Sulla biologia termale.

(Con particolare riguardo alla fauna.)

Rassegna di **Raffaele Issel**.

La Direzione di questo periodico mi ha invitato ad esporre ai lettori qualche dato relativo alla biologia termale. Acconsento ben volentieri, sia per ricordare i risultati ai quali debbo il cortese invito, sia per accennare a nuove ricerche da compiere; sono persuaso infatti che l'argomento merita di essere studiato in modo più esteso applicando i criteri della limnologia moderna e prendendo anche di mira questioni d'indole particolare.

Innanzi e dopo la pubblicazione delle mie prime notizie sulla fauna di alcune terme italiane sono ben scarsi i lavori comparsi in proposito con intenti un po' comprensivi e sintetici¹). Fanno eccezione quello essenzialmente fisiologico di Davenport sull'adattamento termico, (in cui si sostiene l'ipotesi che l'adattamento termico sia dovuto ad un processo di disidratazione del protoplasma) lo studio faunistico di Gineste sui molluschi termali dei Pirenei (in cui si citano specie peculiari ed un massimo termico di 45° per la *Limnaea peregra*, quella di Blanchard sopra la distribuzione degli organismi animali nelle sorgenti calde di Hammam Mescutine in Algeria (ove si cita, come specie più resistente, la *Cypris balnearia* Moniez che vive sino a 51°). In America si pubblicarono alcuni lavori estesi ma di indole esclusivamente botanica; merita particolare menzione, dal punto di vista della biologia generale, quello di Setchell, il quale trovò che la flora termale nelle acque Nord-Americane vegeta ancora ad 89°, rappresentata a questa elevatissima temperatura da forme prive di clorofilla (solfobatteri) mentre non si rinvengono più animali al disopra di 43—45°, e che i limiti termici della vita vegetale nelle acque silicee sono costantemente più elevati che non nelle acque calcaree (89° e

¹) Un elenco molto numeroso, se non completo, della bibliografia sull'argomento si trova nel mio lavoro: „Sulla termobiosi negli animali acquatici“, in: Atti Soc. Ligustica Sc. Natur. Geog. Genova. Vol. 17, p. 1—72, 1906.

70—71° rispettivamente per i solfobatteri, 75—77° e 60—63° per le cianoficee). Interessanti fra i lavori d'indole batteriologica sono pure le ricerche della Tsiklynsky sui batteri termofili di vari ambienti (terreno, intestino umano, sorgenti calde dell'isola d'Ischia) in cui si esprime l'idea che la termobiosi possa rappresentare per quegli organismi una condizione primitiva del protoplasma.

Per chi volesse intraprendere una ricerca completa sull'argomento, l'Italia si presterebbe a meraviglia, infatti le ricchezze termali del nostro paese non sono inferiori a quelle di altre regioni che, sotto questo punto di visto vengono celebrate nei libri di idrologia; alcuni territori degli Stati Uniti d'America, l'Islanda, l'isola settentrionale della Nuova Zelanda, ecc. Si tratta di sorgenti che hanno temperatura e composizione chimica molto svariata, dimodochè offrono un campo di osservazione molto opportuno, sia nelle questioni concernenti l'adattamento termico, sia per quelle che riguardano l'influenza delle sostanze disciolte sugli organismi vegetali ed animali. Da temperature appena superiori alle medie locali si passa alla temperatura di ebullizione o a temperature poco minori; in alcune comparisce come elemento caratteristico il cloruro di sodio in altre il carbonato di calcio, in altre l'acido solfidrico, in altre trovano corpi rari, come l'acido borico dei soffioni boraciferi ecc.; la forte radioattività e la percentuale relativamente elevatissima di elementi gassosi rari sono cose omai accertate. Non meno varia è la posizione geografica di queste sorgenti per cui, mentre alcune permettono di studiare le relazioni degli organismi termali con quelli marini o lagunari, altre ci conducono ad istituire un confronto cogli elementi biologici alpini.

Ricorderò in breve i risultati ottenuti esplorando alcune di tali sorgenti.

