

SICUREZZA DEL CICLO IDRICO INTEGRATO NELL'ERA DEL VIRUS SARS-COV-2

Lucia Bonadonna, Daniela Mattei, Giuseppina La Rosa
Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Introduzione

L'accesso all'acqua e a servizi igienico-sanitari (*Water, Sanitation and Hygiene, WASH*) sicuri, diritto fondamentale dell'uomo, svolge un ruolo essenziale nella protezione della salute umana da malattie infettive, sia per assicurare approvvigionamenti idropotabili nei luoghi di residenza, di lavoro e di cura della popolazione, sia per garantire l'efficacia di fondamentali misure di prevenzione primaria. Sia l'igiene personale e sia quella ambientale sono infatti indispensabili prerogative per contenere le vie di esposizione umana a patologie trasmissibili.

Nello scenario pandemico da SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome-CoronaVirus-2*), responsabile dei casi di COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*) è quindi quanto mai necessario approfondire lo stato delle conoscenze sulle relazioni e i rischi correlati al virus anche in relazione alla sicurezza del ciclo idrico integrato.

Il nuovo Coronavirus è un virus respiratorio a RNA provvisto di involucro pericapsidico (*envelope*) e i pazienti affetti da COVID-19 presentano sintomi quali febbre, tosse, difficoltà respiratorie; nei casi più gravi, l'infezione può causare polmonite, sindrome respiratoria acuta grave e insufficienza renale.

È noto che l'infezione si trasmette principalmente per diffusione di goccioline (*droplet*, ovvero goccioline di dimensioni $\geq 5 \mu\text{m}$ di diametro) emesse durante gli atti del parlare, tossire e starnutire. Pertanto i contatti diretti personali e con superfici contaminate possono rappresentare importanti vie di trasmissione, ma è necessario considerare anche la possibilità di diffusione attraverso altre modalità. Ad esempio, l'evidenza di altre manifestazioni cliniche, inclusa la diarrea nel 2-10% dei pazienti, come segnalato in pazienti di Wuhan, pone l'interrogativo circa la possibilità di trasmissione per via fecale-orale a seguito del rilascio del virus nelle acque di scarico.

Pur non essendo stati segnalati casi di trasmissione fecale-orale del virus SARS-CoV-2, sono stati trovati, in due studi recenti (1-2) frammenti di RNA virale nelle feci di pazienti e in un altro è stata dimostrata la presenza del virus SARS-CoV-2 in un campione di feci mediante analisi infettivologiche (3).

Già nel 2003, in particolare durante l'epidemia da SARS-CoV (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus*) è stata dimostrata la presenza del virus nelle feci dei pazienti (4) infetti e la sua trasmissione attraverso produzione di *droplet* contaminati provenienti dal sistema fognario che venivano reintrodotti all'interno delle abitazioni attraverso le condotte aerauliche (5).

Il virus SARS-CoV del 2003 è stato anche rilevato nei reflui ospedalieri (sia prima, sia dopo la disinfezione) provenienti da strutture che ospitavano pazienti con SARS, utilizzando tecniche di biologia molecolare (6), mentre non sono stati identificati virus infettivi nei reflui grezzi e trattati.

Analisi di rischio

Presenza e persistenza dei coronavirus nelle matrici idriche

I due gruppi principali di virus con *envelope* che potrebbero risultare rilevanti per il ciclo idrico integrato appartengono alle famiglie Orthomyxoviridae (virus dell'influenza) e Coronaviridae (virus SARS-CoV e MERS-CoV), per i quali ad oggi non vi sono evidenze di trasmissione idrica.

È anche noto che, generalmente, i virus provvisti di *envelope* hanno caratteristiche di sopravvivenza di gran lunga inferiori rispetto ai cosiddetti virus “nudi” (senza *envelope*), più suscettibili ai fattori ambientali (temperatura, luce solare, microbiota autoctono, pH, ecc.).

In particolare, la persistenza dei Coronavirus (CoV) in ambienti idrici è stata valutata sperimentalmente in un numero ridotto di studi, e attualmente non ci sono evidenze di sopravvivenza del SARS-CoV-2 in acque reflue o in altre matrici acquatiche. Inoltre, la maggior parte dei dati disponibili è stata raccolta mediante uso di virus surrogati, ovvero di CoV animali, quali il virus dell'epatite di topo (*Mouse Hepatitis Virus*, MHV), il virus della gastroenterite trasmissibile del maiale (*Transmissible Gastroenteritis Virus*, TGEV) e il CoV felino (*Feline Infectious Peritonitis Virus*, FIPV) (7).

