



IProma
laboratorio y asesoría

24 MAYO
CAIXAFORUM

facsa
ciclo integral del agua

EL PROBLEMA DE
**LA PROLIFERACIÓN
DE ALGAS**
en aguas costeras

PROLIFERACIONES ALGALES EN AGUAS CONTINENTALES: CASO PRÁCTICO DE SEGUIMIENTO, CONTROL Y PREVENCIÓN EN EMBALSES

DANIEL SANCHIS – ÁREA DE PROYECTOS
dsanchis@iproma.com
www.iproma.com





ÍNDICE DE LA PRESENTACIÓN

- ❑ Proliferaciones algales en aguas continentales superficiales (ríos, lagos y embalses): **Ejemplos y desencadenantes comunes**
- ❑ Seguimiento de masas de agua de interés (según usos y susceptibilidad frente al desarrollo de afloramientos potencialmente tóxicos -PAN/HABs-):
 - ✓ Establecimiento de “Niveles de Seguridad” (alerta/riesgo, según rutas de exposición) como estrategia de gestión
 - ✓ Estudio de evolución temporal de un afloramiento de cianobacterias en un embalse de abastecimiento (embalse del Umia, Caldas de Reis, Pontevedra)
- ❑ Sistemas de control y prevención en aguas continentales:
 - ✓ Tipología de métodos más utilizados
 - ✓ Estudio experimental de control biológico mediante descomposición aerobia de material vegetal en el embalse del Umia

PROLIFERACIONES EN AGUAS EPICONTINENTALES

RÍOS



Río Segura (Murcia ciudad, julio 2017):

✓ Algas euglenófitas

Fuente: Huermur



Río Júcar (Cofrentes, septiembre 2016):

✓ Algas euglenófitas (especies del género *Euglena*)

✓ Algas verdes (Volvocales del género *Eudorina*)

✓ Algas diatomeas (género *Cyclotella*)

Fuente: IPROMA

PROLIFERACIONES EN AGUAS EPICONTINENTALES

LAGOS

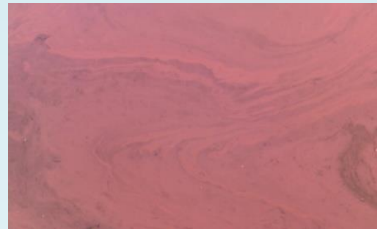


Laguna somera (afloramiento de cianobacterias)

Fuente: CEDEX

PROLIFERACIONES EN AGUAS EPICONTINENTALES

EMBALSES



Embalse de El Atazar (C. Madrid, junio 2001):

- ✓ Embalse oligotrófico (aguas de buena calidad)
- ✓ Cianobacteria filamentosas *Planktothrix rubescens*

Fuente: IPROMA



Embalse de As Conchas(Ourense, mayo 2010):

- ✓ Embalse eutrófico (aguas con carga de nutrientes)
- ✓ Cianobacteria colonial *Microcystis aeruginosa*

