

## Monitoraggio chimico-fisico dello stato ecologico di un corpo idrico superficiale

Il primo pensiero che viene alla mente quando si osserva, o meglio, “si entra in canoa” in un fiume, è quello legato alla qualità delle acque: saranno pulite o piuttosto una discarica incontrollata di liquami urbani o industriali? Ci sarà vita in questo corso d'acqua? Quale sarà il suo stato ecologico?

Se vogliamo evitare di dare un giudizio affrettato e soprattutto fondato essenzialmente sulla nostra assoluta e personale “percezione” dell'ambiente che stiamo frequentando è bene sempre sospendere le proprie opinioni e cercare di approfondire questa nostra “percezione” accostandoci all'osservazione facendo tesoro di alcune semplici conoscenze scientifiche, utili da custodire nel nostro personale bagaglio culturale, che ci portiamo dietro quando andiamo in canoa.

Queste importanti conoscenze scientifiche aiuteranno noi a comprendere sommariamente la qualità delle acque in cui sciabordiamo, ma, soprattutto, a dare delle risposte a chi si avvicina alla frequentazione di un fiume con atteggiamento preoccupato per ciò che il corso d'acqua gli può riservare (schiume, puzze, escrementi galleggianti, malattie, ecc.).

Parleremo, quindi, innanzitutto di “percezione della qualità delle acque”.

Prima percezione: acqua pulita o acqua sporca

Un'acqua limpida ci dà sicurezza e ci invoglia ad una commistione gioiosa ma questa limpidezza non ci dà la certezza di una sua pulizia. Non ce la può dare per il semplice fatto che la stragrande maggioranza di composti chimici, tossici o velenosi sversati abusivamente o non opportunamente trattati dalle industrie chimiche, non sono colorati e quindi non alterano la limpidezza dell'acqua.

Al contrario, un fiume di colore verde e piuttosto torbido dà la sensazione di sporcizia ed inquinamento, mentre il più delle volte colore e torbidità sono di origine naturale e quindi la qualità delle acque è paradossalmente migliore di quella di un fiume che appare limpido.

Seconda percezione: limpidezza o torbidità

Limpidezza e torbidità sono il risultato della presenza o meno di sostanze disciolte o in sospensione. Le sostanze che si sciolgono, pur mantenendo l'acqua limpida possono conferire un colore all'acqua, ad esempio i composti del Cromo colorano l'acqua di arancione, ma possono anche non colorarla e quindi esercitare un effetto più pericoloso ed ingannevole perchè pur essendo presenti, fanno apparire l'acqua non alterata: è il caso dei pesticidi e dei diserbanti come il terribile erbicida glifosato responsabile della moria di pesci nei fiumi in particolari periodi dell'anno.

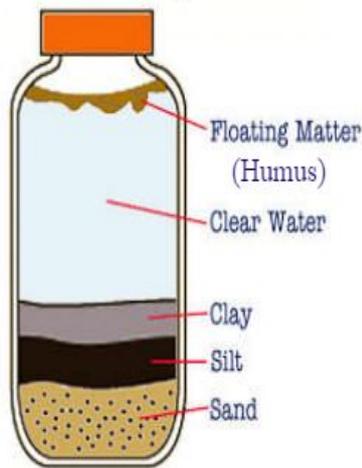
La torbidità invece è visibile ed è dovuta alla presenza di sostanze solide di piccolissime dimensioni insolubili in acqua che sono in sospensione nel corpo idrico. Queste particelle sono costituite prevalentemente di limo ed argilla le cui dimensioni riportate nella tabella ci fanno comprendere che siamo nell'ordine di grandezza dei microbi (minori di 0,1 mm)

	ISSS		USDA	
SABBIA	Grossa	2 – 0,2 mm	2 – 0,2 mm	
	Fine	0,2 – 0,02 mm		0,2 – 0,05 mm
LIMO	0,02 – 0,002 mm		Grossolano	0,05 – 0,02 mm
			Fine	0,02 – 0,002 mm
ARGILLA	< 0,002 mm		< 0,002 mm	

ISSS: Società internazionale di Scienza del Suolo

USDA: Dipartimento Agrario degli Stati Uniti

## Soil Particle Separation



Se introduciamo un campione di acqua torbida in una bottiglia, dopo alcune ore osserveremo le varie componenti del miscuglio separate in base alle dimensioni delle particelle.

Insieme a queste particelle solide, di origine geologica, la cui composizione e quantità sono dipendenti dalle rocce e dai minerali presenti nell'asta fluviale, una seconda importante causa di torbidità è costituita dalla notevole quantità di fitoplancton presente nella quasi totalità dei fiumi e marcatamente in quelli di maggiore e lenta portata con presenza frequente di sbarramenti artificiali (dighe)

Terza percezione: presenza o meno di colore

Sulla base di uno studio americano condotto su 350.000 fotografie ad alta risoluzione dei fiumi, nel 56% delle osservazioni il colore dominante è principalmente il giallo, seguito dal verde per il 38%. Il motivo di questi risultati risiede principalmente nella presenza di fitoplancton, ovvero presenza di organismi fotosintetici con presenza di clorofilla. In buona parte dei periodi dell'anno la mutata incidenza dei raggi solari fa prevalere i colori dei caroteni (gialli) e degli antociani (rossi) sul verde della clorofilla in un processo biochimico del tutto analogo a quello che si osserva sulle foglie degli alberi nel periodo autunnale.