Studi condotti (8-9) sulla persistenza del CoV umano 229E (HCoV 229E) e di CoV surrogati animali in acqua distillata o acqua di rubinetto hanno evidenziato, a temperatura ambiente (23-25°C), capacità di persistenza variabile nei due tipi di acqua, ovvero pari a circa 12 giorni per il virus HCoV 229E in acqua di rubinetto e di 33 giorni per il virus TGEV in acqua distillata. Anche in questo caso, una riduzione della temperatura a 4°C determinava un notevole aumento dei tempi di persistenza del virus.

In entrambi gli studi i CoV mostravano una persistenza inferiore nelle acque reflue, in cui a temperatura ambiente si otteneva una riduzione del 99,9% (pari a 3 log) in un intervallo variabile fra 2,77 giorni (HCoV 229E e FIPV in reflui di trattamento primario e secondario) e 14 giorni (virus MHV e TGEV in liquami pastorizzati).

Due studi di analisi metagenomica virale hanno dimostrato la presenza di CoV umani in fanghi di depurazione trattati destinati all'agricoltura: uno studio del 2011(10) identifica i coronavirus 229E e HKU1 in fanghi trattati negli Stati Uniti, mentre un'altra ricerca (11) riportava la presenza degli stessi CoV in fanghi in entrata e in uscita dai digestori anaerobici. Anche in questi studi non ci sono dati relativi all'infettività dei virus.

Per quanto riguarda il virus SARS-CoV-2 non è stato attualmente rinvenuto in fanghi di depurazione, ma appare evidente che la gestione dei fanghi deve essere gestita con particolare attenzione al fine di limitare la diffusione del virus (12).

Inoltre, nel contesto dell'epidemia di COVID-19 in corso, si segnalano alcuni recenti studi, uno effettuato dal RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven) nelle acque reflue di diversi centri urbani olandesi in cui sono state identificate, mediante la tecnica molecolare RT-PCR, tracce del genoma di SARS-CoV-2 (13) e altri studi condotti in Australia (14), USA (15) e Italia (16).

Altrettanto, non ci sono prove che il virus SARS-CoV-2 possa essere trasmesso attraverso l'immersione in acque di piscine, vasche idromassaggio o spa o parchi giochi acquatici. Il corretto funzionamento degli impianti, la manutenzione e una adeguata disinfezione (es. con cloro e bromo) di piscine e vasche idromassaggio sono in grado di disattivare il virus considerando le concentrazioni di disinfettanti utilizzate a garanzia dei bagnanti (17).

Pertanto, pur in assenza di dati specifici sulla sopravvivenza nelle acque del virus SARS-CoV-2, è possibile affermare che con molta probabilità sia disattivato in tempi significativamente più

rapidi rispetto a virus enterici a tipica trasmissione idrica quali, ad esempio, adenovirus, norovirus, rotavirus e virus dell'epatite A.

È inoltre dimostrato che i coronavirus sono molto sensibili ai disinfettanti, soprattutto agenti ossidanti a base di cloro, utilizzati comunemente per il trattamento di acque reflue, potabili e ad uso ricreativo.

Indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità e Piani di Sicurezza dell'Acqua

Il recente documento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (*World Health Organization*, WHO) relativo alla gestione dell'acqua e dei servizi igienico-sanitari in riferimento al SARS-CoV-2 (18) evidenzia che non sono necessarie misure di prevenzione e controllo aggiuntive rispetto a quanto già indicato nelle linee guida WHO sulla qualità delle acque potabili (19), su cui si basa la regolamentazione e le pratiche di gestione delle acque potabili adottate in Europa.

A livello nazionale il recepimento della Direttiva europea 98/83/CE e della Direttiva (UE) 2015/1787 (normativa in fase di rifusione), con DL.vo 31/2001 e DM 14/06/2017 ha introdotto criteri avanzati di valutazione e gestione del rischio per le acque destinate al consumo umano secondo il modello *Water Safety Plans (WSPs)/Piani di Sicurezza dell'Acqua (PSA)* della WHO, con un approccio preventivo/proattivo più che retrospettivo.

In questo ambito, i gestori dei servizi idrici sulla base della valutazione del rischio, stanno ampliando da tempo i controlli sull'intera filiera idrica, ricercando anche parametri non previsti dalla normativa come i virus, e hanno già validato, soprattutto in caso di captazioni superficiali, sistemi innovativi di controllo e trattamento che includono anche l'abbattimento di virus oltre che di batteri patogeni e protozoi.

