

# ESTUDIO DEL NIVEL DE SALUBRIDAD DE LAS AGUAS CONTINENTALES Y LITORALES DE GIJÓN



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo



Ayuntamiento  
de **Gijón**



## ANTECEDENTES

---

- En el periodo Mayo-Octubre del año 2020 se ha realizado un estudio del nivel de salubridad de las aguas continentales y litorales de Gijón (*en el marco de un convenio suscrito entre la Universidad de Oviedo y el Ayuntamiento de Gijón*)
- Para ello se creó un grupo de trabajo multidisciplinar encargado de recoger información sobre la posible presencia de microorganismos productores de toxinas en las aguas del Río Piles, así como la posible liberación de las mismas al medio



## GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

---

**GEAB** (Espectrometría Analítica y Bioanalítica), Área de Química Analítica, Universidad de Oviedo.

Prof. Dr. José Manuel Costa Fernández. ✉ [jcostafe@uniovi.es](mailto:jcostafe@uniovi.es)  
Facultad de Química. Oviedo

**BIONUC** (Biotecnología de Nutraceuticos y Compuestos Bioactivos), Área de Microbiología, Universidad de Oviedo

Prof. Dr. Felipe Lombó Brugos. ✉ [lombofelipe@uniovi.es](mailto:lombofelipe@uniovi.es)  
Facultad de Medicina. Oviedo

**SIME** (Sistemas de Instrumentación y Medida), Área de Tecnología Electrónica, Universidad de Oviedo

Prof. Dr. Francisco Ferrero. ✉ [ferrero@uniovi.es](mailto:ferrero@uniovi.es)  
EPI. Gijón

# ÍNDICE

---

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

## 3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

- a. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO
- b. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
- c. METAGENÓMICA
- d. ANÁLISIS DE TOXINAS

## 4. CONCLUSIONES



# INTRODUCCIÓN

## Parámetros indicadores de la salubridad de las aguas:

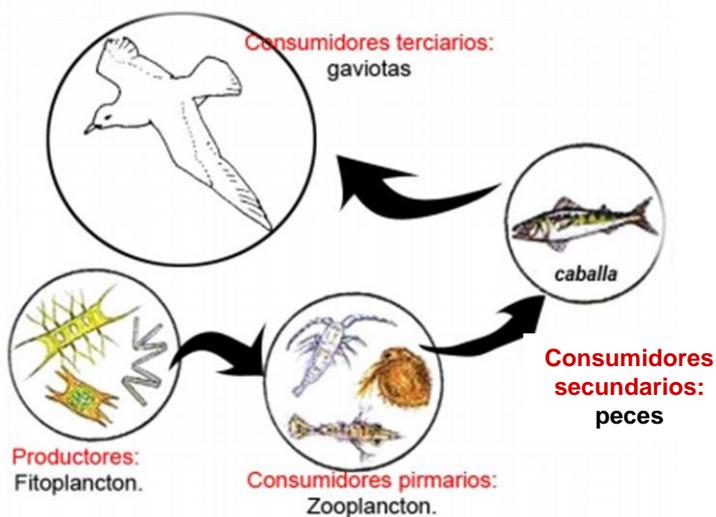
- Detectar biomarcadores para informar sobre la calidad sanitaria y medioambiental de las aguas en la cuenca fluvial del río Piles, en su tramo urbano hasta su desembocadura en el mar
- Evaluar el riesgo de proliferación de cianobacterias y otros microorganismos fotosintéticos productores de toxinas y su liberación al medio ambiente



# INTRODUCCIÓN

## Motivos:

- **Salud ambiental:** las toxinas liberadas pueden acumularse a lo largo de las cadenas tróficas
- **Salud pública:** tal y como se recoge en el *RD 1341/2007, de 11 de Octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño* (BOE núm. 257, de 26 de octubre de 2007).



**Piel y mucosas:**  
Enrojecimiento  
Ampollas en mucosas  
Conjuntivitis

**Corazón:**  
Hepatitis  
Carcinoma hepático

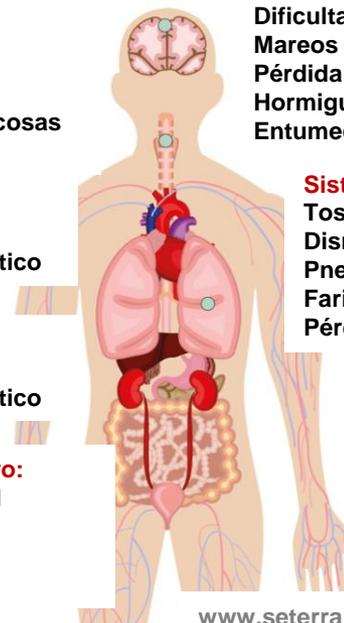
**Hígado:**  
Hepatitis  
Carcinoma hepático

**Sistema digestivo:**  
Dolor abdominal  
Náuseas  
Vómitos  
Diarrea

**Sistema nervioso central:**  
Cefalea  
Dificultad para hablar  
Mareos  
Pérdida de coordinación  
Hormigueo  
Entumecimiento

**Sistema respiratorio:**  
Tos  
Disnea  
Pneumonía  
Faringitis  
Pérdida de coordinación

**Riñones:**  
Daño renal



# ÍNDICE

---

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO
3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS
  - a. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO
  - b. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
  - c. METAGENÓMICA
  - d. ANÁLISIS DE TOXINAS
4. CONCLUSIONES



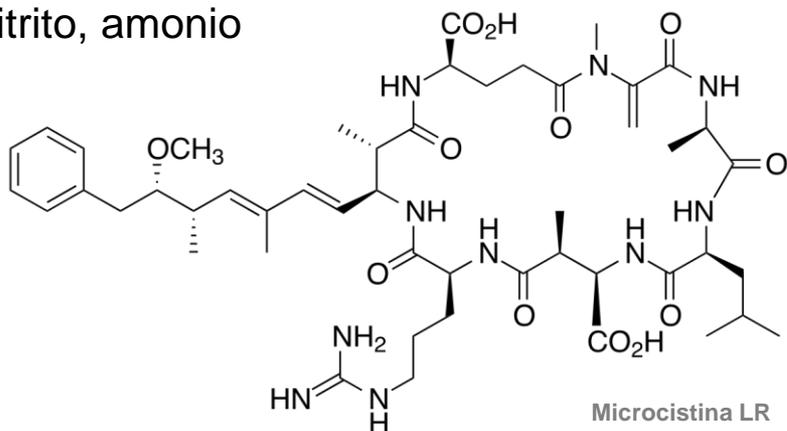
## OBJETIVOS DEL PROYECTO

Conocer la presencia de **toxinas** (producidas por cianobacterias o microalgas eucariotas) y sus especies productoras a lo largo de la cuenca fluvial del río Piles

- parámetro de salud pública (RD 1341/2007)
- parámetro de salud ambiental

Determinar diversos **parámetros físico-químicos** de interés a lo largo de esta cuenca fluvial, como potenciales moduladores del crecimiento de las poblaciones de cianobacterias y microalgas eucariotas (diatomeas, dinoflagelados fotosintéticos, clorofíceas, etc.).