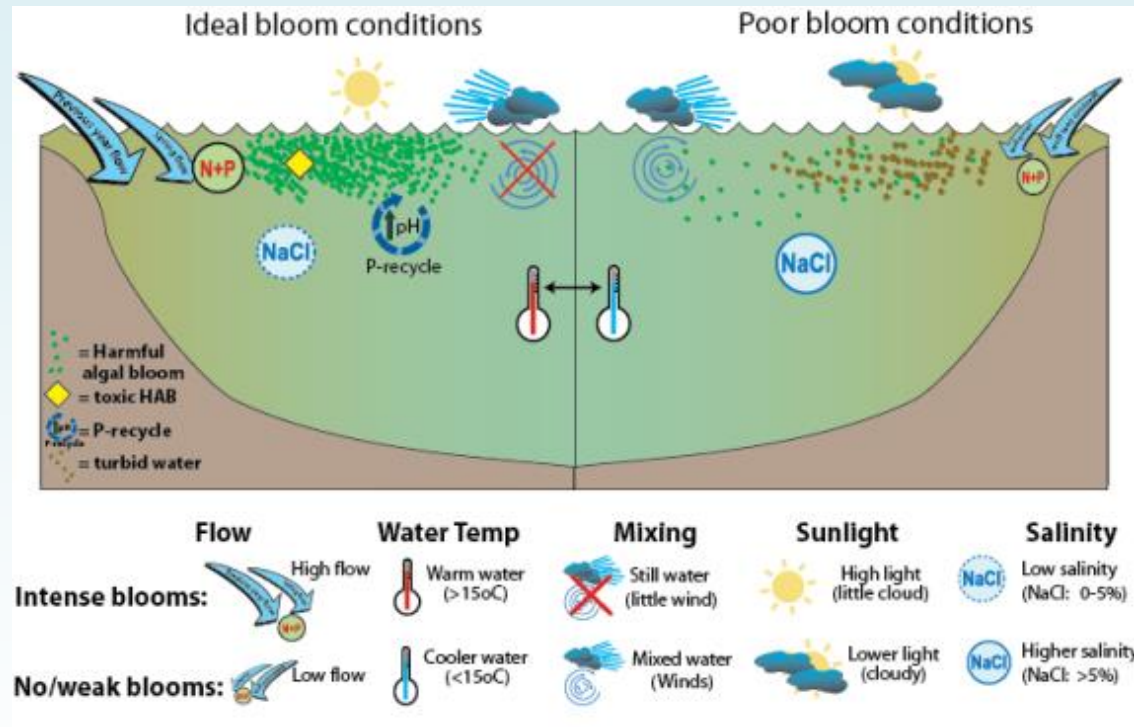
Fuente: IPROMA

PROLIFERACIONES EN AGUAS EPICONTINENTALES

¿QUÉ COMPARTEN ESTAS MASAS DE AGUA/TRAMOS FLUVIALES PARA PERMITIR EL DESARROLLO DE AFLORAMIENTOS ALGALES?

CONSECUENCIA DEL EFECTO SINÉRGICO DE:

- ✓ Niveles de intensidad de luz solar y valores de temperatura del agua elevados >15°C. Ideales 20°C - ≥25°C
Finales de primavera-principios del otoño (mayo/junio-septiembre/octubre)
- ✓ Largos tiempos de residencia del agua (tasa de renovación/caudal circulante bajos)
- ✓ Estabilidad de la columna de agua (turbulencia/agitación del agua baja)
- ✓ Baja salinidad
Ecosistemas acuáticos dulceacuícolas
- ✓ Incremento aporte/alta carga de nutrientes (formas inorgánicas Nitrógeno y Fósforo)



SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA



SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA: NIVELES DE SEGURIDAD FRENTE AL DESARROLLO DE PROLIFERACIONES ALGALES NOCIVAS

OBJETIVO: PREVENCIÓN/MINIMIZACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD PÚBLICA

ESTABLECIMIENTO DE NIVELES DE SEGURIDAD Y MEDIDAS DE ACTUACIÓN (según uso/s del agua y ruta/s de exposición a cianobacterias y sus toxinas)

AGUAS DE ABASTECIMIENTO (Niveles de alerta y directrices OMS para agua bruta)

Nivel de Alerta	Valores umbral	Acciones recomendadas (superación umbrales)
Nivel de Vigilancia	200 cél./mL cianobacterias (Fase temprana de desarrollo de PAN)	✓ Seguimiento semanal
Nivel de Alerta 1	2.000 cél./mL cianobacterias 0,2 mm ³ /L biovolumen 1 µg/L Clorofila- <i>a</i>	✓ Seguimiento semanal ✓ Análisis de cianotoxinas (si predominio especies potencialmente tóxicas) ✓ Considerar aviso/recomendaciones al público
Nivel de Alerta 2	100.000 cél./mL cianobacterias 10 mm ³ /L biovolumen 50 µg/L Clorofila- <i>a</i> Presencia de cianotoxinas	✓ Seguimiento semanal ✓ Análisis de cianotoxinas (semanal) ✓ Considerar vías de abastecimiento alternativas ✓ Intensificar avisos/recomendaciones al público

