



Alberto Carniel -

Coadiutore del reparto chimico del laboratorio provinciale d'igiene e profilassi di Pordenone dove è responsabile della sezione igiene delle acque dal 1971. Specializzando in scienza dell'alimentazione alla facoltà di medicina di Padova. Collabora con il gruppo Speleologico-Idrologico di Pordenone dal 1973.

---

## Grotta studio di Campone: note sulle disponibilità idriche

---

### GENERALITA'

L'acqua è vita: anche in grotta!

L'acqua ha una funzione primaria nell'esplicazione dei fenomeni vitali. E' il solvente generale di tutti i componenti solubili dell'organismo, il mezzo nel quale si svolgono tutte le reazioni chimiche che accompagnano la vita (1).

L'acqua è dunque costituente fondamentale per l'organismo umano del quale rappresenta circa il 50% in peso (il 53% nei maschi e il 45% nelle femmine) (2).

L'assunzione di acqua è regolata dalla sensazione della sete in rapporto con stimoli che originano da centri ipotalamici. In effetti esiste anche un meccanismo locale che induce alla assunzione di bevande: quando l'organismo si trova in uno stato di disidratazione si verifica anche una secchezza della mucosa orofaringea e ciò determina la sensazione di sete.

Il bilancio idrico è regolato da strutture nervose esistenti nell'ipotalamo: il centro della sete che viene stimolato da osmocettori sensibili alle variazioni di concentrazione del plasma sanguigno; un aumento della concentrazione dei soluti nel plasma dà origine a impulsi diretti al centro della sete; da questo partono altri impulsi che vengono percepiti a livello cosciente come necessità di bere; l'assunzione di acqua porta a una diluizione dei soluti del plasma e quindi alla cessazione dello stimolo della sete (3).

L'uomo tollera con difficoltà la disidratazione anche modesta. Un deficit nella parte idrica dell'organismo del 5% permette ancora la capacità di partecipare ad attività fisiche organizzate, se il deficit raggiunge il 10% l'attività che si può svolgere è ridotta in modo notevole; infine una perdita superiore all'11% del peso corporeo è incompatibile con la vita (3).

La maggior parte dell'acqua di cui l'organismo dispone è di origine « esogena » cioè viene assunta come bevanda (mediamente 1500 ml.) o con gli alimenti solidi; tuttavia una certa quota 300 ml. è apportata all'organismo come prodotto delle reazioni chimiche ossidative che si verificano nel corso della utilizzazione dei principi alimentari energetici (acqua metabolica): 100 g. di glucidi = 55 ml. di acqua; 100 g. lipidi = 107 ml. di acqua; 100 g. di protidi = 41 ml. d'acqua (3).

Per contro le uscite in un individuo adulto sano possono così essere valutate: 1500 ml. con le urine circa 100 ml. con le feci e infine circa 1000 ml. come vapore acqueo eliminato attraverso l'albero respiratorio e come sudore attraverso la cute (perspiratio insensibilis). Complessivamente è di 2.600 ml. circa la quantità d'acqua da

reintegrare giornalmente in condizioni normali.

Secondo recenti valutazioni, nel mentre l'organismo umano può sopravvivere fino a 1 mese senza cibi solidi, la resistenza senza liquidi è limitata a 5 - 10 giorni.

Ovviamente oltre agli aspetti quantitativi del ricambio idrico importanti risultano gli aspetti qualitativi; un'acqua infatti per essere idonea all'uso alimentare deve rispondere a precisi requisiti chimici e batteriologici.

### CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE:

#### GENERALITA'

I più antichi e tradizionali indici di purezza di un'acqua sono quelli organolettici quali la limpidezza, l'assenza di colore, l'assenza di odori e sapori sgradevoli e la temperatura (4).

Vediamo come questi indici anche se da soli insufficienti siano tutt'ora validi per completare il giudizio sulle caratteristiche di usabilità di un'acqua.

— *Limpidezza o assenza di torbidità:* la torbidità in un'acqua può essere originata da finissime sospensioni di argilla allo stato colloidale (torbidità permanente) che non è pericolosa per la salute pubblica ma rende meno gradita l'acqua.

Altro tipo di torbidità anch'essa non pericolosa ma sgradevole si può notare dopo la raccolta dell'acqua stessa ed è dovuta a precipitazioni di sali di Ca e Mg per perdite di Co.

