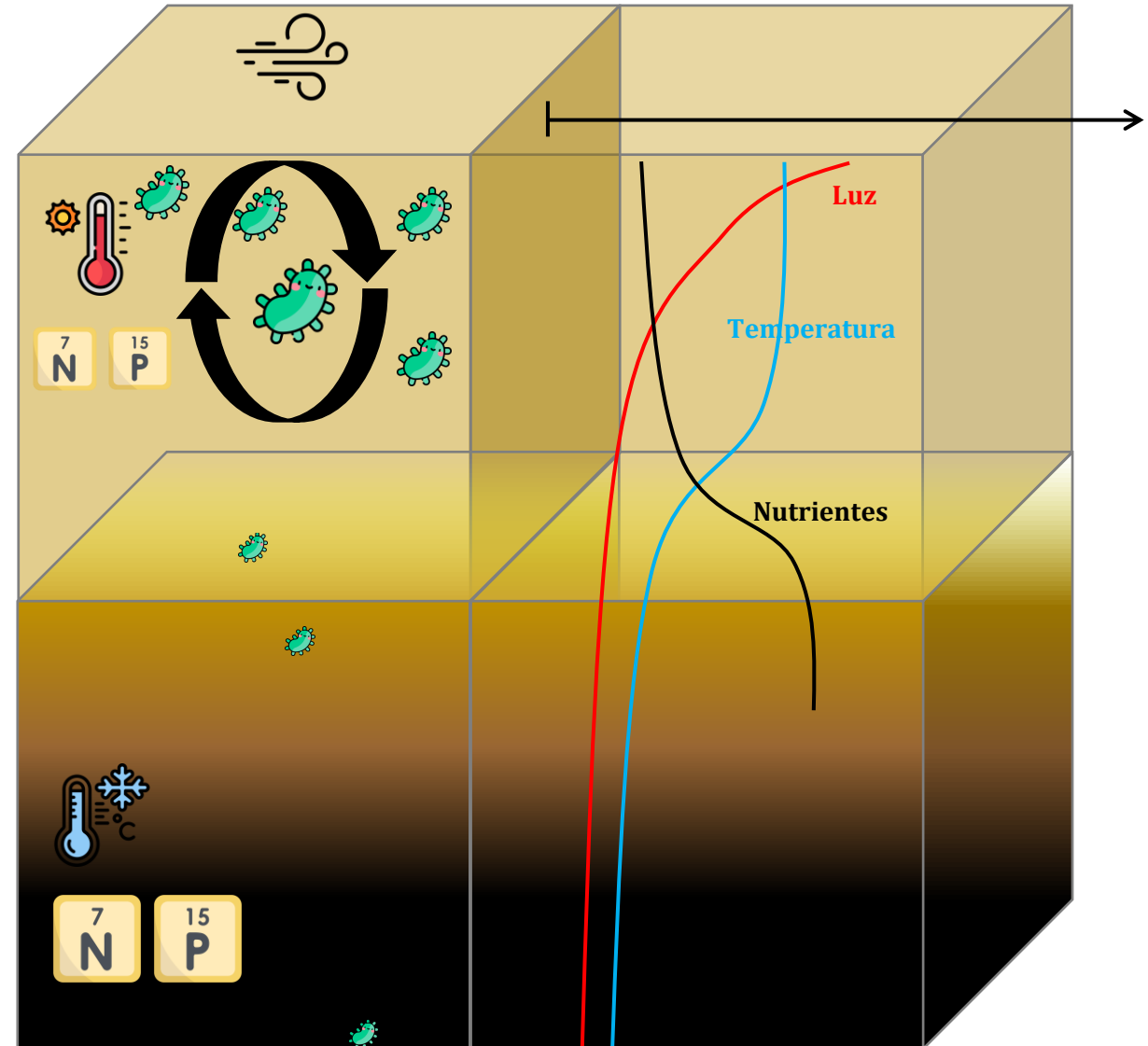


3. Influyen en el clima lumínico



Espectro visible:

Organismos fotosintéticos



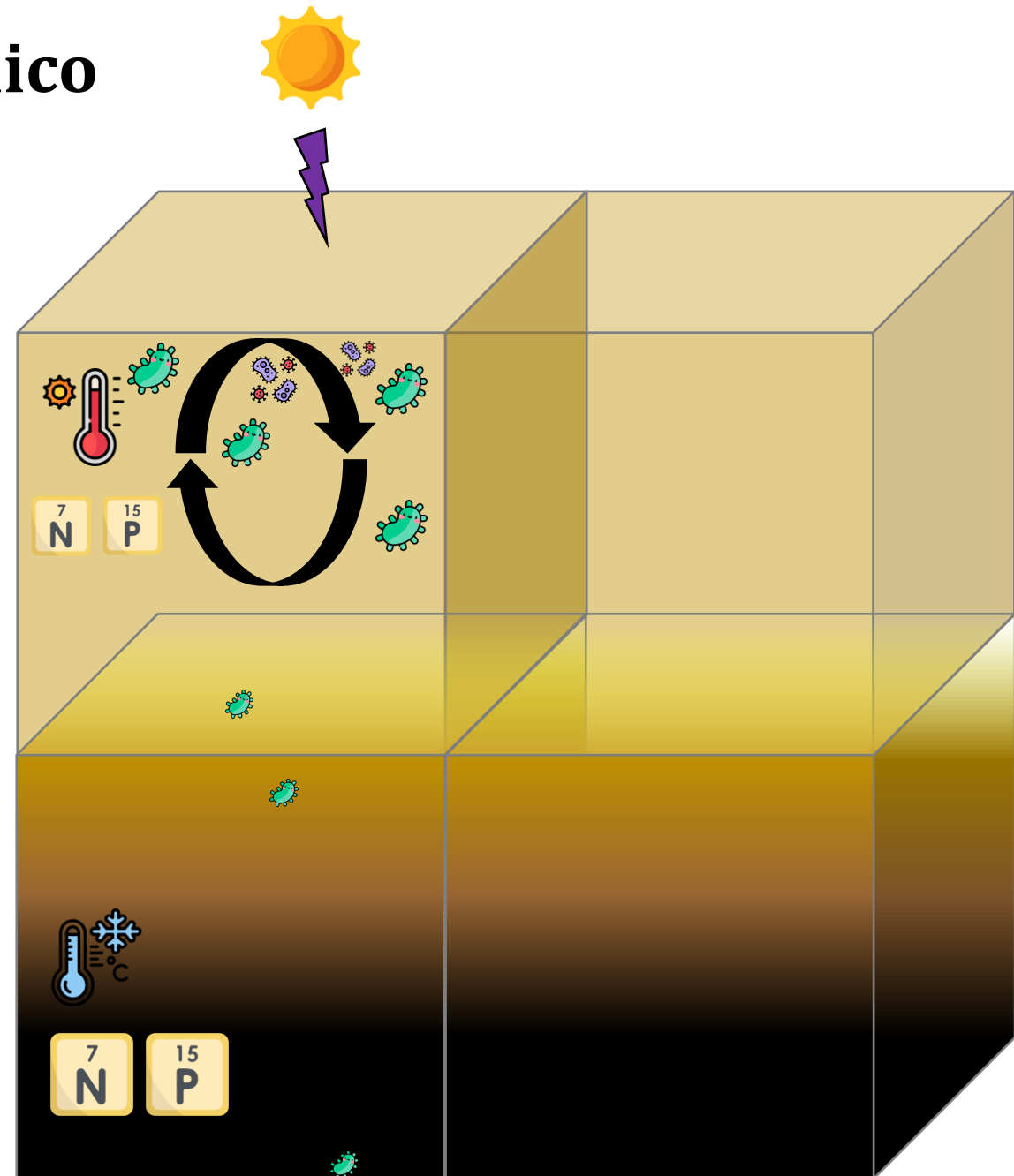
3. Influyen en el clima lumínico

Espectro visible:

Organismos fotosintéticos

Radiación UV:

Afecta a organismos en general



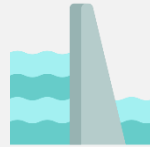
Contenidos



FACULTAD DE
INGENIERÍA



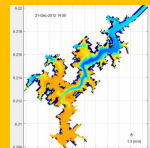
UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Caso de estudio



Color y turbidez -Relevancia-



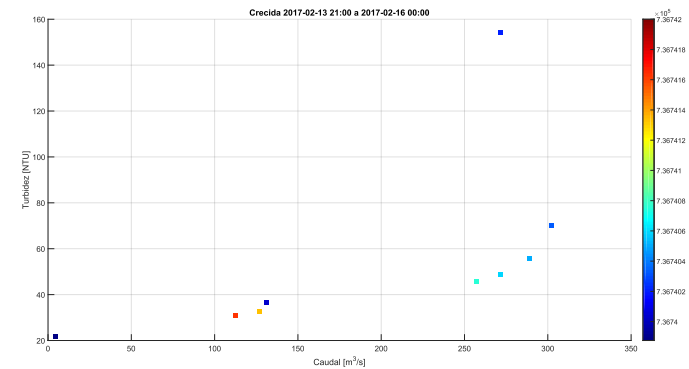
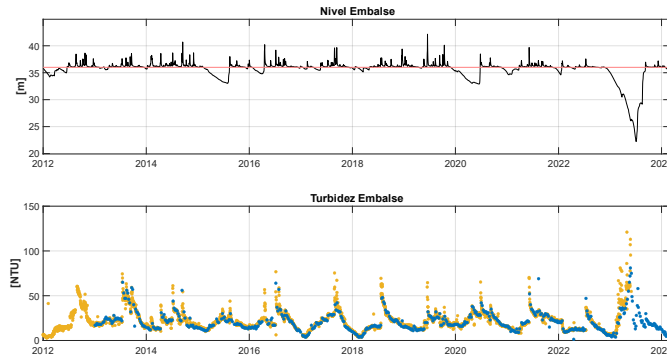
Color y turbidez -Dinámica-



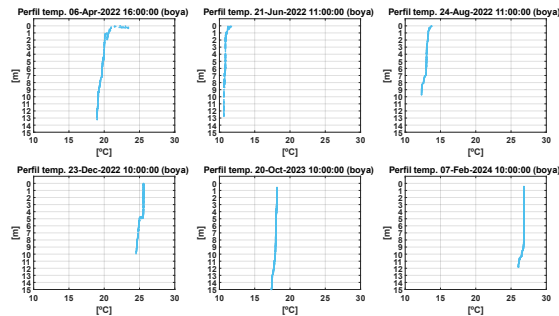
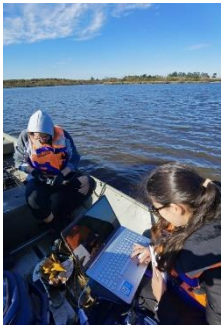
Discusión

¿Cómo influyen la hidrología y la hidrodinámica en la turbidez y el color del agua de Paso Severino?

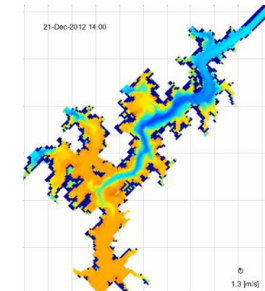
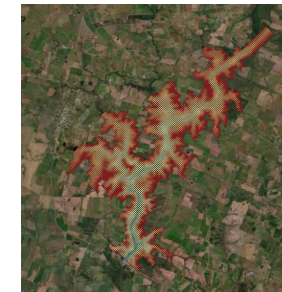
Análisis de datos existentes



Nuestras propias mediciones



Modelación numérica

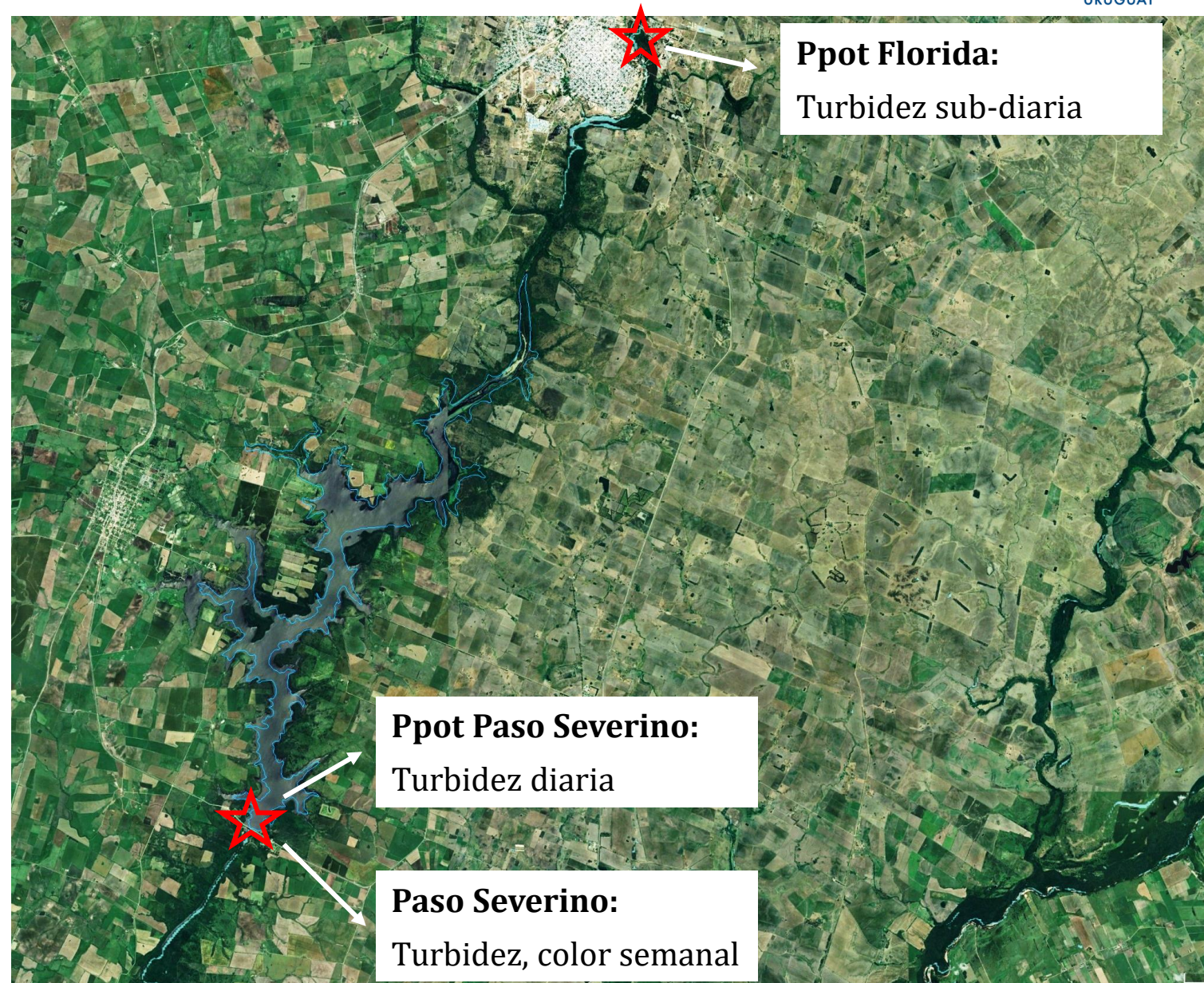


Monitoreo de OSE

OSE monitorea rutinariamente turbidez y color real (entre otras variables) en las fuentes de agua bruta.

