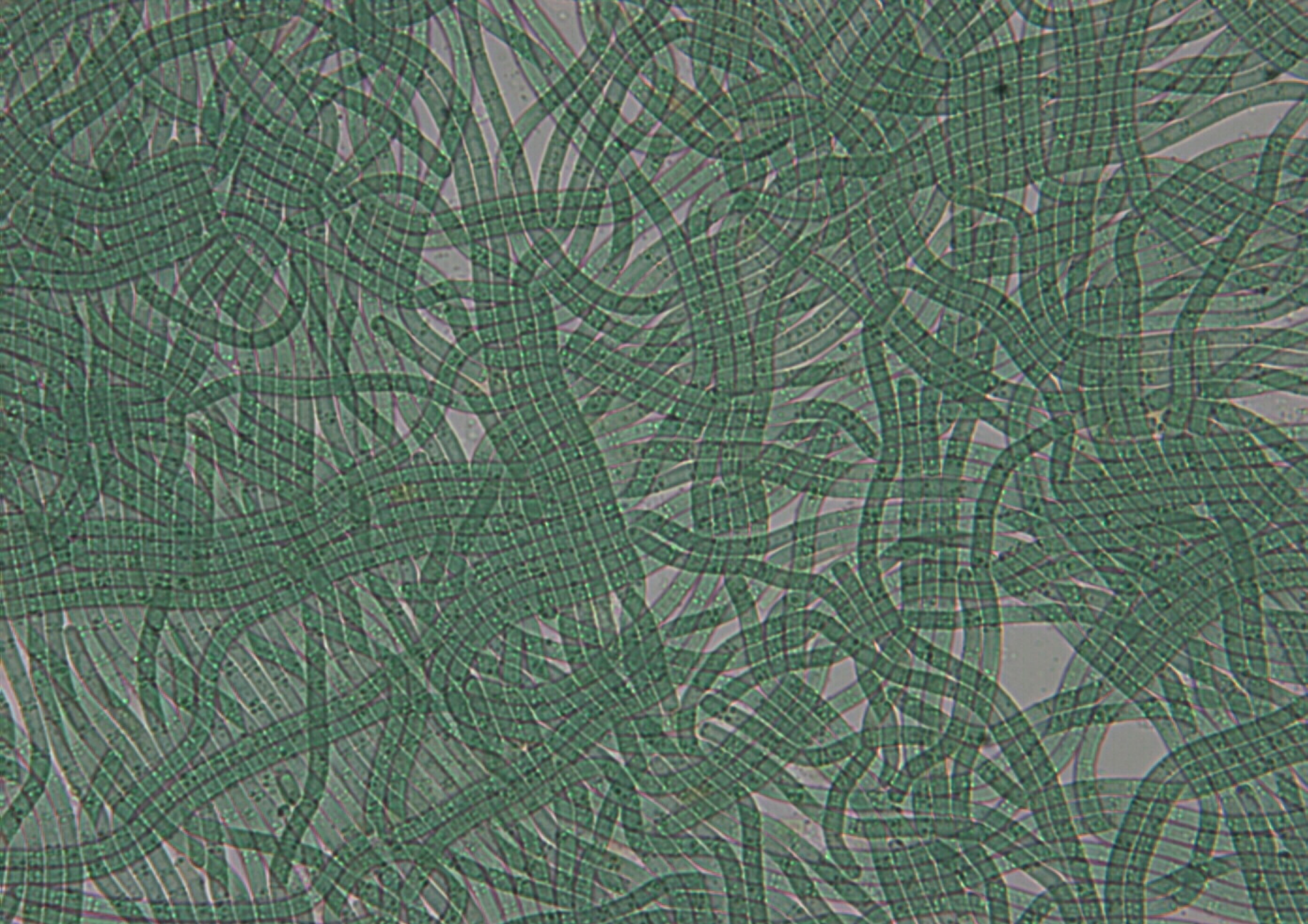
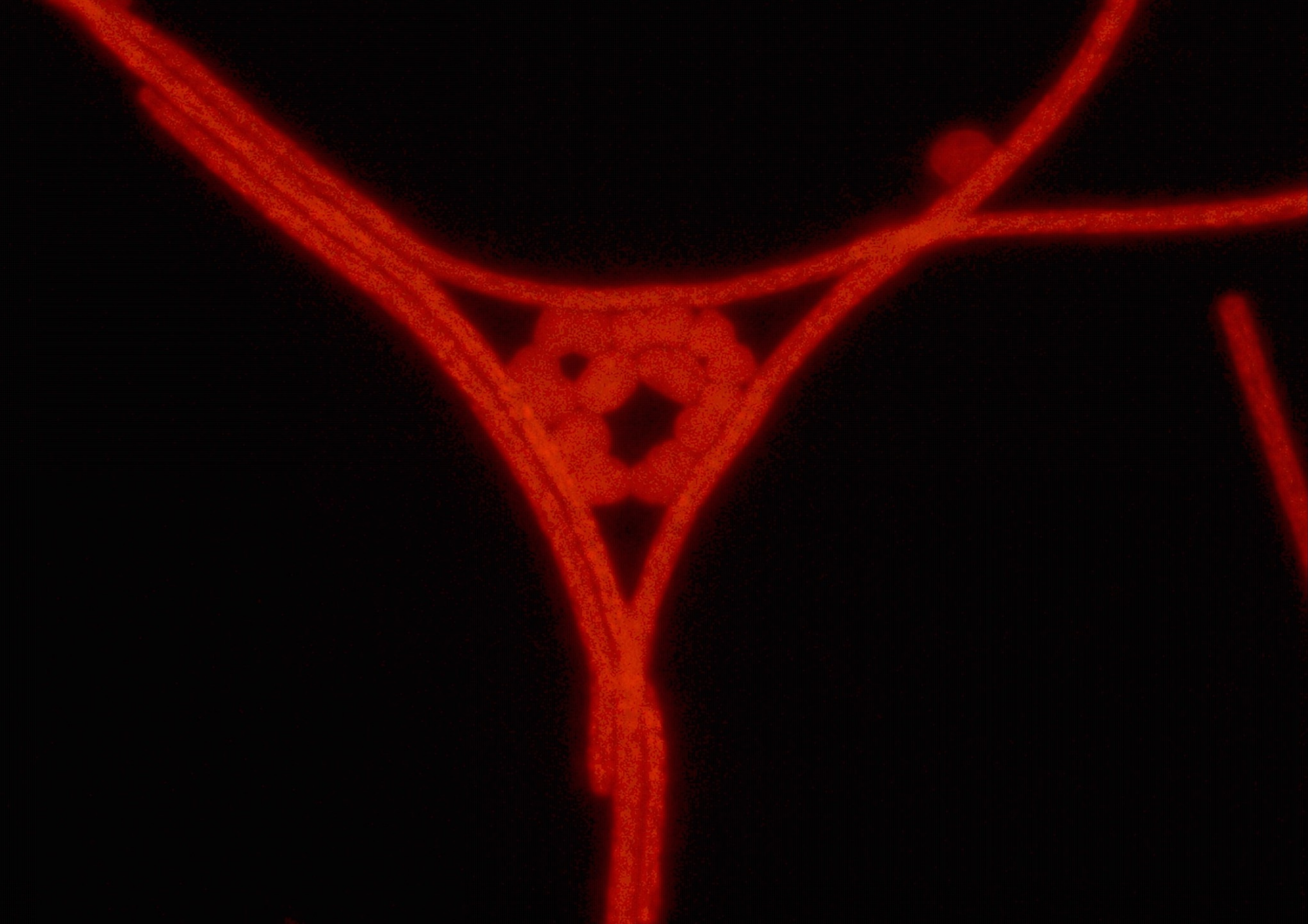
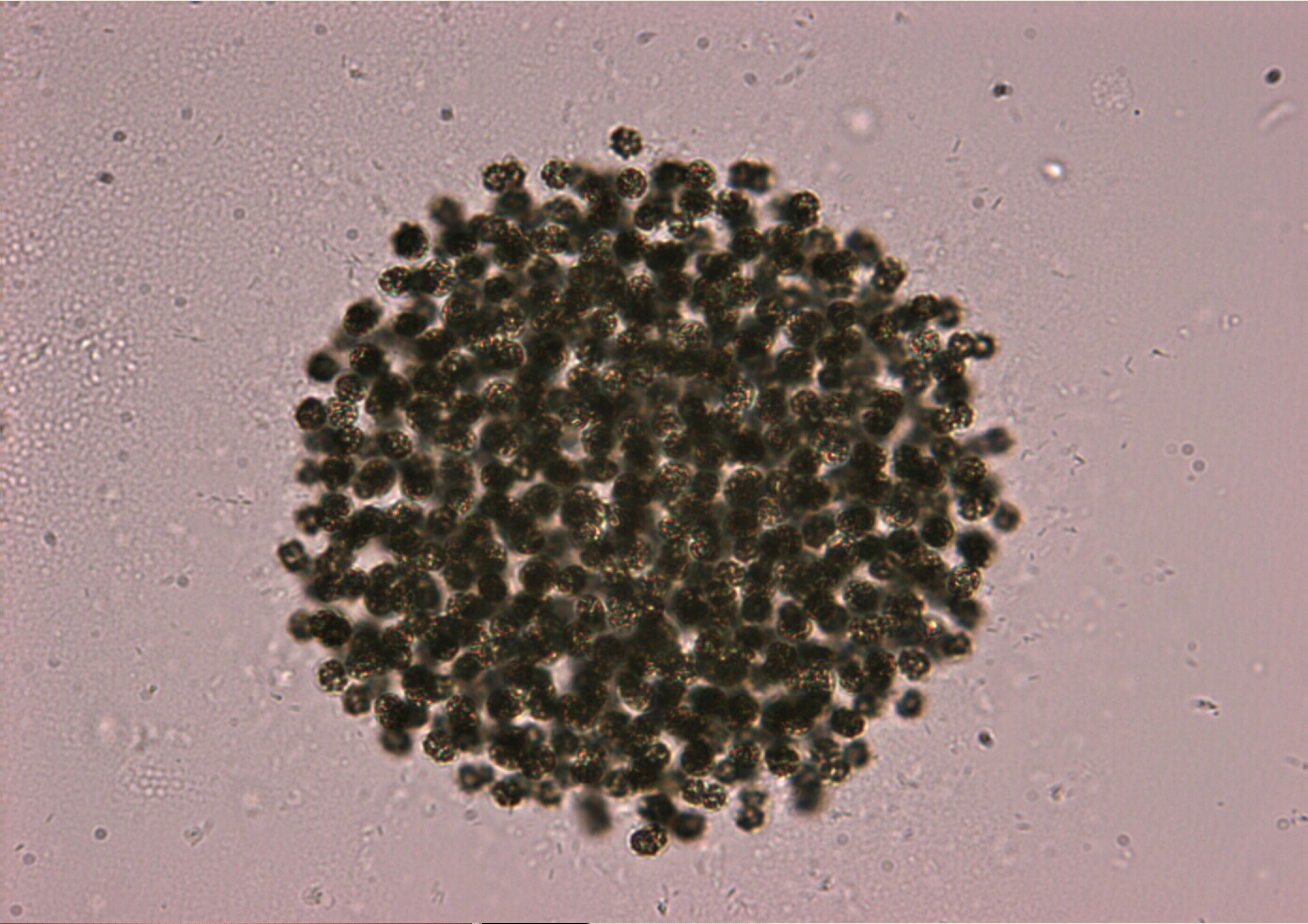
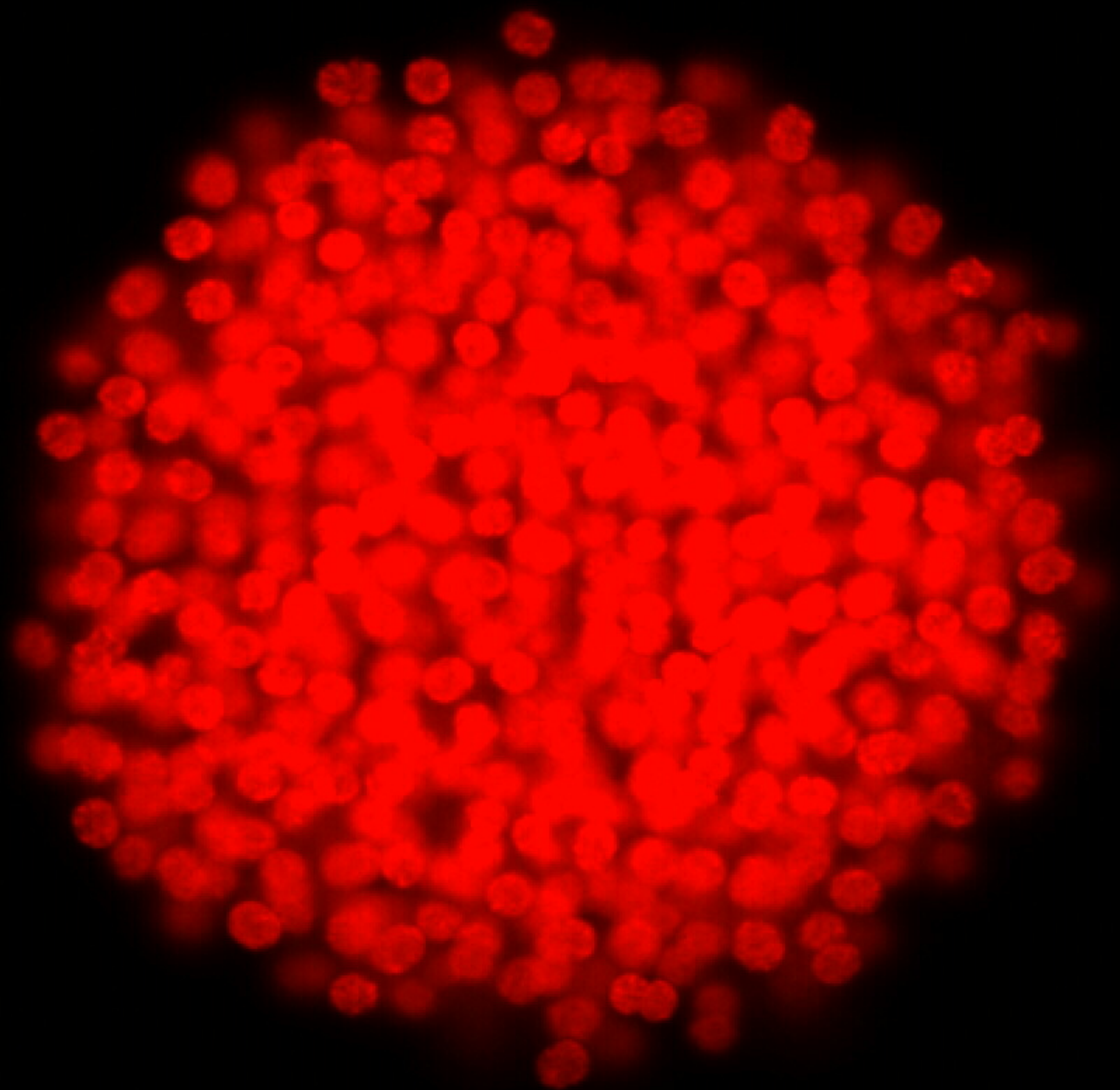
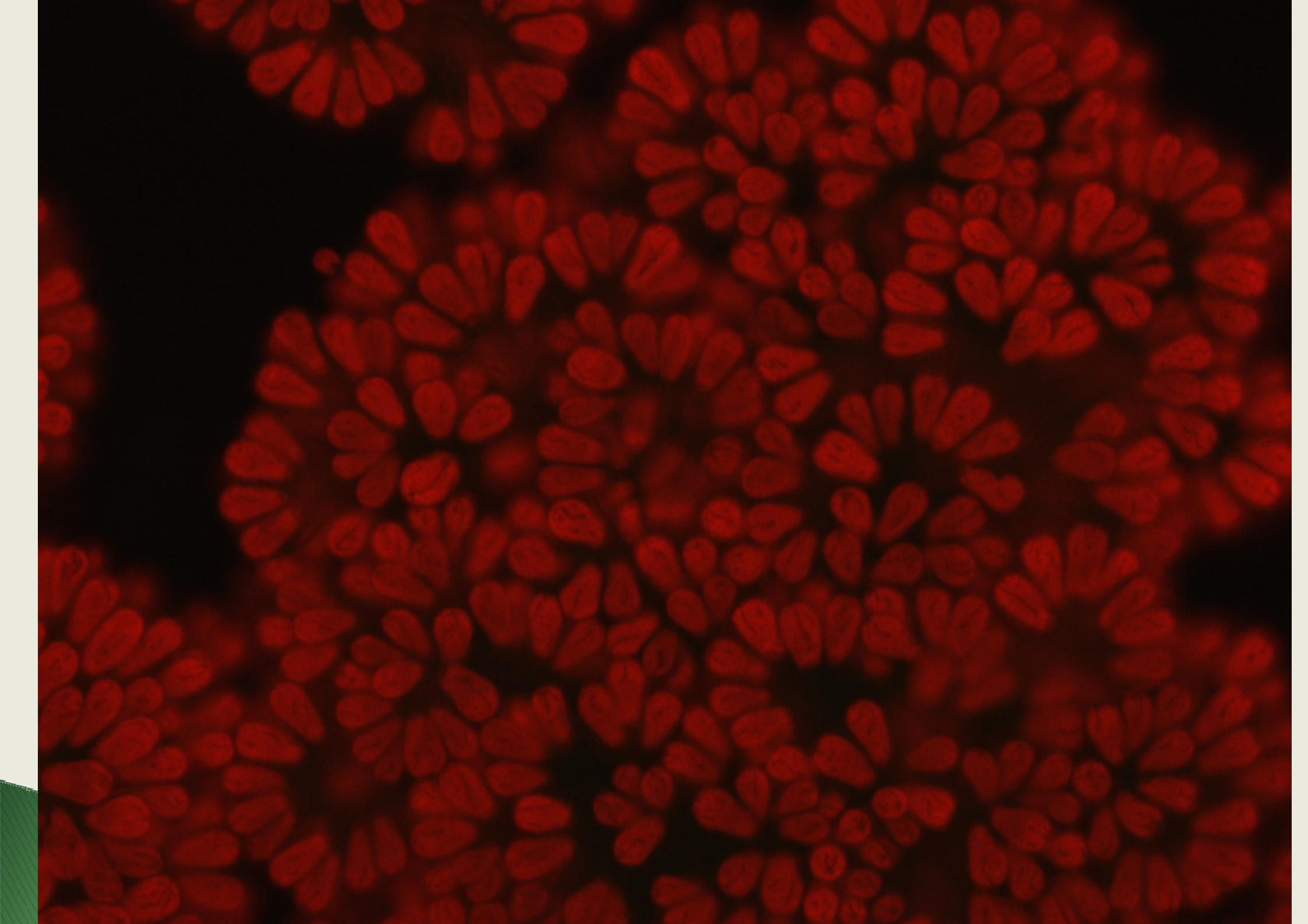