- fosfato
- nitrato, nitrito, amonio



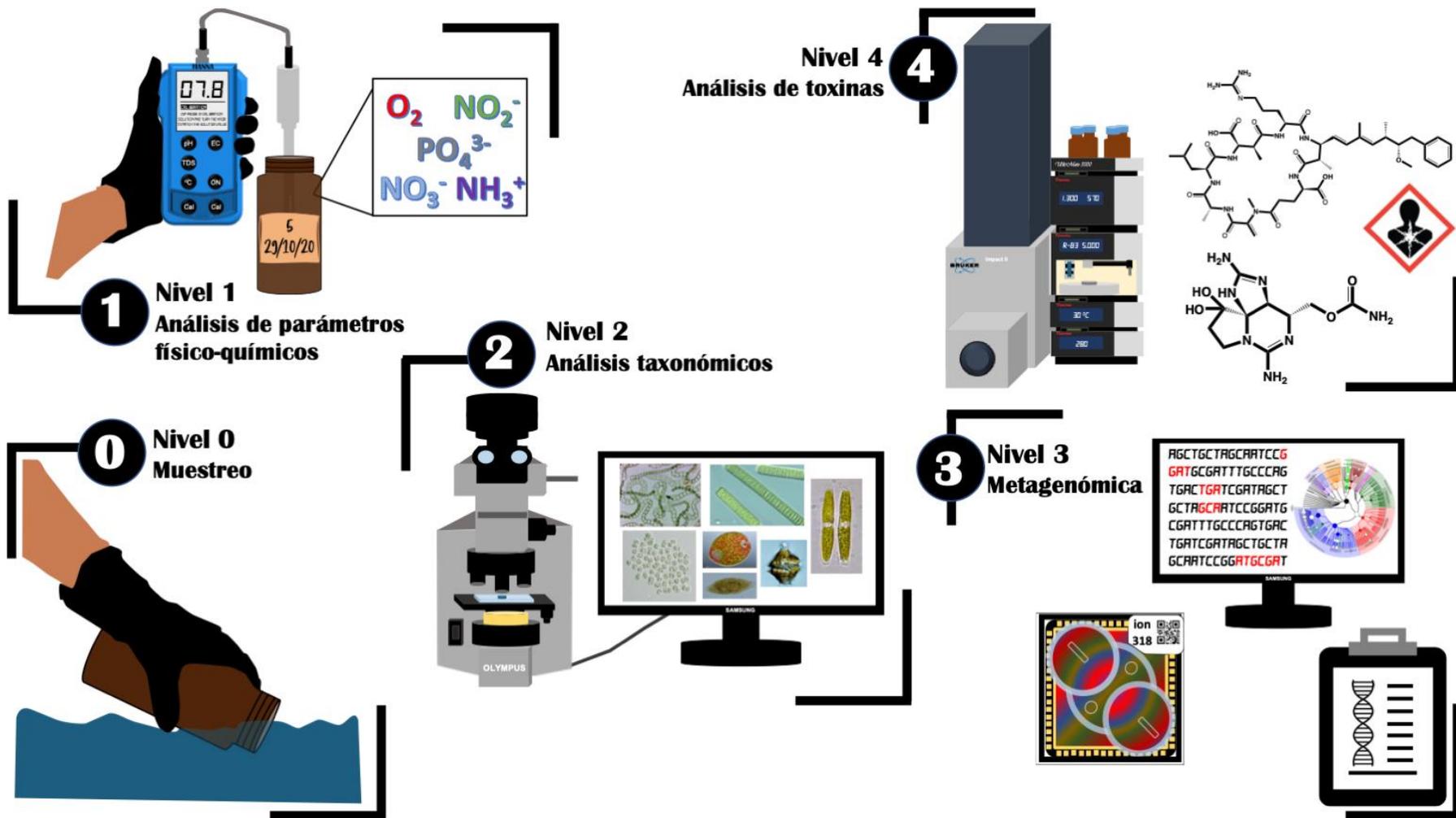
# ÍNDICE

---

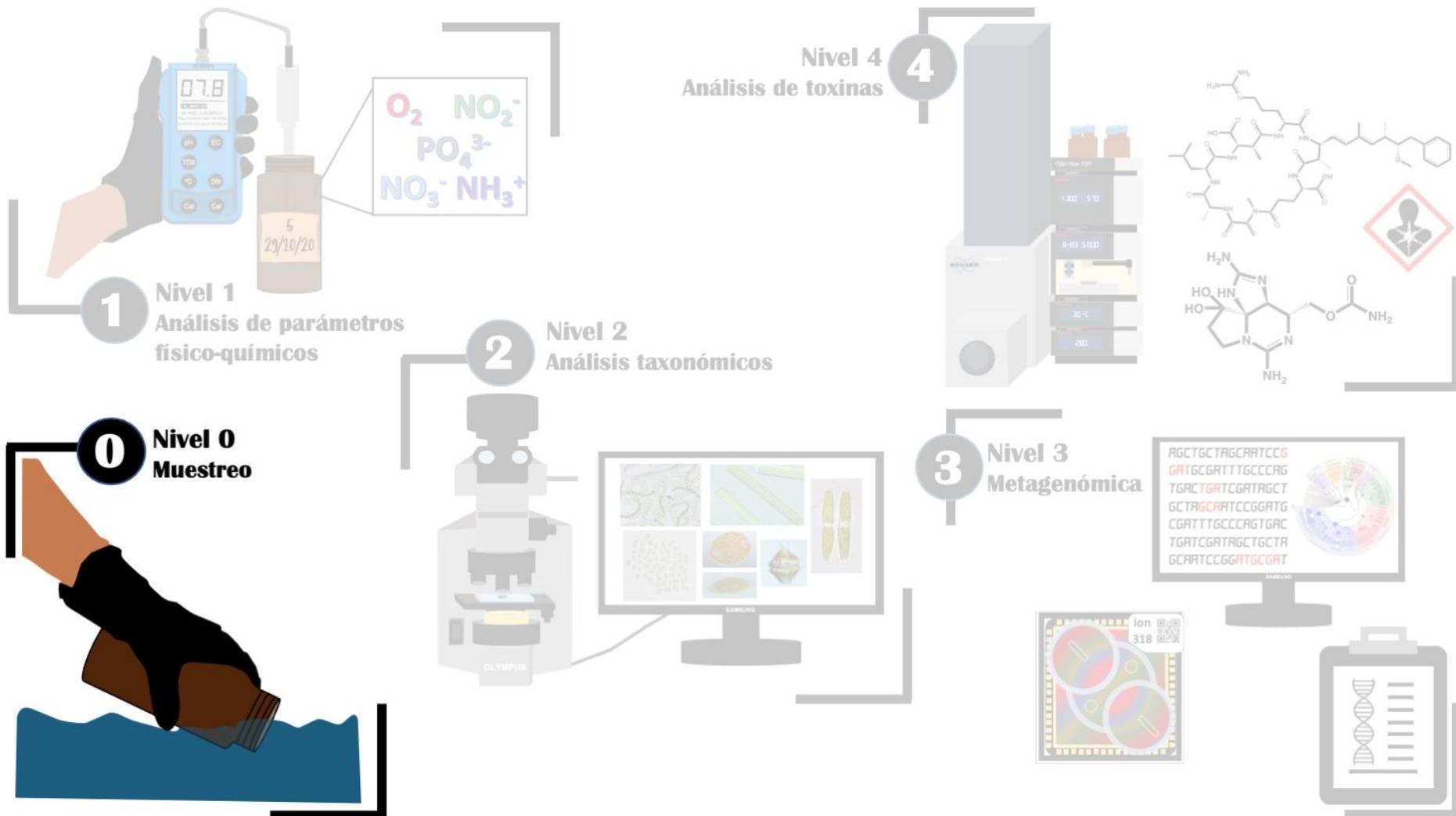
1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO
3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS
  - a. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO
  - b. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
  - c. METAGENÓMICA
  - d. ANÁLISIS DE TOXINAS
4. CONCLUSIONES



## METODOLOGÍA



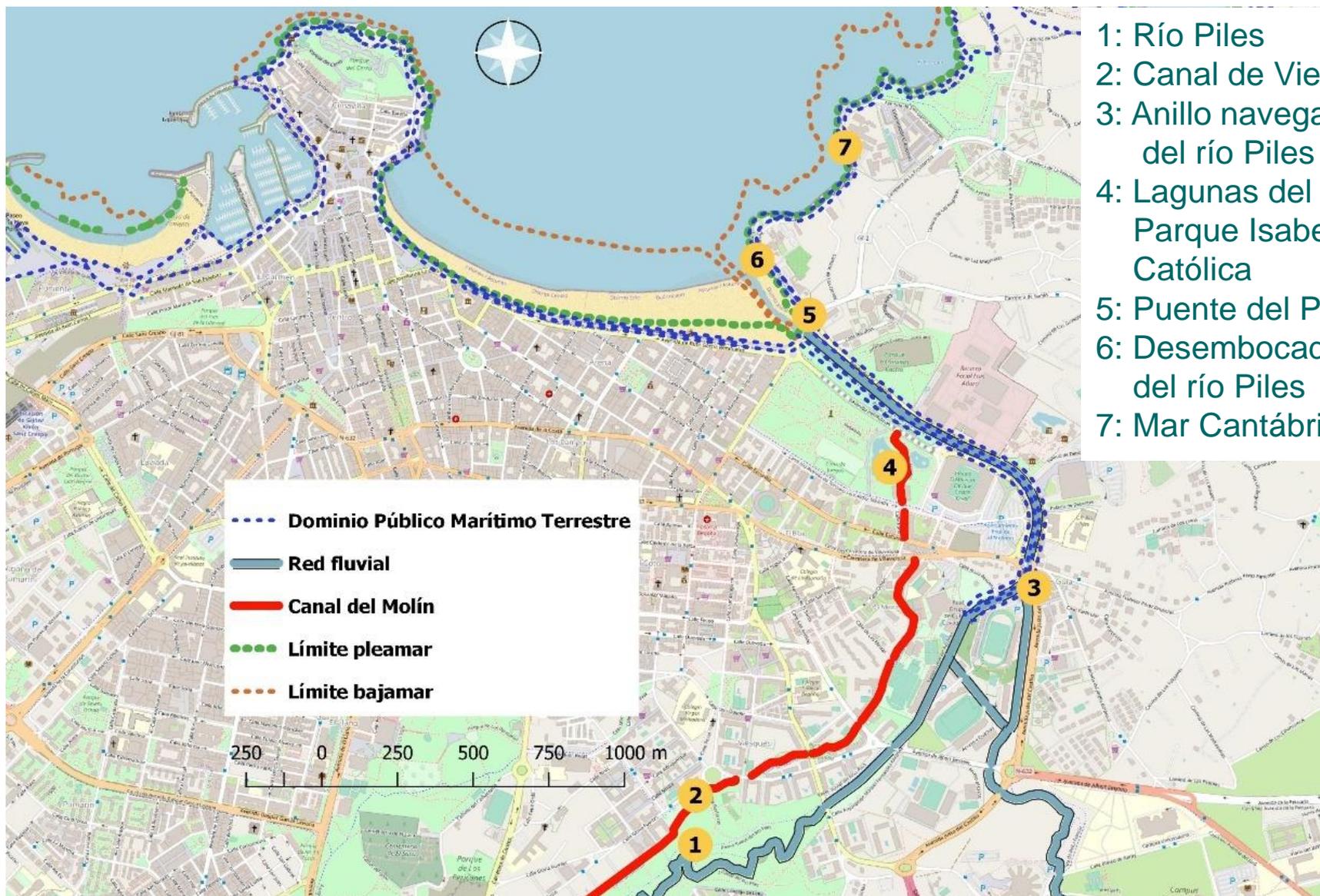
## NIVEL 0: MUESTREO





# UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO

---



- 1: Río Piles
- 2: Canal de Viesques
- 3: Anillo navegable del río Piles
- 4: Lagunas del Parque Isabel La Católica
- 5: Puente del Piles
- 6: Desembocadura del río Piles
- 7: Mar Cantábrico

Arroyo de LLantones Río Piles

Arroyo Peña Francia



## P01

Se encuentra en el cauce del río Piles, en el barrio de Viesques, e inmerso en el denominado Parque Fluvial. Forma parte del tramo natural del río, con un régimen de caudal permanente y flujo de agua continuo



## P02

Canal de los molinos, o Canal de Viesques; desemboca en las lagunas y en el canal del Parque de Isabel La Católica. Es un cauce artificial de hormigón, de sección trapezoidal y escasa pendiente, que atraviesa una zona urbanizada colindante al Parque Fluvial



## P03

Se encuentra en el denominado anillo navegable, en la confluencia del Arroyo de Peña Francia y el río Piles, a escasos metros del azud, formando un cauce artificial con una orilla constituida por escollera revegetada y la otra por muros verticales de hormigón



## P04

Situado en la laguna principal, la más grande del Parque de Isabel La Católica. Se trata de un ecosistema lacustre, con escasa renovación y alto tiempo de residencia del agua



## P05

Situado en el río Piles, a la altura del puente que se abre a la bahía de San Lorenzo. Es un tramo canalizado entre muros de hormigón y fuertemente urbanizado. Esta influenciado por las mareas ordinarias, por lo que el agua es salobre



## P06

Situado en la desembocadura del río Piles y su confluencia con la playa y el mar. El ecosistema es totalmente marino, con influencia fluvial durante grandes avenidas



**P07**

Situado a la altura del Sanatorio Marítimo, representa una zona de litoral dentro de la bahía, permanentemente batido por las olas



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo

## ESTUDIO DEL NIVEL DE SALUBRIDAD DE LAS AGUAS CONTINENTALES Y LITORALES DE GIJÓN



Ayuntamiento  
de Gijón

# PROTOCOLO Y PARÁMETROS DE MUESTREO

---

# PROTOCOLO DE TOMA DE MUESTRAS

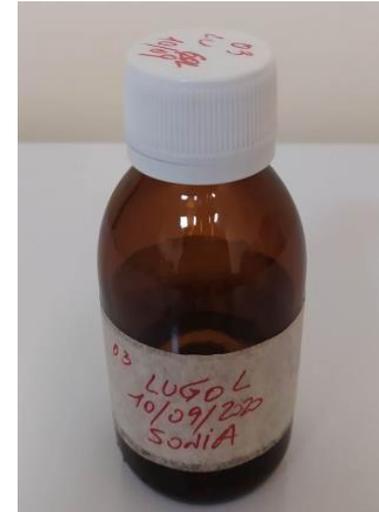
- Se realizó **de forma integrada desde la superficie hasta 20 cm del fondo** (en aquellos puntos en los que la columna de agua lo permitió), manteniendo una distancia lo suficientemente amplia del fondo para evitar los sedimentos del lecho o la cobertura de macrófitos
- Se realizó de forma estrictamente **sistemática, siempre en el mismo punto**, sin realizar un muestreo dirigido a zonas donde existían evidencias detectables visualmente de una mayor proliferación de fitoplancton, a pesar de que en determinados días y zonas se observaron acumulaciones y manchas que indicaban una mayor acumulación



# PROTOCOLO DE TOMA DE MUESTRAS

---

- Periodicidad semanal (abril – octubre)
- 30 muestreos en los 7 puntos (210 muestras)
- Medidas *in situ*
- Medidas en laboratorio



# PARÁMETROS MEDIDOS *IN SITU*

- pH
- Temperatura del agua (°C)
- Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- Oxígeno disuelto ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )
- Saturación de oxígeno (%)
- Sólidos en suspensión ( $\text{mg}/\text{L}$ )