Un primo gruppo di fonti calde, molto interessante dal lato biologico è quello delle Alpi Marittime. A Valdieri e Vinadio (Piemonte, provincia di Cuneo), a circa 1300 m sul mare sgorgano polle caldissime (sino a 69°) e molto debolmente mineralizzate (residuo solido 0,236—0,504 per litro). Sulle gradinate di roccia ove vien fatta scorrere l'acqua la vegetazione termofila forma cuscinetti e colaticci variopinti, spessi talora più di un decimetro; e costituiti prevalentemente da cianoficee (*Phormidium valderianum*, *Hapalosiphon laminosus*, alga esclusivamente termale e cosmopolita, ecc.) e numerose diatomee, nostocacee, batteriacee che meriterebbero ulteriori ricerche. Siccome le acque disgregano le rocce silicee dalle quali sgorgano e contengono quindi in sospensione molte pietruzze silicee è ben naturale che si trovino fra i meati delle cianoficee molti lobosi a guscio (spec. *Centropyxis aculeata*, a cui si uniscono *Diffugia*, *Trinema*, *Quadrula* ecc.). Un loboso di Vinadio appartenente al gen. *Hyalodiscus* è importante perchè presenta il più alto adattamento termico ch'io abbia sinora osservato con

sicurezza (54°). I Rotiferi appartenenti a specie comuni degli stagni, sono pure molto abbondanti; più resistente di tutti è la *Philodina roseola* che si spinge sino a 45°; fra gli Anellidi è notevole l'*Aeolosoma quaternarium* che vive sino a 40° e si riproduce attivamente per gemmazione; l'ho poi ritrovato in un rivo freddo delle Alpi Marittime. Fra le 8 specie di coleotteri raccolte nel feltro termale merita particolare menzione la piccolissima *Hydroscapha gyrinoides* di cui si rinvennero fra i meati delle alghe miriadi di esemplari in tutti gli stadi, sino a 45°, temperatura di poco inferiore sopporta il *Laccobius Sellae*, ritenuto come esclusivo alle terme di Valdieri.

In acque termali cosifatte la salinità è tanto debole da potersi ritenere trascurabile; la temperatura è il fattore caratteristico. Data la loro fauna molto copiosa e ricca soprattutto in elementi emigrati dalle vicine acque comuni, si presterebbero allo studio di parecchie questioni:

1°. Se la resistenza alle temperature elevate venga trasmessa alla progenitura, quando questa sia rimessa in condizioni normali.

2°. Se, con opportuni metodi statistici si possano verificare differenze somatiche costanti e imputabili alla temperatura fra le specie d'acqua comune e quelle emigrate nelle terme, e se tali modificazioni vengano ereditate.

3°. Se nelle terme le vicende biologiche (epoca della riproduzione, durata del periodo embrionale produzione di uova maschili e femminili ecc.) subiscano qualche mutamento.

E forse non sarebbe impossibile il compiere la verifica sperimentale della teoria di Davenport e Castle contro la quale si sono elevate alcune giuste obiezioni.

Aggiungo pure che si dovrebbero estendere le ricerche anche a quelle sorgenti che sgorgano sul versante francese delle Alpi marittime, e che, per quanto io sappia, non vennero ancora studiate.

In altra parte del Piemonte, ad Acqui si trovano sorgenti ancor più calde e assai più mineralizzate di quelle di Valdieri; hanno infatti una temperatura massima di 74° e un residuo fisso di 2,317 in cui prevale NaCl, sono pure ricche di H₂S.

La vegetazione termale, vi è ricca, meno però che a Valdieri e a Vinadio. Anche qui (nella vasca del giardino delle Nuove Terme in città) havvi un feltro termale con innumerevoli *Philodina roseola* e Nematodi, sino a 44°¹/₂ e nelle vasche ove si conserva il fango termale (presso le Vecchie Terme, oltre Bormida) i grumi natanti di oscillatoriee albergano una scarsa microfauna che comprende infusori cigliati, nematodi, idracnidi, ostracodi, coleotteri; fra questi predomina il *Laccobius gracilis* (trovato anche a Vinadio) che vive sino a 42°.

Se ci volgiamo a levante, troviamo nel Veneto, e precisamente nei dintorni di Padova, le sorgenti saline dette Euganee (dai colli dello stesso