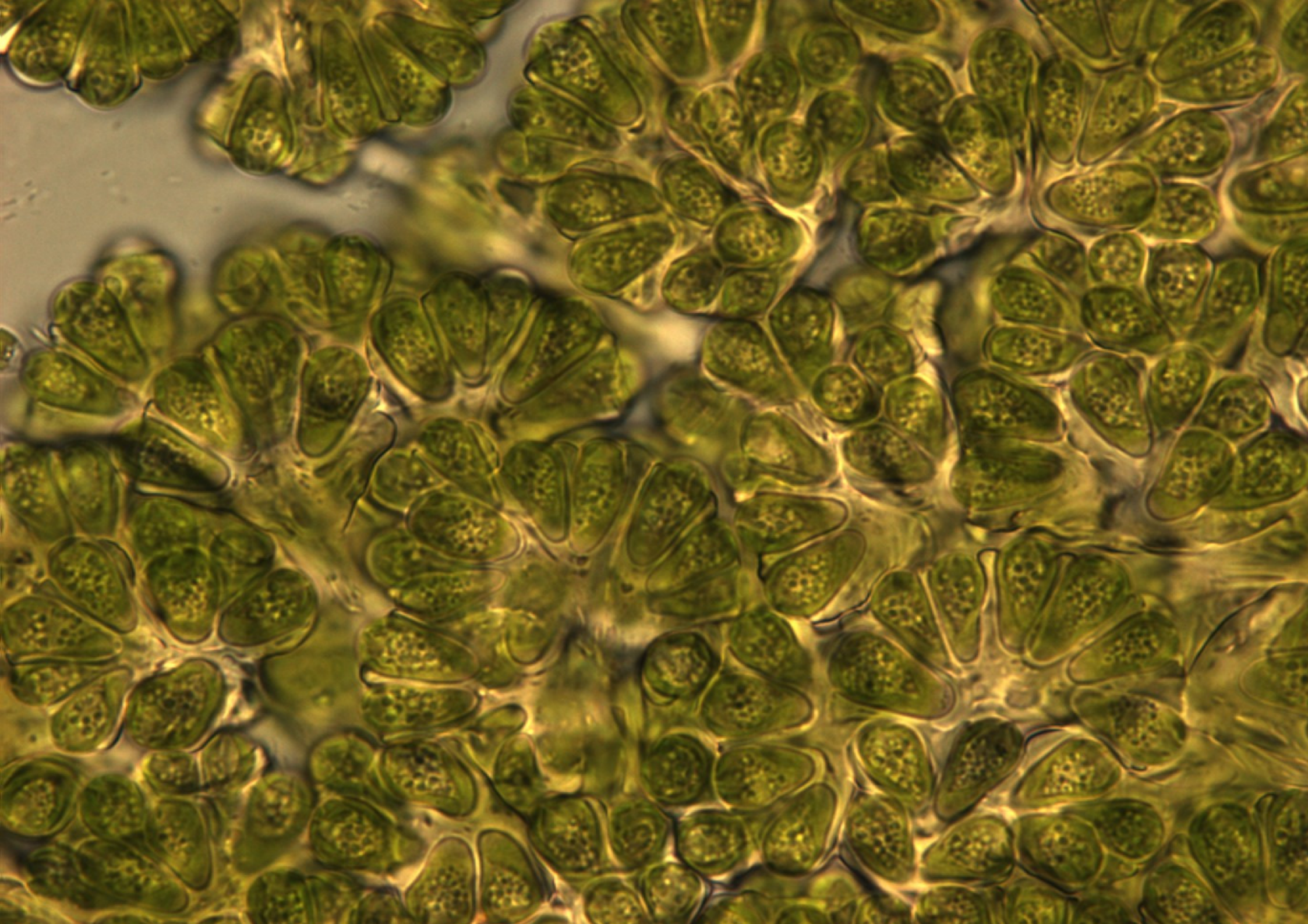
















HABs – Harmfull algal blooms

Florescências fitoplânctónicas nocivas –

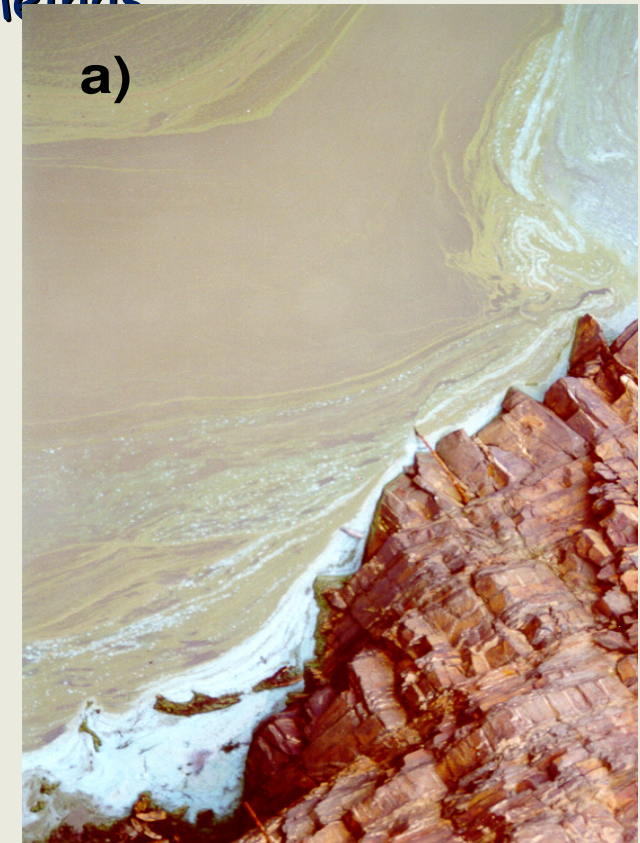
Desequilíbrios nos ecossistemas aquáticos, que permitem a súbita dominância de uma ou outra espécie, com o crescimento de um número elevadíssimo das suas células.