Nelle attuali circostanze di emergenza sanitaria, particolarmente critici da gestire sono anche gli eventi associati ad incrementi dei consumi domestici per via del *lockdown* che, combinati alla deficitaria ricarica di molti acquiferi a causa della straordinaria siccità già in atto, potrebbero determinare restrizioni di approvvigionamento idrico e turnazioni di servizio con impatti anche sanitari nei prossimi mesi.

Sorveglianza ambientale del SARS-CoV-2 in reflui urbani come possibile strumento per il controllo della circolazione del virus nella popolazione

Come riportato nel paragrafo precedente, secondo le attuali conoscenze, in due casi sono state attualmente riscontrate tracce genomiche del virus SARS-CoV-2 in acque reflue. È inoltre noto che l'utilizzo dell'analisi dei reflui come sorveglianza epidemiologica ambientale è già ampiamente utilizzata per rintracciare droghe illecite e ottenere informazioni su salute, malattie e agenti patogeni (20).

Il razionale della sorveglianza ambientale si basa sul principio che i virus vengono escreti dai soggetti infetti in grandi quantità, principalmente con le feci, per periodi più o meno lunghi, e raggiungono gli impianti di trattamento e depurazione attraverso la rete fognaria. Gli impianti di trattamento dei reflui diventano pertanto importanti punti di osservazione della circolazione di virus e di altri patogeni all'interno della popolazione. Il principale vantaggio della sorveglianza ambientale consiste nella possibilità di intercettare i virus che circolano in una determinata

comunità, sia che originino da casi sintomatici che da pazienti con infezioni asintomatiche o subcliniche.

L'utilità della sorveglianza ambientale dei patogeni virali nelle acque reflue urbane è comunque riconosciuta fin dalla seconda metà degli anni '60 quando vennero effettuati i primi studi sulla presenza di enterovirus in acque reflue (21).

Per quanto riguarda i virus, l'attività di sorveglianza ambientale sui reflui urbani è ormai consolidata da diversi anni su diversi gruppi di virus enterici, quali virus dell'epatite A e dell'epatite E (22-23) norovirus (24-25), adenovirus (26) e altri virus potenzialmente associati a gastroenteriti, quali bocavirus, salivirus, saffoldvirus (27-29). La stessa WHO raccomanda che venga eseguita per il poliovirus come supporto alla sorveglianza attiva delle paralisi flaccide acute.

Negli ultimi anni, la sorveglianza è inoltre stata ampliata con successo a virus non tipicamente enterici, quali i papillomavirus e i poliomavirus (30-31).

Con lo stesso rationale è possibile utilizzare i reflui urbani come *early-warning* per la sorveglianza del SARS-COV-2, anche se allo stato attuale delle conoscenze, per quanto riguarda i metodi di indagine, non sono ancora disponibili metodi standardizzati e validati per la ricerca di coronavirus in reflui urbani, a differenza dei metodi disponibili per i virus enterici che possono essere rilevati grazie a metodi standardizzati già utilizzati a livello mondiale (32).

D'altra parte, in un ambito di misure di salvaguardia, risulta importante aumentare le conoscenze al fine di associare, ad attività di sorveglianza attiva nella popolazione, attività di sorveglianza ambientale che possano contribuire a potenziare prevenzione sanitaria e tutela collettiva della salute.

Conclusioni

Sulla base delle conoscenze attuali relativamente alla sicurezza del ciclo idrico integrato nell'era pandemica da SARS-CoV-2, è possibile riportare alcuni elementi conclusivi, da aggiornare comunque sulla base dell'evoluzione dello stato delle conoscenze:

- Le acque di rubinetto sono sicure rispetto ai rischi di trasmissione della COVID-19 e non sussistono motivi di carattere sanitario che debbano indurre i consumatori a ricorrere ad acque imbottigliate o bevande diverse.
- Le attuali pratiche di depurazione sono efficaci nell'abbattimento del virus, dati i tempi di ritenzione e i fenomeni di diluizione che caratterizzano i trattamenti, uniti a condizioni ambientali che pregiudicano la vitalità dei virus; la fase finale di disinfezione consente, inoltre, di ottimizzare le condizioni di rimozione integrale dei virus prima che le acque depurate siano rilasciate in ambiente. In tale contesto, risulta essenziale la sorveglianza delle autorità, per via della possibile esistenza di emissioni e scarichi illegali di reflui da abitazioni e nuclei urbani che, non essendo sottoposti al ciclo di depurazione, confluiscono direttamente nel corpo idrico recettore.
- L'analisi delle acque reflue potrebbe essere utilizzata come sistema di *early warning* come possibile strumento per il controllo della circolazione del virus nella popolazione.
- Allo stato attuale non risultano evidenze di trasmissione della malattia da SARS-CoV-2 a livello di sistemi fognari e trattamento delle acque reflue e non si hanno evidenze di infezione, né per il nuovo coronavirus né per altri coronavirus, nel personale esposto professionalmente a reflui, adottando gli ordinari dispositivi di protezione individuale e le correnti norme di sicurezza sui luoghi di lavoro.