Con menor frecuencia se mide en los mismos puntos:

- Carbono Orgánico Total
- Carbono Orgánico Disuelto
- Absorción a 254 nm

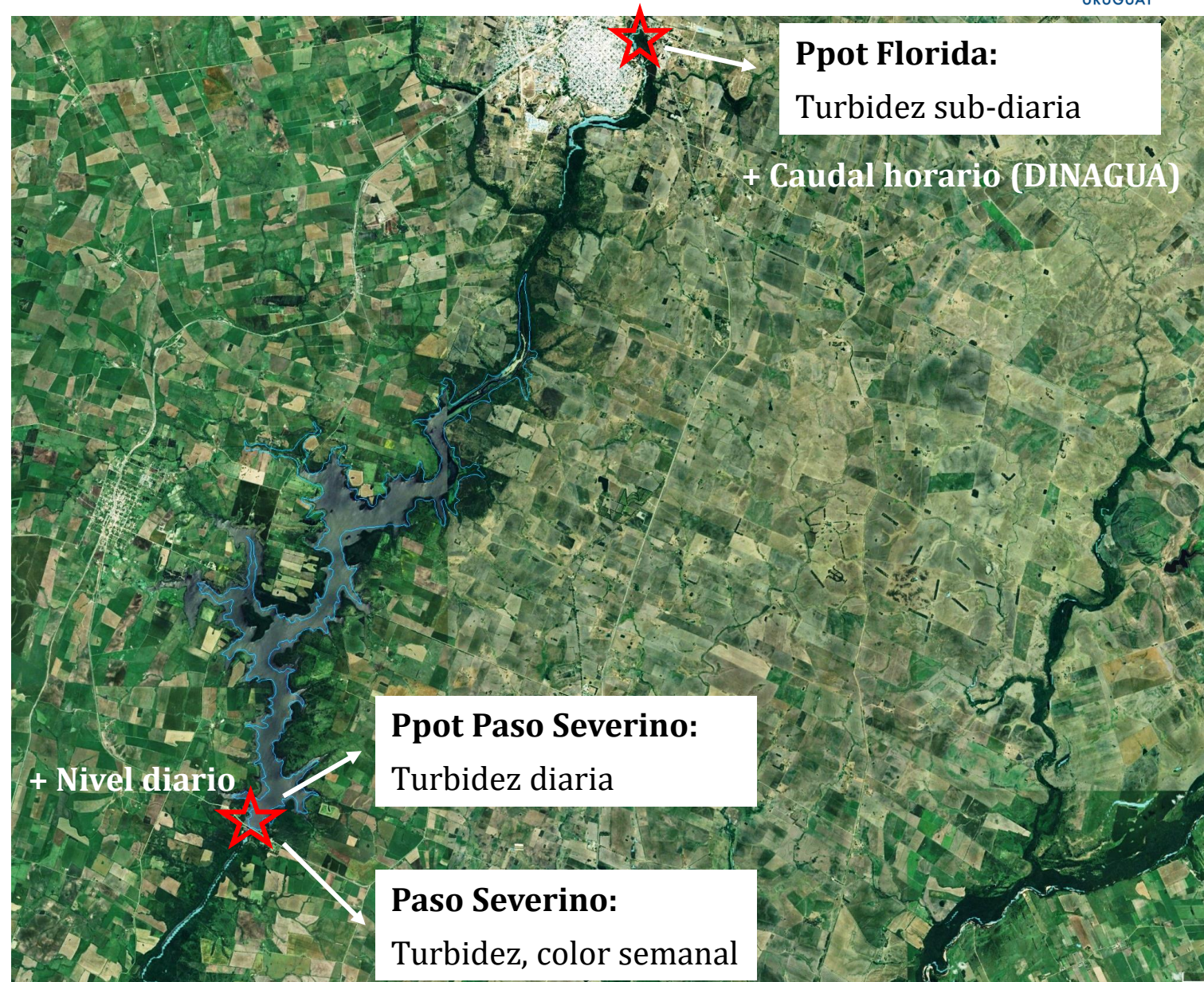


Monitoreo de OSE

OSE monitorea rutinariamente turbidez y color real (entre otras variables) en las fuentes de agua bruta.

Con menor frecuencia se mide en los mismos puntos:

- Carbono Orgánico Total (TOC)
- Carbono Orgánico Disuelto (DOC)
- Absorción a 254 nm



Campañas

En el embalse:

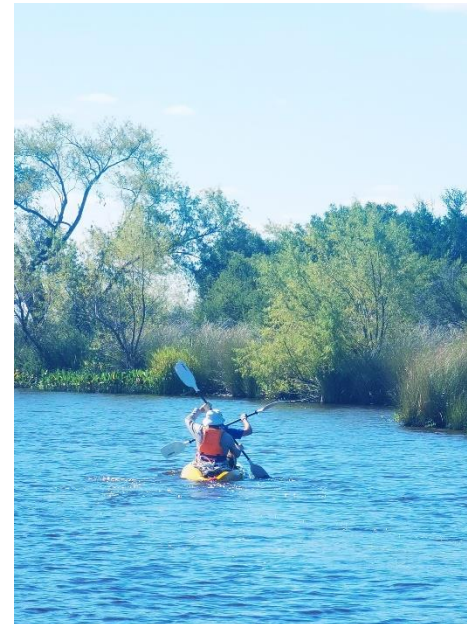
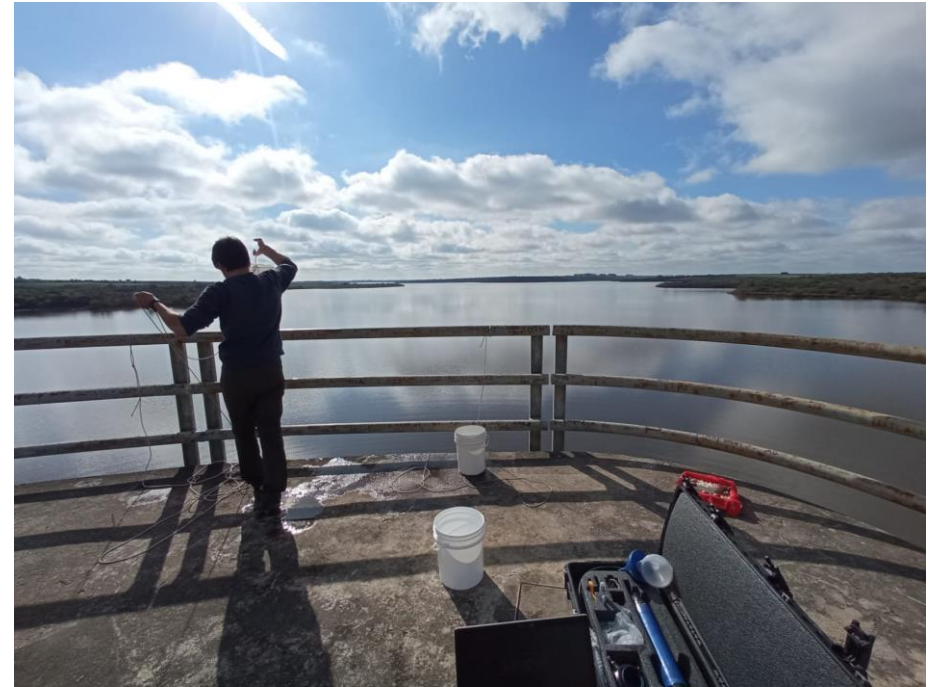
Perfiles verticales: turbidez, PAR, etc.

Profundidad del disco Secchi.

En el río AA y en el embalse:

Turbidez; SST, SSV, SSF; distribución de tamaño de partículas.

Color (U Pt-Co); TOC; DOC; fDOM; absorbanza CDOM 250-800 nm





Set-up Delft3D-FLOW v4

Variables: nivel, velocidad, temperatura

Grilla ortogonal estructurada (70 m x 70 m)

Coordenadas Z: $\Delta z = 1\text{ m}$

Ecuaciones RANS

Ecuación de transporte + ecuación de estado

Cierre de turbulencia: k-epsilon

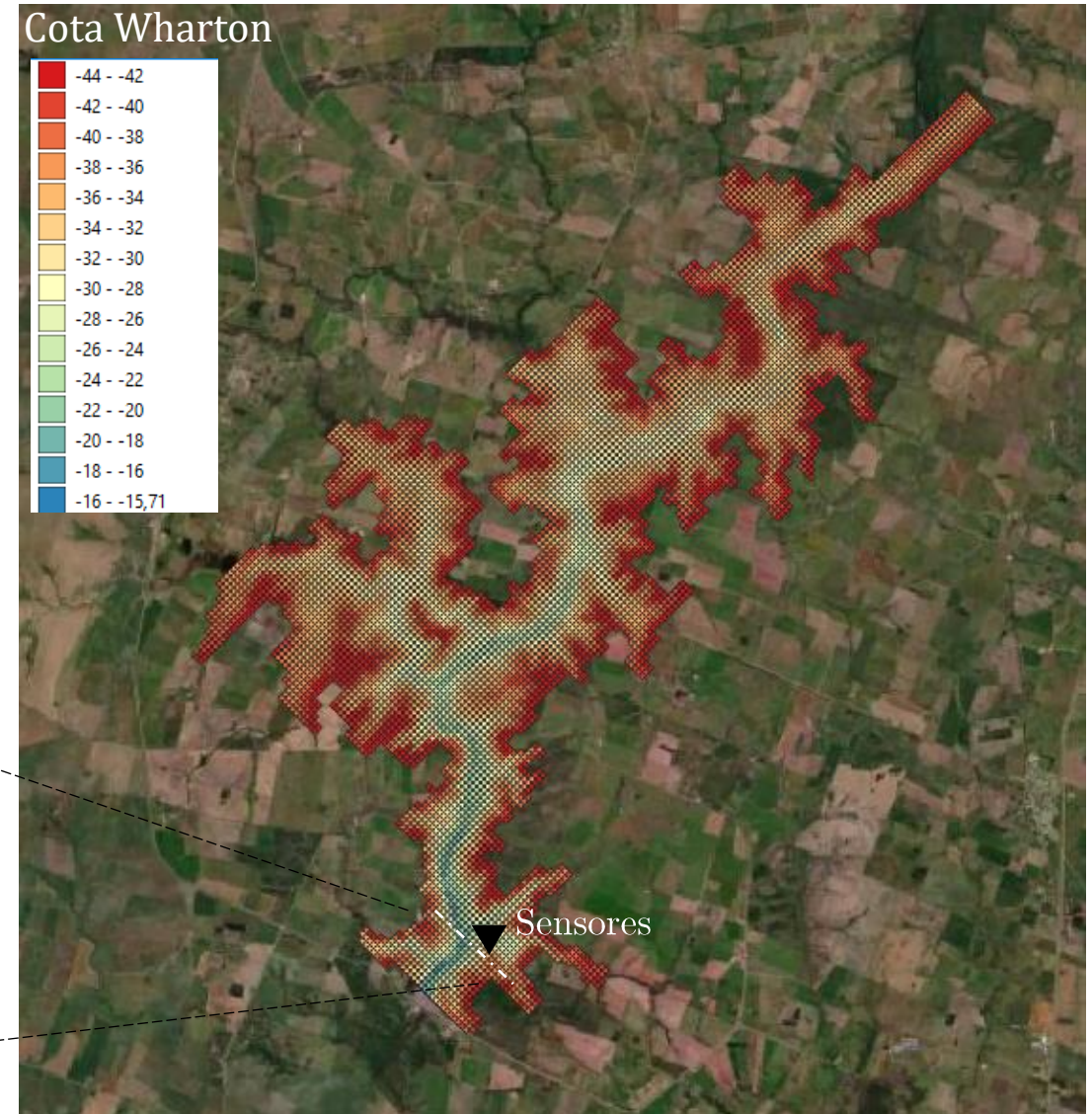
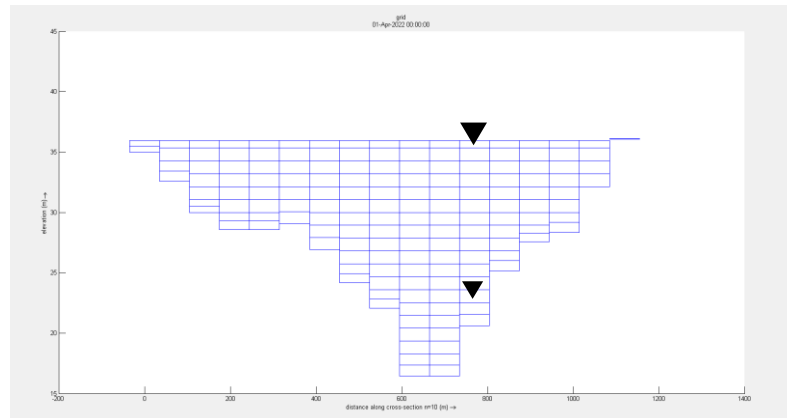