Este aumento da concentração das células de uma população de microrganismos aquáticos fotossintéticos pode corar intensamente a massa de água (de verde, vermelho, castanho ou mesmo azul consoante os pigmentos e o seu estado de conservação), dando origem p.ex. às famosas marés vermelhas.

A concentração de células pode ser suficientemente elevada para que se formem escumas à superfície da água, mas a ocorrência de florescências de células muito pequenas pode passar despercebida.

Figura 1.1 a) – Aspecto da margem da Albufeira do Funcho (Silves) durante uma florescência mista de cianobactérias (*Aphanizomenon flos-aquae* e *Microcystis aeruginosa*) em Janeiro de 2002.

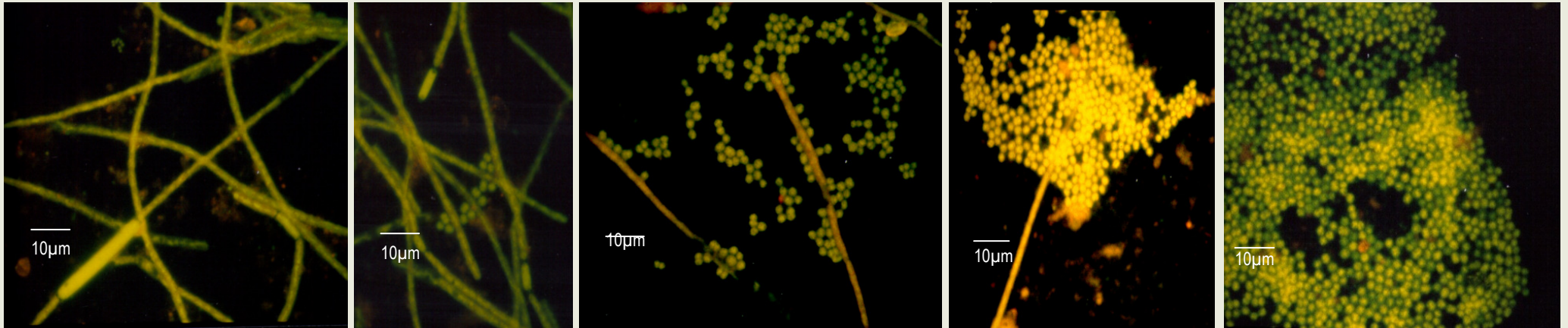
Figura 1.1 b) – Aspecto da superfície durante uma florescência pouco aparente.



Espécies dominantes
produtoras de toxinas



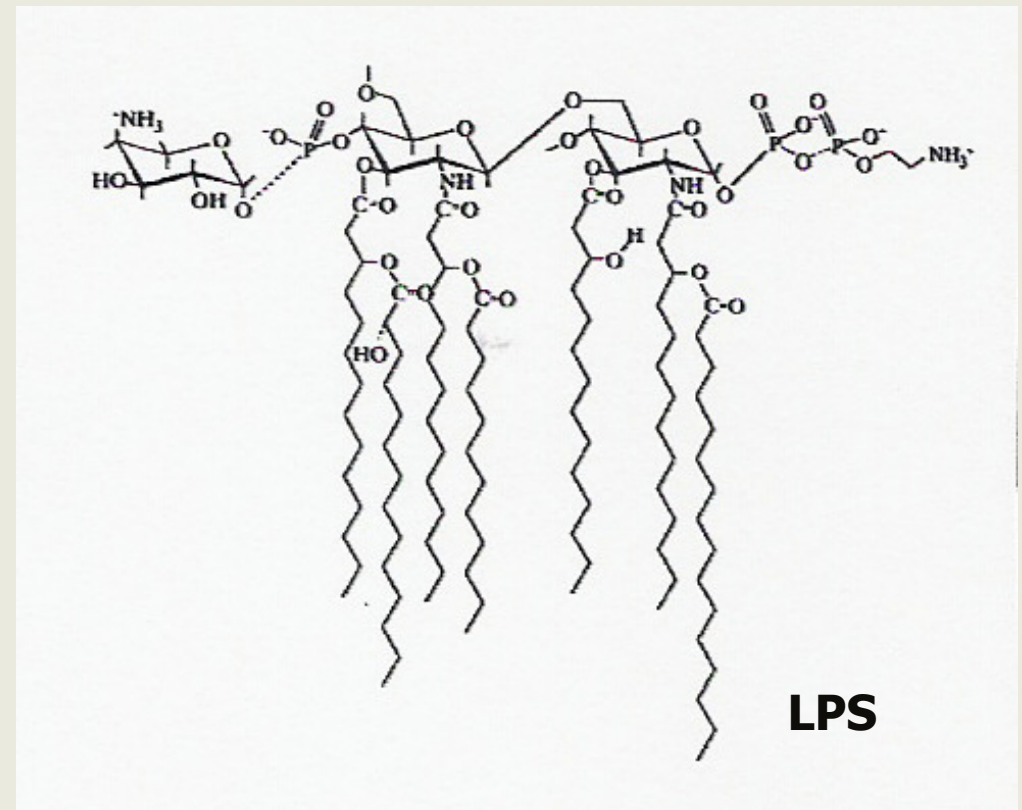
florescência tóxica
(toxic bloom)



Microfotografias em epifluorescência representativas da sucessão durante uma fluorescência mista de *Aphanizomenon flos-aquae* e *Microcystis aeruginosa*

Florescências tóxicas - Nos casos em que as espécies de microalgas dominantes na fluorescência são tóxicas, pode haver libertação das suas toxinas para a água, libertação que nas cianobactérias ocorre sobretudo em consequência da destruição celular, durante o processo de senescência da fluorescência.

- Todas as cianobactérias (como de resto as bactérias Gram-negativas em geral) produzem **lipopolissacáridos (LPS)** **irritantes ao contacto** capazes de provocar irritações de pele, gastrointestinais, respiratórias e dos olhos quer em animais, quer em pessoas.
- Além disso, muitas cianobactérias produzem **hepatotoxinas e neurotoxinas**, que poderão em algumas circunstâncias atravessar um sistema convencional de tratamento de água para consumo.



Hepatotoxinas podem ser:

➤ heptapeptídeos

I – microcistinas (~1000d)

➤ pentapeptídeos (~800d)

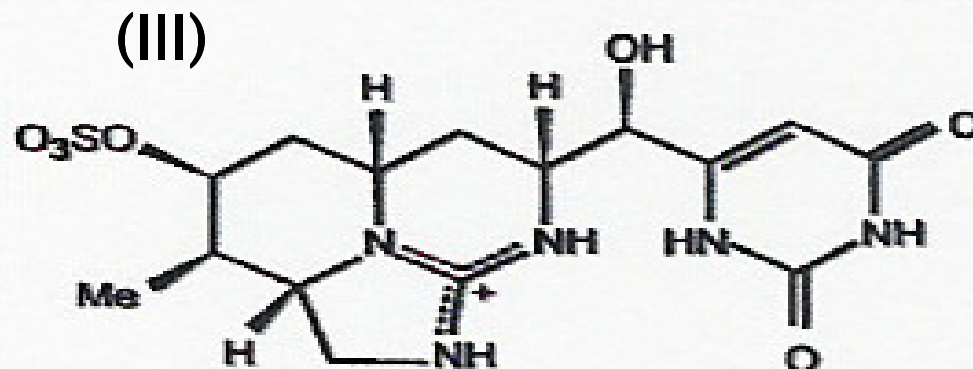
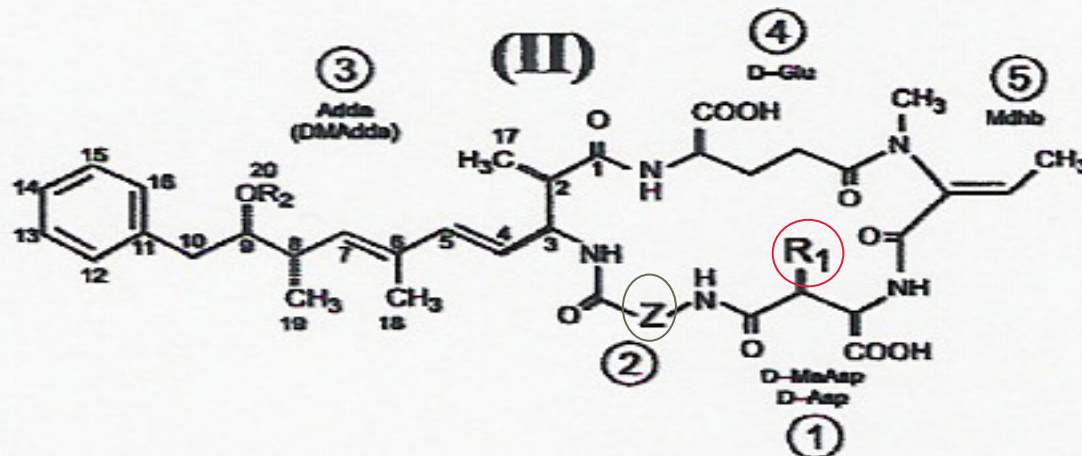
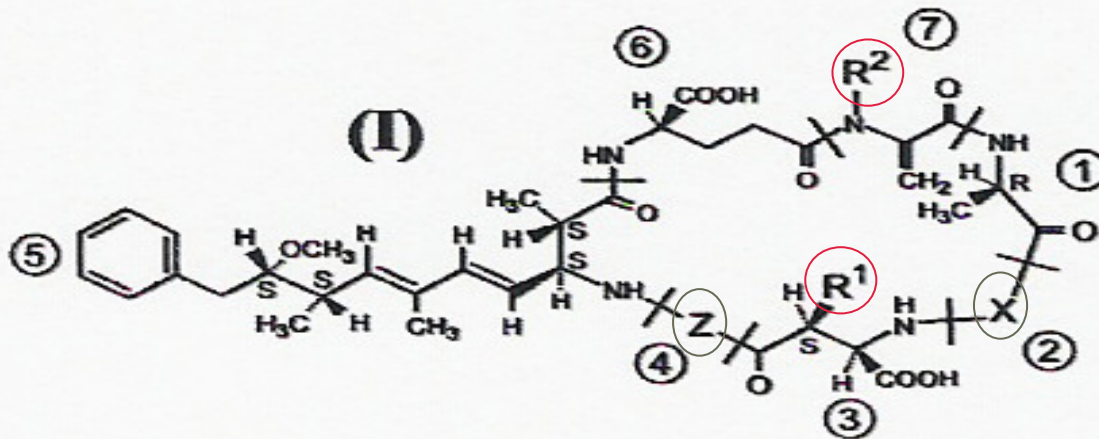
➤ II – nodularinas

• ≠ microcistinas e nodularinas têm ≠ aminoácidos em Z e X;

• R = H ou CH₃

➤ alcalóides (~475d)

III - cilindrospermopsinas



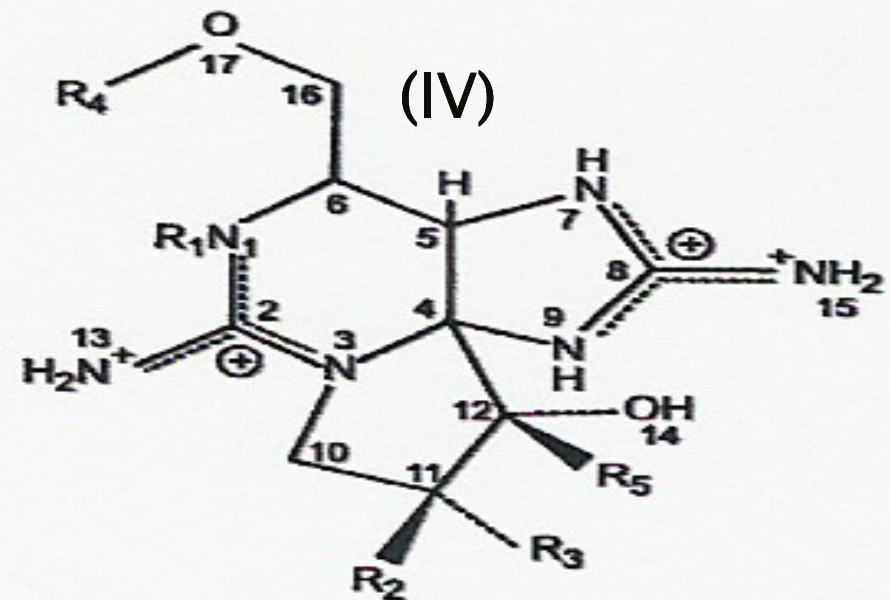
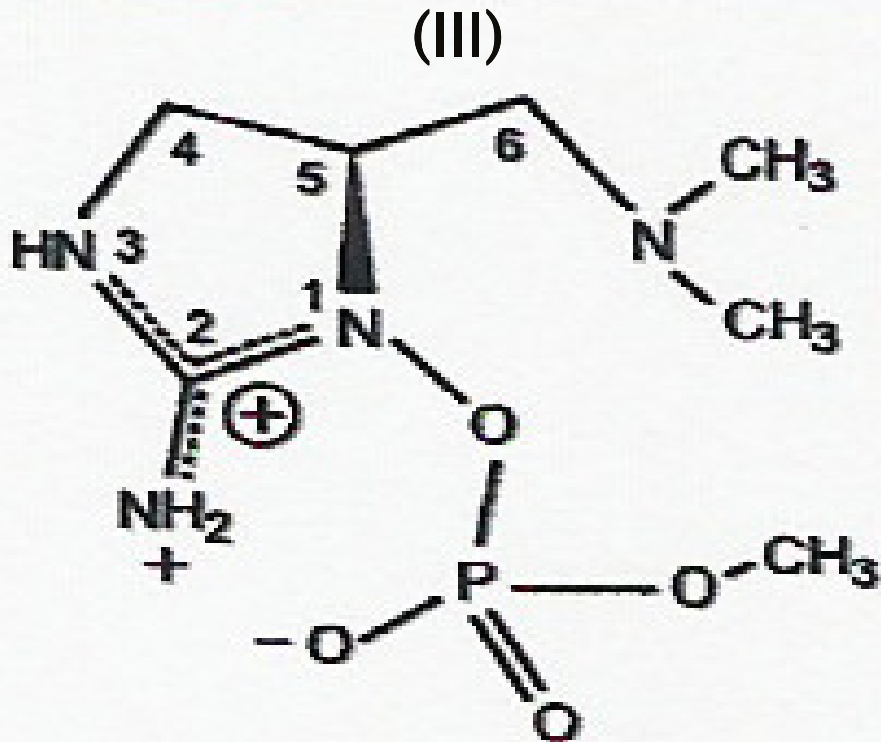
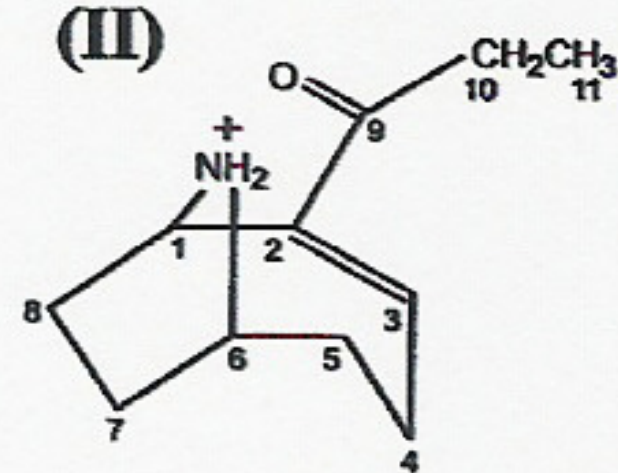
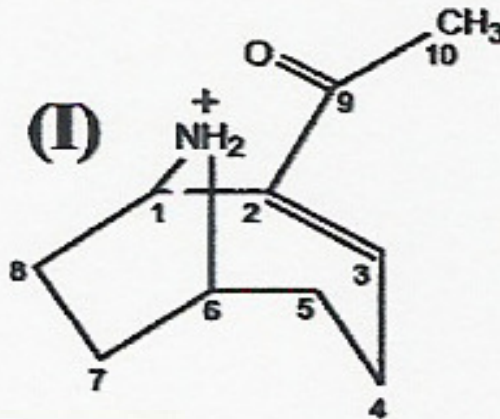
Neurotoxinas são em geral alcalóides ou derivados:

I – anatoxina -a

II – homoanatoxina-a

III – anatoxina –a(s)

IV - saxitoxinas



Cianotoxinas- Sintomas e mecanismos de toxicidade dos três grupos de cianotoxinas com indicação de alguns géneros produtores (adaptado de SIVONEN & JONES, 1999)

Cianotoxinas	Géneros produtores	Mecanismos de toxicidade	Sintomas
Hepatotoxinas (microcistinas, nodularina, e cilindrospermopsina)	<i>Anabaena</i> <i>Microcystis</i> <i>Oscillatoria</i> (<i>Planktothrix</i>) <i>Nodularia</i> <i>Cylindrospermopsis</i>	Bloqueio de fosfatases Hemorragias hepáticas	Vómitos Diarreia Icterícia Extremidades frias
Neurotoxinas (anatoxinas, saxitoxinas e cilindrospermopsina)	<i>Anabaena</i> <i>Aphanizomenon</i> <i>Oscillatoria</i> (<i>Planktothrix</i>) <i>Cylindrospermopsis</i>	Bloqueio da despolarização pós-sináptica Bloqueio da acetilcolinesterase Bloqueio dos canais de sódio	Fibrilhação Perdas de movimento Hipersalivação viscosa Lacrimejamento Incontinência urinária Defecção Paragem cardio-respiratória
Irritantes ao contacto LPS	Todos	Irritação através da pele e das vias respiratórias	Estados febris Dispneia Conjuntivites

Reconhecem-se como produtores de **hepatotoxinas** e **neurotoxinas** os seguintes géneros de cianobactérias:

➤ Produtores de **hepatotoxinas**:

Microcystis

Oscillatoria

Planktothrix

Anabaena

Nostoc

Anabaenopsis

Coelosphaerium

Microcistinas

Nodularia

Nodularinas

Cylindrospermopsis

Cilindrospermopsinas

Raphidiopsis

➤ Produtores de **neurotoxinas**:

Aphanizomenon

Anabaena

Oscillatoria

Planktothrix

Cylindrospermum

Anatoxinas

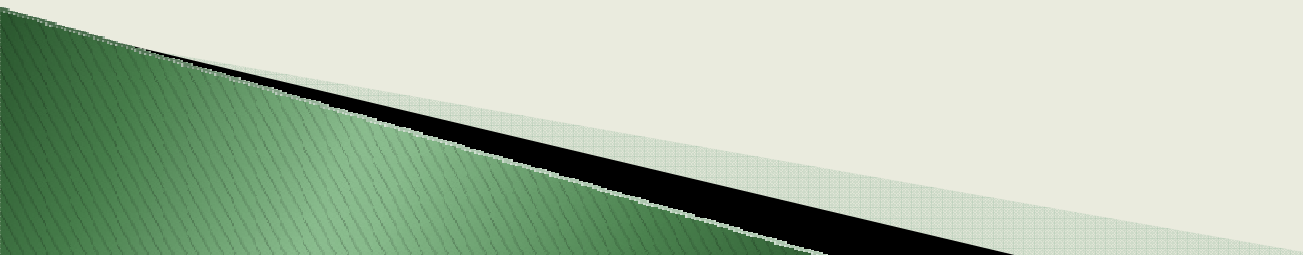
Lyngbya

Anabaena

Aphanizomenon

Saxi-
toxinas
(PSP)

Cylindrospermopsis

- **Entre os efeitos confirmados de contaminações por cianotoxinas incluem-se:**
- **a promoção de tumores (China);**
 - **intoxicações severas com manifestações de gastroenterite e de hepatite;**
 - **a morte em 1996 de pelo menos 50 utentes de uma clínica de hemodiálise no Brasil;**
 - **hospitalização por envenenamento com uma cianotoxina – cilindrospermopsina - de dezenas de utentes da água de uma albufeira em Queensland (Australia).**
- 

Évora (Portugal) - 1993

Mortes: 20 pessoas

Sintomas: encefalopatias com elevados níveis de alumínio (Al) no sangue

Diagnóstico: intoxicação por Al

Origem: elevadas concentrações de Al na. água por tratamento inadequado.

Estudos epidemiológico de F.Araújo, 1994;1995

Cianobactérias florescem regularmente na albufeira de Mte Novo, abastecedora de uma ETA para consumo humano.

- Detectaram-se cianobactérias na água tratada.



rise

Rede de Investigação do Sudoeste Europeu
Red de Investigación del Suroeste de Europa



PROGRAMA
COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIZA
ESPAÑA ~ PORTUGAL
COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIZA
2007 - 2013



UNIÃO EUROPEIA
FEDER

CIANOTOOLS

1º Workshop RISE – 22 de Outubro de 2009

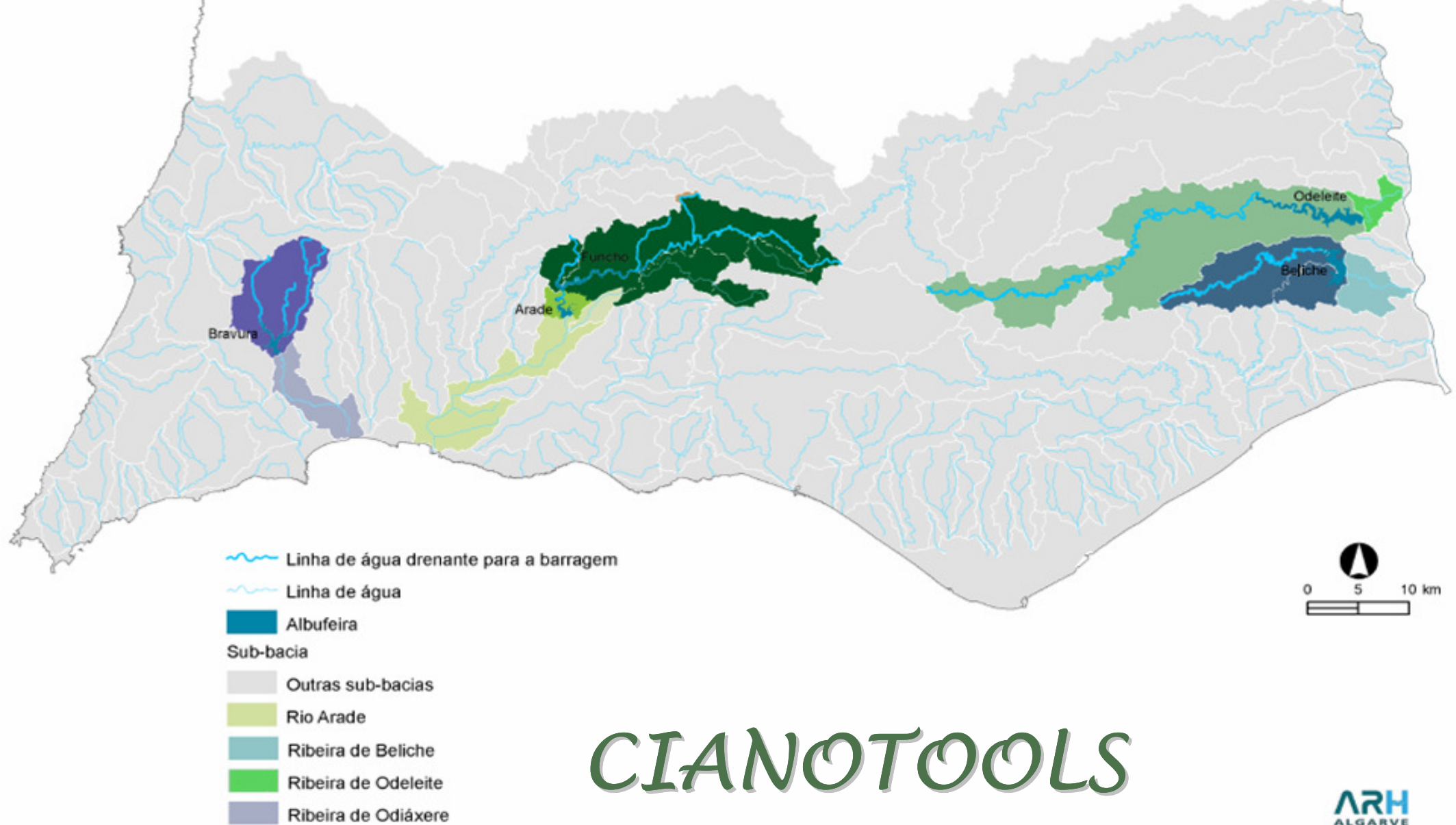
UHU – UALG – ARH



UAlg
UNIVERSIDADE DO ALGARVE

ARH
ALGARVE

Administração da
Região Hidrográfica
do Algarve I.P.



CIANOTOOLS

Florescências tóxicas de cianobactérias
e qualidade ecológica da água

CIANOALERTA - Florescências tóxicas de cianobactérias e critérios de qualidade ecológica da água de albufeiras abastecedoras do consumo humano

CIANOALERTA II - Florescências tóxicas de cianobactérias e qualidade da água para consumo humano

CIANOALERTA III - Florescências tóxicas de cianobactérias e qualidade ecológica da água

UAlg – AdA – CCDR-Algarve

GIAHSA - UHU

Estes projectos dependeram da cooperação activa entre diversas entidades, para a qual contribuíram :

AdA :

- Helena Lucas
- Amélia Pascoal
- Dulce Lourenço
- Regina Vinhas
- M^ado Rosário Coelho
- Rita Baptista
- Sílvia Condinho
- Raquel Machês



CCDR-Algarve :

- Conceição Gago
- Fátima Coutinho
- Sandra Teixeira
- Rosa Sousa
- Margarida Aldeia
- Lilia Cabrita
- Vitalina Santos
- Artur Cláudio
- Eduardo Mendes
- Armando Mangas
- José Serafim



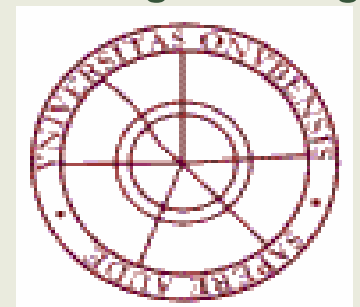
UAlg :

- Cristina Costa
- Jani Santos
- Margarida Reis
- Rute Miguel
- Sandra Caetano
- Sandra Mesquita
- M^a José Rodrigues



UHU:

- Carlos Vílchez
- Eduardo Forján Lozano
- Maria José Dominguez Vargas





CONVENÇÕES

OBRAS NOVAS	Expansão do Sistema	ETA por Dessalinização	Barragem Existente	Adutor Oriental	Adutor Poente - Troço Inicial
Estação Elevatória a Construir	ETA	Barragem em Construção ou Provista	Barragem Existente	Adutor E.E. Alcantarilha - Reservatórios Iniciais	Adutor Poente - Troço Intermédio
Novo Ponto de Entrega	Estação Elevatória	Barragem Existente	Barragem Existente	Adutor Ocidental - Troço Inicial	Adutor Poente - Troço Final
Novo Ponto de Entrega e Reservatórios Camarários	Estação elevatória Reversível	Barragem Existente	Barragem Existente	Adutor Ocidental - Troço Final	Adutor Nascente
Reservatório do Sistema	Reservatório Camarário e Ponto de Entrega	Barragem Existente	Barragem Existente	Conduta Existente e Integrar no Sistema Multimunicipal	Adutor do Beliche
Reservatório do Sistema Multimunicipal a Construir	Reservatório do Sistema Multimunicipal Existente	Barragem Existente	Barragem Existente	Adutor Principal	Adutor de Água Bruta

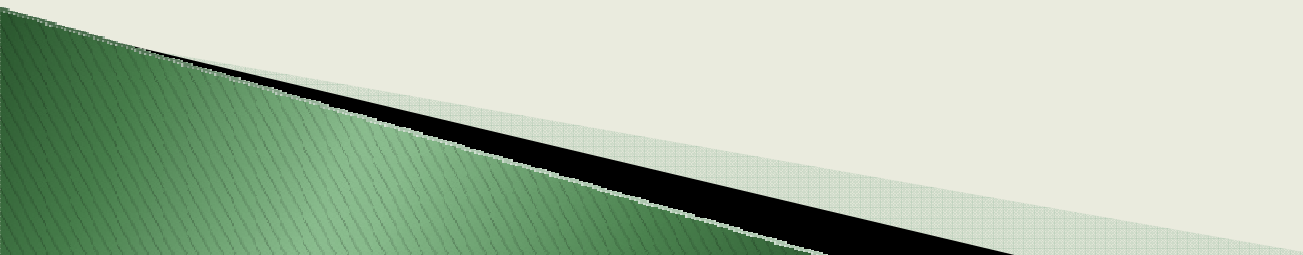
CIANOALERTA

Objectivo global:

- *estabelecer e avaliar a implementação de critérios de qualidade ecológica das águas, como ferramenta de gestão da qualidade hídrica de albufeiras abastecedoras do consumo humano, sujeitas à ocorrência de florescências tóxicas de cianobactérias.*

CIANOALERTA II

Objectivos globais:

- *melhorar a detecção precoce do desenvolvimento de florescências, através da introdução de novos equipamentos, e parâmetros;*
 - *avaliar efeitos das florescências tóxicas em águas já tratadas.*
- 

CIANOALERTA III

Objectivos globais:

- *monitorização das condições ecológicas desencadeadoras de florescências tóxicas nas origens de água para consumo*
- *avaliação por análise multivariada de tendências na evolução da qualidade da água nas albufeiras do Algarve*

CIANOTOOLS

Objectivos globais:

- *prolongar a monitorização conduzida ao longo de 5 anos para*
 - *avaliar os critérios ecológicos da qualidade da água, desenvolvidos nos projectos CIANOALERTA;*
 - *relacionar a gestão das albufeiras com as diferenças registadas, em termos de deflorescências, entre as albufeiras do Barlavento e as do Sotavento.*

DQA ➡ CIANOALERTA ➡ DQA

A Directiva Comunitária (2000/60/CE) da União Europeia (UE) -
Directiva-Quadro da Água (DQA) –

- estende o âmbito de aplicação das medidas de protecção a todo o tipo de águas: – águas subterrâneas, rios, lagos, albufeiras, águas de transição e costeiras;
- define, como objectivo claro, que deverá alcançar-se o «bom estado» de todas as águas europeias até 2015;
- considera «bom estado»: o estado global em que se encontra um meio hídrico quando os seus estados *ecológico* e *químico* são considerados, pelo menos, «bons».

DQA ➡ CIANOALERTA ➡ DQA

«*bom estado ecológico*» :

- aquele em que da actividade humana tenham resultado apenas ligeiras alterações dos «elementos de qualidade» físico-químicos hidromorfológicos e biológicos em relação aos valores normalmente associados ao mesmo tipo de sistema em condições não perturbadas.

Albufeiras ➡ Lagos ou lagoas artificiais ➡ «*bom potencial ecológico*»

Potencial ecológico *máximo, bom ou razoável*, consoante os valores dos elementos de qualidade biológica, físico-química, hidromorfológica e gerais se desviem dos naturais para o tipo de massa de água superficial natural, que mais se assemelhe ao sistema em questão.

DQA



Elementos de qualidade ecológica de lagos naturais

Elementos biológicos

- a) composição, abundância e biomassa do fitoplâncton
- b) composição e abundância da restante flora aquática
- c) composição e abundância dos invertebrados bentônicos
- d) composição, abundância e estrutura etária da fauna piscícola

Elementos hidromorfológicos de suporte aos biológicos

- a) regime hidrológico
- b) caudais e condições de escoamento
- c) tempo de residência
- d) ligação a massas de águas subterrâneas
- e) condições morfológicas
- f) variação da profundidade do lago
- g) quantidade, estrutura e substrato do leito do lago
- h) estrutura das margens do lago

DQA



Elementos de qualidade ecológica de lagos naturais

Elementos físico-químicos de suporte aos biológicos

- a) elementos gerais
- b) transparência
- c) condições térmicas
- d) condições de oxigenação
- e) salinidade
- f) estado de acidificação
- g) condições relativas aos nutrientes
- h) poluentes específicos
- i) poluição resultante de todas as substâncias prioritárias identificadas como sendo descarregadas na massa de água
- j) poluição resultante de outras substâncias identificadas como sendo descarregadas em quantidades significativas na massa de água.

CIANOALERTA

Elementos biológicos avaliados

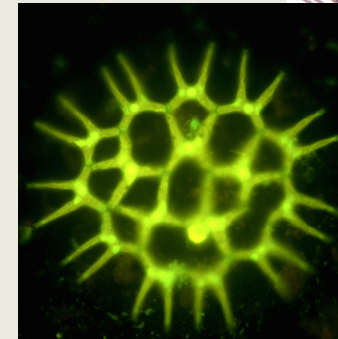
- a) composição, abundância e biomassa do fitoplâncton;
- b) Composição e abundância do zooplâncton.

Índices ecológicos estudados :

- a) Abundância total por grupo taxonómico e respectivas proporções;
- b) riqueza em espécies;
- c) índice de diversidade de Shanon;
- d) índice de dominância de Berger-Parker;
- e) Índice de equitabilidade
- f) Índice de Simpson
- g) Índices de estado trófico (TSI) com base em:
 - concentração de clorofila a – TSI_{Chla}
 - concentração de formas de fósforo – TSI_{Pt} e TSI_{P205}

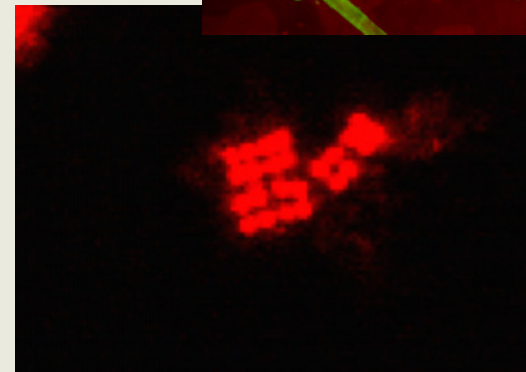
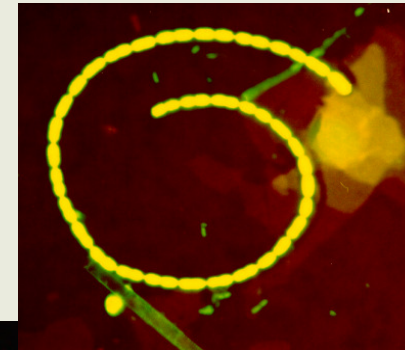
Elementos não previstos na DQA

- a) Composição e abundância do zooplâncton;
- b) Avaliação de índices ecológicos.

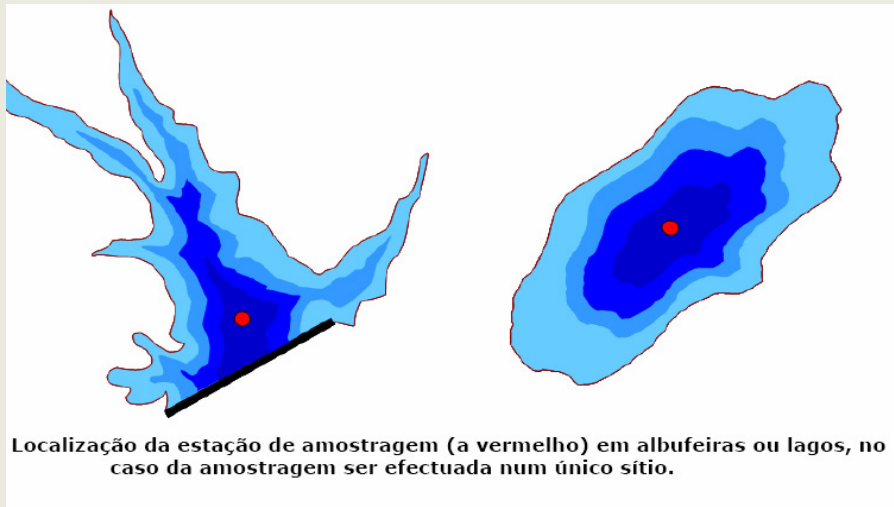


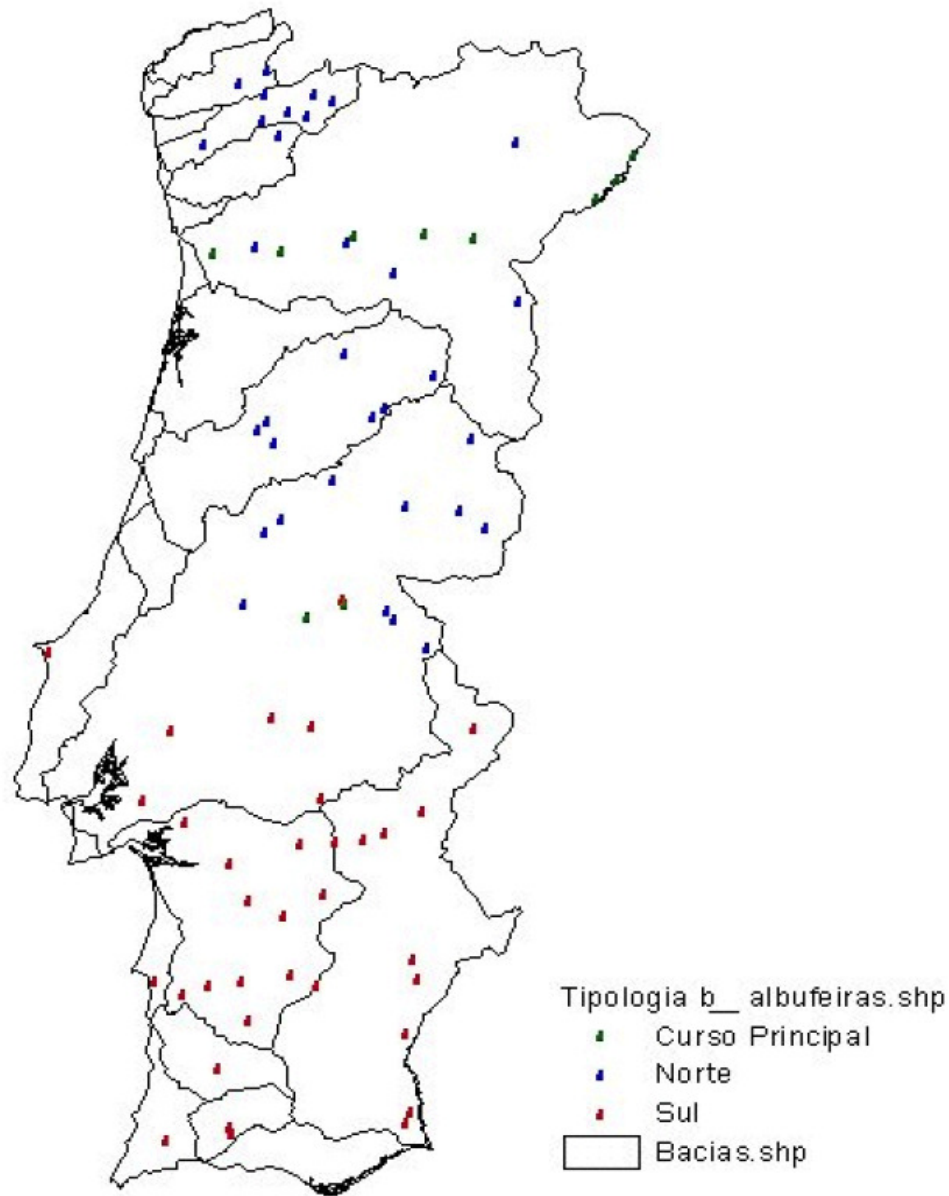
Índices ecológicos estudados :

- a) Abundância total por grupo taxonômico e respectivas proporções;
- b) riqueza em espécies;
- c) índice de diversidade de Shanon;
- d) índice de dominância de Berger-Parker;
- e) índice de equitabilidade;
- f) índice de Simpson;
- g) índices de estado trófico.



INAG, I.P. (2009). *Manual para a Avaliação da Qualidade Biológica da Água em Lagos e Albufeiras segundo a Directiva Quadro da Água - Protocolo de Amostragem e análise para o Fitoplâncton*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.





North type reservoirs (cold waters reservoirs) – These reservoirs operate mostly for hydroelectric power generation, with a residence time usually lower than seven months. They are located at the North of Portugal, with annual mean temperature lower than 15 °C and annual mean precipitation higher than 800 mm. The water hardness is below 50 $\mu\text{g CaCo}_3/\text{L}$, whereas the catchments substrate is siliceous and dominated by granitic rocks.

South type reservoirs (warm waters reservoirs) – These reservoirs are essentially for water supply and irrigation. In this type the water residence time is generally greater than seven months and comprises an annual storage fluctuation, with a maximum level phase from January to June and a minimum in September. They are generally located in lowland regions, with annual mean temperature higher than 15 °C and annual mean precipitation below 800 mm. The catchment area substrate is mainly siliceous, dominated by schist and sedimentary rocks, and water hardness level is above 50 $\mu\text{g CaCO}_3/\text{L}$.

Main River type – This type includes run-of-river mainstem reservoirs, that mainly operate to meet hydropower and flood control objectives. They are located on major courses of rivers, downstream of large drainage basins ($> 20\,000\text{ km}^2$) and have shorter residence time (around 10 days).

- **The dry season is usually prolonged from May to September.**
- **Years of extended droughts alternate with years of intense rain and floods.**



Albufeira do Funcho
em 10/07/2001

Albufeira do Funcho
em 30/01/2002



Albufeira do Funcho
em 03/09/2005



PRINCIPAIS CAUSAS E EFEITOS DAS FLORESCÊNCIAS NOCIVAS

FACTORES

Fontes Pontuais

Fontes Difusas

Seca

Controlo Fluxo e Vazão

Fontes externas aos rios

CAUSAS

Nutrientes (P e N:P)

Luz (Turbidez)

Temperatura

Falta de Turbulência

Longo Tempo de Retenção

Inoculação

Biológicas (ex: Predação)

Químicas (ex: pH alto)

EFEITOS

Toxinas

Desoxigenação

Estética

Água de abastecimento

Ambiente

Humanos
Animais Domésticos
Vida Selvagem

Comunidade aquática (incluindo peixes)

Espumas
Odor

Gosto e Odor
Carga Orgânica
Afeta o tratamento

Química da água

HABs

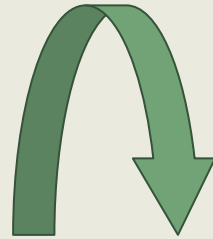
```
graph LR; subgraph Factores; FP[Fontes Pontuais]; FD[Fontes Difusas]; S[Seca]; CFV[Controlo Fluxo e Vazão]; FERA[Fontes externas aos rios]; end; subgraph Causas; N[Nutrientes P e N:P]; L[Luz Turbidez]; T[Temperatura]; FT[Falta de Turbulência]; LTR[Longo Tempo de Retenção]; I[Inoculação]; B[Biológicas ex: Predação]; Q[Químicas ex: pH alto]; end; subgraph Efeitos; Tox[Toxinas]; Des[Desoxigenação]; Est[Estética]; Agua[Água de abastecimento]; Amb[Ambiente]; end; FP --> N; FD --> L; S --> T; CFV --> T; CFV --> FT; CFV --> LTR; FERA --> I; N --> HABs; L --> HABs; T --> HABs; FT --> HABs; LTR --> HABs; I --> HABs; B --> HABs; Q --> HABs; HABs --> Tox; HABs --> Des; HABs --> Est; HABs --> Agua; HABs --> Amb; Tox --> HA[Humanos Animais Domésticos Vida Selvagem]; Des --> CA[Comunidade aquática incluindo peixes]; Est --> EO[Espumas Odor]; Agua --> GO[Gosto e Odor Carga Orgânica Afeta o tratamento]; Amb --> QA[Química da água];
```

Modelo mais divulgado

**Aumento da eutrofização nos
ambientes aquáticos**



**decréscimo da diversidade
do fitoplâncton**



**maior ocorrência de
florescências de cianobactérias**

nem sempre verdadeiro !!!!

CIANOALERTA

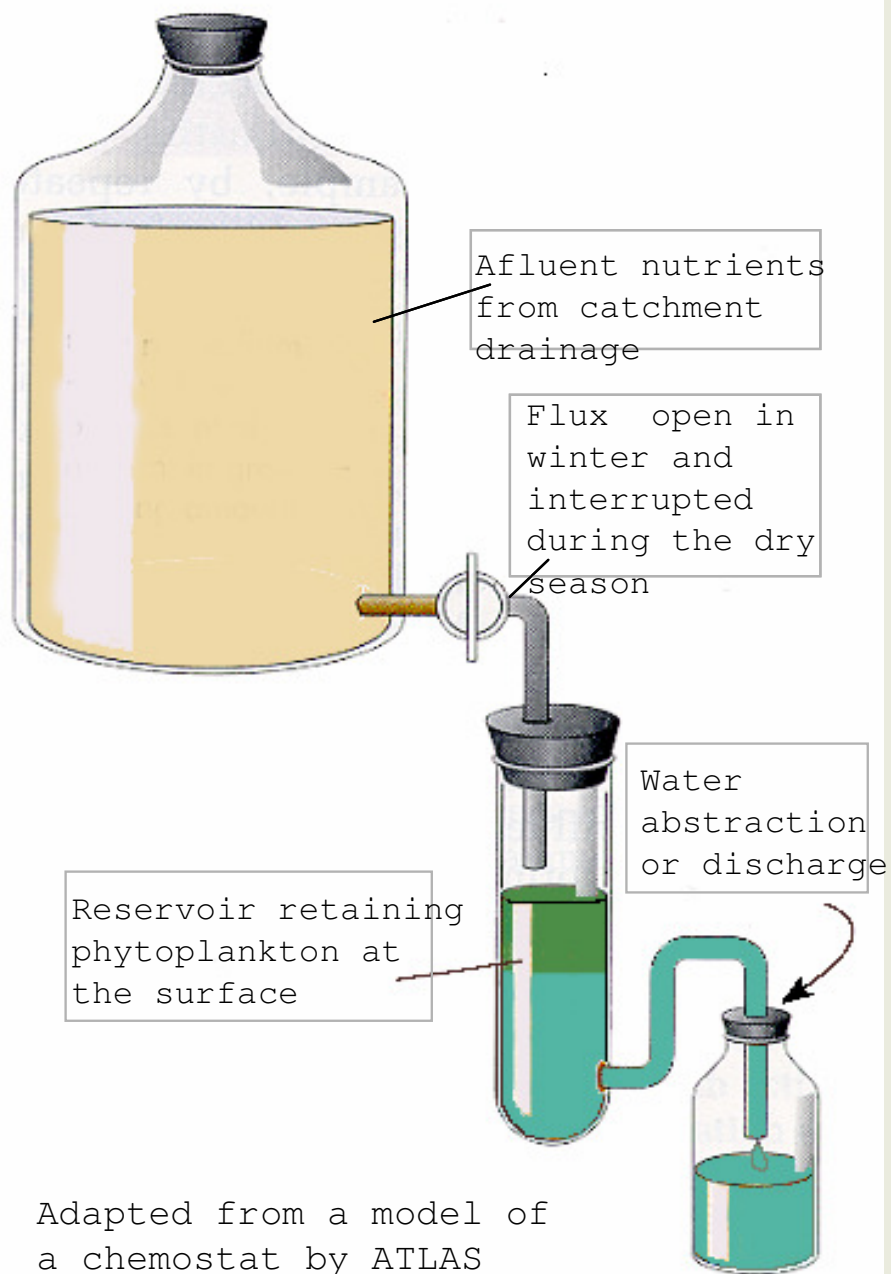
FLORESCÊNCIAS TÓXICAS DE CIANOACTÉRIAS E CRITÉRIOS DEQUALIDADE ECOLÓGICA DA ÁGUA DE ALBUFEIRAS ABASTECEDORAS DO CONSUMO HUMANO

CIANOALERTA I , II & III

5 institutions - UAlg (pt) – AdA (pt) – CCDR-Alg (pt) – GIAHSA (es) - UHU (es) - are involved in several research projects and programs studying the main reservoirs in Algarve and Provincia de Huelva, namely:

Bravura	Funcho	Odeleite	Beliche	(Algarve)
Chanza	Piedras	(Provincia de Huelva)		

- (1) Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente – Universidade do Algarve (UAlg),
- (2) Águas do Algarve, S.A. (AdA),
- (3) Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve (CCDR–Alg),
- (4) Gestión Integral del Agua Costa de Huelva, S.A. (GIAHSA),
- (5) Facultad de Ciencias Experimentales – Universidad de Huelva (UHU).