Ben più sospetta del punto di vista igienico è la torbidità che compare in seguito a forti piogge soprattutto se accompagnata da aumento di portata perché può essere dovuta a penetrazione di acque superficiali nella falda idrica con conseguenti possibilità di inquinamento.

— *Assenza di colore:* colorazioni possono essere date da materiali torbosi o da acidi umici del terreno (bruno) o da sali di ferro (giallo-verdi) oppure da sali di cromo (gialli).

Una buona acqua dovrebbe essere incolore o tutt'al più azzurragnola in strato rilevante.

— *Assenza di odori e sapori:* questa caratteristica è molto importante in quanto spesso, anche se non sempre, la soglia guastativa e odorifera è più bassa della concentrazione rilevabile con i comuni metodi analitici. E' questo il caso di composti come fenoli, antiparassitari, solfuri ecc..

Sapori sgradevoli sono con frequenza reperiti nelle acque a causa di sali Ferro, Manganese e Magnesio o a causa di sviluppo di alghe.

Per dare alcuni dati diciamo che, ad esempio, ci vogliono per essere apprezzati dai sensi umani quantità

dell'ordine di 400 - 600 mg/l di cloruri di Na, Ca, K e Mg mentre per i fenoli bastano frazioni di mg/l ed appena millesimi di mg/l per certi antiparassitari.

— *Temperatura dell'acqua.* La temperatura di un'acqua per essere bene accettata è opportuno che sia compresa nell'intervallo da 8 a 16 °C. Temperature più elevate, oltre ad essere poco accette, possono facilitare lo sviluppo di microorganismi ed interferire in sede di eventuali trattamenti depurativi delle acque.

#### CARATTERISTICHE CHIMICHE: GENERALITÀ

I caratteri organolettici però sono insufficienti per un giudizio a causa dei sempre più frequenti casi di inquinamento delle riserve idriche e pertanto si rendono necessari gli Esami Chimici e Batteriologici.

Un esame chimico completo dell'acqua comporterebbe un gran numero d'analisi; per esigenze pratiche ci si limita quasi sempre a un certo numero di determinazioni scelte tra le più indicative e tali da formare un quadro abbastanza completo dello stato chimico di un'acqua.

Indichiamo di seguito alcuni dei parametri più significativi:

— *pH*

Il pH è una misura dell'acidità o della basicità di un'acqua.

pH = 7 corrisponde alla neutralità

pH > 7 acqua basica

pH < 7 acqua acida

La valutazione del pH si fa o con cartine al tornasole e altri indicatori o per misure più accurate con appositi strumenti detti piaccometri.

Il pH deve essere determinato subito dopo il prelievo perché esso può venire modificato per cessione o assunzione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

Il pH di un'acqua potabile è quasi sempre leggermente alcalino a causa della presenza di carbonati o bicarbonati alcalini e alcalino-terrosi e più precisamente esso è quasi sempre compreso tra 7,5 e 8.

pH più alcalini o acidi sono da ascrivere a composti basici o acidi fissi.

— *Residuo fisso a 180 °C.*

Questa determinazione ci dà la quantità di sostanze (sali in organici + eventuali sostanze organiche) disciolte nell'acqua.

Il valore massimo in genere ammesso è di 500 mg/l; i valori ideali sarebbero inferiori ai 200 mg/l.

— *Durezza:* si definisce durezza dell'acqua il contenuto in sali dei metalli alcalino-terrosi e in particolare di calcio e magnesio.

Esistono tre tipi di durezza nell'acqua e precisamente:

— *Durezza totale* - che ci dà il contenuto totale di sali alcalino-terrosi.

— *Durezza permanente:* che ci dà il contenuto in sali alcalino-terrosi diversi dai bicarbonati e cioè cloruri, solfati, nitrati ecc. Questa durezza in pratica è quella che rimane nell'acqua dopo che questa sia stata sottoposta a prolungata ebollizione (10 - 15 min.) e cioè dopo aver scacciato tutta la CO<sub>2</sub> semicombinata presente nei bicarbonati con conseguente precipitazione dei carbonati alcalino-terrosi insolubili che vengono filtrati via.

— *Durezza temporanea:* che esprime il contenuto in bicarbonati alcalino-terrosi e si ottiene per differenza tra la durezza totale e la permanente.

Le durezze vengono espresse convenzionalmente in gradi ed esistono 3 tipi di convenzioni: gradi francesi, gradi inglesi e gradi tedeschi.