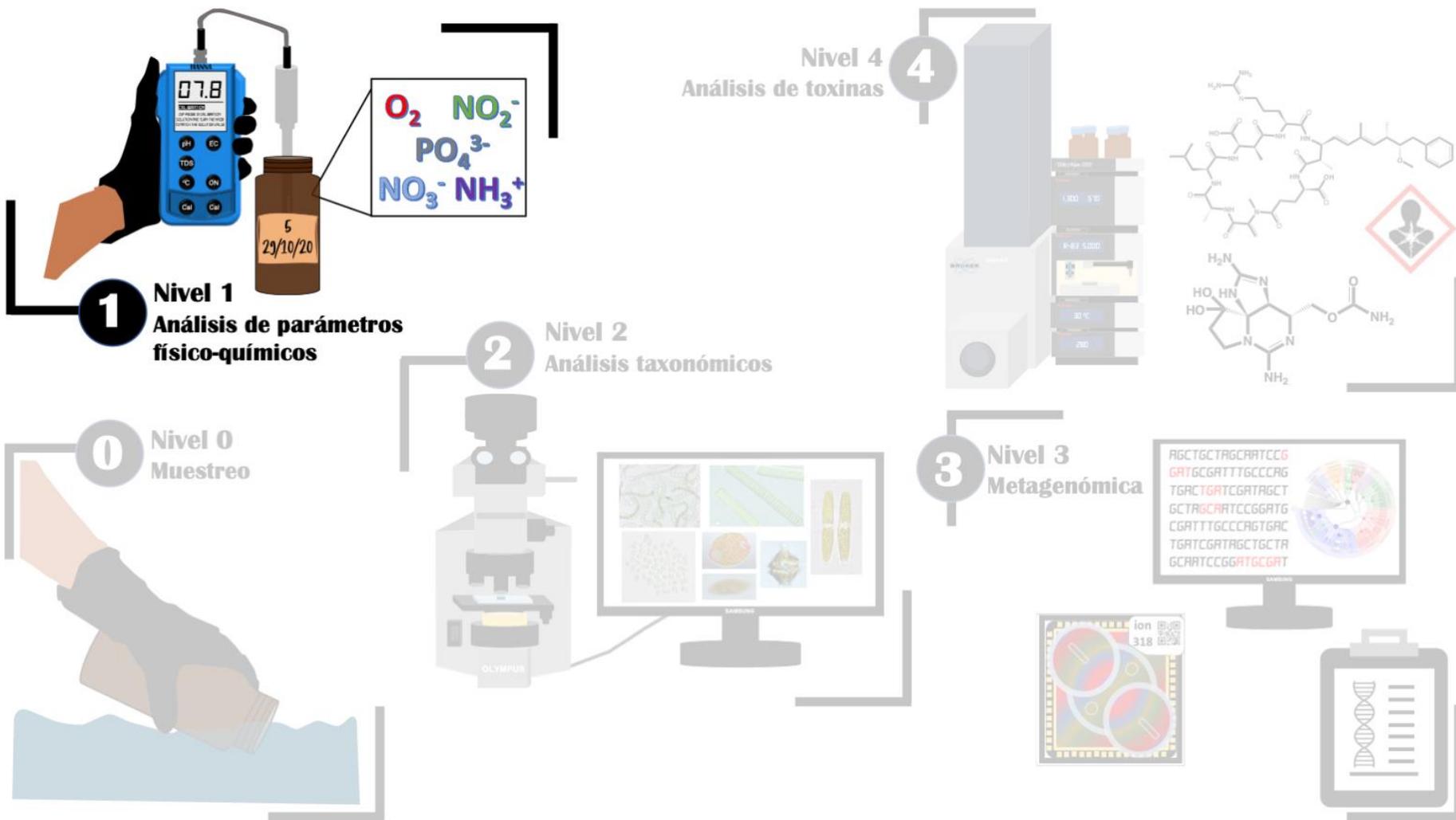
# PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL LABORATORIO

- Fósforo Total
- Nitrógeno Total, Nitrato, Nitrito y Amonio

Indicadores del riesgo de eutrofización



Servicios Científico-Técnicos de la  
Universidad de Oviedo



## PARÁMETROS AMBIENTALES INDICADORES DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE CIANOBACTERIAS (Organización Mundial de la Salud, OMS 2015)

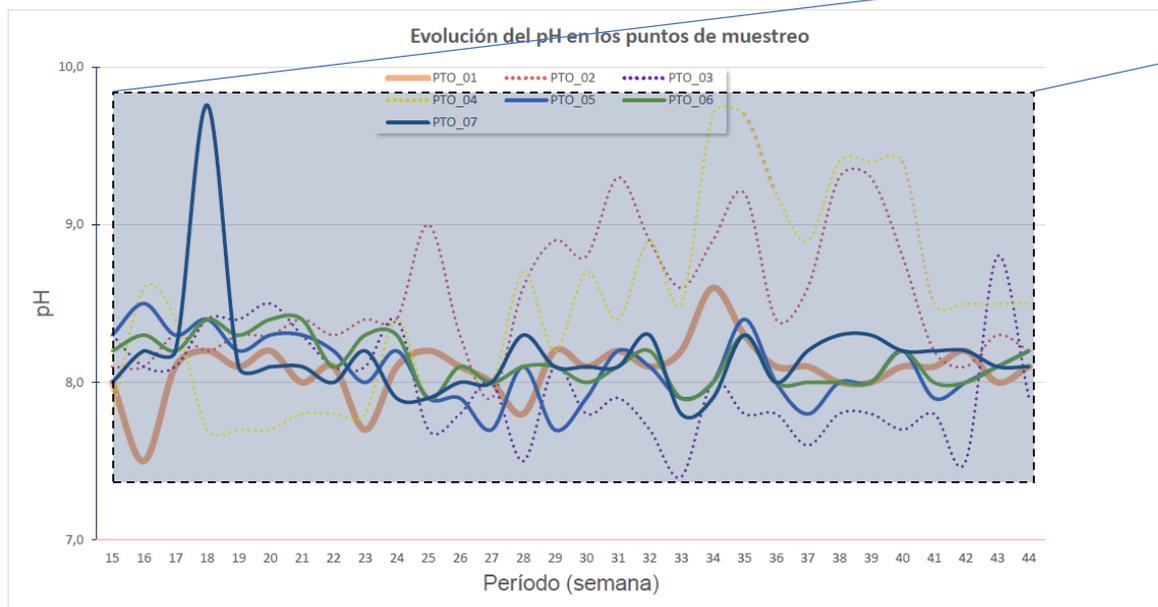
PARÁMETRO	POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE CIANOBACTERIAS				
	MUY BAJO	ALTO			MUY ALTO
Fósforo total ( $\mu\text{g/l}$ )	<10	12 - 25	>25 - 50	>50 - 100	>100
Tiempo de residencia del agua	Corriente de agua visible	<1 mes	<1 mes	<1 mes	$\geq 1$ mes
pH	<5-6	<6-7	<6-7	<6-7	>7
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	<10	10-15	15-20	20-25	$\geq 25$
Profundidad del disco de Secchi	$\geq 2$	<2- 1	<1- 0,5	<1- 0,5	<0,5

# EVOLUCIÓN DEL pH

Parámetros ambientales indicadores del potencial de producción de cianobacterias (*Organización Mundial de la Salud, OMS 2015*)

- pH

PARÁMETRO	POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE CIANOBACTERIAS				
	MUY BAJO	ALTO			MUY ALTO
Fósforo total (µg/l)	<10	12 - 25	>25 - 50	>50 - 100	>100
Tiempo de residencia del agua	Corriente de agua visible	<1 mes	<1 mes	<1 mes	≥ 1 mes
pH	<5-6	<6-7	<6-7	<6-7	>7
Temperatura (°C)	<10	10-15	15-20	20-25	≥25
	≥2	<2- 1	<1- 0,5	<1- 0,5	<0,5

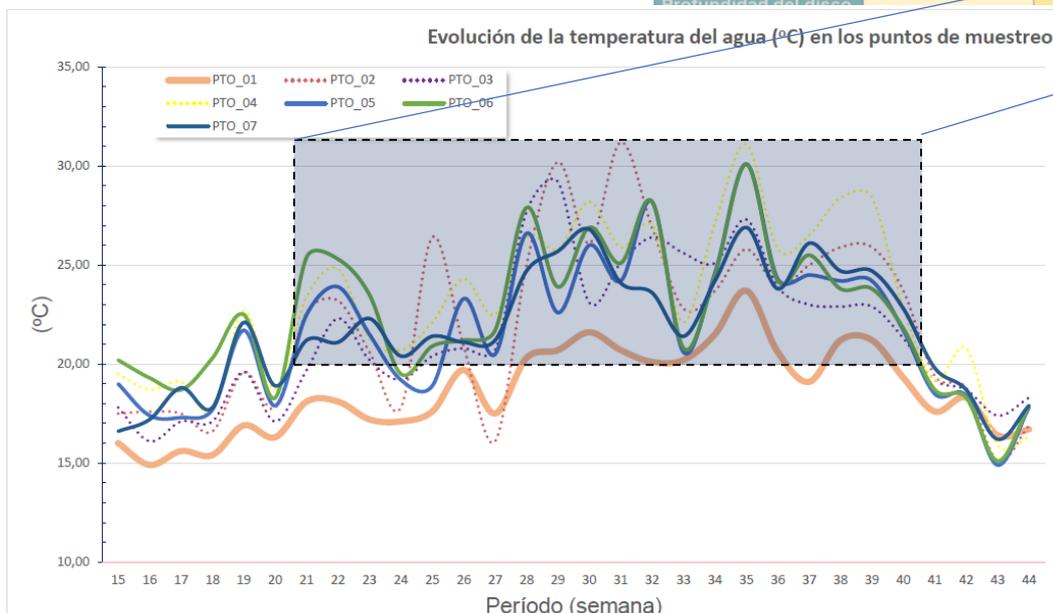


# EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA

Parámetros ambientales indicadores del potencial de producción de cianobacterias (*Organización Mundial de la Salud, OMS 2015*)

- Temperatura

PARÁMETRO	POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE CIANOBACTERIAS				
	MUY BAJO	ALTO			MUY ALTO
Fósforo total (µg/l)	<10	12 - 25	>25 - 50	>50 - 100	>100
Tiempo de residencia del agua	Corriente de agua visible	<1 mes	<1 mes	<1 mes	≥ 1 mes
pH	<5-6	<6-7	<6-7	<6-7	>7
Temperatura (°C)	<10	10-15	15-20	20-25	≥25
Profundidad del disco		<0,5	<1 - 0,5	<0,5	

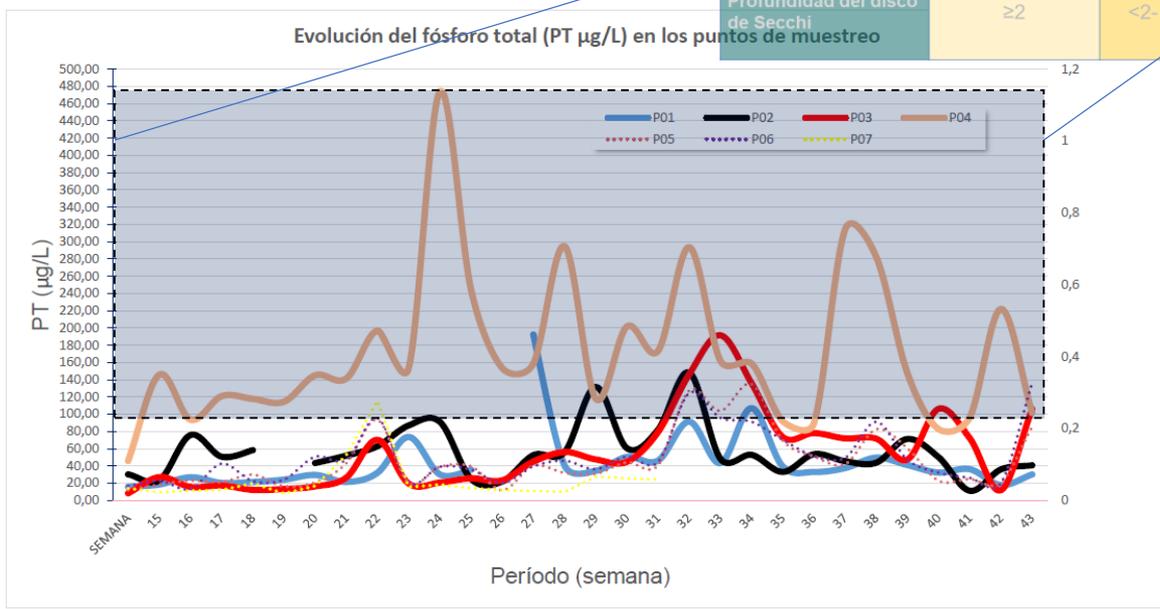


# EVOLUCIÓN DEL FÓSFORO DISUELTO

Parámetros ambientales indicadores del potencial de producción de cianobacterias (*Organización Mundial de la Salud, OMS 2015*)

- Fósforo total

PARÁMETRO	POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE CIANOBACTERIAS			
	MUY BAJO	ALTO		MUY ALTO
Fósforo total (µg/l)	<10	12 - 25	>25 - 50	>50 - 100
Tiempo de residencia del agua	Corriente de agua visible	<1 mes	<1 mes	<1 mes
pH	<5-6	<6-7	<6-7	<6-7
Temperatura (°C)	<10	10-15	15-20	20-25
Profundidad del disco de Secchi	≥2	<2 - 1	<1 - 0,5	<1 - 0,5





