

Determinazione di metalli pesanti nell'ecosistema del Lago Grande di Avigliana (Torino): studio preliminare

Preliminary study on heavy metals detection in Lago Grande di Avigliana (Turin)

**Maria Cesarina Abete^{1*}, Paolo Palmegiano¹, Roberto Alfieri³,
Stefania Gavinelli¹, Gilberto Forneris³, Marino Prearo²**

¹ Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta,
Laboratorio di Sicurezza Ambientale, Via Bologna 148 – 10154 Torino

² Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta, Sezione di Torino,
Ittiopatologia e Acquacoltura, Via Bologna 148 – 10154 Torino

³ Facoltà di Medicina Veterinaria – Dpt. di Produzione Animale, Epidemiologia ed Ecologia,
Via Leonardo da Vinci, 44 – 10095 Grugliasco (TO)

RIASSUNTO – Un problema di tossicologia ambientale è la contaminazione degli ecosistemi acquatici da parte di metalli pesanti. Questi elementi sono pericolosi perché non biodegradabili in tempi relativamente brevi e pertanto accumulandosi nell'ambiente, si diffondono lungo la catena alimentare, giungendo sino all'uomo. L'obiettivo di questa ricerca è la valutazione della presenza di metalli pesanti (Arsenico, Cadmio, Cromo, Mercurio e Piombo) nelle parti edibili dei pesci del Lago Grande di Avigliana (provincia di Torino) e l'eventuale impatto di tali inquinanti sulla fauna ittica della zona oggetto di studio. Sono stati effettuati 230 campionamenti fra specie ittiche, sedimenti e acque in siti diversi del Lago Grande. La determinazione dei metalli è stata eseguita in spettrofotometria ad assorbimento atomico. Le concentrazioni massime rilevate sono state di 0,16 ppm per l'arsenico, 0,08 ppm per il cromo, 0,31 ppm per mercurio e 0,21 ppm per il piombo. Per il cadmio tutti i campioni sono risultati inferiori al limite di quantificazione del metodo (0,01 ppm). Inoltre si è evidenziato una concentrazione rilevante di cromo nei sedimenti del fondo del lago, probabilmente dovuto ad un accumulo pregresso, con un valore massimo di 200 ppm. L'applicazione delle nuove leggi di tutela e la costruzione dell'anello fognario hanno sicuramente ridotto negli ultimi dieci anni l'apporto di inquinanti. La continuazione di tale ricerca darà un più completo quadro della condizione ambientale di questo importante bacino lacustre.

SUMMARY – *The problem of aquatic ecosystem pollution by heavy metals concerns environmental toxicology. These elements represent a great danger because of their persistency and their bioaccumulation. The aim of this study is first to evaluate the presence of Arsenic, Cadmium, Chromium, Mercury and Lead in edible parts of fishes sampled in Lago Grande di Avigliana and second to evaluate the effect of these pollutants on the autochthonous aquatic fauna. We analysed 230 samples of fish, sediment and water, coming from different locations of the lake. Heavy metals determination was executed with atomic absorption spectrophotometry. The highest concentrations revealed were: 0,16 ppm for arsenic, 0,08 ppm for chromium, 0,31 ppm for mercury and 0,21 ppm for lead. Cadmium was always below the detection limit of the method (0,01 ppm). Chromium in the sediment had a relevant concentration (200 ppm) probably due to a previous accumulation. During the last ten years, the application of new laws for environment protection and the building of a sewer ring reduced the concentration of pollutants. We expect to reach a more detailed picture of the environmental conditions of this important lake with the prosecution of this study.*

Key words: Heavy metals, Contamination, Lago di Avigliana, Ecosystem.

* Corresponding Author: Dott.ssa Maria Cesarina Abete, Laboratorio di Sicurezza Ambientale, Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta; Via Bologna 148 – 10154 Torino, Italia; Tel. 011-2686238; Fax 011-2474458; E-mail: mariacesarina.abete@izsto.it

INTRODUZIONE

I due laghi di Avigliana, sono situati a circa venti chilometri da Torino, nella porzione orografica terminale destra della Valle di Susa. Il loro bacino imbrifero occupa una superficie di 11,5 km² ed è delimitato a Nord dal fiume Dora Riparia, ad est dal rilievo del Moncuni, a sud dal fiume Sangone e ad Ovest dalla “cerchia spartiacque rissiana” (Azzi *et al.*, 2001).

L'origine dei Laghi di Avigliana è da attribuire alle ultime due grandi glaciazioni pleistoceniche. Molto probabilmente le vicende glaciali generarono quattro bacini lacustri, due dei quali, la Torbiera di Trana e l'attuale zona umida dei Mareschi, vennero ben presto interrati dai detriti che scendevano dalle colline circostanti.

Dal punto di vista amministrativo i due laghi ricadono nel Comune di Avigliana (Provincia di Torino) e, dal 1980, sono parte integrante dei 400 ettari del Parco Naturale dei Laghi di Avigliana.

La forma dei laghi di Avigliana è irregolarmente ellittica, con una lunghezza massima di circa 1.230 m per il Lago Grande (asse NS) e 1.130 m per il Lago Piccolo (asse NW-SE) ed una larghezza massima rispettivamente di 950 m e 730 m (asse EW e SW-NE). Le principali caratteristiche morfometriche dei laghi e del loro bacino idrografico sono riassunte nella tabella 1. Il Lago Grande di Avigliana ha una profondità massima di 27 metri ed un ampio fondale pianeggiante con ripide scarpate lungo la fascia perimetrale circumlacuale.

Caratteristiche morfometriche	Lago Grande	Lago Piccolo
Area bacino imbrifero (km ²)	11,5	8,1
Superficie (km ²)	0,83	0,58
Quota (metri s.l.m.)	346	356
Volume (m ³)	16,2 x 10 ⁶	4,5 x 10 ⁶
Profondità media (m)	19,5	7,7
Profondità massima (m)	27	12
Lunghezza massima (km)	1,23	1,13
Larghezza massima (km)	0,95	0,73
Perimetro (km)	3,78	3,10
Tempo teorico di ricambio idrico (anni)	2,3	0,9

Tabella 1: Descrizione delle caratteristiche morfometriche dei Laghi di Avigliana.
Table 1: Description of the morphometric characteristics of Laghi di Avigliana.

La zona dei laghi di Avigliana è caratterizzata da un clima relativamente umido, con deficit idrici estivi praticamente nulli. Non vi sono pertanto limitazioni idriche per lo sviluppo della vegetazione, che può avvalersi di riserve d'acqua del suolo quasi sempre saturo (Azzi *et al.*, 2001).

Per quanto concerne lo schema idrico, il Lago Grande presenta un immissario, della lunghezza di 400 metri circa, proveniente dal Lago Piccolo, denominato Rio Meana, ed un emissario, che trasporta le sue acque nella Dora Riparia, denominato Canale Naviglia (Figura 1). Il tempo teorico di ricambio del lago, è stato calcolato essere di 2-3 anni. Il territorio circostante è caratterizzato da vegetazione spontanea di tipo arbustivo ed arboreo

con la modesta presenza di appezzamenti adibiti a prato; non sono presenti coltivazioni di tipo intensivo ed allevamenti di animali.



Figura 1: Cartina dei Laghi di Avigliana (dagli archivi del Parco Laghi di Avigliana)
 Figure 1: Map of Laghi di Avigliana (from Laghi di Avigliana Park archives)

Fin dalla fine del secolo scorso si è manifestato un notevole interesse per le condizioni delle acque dei due laghi. Le testimonianze della prima metà del '900 riferiscono come l'acqua fosse adibita ad uso potabile o alle attività produttive artigianali ed industriali. Negli anni successivi al 1950, la qualità delle acque dei laghi di Avigliana andò deteriorandosi al punto che la trasparenza diminuì ed alcune specie ittiche (come ad esempio cobite, luccio, coregone) divennero sempre meno consistenti, a causa degli scarichi delle attività industriali presenti sul territorio. Negli stessi anni sono state osservate alterazioni macroscopiche, come la fioritura di cianobatteri tossici sulle rive presso il Convento dei Cappuccini e della Baia Grande, zona nella quale la rete fognaria comunale immetteva le acque di scarico dell'abitato. Risale sempre a quel periodo l'inizio della navigazione a motore, con conseguente riversamento nel lago di ingenti quantità di idrocarburi, sollevamento dei sedimenti delle rive e rarefazione della vegetazione rivierasca nel Lago Grande. La situazione di quest'ultimo è dunque andata via via peggiorando con l'aumento della pressione antropica lungo le sue rive, facendo sì che il Lago Grande d'Avigliana fosse considerato tra i bacini lacustri più eutrofizzati d'Italia.

Le specie ittiche presenti nei Laghi di Avigliana sono state condizionate e modificate nella loro composizione dall'interazione di numerosi fattori fisici, chimici, biologici e antropici. Negli ultimi decenni l'ittiocenosi di tale lago è stata oggetto di numerosi studi che hanno rilevato la progressiva riduzione della componente ittica a Salmonidi, a favore dei meno esigenti Ciprinidi (Rolando, 1996).

Le diverse specie ora presenti nel Lago Grande appartengono a sei famiglie, delle quali la più largamente rappresentata è quella dei Ciprinidi che conta sei specie: alborella (*Alburnus alburnus alborella*), carpa (*Cyprinus carpio*), cavedano (*Leuciscus cephalus*), scardola (*Scardinius erythrophthalmus*), tinca (*Tinca tinca*), triotto (*Rutilus erythrophthalmus*). Inoltre sono rappresentate la famiglia dei Centrarchidi con due specie, il persico trota (*Micropterus salmoides*) ed il persico sole (*Lepomis gibbosus*), la famiglia dei Percidi, con il persico reale (*Perca fluviatilis*), la famiglia degli Esocidi, con il luccio (*Esox lucius*), la famiglia degli Anguillidi, con l'anguilla (*Anguilla anguilla*) ed infine la famiglia dei Cobitidi, rappresentata dal cobite (*Cobitis taenia*) (Forneris *et al.*, 1990; Grimaldi & Manzoni, 1990).

Da molti anni i laghi sono stati oggetto di valutazione della qualità dell'acqua da un punto di vista tossicologico ambientale. E' stato stabilito da diversi autori, come l'ambiente lacustre di Avigliana, fosse estremamente degradato negli anni 70-80.

Tra gli inquinanti di maggior pericolo per la salute umana e per quella dei pesci presenti nei laghi di Avigliana, si annoverano i metalli pesanti che, per le loro caratteristiche chimico-fisiche, si accumulano a livello del sedimento e della catena trofica (Cabassi & Soana, 1975; Abete *et al.*, 2002; Abete *et al.*, 2003a; 2003b; Prearo *et al.*, 2003).

Lo scopo di questo lavoro è quello di valutare la presenza di arsenico, cadmio, cromo, mercurio e piombo nelle parti edibili dei pesci del Lago Grande di Avigliana e nei sedimenti, onde verificare lo stato attuale della contaminazione dei suddetti metalli pesanti sull'ecosistema lacustre in oggetto.

MATERIALI E METODI

Nel periodo compreso tra luglio e dicembre 2002, sono stati effettuati 3 diversi campionamenti di fauna ittica, per un totale di 147 esemplari. Successivamente, fra giugno 2003 e maggio 2004 sono stati prelevati 56 campioni di sedimento e 27 campioni di acque, in 5 diversi campionamenti. I prelievi sono stati effettuati in diversi punti del lago, privilegiando le zone in cui si concentrava la maggior pressione antropica (Figura 2).

I 147 pesci costituenti i campioni ittici, erano così rappresentati: 99 scardole (67,4%), 24 persico sole (16,3%), 20 persico reale (13,6%) e 4 cavedani (2,7%).

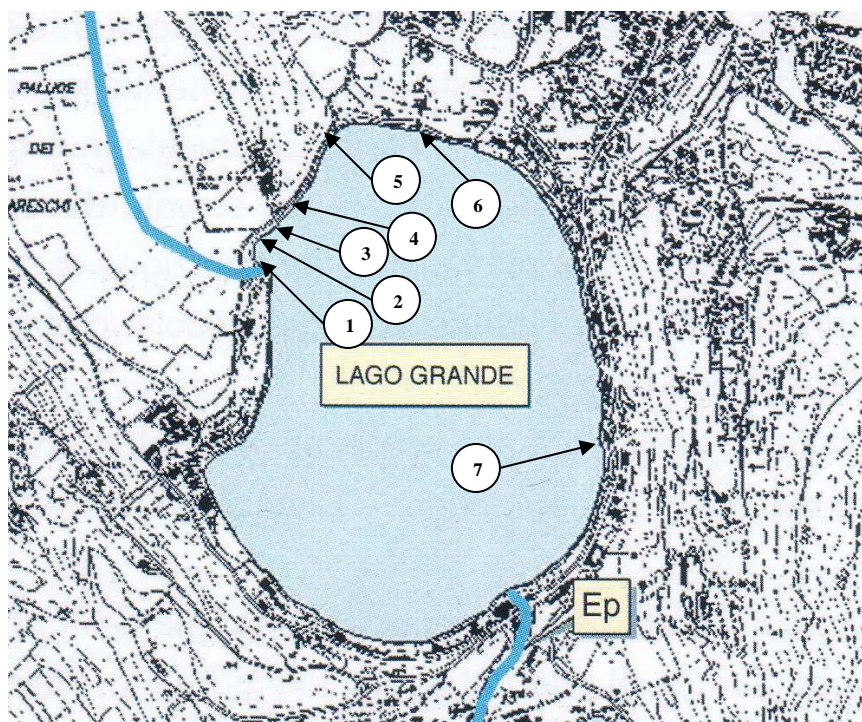
I 56 campioni di sedimento sono stati prelevati ad una profondità compresa tra i 7 e i 9 metri, mediante l'utilizzo di un dispositivo cilindrico che permetteva il carotaggio su ogni punto di prelievo; il campione aveva un diametro di 10 cm e un'altezza media di circa 5-6 cm.

I 27 campioni di acqua, invece erano costituiti ognuno da 1.500 ml.

Tutti i campioni ittici, i sedimenti e l'acqua sono stati analizzati singolarmente. Per i pesci si è proceduto all'omogeneizzazione dell'intera parte muscolare, mentre i sedimenti sono stati dapprima essiccati in stufa a 70° C e successivamente sminuzzati per eliminare componenti indesiderati (ghiaia, ciottoli, ecc.). I campioni di acqua sono stati concentrati, previa filtrazione, ad un volume finale di 50 ml, dopo acidificazione cloridrica. Per l'analisi dei pesci si è partiti da un quantitativo di 3 grammi, mentre per i sedimenti, sono stati pesati 0,7 grammi.

La mineralizzazione dei campioni è stata condotta in digestore a microonde ad alta pressione, in presenza di acido nitrico e acqua ossigenata al 30% (rispettivamente 6 ml ed 1,5

ml) per la ricerca di arsenico, cadmio, cromo e piombo. Per la determinazione del mercurio i campioni sono stati digeriti con 10 ml di miscela solfo-nitrica 1:1. La lettura strumentale del mercurio è stata effettuata con la tecnica dei vapori freddi mediante riduzione con cloruro stannoso, mentre per gli altri quattro elementi, è stato utilizzato uno spettrofotometro ad assorbimento atomico con atomizzazione elettrotermica e correzione del fondo ad effetto Zeeman.



Legenda:

- | | | |
|-----------------------------------|------------------|----------------|
| 1 – Canale Naviglia | 2 – Canneto | 3 – Sede Parco |
| 4 – Parcheggio | 5 – Uscita Parco | 6 – Riva Nord |
| 7 – Riva lato Statale per Giaveno | | |

Figura 2: Zone di campionamento nel Lago Grande di Avigliana (dagli archivi del Parco Laghi di Avigliana)
 Figure 2: Sampling areas of Lago Grande di Avigliana (from Laghi di Avigliana Park archives)

I limiti di quantificazione (LOQ) dei metodi analitici impiegati per la matrice ittica, sono di: 0,01 mg/kg (ppm) per l'arsenico, 0,01 mg/kg per il cadmio, 0,05 mg/kg per il cromo, 0,07 mg/kg per il mercurio e 0,04 mg/kg per il piombo. Per i sedimenti, i limiti di quantificazione sono i medesimi riportati sopra, tranne che per l'arsenico che è di 0,85 mg/kg. Per la matrice idrica i limiti di quantificazione del metodo sono: arsenico 1 ng/kg (ppb); cadmio 0,1 ng/kg, cromo 1 ng/kg, mercurio 0,05 ng/kg e piombo 0,6 ng/kg.

RISULTATI

Dalle analisi effettuate sui campioni di acqua, per tutti i metalli oggetto della ricerca, non si sono evidenziate concentrazioni superiori al limite di quantificazione.

Per l'elaborazione dei dati relativi alle analisi condotte sui pesci e sul sedimento, ai campioni che sono risultati inferiori al LOQ è stato assegnato un ipotetico valore di concentrazione pari alla metà del LOQ stesso; si è supposto cioè che la distribuzione dei dati all'interno dell'intervallo 0÷LOQ sia uniforme.

Nel materiale ittico analizzato il tenore medio di arsenico è stato di 0,042 ppm, con un coefficiente di variazione (cv%) di 98,25%; il valore massimo riscontrato è di 0,28 ppm. Per questo elemento i risultati ottenuti sono stati suddivisi in tre classi di concentrazione; nella prima classe, individuata dall'intervallo compreso tra 0 e 0,05 ppm, ricadono 101 esemplari sui 147 totali (68,7%); nella seconda classe, compresa tra 0,05 e 0,1 ppm, vengono inseriti 38 campioni (25,9%), mentre nella terza classe, di ampiezza superiore al doppio delle due precedenti (intervallo compreso tra 0,1 e 0,28 ppm), vengono inseriti 8 pesci (pari al 5,4%) (grafico 1).

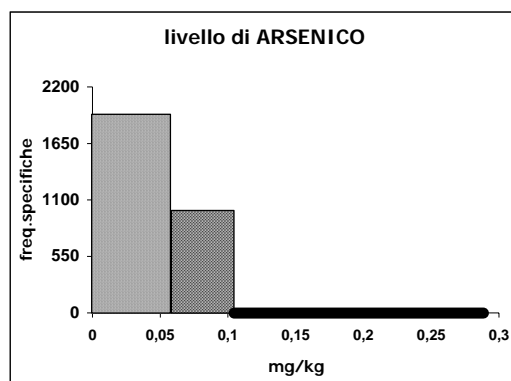


Grafico 1: Distribuzione dell'arsenico nelle tre classi di concentrazione
Graphic 1: Arsenic distribution in three classes of concentration

Per il cadmio 146 campioni sono risultati inferiori al LOQ ed in un solo campione si è potuto riscontrare un tenore di 0,03 ppm. Analoga situazione si è verificata per il cromo, in cui in un solo campione, diverso dal precedente, si è rilevata una concentrazione di 0,08 ppm.

Il mercurio è risultato presente nel 24,5% dei soggetti esaminati (36 esemplari); il valore medio è risultato pari a 0,064 ppm (valore inferiore al LOQ, ottenuto con l'elaborazione matematica sopra descritta, derivante dall'alta percentuale di campioni con tenori inferiori al limite), con un cv% di 14,22%. Il tenore massimo riscontrato è di 0,31 ppm. Come per l'arsenico si sono costruite tre classi di concentrazione in cui sono stati inseriti i campioni: nella prima classe (tra 0 e 0,05 ppm) ricadono 77 esemplari (52,4%), nella seconda classe

(tra 0,05 e 0,1 ppm) vengono posizionati 54 pesci (36,7%) e nella terza (tra 0,1 e 0,31 ppm), 16 campioni (10,9%) (grafico 2).

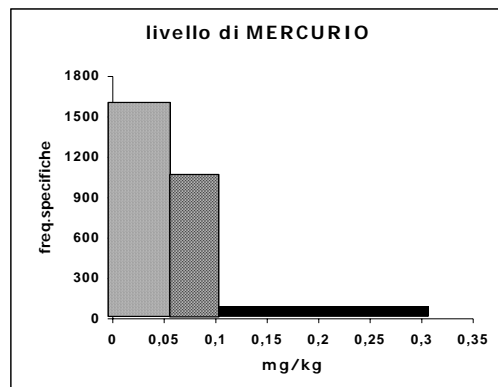


Grafico 2: Distribuzione del mercurio nelle tre classi di concentrazione
 Graphic 2: Mercury distribution in three classes of concentration

Le analisi relative al piombo evidenziano come 118 campioni (80,3%) risultino inferiori al LOQ. Il valore medio è pari a 0,041 ppm con un cv% di 12,4%, mentre il tenore massimo riscontrato è di 0,21 ppm.

Per quanto riguarda i sedimenti, le analisi hanno messo in evidenza la presenza di cromo in tutti i 56 campioni. La concentrazione media riscontrata è di 82,24 ppm, con un cv% pari a 58,7%; il tenore massimo rinvenuto è di 220 ppm. Anche l'arsenico è presente nei sedimenti, con 52 campioni risultati al di sopra del LOQ (92,9%), con un valore medio di 4,43 ppm, un cv% pari a 77,9% ed un valore massimo rinvenuto di 14 ppm. In tutti i campioni si evidenziano quantitativi di piombo con un tenore medio di 16,77 ppm (cv% di 215,3%) ed un massimo di 225,2 ppm. La concentrazione media di cadmio è pari a 0,09 ppm (cv% 30%), con un livello massimo di 0,21 ppm: solamente due campioni risultavano essere sotto il limite di quantificazione (3,6%). Infine, il mercurio risulta essere quantificabile in 15 campioni (26,8%), con una media di 0,05 ppm ed un cv% pari al 68,4%; il livello più alto riscontrato è di 0,13 ppm.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il mancato rilevamento di metalli pesanti nei campioni di acqua analizzati porta a supporre che nell'ambito temporale dell'esecuzione dei prelievi, il bacino lacustre del Lago Grande di Avigliana non sia stato oggetto di eventi recenti di inquinamento ambientale.

Nel tessuto muscolare della fauna ittica esaminata la presenza di metalli pesanti è risultata scarsa, evidenziando significative quantità (maggiori al limite di quantificazione del metodo) di arsenico, mercurio e piombo. Resta, tuttavia, da focalizzare come non sia stato possibile effettuare una differenziazione tra presenza del metallo e specie ittiche, in quanto le

positività risultano distribuite in modo eterogeneo tra le diverse specie. I diversi valori dei cv% indicano una distribuzione delle concentrazioni più o meno dispersa nell'ambito del valore medio. Nel caso dell'arsenico l'elevato valore percentuale (98,25%) ben raffigura come questo elemento sia presente all'interno di una stessa realtà ambientale circoscritta, in concentrazioni estremamente variabili. Di contro, mercurio e piombo presentano una pressoché analoga dispersione nell'ecosistema considerato; i loro valori di cv% (rispettivamente 14,22 e 12,40), nettamente inferiori a quanto osservato per l'arsenico, raffigurano infatti una dispersione di tutte le concentrazioni riscontrate rispetto alla media considerata, probabili indici di un tenore più o meno stabile di contaminazione da mercurio e piombo.

La non reperibilità (99%) di cadmio e cromo a livelli pari o superiori al limite di quantificazione della metodica adottata nella maggior parte della fauna ittica esaminata, per altro confortata dai dati pubblicati in precedenza nella fauna ittica dulciacquicola piemontese (Abete *et al.*, 2003b), è in contrasto per quanto concerne il cromo, con una sua presenza a concentrazioni elevate nei sedimenti del lago, che in un paio di prelievi superano il limite massimo di legge consentito (150 ppm; D.M. 471 del 25/10/1999). Tale riscontro è stato effettuato in due aree ben definite: all'imbocco del canale Naviglia e lungo la statale per Giaveno (TO). Questa contrapposizione evidenzia come la mancata reperibilità del cromo in quantità determinabili nei tessuti di pesce non rappresenti l'esatta fotografia dello stato di salute del bacino lacustre. Il cadmio, viceversa, rivela una scarsa contaminazione a livello dei sedimenti, in analogia con le basse concentrazioni riscontrate nei tessuti dei pesci.

I sedimenti hanno presentato anche una contaminazione moderata di arsenico e piombo con una prevalenza del secondo rispetto al primo. Per quanto concerne il piombo, rimane da valutare l'ampia dispersione dei suoi dati (cv% 215,30) che configura la risultanza di una concentrazione molto elevata presente in un unico campione (225 ppm) dei 56 esaminati. Non è facile risalire alla causa di questa elevata concentrazione se non ipotizzando che nel punto di prelievo considerato si sia verificata nel tempo una emissione anomala di piombo da parte di qualche oggetto sedimentatosi nel sito di prelievo. Anche nel caso di questi metalli, le concentrazioni riscontrate nei sedimenti non rispecchiano i livelli riscontrati nei pesci.

Infine la quasi totale assenza del mercurio nei sedimenti fa ritenere che una sua eventuale immissione nel lago, qualora realizzatasi, sia occorsa in tempi remoti.

Dalla recente bibliografia emerge come i metalli pesanti oggetto di tale studio possano indurre numerosi effetti tossici nel pesce. Il metallo più indagato risulta essere il cadmio che può interferire sul controllo endocrino della crescita dell'apparato riproduttivo (Medesani *et al.*, 2004), sulla funzionalità epatica inducendo stress ossidativi ed apoptosi (Risso-de Faverney *et al.*, 2004) e può indurre effetti adrenotossici, con alterazione del livello di cortisolo (Lacroix & Hontela, 2004). Inoltre, anche il cromo può determinare effetti nocivi sul pesce, alterando l'espressione di alcuni geni (Chapman *et al.*, 2004).

Quindi, la presenza di questi contaminanti determina, oltre a problemi relativi al bioaccumulo, anche problemi di tossicità diretta sul pesce, sia acuta che cronica. Inoltre possono causare fenomeni di stress che portano ad un peggioramento delle condizioni di vita. Analizzando le concentrazioni rilevate in questo studio preliminare nei pesci e nell'acqua, si può ipotizzare con un buon margine di sicurezza, che non sussistano tali problematiche nel Lago Grande di Avigliana, in quanto negli ultimi anni la fauna ittica non ha rivelato sofferenze particolari riconducibili alle interferenze causate da tali agenti.

In conclusione, il dato fondamentale che emerge da questo studio preliminare sembrerebbe l'assenza di un qualunque impatto da parte dei metalli pesanti monitorati sulla fauna ittica ed un possibile inquinamento datato di cromo nel sedimento. Certamente l'osservanza delle nuove leggi di tutela ambientale e nello specifico la costruzione dell'anello fognario circumlacuale hanno ridotto negli ultimi venti anni l'apporto degli inquinanti. Considerando

l'età media dei pesci catturati, mai superiore ai cinque anni e le concentrazioni rinvenute nelle loro carni, questa lascia supporre come non vi siano stati eventi di inquinazione industriale negli ultimi anni; pertanto le tracce rinvenute sono presumibilmente da attribuirsi alla cessione dei metalli da parte del sedimento nell'ambiente acquatico.