In conclusione, l'analisi di rischio di esposizione a SARS-CoV-2 attraverso l'acqua e i servizi igienici indica che sussistono allo stato attuale elevati livelli di protezione della salute e, più in generale, l'approccio dei PSA adottato a livello nazionale, contribuisce a potenziare la prevenzione sanitaria collettiva nei sistemi idrici rispetto a molteplici fattori di rischio, quali agenti patogeni diversi, fattori di antibiotico-resistenza, sostanze chimiche emergenti.

Tuttavia, il conseguimento degli obiettivi 6 e 3 dell'agenda ONU su acqua e salute richiede l'adozione di ulteriori importanti azioni tra cui una più attiva educazione e pratica di igiene, anche attraverso la dotazione generalizzata di erogatori d'acqua potabile e servizi igienici adeguati nelle scuole, il rafforzamento delle buone pratiche di accesso all'acqua e a servizi igienico-sanitari (WASH) in ospedali e luoghi di cura, una adeguata depurazione nel tempo delle acque reflue nella totalità del territorio nazionale, la resilienza dei sistemi idrici ai cambiamenti climatici, l'accesso all'acqua nei luoghi pubblici.

Ringraziamenti

Si ringrazia Lorenzo Martellone per il supporto tecnico.

Bibliografia

1. Xiao E, Tang M, Zheng Y, Li C, He J, Hong H, *et al.* Evidence for gastrointestinal infection of SARS CoV-2. *Gastroenterology* 2020;S0016-5085(20)30282-1.
2. Holshue ML, DeBolt C, Lindquist S, Lofy KH, Wiesman J, Bruce H, *et al.* for the Washington State 2019-nCoV Case Investigation Team. First case of 2019 novel coronavirus in the United States. *N Engl J Med* 2020;382(10):929-36.
3. Zhang Y, Chen C, Zhu S, *et al.* Isolation of 2019 nCoV from a stool specimen of a laboratory confirmed case of the coronavirus disease 2019 (COVID-19). *China CDC Weekly* 2020;2(8):123-4.
4. Wang XW, Li JS, Guo TK, Zhen B, Kong QX, Yi B, Li Z, Song N, Jin M, Wu XM, Xiao WJ, Zhu XM, Gu CQ, Yin J, Wei W, Yao W, Liu C, Li JF, Ou GR, Wang MN, Fang TY, Wang GJ, Qiu YH, Wu HH, Chao FH, Li JW. Excretion and detection of SARS coronavirus and its nucleic acid from digestive system. *World J Gastroenterol* 2005;11(28):4390-5.
5. McKinney KR, Gong YY, Lewis TG. Environmental transmission of SARS at Amoy Gardens. *J Environ Health* 2006;68(9):26-52.
6. Wang XW, Li J, Guo T, Zhen B, Kong Q, Yi B, *et al.* Concentration and detection of SARS coronavirus in sewage from Xiao Tang Shan Hospital and the 309th Hospital of the Chinese People's Liberation Army. *Water sci technol* 2005;52(8):213-21.
7. Ye Y, Ellenberg R, Graham K, Wigginton K. Survivability, partitioning, and recovery of enveloped viruses in untreated municipal wastewater. *Environ Sci Technol* 2016;50(10):5077-85.
8. Casanova L, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Survival of surrogate coronaviruses in water. *Water Res* 2009;43:1893-8.
9. Gundy P, Gerba C, Pepper IL. Survival of coronaviruses in water and wastewater. *Food Environ Virol* 2009;1:10-4.
10. Bibby K, Viau E, Peccia J. Viral metagenome analysis to guide human pathogen monitoring in environmental samples. *Lett Appl Microbiol* 2011;52:386-92.
11. Bibby K, Peccia J. Identification of viral pathogen diversity in sewage sludge by metagenome analysis. *Environ Sci Technol* 2013;47:1945-51.