# NIVELES OBSERVADOS DE NUTRIENTES

---

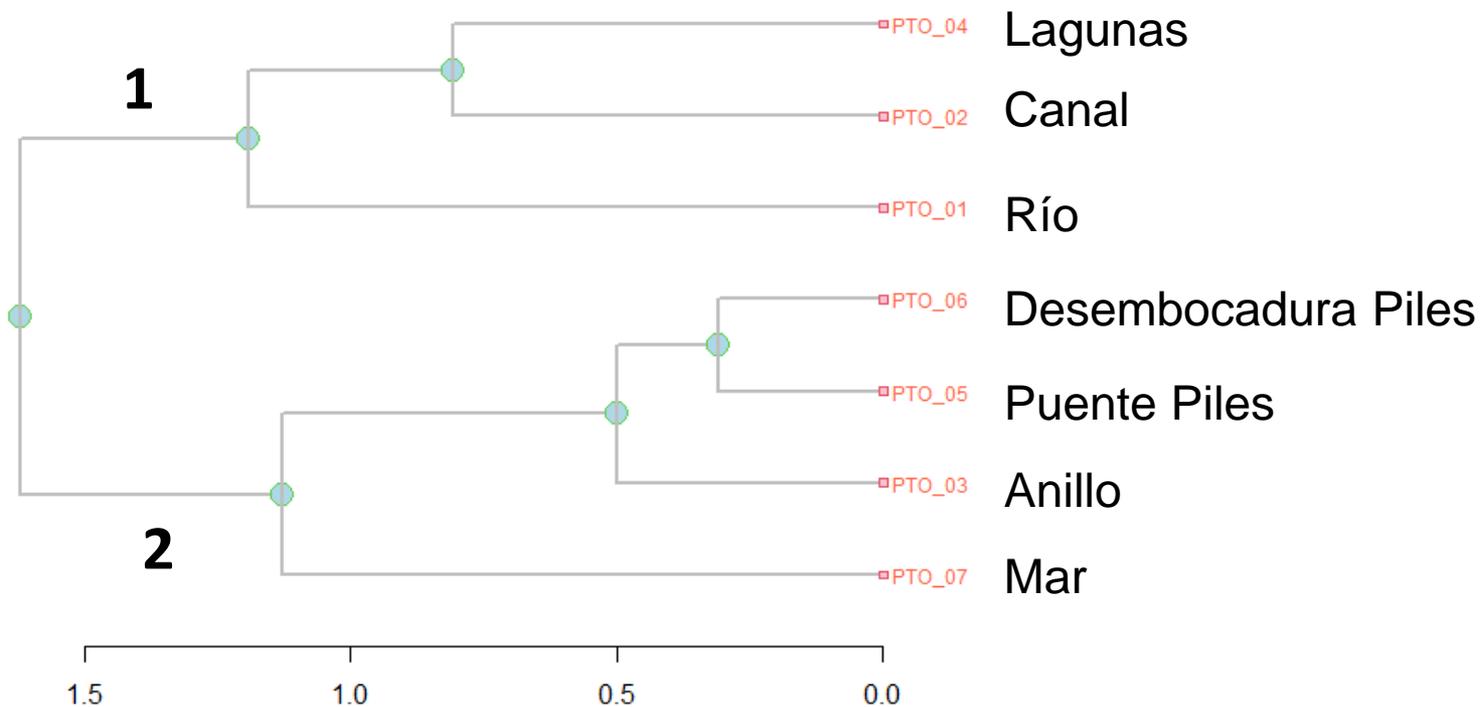
- **Fósforo disuelto**

**Valores elevados durante todo el periodo de muestreo**, llegando a superar límites hipertróficos ( $> 100 \text{ mg/m}^3$ ) en las zonas con una menor renovación del caudal

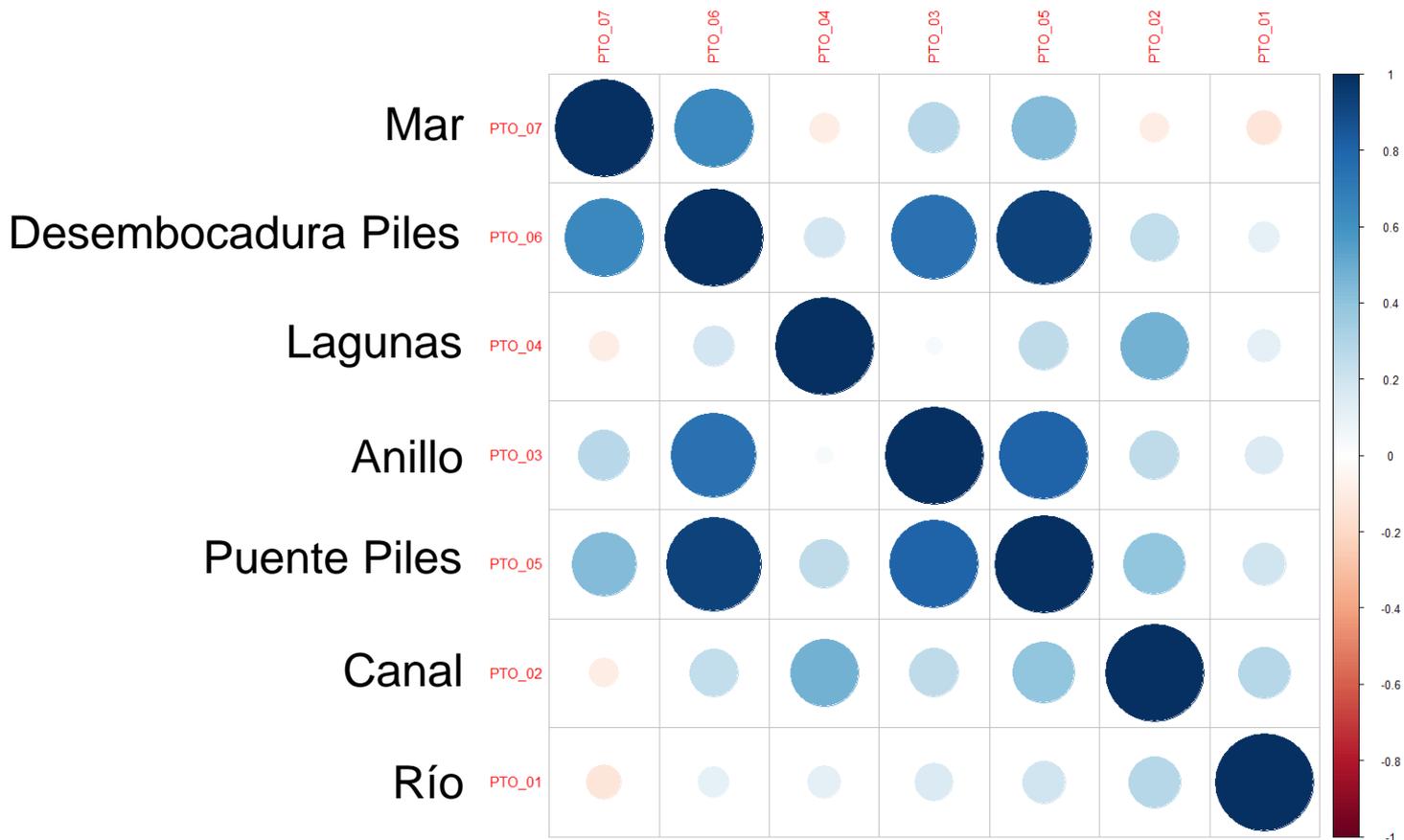
- **Nitrógeno disuelto**

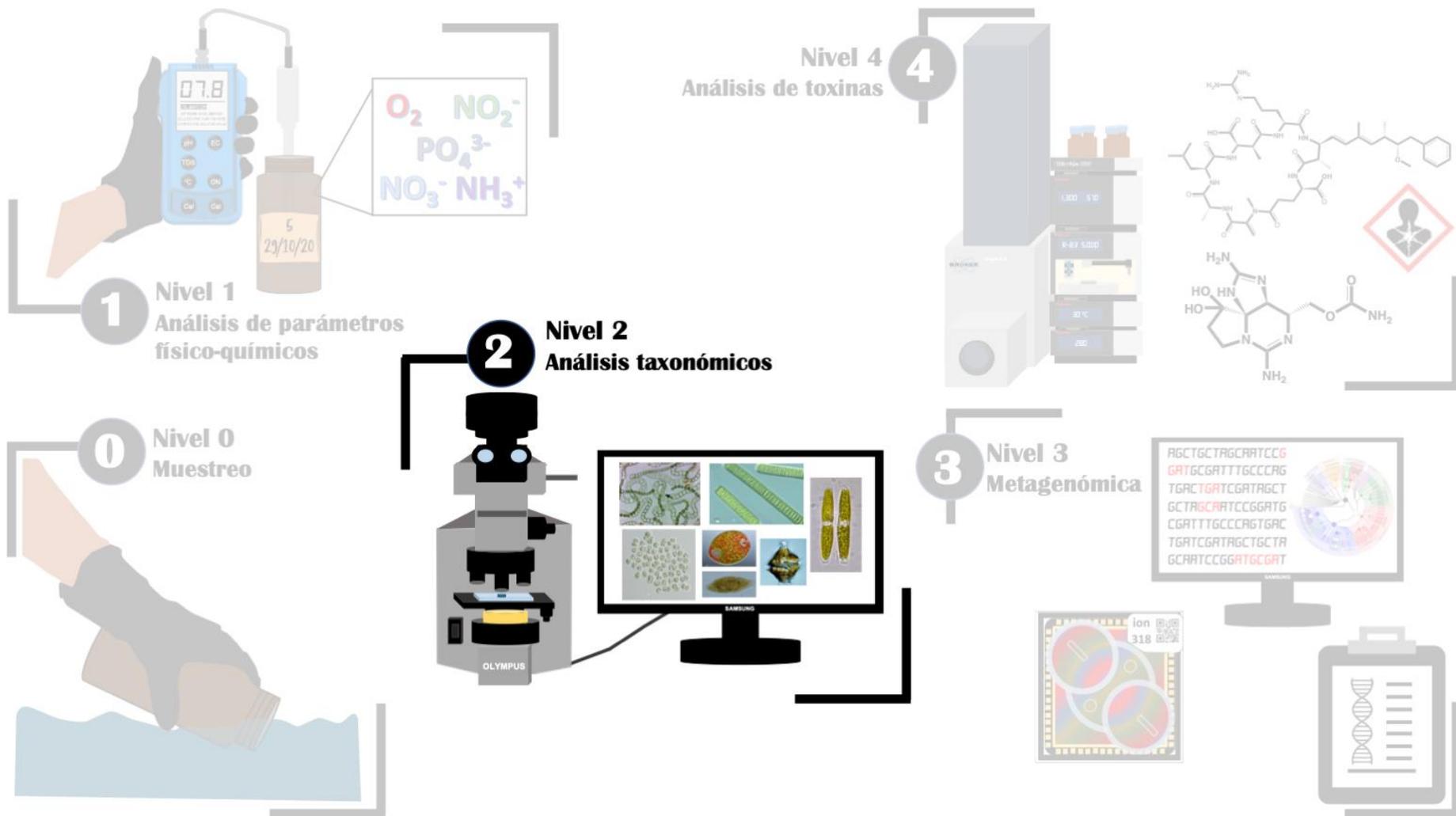
**Valores generalmente elevados durante todo el periodo de muestreo**, siendo las estaciones P02 (canal) y P01 (río Piles) las que muestran los valores más altos

# CORRELACIONES ENTRE PUNTOS DE MUESTREO BASADO EN VALORES DE FÓSFORO

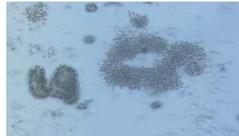
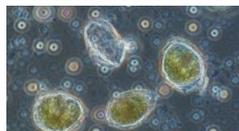
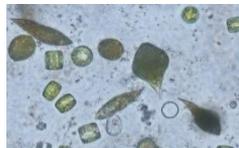
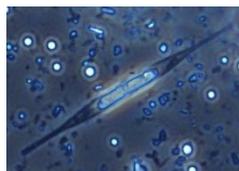