Tuttavia la continuazione di tale ricerca con un più completo ed esteso campionamento anche in altri siti dei Laghi, potrà fornire un quadro più esaustivo delle condizioni attuali di contaminazione dell'ecosistema lacustre di Avigliana.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Dott. Claudio Rolando, Direttore del Parco Naturale dei Laghi di Avigliana per aver permesso tale ricerca.

BIBLIOGRAFIA

Abete M.C., Pavoletti E., Tarasco R., Gavinelli S., Gilli P., Andruetto S. & Prearo M. (2003a). Contaminazione da arsenico: confronto preliminare tra prodotti della pesca e d'acquacoltura. *Atti XIII Convegno Nazionale A.I.V.I., Montesilvano (PE) 6-8 giugno 2003*: 171-174.

Abete M.C., Rela E., Tarasco R., Arsieni P., Condò C., Vignali C. & Prearo M. (2002). Tenore in mercurio in pesci provenienti dal Lago Maggiore. *Boll. Soc. It. Patol. Ittica*, 35: 21-31.

Abete M.C., Tarasco R., Locatelli L., Pavino D., Campo Dall'Orto B., Gavinelli S. & Prearo M. (2003b). Livelli di cadmio e cromo in pesci d'acqua dolce: nota preliminare. *Boll. Soc. It. Patol. Ittica*, 37: 36-42.

Azzi L., Badino P., Bona F., Di Natale F., Forneris G., Maffiotti A., Maiorana G., Ostacoli G., Perosino G. & Tournon G. (2001). I Laghi di Avigliana: prospettive di risanamento idrobiologico. *Regione Piemonte*: 5-9.

Cabassi E. & Soana S. (1975). Inquinamento da mercurio. *Zootecnia e Veterinaria*, 2: 123-141.

Chapman L.M., Roling J.A., Bingham L.K., Herald M.R. & Baldwin W.S. (2004). Construction of a subtractive library from hexavalent chromium treated winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) reveals alterations in non-selenium glutathione peroxidases. *Aquat. Toxicol.*, 67: 181-194.

D.M. 25-10-1999 n° 471 (1999). Regolamento recante i criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art. 17 del D.L.vo 5 febbraio 1997, n° 22, e successive modificazioni ed integrazioni. *G.U. 293 del 15/12/1999, Suppl. ord. 218*.

Forneris G., Paradisi S. & Specchi M. (1990). Pesci d'acqua dolce. *Carlo Lorenzini Editore*.

Grimaldi E. & Manzoni P. (1990). Specie ittiche d'acqua dolce. *De Agostini Editore*.

Lacroix A. & Hontela A. (2004). A comparative assesment of the adrenotoxic effects of cadmium in two teleost species, rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, and yellow perch, *Perca fluviatilis*. *Aquat. Toxicol.*, 67: 13-21.

Medesani D.A., López Greco L.S. & Rodríguez E.M. (2004). Interference of cadmium and copper with the endocrine control of ovarian growth, in the estuarine crab *Chasmagnathus granulata*. *Aquat. Toxicol.*, 69: 165-174.

Prearo M., Tarasco R., Gavinelli S., Risso S., Ferrari A. & Abete M.C. (2003). Tenori di cadmio e cromo in pesci dulciacquicoli. *Atti XIII Convegno Nazionale A.I.V.I., Montesilvano (PE) 6-8 giugno 2003*: 377-378.

Risso-de Faverney C., Orsini N., de Sousa G. & Rahmani R. (2004). Cadmium-induced apoptosis through the mitochondrial pathway in rainbow trout hepatocytes: involvement of oxidative stress. *Aquat. Toxicol.*, 69: 247-258.

Rolando C. (1996). Pesci – Le specie del Parco Naturale dei Laghi di Avigliana. *Susa libri*: 17-59.