

# FLORACIÓNS DE CIANOBACTERIAS TÓXICAS EN AUGAS CONTINENTAIS

Fernando Cobo Gradín\*

Na actualidade moitas masas de auga están a experimentar unha eutrofización de orixe antrópica polo incremento da poboación e das achegas de nutrientes á auga procedentes dos incendios forestais, da agricultura, das augas residuais urbanas, das industrias, da minería, etc. Isto pode favorecer a proliferación masiva ou "floración" (HABs: "harmful algal blooms" ou simplemente "Blooms") dos organismos do fitoplancto. As floracións descríbense como o incremento da biomasa do fitoplancto moi por enriba do normal.

As floracións de Cianobacterias son as máis estudadas e coñecidas xa que producen un efecto letal sobre diversos organismos, debido ao aumento na produción de metabolitos tóxicos. Trátase dun problema ambiental con repercusións sobre a saúde humana e animal.

## FLORACIÓNS DE CIANOBACTERIAS EN GALIZA

Dende os primeiros estudos, as Cianobacterias téñense citado como un importante grupo do fitoplancto nos encoros galegos, e obsérvase un incremento das mesmas en estudos posteriores, en consonancia co incremento do grao trófico das augas.

Os episodios de proliferación masiva de Cianobacterias dos que se ten constancia (táboa 1) producíronse con maior frecuencia nos encoros da conca Miño-Sil. Así, en 1990, en Castrelo de Miño, as floracións masivas turbinadas río abaixo detectáronse na desembocadura do río Miño no treito internacional, o que causou unha grande alarma nos concellos españois e portugueses ribeiráns, convocados extraordinariamente na Comisión Permanente Internacional do Río Miño. Neste episodio a especie dominante foi *Microcystis aeruginosa*, e a súa proliferación repetiuse o ano seguinte. En xullo de 1992, a especie dominante foi a *Anabaena spiroides*, sendo substituída novamente pola especie *M. aeruginosa* no mes de setembro. Esta especie proliferou nos tres anos seguintes. Neste encoro, e no de Belesar, augas abaixo de Lugo, no ano 2001 identificáronse as especies *Aphanothece clathrata*,

Fernando Cobo



Floración de *M. aeruginosa* no encoro da Baxe (río Umia), detectada no ano 2006

*Aphanizomenon gracile*, *Phormidium* sp. e *Pseudanabaena cf. tenuis*. En 2002 produciuse en Belesar un "bloom" de *Aphanizomenon flos-aquae*. Asemade, os encoros de Cachamuiña e Castadón, situados no río Loina (afluente do Miño), presentan regularmente floracións de *M. aeruginosa* e *Anabaena* spp.

Fóra da bacía do Miño-Sil, o episodio máis rechamante foi a floración de *M. aeruginosa* no encoro da Baxe (río Umia), detectada no ano 2006, que comprometeu o suministro de auga nos concellos de Caldas de Reis e Vilagarcía de Arousa pola súa toxicidade, e que volveu repetirse nos meses de verán de 2007. Tamén se ten constancia de floracións no encoro de Vilagudín (río Lengüelle), no encoro de San Cosmade (río Vilasenín) e no encoro das Conchas (río Limia).

## FLORACIÓNS DE CIANOBACTERIAS

Os "blooms" adoitan ser superficiais e estar restrinxidos a aqueles organismos que poden aboiar ou que presentan mobilidade. Algunhas especies que non pertencen ás Cianobacterias como as Diatomeas ou algunhas Clorofíceas poden formar floracións pero con características moi diferentes. Algunhas substancias liberadas por Algas e Cianobacterias inclúen benceno, triclore-

tileno, cloroformo, etilbenceno e xileno (todos tóxicos), e a combinación destes compostos con outros presentes na auga producen cheiro e sabor a terra, mofo ou peixe. A ocorrencia deste fenómeno depende tanto das condicións ambientais como dos requirimentos específicos dos organismos implicados.