Il colore cambia a partire dagli sbarramenti artificiali i quali rappresentano delle trappole per i sedimenti e dei veri e propri incubatori di alghe in quanto la pressochè immobilità delle acque e l'aumento di temperatura svolgono il ruolo di brodo di coltura per tutti gli organismi che compongono il fitoplancton.

Il colore cambia negli agglomerati urbani in quanto la presenza di scarichi non completamente depurati o abusivi incupisce la normale tonalità giallo-verde aumentando la componente grigiastra del corpo idrico anche in relazione a fenomeni di maggiore torbidità e conseguente adsorbimento di inquinanti a carico degli organismi vegetali presenti in acqua.

Il colore può dipendere dal valore del pH in quanto l'acidità o la basicità di un'acqua determina lo scioglimento o meno di alcuni tipi di rocce:

le acque che attraversano rocce carbonatiche presentano pH elevato (basico) e sono ricche di ioni bicarbonato e calcio;

le acque provenienti da massicci cristallini sono caratterizzate da pH acido e sono ricche di silice;

nelle zone appenniniche umbro-marchigiane, con terreni ricchi di gessi, le acque si caratterizzano per abbondanza di solfati e calcio;

nelle aree dolomitiche si riscontrano elevate concentrazioni di magnesio;

le acque di scioglimento nivale sono particolarmente aggressive (acide) per la ridotta presenza di cationi e l'abbondanza di acido carbonico.

Il colore dipende anche dalla tipologia di particelle sospese o sciolte:

arenaria (granelli di sabbia) conferiscono un colore giallo

mudstone (strati di fango) conferiscono una colorazione scura

argille (ossidi di alluminio) possono conferire colore giallo, verde, arancione, bianco

rocce metamorfiche possono conferire un colore marrone scuro

feldspati (caolino) possono conferire un colore bianco

Il colore dipende dalla presenza del fitoplancton.

Il fitoplancton è costituito da organismi autotrofi fotosintetici, ovvero in grado di produrre sostanze organiche a partire da sostanze inorganiche disciolte, attraverso il processo di fotosintesi. I componenti del fitoplancton sono:

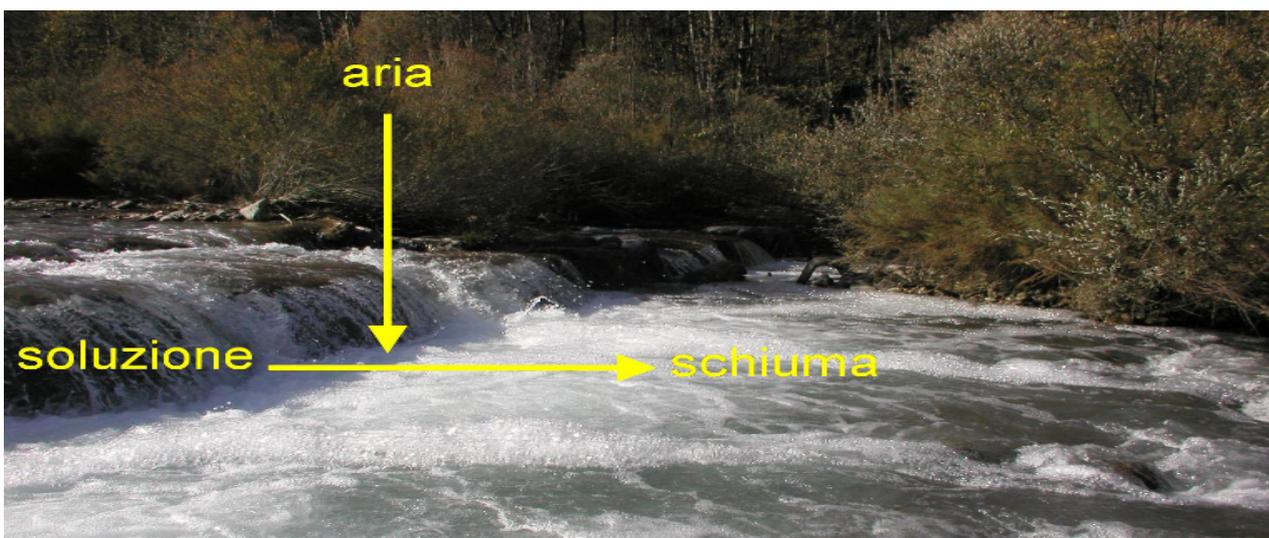
diatomee, alghe, cianobatteri (alghe verdi-azzurre)

Il fitoplancton costituisce il 95% della biomassa presente in un corpo idrico.

Quarta percezione: presenza o meno di schiume o corpi galleggianti

Le schiume

La schiuma è costituita da bolle di gas racchiuse da particelle solide o liquide



L'origine della schiuma può essere:

antropica, causata da:

- tensioattivi (sostanze che riducono la tensione superficiale dell'acqua ed aumentano il potere bagnante)
- detersivi, detersivi e saponi (sostanze di origine prevalentemente chimica utilizzati per eliminare lo sporco)
- proteine (derivate dal consumo umano, dalla morte di animali o piante)

naturale, causata da:

- proteine (decomposizione di organismi di origine animale o vegetale)
- fitoplancton (decomposizione di cianobatteri, diatomee, alghe verdi)
- acidi umici (reazioni ossidative di acidi umici provenienti dalle sponde)
- argille (frequentemente caoliniche, strappate dalla roccia da un vigoroso fluire dell'acqua)

Corpi galleggianti: le mucillagini

Le mucillagini sono degli accumuli di sostanza organica particellata di origine planctonica.