Queste scale esprimono il contenuto in sali di cationi

alcalino-terrosi riferito convenzionalmente a Ca CO<sub>3</sub> e CaO e precisamente:

Grado francese corrisponde a 10 mg/l di Ca CO<sub>3</sub>

Grado inglese corrispondente a 10 mg di Ca CO<sub>3</sub> in 700 cc

Grado tedesco corrispondente a 10 mg/l di CaO

I limiti che vengono consigliati sono in relazione alle caratteristiche organolettiche e ai seguenti inconvenienti che potrebbe causare un'acqua troppo dura:

— incrostazione di caldaie, tubazioni e serbatoi;

— maggiorato consumo di saponi;

— cattiva cottura di vegetali e cattiva estrazione di principi attivi del caffè, del tè ecc.

I limiti massimi consigliati dagli igienisti sono 30°F per la durezza totale e 12°F per la durezza permanente.

Importante per stabilire lo stato di un'acqua è la ricerca di Ammoniaca, Nitriti e Nitrati che assieme costituiscono il cosiddetto ciclo dell'azoto.

L'azoto delle sostanze organiche proteiche di origine animale presente in un'acqua inquinata, viene degradato ad azoto ammoniacale che successivamente viene ossidato da batteri a nitriti e infine a nitrati.

I rifiuti organici possono contenere anche composti dove sono presenti cloro fosforo e zolfo che nell'azione di autodepurazione si trasformano rispettivamente in cloruri fosfati e solfuri.

Inoltre cloruri e solfati sono presenti come tali nelle urine. Pertanto la presenza di tutti questi elementi o solo di alcuni, può far sospettare uno stato di inquinamento dell'acqua.

L'ammoniaca oltre ad avere origine da inquinamento da sostanze organiche può essere di origine geologica (terreni paludosi e torbosi) e può aver origine anche per riduzione di nitrati da parte di batteri.

Pertanto in assenza di altri elementi sospetti, non essendo in queste concentrazioni dannosa alla salute dell'uomo, è ammesso dal WHO un limite massimo di 0,5 mg/l come NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

I nitriti sono solo una tappa dell'ossidazione dell'ammoniaca a nitrati e la loro presenza soprattutto in presenza di NH<sub>3</sub> e NO<sub>3</sub> è indice di un inquinamento in atto. Piccole quantità di nitriti possono però anche avere una origine geologica o come sopra ricordato provenire da una riduzione batterica da nitrati.

La presenza di nitrati nelle acque, oltre ad essere un sintomo di inquinamento in atto o già avvenuto, può essere di origine minerale o derivare da fertilizzanti chimici.

In ogni caso la concentrazione in nitrati deve rimanere al di sotto dei 50 mg/l per la sua azione metaemoglobinizzante nei bambini.

Le acque ricche di solfati hanno sapore poco accetto ed è pertanto per ragioni organolettiche che gli igienisti fissano un limite di 50 mg/l; in realtà sono accettabili fino a un tenore di 200 - 250 mg/l.

La presenza di fosfati come detto può essere un indice di inquinamento in quanto questi sali oltre a derivare da sostanze proteiche fosforate sono presenti nei detersivi, nei concimi e inoltre possono provenire da procedimenti di decapaggio industriali.

Qualora sia possibile escludere l'origine da inquinamenti i fosfati sono tollerati secondo il WHO fino a una concentrazione limite di 1 mg/l.

Una presenza massiccia di cloruri può essere indice di inquinamento dato che i cloruri sono abbondanti nelle urine.

In certe zone essi possono essere originati da infiltrazioni di acque salmastre, la concentrazione massima tollerabile è di 250 mg/l.

Il FERRO già in concentrazione di 0,3 - 0,5 mg/l conferisce un sapore metallico sgradevole all'acqua e inoltre può causare colorazioni e intorbidamenti; pertanto per concentrazioni maggiori di 0,3 mg/l è consigliabile una deferrizzazione.

Siccome esso è presente per lo più come bicarbonato è sufficiente un'areazione dell'acqua per eliminarlo come idrato ferrico.

## CARATTERISTICHE BATTERIOLOGICHE:

### GENERALITA'

Lo studio biologico dell'acqua ha principalmente lo scopo di svelare la presenza di eventuali parassiti o microbi patogeni nell'acqua e più ancora, di stabilire attraverso l'esame della flora idrica, se l'acqua, anche se non inquinata da patogeni al momento dell'esame batteriologico, si trovi in condizioni da poterlo eventualmente divenire (5).

### Indirizzo dell'esame batteriologico.

Sembrirebbe logico di dover assegnare il primo posto alla ricerca diretta dei microbi patogeni, il cui reperto parla per lo stato di nocività dell'acqua stessa.

Senonché questi reperti sono rari in certi casi, e l'epidemiologia ha insegnato che anche nelle acque ove i nostri mezzi non sono in grado di svelare elementi patogeni, si possono in seguito verificare condizioni nocive.

Per questo l'analisi batteriologica tende ad assicurarsi elementi di giudizio anche indipendentemente dal reperto di patogeni. Si è d'accordo nel ritenere pura un'acqua la cui flora sia limitata e composta di microbi completamente adattati alla vita idrica. D'altro conto si ritiene che un'acqua sia sospetto d'inquinamento o che possa inquinarsi in avvenire quando la sua flora, oltre che essere abbondante, sia composta per la massima parte di microbi superficiali (cioè viventi negli strati superficiali del terreno) e soprattutto di microbi comuni nella flora fecale.

E' ovvio che un'acqua ricca di microbi provenienti da deiezione, anche se non contenente al momento dell'esame dei microbi patogeni, potrà contenerne in futuro qualora i depositi luridi inquinanti ricevano deiezioni di malati infettivi.

Per un giudizio di potabilità vengono generalmente eseguite le seguenti ricerche: batteri coltivabili in AGAR a 37 °C. Coliformi totali, Coliformi Fecali e Streptococchi Fecali (6).

I batteri coltivabili in AGAR a 37 °C offrono un'indicazione della carica batterica totale dell'acqua. L'incubazione dell'Agar a 37 °C consente di mettere in evidenza entro limiti in verità molto approssimativi la carica batterica di origine animale non ancora adattata all'ambiente acquicolo e pertanto di recente immissione.

Per *Coliformi totali* si intende quel gruppo di speci, appartenenti a più di un genere delle Enterobacteriacee (*Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Aerobacter* e pochi altri) che provocano entro 48 ore alla temperatura di 37 °C, la fermentazione del lattosio con produzione di acido e gas nei termini idonei ai fini delle presenti indagini. Si tratta di batteri bastoncellari, Gram negativi, non sporigeni, aerobici o facoltativamente anaerobici. La presenza di coliformi non fecali in quanto correlata a speci di maggiore adattabilità all'ambiente esterno e capaci quindi di una più lunga sopravvivenza non è necessariamente riferibile a contaminazione fecale recente.

I *Coliformi Fecali* comprendono un gruppo costituito in prevalenza da *Escherichia Coli*. La presenza di tale gruppo nelle acque indica una contaminazione fecale recente, diretta o indiretta che, come tale, costituisce l'indice classico più rilevante in una potenziale coesistenza di speci a significato patogeno.

Gli *Streptococchi Fecali* hanno nell'acqua la stessa sopravvivenza dell'*Escherichia Coli* e minor resistenza degli agli coliformi. La loro dimostrazione in concomitanza di questi ultimi, anche in assenza di coliformifecali, rafforza il concetto della contaminazione fecale dell'acqua.

Per quanto riguarda i criteri di accettabilità senza trattamento di potabilizzazione per un'acqua di nuovo utilizzo devono essere osservati i seguenti limiti:

— Carica batterica totale in Agar a 37 °C	30 Colonie/ml
— Coliformi totali	Assenti in 100/ml
— Coliformi Fecali	Assenti in 100/ml
— Streptococchi Fecali	Assenti in 100/ml

### CENNI DI IDROLOGIA: GENERALITA'

Non è certo questa la sede per trattare innumerosi modi di approvvigionamento idrico ad uso potabile che utilizzano i serbatoi costituiti dai corpi idrici sotterranei (falde freatiche e artesiane) dai corpi idrici superficiali (laghi e fiumi e in taluni casi il mare) e dalle sorgenti montane.

In relazione alle disponibilità di acqua reperibili in un ambiente particolare come le grotte, ricordiamo tuttavia alcuni concetti che riguardano le vene rocciose e le caratteristiche delle acque che ne scaturiscono in funzione delle varietà di rocce attraversate.

Nelle rocce impermeabili di origine eruttiva, la circolazione idrica è possibile solo per il fatto che esse sono generalmente percorse da finissime e diffuse fessurazioni, nelle quali l'acqua penetra e rimane a contatto con la roccia a lungo, trattenutavi da rilevanti forze capillari (7).

I materiali che riescono ad essere disgregati per processo metamorfico (argilla e silice) intasano generalmente queste fessure e contribuiscono con la loro presenza a rallentare ulteriormente la circolazione idrica favorendo una più accurata filtrazione. Le acque presenteranno quindi una considerevole purezza e una popolazione batterica molto bassa.

Data altresì la scarsa solubilità di queste rocce pochissimi sali passano in soluzione e le acque che le impregnano sono generalmente sempre poco mineralizzate.

La temperatura è di regola piuttosto bassa e costante e pure costanti saranno il peso specifico e la conducibilità.

Queste formazioni geologiche hanno la possibilità di trattenere grandissime quantità di acqua finemente suddivisa, che percolano e si raccolgono in fessure naturali e artificiali più ampie fino a formare le vene rocciose idriche.

Tali masse rocciose rappresentano un vero e proprio serbatoio di compensazione dal quale l'acqua che ha raggiunto caratteristiche chimiche e biologiche notevolmente costanti, si libera con una certa regolarità di deflusso indipendentemente dalle precipitazioni atmosferiche.

Accanto a questo tipo di circolazione idrica descritto ne va considerato un secondo che iniziandosi con caratteristiche assai simili grazie alla facile solubilità delle rocce in cui ha luogo, conduce risultati completamente diversi.

Si tratta della circolazione di rocce calcari conosciuta sotto il nome di « Carismo » dalla zona del Carso ove il fenomeno trova la più tipica espressione.

Queste rocce alle origini presentavano una fessurazione più o meno sottile che è andata sempre più ingrandendo sotto l'azione solvente dell'acqua ricca di anidride carbonica [formazione di bicarbonati solubili:  $\text{Ca CO}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O Ca} (\text{HCO}_3)_2$ ] fino a raggiungere dimensioni assai cospicue (inghiottitoidoline, foibe, ecc.).

Attraverso queste spaccature l'acqua superficiale o meteorica viene inghiottita senza subire alcun processo di filtrazione e passa in strati profondi ove si può raccogliere in alveiche poco per volta si scava dando origine a vari e propri torrenti sotterranei.

Non sempre e non tutte le rocce calcari sono sede di fenomeni carsici; in questo caso si stabilisce una circolazione assai simile a quella che avviene nelle rocce eruttive. Le acque tuttavia assumono una velocità di filtrazione più elevata per una maggior grandezza ed inuguaglianza delle fessurazioni a tutto danno della purezza biologica. Anche la quantità di sostanze minerali disciolte è di solito piuttosto alta.

#### INDAGINI SULLE ACQUE DELLA GROTTA DI CAMPONE

Nel corso del mese di Giugno 1977 in concomitanza di sopralluoghi e prelevamenti dei sedimenti della grotta

sono stati effettuati i seguenti campionamenti di acqua (v. pianta grotta).

Campione N. 1 Acqua di infiltrazione fuoriuscente dalla volta superiore della grotta del « Ghiro » (Stazione n. 30).

Campione N. 2 Acqua superficiale del laghetto nella parte terminale della grotta (Stazione n. 27).

Campione N. 3 Acqua di infiltrazione fuoriuscente dalla volta superiore della grotta delle « Stalattiti » (Stazione n. 40).

Campione N. 4 Acqua di infiltrazione fuoriuscente dalla volta superiore del cunicolo dell'« Orso » (Stazione n. 70).

#### Modalità di prelievo

In ogni punto si è provveduto al prelievo con bottiglie in plastica di due litri di campioni da sottoporre alle analisi chimiche e di 250 ml. in bottiglie di vetro, tappo smeriglio avvolte in carta e previamente sterilizzata in stufa a 180 °C per due ore, per l'esame batteriologico.

#### Indagini analitiche

I campioni trasportati in cassetta refrigerata in Laboratorio sono stati sottoposti ad esami chimici sopra descritti,

#### GROTTE STUDIO CAMPONE - ANALISI ACQUE

Camp. n°	1	2	3	4
Ubicazione Prelievo	Stazione n. 30	Stazione n. 27	Stazione n. 40	Stazione n. 70
Caratteri Organolettici	Incolore, Inodore, Insapore	Incolore, Inodore, Insapore	Incolore, Inodore, Insapore	Incolore, Inodore, Insapore
pH	7,9	7,9	7,9	7,9
Temperatura °C	8,0	9,0	11,0	/
Torbidità FTV	0,4	0,4	0,4	0,9
Conducibilità sp. a 20 °C uS/cm	193	190	203	198
Durezza totale °F	11,0	10,7	11,6	11,3
Ammoniaca mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitriti mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000
Nitrati mg/l	0,7	0,7	0,7	0,7
Fosfati mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000
Solfati	Trac. min.	Trac. min.	Trac. min.	Trac. min.
Cloruri	Trac. min.	Trac. min.	Trac. min.	Trac. min.
Ferro mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Stronzio mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Potassio mg/l	0,04	0,06	0,04	0,04
Sodio mg/l	0,94	0,87	0,87	0,87
Magnesio mg/l	0,36	0,37	0,35	0,35
Calcio mg/l	43,8	42,6	45,6	45,6
Sostanze Organiche mg/10 <sub>2</sub>	0,4	0,4	0,6	0,4

(Tabella A)

Campione n°	Ubicazione del prelievo	Carica batterica Totale - Agar 37 °C n° colonie/1 ml.	Coliformi totali n° colonie/1 ml.	Coliformi fecali n° colonie/1 ml.
1	Stazione N. 30	Assente	Assente	Assente
2	Stazione N. 27	Assente	Assente	Assente
3	Stazione N. 40	Assente	Assente	Assente
4	Stazione N. 70	1	5	Assente

(Tabella B)

indispensabili per la conoscenza delle caratteristiche di potabilità e usabilità dell'acqua e inoltre si è provveduto alla determinazione di alcuni metalli alcalini (potassio, sodio, e stronzio) e alcalino-terrosi (magnesio, calcio) allo scopo di reperire eventuali traccianti naturali e tentare confronti tra le varie acque campionate. I risultati dell'analisi chimica sono raccolti nella Tabella A.

Sotto il profilo batteriologico sono state effettuate le determinazioni della carica batterica totale a 37 °C, e la ricerca dei Coliformi Totali e dei Coliformi Fecali.

I risultati delle analisi batteriologiche sono raccolte nella Tabella B.

### Discussione

Premesso che sono necessari ulteriori campionamenti in periodi diversi e protratti nel tempo per una più completa verifica delle caratteristiche chimiche, chimico-fisiche e batteriologiche delle acque reperibili nella grotta di Campone, tuttavia può essere tentata qualche prima considerazione:

1) Sotto il profilo chimico secondo la classificazione ufficiale delle acque minerali, l'acqua dei quattro campioni può essere definita « oligominerale » non superando il contenuto dei sali disciolti (conducibilità specifica X 0,6) il valore di 200 mg/litro (5).

2) Sempre sotto il profilo chimico secondo moderni criteri di valutazione l'acqua di Campone può essere ritenuta di qualità eccellente (9).

3) I campioni, come già specificato con la definizione di oligominerali risultano scarsamente mineralizzati con una durezza bassa ed un rapporto calcio/magnesio molto elevato e caratteristico in quanto nettamente differenziantesi dalla norma.

4) I campioni presentano eccellenti caratteristiche di purezza batteriologica risultano praticamente sterili ad eccezione del campione N. 4 prelevato nel cunicolo dell'« Orso » (Stazione n. 70). In quest'ultimo caso sono state tuttavia riscontrate obiettive difficoltà di prelievo che possono aver influito sull'esito delle analisi. Per un responso più sicuro sarà necessario ripetere ulteriormente i campionamenti.

5) Per permettere confronti tra i quattro campioni si sono riportati in diagramma semilogaritmico di Schöller alcuni dei parametri più caratteristici (vedi Fig. 1) (10). Come

appare dall'andamento quasi sovrapponibile delle curve i quattro campioni della grotta di Campone risultano praticamente identici con la sola parziale eccezione del contenuto in calcio la cui concentrazione varia entro limiti modestissimi dal valore minimo riscontrato nel laghetto della zona terminale della grotta e il valore massimo riscontrato nella stanza delle « stalattiti ». A titolo di confronto nel diagramma di Fig. 1 si è riportata la curva dedotta dai parametri analitici dell'acqua del Lago di Redona (Tramonti di Sotto) campionata all'altezza del ponte di « Maraldi » (11).

Appare evidente la profonda diversità esistente tra l'acqua del Lago che pure è situato in una zona molto prossima a Campone, e l'acqua campionata nella grotta.