nome), che già da tempo antico attirarono la curiosità dei naturalisti per la vita rigogliosa a cui danno alimento; di tali fonti traggono profitto stabilimenti termali ben noti anche all'estero, come quelli di Abano e di Battaglia. Dove le acque sono intepidite dal lungo percorso e diluite per mescolanza con acque comuni si hanno fauna e flora, abbastanza ricche, evidentemente emigrate dalle acque comuni circostanti; degno di nota è il *Palaemonetes varians*, rappresentato, ad Abano da individui molto piccoli e con 5 denti rostrali in luogo di 6 al margine rostrale superiore. Più interessanti sono gli organismi propriamente termali, in vicinanza delle sorgenti, prima delle quali, per temperatura e mineralizzazione, è quella di Abano, che misura 87° e contiene gr. 5,3634 di sali per litro, con prevalenza di NaCl. La fauna, molto scarsa per numero di specie, si sviluppa a spese di una ricca vegetazione termofila, della quale fanno parte filamenti di *Beggiatoa* ondegianti sino a 80°, 5, svariate cianoficee, cloroficee, diatomee (fra queste ultime l'*Amphora aponina* ed il *Libellus aponinus* son citati come specie esclusivamente termali, mentre il *Phormidium fragile* Gomont è comune alle acque termali ed alle salmastre). Si nutrono quasi esclusivamente di *Oscillatorie* alcuni infusori cigliati (diffusissima in tutte le terme euganee è la *Frontonia acuminata*, comune ancora a 40°, e vivente talvolta, sino a 49—50°), due rotiferi: la *Euchlanis plicata* del laghetto termale di Lospida (Battaglia) raccolta sino a 40° e segnalata finora soltanto nel mare Baltico e la *Notommata najas*; un nuovo nematode, il *Dorylaimus atratus* von Linstow. I batteri che si sviluppano nel feltro termale forniscono invece alimento ad innumerevoli individui del comunissimo infusorio stagnale *Cyclidium glaucoma*, osservato sino a 51°. In generale protozoi e rotiferi raggiungono statura minore nelle acque più ricche di sali (Abano) che non in quelle di Montegrotto di Battaglia, S. Pietro, ecc., meno mineralizzate. Fra gli Artropodi ricordo l'ostracode *Cytheridea torosa*, che ho trovato vivente a 30°—45° ad Abano soltanto, ma di cui spesseggiano i gusci subfossili nel fango di tutta la regione termale, nonché il coleottero *Bidessus thermalis*, sino a 44°, non peculiare alle terme Euganee ma limitato a poche stazioni litorali circum-mediterranee ed a qualche altra località termale. Ma la specie più tipica è il mollusco *Paludetrina aponensis* che brulica in tutti i rivi e le pozzanghere termali sino a 45°—46°, con un optimum fra 32° e 36°, e presenta varietà a guscio più grande e più slanciato nelle acque miste o meno ricche di sali. Queste ultime specie stanno a mio parere in relazione con una fauna lagunare, o almeno alofila.

Qualche cultore di limnologia potrebbe estendere le ricerche ai laghetti di Battaglia, ch'io non ho esplorati perchè mancavo della suppellettile adatta. Credo che quei bacini siano abbastanza grandi per contenere plankton lacustre; le loro condizioni fisiche nulla hanno a che fare con

quelle dei laghi comuni inquantochè l'acqua delle rive in alcuni punti supera 30° e la temperatura aumenta verso il fondo, ove emergono polle termali saline, molto probabilmente superiori a 60°. Bisognerebbe investigare se in tali condizioni affatto speciali esistano fauna e flora pelagiche, e, in caso affermativo, quale sia l'origine dei loro componenti e come si comportino nella loro distribuzione verticale e nelle loro migrazioni periodiche. Studiando poi in generale la biologia di acque termali saline, del tipo di quelle Euganee, sarebbe utile di sottoporre gli organismi ad esperienze dirette a separare la influenza della temperatura, da quella, probabilmente più forte, della pressione osmotica e di vedere se l'una influisca sull'altra. Ciò specialmente in riguardo a quelle specie che si suppone abbiano una origine marina più o meno prossima.

Tal'è il caso per le sorgenti di Campiglia Marittima in Toscana, una delle poche esplorate fra le moltissime della Toscana che meriterebbero indagini d'ordine biologico. Presso a queste sorgenti, che misurano un massimo di 42° con un residuo solido di circa 2 gr. per litro e sgorgano a pochi km. dal mare, si ossera un feltro di oscillatorie con una *microfauna* abbastanza ricca proveniente dall'acqua comune (infusori rotiferi, *Aeolosoma quaternarium* sino a 40°, il coleottero *Bidessus geminus* sino a 42°). Nel feltro presso alle sorgenti, nei laghetti e nei fossi termali vive a miriadi un gasteropodo, la *Melanopsis etrusca* Villa, oggi esclusiva alle acque termali perchè ivi soltanto può trovare le condizioni d'ambiente che in altra epoca geologica avevano favorito una ben più larga diffusione. Altre specie di *Melanopsis* si trovano nelle acque termali di Massa Marittima (Grosseto) che essendo appena tepide (24°—27°) e ricche di carbonato di calcio offrono condizioni di vita assai favorevoli ai molluschi ed ai crostacei (*Telphusa*, *Palaemonetes* ecc.), in quelle di Gavorrano e, molto probabilmente in altre sorgenti della regione. Un confronto diligente di queste *Melanopsis* con altre congeneri che pure rappresentano relitti termali (come la *Melanopsis Parreysi* che, secondo Brusina vive nelle terme di Bischofsbad in Ungheria, ove vegeta pure la *Nymphaea thermalis*, endemica in Egitto), sia con quelle viventi in acque comuni di regioni più calde della zona circum-mediterranea, darebbe risultati molto istruttivi.