↳ Niveles de protección frente a cianotoxinas por ingestión de agua de consumo

SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA: NIVELES DE SEGURIDAD FRENTE AL DESARROLLO DE PROLIFERACIONES ALGALES NOCIVAS

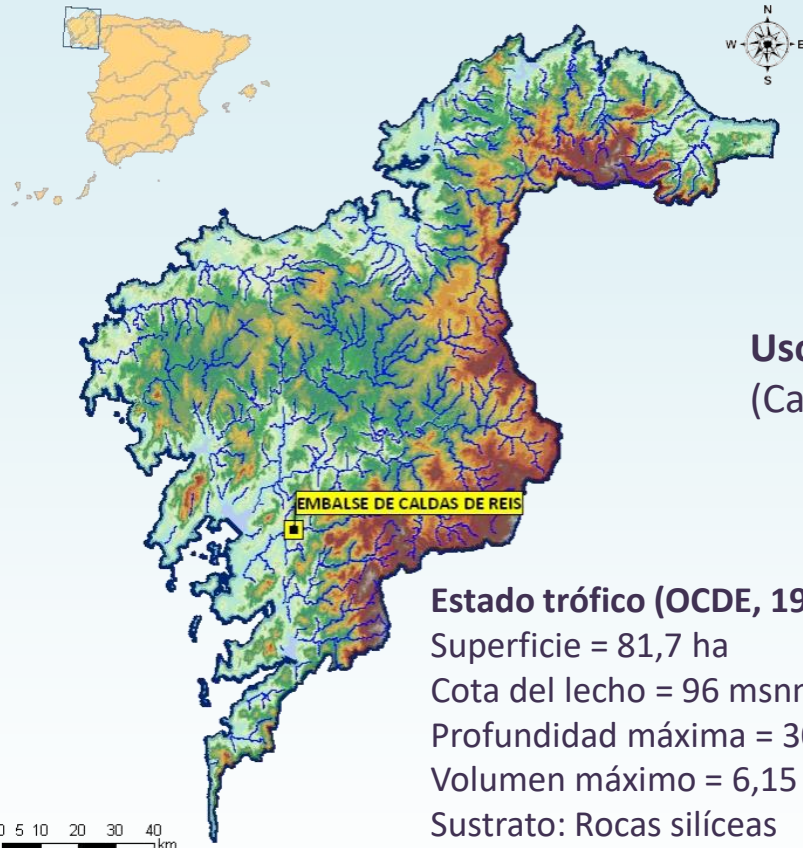
AGUAS DE RECREO-BAÑO (Niveles de riesgo y directrices OMS)

Nivel de Riesgo	Valores umbral	Acciones recomendadas (superación umbrales)
1 (Bajo)	20.000 cél./mL cianobacterias 10 µg/L Cl- <i>a</i> (dominio cianobacterias) 10 µg/L cianotoxinas (Microcistinas)	<ul style="list-style-type: none">✓ Informar a visitantes sobre el nivel de riesgo✓ Mantener el seguimiento
2 (Moderado)	100.000 cél./mL cianobacterias 50 µg/L Cl- <i>a</i> (dominio cianobacterias) 20 µg/L cianotoxinas (Microcistinas)	<ul style="list-style-type: none">✓ Informar a visitantes sobre el nivel de riesgo✓ Informar a la autoridad sanitaria✓ Restricción del baño si fuera necesario✓ Intensificar el seguimiento✓ Inspección visual diaria de formación de acúmulos
3 (Alto)	Presencia de acumulaciones algales (natas)	<ul style="list-style-type: none">✓ Informar a visitantes sobre el nivel de riesgo✓ Informar a la autoridad sanitaria✓ Prohibición del baño✓ Mantener seguimiento e inspección visual

↳ Niveles de protección según probabilidad de sufrir efectos adversos para la salud (alergias e irritaciones por contacto directo con las algas, intoxicación por ingestión accidental de agua, etc.)

SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA: EJEMPLO DE ESTUDIO DE EVOLUCIÓN DE UN AFLORAMIENTO CIANOBACTERIANO

EMBALSE DEL UMIA (CALDAS DE REIS, PONTEVEDRA)



Usos: Regulación río Umia, hidroeléctrico y **abastecimiento** (Caldas de Reis y Mancomunidad de O Salnés)

Estado trófico (OCDE, 1982): Eutrófico
Superficie = 81,7 ha
Cota del lecho = 96 msnm
Profundidad máxima = 30,5 m
Volumen máximo = 6,15 Hm³
Sustrato: Rocas silíceas

**Proliferaciones de
cianobacterias
recurrentes desde 2006**

SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA: EJEMPLO DE ESTUDIO DE EVOLUCIÓN DE UN AFLORAMIENTO CIANOBACTERIANO

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO DE SEGUIMIENTO

MARCO DE EJECUCIÓN:

TRABAJOS DE SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL ENCORO DE CALDAS
(realizado por IPROMA para AGUAS DE GALICIA dentro de la explotación de la “Red de pequeños embalses 2010-2013”)

OBJETIVOS:

Conocer la dinámica y evolución temporal de proliferaciones algales en el embalse, su densidad y composición fitoplanctónicas y su relación con variables abióticas (parámetros físico-químicos, meteorológicos e hidrológicos)

PERIODO CUBIERTO: 20 Mayo 2011 – 21 Diciembre 2012 (20 meses)

ZONA DE ESTUDIO: Presa, centro y cola del embalse y punto de captación de agua para abastecimiento

FRECUENCIA DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS:

Quincenal (Junio-Noviembre de 2011 y Junio-Diciembre de 2012) y Mensual (Diciembre 2011 – Mayo 2012)

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

▪ Físico-químicas

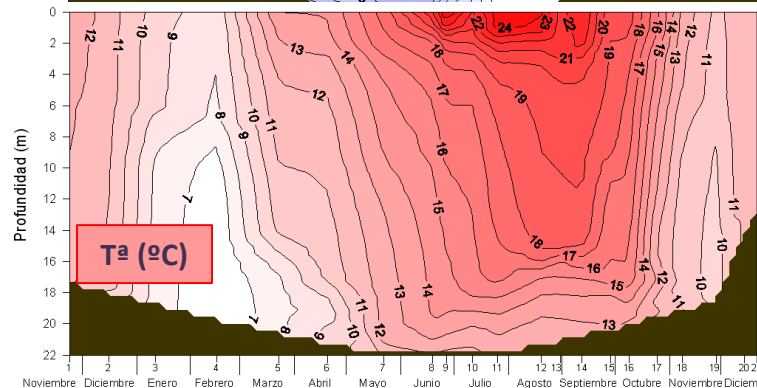
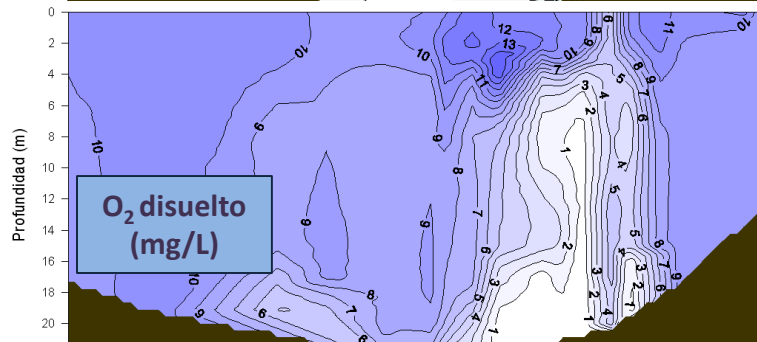
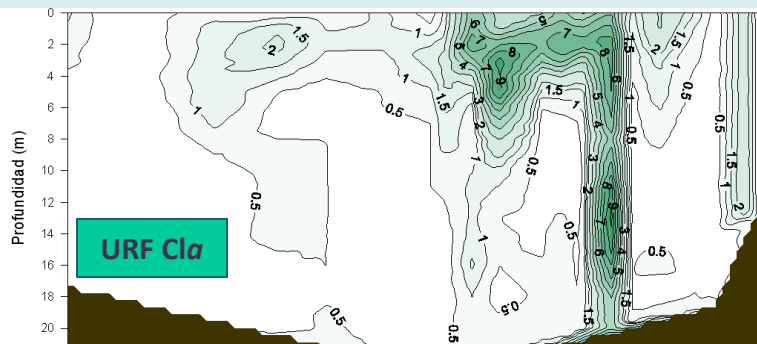
- ✓ “In situ”: Tª del agua, pH, Conductividad, Oxígeno disuelto y Transparencia (Disco de Secchi)
- ✓ Nutrientes: Nitratos, Fosfatos, Nitrógeno total, Fósforo total
- ✓ Indicadores de contaminación orgánica: Amonio, Nitritos, Nitrógeno Kjeldahl
- ✓ Otros: Turbidez, Sólidos en suspensión, Microcistinas (variantes MC-LR, MC-RR y MC-YR)