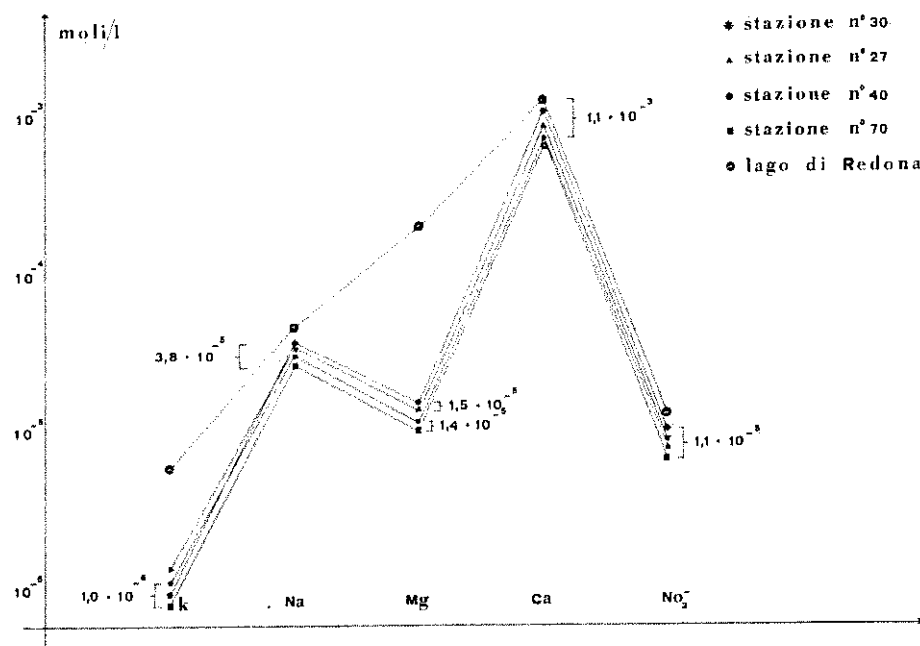
### Conclusioni

Alla luce di quanto sopra riferito, dopo un primo ciclo di ricerche, si ribadisce che l'acqua reperita nella grotta di Campone appare batteriologicamente pura e di qualità eccellente sotto il profilo chimico.

Si ritiene tuttavia di grande interesse continuare le indagini mirando soprattutto alla ricerca dei microinquinanti quali insetticidi clorurati e organofosforici, idrocarburi clorurati, metalli pesanti ecc. e verificare se la loro diffusione, già purtroppo acclarata in gran parte dei corpi idrici delle zone industrializzate e antropizzate, ha intaccato anche le acque e con esse le rocce e i sedimenti di un ambiente apparentemente integro e mirabilmente riparato quale ci è apparsa la Grotta di Campone.

### BIBLIOGRAFIA

1. - E. TURCHETTO - F. MANCINI — Acque e Sali minerali - Lineamenti di nutrizione umana. - Idelson Napoli.
2. - MURRAY - STEELE — Enciclopedia medica - Curcio, 1974.
3. - G. BUCCIANTE — Alimentazione e Dietetica. - Cedam, Padova.
4. - A. CARNIEL — Criteri chimici di potabilità di un'acqua - 1° corso di specializzazione per tecnici addetti agli approvvigionamenti idrici. - Laboratorio provinciale d'igiene e profilassi - 1972.
5. - L. BOTTI — Criteri batteriologici di potabilità di un'acqua - 1° corso di specializzazione per tecnici addetti agli approvvigionamenti idrici. - Laboratorio provinciale d'igiene e profilassi, 1972.
6. - Norme per l'esame microbiologico dell'acqua per uso potabile proposte per i laboratori d'igiene e profilassi, 1973 - Associazione italiana medici L.P.I.P.
7. - A. VENDRAMINI — Appunti d'igiene. - Padova, 1959.
8. - MAROTTA - SICA — Ann. chim. a. 5, 1955.
9. - P.R.G.A. della Regione Veneto - I.R.S.E.V. - Venezia 1978.
10. - M. SCHOELLER — Les eaux souterraines. - Ed. Mass., Parigi, 1962.
11. - L.P.I.P. - Pn — Indagine sui corpi idrici. Conversazione con l'assessorato regionale LL.PP. - Friuli-Venezia Giulia, 1978.



(figura 1)

Diagramma di Schöller.