# CORRELACIONES ENTRE PUNTOS DE MUESTREO BASADO EN VALORES DE FÓSFORO





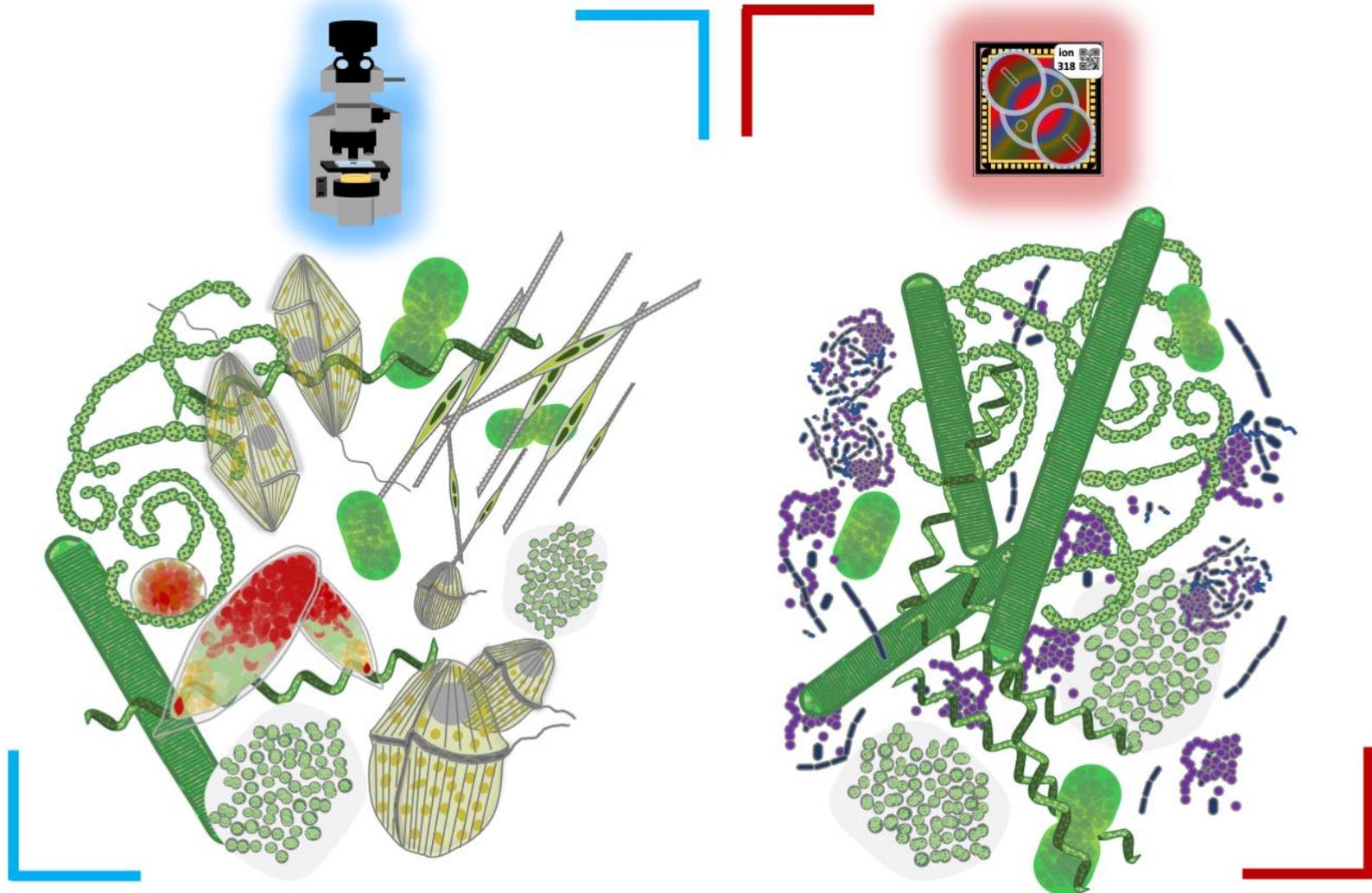
# DENSIDADES MÁXIMAS DE CIANOBACTERIAS Y MICROALGAS EUCARIOTAS DETECTADAS POR M.Ó.



CLASE	FAMILIA	ESPECIE	PUNTO 3 (Anillo)	PUNTO 4 (Lagunas)
			Células/mL - máximo	Células/mL - máximo
<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Bacillariaceae</i>	<i>Nitzschia acicularis</i>	22.20	0.00
		<i>Nitzschia spp.</i>	257.15	13.80
		<i>Nitzschia umbonata</i>	147.20	0.00
	Total <i>Bacillariophyceae</i>		426.55	13.80
<i>Euglenophyceae</i>	<i>Euglenidae</i>	<i>Euglena sanguinea</i>	150.42	248.40
		<i>Euglena spp.</i>	1.85	0.00
	Total <i>Euglenophyceae</i>		152.27	248.40
<i>Dinophyceae</i>	<i>Gymnodiniaceae</i>	<i>Gyrodinium spp.</i>	217.58	22.20
		<i>Gymnodinium spp.</i>	131.56	123.95
	<i>Gonyaulacaceae</i>	<i>Gonyaulax spinifera</i>	75.85	1961.00
	Total <i>Dinophyceae</i>		424.99	2107.15
<i>Cyanophyceae</i>	<i>Microcystaceae</i>	<i>Microcystis spp</i>	166.50	4470.90
		<i>Microcystis wesenbergii</i>	0.00	371.85
	<i>Nostocaceae</i>	<i>Anabaena spp.</i>	114.70	542.05
	<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Oscillatoria spp.</i>	3.70	28.98
	<i>Synechococcaceae</i>	<i>Synechococcus spp.</i>	627.00	0.00
	Total <i>Cyanophyceae</i>		911.90	5413.78