- Biológicas: Clorofila a (fluorescencia “in situ” y concentración en laboratorio), densidad fitoplanctónica (total y por grupos algales: cianobacterias, algas verdes, etc.)

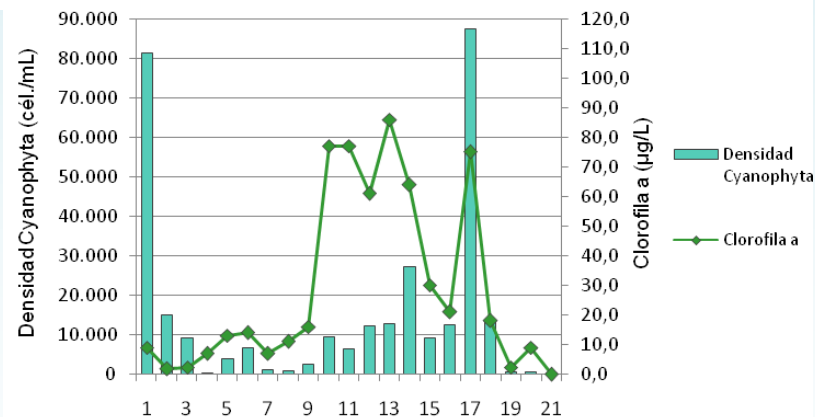
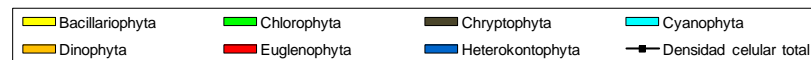
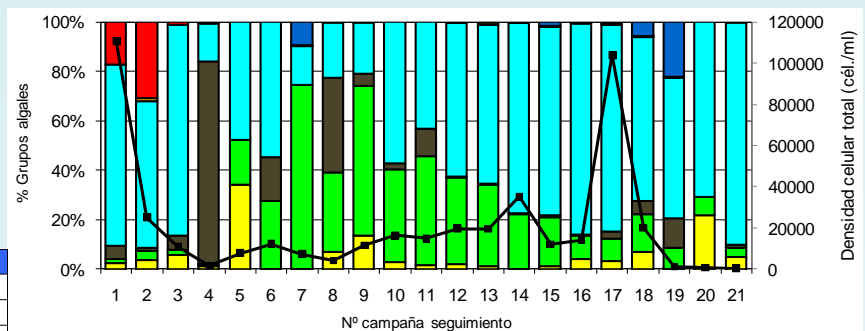


SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA: EJEMPLO DE ESTUDIO DE EVOLUCIÓN DE UN AFLORAMIENTO CIANOBACTERIANO

Columna de agua (presa): Noviembre 2011-Diciembre 2012



Nº campaña	Fecha
1	24-25/11/2011
2	16/12/2011
3	12/01/2012
4	16/02/2012
5	23/03/2012
6	20/04/2012
7	22/05/2012
8	19/06/2012
9	27/06/2012
10	12/07/2012
11	26/07/2012
12	20/08/2012
13	30-31/08/2012
14	12/09/2012
15	27-28/09/2012
16	09/10/2012
17	25/10/2012
18	08/11/2012
19	28/11/2012
20	14/12/2012
21	21/12/2012