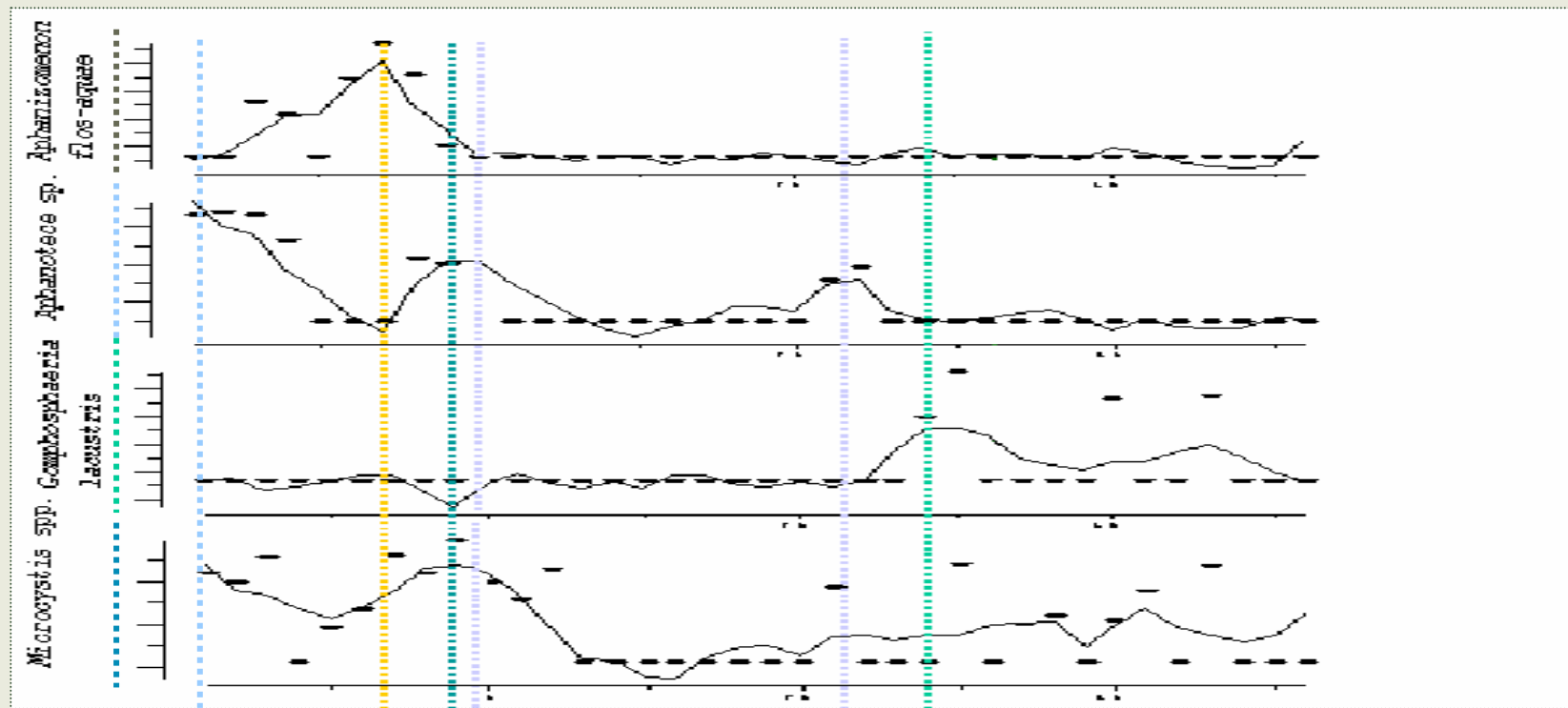
Adapted from a model of a chemostat by ATLAS (1997)

- abstracting cold water from the hypolimnion, maintaining a floating inoculum of warm temperature selected cyanobacteria at the surface is transforming reservoirs into chemostat like structures, favouring the occurrence of prolonged summer blooms.

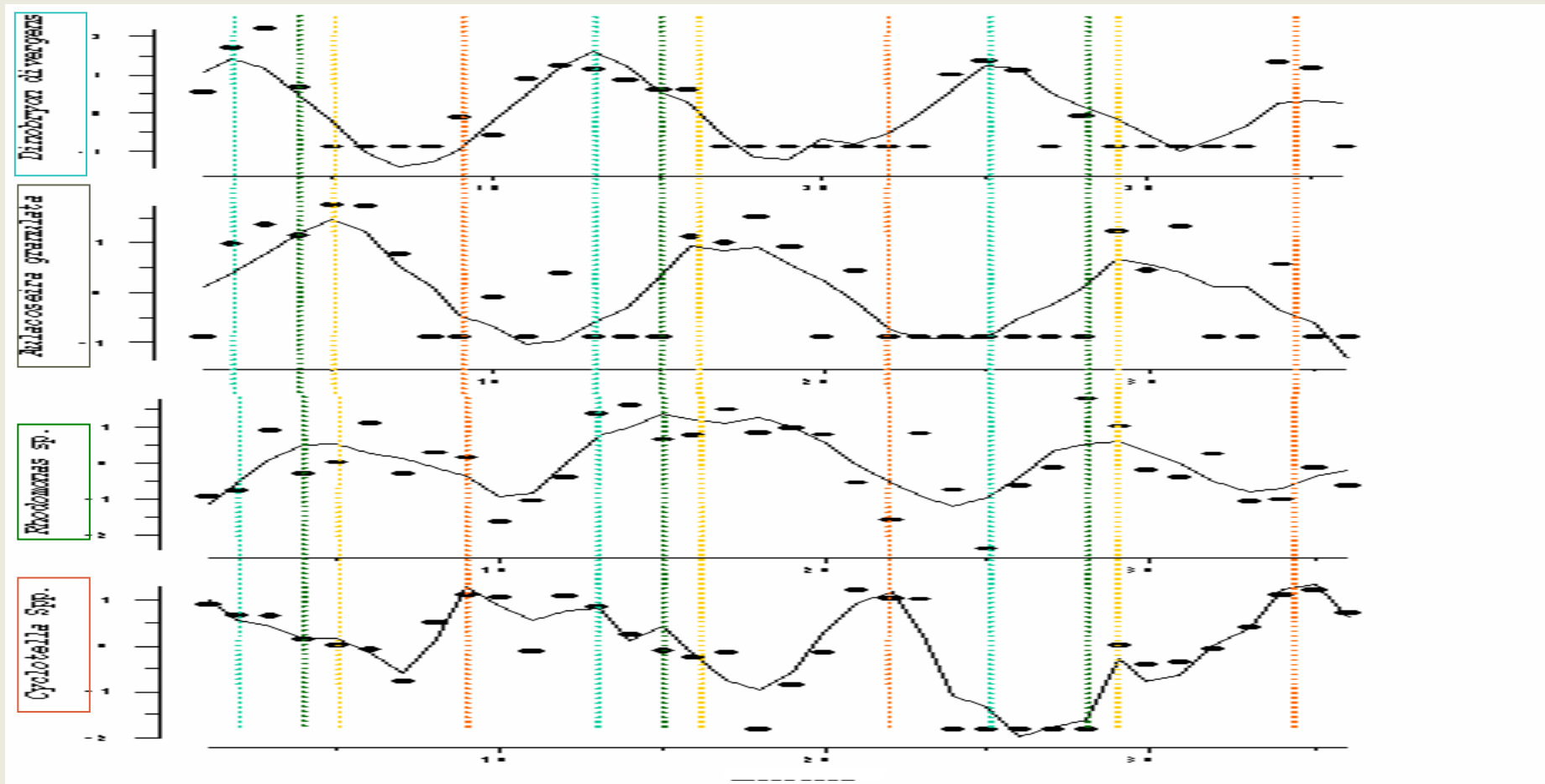


Previous work with multivariate analysis tools helped interpret reservoir evolution.

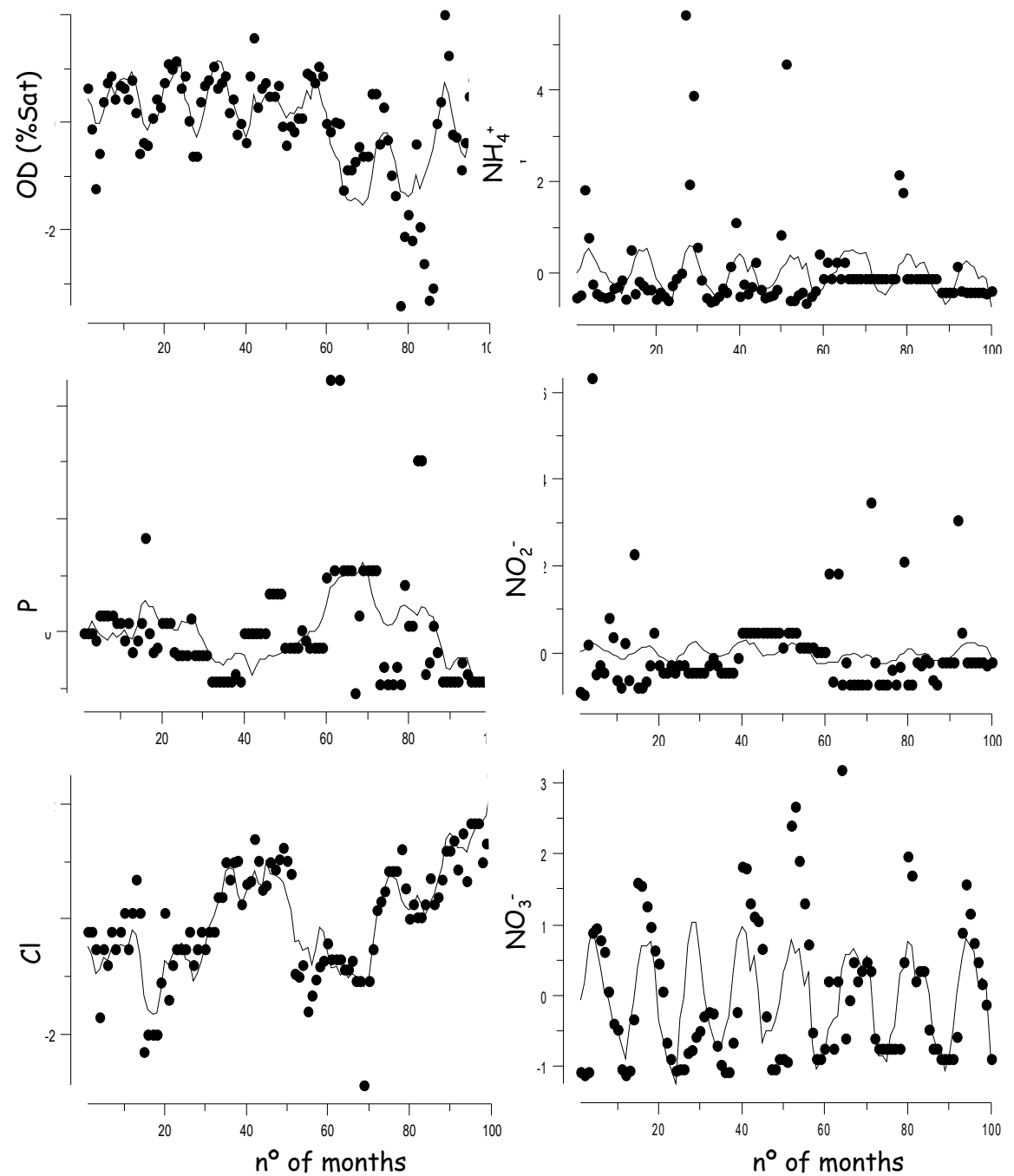
- There are no pure «bottom-up» explanation for these blooms.
- Different cyanobacteria blooms have diverse origins.
- No seasonal pattern for cyanobacteria abundances were found.
- Trend analysis suggests that abundance of bloom developing species is diminishing.