12. Gruppo di Lavoro ISS Ambiente e Rifiuti. *Indicazioni ad interim per la gestione dei rifiuti urbani in relazione alla trasmissione dell'infezione da virus SARS-CoV-2. Versione del 31 maggio 2020*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2020. (Rapporto ISS COVID-19, n. 3/2020 Rev. 2).
13. Medema G, Heijnen L, Elsinga G, Italiaander R, Brouwer A. Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. *medRxiv preprint*. 2020.
14. Ahmed W, Angel N, Edson J, *et al*. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Sci Total Environ* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>.
15. Wu F, Xiao A, Zhang J, Gu X, Lee WL, Kauffman K, Hanage W, Matus M, Ghaeli N, Endo N, Duvallet C, Moniz K, Erickson T, Chai P, Thompson J, Alm E. SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases.2020. *medRxiv preprint* doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20051540>.
16. Istituto Superiore di Sanità. Le acque di scarico possono essere un indicatore dei focolai epidemici di Covid-19. Comunicato stampa N° 30/2020 del 22 aprile 2020. Disponibile all'indirizzo: https://www.iss.it/covid-19-primopiano/-/asset_publisher/yX1afjCDBkWH/content/id/5344257; ultima consultazione 29/09/2020.
17. Water and COVID-19 FAQs. *Information about drinking water, recreational water and wastewater*. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; 2020. Disponibile all'indirizzo: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/php/water.html>; ultima consultazione 22/04/2020.
18. WHO. *Water, sanitation, hygiene, and waste management for COVID-19. Interim guidance*. Geneva: World Health Organization; 2020. Disponibile all'indirizzo: <https://www.who.int/publications-detail/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-for-covid-19>; ultima consultazione 22/04/2020.
19. WHO. *Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum*. Geneva: World Health Organization; 2017. Disponibile all'indirizzo: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/; ultima consultazione 22/04/2020.
20. Mao K, Zhang H, Yang Z. Can a paper-based device trace COVID-19 sources with wastewater-based epidemiology? *Environ Sci Technol* 2020;54(7):3733-5.
21. Sinclair RG, Choi CY, Riley MR, Gerba CP. Pathogen surveillance through monitoring of sewer systems. *Adv Appl Microbiol* 2008;65:249-69.
22. Iaconelli M, Bonanno Ferraro G, Mancini P, *et al*. Nine-year nationwide environmental surveillance of hepatitis E virus in urban wastewaters in Italy (2011-2019). *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(6):2059.
23. La Rosa G, Libera SD, Iaconelli M, *et al*. Surveillance of hepatitis A virus in urban sewages and comparison with cases notified in the course of an outbreak, Italy 2013. *BMC Infect Dis* 2014;14:419.
24. La Rosa G, Iaconelli M, Pourshaban M, Fratini M, Muscillo M. Molecular detection and genetic diversity of norovirus genogroup IV: a yearlong monitoring of sewage throughout Italy. *Arch Virol* 2010;155(4):589-93.
25. Suffredini E, Iaconelli M, Equestre M, *et al*. Genetic diversity among genogroup ii noroviruses and progressive emergence of GII.17 in wastewaters in Italy (2011-2016) Revealed by Next-Generation and Sanger Sequencing [published correction appears in Food and Environment Virology. 2018 May 4]. *Food Environ Virol* 2018;10(2):141-50.
26. Iaconelli M, Valdazo-González B, Equestre M, *et al*. Molecular characterization of human adenoviruses in urban wastewaters using next generation and Sanger sequencing. *Water Res* 2017;121:240-7.
27. Iaconelli M, Divizia M, Della Libera S, Di Bonito P, La Rosa G. Frequent detection and genetic diversity of human bocavirus in urban sewage samples. *Food Environ Virol* 2016;8(4):289-95.

28. Mancini P, Bonanno Ferraro G, Suffredini E, *et al.* Molecular detection of human salivirus in Italy through monitoring of urban sewages. *Food Environ Virol* 2020;12(1):68-74.
29. Bonanno Ferraro G, Mancini P, Veneri C, *et al.* Evidence of Saffold virus circulation in Italy provided through environmental surveillance. *Lett Appl Microbiol* 2020;70(2):102-8.
30. La Rosa G, Fratini M, Accardi L, *et al.* Mucosal and cutaneous human papillomaviruses detected in raw sewages. *PLoS One* 2013;8(1):e52391.
31. Di Bonito P, Libera SD, Petricca S, *et al.* Frequent and abundant Merkel cell polyomavirus detection in urban wastewaters in Italy. *Food Environ Virol* 2015;7(1):1-6.
32. WHO. *Guidelines for environmental surveillance of poliovirus circulation*. Geneva: World Health Organization; 2003. Disponibile all'indirizzo: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/67854>; ultima consultazione 22/04/2020.