Oltre alle osservazioni dianzi riassunte abbiamo alcune notizie isolate; si sa per esempio che nelle Acque Albule (carbonato-calcari a 24°), presso Roma, forti quantità di gas irrespirabili (gr. 0,0119 di H₂S per 1000 cm³ d'acqua) non sono incompatibili colla vita; lo aveva notato il compianto Pavesi che primo fra noi sollevò i problemi attraenti dell'idrobiologia. Fra gli animali che più tardi vi ho raccolto è degno di nota un coleottero salino; il *Philhydrus salinus*. Si potrebbero ancora citare quelle antiche di Ehrenberg su infusori e rotiferi delle terme di Ischia (ove la temperatura citata di 81° dipende senza dubbio da un errore di

osservazione) e poche altre che ometto per brevità. L'Italia media e meridionale possiede una grande quantità di sorgenti, completamente inesplorate e che potrebbero fornire risultati interessanti.

Dalle osservazioni riferite e dalle più attendibili compiute all'estero sembra che il massimo vitale per i metazoi superiori di poco i 45°, mentre per i protozoi lo collocherei verso i 55°. Le alghe invece possono resistere certamente a più di 80° e forse presso ai 90°. Come conclusione generale intorno alla provenienza degli organismi termofili si può ammettere che alcuni, specialmente nei gruppi inferiori, abbiano raggiunto il maximum in seguito a migrazione passiva e a susseguente graduale adattamento nelle zone più calde; sono soprattutto le forme euritermiche molto comuni e diffuse quelle che si mostrano più resistenti. Se, fra queste abbiamo più volte osservato, sino a 40° esseri delicati come gli *Aeolosoma*, ciò dipende molto probabilmente dalla loro proprietà di difendersi coll'incistamento. Ho accennato (esagerando forse l'importanza del fatto) ad animali che spesso ricompariscono in sorgenti termo-minerali lontane e di carattere diverso, ripensandovi in seguito mi sono convinto che ciò è dovuto al substratum vegetale dotato di caratteri comuni e molto particolari, dipendenti dalla grossezza e dall'intreccio dei filamenti, e da altri fattori, ma anche dai numerosi detriti organici che si accumulano in seno alla vegetazione termofila. Questi provengono, in parte, dalle spoglie di organismi che han trovato la morte nei punti più caldi e son stati poi trascinati a valle dalla corrente.

Le specie lagunari sono predisposte all'adattamento termico anche in acque poco salate, per i forti riscaldamenti e le oscillazioni di salsedine che si abituanano a subire nell'ambiente loro naturale; d'altra parte le vicende geologiche di alcuni territori (è il caso delle terme Euganee) fanno supporre che certi organismi termali rappresentino i relitti di una fauna lagunare quaternaria.

Per quanto concerne la diminuzione di statura osservata negli organismi termali, sarebbe opportuno di indagare se dipenda dalla temperatura o non piuttosto dai sali disciolti, com'è più probabile; a tal uopo bisogna separare coll'esperienza l'influsso dei due fattori. La parte che hanno i vari organismi nella formazione dei fanghi termali è pure un capitolo interessante della biologia, a proposito del quale converrebbe ampliare ed approfondire le indagini testè iniziate da Andres (vedi recensioni) nelle sorgenti termali di Bormio in Valtellina.

Le ricerche puramente faunistiche, quelle che riguardano l'optimum e il maximum termico, l'origine e la distribuzione delle specie termali si possono certo condurre a termine con osservazioni numerose ed accurate, mediante soggiorni di poche settimane sui luoghi di raccolta. Ma ad una conoscenza intima dell'organismo termofilo dal punto di vista del suo ciclo

vitale e delle sue particolarità fisiologiche è necessario anche il sussidio dell'esperienza. Laboratori, come quello di Lunz, che permettano di risolvere sperimentalmente gli attraenti problemi della idrobiologia sono perciò di utilità grande in siffatte ricerche, ed opera benemerita hanno compiuto i loro fondatori.

Io però sarei anche più esigente, e direi che l'osservazione in natura e le esperienze in apposito istituto non sono ancor tutto; perchè dubito si possano riprodurre con fedeltà ambienti eccezionali, determinati da fattori sovente complessi, e temo che in molti casi un lungo viaggio possa nuocere ad organismi delicati, tanto da alterare i risultati delle indagini sperimentali. Occorrerebbe dunque l'osservazione prolungata e non interrotta degli abitatori delle terme nell'ambiente loro naturale, variandone poi le condizioni in situ, e per ciò sarebbe necessario di istituire piccoli laboratori in prossimità delle sorgenti.

Per trattare questi problemi come vorrei fossero trattati, si richiederebbe adunque un naturalista non solo ben preparato e pieno di abnegazione ma anche libero da occupazioni accademiche e fornito di larghi mezzi . . . Dove trovarlo? Non saprei rispondere, ma dichiaro fin d'ora che se un tale naturalista, rara avis, tentasse l'impresa, io sarei ben lieto di dargli tutte le indicazioni atte ad agevolarne il compimento.

Genova, dal laboratorio di Anatomia Comparata, il 14 febbraio 1908.

Résumé français.

Les sources thermales offrent aux êtres vivants un milieu bien singulier et bien intéressant au point de vue de la biologie générale. Quelques observations qu'on a fait en Italie montrent que la faune et la flore sont assez riches même à des maximums thermiques assez élevés et que leur origine est variée. C'est ainsi que dans les sources très chaudes et peu minéralisées de Valdieri et Vinadio en Piémont, sur le versant italien des Alpes-Maritimes, et dans celles chlorurés-sodiques légères d'Acqui, on trouve des couches épaisses d'algues thermales (sulfuraires, cyanophicées) où la microfaune est très abondante jusqu'à 40°; elle existe même, pauvre en espèces mais riche en individus, jusqu'à 45° environ. Les algues à 40°—45° contiennent surtout des rhizopodes à coquille, des rotateurs (*Philodina roseola*) et des nématodes, qui proviennent, selon toute probabilité, des étangs et des ruisseaux voisins. A côté de cette microfaune immigrée on peut recueillir des formes très localisées ou endémiques de coléoptères, soit *Hydroscapha gyrinoides* et *Laccobius Sellae*.

Des études plus minutieuses ont porté sur les eaux thermales, nommés „terme Euganee“ près de Padoue; dont les plus minéralisées contiennent environ 5 gr ¹/₂ par litre de sels (surtout NaCl). Entre 40° et 50° on observe une faune fort restreinte qui est commune à toutes les

sources chaudes de la région. — Elle comprend quelques infusoires immigrants sans doute des eaux douces, deux rotateurs (parmi lesquels on doit signaler *Euchlanis plicata*, connue jusqu'ici de la Baltique seulement) un nouveau nématode (*Dorylaimus atratus*), qui vivent aux dépens de nombreuses algues thermales (cyanophicées, diatomées etc.). Quant à la *Cytheridea torosa* (ostracode) au *Bidessus thermalis* (coleoptère) et surtout à la *Paludestrina aponensis* (gastéropode) on pourrait bien rattacher leur présence à une faune lagunaire. En effet la température élevée et la saumure des eaux ont dû favoriser l'immigration des espèces lagunaires et permettre la survivance d'espèces dont les ancêtres habitaient les lagunes s'étendant autrefois (dans l'époque quaternaire) près des sources. Dans la „Maremma Toscana“ et en Hongrie les gastéropodes du genre *Melanopsis* ont survécu seulement dans les sources chaudes, tandis qu'il sont très répandus à l'état fossile.

Les protozoaires vivent dans les eaux thermales jusqu'à près de 55° (*Hyalodiscus* à 54°, *Cyclidium glaucoma* 51°), les Métazoaires peu au delà de 45°, tandis qu'une *Beggiatoa* (sulfuraire) supporte 80° (Setchell a trouvé aux Etats-Unites des sulfuraires à 89°).

A des conditions préalables du milieu aquatique, ainsi qu'à des moyens de protection: cuticules, chitine des insectes, kystes des *Aeolosoma* (oligochète) est dû le pouvoir d'adaptation à des températures considérables; la préférence que certaines espèces communes semblent avoir pour ce milieu exceptionnel peut être attribuée au caractère particulier de la végétation thermale, mêlée à des nombreux déchets organiques.

Des recherches méthodiques et approfondies dans les sources thermales seraient à souhaiter. Des petits lacs, tièdes, alimentés par des sources chaudes qui jaillissent du fond (Battaglia, près de Padoue) devraient être envisagés au point de vue du plankton.

On pourrait aussi étudier, avec l'aide de l'expérience, l'hérédité de l'adaptation thermique, l'importance de la chaleur et de sels dissous vis-à-vis des fonctions vitales (époque de la reproduction, développement production d'oeufs mâles, etc.). Il serait bien utile, pour cela, d'outiller un petit laboratoire biologique dans le voisinage même de quelque source thermale importante.