Figura: Grilla and Batimetría PS



Set-up Delft3D-FLOW v4

Forzantes

- Batimetría
- Rugosidad de fondo uniforme (Manning)
- Caudal afluente horario
- Temperatura de afluentes cada 6-h
- Modelo SWAT para rellenar huecos
- Forzantes meteorológicos horarios (ERA-5)

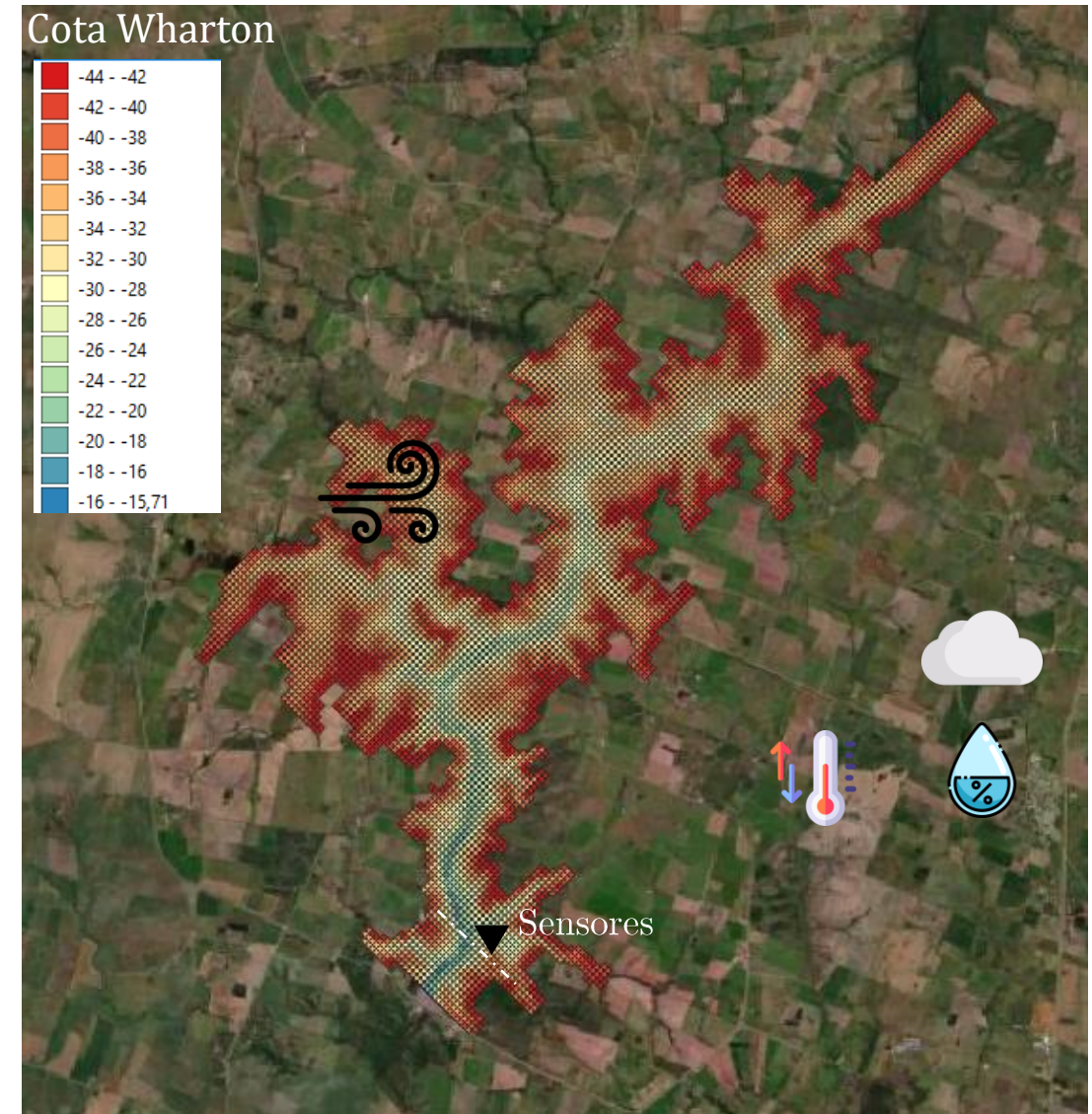
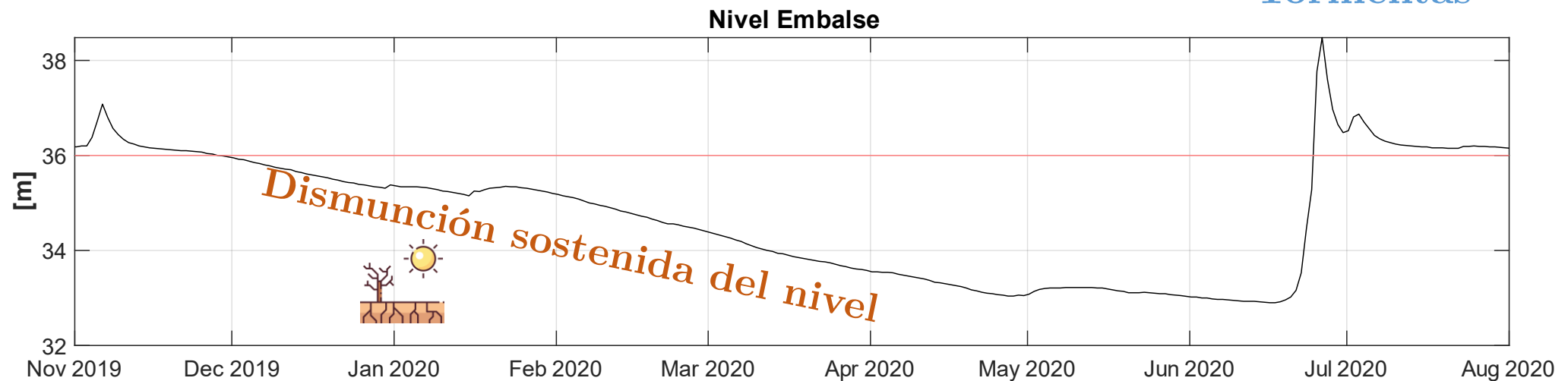


Figura: Grilla y Batimetría PS

Influencia de la hidrología y la hidráulica en la dinámica de turbidez y color



Tormentas

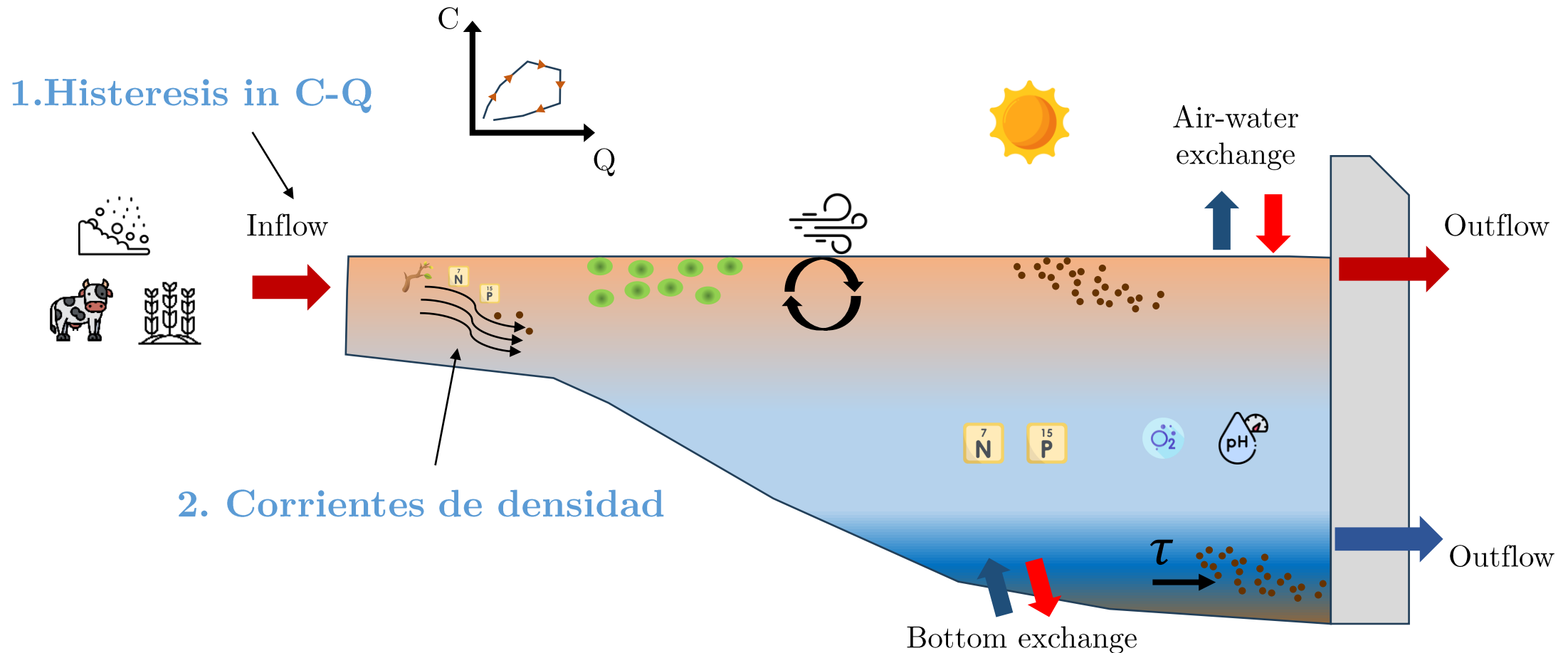




Tormentas

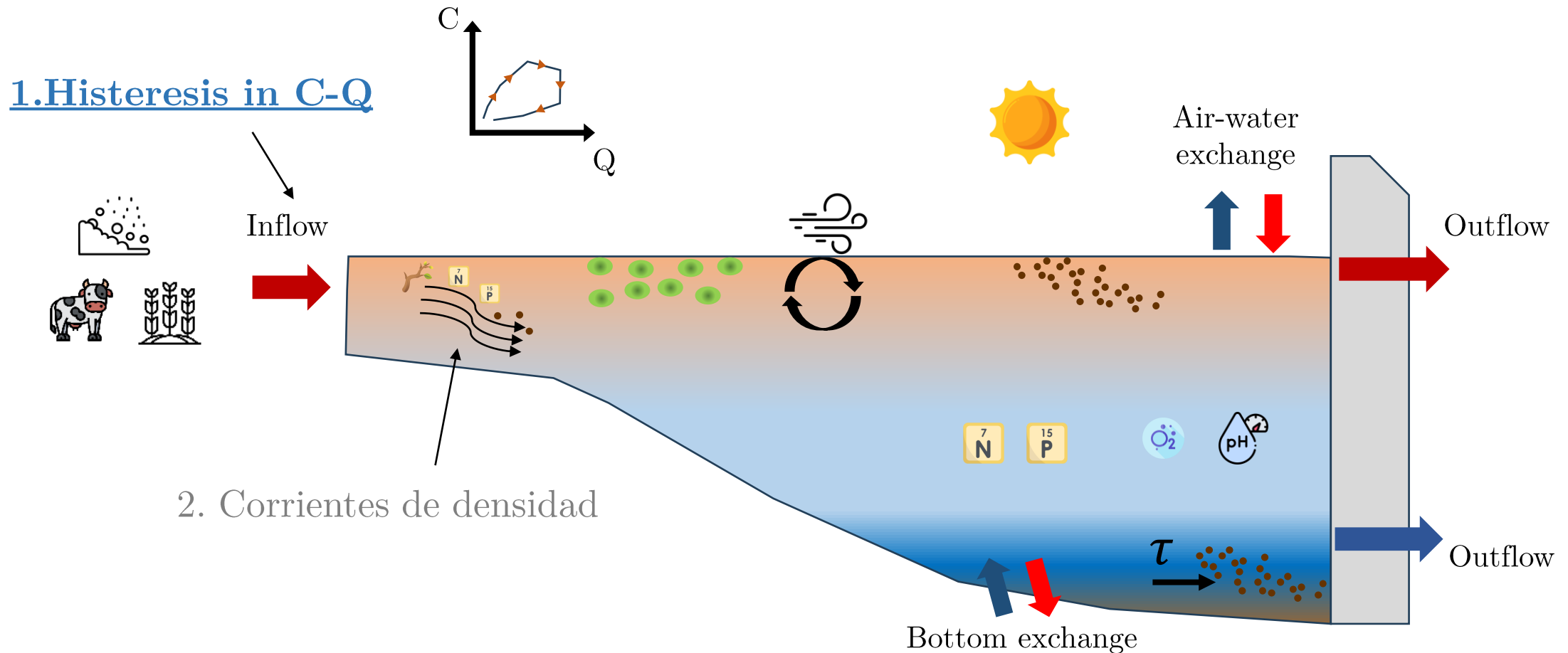
Tormentas

El destino de las sustancias que llegan a Paso Severino desde la cuenca en una avenida es complejo, debido principalmente a dos factores:



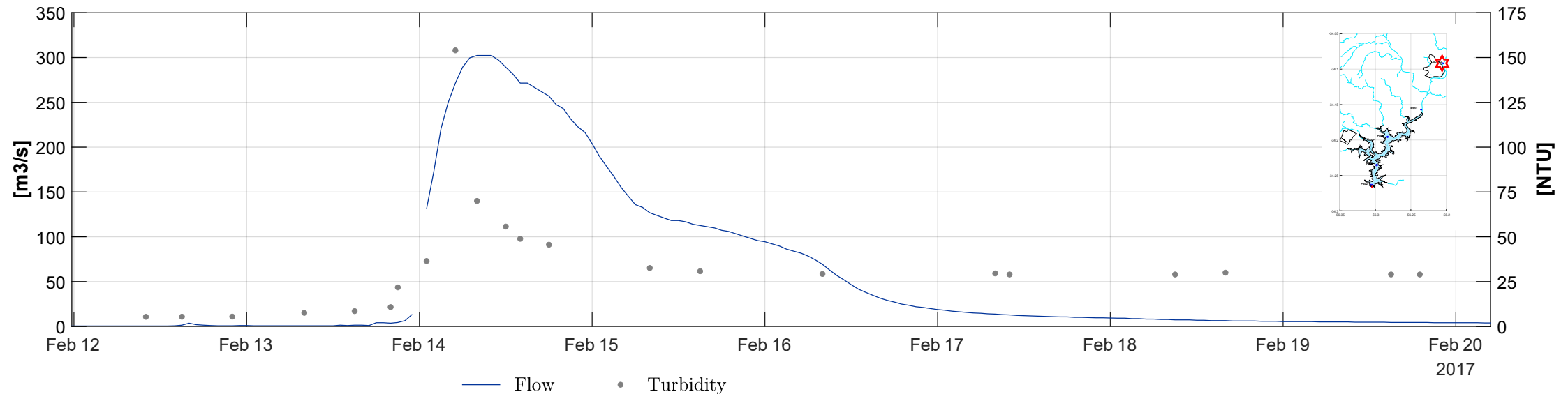
Tormentas

El destino de las sustancias que llegan a Paso Severino desde la cuenca en una avenida es complejo, debido principalmente a dos factores:



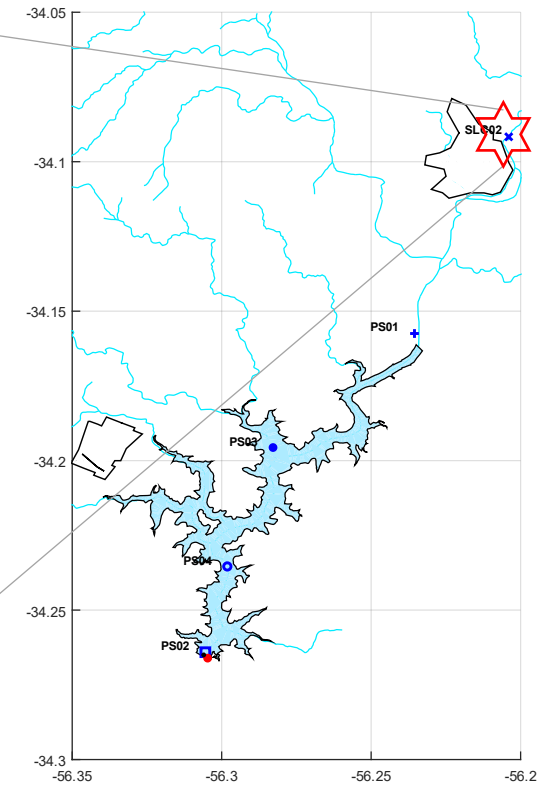
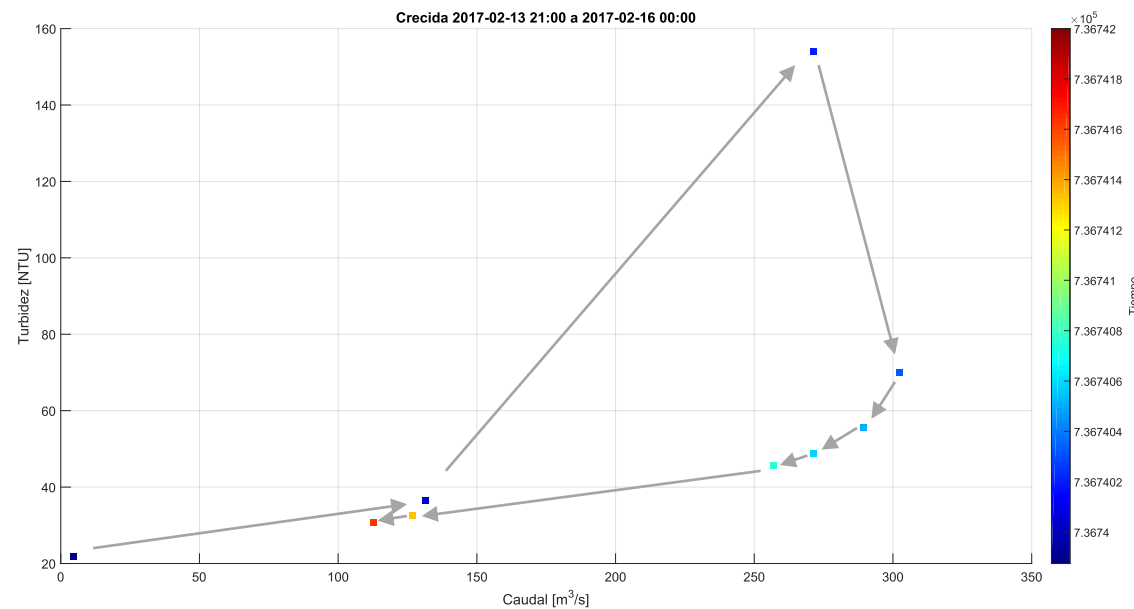
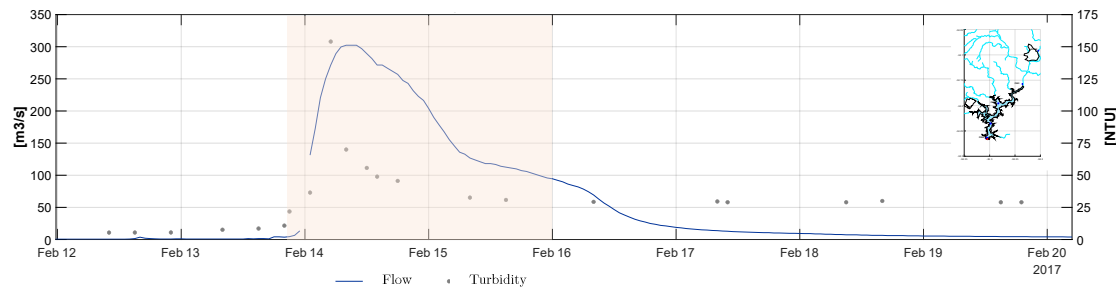
1. Histéresis en la curva concentración-caudal afluente

Si observamos la evolución temporal del caudal y la concentración de una sustancia durante una tormenta en el río, solemos encontrar un desfase temporal:



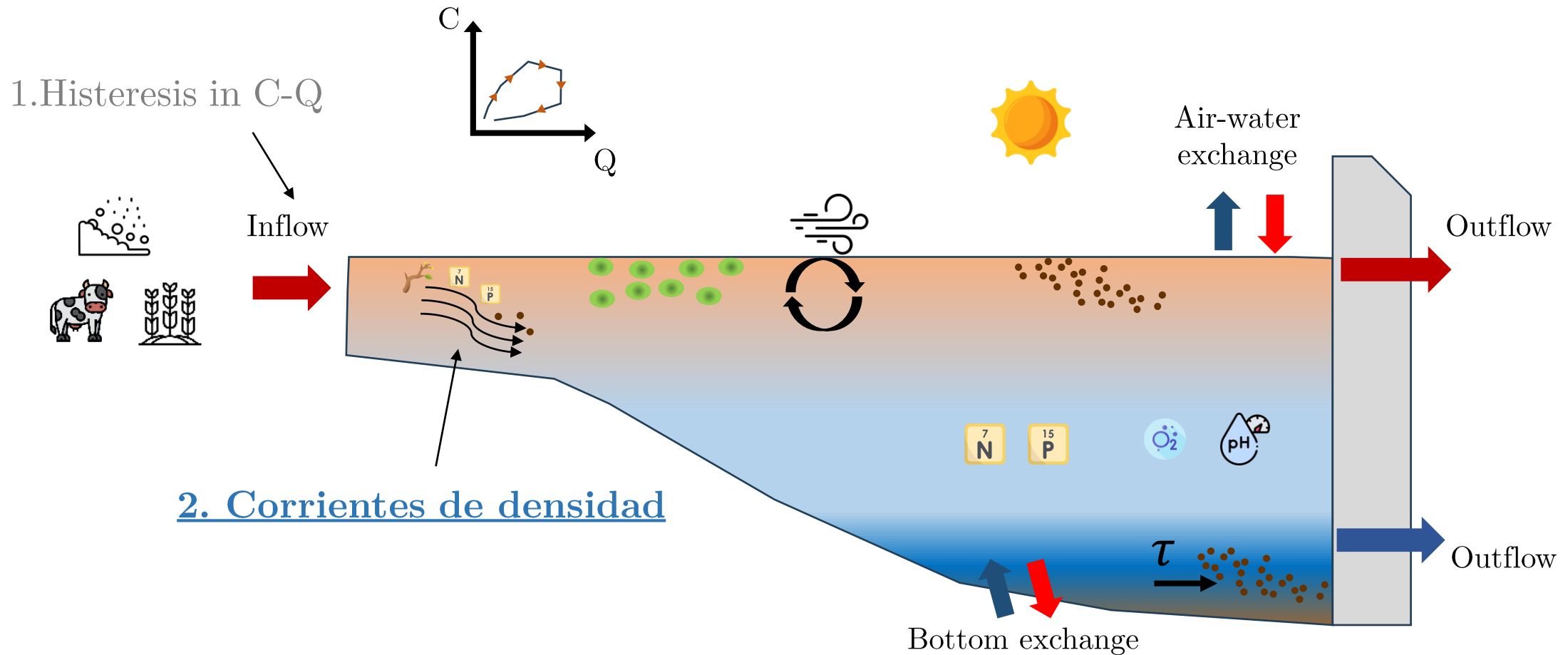
1. Histéresis en la curva concentración-caudal afluente

Por lo tanto, la curva C-Q durante un evento de tormenta suele mostrar una forma cíclica (histéresis).



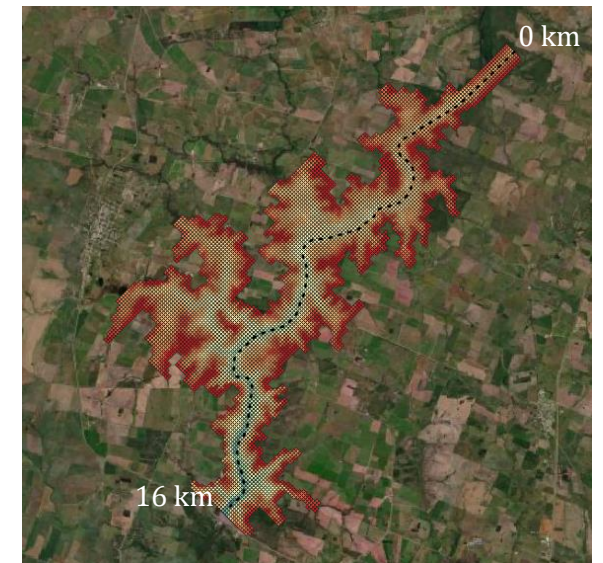
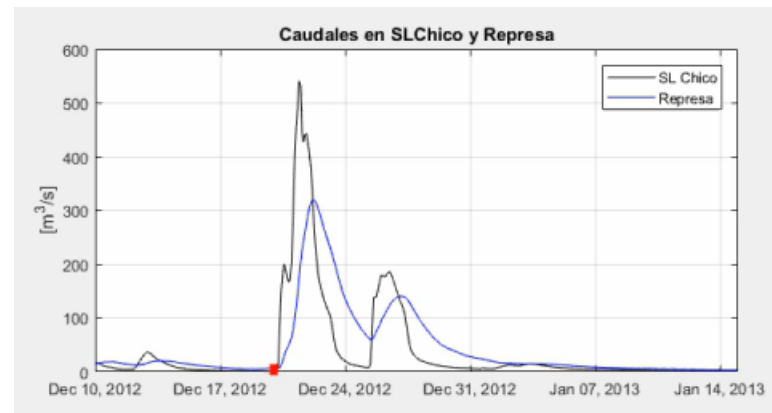
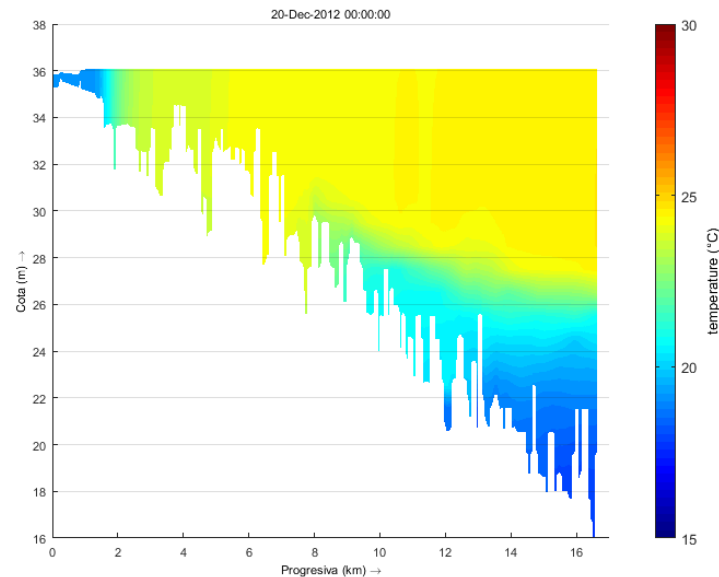
Tormentas

El destino de las sustancias que llegan a Paso Severino desde la cuenca en una avenida es complejo, debido principalmente a dos factores:



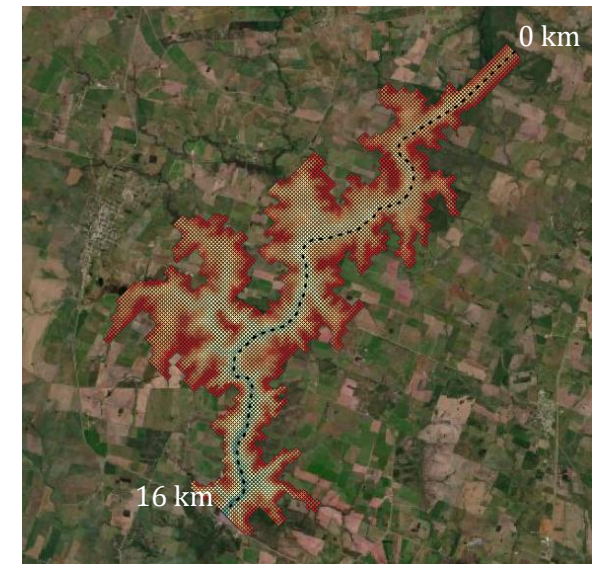
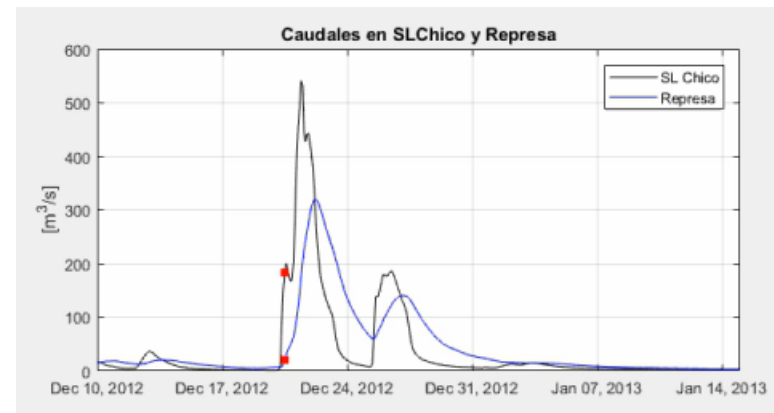
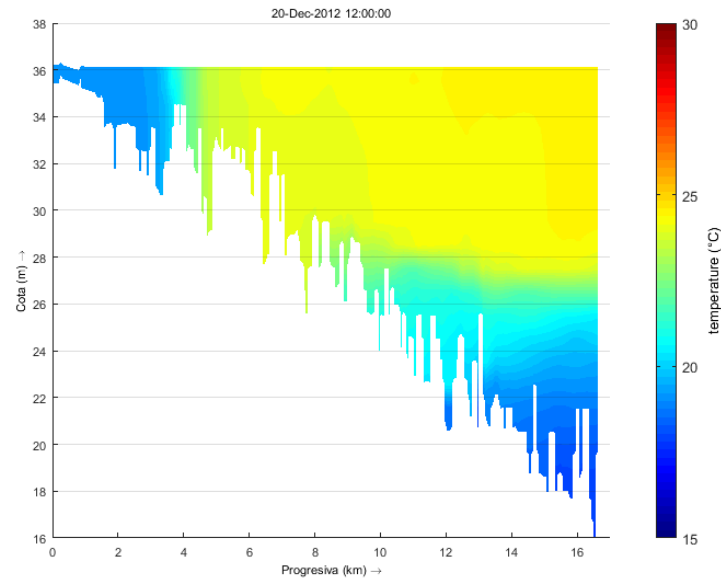
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



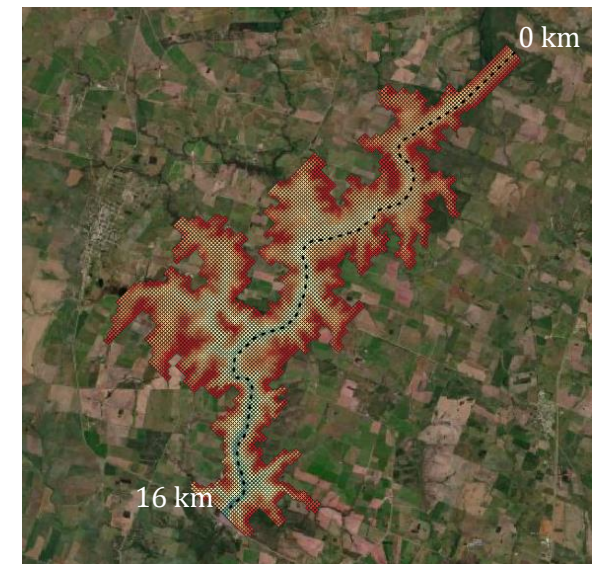
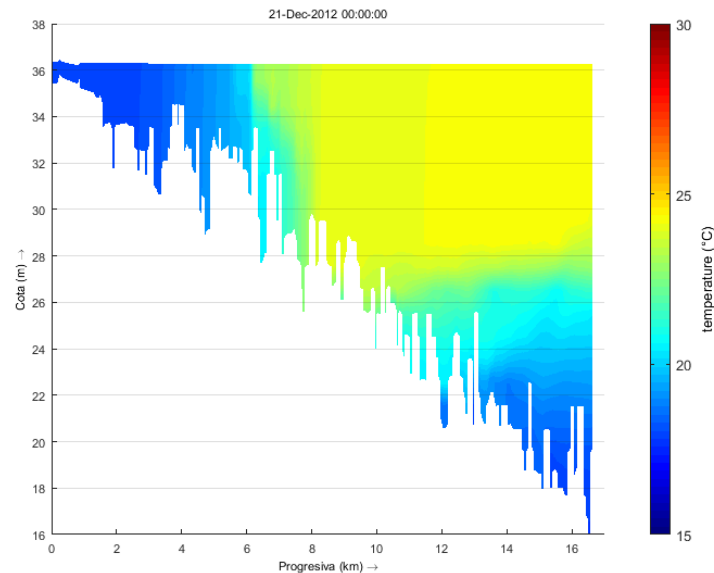
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



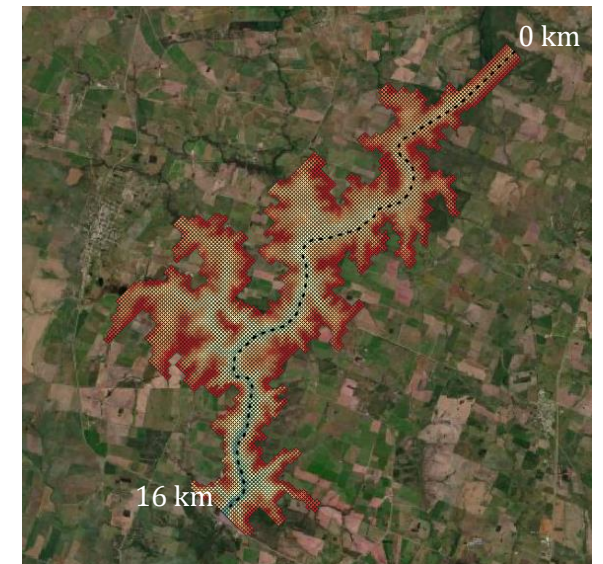
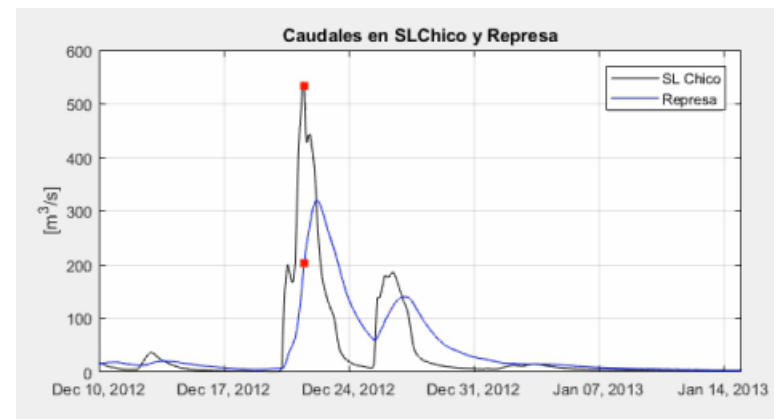
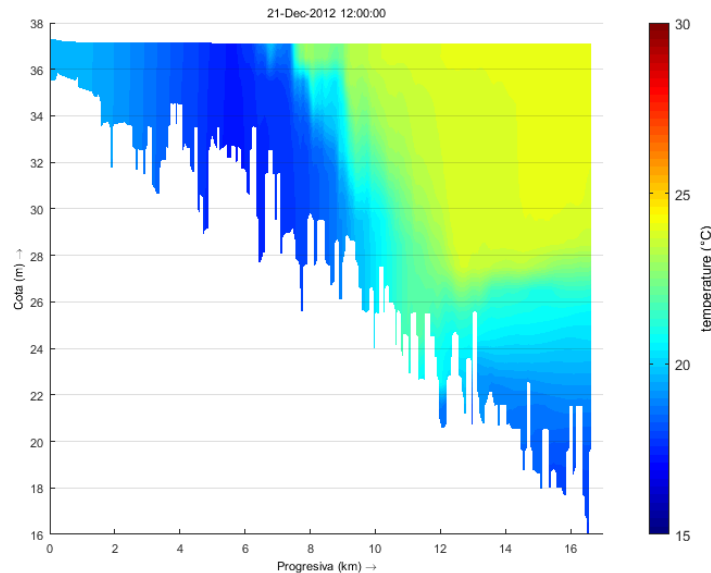
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



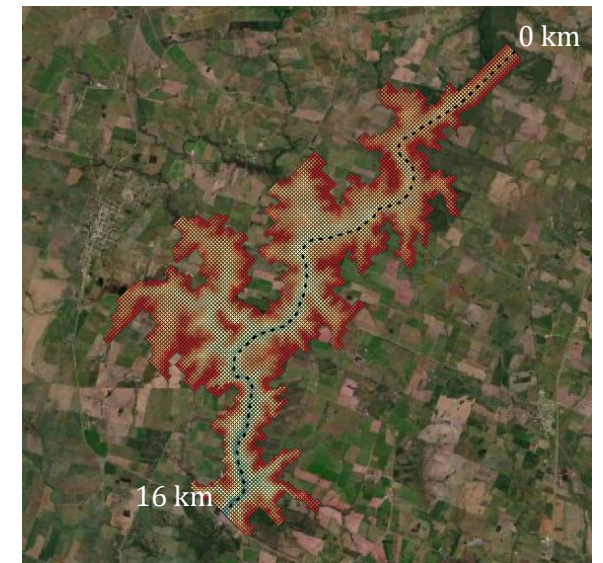
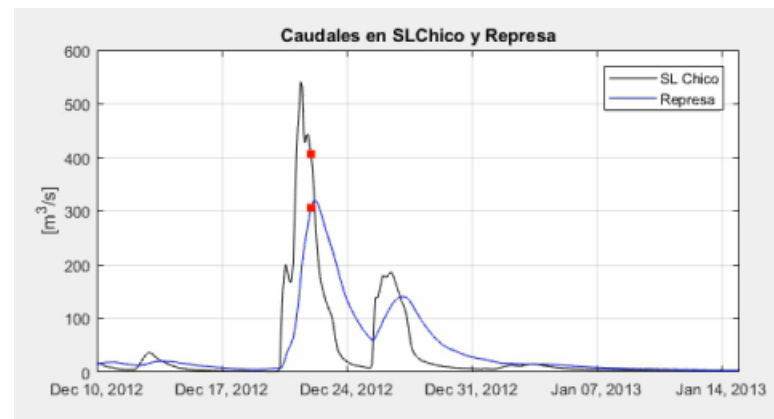
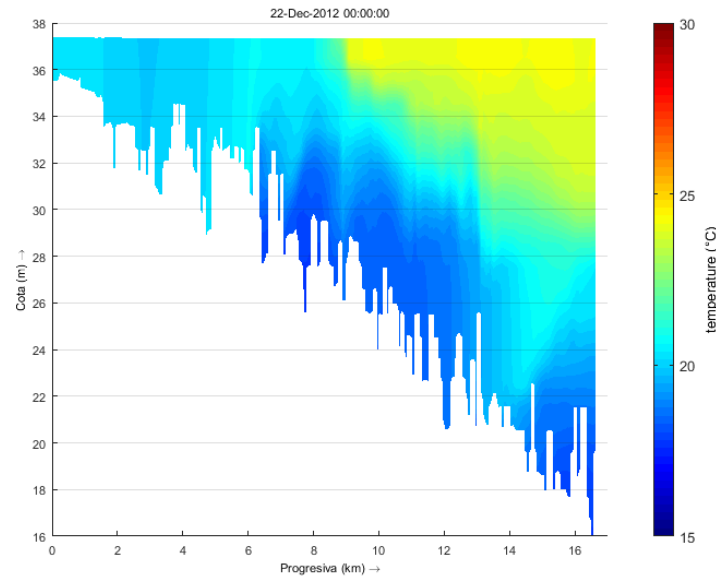
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