Questi accumuli si sono formati a seguito di una proliferazione e decadimento di organismi quali diatomee, dinoflagellati, ecc., non sufficientemente predati dallo zooplancton (grazing), né degradati efficacemente dai batteri nella fase di decadimento



Ad incrementare questi accumuli di sostanza organica concorrono anche: polline, frutti e foglie di alberi e piante che popolano le sponde fluviali. Se si tenta di afferrare le mucillagini si sfaldano in minuscoli frammenti che si disperdono in acqua.

Quinta percezione: presenza o meno di odore

L'origine degli odori è sempre di natura chimica. Tutte le sostanze cosiddette “odorigene” sono dei composti chimici, caratterizzata da una formula ed un particolare effetto sui nostri recettori olfattivi. Nella tabella sono riportati alcuni esempi di odori conosciuti e del relativo composto chimico che li genera.

<b>SOSTANZA</b>	<b>ODORE</b>
ACETATO DI ETILE	VINO ACETOSO
ACETATO DI ISOAMILE	BANANA, CARAMELLA ACIDULATA
ACETATO DI FENILETILE	ROSA, TÈ
ACETATO FENILETILICO	MIELE
ACETOINA	MANDORLA
ALCOL FENILETILICO	ROSA
ALDEIDE ANISICA	BIANCOSPINO
ALDEIDE BENZOICA	MANDORLA AMARA, NOCCIOLO
ALDEIDE CINNAMICA	CANELLA
ALDEIDE FENILETILICA	GIACINTO
ALDEIDE FENILPROPIONICA	LILLÀ
BENZALDEIDEDECANIDRICA	CILIEGIA
CAPRONATO, CAPRILATO	“ACIDI GRASSI”, SAPONE, CANDELA
DIACETILE	NOCCIOLO, BURRO

La presenza o meno di ossigeno in un corso d'acqua determina la formazione di sostanze odorigene non presenti in condizioni normali. A titolo esemplificativo riporto la tabella delle reazioni di combinazione con l'idrogeno H<sup>+</sup> che avvengono in condizioni aerobiche (presenza di ossigeno) o anaerobiche (carenza di ossigeno) di uno stesso campione di acqua

#### AMBIENTE

#### REAZIONE

	accettore di H <sup>+</sup>			sostanza ridotta
aerobio	O <sub>2</sub>	+ 4H <sup>+</sup>	--->	2 H <sub>2</sub> O
anaerobio	2NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	+12H <sup>+</sup>	--->	<b>N<sub>2</sub></b> + 6 H <sub>2</sub> O
	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	+10H <sup>+</sup>	--->	<b>H<sub>2</sub>S</b> + 4 H <sub>2</sub> O
	Sost.organ. ossidata	+ n H <sup>+</sup>	--->	<b>sost.organ.ridotta</b>
	CO <sub>2</sub>	+ 8H <sup>+</sup>	--->	<b>CH<sub>4</sub></b> + 2H <sub>2</sub> O

Gli odori che si percepiscono nei fiumi sono legati prevalentemente a:

scarichi fognari abusivi

ammoniaca e suoi derivati

acido solfidrico, metano, ecc.

La maggior parte di questi composti odorigeni, come detto in precedenza, hanno origine da reazioni che avvengono in carenza di ossigeno. Numerosi altri composti hanno origine da processi di decomposizione di sostanze organiche e da eventuali scarichi industriali che

portano ad un aumento smisurato di reazioni possibili con relativa formazione di sostanze odorogene. Nella tabella che segue vengono riportati gli odori riscontrabili e le possibili fonti.



## CARATTERISTICHE DEGLI ODORI

### Natura chimica degli odori

*L'odore dipende da una vasta gamma di sostanze potenzialmente odorogene*

Classi di composti	Composti chimici	Odore	Produzione
Composti solforati ridotti	H <sub>2</sub> S	uova marce	scissione di cisteina e metionina in condizioni anaerobiche
	Dimetilsolfuro - dimetildisolfuro	vegetali in decomposizione	degradazione delle proteine in condizioni anaerobiche
	Mercaptani	cavolo in decomposizione	condizioni anaerobiche spinte
Composti azotati	NH <sub>3</sub>	caratteristico acuto e pungente	condizioni anaerobiche
	Ammine primarie, secondarie e terziarie	pungente di pesce	deaminazione degli aminoacidi in condizioni anaerobiche
Terpeni	Limonene, α-pinene	agrumi, aghi di pino e resine	Biodegradazione degli scarti ligneo-cellulosici
Acidi volatili	Acidi grassi a catena breve	rancido e pungente	Incompleta ossidazione dei lipidi in condizioni anaerobiche
Alcoli	Alcoli	classico di alcol	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
Altri composti ossigenati	Aldeidi	dolce, pungente di frutti	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Chetoni	pungente, dolciastro, fortemente sgradevole	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Eteri	tipico degli eteri	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Esteri	dolciastro	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche

Anche gli odori possono e debbono essere misurati in quanto la sollecitazione dei nostri recettori olfattivi, causata da una sostanza odorigena, indica senza incertezza che molecole anche potenzialmente tossiche stanno entrando nel nostro sistema respiratorio e da questo passeranno successivamente al circolo sanguigno con tutte le conseguenze possibili.