▪ *Microcystis aeruginosa* como especie más abundante cuando las cianobacterias dominan la comunidad

▪ Microcistinas <0,3 µg/L

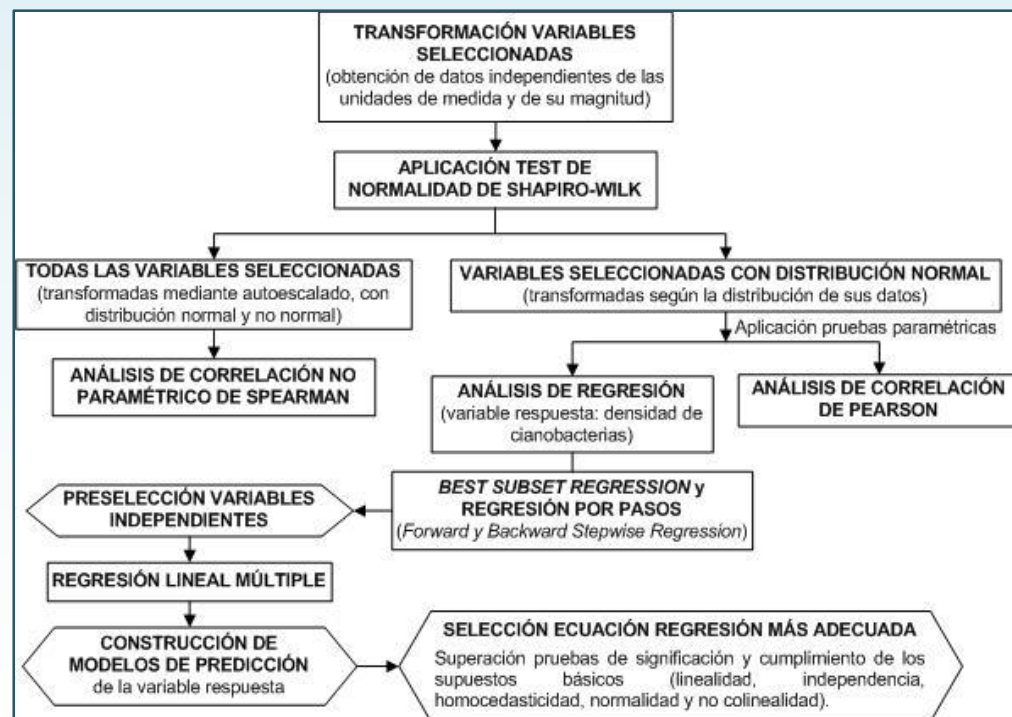
SEGUIMIENTO DE MASAS DE AGUA: EJEMPLO DE ESTUDIO DE EVOLUCIÓN DE UN AFLORAMIENTO CIANOBACTERIANO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO (datos Mayo-Diciembre 2011)

CRITERIOS:

- Variable dependiente: Densidad de cianobacterias
- Variables independientes: Parámetros físico-químicos, meteorológicos, hidrológicos y abundancia de grupos algales
- Se descartan las variables con información redundante y aquellas con todos sus resultados <LC (p.ej., fósforo total y Microcistinas)

TRATAMIENTO DE DATOS:



Correlaciones significativas (P<0,05) cianobacterias vs resto variables

Variables con distribución normal (datos transformados)	Abundancia cianobacterias (cél./mL)		
	r de Pearson	P-valor	Tipo de correlación
Disco Secchi	-0,706	0,00482	Inversa y buena
Conductividad media ZF	0,860	0,0000783	Directa y buena
Turbidez media ZF	-0,739	0,00254	Inversa y buena
Densidad celular total	0,994	5,213E-013	Directa y muy buena
Tª aire	0,652	0,0114	Directa y moderada
Tiempo residencia	0,642	0,0133	Directa y moderada

Ecuación de regresión más adecuada (supera las pruebas de significación y los supuestos básicos del modelo)

$$\text{Densidad cianobacterias (Log}_{10} \text{cél./mL} + 1): 6,305 - (6,121 \times \text{Turbidez}) + (0,431 \times T^{\circ} \text{aire})$$

Donde:

Turbidez = 1/Turbidez media ZF medida "in situ".