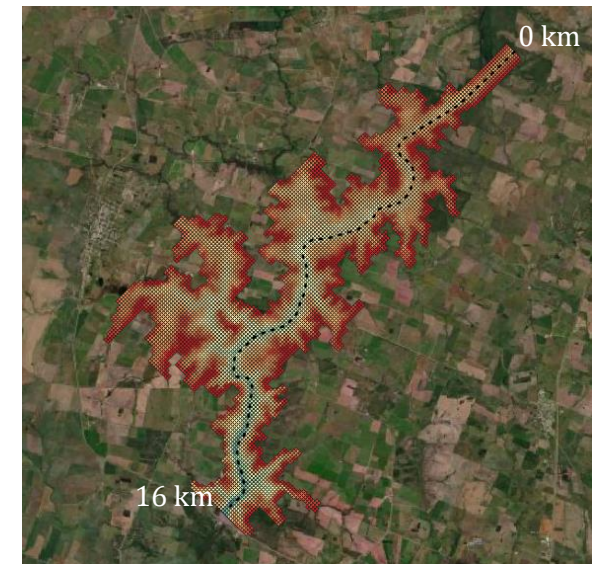
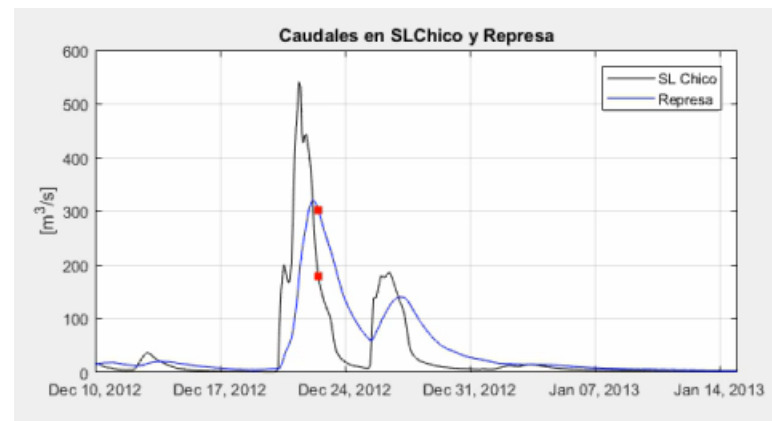
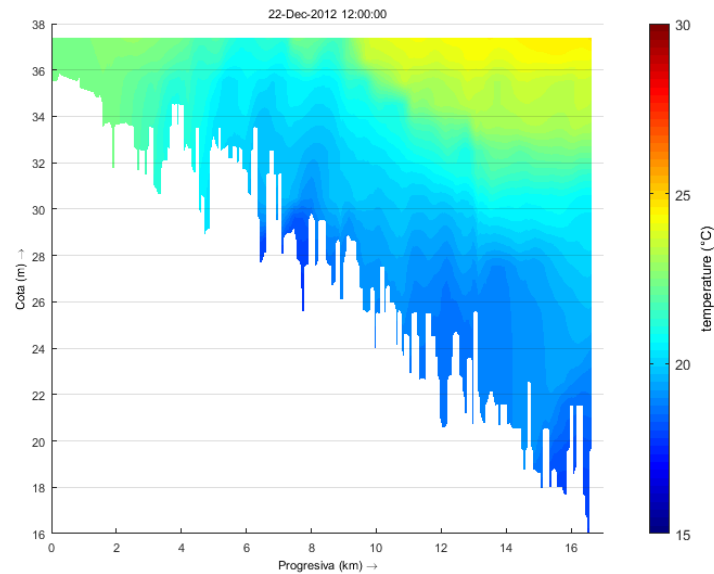
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



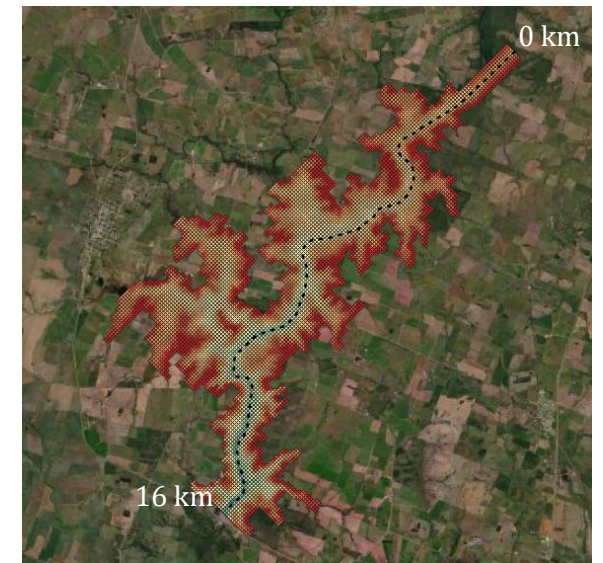
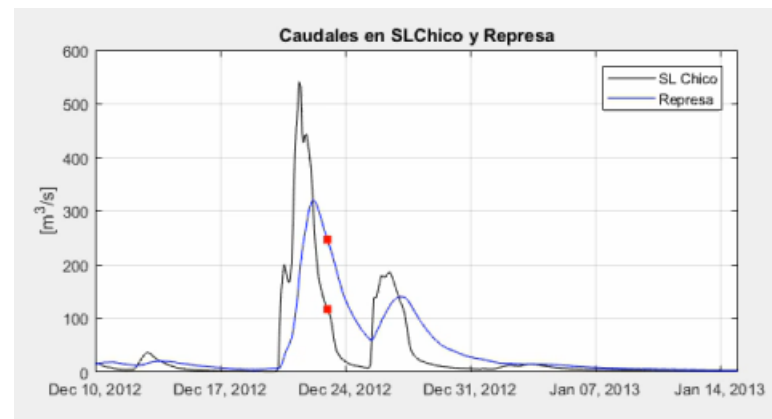
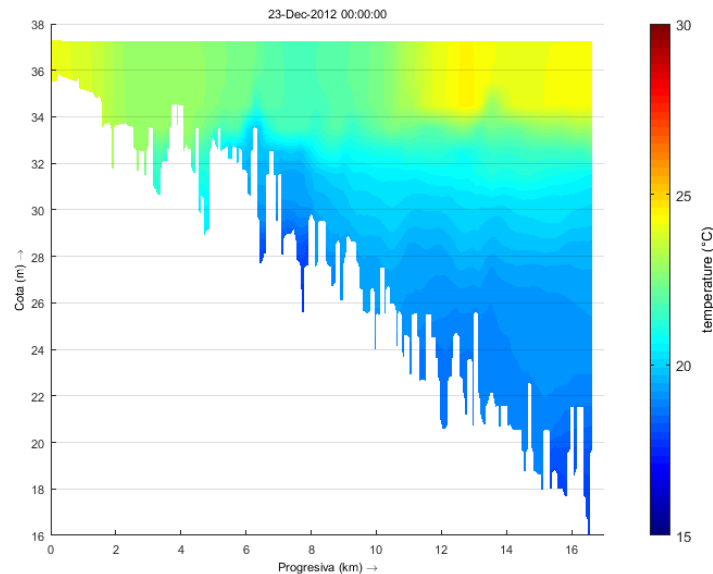
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



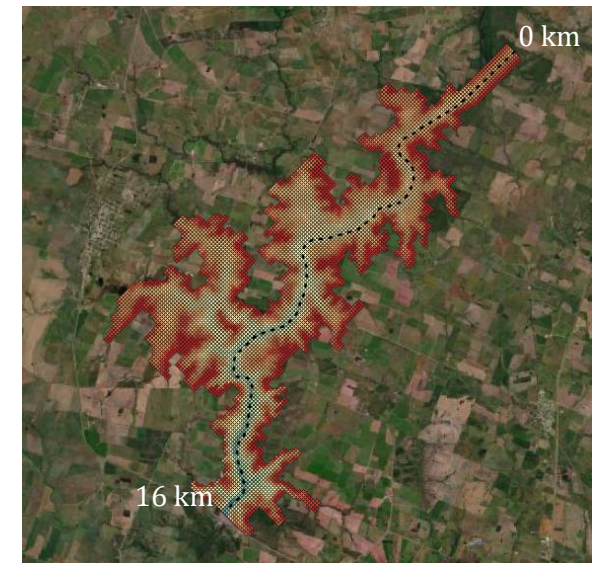
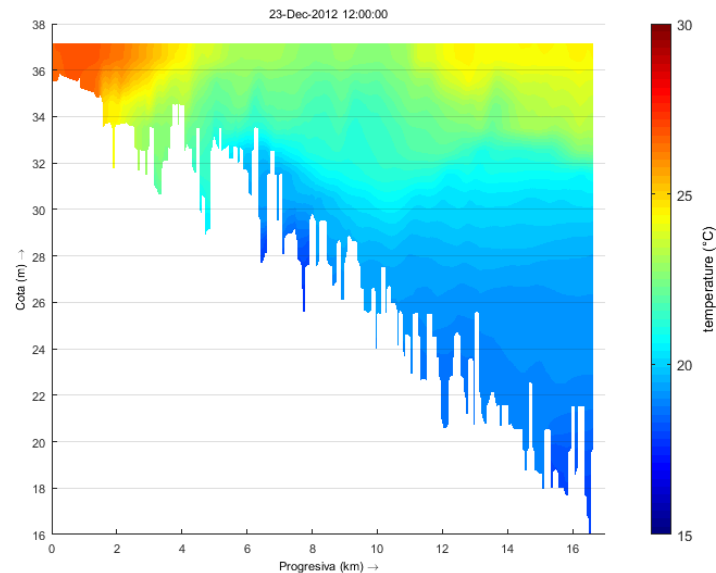
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



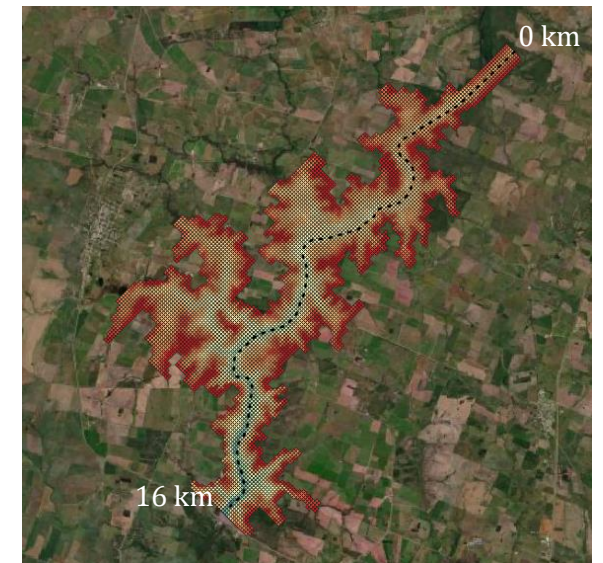
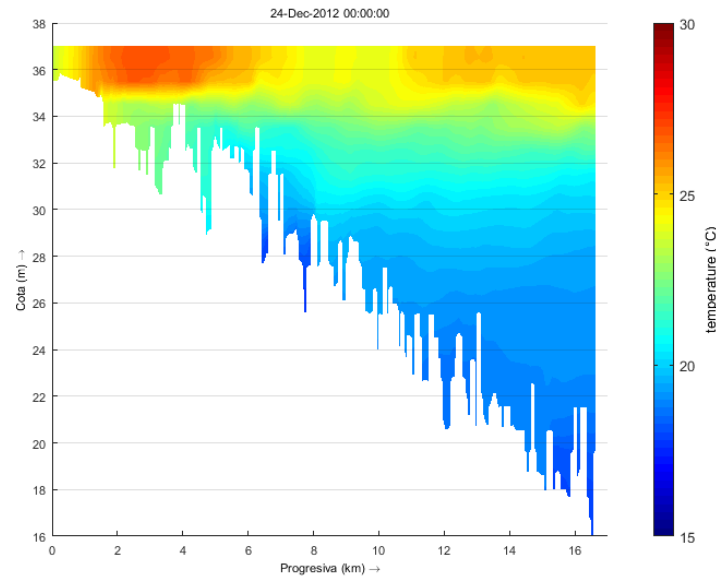
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



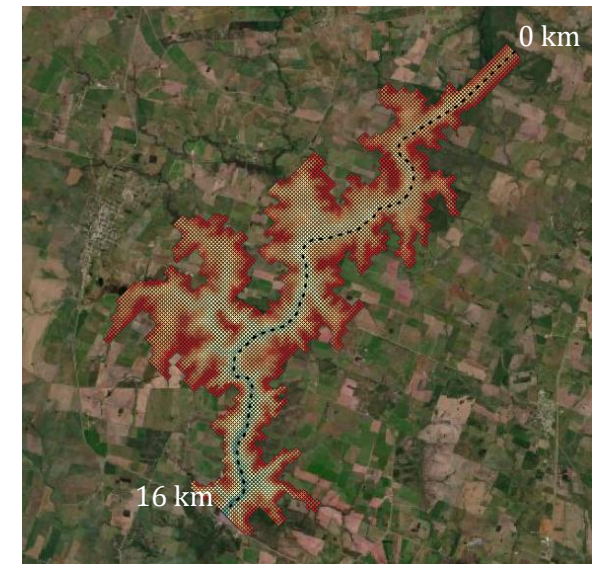
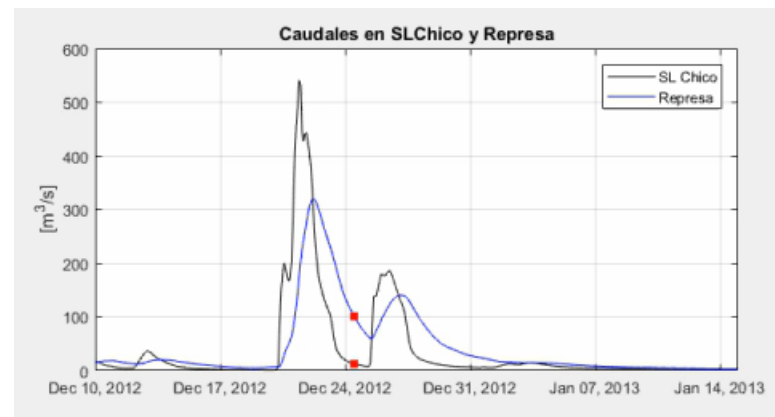
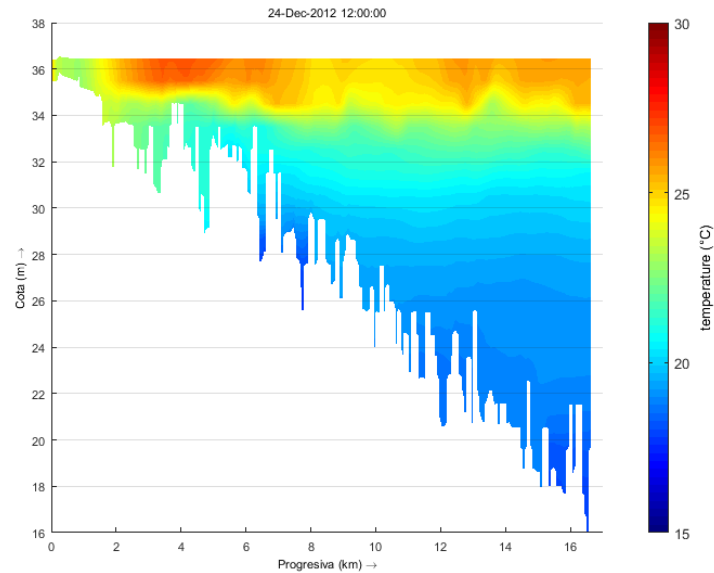
2. Corrientes de densidad

La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.