Cando os lagos e os encoros se tornan eutróficos a diversidade do fitoplancto diminúe, o que conduce a que as Cianobacterias prevalezan polo descenso da competencia con outros grupos do plancto. As Cianobacterias aparecen facilmente en ambientes continentais de augas alcalinas ou neutras con pH entre 6 e 9, e temperaturas entre 15 e 30°C. Prefiren unha alta concentración de nutrientes, principalmente nitróxeno e fósforo. Non obstante, téñense observado "blooms" altamente toxixénicos en augas de carácter oligotrófico –con escaseza de nutrientes–, como en determinados lagos alpinos.

As floracións de Cianobacterias teñen un rexistro histórico recente e adquiriron importancia polo impacto económico que representan. A preocupación polos efectos das Cianobacterias en augas continentais, principalmente pola repercusión sobre a calidade da mesma, intensificouse nas décadas dos oitenta e

# QUE SON AS CIANOBACTERIAS?

As Cianobacterias (algas verde-azuis) atópanse entre os grupos do plancto máis estudados. Presentan unha notábel diversidade morfolóxica que vai dende formas unicelulares ata grandes filamentos ou agrupacións coloniais inmersas nunha matriz de mucílago. Dado que as características morfolóxicas son difíciles de discernir nestas pequenas células e, como se sabe, varían amplamente coas condicións ambientais, tense suxerido que as características fisiolóxicas e bioquímicas se utilicen na súa clasificación como se fai no caso das bacterias.

Aínda que estes organismos son verdadeiras bacterias, os botánicos e algúns hidrobiólogos prefiren que o termo 'bacteria' non apareza no nome e comezan a denominalas Cianoprocariontas.

Dende o punto de vista xenético son moi semellantes ás bacterias Gram negativas, pero amosan características propias como a presenza de clorofila-a, a facultade de utilizar a auga como dador de electróns na fotosíntese, e a capacidade encimática para unha fotosíntese aerobia oxixénica. É dicir, as Cianobacterias son estruturalmente semellantes ás bacterias, pero funcionalmente fotosintetizan como as algas. A súa coloración azulada, que pode ser avermellada ou púrpura, ven dada por uns pigmentos fotosintéticos chamados ficobiliproteínas.

A maior parte das Cianobacterias do plancto teñen a capacidade de regular a súa posición na columna de auga utilizando vesículas de gas. Isto tamén representa unha grande vantaxe ecolóxica, xa que pódense situar onde haxa máis recursos: nutrientes, luz ou temperatura.

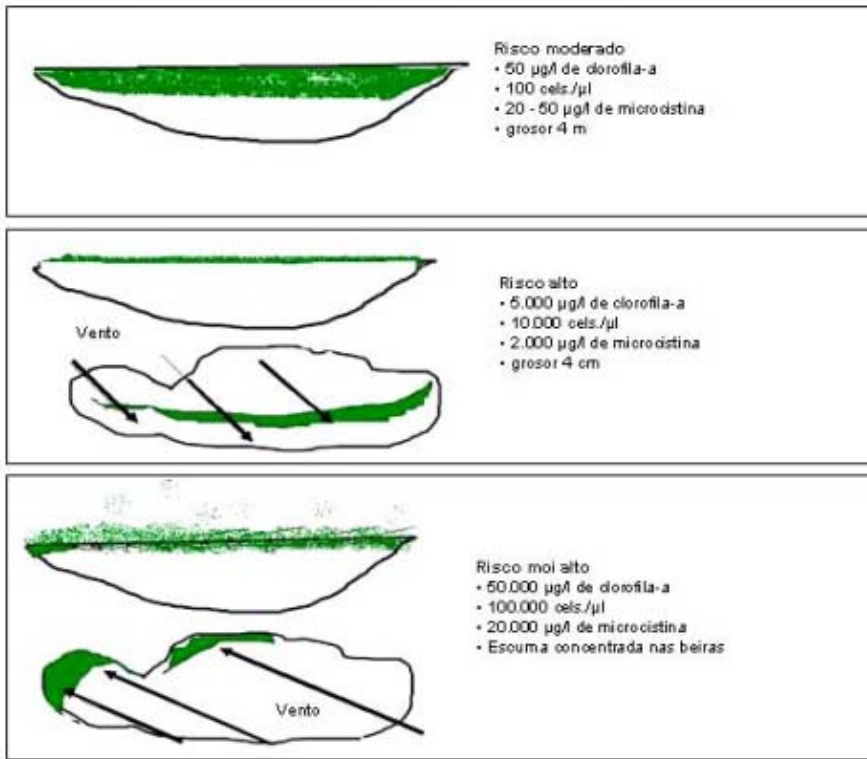


noventa do século XX debido á información acumulada sobre a potencia das súas toxinas. Dende hai moito tempo tense coñecemento da presenza de toxinas cianobacterianas, pero estas só se asociaran coa morte de animais domésticos. As primeiras intoxicacións de poboacións humanas, polo consumo de auga contaminada por cepas tóxicas de Cianobacterias foron descritas en Australia, Inglaterra, China e África do Sur. Pero o caso máis grave produciuse en Caruaru (Brasil), en 1996, no que morreron 56 persoas dun total de 130 pacientes expostos a microcistinas a través da auga usada para diálise. 44 destas vítimas amosaban típicos síntomas relacionados con microcistinas, actualmente denominados 'Síndrome de Caruaru', e o contido de microcistinas no fígado correspondía ao de animais de laboratorio expostos a unha dose letal.

Son varias as especies de Cianobacterias de ambientes acuáticos que poden producir potentes toxinas; porén, dentro da mesma especie, poden existir cepas produtoras e non produtoras. Estímase que máis do 50% destes "blooms" son tóxicos e xeralmente o 75% das Cianobacterias que aparecen nunha floración poden producir un tipo ou máis de toxinas. A toxicidade dunha

Embalse	Río	Ano	Especies dominantes
Castrelo de Miño	Miño	1990	Microcystis aeruginosa
Castrelo de Miño	Miño	1991	Microcystis aeruginosa
Castrelo de Miño	Miño	1992	Anabaena spiroides Microcystis aeruginosa
Castrelo de Miño	Miño	1993	Microcystis aeruginosa
Castrelo de Miño	Miño	1994	Microcystis aeruginosa
Castrelo de Miño	Miño	1995	Microcystis aeruginosa
Belesar	Miño	2001	Aphanothece clathrata Aphanizomenon gracile Phormidium sp. Pseudanabaena cf. tenuis.
Belesar	Miño	2002	Aphanizomenon flos-aquae
Cachamuíña	Loíña	frecuentemente	M. aeruginosa Anabaena spp.
Castadón	Loíña	frecuentemente	M. aeruginosa Anabaena spp.
Vilagudín	Lengüelle	2000	Woronichinia naegeliana Anabaena sp. Aphanothece clathrata
San Cosmade	Vilasinín	2000	Woronichinia naegeliana
As Cunchas	Limia	2000	Woronichinia naegeliana
A Baxe	Umia	2006	Microcystis aeruginosa
A Baxe	Umia	2007	Microcystis aeruginosa

Táboa 1: Floracións de Cianobacterias en Galiza



Considérase que existe un "bloom" na auga de consumo ou de recreo, cando as concentracións celulares calculadas están en niveis de 20 células por micro litro, que corresponde a 10 microgramos de clorofila-a por litro. A medida que aumenta a concentración, entramos nas situacións de risco indicadas na figura.

floración pode ser incerta debido ás variacións na concentración de toxinas como consecuencia de cambios nos factores físicos, químicos ou biolóxicos. Non é fácil predicir a toxicidade das mesmas durante cada floración particular; porén, a súa detección oportuna permite minimizar o seu efecto.

### CONDICIÓN PARA AS FLORACIÓN DE MICROCYSTIS

*Microcystis (Anacystis)* é máis común na súa distribución mundial que calquera outra cianobacteria toxixénica. É un xénero que non fixa o nitróxeno e que pode vivir a miúdo en ambientes oligotróficos e especialmente onde hai amonio. As especies de *Microcystis* posúen vacúolos de gas consistentes en agrupacións de cilindros ocos (<300 nm) de proteína que manteñen un espazo cheo de gas na célula, o que permite ao organismo regular a súa flotabilidade e buscar activamente a profundidade óptima para crecer.