Tª aire = autoescalado del promedio de la Tª media diaria del aire de los diez días previos al muestreo.

Cerca del 84% de la varianza de la densidad de cianobacterias (R^2 ajustada = 0,836) es explicada, de forma significativa ($P < 0,001$), por la combinación lineal de ambos parámetros.

SISTEMAS DE CONTROL Y PREVENCIÓN: TIPOS DE MÉTODOS

METODOLOGÍAS DE CONTROL DE AFLORAMIENTOS DE CIANOBACTERIAS MÁS UTILIZADAS

▪ CONTROL DE NUTRIENTES

- ✓ Dragado
- ✓ Sellado de sedimentos
- ✓ Aireación hipolimnética
- ✓ Floculantes

▪ CONTROL MECÁNICO

- ✓ Filtrado de aguas superficiales
- ✓ Rastrillos o redes “skimming”
- ✓ Agitación masiva
- ✓ Sombreado
- ✓ Flotación con aire
- ✓ Ultrasonicación
- ✓ Radiación Ultravioleta

▪ CONTROL QUÍMICO

- ✓ Pesticidas y alguicidas
- ✓ Peróxidos y formas reactivas del oxígeno
- ✓ Secuestradores de nutrientes

▪ CONTROL BIOLÓGICO

- ✓ Agentes virales (cianofagos)
- ✓ Agentes bacterianos
- ✓ Hongos, protozoos y otros
- ✓ Macrófitas
- ✓ Material vegetal y extractos de plantas

Fuente: F. Cobo (2015). Limnetica, 34 (1): 247-268

SISTEMAS DE CONTROL Y PREVENCIÓN: EJEMPLO DE ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONTROL BIOLÓGICO (MATERIAL VEGETAL)

AGUAS DE GALICIA - ESTACIÓN DE HIDROBIOLOGÍA “ENCORO DO CON” DE LA USC - IPROMA

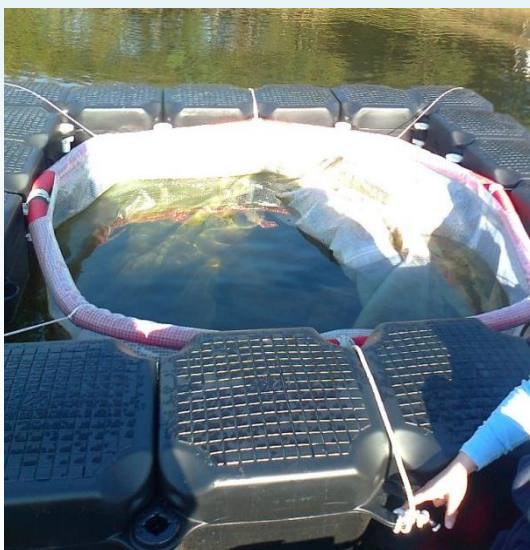
FUNDAMENTO:

Tratamiento con corteza/virutas de eucalipto como método de biorremediación de afloramientos cianobacterianos por fermentación aerobia (potencial inhibitorio del crecimiento de cianobacterias)

VENTAJAS: Empleo de desechos de la industria maderera del eucalipto, económico y aceptable medioambientalmente (no sustancia química contaminante)

ESCENARIO Y PERIODO DE TRATAMIENTO: Embalse del Umia. Julio 2011-Junio 2012

ZONA DE APLICACIÓN: 45 hectáreas de la zona inundada del embalse (presa, centro y cola) mediante instalación de “limnocorrales” (“mesocosmos”) con sacos permeables de virutas/corteza de eucalipto



Limnocorrales:

Recintos de experimentación con forma cilíndrica dotados de un sistema de flotación (parte superior) y anclaje al fondo (parte inferior) y de una “bolsa” tubular permeable/impermeable (p.e., polietileno).