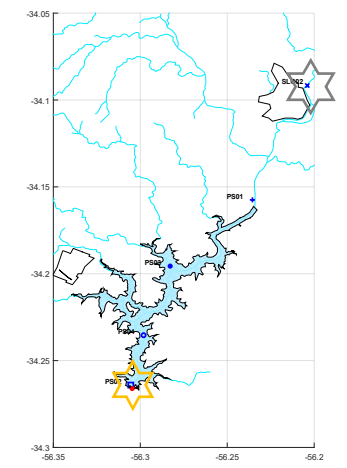
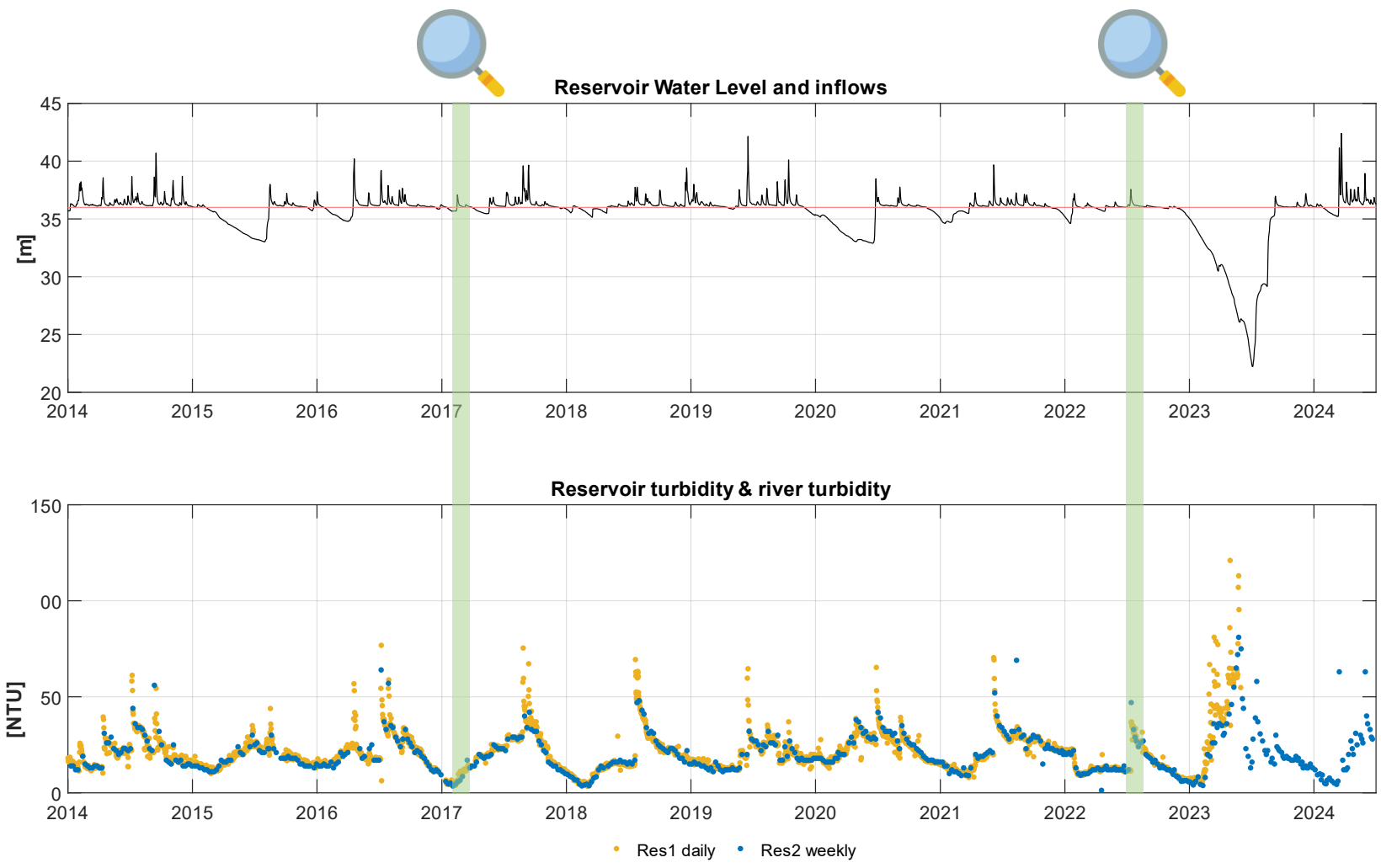


2. Corrientes de densidad

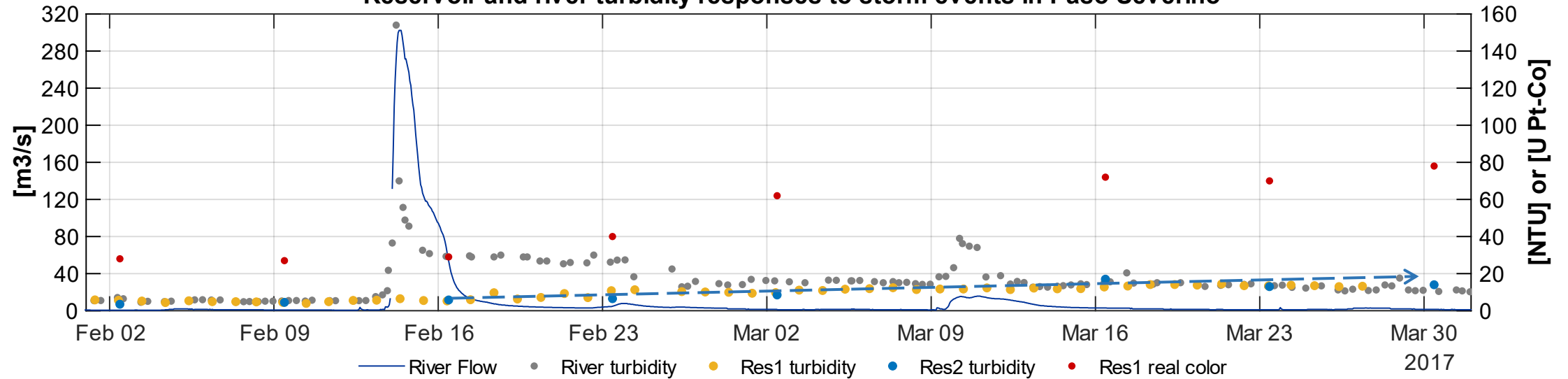
La relación entre la temperatura del agua que ingresa y la temperatura del embalse es determinante en la distribución de la avenida en el embalse, pudiendo o bien mezclarse o bien generarse corrientes preferenciales superficiales o de fondo en caso de que las diferencias de densidad sean apreciables.



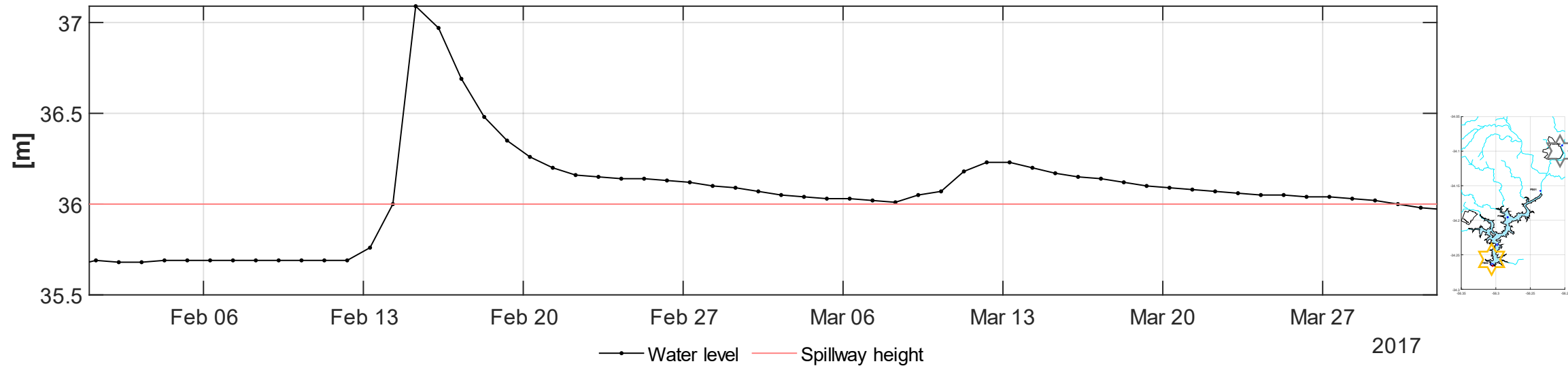
¿Qué observamos en los datos?



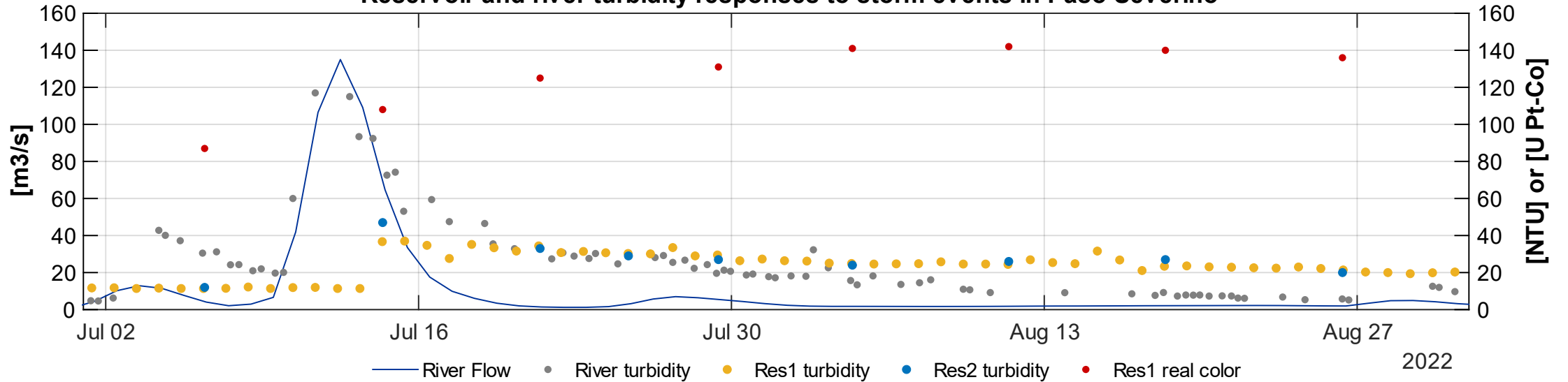
Reservoir and river turbidity responses to storm events in Paso Severino