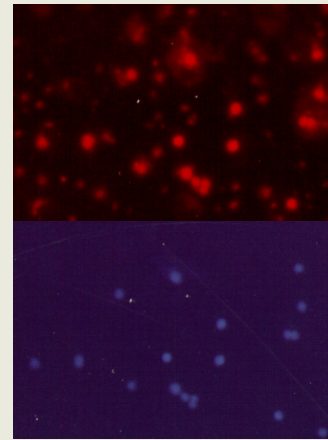
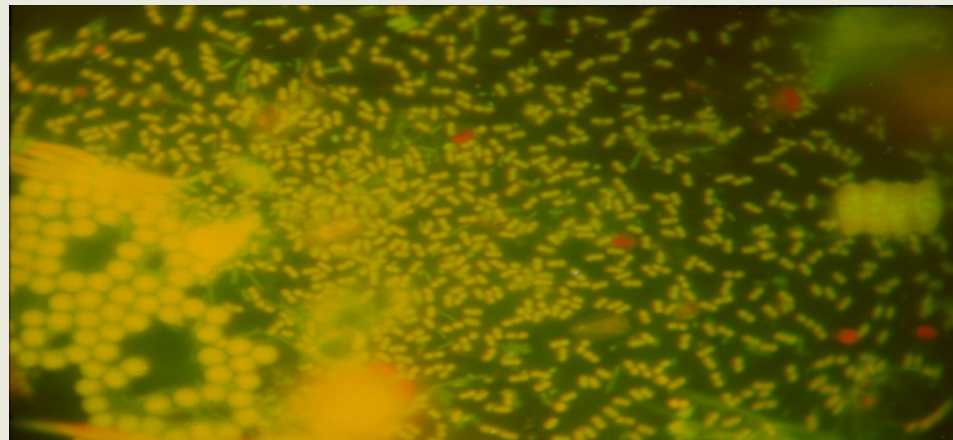
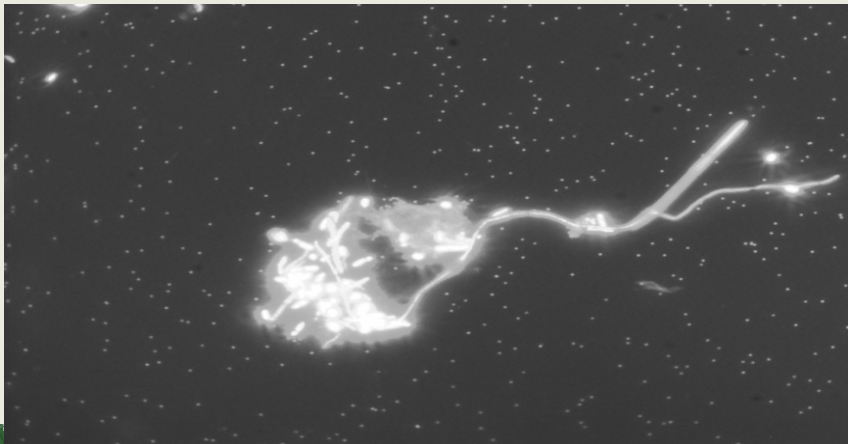
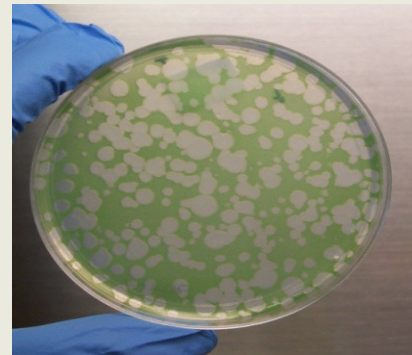
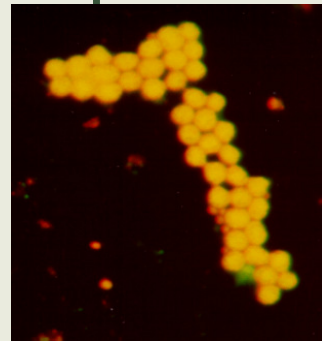
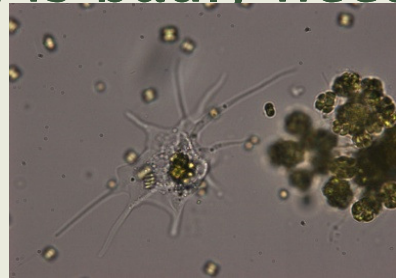
- Underneath cyanobacteria dominance a pattern of a healthy seasonal succession is occurring.
- Thus, probably like older reservoirs in the neighborhood (Chanza in Spain) Algarve reservoirs could evolve towards lower cyanobacteria abundances with a more diverse phytoplankton assemblage.



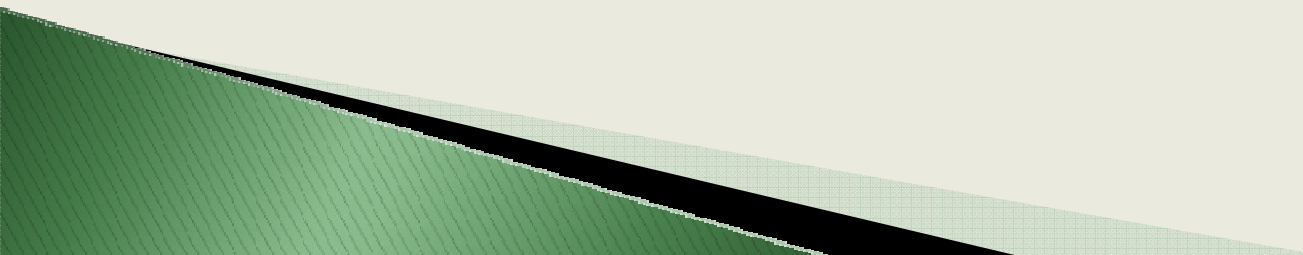
- Pig farms, linked to some nutrient enrichment, cannot be linked to summer blooms or any other cyanobacteria blooms, since these don't seem to be driven by nutrient enrichment (coliforms were also vestigial).
- Odeleite and Beliche reservoirs without pig farming also develop cyanobacteria blooms.
- Tendency analysis shows no Nitrogen accumulation
- opposite tendencies for P and OD are explainable by anaerobic resolubilization of sedimented P.

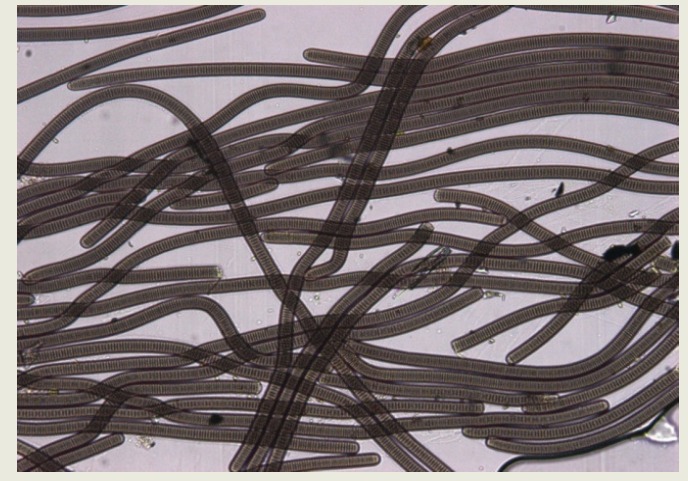
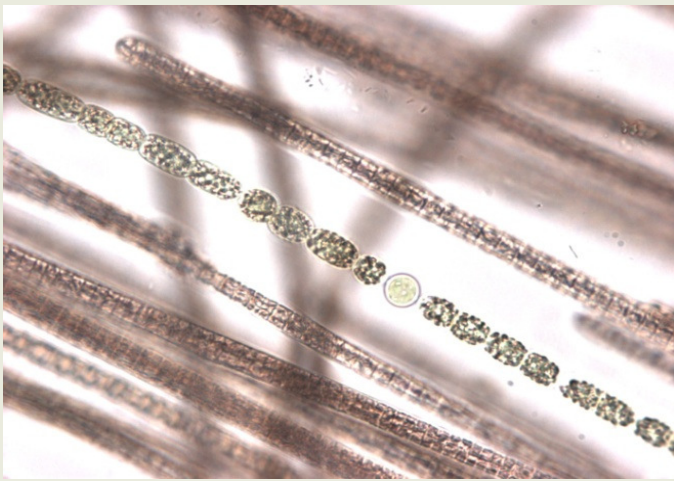


- In view of P limitation summer cyanobacteria blooms are not linked to P levels;
- Meteorological conditions like temperature and radiation could only be associated with total cyanobacteria abundances but not with bloom developing species.
- Research for microbial and zooplankton control of phytoplankton, be it by viral infection, predation by zooplankton or competition with bacterioplankton is badly needed.



Comparison of the nutritional and phytoplankton dynamics in these 4 monomictic reservoirs reveals strong differences between 2 groups.

- Bravura and Funcho (western Algarve) are mesotrophic reservoirs.
 - Odeleite and Beliche are oligotrophic (based on nutrient availability).
 - 40 to 50% of the surface water samples Bravura and Funcho presented cyanobacteria concentrations superior to the WHO alert level 1 (≥ 2000 cel/ml);
 - While in Odeleite and Beliche more than 80% of the samples exceeded that value.
 - At Bravura and Funcho cyanobacteria blooms are dominated by Chroococcales including species of Microcystis;
 - whereas in the eastern reservoirs, filamentous species of the group of the Oscillatoriales are dominant.
- 

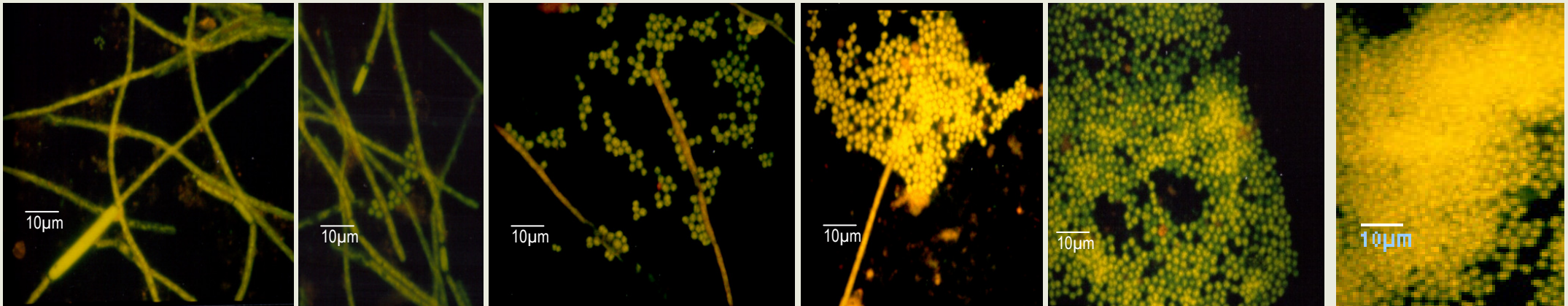


The type of cyanobacteria blooms seems to depend on how and when water circulation is promoted:

- In Bravura and Funcho artificial reinforcement of stratification by water extraction and half depth favourises blooms of Chroococcales. .
- While bottom water circulation seems to promotes blooms of filamentous species, probably through remobilization of sedimented akinetes in Odeleite and Beliche.
- During the 2005 severe drought bottom communicating channel between Odeleite and Beliche, instead of being opened in April–May with a consequent Oscillatoriales bloom in May–June, had to be opened earlier while waters were still cold, preventing the formation of this type of bloom.

While in Funcho detected concentrations of microcystin exceeded WHO guiding value of 1 $\mu\text{g}/\text{L}$ only in scums.

- In Odeleite and Beliche this guide value for microcystin–LR was exceeded in several samples collected at the bottom of the eastern reservoirs, during episodes of Oscillatoriales blooms.
- Surface water samples are still far from that value even when cyanobacteria abundancies largely surpass WHO's Alert Level 2..
- No clear relationships between cyanobacteria numbers and toxin production was found which means cyanotoxins must be regularly monitored.



Como podemos evitá-los ?

AVISO

**EXISTINDO SUSPEITA
DE PRESENÇA DE
CIANOBACTÉRIAS
POTENCIALMENTE
TÓXICAS NO RIO É
DESACONSELHADA A
PRÁTICA DE BANHOS**



**Mértola em 30 de
Julho de 2003**

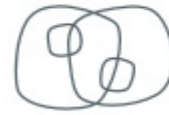






rise

Rede de Investigação do Sudoeste Europeu
Red de Investigación del Suroeste de Europa



PROGRAMA
COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA
ESPAÑA ~ PORTUGAL
COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA
2007 ~ 2013



UNIÃO EUROPEIA
FEDER

Gracias... Obrigado



UAlg

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

ARH

ALGARVE

Administração da
Região Hidrográfica
do Algarve I.P.

Carlos Vilchez
Margarida P. Reis
Conceição Gago
Sandra Mesquita

1º Workshop RISE – 22 de Outubro de 2009