Permiten realizar experimentos en el mismo ecosistema acuático problema (reproducción de sus principales características bióticas y abióticas)

SISTEMAS DE CONTROL Y PREVENCIÓN: EJEMPLO DE ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONTROL BIOLÓGICO (MATERIAL VEGETAL)

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

- Disposición de las virutas/corteza de eucalipto triturada y desecada en sacos de plástico de 5 kg y 12 mm de luz de malla (entrada y salida de agua)



- Distribución de los sacos en 120 “limnocorrales” desde donde se colocan suspendidos a distintas profundidades (capa oxigenada) + limnocorrales control



- Aplicación en 3 fases de dosificación (≈61 toneladas):

- ✓ Fase inicial (julio-agosto 2011 / 22,5 toneladas (550 Kg/Ha)
- ✓ Fase de refuerzo (octubre-noviembre 2011 / reposición de 11,25 toneladas
- ✓ Fase de mantenimiento (entre enero y junio de 2012 a razón de 4,5 toneladas/mes: 27 toneladas)

Reposición dosis de mantenimiento cada 3 meses

SISTEMAS DE CONTROL Y PREVENCIÓN: EJEMPLO DE ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONTROL BIOLÓGICO (MATERIAL VEGETAL)

SEGUIMIENTO Y RESULTADOS GENERALES

▪ Control periódico de los limnocorrales (toma de muestras y análisis: *Cl_a*, identificación y recuento fitoplancton, etc.) coincidente con el seguimiento de calidad del embalse efectuado por IPROMA: Quincenal y mensual 2011-2012

▪ 2011. Resultados no concluyentes: Diferencias entre limnocorrales control (blanco) y tratamiento no estadísticamente significativas
Motivo: Aplicación tardía del tratamiento (dosis de inicio 6 meses antes de floración)

▪ 2012. Resultados concluyentes

- ✓ Disminución de la concentración de *Cl_a* y cianobacterias (*Microcystis aeruginosa*)
- ✓ Cambios composición comunidad algal



SE COMPRUEBA EL POTENCIAL INHIBITORIO DEL TRATAMIENTO EN EL DESARROLLO DE CIANOBACTERIAS (EFECTO CIANOSTÁTICO)

SISTEMAS DE CONTROL Y PREVENCIÓN: EJEMPLO DE ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONTROL BIOLÓGICO (MATERIAL VEGETAL)

MECANISMOS DE INHIBICIÓN DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA VEGETAL (AÚN DESCONOCIDOS)

HIPÓTESIS PLANTEADAS

▪ ANTIBIÓTICOS

- ✓ Compuesto químico generado por descomposición del material vegetal
- ✓ Producido por los hongos que descomponen el material vegetal

▪ COMPUESTOS FENÓLICOS (propiedades alguistáticas)

- ✓ Procedentes de la degradación aerobia del material vegetal (lignina) por bacterias y hongos

▪ PERÓXIDO DE HIDRÓGENO (inhibidor químico del crecimiento del fitoplancton)

- ✓ Producido por oxidación de carbono orgánico (por luz UV y buena oxigenación del agua)

▪ FUENTE ADICIONAL DE CARBONO (competencia ecológica)

- ✓ Utilizada por bacterias heterótrofas (crecimiento limitado por carbono y fósforo), reduciendo la disponibilidad de P asimilable en la columna de agua

ESTUDIO EXPERIMENTAL REALIZADO PREVIAMENTE CON ÉXITO EN EMBALSE DE FORCADAS (A CORUÑA)

MÉTODO PROTEGIDO BAJO PATENTE NACIONAL (TITULAR USC / Nº PATENTE: ES 2413129 B2)



**¡MUCHAS
GRACIAS POR
SU ATENCIÓN!**



Laboratorio de análisis



Estudios y consultoría



Trabajos de campo



www.iproma.com