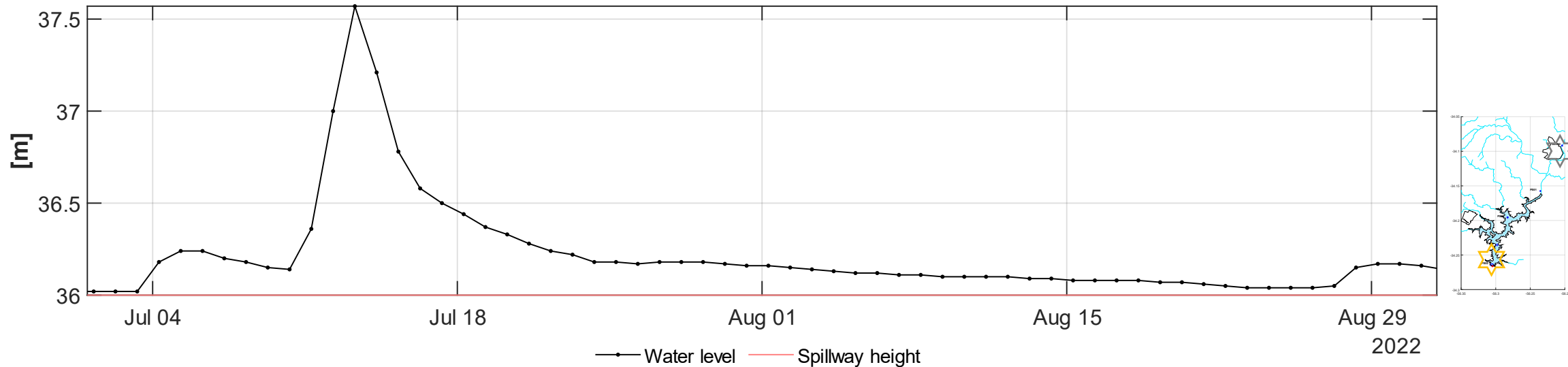
Reservoir water level



Reservoir and river turbidity responses to storm events in Paso Severino



Reservoir water level

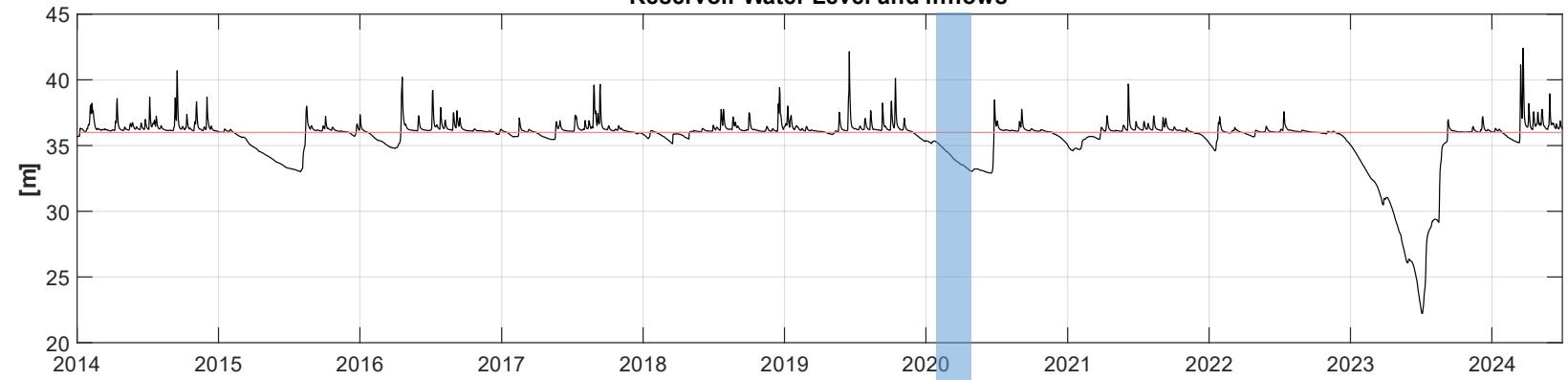




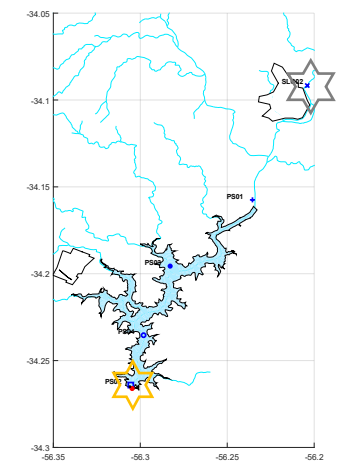
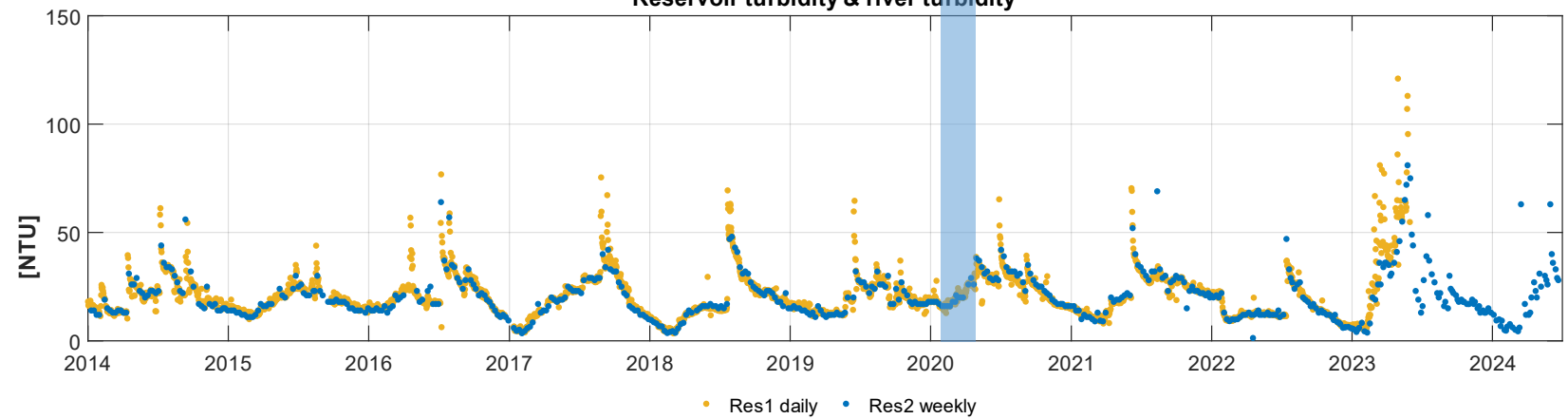
Disminución sostenida en los niveles del embalse

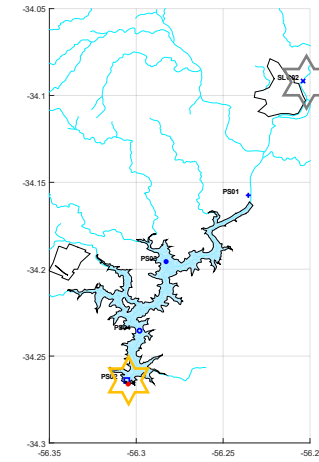
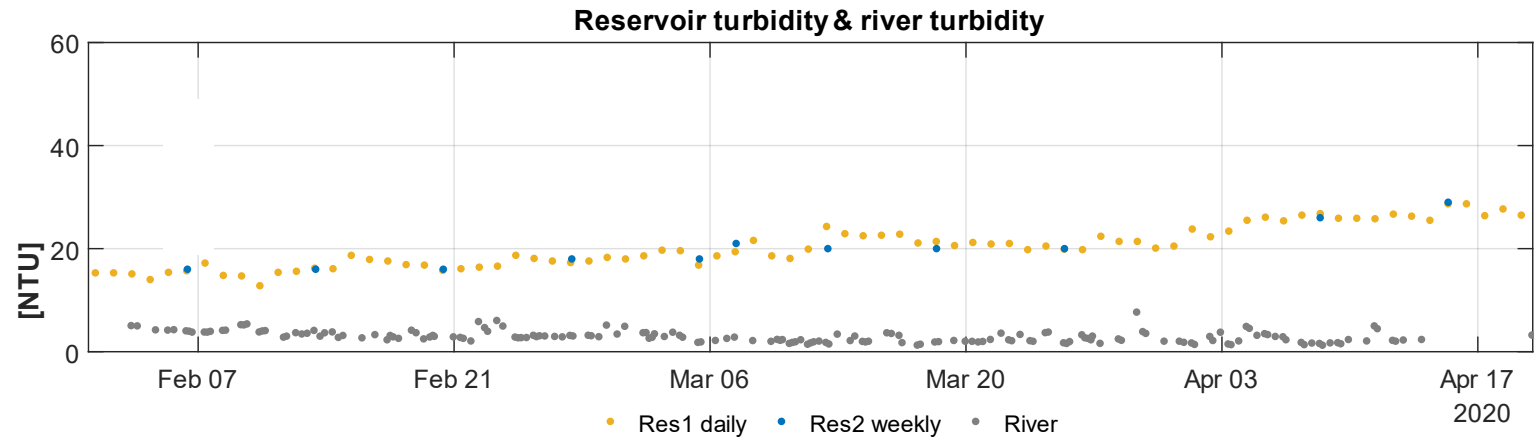
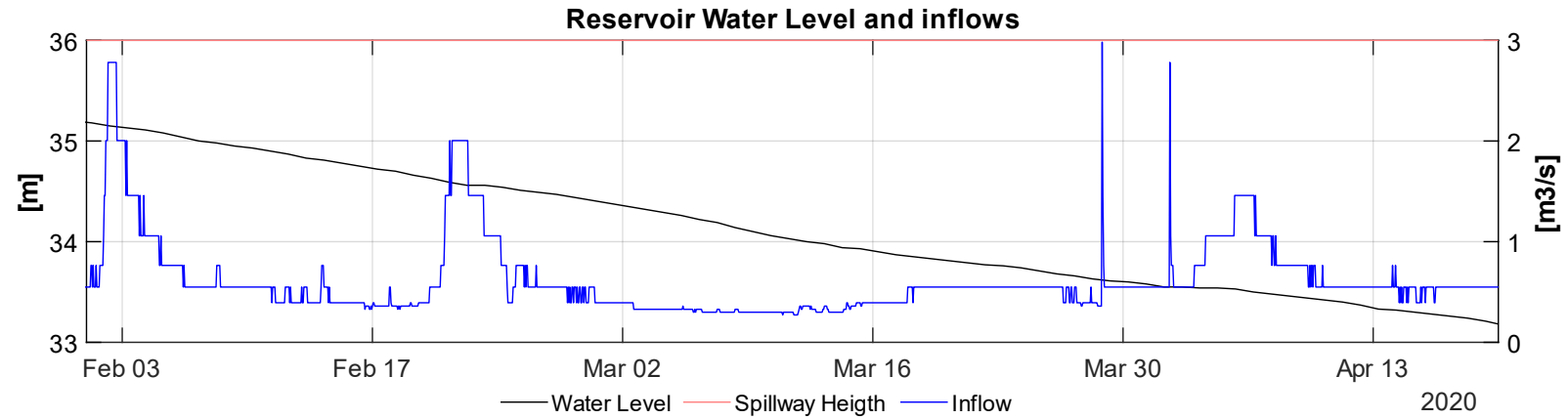


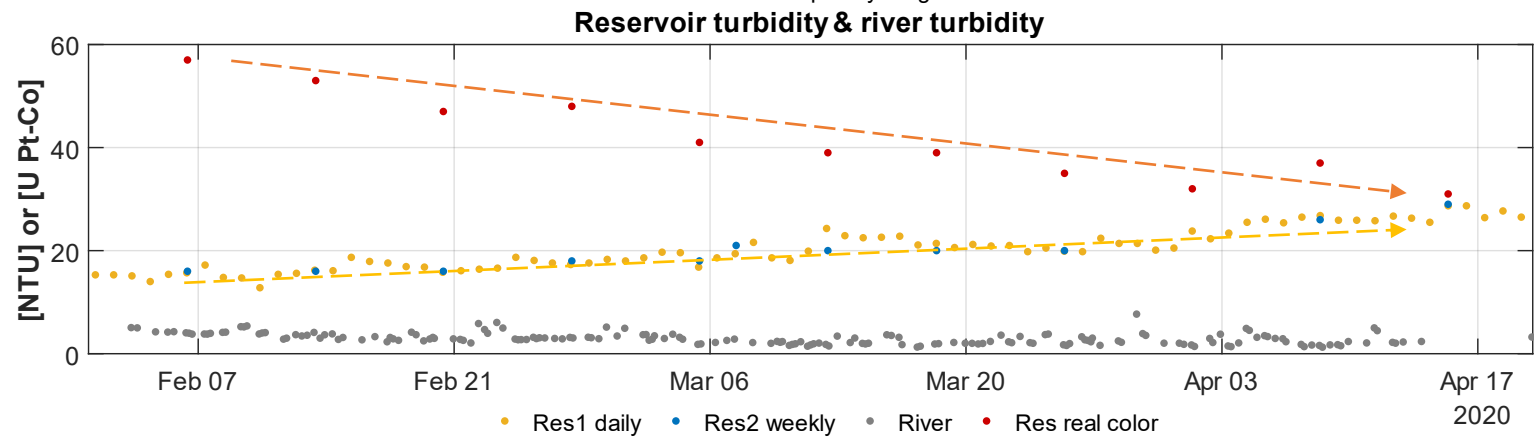
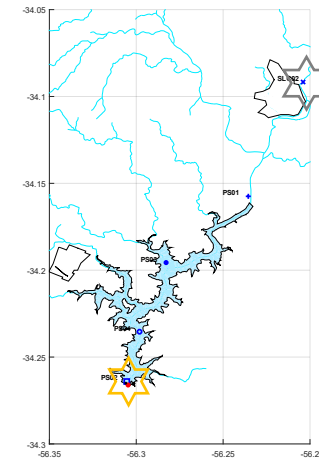
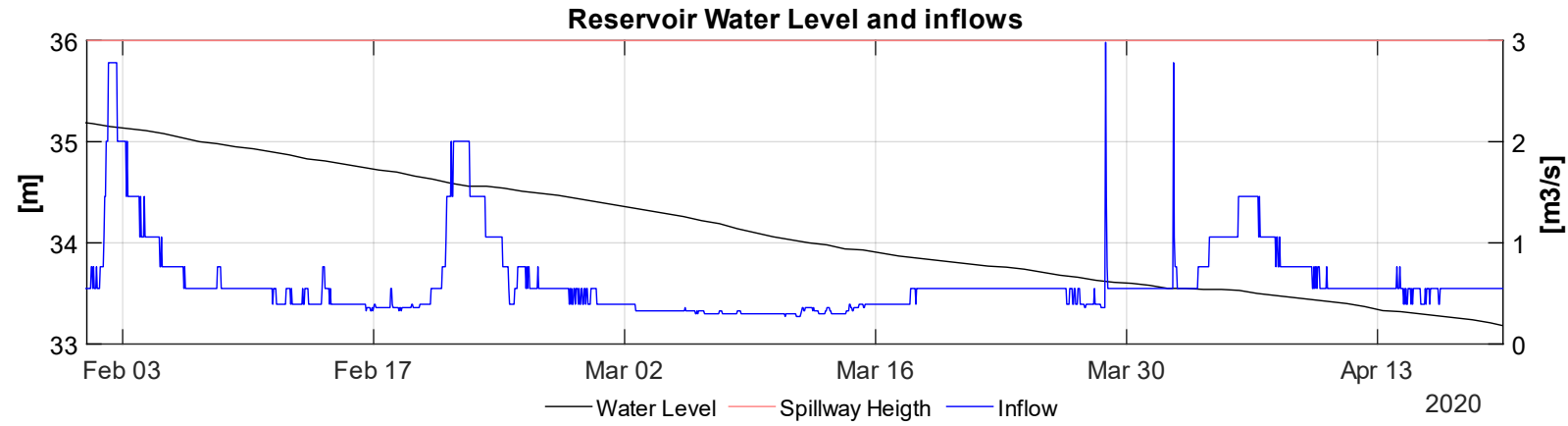
Reservoir Water Level and inflows



Reservoir turbidity & river turbidity







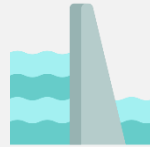
Contenidos



FACULTAD DE
INGENIERÍA



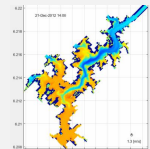
UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Caso de estudio



Color y turbidez -Relevancia-



Color y turbidez -Dinámica-



Discusión

¡Gracias!



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY