

FIORITURE DI CIANOBATTERI IN ACQUE SUPERFICIALI E AVVELENAMENTI DI ANIMALI DOMESTICI, SELVATICI E DI ALLEVAMENTO



Enzo Funari ed Emanuela Testai

Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria, ISS

RIASSUNTO - La presenza di fioriture di cianobatteri in acque superficiali è stata associata a numerosi episodi di avvelenamento di animali selvatici, domestici e di allevamento dovuti all'assunzione di elevate dosi di epatotossine e neurotossine prodotte dagli stessi cianobatteri. Sebbene siano pochi gli studi dai quali è possibile stabilire un nesso causa-effetto e una relazione dose-risposta, le informazioni disponibili e la conoscenza delle proprietà tossicologiche delle tossine permettono di fornire indicazioni per proteggere la salute degli animali selvatici, domestici e di allevamento e di valutare il possibile impatto sulla salute umana dovuta alla presenza di residui in carni e derivati.

Parole chiave: cyanobacteria; cianotossine; avvelenamento; animali; bestiame; valutazione del rischio

SUMMARY (*Cyanobacterial blooms in surface waters and poisoning episodes of domestic, wild and livestock animals*)

- Several poisoning episodes of livestock, wild and domestic animals have been associated with the occurrence of cyanobacterial blooms in surface waters. Cyanobacteria produce cyanotoxins, with relevant hepato- and neuro-toxic properties, the ingestion of which has been associated with animal poisonings. The cause-effect relationship identified in few studies and the knowledge of the toxin toxicological profile allow to provide hints for preventing poisonings of pets and livestock and estimate the impact on human health due to residues in edible products of animal origin.

Key words: cyanobacteria; cyanotoxins; poisoning; animals; livestock; risk assessment

enzo.funari@iss.it; emanuela.testai@iss.it

La crescente eutrofizzazione delle acque superficiali, legata all'attività antropica e per alcuni aspetti ai cambiamenti climatici, è stata associata all'aumentata frequenza di proliferazioni di cianobatteri, organismi naturalmente presenti negli ambienti acquatici, in grado di produrre epato- e neuro-tossine (indicate genericamente come cianotossine). A causa della crescente preoccupazione per la salute umana, negli anni recenti sono stati pubblicati numerosi studi e rassegne sulla tossicità di questi composti (1) e l'Organizzazione Mondiale della Sanità ne ha valutato il rischio sanitario associato al consumo di acque potabili e allo svolgimento di attività di balneazione (2, 3).

Gli animali selvatici, domestici e di allevamento possono essere esposti a livelli particolarmente elevati di cianotossine se nel corpo idrico superficiale nel quale si abbeverano sono presenti proliferazioni di cianobatteri (fioriture e schiume), che accumulano anche in aree prossime alla riva. In queste situazioni si pongono due problemi che riguardano, rispettivamente,

gli effetti sulla salute degli animali e quelli sulla salute dell'uomo, che potrebbe essere esposto alle cianotossine attraverso il consumo di carni, latte e derivati.

Come testimoniano i numerosi casi di avvelenamento segnalati, gli animali abbeverandosi possono in effetti essere esposti a dosi letali di cianotossine, presenti in volumi di acqua anche inferiori al loro fabbisogno giornaliero.

Dalle prime segnalazioni ai giorni nostri

Il primo caso documentato risale al 1878: nel Sud dell'Australia la morte rapida (1-24 h) di pecore, cavalli, cani e maiali fu attribuita a un'estesa fioritura di *Nodularia spumigena* nel Lago Alessandrina, con le cui acque gli animali venivano abbeverati. La prova di una possibile relazione causa-effetto tra i due eventi fu il decesso di un animale causato dalla somministrazione di materiale proveniente dalla fioritura e la presenza alla



necropsia di liquido intraperitoneale e danni epatici acuti, compatibili con la produzione di nodularine, potenti epatotossine (4).

Negli anni successivi sono stati riportati altri casi di avvelenamento. In lavori pubblicati negli anni '40 del secolo scorso, le morti per epatite fulminante o subcronica di molte migliaia di ovini e bovini, registrate nei 30 anni precedenti in Sud Africa, furono attribuite alla presenza di *Microcystis* nel corpo idrico nelle vicinanze dell'allevamento: il trattamento di pecore con le acque infestate dalla fioritura produceva effetti simili a quelli osservati negli animali deceduti dopo essersi abbeverati nel lago (5). Analogamente, la presenza di *Anabaena flos-aquae* nel lago Ontario negli anni '30 fu associata a effetti neurotossici (prostrazione, debolezza muscolare e progressiva paralisi con sudorazione profusa) e a decessi di cani e cavalli: la somministrazione di acque del lago o di filtrato produceva la morte di roditori e polli per effetti neurotossici simili (6).

Questi e molti altri casi riportati sono aneddotici e circostanziali, basati su coincidenze spazio-temporali tra la fioritura di cianobatteri e la moria di animali, con osservazione di sintomi e segni clinici compatibili con attività epato- o neurotossica. Si tratta, complessivamente, di avvelenamenti di migliaia di animali di specie diverse (animali di allevamento di grossa e media taglia, volatili selvatici e da reddito), che probabilmente rappresentano una sottostima del fenomeno, non essendo frutto di una segnalazione sistematica dei casi. Inoltre, è da considerare la scarsa percezione della fioritura di cianobatteri come causa dei decessi, dato che solo in tempi più recenti è stato possibile attribuire gli eventi all'azione di alcune cianotossine. Oggi la maggiore consapevolezza nei confronti del problema da parte degli operatori sanitari e veterinari interessati ha comportato la raccolta e l'analisi di appropriati campioni biologici (contenuto gastrico, sangue o altri fluidi

biologici, biopsie di organi bersaglio, pelo) e ambientali (campioni di acqua contaminata). Inoltre, la disponibilità di tecniche analitiche progressivamente sempre più sensibili e selettive, accoppiate a tecniche "classiche", come la necropsia e l'analisi *post mortem*, ha permesso di stabilire, su solide basi scientifiche, un chiaro nesso causa-effetto tra la presenza di una fioritura e i casi di avvelenamento (7). Ed è proprio sulla base delle attuali conoscenze che sono state rivisitate alcune osservazioni aneddotiche riportate nel passato.

Alcuni autori (8) hanno attribuito a Plinio il Vecchio la prima descrizione di una fioritura tossica sulle rive del fiume Dnieper nel 77 a.C.; si è arrivati addirittura a ipotizzare che la moria di pesci nel Nilo, riportata nella Bibbia, possa essere attribuita ad una fioritura di *Planktothrix rubescens*. Andando ancora a ritroso nel tempo, alcuni paleontologi fanno risalire a tempi preistorici la possibilità che morie di animali si siano verificate a seguito di fioriture di cianobatteri, che d'altra parte popolano la terra da oltre 2 miliardi di anni. In un lago del Pleistocene, a Neumark, nell'attuale parte nord della Germania, sono stati ritrovati resti di ossa e scheletri di elefanti, rinoceronti e leoni. Le caratteristiche di conservazione suggeriscono un evento mortale rapido, probabilmente catastrofico e avvenuto nel periodo autunnale. Gli strati calcificati dei sedimenti hanno fatto pensare a tappeti di cianobatteri produttori di cianotossine, che possono aver causato la moria di animali abbeveratisi nelle acque del lago. D'altra parte, i paleontologi hanno escluso le altre possibili spiegazioni, come eruzioni vulcaniche e stragi di caccia. Il sito è molto simile allo strato di sedimenti trovato in un antico lago del Medio Eocene, sempre localizzato in Germania, in cui sono stati rinvenuti scheletri di cavalli e tartarughe ben conservati, testimonianza di adeguate condizioni di nutrimento. A conferma del buono stato di salute della mandria, cinque cavalle erano gravide, con feti ben sviluppati; ciò rappresenta anche un forte indizio del fatto che la mortalità sia stata un evento stagionale, dal momento che gli ungulati partoriscono generalmente in tarda primavera. La presenza di scheletri in condizioni comparabili, presenti in diversi strati, ha fatto pensare a un fenomeno ripetuto negli anni successivi, compatibile con la stagionalità delle fioriture di cianobatteri (7).

Tutte queste osservazioni, sicuramente suggestive sebbene non comprovate, supportano la considerazione che le fioriture di cianobatteri siano eventi natu- ►

rali correlati ai cambiamenti climatici, esacerbati dalle attività antropogeniche, ma non imputabili esclusivamente a queste ultime. Basti pensare che sono state rilevati elevati livelli di microcistine, potenti epatotossine, in alcuni laghi alpini d'alta quota in Svizzera, e associati ad avvelenamento di bovini. Analogamente, la presenza di cianobatteri nei laghi africani della Rift Valley è stata identificata come una delle cause della morte massiva di fenicotteri (circa 30.000 in pochi mesi), registrata nel 1999 nel lago Bogoria (9).

La valutazione dei rischi e la possibile prevenzione

Negli ultimi anni è sempre più frequente la diagnosi di avvelenamento di cani dopo aver bevuto ed essersi immersi in acque (stagni e laghi, ma anche fiumi) caratterizzate da fioriture di cianobatteri produttori della neurotossina anatoxina-(a): sono stati riportati casi in Europa, Nuova Zelanda e negli USA (7, 10). In maggioranza si tratta di neurotossine prodotte da specie bentoniche (*Phormidium sp.* e *Oscillatoria sp.*), che rapidamente formano una sorta di biofilm che sedimenta su ciottoli e vegetazione presente sulle rive di fiumi e laghi e si può depositare sul pelo dei cani che vi si bagnano. L'esposizione del cane non si limita dunque all'ingestione dell'acqua contaminata, ma è amplificata dall'abitudine di leccarsi il pelo. È stato poi riportato che, lasciati liberi di scegliere di abbeverarsi, i cani sembrano avere una sorta di "attrazione fatale" nei confronti delle acque più contaminate e ingeriscono anche materiale secco, derivante da schiume e fioriture, che si deposita sulla riva (11). Il motivo di tale comportamento non è noto, ma è possibile che sostanze che rendono le acque contaminate da cianobatteri sgradevoli all'olfatto umano, esercitino



sui cani un potere attrattivo sia per il gusto che per l'odore. Anche ovini e bovini mostrano questo comportamento e in studi di laboratorio è stato osservato che, potendo scegliere tra acqua di rubinetto e acqua contaminata da elevate densità di *Microcystis aeruginosa*, i topi preferiscono la seconda (12).

Si pone dunque il problema di proteggere la salute degli animali selvatici, domestici e di allevamento non solo per problemi etici ed ecologici, ma anche per l'impatto economico che tali eventi potrebbero rappresentare per l'industria dell'allevamento e per la produzione lattiero-casearia.

Relativamente alla salute umana, il rischio associato al consumo di carni e latte derivati da animali abbeverati con acque contaminate da microcistine non sembra essere significativo. Infatti, i risultati di studi su bovini trattati con microcistine o estratti di *M. aeruginosa*, corrispondenti a densità cellulari e/o a livelli di tossina fino a 10 µg/L (tipicamente misurati in acque superficiali) non sono tossici per gli animali e corrispondono a livelli trascurabili di residui nelle carni e nel latte (13). Non si hanno informazioni al riguardo sulle neurotossine, ma la loro struttura chimica permette di ipotizzare che non ci sia accumulo significativo nel muscolo e nel latte.

Per tutelare la salute degli animali sarebbe utile disporre di valori di riferimento, a uso delle autorità locali, per identificare situazioni a rischio attraverso opportuni piani di monitoraggio. Nonostante i molti casi di avvelenamento riportati in letteratura, la mancanza o l'incertezza sui livelli di esposizione ne limita l'utilità per la valutazione del rischio. Tuttavia, per le microcistine, sono disponibili alcuni dati sperimentali. La singola somministrazione per via orale di estratti secchi di *M. aeruginosa* ha evidenziato negli ovini una dose letale compresa tra 1-10 mg/kg di peso corporeo, calcolati assumendo un contenuto di tossina di 1-10 µg/mg di peso secco (corrispondenti alla presenza di schiume). Inoltre, il consumo di acque contenenti 10⁵ cellule/ml di *M. aeruginosa*, corrispondenti a circa 10-13 µg/L di microcistina-LR equivalenti (la microcistina-LR è uno dei congeneri con la più elevata tossicità acuta), non è stato associato ad alcun effetto tossico in mucche da latte esposte per 3-4 settimane (13).

La stagionalità dei fenomeni delle fioriture limita la possibilità di un'esposizione a lungo termine, relativamente alla quale l'unico riferimento è rappresentato dalle linee guida australiane per la qualità delle acque

per l'abbeveraggio del bestiame (14). Esse indicano limiti di sicurezza, in riferimento alla presenza di *M. aeruginosa* in acqua (espressa in n. cellule/ml) che variano da 21.000 a 81.500 cellule/ml, rispettivamente per bovini e suini. I limiti sono stati derivati partendo dal valore di NOEL (No Observed Effect Level) ottenuto in uno studio subcronico nei suini, tenendo conto di una possibile diversa suscettibilità delle varie specie.