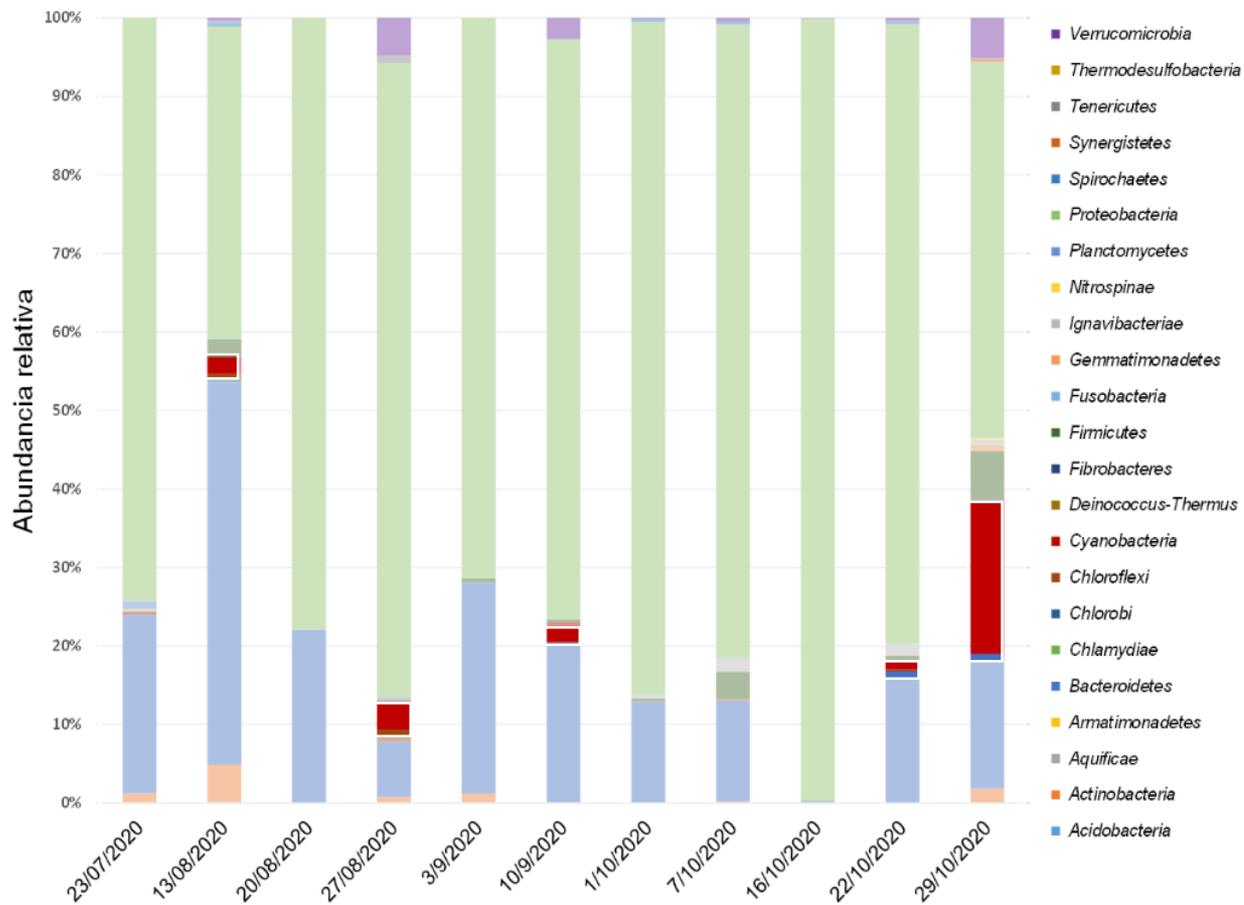


# DIFERENCIAS ENTRE TAXONOMÍA POR MICROSCOPIA ÓPTICA Y TAXONOMÍA METAGENÓMICA



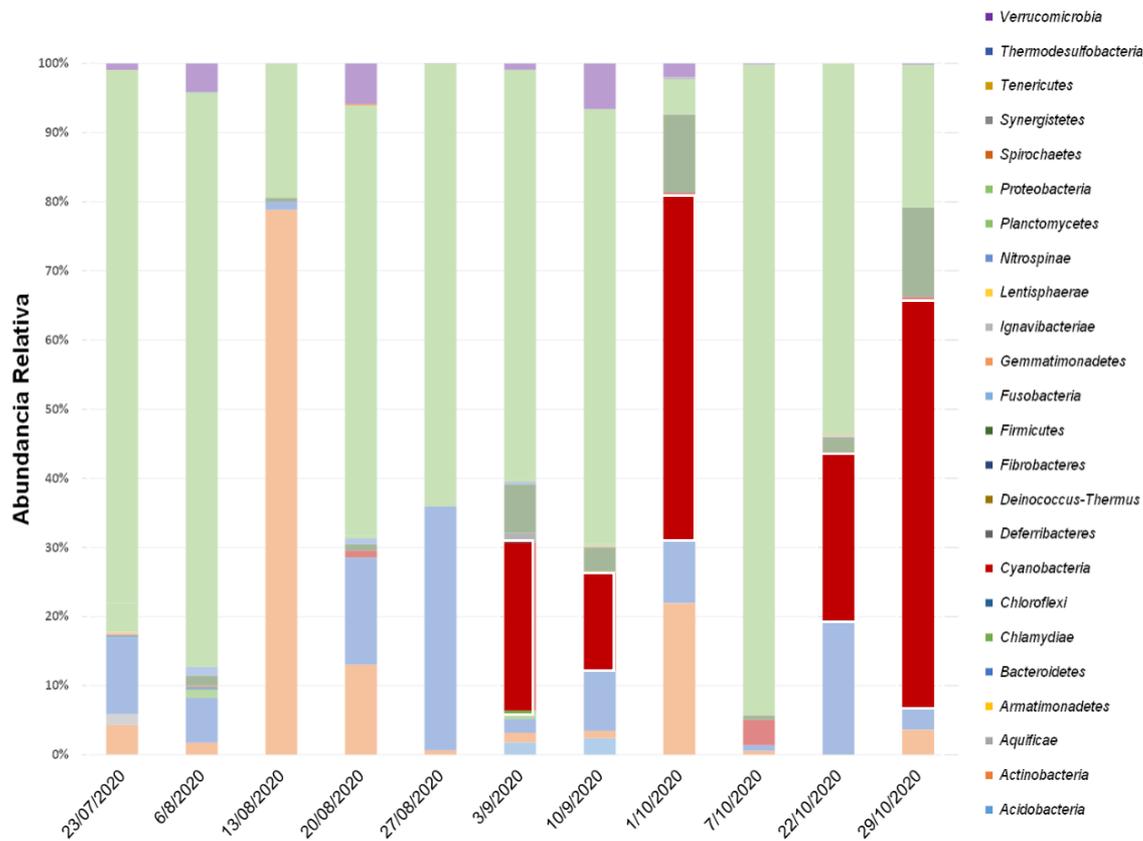
# METAGENÓMICA

## Punto 3: Anillo navegable



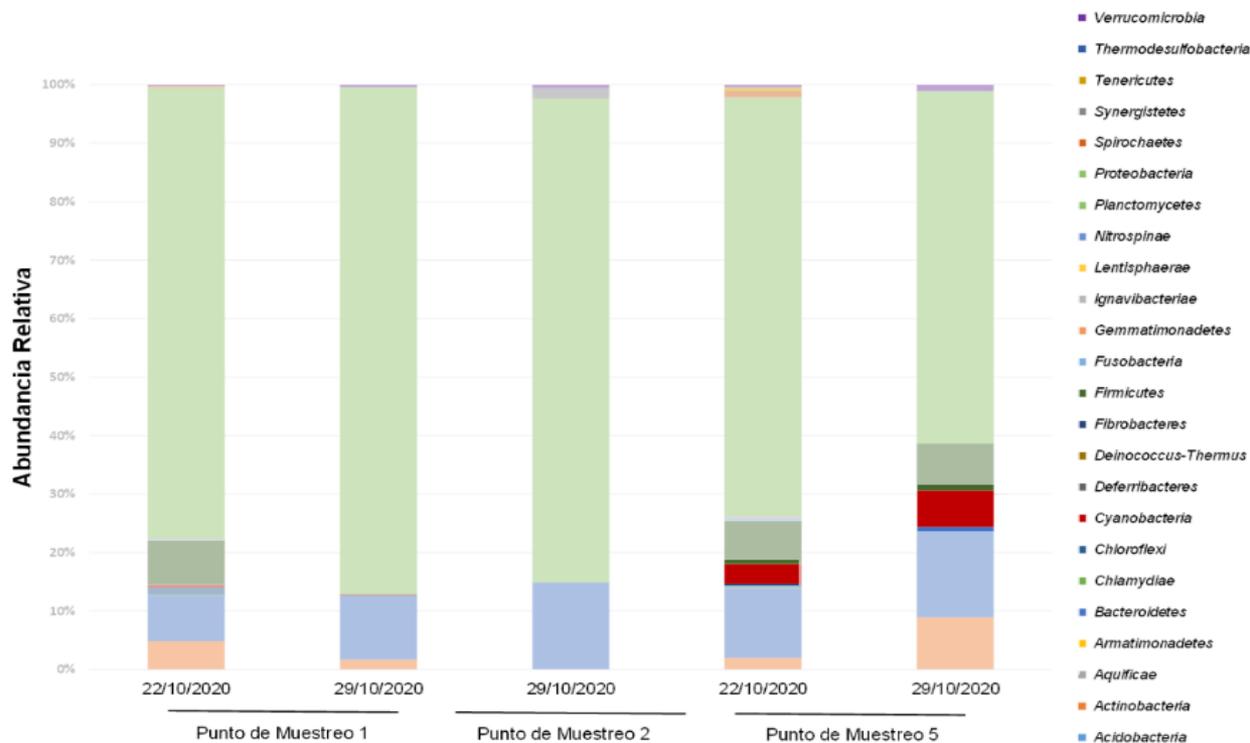
# METAGENÓMICA

## Punto 4: Lagunas



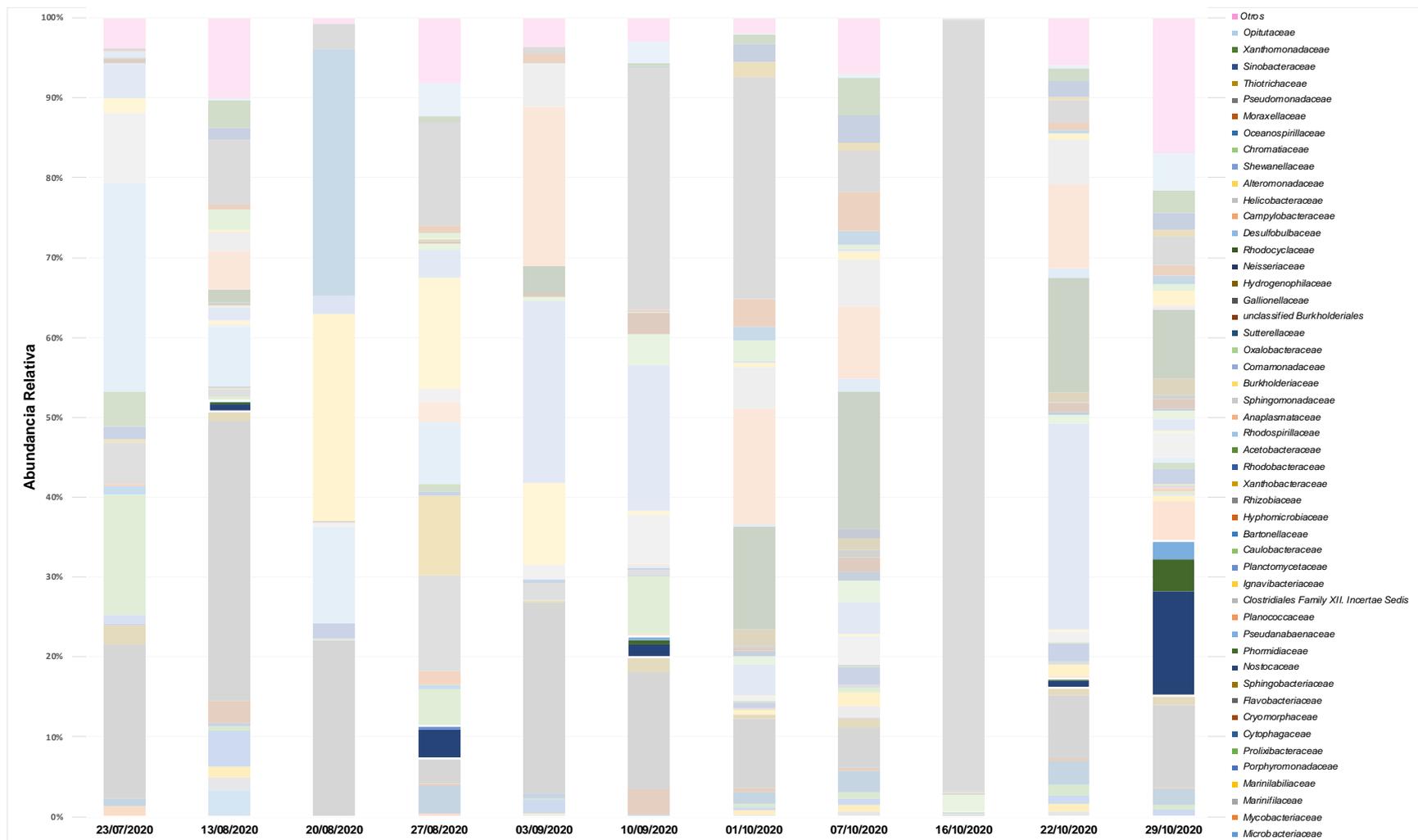
# METAGENÓMICA

## Puntos 1, 2 y 5



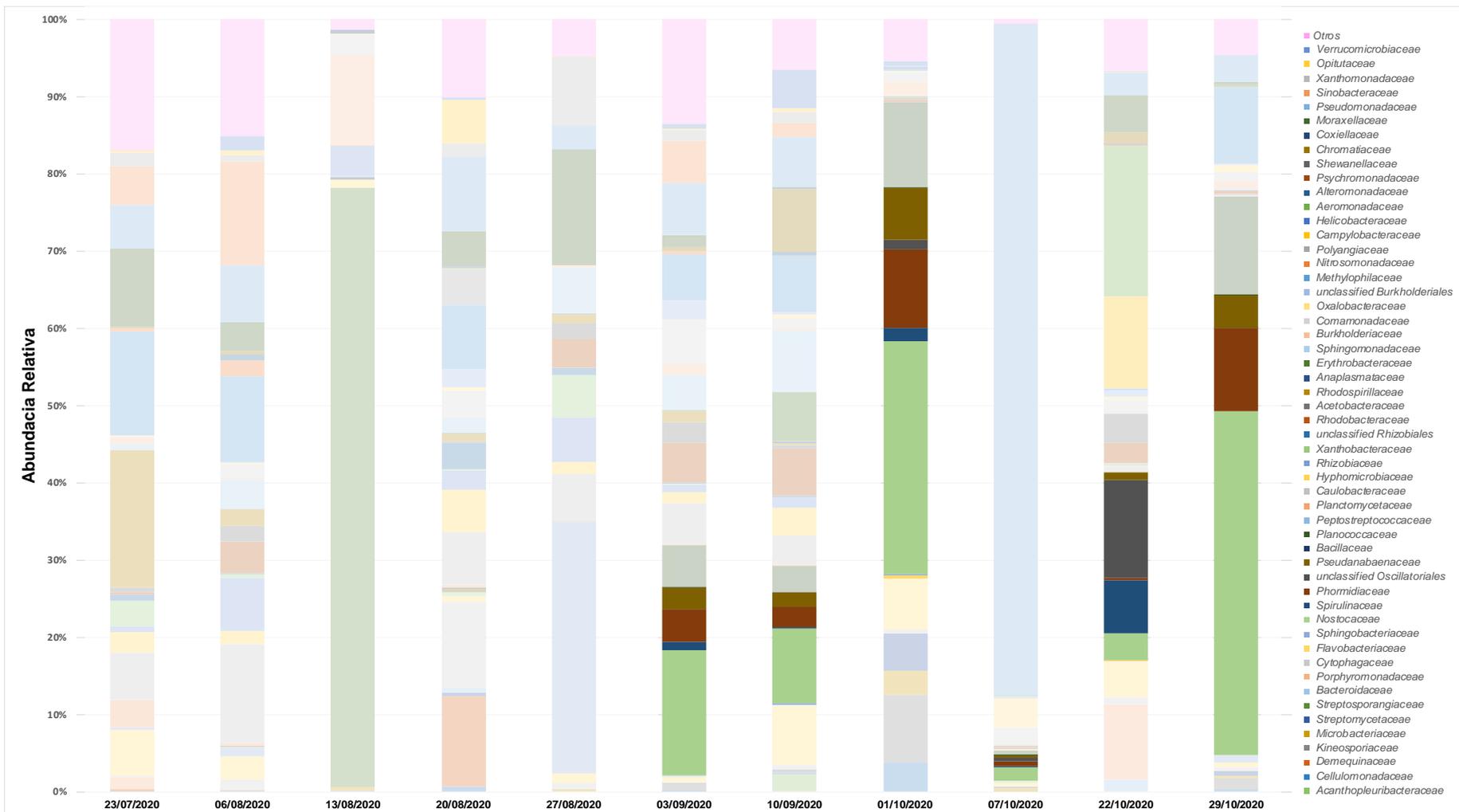
## METAGENÓMICA

### Punto 3: Anillo navegable



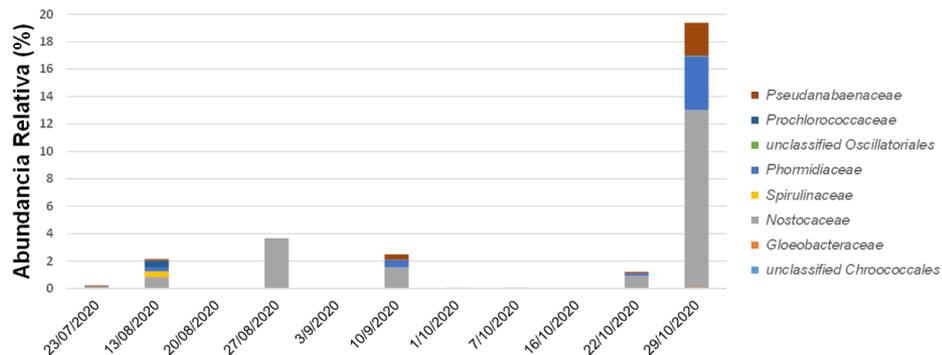
## METAGENÓMICA

### Punto 4: Lagunas

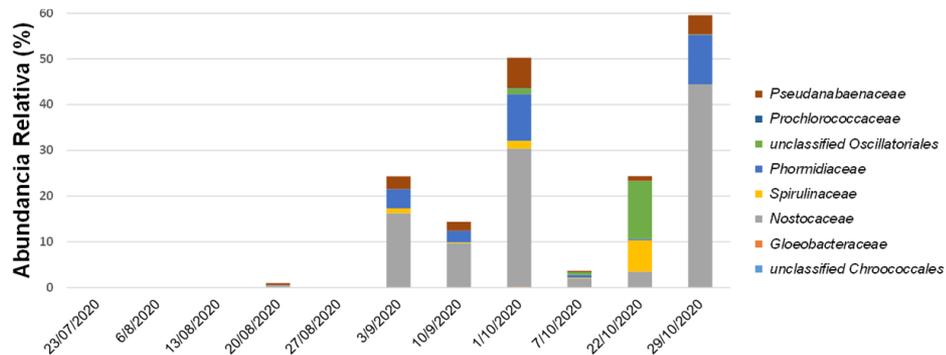


# METAGENÓMICA

Punto 3: Anillo navegable



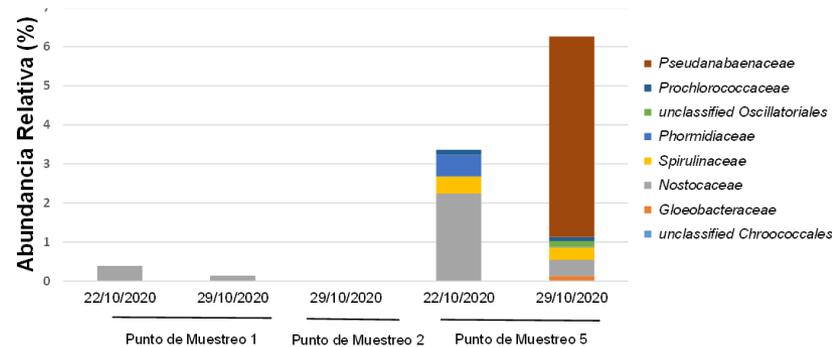
Punto 4: Lagunas



Punto 1: Río Piles

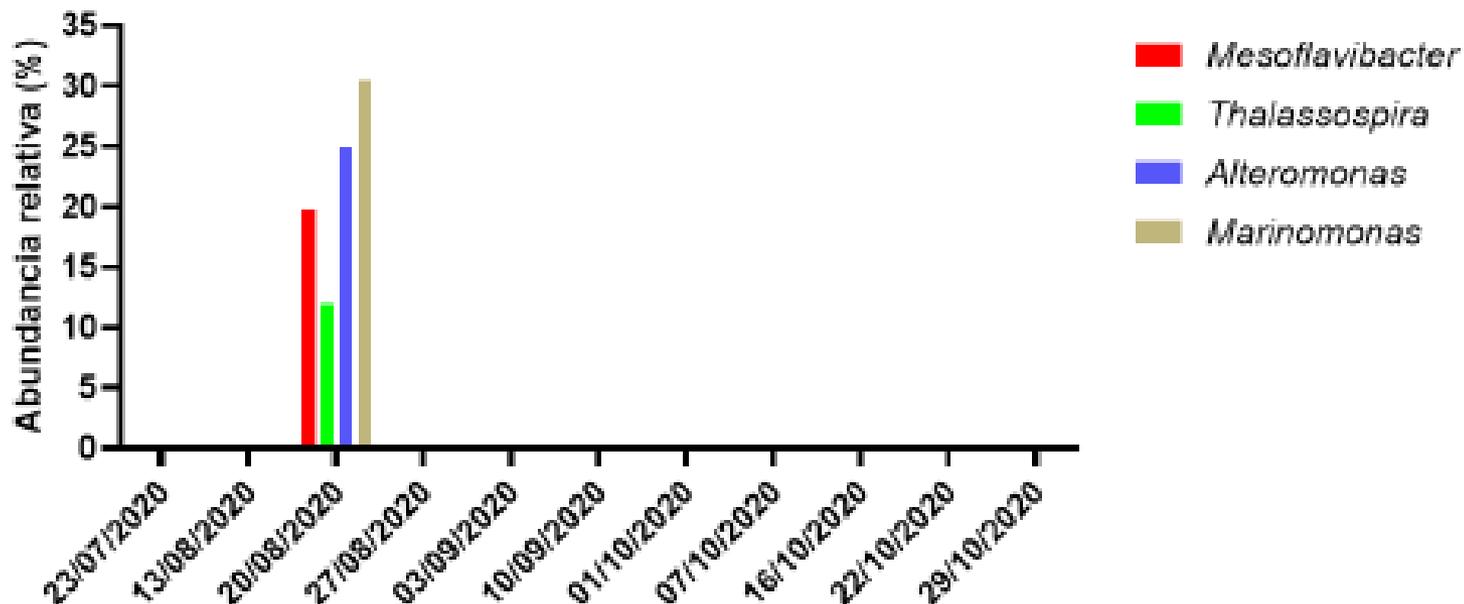
Punto 2: Canal

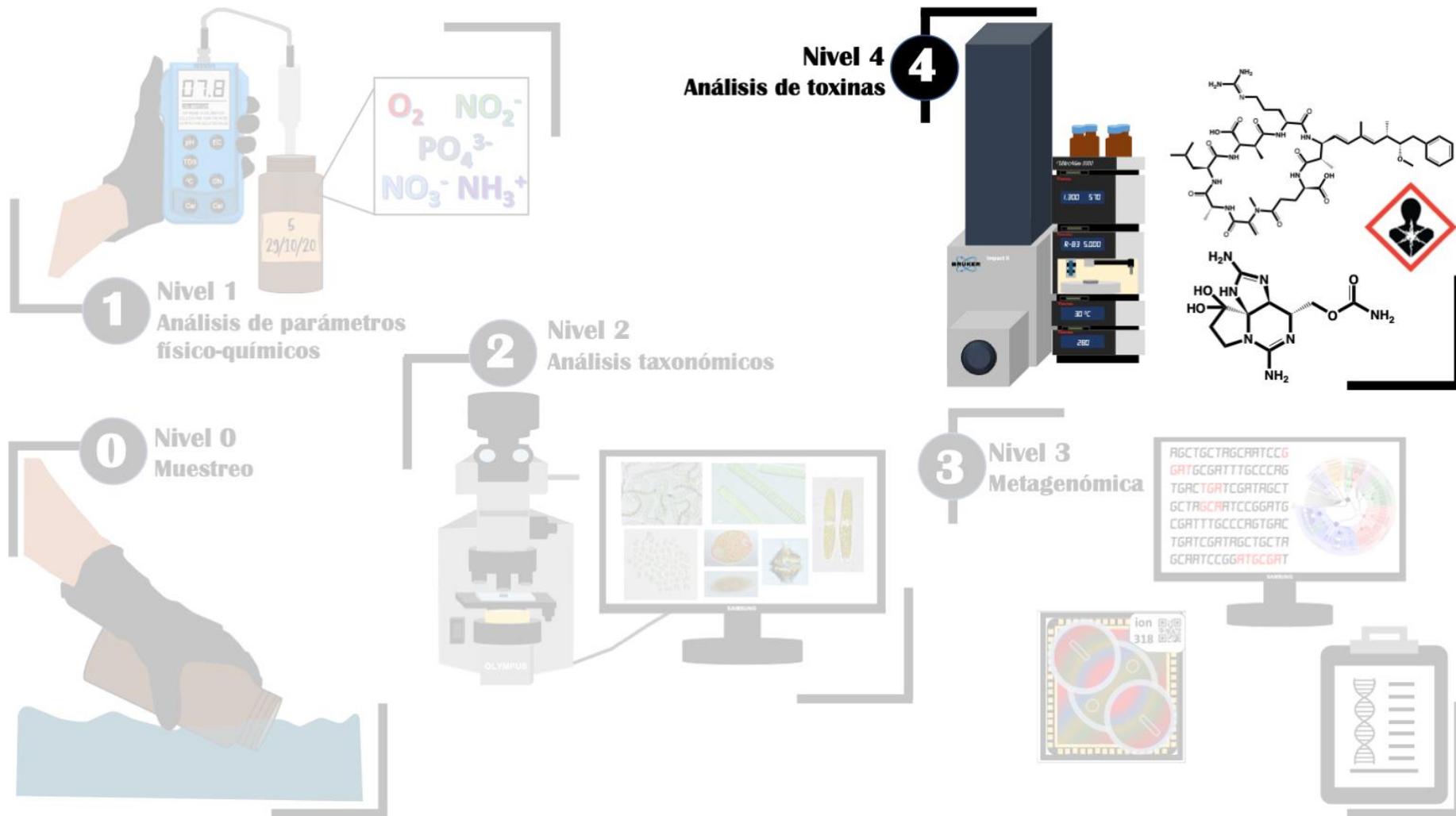
Punto 5: Desembocadura



# METAGENÓMICA

## Punto 3: Anillo navegable









# DETERMINACIÓN DE TOXINAS DE FITOPLANCTON

---

- Una proliferación fuerte de cianobacterias puede **reducir la visibilidad** a uno o dos centímetros de profundidad. La posibilidad de supervivencia para aquellas especies acuáticas que necesitan visión para encontrar alimento o relacionarse con otros organismos, queda reducida
- Existen más de 50 géneros de fitoplancton capaces de producir diversas toxinas (**cianotoxinas y toxinas de especies eucariotas**) que afectan directamente la piel (**dermatotoxinas**), el hígado (**hepatotoxinas**) o el sistema nervioso (**neurotoxinas**), entre otros órganos