Así, especialmente cando o clima muda de tempestuoso a radiante (é dicir, as condicións na auga varían de turbulentas a fortemente estratificadas), varias células ou colonias excesivamente aboiantes pódense acumular na superficie. Os ventos lixeiros transpórtan as ata

as beiras e baías onde forman escumas. En casos extremos, estas aglomeracións pódense volver moi mestas e mesmo adquirir unha consistencia xelatinosa. Xeralmente teñen a forma de raías ou escumas finas que parecen pintura ou xelatina azul esverdeada. Segundo a OMS, os niveis de risco establécense en función da formación destas escumas e a súa concentración de clorofila e de células por microlitro.

Os dous factores principais que demostraron afectar a produción de toxina son a temperatura e a luz. A temperatura óptima para a produción de toxinas é entre os 20 e 25 °C, o que suxire que as Cianobacterias son máis tóxicas durante períodos de temperaturas altas. Pola outra banda, a toxicidade desta cianobacteria incrementase coa intensidade da luz, polo que decrece canto máis profunda se atope esta na auga.

### TIPOS DE CIANOTOXINAS E CARACTERÍSTICAS TOXICOLÓXICAS

As toxinas das Cianobacterias poden ser de moi diversa natureza química: péptidos cíclicos, alcaloides e lipopolisacáridos, aínda que normalmente se clasifican polos efectos que producen: hepatotoxinas, neurotoxinas, citotoxinas, dermatotoxinas e toxinas irritantes.

As citotoxinas como a cilindrospersina, e as dermatotoxinas son raras, aínda que a primeira, típica de zonas tropicais, foi descuberta recentemente en Europa, en particular, en España.

As neurotoxinas son producidas principalmente por especies e cepas dos xéneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Trichodesmium* e *Cylindrospermopsis*, e coñécense máis de cinco. A anatoxina-a, foi a primeira en ser química e funcionalmente definida. Trátase dun importante bloqueador neuromuscular post-sináptico que impide a degradación da acetilcolina ligada aos receptores. Un mecanismo semellante ten a anatoxina-a (s). Outras neurotoxinas do tipo PSP ("Paralytic Shellfish Poisoning"), inicialmente caracterizadas en Dinoflaxelados mariños causantes das mareas vermellas, foron illadas en cepas de Cianobacterias dos xéneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Lyngbia*, e *Cylindrospermopsis*. As neurotoxinas do grupo das PSP inhiben a condución nerviosa bloqueando os canais celulares de sodio.

A acción das neurotoxinas é rápida, causan a morte por parada respiratoria aos poucos minutos da exposición. A maioría foron identificadas como alcaloides ou compostos organofosforados neurotóxicos. Doses orais producen a morte aguda só en concentracións elevadas, mais os animais poden inxerir unha dose letal ao beber uns poucos mililitros de auga contendo altas concentracións de Cianobacterias procedentes das acumulacións superficiais dos "blooms" remansados nas beiras.

As hepatotoxinas son comúns en augas doces e son hidrosolubles, semella que non se excretan ao exterior en altas concentracións, polo que se denominan endotoxinas, permanecendo no interior das células que as conteñen, até a morte celular ou lise, momento en que se liberan de forma masiva ao medio. Unha característica importante é que son estábeis e non se destrúen polos oxidantes máis utilizados nos tratamentos de augas, como a cloración, e tamén aturan a ebulición da auga onde están disolvidas.

As hepatotoxinas pódense considerar as cianotoxinas máis importantes tanto pola súa abundancia na natureza, como pola elevada toxicidade que poden presentar. Entre elas distínguense as **microcistinas** producidas por Cianobacterias planctónicas (*Anabaena*,



O río Umia augas abaixo do encoro da Baxe

*Microcystis*, *Planktothrix*, *Nostoc* e *Anabaenopsis*) e bentónicas (*Hapalosiphon*) e as nodularinas producidas por *Nodularia*. Existen 65 especies químicas diferentes de microcistinas. A máis común e potencialmente tóxica é a Microcistina L-R que contén os aminoácidos Leucina (L) e Arxinina (R) nas dúas posicións variábeis.