Sulla base di questi dati, si può ritenere che un limite di 10 µg/L di microcistina-LR equivalenti (contenuto stimato di circa 10⁵ cellule/ml di *M. aeruginosa*) sia ampiamente protettivo nei confronti di tossicità acuta e a breve termine per la maggior parte delle specie animali e a questo valore limite nei confronti delle microcistine dovrebbero riferirsi le autorità competenti per vietare l'uso delle acque per l'abbeveraggio degli animali.

Al momento non ci sono informazioni utili per valutare analogamente i rischi derivanti dall'esposizione ad altre cianotossine. In modo molto pragmatico, la protezione della salute di animali da allevamento e domestici da intossicazioni acute da cianotossine dovrebbe essere assicurata evitando che vengano consumate acque interessate da fioriture, schiume e accumuli di materiale lungo le rive. Non potendo mettere in atto un controllo capillare di tutti i corpi idrici (incluso stagni e pozze artificiali accessibili agli animali domestici) sarebbe anche opportuno predisporre, da parte delle strutture territoriali, un'opportuna cartellonistica rivolta ai proprietari di animali domestici e agli allevatori per informare sui possibili rischi.

I Servizi veterinari dovrebbero svolgere un ruolo divulgativo importante nel territorio di competenza. Al momento non sono ancora stati identificati antidoti specifici, farmacologicamente attivi contro l'avvelenamento da cianotossine, ma oltre all'applicazione delle procedure standard post-avvelenamento (incluso il lavaggio del pelo per rimuovere i residui), l'azione dei veterinari potrebbe essere estremamente utile a promuovere tempestivamente prelievi biologici e ambientali, mirati a stabilire il nesso causa-effetto. Si avvierebbe così una procedura di segnalazione sistematica dei casi, atta a evidenziare potenziali zone da sorvegliare.

La protezione degli animali selvatici è ovviamente più complicata e si realizza soprattutto con il contenimento delle fioriture dei cianobatteri intervenendo sulle condizioni che le favoriscono, tra cui prevalentemente l'eccesso di nutrienti immessi nel corpo idrico. ■

Riferimenti bibliografici

1. Funari E, Testai E. Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. *Critical Rev Toxicol* 2008;38: 97-126.
2. World Health Organization. *Guidelines for safe recreational Water Environment, Volume 1. Coastal and fresh waters*. Geneva: World Health Organization; 2003.
3. World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality. 3rd Edition, Volume 1. Recommendations*. Geneva: World Health Organization; 2004.
4. Francis G. Poisonous Australian lake. *Nature* 1878;18:11-2.
5. Stephens EL. *Microcystis toxica* sp. Nov: a poisonous alga from the Transvaal and Orange Free State. *Trans R Soc S Afr* 1949;32:105-12.
6. Howard NJ, Berry AE. Algal nuisances in surface waters. *Can Public Health J* 1933;24:377-84.
7. Stewart I, Seawright AA, Shaw GR. Cyanobacterial poisoning in livestock, wild mammals and birds. An overview. *Adv Exp Med Biol* 2008;619:613-37.
8. Codd GA, Steffensen DA, Burch MD, et al. Toxic blooms of cyanobacteria in Lake Alexandrina, South Australia. Learning from history. *Aust J Mar Freshwater Res* 1994; 45:731-6.
9. Krienitz L, Ballot A, Kotut K, et al. Contribution of hot spring cyanobacteria to the mysterious deaths of Lesser Flamingos at Lake Bogoria, Kenya. *FEMS Microbiol Ecol* 2003;43:141-8.
10. Puschner B, Hoff B, Tor ER. Diagnosis of anatoxin-a poisoning in dogs from North America. *J Vet Diagn Invest* 2008; 20:89-92.
11. Codd GA, Edwards C, Beattie KA, et al. Fatal attraction to cyanobacteria? *Nature* 1992;359:110-1.
12. Lopez Rodas V, Costas E. Preference of mice to consume *Microcystis aeruginosa* (toxin-producing cyanobacteria): a possible explanation for numerous fatalities of livestock and wildlife. *Res Vet Sci* 1999;67:107-10.
13. Feitz AJ, Lukondeh T, Moffitt MC, et al. Absence of detectable levels of cyanobacterial toxin (microcystin-LR) carry-over into milk. *Toxicon* 2002;40:1173-80.
14. Australian Government. Primary Industries Ministerial Council. *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Volume 3 - Primary Industries - Rationale and Background Information* 2000; section 9.3:1-5. Disponibile all'indirizzo: www.mincos.gov.au/publications/australian_and_new_zealand_guidelines_for_fresh_and_marine_water_quality