L'odore è misurato in O.U.E / m<sup>3</sup> (unità odorimetriche al metro cubo), dopo aver definito 1

O.U.E / m<sup>3</sup> come la concentrazione di odore alla soglia di percezione del sistema di riferimento (panel). E' stata definita una scala di giudizio basata sull'intensità dell'odore e sull'effetto percepito (tono edonico) che si riporta di seguito.

Scala di giudizio per intensità di odore e tono edonico a 6 livelli  
(normativa tedesca VDI 3882:1994)

intensità di odore	intensità	tono edonico
impercettibile	0	nessun fastidio
appena percettibile	1	fastidio molto leggero
debole	2	fastidio leggero
distinto	3	fastidio distinto
forte	4	fastidio forte
molto forte	5	fastidio molto forte
intollerabilmente forte	6	fastidio intollerabilmente forte

La misura dell'intensità di odore e l'attribuzione del relativo indice d'intensità viene effettuata mediante degli strumenti denominati olfattometri. Questi apparecchi, fissi o portatili, contengono dei sensori specifici per ciascuna sostanza odorifera che voglia essere quantificata.

Completata questa fondamentale premessa, indispensabile per acquisire alcuni strumenti utili a comprendere e motivare la "percezione" di un corpo idrico superficiale che stiamo osservando, possiamo entrare nel merito del monitoraggio: da dove ha origine, cosa significa e come si esegue.

Dobbiamo partire necessariamente dalla Direttiva Europea sulle acque 2000/60, la normativa che vincola gli Stati membri alla protezione, al miglioramento, al ripristino di tutti i corpi idrici superficiali al fine di raggiungere un buono stato delle acque superficiali. La normativa individua strumenti e metodi per raggiungere l'obiettivo di uno stato di qualità buono entro il 31 dicembre 2015 per tutte le acque ricadenti nel territorio delle nazioni facenti parte della comunità europea.



Se osserviamo l'immagine precedente ci rendiamo conto che trascorsi 15 anni dall'entrata in vigore della norma i risultati non sono assolutamente rispondenti alle prescrizioni che fissavano al 2015 il raggiungimento dello status di "buono" per i corpi idrici europei. Solo il 40% dei fiumi ha acque pulite e gode di una ricca biodiversità di specie animali e vegetali. Il 60 % dei corpi idrici superficiali è caratterizzato da acque inquinate, interrotte da numerose dighe e caratterizzate da un eccessivo drenaggio delle sabbie.

La situazione italiana è perfettamente in linea con il dato europeo, infatti il 43% dei 7.494 fiumi è classificato come "buono o elevato stato ecologico", il 41% è al di sotto dell'obiettivo di qualità previsto e ben il 16% non è stato ancora classificato.

Quello che viene definito Stato Ecologico è l'espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici associati alle acque superficiali.



Nell'immagine fotografica di un corso d'acqua si nota la complessità dell'ecosistema e le strette connessioni che esistono tra le varie componenti biotiche (animali, piante, microrganismi, ecc.) ed abiotiche (acqua, gas disciolti, aria, rocce, sedimenti, ecc.) che lo costituiscono

La classificazione dello stato ecologico viene effettuato attraverso la valutazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), degli elementi e dei composti chimici (inquinanti specifici), degli elementi fisico-chimici ed idromorfologici.

A partire dall'entrata in vigore del d.Lgs n.152/1999 lo stato ecologico dei corsi d'acqua è stato valutato integrando i valori del LIM (Livello di inquinamento da macrodescrittori), un indice che stima il grado di inquinamento causato da fattori chimici e microbiologici, con quelli dell'IBE (Indice Biotico Esteso) un indice che definisce le alterazioni nella presenza e composizione delle comunità di macroinvertebrati bentonici presenti nelle acque superficiali.

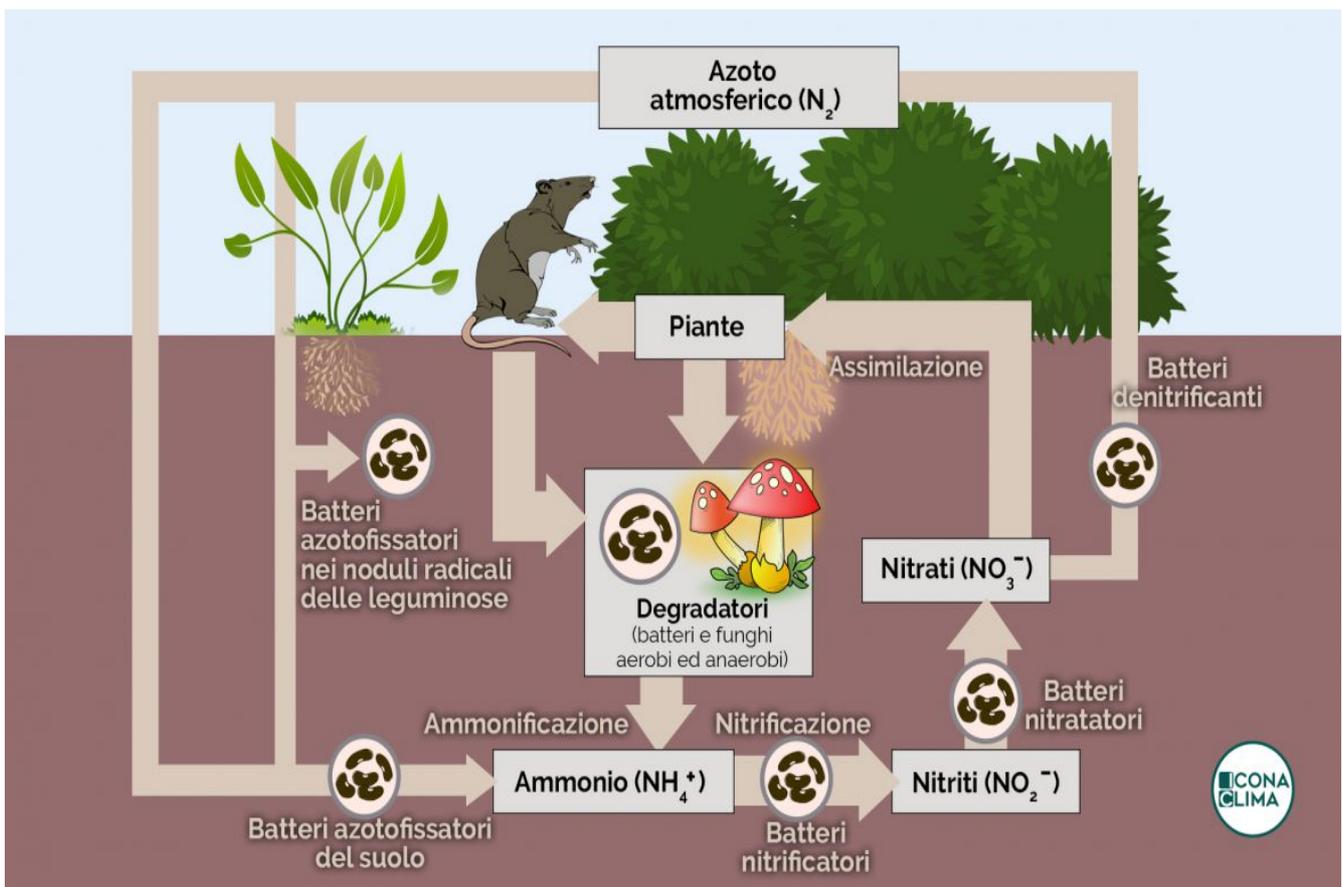
Lo Stato Chimico, quindi, insieme allo Stato Ecologico, contribuisce in modo determinante alla definizione dello Stato di qualità di un corpo idrico superficiale. La Direttiva europea sulle acque 2000/60/CE vincola gli Stati membri alla protezione, al miglioramento, al ripristino di tutti i corpi idrici superficiali al fine di raggiungere un buono stato delle acque superficiali.

Con l'entrata in vigore della D.Lgs 152/2006 l'indice LIM è stato modificando eliminando la determinazione di inquinanti microbiologici, in particolare l'Escherichia Coli, mantenendo i macrodescrittori chimici e i parametri fisici, riformulando l'indice come LIMeco:

Indice del **L**ivello di **I**nquinamento da **M**acrodescrittori per lo stato **ec**ologico

L'indice LIMeco è stato ideato, quindi, per descrivere il cosiddetto stato trofico delle acque correnti, ovvero misurare la quantità di nutrienti (ciclo dell'azoto e del fosforo) e di ossigeno disciolto che regolano la vita e l'esistenza stessa delle comunità biologiche che popolano gli ecosistemi acquatici. La variabilità nella concentrazione di azoto ammoniacale, nitrati, fosforo ed ossigeno disciolto, i cosiddetti "macrodescrittori" che vengono presi in esame, determina la presenza, l'assenza o lo sviluppo eccessivo delle comunità vegetali ed animali che vivono in acqua e svolgono importanti funzioni all'interno dell'ecosistema fluviale, primo tra tutti il processo di autodepurazione. Per questo motivo l'indice ha assunto un ruolo fondamentale nel controllo della qualità delle acque e nella definizione degli interventi volti a ristabilire le condizioni affinché sia garantito uno stato ecologico idoneo alla possibile vita delle comunità biologiche.

### Ciclo dell'azoto



Come possiamo determinare il LIMeco

Per determinare l'indice LIMeco dobbiamo eseguire una cosiddetta Analisi Quantitativa dei macrodescrittori.

La prima operazione da effettuare è il Campionamento.

Campionare significa prelevare una quantità sufficiente di acqua, rappresentativa del punto in cui s'intende svolgere l'indagine, con la quale effettuare le successive analisi.

Il campionamento va eseguito in recipienti ben puliti e conservati che possono essere chiusi ermeticamente senza contenere residui di aria e custoditi in una borsa termica nel caso in cui le analisi non fossero svolte sul posto all'atto del prelievo. Prima di eseguire il campionamento dell'acqua va misurata la temperatura, almeno 20 cm sotto il pelo libero, per acquisire un valore plausibile meno influenzato dalla temperatura esterna. Attraverso un cellulare è possibile conoscere ed annotare il valore della pressione atmosferica all'atto del campionamento. Temperatura e pressione sono parametri fondamentali per calcolare la quantità di ossigeno disciolto in acqua dopo aver utilizzato l'apposito kit.

### **Uso dei Kit monouso**

Ciascun macrodescrittore viene determinato attraverso l'utilizzo di un kit monouso appositamente realizzato dalla ditta costruttrice per il dosaggio quantitativo di quel parametro.

### **Ossigeno disciolto**

Il primo test che va eseguito, se impossibilitati a farlo all'atto del campionamento, è quello relativo all'ossigeno disciolto in quanto vari fattori, tra i quali una non perfetta eliminazione dell'aria della bottiglia di campionamento, potrebbero falsare i risultati (l'ossigeno esterno potrebbe sciogliersi spontaneamente nel campione).

Si introduce il campione di acqua nella bottiglia di vetro contenuta nella confezione fino a completo riempimento della stessa. Si tappa eliminando tracce di aria presenti quindi si apre la bottiglia e si aggiungono cinque gocce di reagente A (solfato di manganese) e cinque gocce di reagente B (azide basica).

Si tappa e si agita controllando che non siano presenti bolle d'aria. La soluzione inizierà a colorarsi. Si aggiungono cinque gocce di reattivo C (acido solforico contenente ioduro di sodio), si chiude e si agita pazientemente fino a completa dissoluzione delle sostanze solide presenti.

La soluzione si colorerà di giallo arancio, colore caratteristico dello iodio disciolto nella soluzione acquosa liberato in quantità proporzionale all'ossigeno disciolto nel campione.

Successivamente si aggiunge la punta alla microsiringa contenuta nella confezione e la si riempie con la soluzione contenuta nel contenitore più grande (tiosolfato sodico).

Si stappa la bottiglia di vetro contenente la soluzione giallo-arancio perfettamente limpida e si introducono 10 ml di questa nell'apposito contenitore graduato. Ai 10 ml si aggiunge una goccia d'indicatore (saldia d'amido) che conferisce alla soluzione un'intensa colorazione blu scuro. A questo punto si dà inizio alla cosiddetta titolazione, aggiungendo ai 10 ml di soluzione con l'indicatore goccia a goccia il contenuto della siringa fino a quando il colore della soluzione scura comincia a cambiare.

Va precisato che sarà solo una goccia a produrre il cambiamento di colore della soluzione (viraggio). In caso di incertezza controllare con l'aggiunta di una o due gocce in più.

Terminato il cambiamento di colore (viraggio) si annota il valore riportato sulla siringa in corrispondenza del volume di reagente usato.

Questo valore moltiplicato per 10 indicherà direttamente la quantità di ossigeno disciolto presente nel campione espressa in mg/l.

Per quanto riguarda i kit per Nitrati, Ammoniaca e Fosfati, questi si compongono ciascuno di un proprio contenitore e di distinti e specifici reagenti.

Per ciascuna analisi si prelevano 10 ml di acqua e vi si introducono dei reagenti secondo quantità e modalità descritte nelle apposite istruzioni. Le reazioni sono predisposte in modo che per ciascun macrodescrittore si ottengano delle colorazioni diverse per i singoli campioni di acqua. Queste colorazioni hanno una intensità che è direttamente proporzionale alla quantità di composto cercato. Il valore di questa quantità si ottiene confrontando il colore ottenuto, dopo qualche minuto dalla reazione, con quello riportato sulla confezione di un contenitore con scala cromatica dove viene introdotto il campione di acqua colorato. Il valore va registrato per essere inserito successivamente nelle tabelle per il calcolo dell'indice LIMeco

### Azoto ammoniacale

Per il dosaggio dell'ammoniaca, mediante un apposito bicchierino graduato, si prelevano 10 ml di acqua da analizzare, seguendo le istruzioni si aggiungono 2 gocce di reagente 1 (tetraioduro mercurato) e successivamente 1 goccia di Reattivo di Nessler. Si attendono 5 minuti quindi si travasa la soluzione nella provetta adiacente alla scala cromatica. Si dispone un fondo bianco sul retro a 10 centimetri e si compara il colore assunto dalla soluzione con i colori presenti sulla scala cromatica della provetta adiacente che rimarrà vuota. Individuato il colore corrispondente si registra il valore numerico contrassegnato sulla scala di riferimento.

Il risultato viene espresso in mg/l.

### Nitrati

Per la ricerca dei nitrati si prelevano 10 ml di acqua da analizzare, seguendo le istruzioni si aggiunge una bustina di reagente contenente cadmio che riduce i nitrati a nitriti impartendo alla soluzione una colorazione arancione. Si tappa e si agita per un minuto. Si attendono 4 minuti, quindi si introduce il campione di acqua nel contenitore adiacente alla scala cromatica di riferimento fino alla tacca indicata. Si dispone un fondo bianco sul retro a 10 centimetri e si compara il colore assunto dalla soluzione con i colori della scala cromatica presente nella provetta adiacente che rimarrà vuota. Individuato il colore corrispondente si registra il valore numerico contrassegnato sulla scala di riferimento.

Il risultato viene espresso in mg/l.

### Fosfati

Per la ricerca dei fosfati si prelevano 10 ml di acqua da analizzare, seguendo le istruzioni si aggiunge una bustina di reagente contenente ammonio molibdato e potassio antimonil tartrato che reagisce in ambiente acido con il fosfato formando un complesso fosfomolibdico colorato in blu. Si tappa e si agita per un minuto. Si introduce il campione di acqua nel contenitore adiacente alla scala cromatica di riferimento fino alla tacca indicata. Si dispone un fondo bianco sul retro a 10 centimetri e si compara il colore assunto dalla soluzione con i colori della scala cromatica presente nella provetta adiacente che rimarrà vuota. Individuato il colore corrispondente si registra il valore numerico contrassegnato sulla scala di riferimento.

Il risultato viene espresso in mg/l.

Esempio di calcolo dell'indice LIMeco

Pressione atmosferica rilevata con cellulare 1014 hPa

1 hPa = 0,7051 mm Hg

quindi 1014 hPa = 714,97 mmHg

Temperatura 18 °C

E' importante conoscere la pressione e la temperatura all'atto del campionamento in quanto la percentuale di ossigeno che si scioglie nell'acqua è strettamente dipendente da questi valori.

/% saturazione ossigeno disciolto (vedi la tabella sottostante) a T e Pressione misurati all'atto del campionamento 18°C 714,97 mmHg il valore che più si avvicina è 9,0

Table 1 Dissolved oxygen saturation in water (mg/L)

Temp		Pressure in millimeters and inches Hg							
		mm							
		775	760	750	725	700	675	650	625
		inches							
°F	°C	30.51	29.92	29.53	28.45	27.56	26.57	25.59	24.61
32.0	0	14.9	14.6	14.4	13.9	13.5	12.9	12.5	12.0
33.8	1	14.5	14.2	14.1	13.6	13.1	12.6	12.2	11.7
35.6	2	14.1	13.8	13.7	13.2	12.9	12.3	11.8	11.4
37.4	3	13.8	13.5	13.3	12.9	12.4	12.0	11.5	11.1
39.2	4	13.4	13.1	13.0	12.5	12.1	11.7	11.2	10.8
41.0	5	13.2	12.8	12.6	12.2	11.8	11.4	10.9	10.5
42.8	6	12.7	12.4	12.3	11.9	11.5	11.1	10.7	10.3
44.6	7	12.4	12.1	12.0	11.6	11.2	10.8	10.4	10.0
46.4	8	12.1	11.8	11.7	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8
48.2	9	11.8	11.6	11.5	11.1	10.7	10.3	9.9	9.5
50.0	10	11.6	11.3	11.2	10.8	10.4	10.1	9.7	9.3
51.8	11	11.3	11.0	10.9	10.6	10.2	9.8	9.5	9.1
53.6	12	11.1	10.8	10.7	10.3	10.0	9.6	9.2	8.9
55.4	13	10.8	10.5	10.5	10.1	9.8	9.4	9.1	8.7
57.2	14	10.6	10.3	10.2	9.9	9.5	9.2	8.9	8.5
59.0	15	10.4	10.1	10.0	9.7	9.3	9.0	8.7	8.3
60.8	16	10.1	9.9	9.8	9.5	9.1	8.8	8.5	8.1
62.6	17	9.9	9.7	9.6	9.3	9.0	8.6	8.3	8.0
64.4	18	9.7	9.5	9.4	9.1	8.8	8.4	8.1	7.8
66.2	19	9.5	9.3	9.2	8.9	8.6	8.3	8.0	7.6
68.0	20	9.3	9.1	9.1	8.7	8.4	8.1	7.8	7.5
69.8	21	9.2	8.9	8.9	8.6	8.3	8.0	7.7	7.4
71.6	22	9.0	8.7	8.7	8.4	8.1	7.8	7.5	7.2
73.4	23	8.8	8.6	8.5	8.2	8.0	7.7	7.4	7.1
75.2	24	8.7	8.4	8.4	8.1	7.8	7.5	7.2	7.0
77.0	25	8.5	8.3	8.3	8.0	7.7	7.4	7.1	6.8

calcolo del punteggio da assegnare all'ossigeno disciolto:

100 - % di ossigeno disciolto misurato con esperimento trasformando i mg/l ottenuti in % nel seguente modo

mg/l misurati con titolazione 6,3

% saturazione ossigeno a 18°C e 714,97 mmHg (desumibile dalla tabella)= 9,0

imposto proporzione 9,0:100=6,3:x x= 70 ovvero saturazione ossigeno 70%

calcolo punteggio LIMeco per ossigeno disciolto 100- 70 = |30| (il valore tra le sbarre verticali indica il modulo, ovvero un numero privo di dimensioni fisiche)

nella tabella dei punteggi che segue 30 è  $\leq 40$  quindi il punteggio da assegnare è quello relativo al livello 3, ovvero come indicato in basso nella linea del punteggio 0,25

### Tabella punteggi da assegnare a ciascun macrodescrittore

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
100 – O <sub>2</sub> % sat	$\leq   10  $	$\leq   20  $	$\leq   40  $	$\leq   80  $	$>   80  $
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	$< 0.03$	$\leq 0.06$	$\leq 0.12$	$\leq 0.24$	$> 0.24$
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	$< 0.6$	$\leq 1.2$	$\leq 2.4$	$\leq 4.8$	$> 4.8$
Fosforo totale (P $\mu\text{g/l}$ )	$< 50$	$\leq 100$	$\leq 200$	$\leq 400$	$> 400$
Punteggio*	1	0.5	0.25	0.125	0

\*punteggio da attribuire al singolo parametro

Per assegnare i punteggi LIMeco desumibili dalla tabella a ciascuno degli altri macrodescrittori analizzati si procede allo stesso modo in base al valore ottenuto dalle singole analisi.

L'attribuzione del punteggio si basa sull'individuazione del livello a cui assegnare il valore della concentrazione ottenuta per ciascun macrodescrittore in relazione ai valori-soglia indicati dalla tabella

Questi sono i nostri risultati ottenuti da un campionamento effettuato sul fiume Aniene a Roma nel giugno dello scorso anno:

Pressione 1014 hPa = 714,97 mm Hg

Temperatura 18 °C

PO<sub>4</sub>-P Fosforo totale 0,96 mg/l

N- NO<sub>3</sub> Nitrati 0,44 mg/l,

N-NH<sub>4</sub> Ammoniaca 1,5 mg/l

O<sub>2</sub> Ossigeno disciolto 6,3 mg/l % sat =70 |30|

Parametro	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
100 – O <sub>2</sub> % sat	$\leq   10  $	$\leq   20  $	$\leq   40  $	$\leq   80  $	$>   80  $
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)	$< 0.03$	$\leq 0.06$	$\leq 0.12$	$\leq 0.24$	$> 0.24$
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	$< 0.6$	$\leq 1.2$	$\leq 2.4$	$\leq 4.8$	$> 4.8$
Fosforo totale (P $\mu\text{g/l}$ )	$< 50$	$\leq 100$	$\leq 200$	$\leq 400$	$> 400$
Punteggio*	1	0.5	0.25	0.125	0

\*punteggio da attribuire al singolo parametro

Tabella 3 - Punteggi LIMeco D.M. 260/201

PO <sub>4</sub> -P Fosforo totale	0,96 mg/l	>0,4 mg/l	0
N- NO <sub>3</sub> Nitrati	0,44 mg/l,	<0,6 mg/l	1
N-NH <sub>4</sub> Ammoniaca	1,5 mg/l	>0,4 mg/l	0
O <sub>2</sub> Ossigeno disciolto	6,3 mg/l % sat =70	30  □ 40	0,25

I nitrati sono inferiori al minimo indicato nella tabella come riportato nel foglio analisi <0,6 mg/l

il fosforo totale è stato calcolato trasformando i fosfati che abbiamo analizzato in fosforo totale utilizzando il moltiplicatore 0,3261 e trasformando i microgrammi in milligrammi, quindi con un range in tabella da 0,05mg/l a 0,4 mg/l

#### Indice LIMeco

Si ottiene sommando i punteggi assegnati a ciascun macrodescrittore individuato nella tabella 3 e si divide il risultato per 4 ovvero (1,25: 4) = **0,31**

Confrontando il valore dell'indice ottenuto **0,31** con i punteggi associati alla tabella 4 si può assegnare al corso d'acqua analizzato un Livello 4 (seppur vicino al livello 3) ovvero un giudizio SCARSO

	Livelli	Punteggi associati
<b>Elevato</b>	livello 1	≥ 0,66
<b>Buono</b>	livello 2	≥ 0,50
<b>Sufficiente</b>	livello 3	≥ 0,33
<b>Scarso</b>	livello 4	≥ 0,17
<b>Cattivo</b>	livello 5	<0,17

Tabella 4 Punteggi LIMeco D.M. 260/2010

## Conclusioni

Va precisato che l'indagine analitica per la determinazione dell'indice dei Macrodescrittori per la determinazione dello stato ecologico di un corso d'acqua deve essere ripetuta più volte in un anno e per più anni. Il risultato finale che assegna nella stazione di campionamento un giudizio sullo stato ecologico del corso d'acqua è ottenuto dalla media di tutti i risultati raccolti almeno in due anni di monitoraggio.

Per questo motivo e per quanto possano essere attendibili le analisi non è possibile assegnare in via definitiva un giudizio sullo stato ecologico di un corso d'acqua con un solo campionamento in un solo periodo dell'anno.

Risulta comunque importante evidenziare come la percezione sensoriale ed emotiva dei nostri fiumi risulti fortemente condizionata dagli aspetti culturali e di cattiva informazione. Molti frequentatori occasionali di fiumi rimangono colpiti dagli aerosol con odore o "puzza" di ammoniaca nei tratti di fiume con piccole rapide o dagli scarichi di oggetti di vario genere in prossimità di accampamenti abusivi lungo il fiume. Per questi motivi si avventurano in giudizi estremamente gravi sulle condizioni dei nostri fiumi descrivendoli come fogne e scoraggiando quella fruizione generalizzata che concorrerebbe a ridurre almeno le discariche a cielo aperto.

La strada per far in modo che i cittadini acquisiscano consapevolezza e tornino a vivere i fiumi è ancora lunga ma l'esperienza di questi anni ci conferma che siamo sulla strada giusta.

Vale la pena, infine, ribadire che l'indice trofico non ha comunque costituito mai, anche precedentemente all'attuazione del d.lgs. 152/06, il solo metodo di valutazione per lo stato ecologico dei corpi idrici fluviali.

Con il nuovo monitoraggio in particolare l'indice va confrontato non solo con quello risultante dal monitoraggio dei Macroinvertebrati, ma anche con Macrofite, Diatomee e Comunità Ittiche. Il giudizio di qualità risultante, deriva dal peggiore degli indici considerati

*Sergio Barbadoro*