- Se les han atribuido **mortandades importantes de animales**, como en el caso de una población flamencos del parque nacional de Doñana, por el efecto directo de estas toxinas en el medio ambiente



# DETERMINACIÓN DE TOXINAS DE FITOPLANCTON

---

- **Patrones comerciales de referencia para estas toxinas**

Únicamente hay disponibles patrones comerciales para unas pocas toxinas de las producidas por fitoplancton

- **Metodología de análisis químico compleja y laboriosa**

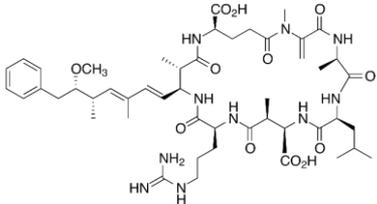
Se ha centrado el objetivo principalmente en identificar la presencia/ausencia de las toxinas en aguas (a niveles detectables por el método de análisis)

Se han seleccionado para el análisis únicamente aquellas muestras en donde se detectó presencia de importantes cantidades de bacterias productoras de cianotoxinas

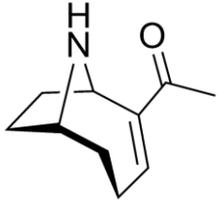
- **No existe legislación sobre niveles de toxinas de fitoplancton en aguas ambientales (no de consumo)**

Se han revisado las recomendaciones de la OMS y otros organismos

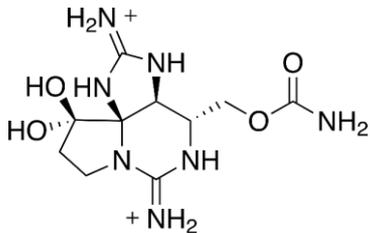
# DETERMINACIÓN DE TOXINAS DE FITOPLANCTON



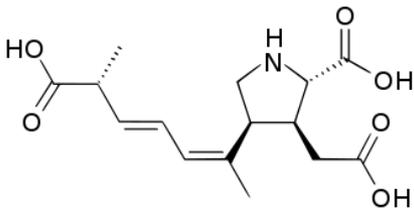
**Microcistinas:** hepatotóxicas, causan serios daños en el hígado de los humanos y vertebrados



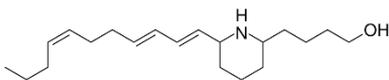
**Anatoxina A:** neurotoxina, provoca la pérdida de concentración, espasmos, convulsiones y finalmente la muerte rápida por parálisis respiratoria



**Saxitoxina:** neurotoxina, su ingestión a través de marisco contaminado puede producir una intoxicación que causa parálisis