Por vía intraperitoneal, no caso dos vertebrados, unha dose letal de microcistina produce unha necrose hepática que causa a morte en poucas horas ou días. Outros órganos afectados son os riles e os pulmóns. Tamén producen trastornos gastrointestinais causados polo transporte das microcistinas. Considérase que as doses crónicas poden estar relacionadas co cancro de fígado.

A vía máis común de intoxicación por cianotoxinas nas persoas e o gando é debido ao consumo de auga como bebida. Xeralmente a toxicidade por inxestión oral é ao menos un grao de magnitude menor que a toxicidade por inxección intraperitoneal, pero a aplicación intranasal foi tan tóxica como a inxección e a acción da microcistina pode intensificar a toxicidade de outras cianotoxinas como a anatoxina-a. Esta vía de intoxicación é importante no caso de actividades deportivas acuáticas que implican unha posíbel inhalación de pingas ou de aerosois producidos nas escumas de Cianobacterias. A absorción a través da pel é moi rara, xa que non penetra ao través das membranas celulares.

No laboratorio demostrouse que a toxicidade da microcistina é acumulativa: unha dose oral única non amosou ningún aumento no peso do fígado dos ratos de experimentación (que é unha

medición do dano hepático), mentres que a mesma dose aplicada diariamente durante unha semana incrementou un 84% o peso do fígado, tendo o mesmo efecto que unha dose oral única 16 veces maior.

O dano hepático subagudo pode pasar desapercibido porque só mostra síntomas externos unha vez que é severo. Existen dúas formas do dano hepático crónico producido por microcistinas: a lesión progresiva do fígado e a capacidade para xerar tumores. Estas toxinas resultaron ser potentes promotores de quistes hepáticos; polo que, a aparición de especies potencialmente tóxicas nos nosos ambientes acuáticos, precisa de estudos de control e seguimento ante o perigo de que pequenas doses de toxinas, en exposicións prolongadas, poidan aumentar a incidencia de cancro hepático na poboación.

### ACTUACIÓN ANTE A SOSPEITA DUN "BLOOM" DE CIANOBACTERIAS

Ante a sospeita dun "bloom" de Cianobacterias, débese aplicar o principio de precaución, asumíndose como toxixénico mentres non se demostre o contrario. Un procedemento de traballo actual comprendería mostraxe periódica, análise microscópica con identificación e recuento, e confirmación da presenza de hepatotoxinas ou neurotoxinas mediante algún dos métodos de análise que teña suficiente precisión e especificidade para o caso obxecto de estudo.

\* Fernando Cobo Gradín é Director da Estación de Hidrobioloxía "Encoro do Con" e Profesor Titular do Departamento de Zooloxía e Antropoloxía Física, Facultade de Bioloxía. Universidade de Santiago de Compostela.

**ALVARELLA**  
ecoturismo

*Turismo e Natureza*

- ❖ Aula de natureza e Entidade para a Educación Ambiental
- ❖ Actividades de educación ambiental
- ❖ 60 prazas no ALBERGUE e 8 na CASA
- ❖ Servizo de restaurante para grupos
- ❖ Turismo cultural
- ❖ Rutas de sendeirismo
- ❖ Obradoiros
- ❖ Xogos ambientais
- ❖ Xogos tradicionais
- ❖ Horto ecolóxico
- ❖ Enerxías renovables
- ❖ Piscina
- ❖ Pista deportiva
- ❖ Servizos concertados de piragüismo, vela e cabalos

Breanca Doroña s/n 15637 Vilarmaior A Coruña  
Tlf./fax 981.78.45.63 info@alvarella.com

www.alvarella.com

Achégate ó Parque Natural das Fragas do Eume