**Ácido domoico:** neurotoxina, puede provocar diarrea y dolor de cabeza, pérdida de equilibrio, convulsiones. etc.

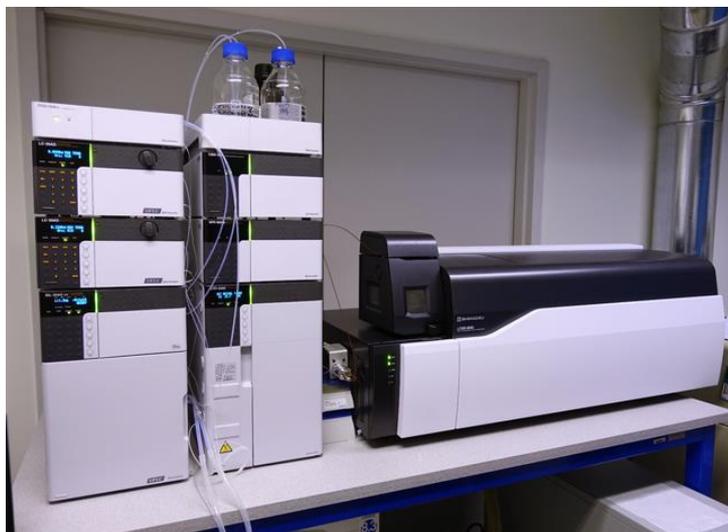


**Euglenoficina:** ictiotoxina, un alcaloide tóxico para mamíferos y peces

# ANÁLISIS HPLC-MS/MS

Suministra información sobre:

- La composición cualitativa y cuantitativa tanto de analitos orgánicos como inorgánicos en muestras complejas;
- Las estructuras de una amplia variedad de especies moleculares complejas



Servicios Científico-Técnicos de la  
Universidad de Oviedo

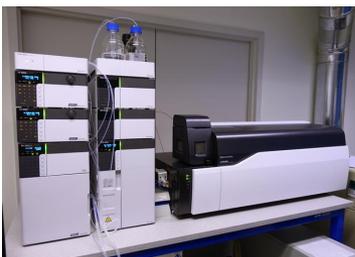
## DETERMINACIÓN DE TOXINAS DISUELTAS

Presencia de señales detectables de **microcistinas**, mediante HPLC-MS/MS, en las estaciones de muestreo P03 (anillo navegable) y P04 (lagunas del parque)

	PUNTO 3 (Anillo)		PUNTO 4 (Parque)	
	Presencia	Fecha	Presencia	Fecha
Microcistina LR			SÍ	22/10/2020 29/10/2020
Microcistina YR			SÍ	22/10/2020
Microcistina RR	SÍ	29/10/2020	SÍ	22/10/2020 29/10/2020

# DETERMINACIÓN DE SAXITOXINA

## Cromatogramas



### Compound Spectrum SmartFormula Report

#### Analysis Info

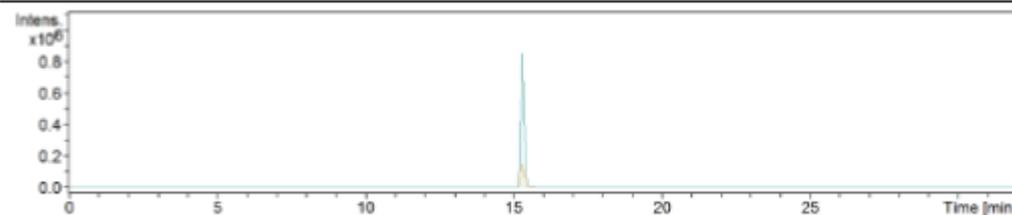
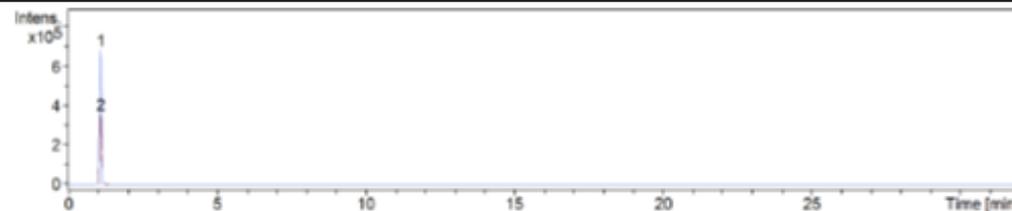
Analysis Name D:\Data\Saxitoxina\_BB5\_01\_168.d  
Method LC\_MS\_Toxinas\_Algas.m  
Sample Name Saxitoxina  
Comment

Acquisition Date 05/11/2020 18:13:12

Operator Demo User  
Instrument impact II 1825265.10101

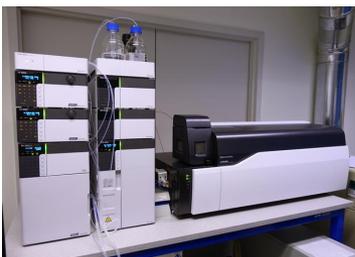
#### Acquisition Parameter

Source Type	ESI	Ion Polarity	Positive	Set Nebulizer	2.5 Bar
Focus	Active	Set Capillary	4000 V	Set Dry Heater	250 °C
Scan Begin	50 m/z	Set End Plate Offset	-500 V	Set Dry Gas	6.0 l/min
Scan End	1500 m/z	Set Charging Voltage	2000 V	Set Divert Valve	Source
		Set Corona	0 nA	Set APCI Heater	0 °C



## DETERMINACIÓN DE SAXITOXINA

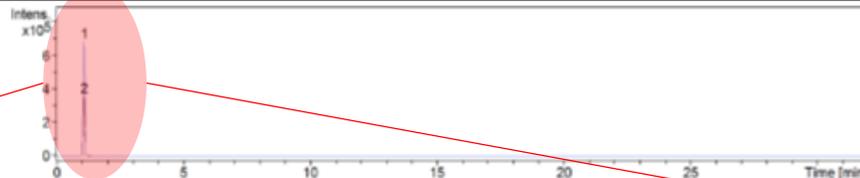
### Espectro de masas



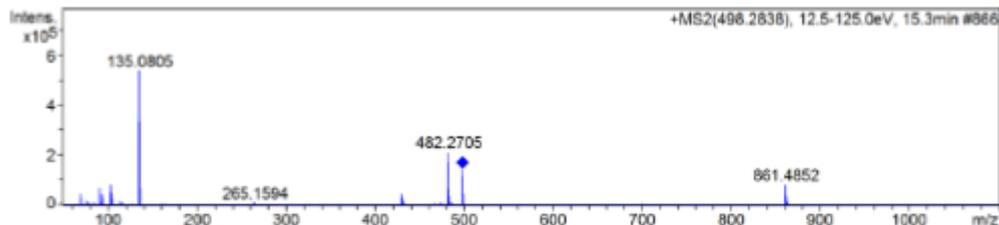
#### Compound Spectrum SmartFormula Report

<b>Analysis Info</b>		Acquisition Date 05/11/2020 19:13:12	
Analysis Name	D:\Data\Saxitoxina_BB5_01_168.d	Operator	Demo User
Method	LC_MS_Toxinas_Algas.m	Instrument	impact II
Sample Name	<u>Saxitoxina</u>		1825265.10101
Comment			

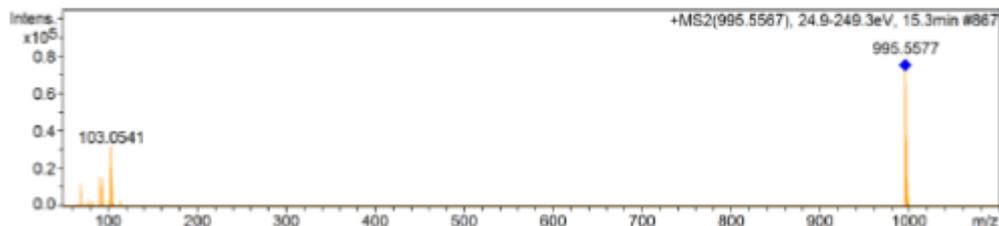
<b>Acquisition Parameter</b>			
Source Type	ESI	Ion Polarity	Positive
Focus	Active	Set Capillary	4000 V
Scan Begin	50 m/z	Set End Plate Offset	-500 V
Scan End	1500 m/z	Set Charging Voltage	2000 V
		Set Corona	0 nA
		Set Nebulizer	2.5 Bar
		Set Dry Heater	250 °C
		Set Dry Gas	6.0 l/min
		Set Divert Valve	Source
		Set APCI Heater	0 °C



+MS2(498.2838), 12.5-125.0eV, 15.3min #866



+MS2(995.5567), 24.9-249.3eV, 15.3min #867





# ENSAYOS ENZIMÁTICOS *IN VITRO*

## MICROCYSTEST



U.S. Environmental Protection Agency  
Environmental Technology Verification

ZE/MC96  
ZE/MC48

Test for the detection of  
microcystins in water

## SAXITEST

ZE/SX96

Immunoenzymatic test for  
detection of saxitoxins

Test inmunoenzimático para la  
detección de saxitoxinas

# DETERMINACIÓN DE TOXINAS DISUELTAS

Concentración de **toxinas detectadas** en el agua, mediante ensayos enzimáticos, en las estaciones de muestreo P03 (anillo navegable) y P04 (lagunas del parque)

	PUNTO 3 (Anillo)		PUNTO 4 (Parque)	
	Concentración ( $\mu\text{g/L}$ )	Fecha	Concentración ( $\mu\text{g/L}$ )	Fecha
Microcistinas totales	< 1	22/10/2020	46 $\pm$ 9	22/10/2020
		29/10/2020	< 1	29/10/2020
Saxitoxina			2.4	22/10/2020



# DETERMINACIÓN DE TOXINAS DISUELTAS



PUBLIC HEALTH DIVISION  
 Health Security, Preparedness and Response

Kate Brown, Governor

Oregon  
**Health**  
 Authority

800 NE Oregon St, Suite 465 B  
 Portland, OR 97232  
 Voice 971-673-1315  
 FAX 971-673-1309

<https://www.oregon.gov/oha/ph/preparedness>

## Datos sobre las cianotoxinas: Agua para fines recreativos y agua potable 9 de junio de 2018

Valores de las cianotoxinas del Aviso (AV por su sigla en inglés) respecto al agua potable y al agua para fines recreativos (en µg/L o ppb)

Cianotoxina	AV en el agua potable		AV en el agua para fines recreativos
	Niños menores de 5 años	Adultos	Todo el mundo
Microcistina	0.3	1.6	4
Cilindrospermopsina	0.7	3	8
Anatoxina-a	0.7	3	8
Saxitoxina	0.3	1.6	4



## CONCLUSIONES I

---

- **Existen 2 sistemas hidrológicos independientes** en la cuenca del río Piles, con una elevada cantidad de nutrientes inorgánicos y una alta propensión a la producción y desarrollo de comunidades de cianobacterias y microalgas eucariotas productoras de toxinas
- **Existe una zona acotada susceptible a la producción y desarrollo de fitoplancton**, que se limita a los puntos que presentan escasa renovación y elevado tiempo de retención de agua, en concreto las lagunas del parque y el anillo navegable.



## CONCLUSIONES II

---

- Ha tenido lugar una **liberación de toxinas al medio ambiente**, en algunas de las muestras tomadas a finales de la temporada estival. La presencia de estas toxinas en el agua puede originar importantes problemas medioambientales y de salud a corto, medio y largo plazo
- Los indicadores analizados evidencian la existencia de un problema de **baja calidad medioambiental** de las aguas en la zona de estudio, tanto por la presencia de **cianobacterias y microalgas eucariotas productoras de toxinas**, como incluso por la presencia de dichas **toxinas** en estas aguas.



## CONCLUSIONES III

---

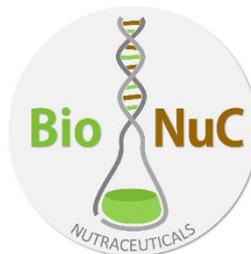
- De acuerdo con los resultados obtenidos en los estudios realizados, se recomienda adoptar las medidas que se estimen necesarias para **corregir el empobrecimiento de la calidad de las aguas** en el ámbito de estudio y, en especial, en el entorno de las **lagunas** del “Parque Isabel la Católica” y del denominado “**Anillo Navegable**”.
  - **minimizar**, en la medida de lo posible, el **aporte de nutrientes** al agua en los tramos fluviales-lacustres estudiados
  - asegurar la **máxima renovación del caudal** de agua, evitando su estancamiento y/o su retención, con objeto de minimizar los efectos ecológicos y toxicológicos producidos por la acumulación de biomasa de productores primarios y de la proliferación de fitoplancton tóxico, lo que constituye un serio problema de salud ambiental y pública.
- Así mismo, se estima como muy necesaria la **vigilancia y el seguimiento** continuado de los ámbitos estudiados mientras que las circunstancias actuales continúen y no se confirme la mejora de las condiciones ambientales de los mismos.



# GRACIAS



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo



**I&M-Lab**

Instrumentation & Measurement - Lab