



Intervista a **Sandro Carniel**

‘Ci siamo concentrati soltanto sull’atmosfera. Ma alcuni degli impatti più rilevanti potrebbero arrivare dagli oceani’

‘Per affrontare il cambiamento climatico serve una presa di coscienza della complessità del problema’, spiega il primo ricercatore dell’Istituto di Scienze marine del Cnr

{ Di **Elisa Cozzarini** }

Il mare non si vede dalle colline di Vittorio Veneto, dove abita Sandro Carniel, oceanografo, primo ricercatore dell’Istituto di Scienze marine del Consiglio nazionale delle ricerche, sede di Venezia. Il suo ultimo libro, *Oceani. Il futuro scritto nell’acqua*, appena uscito per Hoepli, è un racconto appassionato, in prima persona, del mondo sommerso e sconosciuto degli oceani, che hanno a che fare con il clima, e quindi con la nostra vita, molto più di quanto possiamo immaginare.

Dottor Carniel, com’è nato da quassù, ai piedi delle Dolomiti, il suo interesse per gli oceani?

La mia immagine del mare, da ragazzo, si è costruita nell’alto Adriatico, mescolandosi con il sogno del Pacifico che arrivava dal cinema e dalla televisione. Sembrava un mondo molto distante e affascinante, ma

non sapevo ancora che mi sarei dedicato allo studio degli oceani. Ciò che mi interessava era occuparmi di ambiente, da ambientalista e lettore di *Nuova ecologia*, consapevole che per affrontare problematiche complesse c’è bisogno di dati scientifici: non basta osservare e descrivere ciò che vediamo. Serve conoscere le relazioni fra i vari comparti, servono molte misure e un approccio multidisciplinare, bisogna essere molto preparati. In quegli anni si iniziava a parlare di aumento di anidride carbonica in atmosfera e di una possibile relazione con il riscaldamento del Pianeta – il cosiddetto “effetto serra antropogenico” di cui oggi si ha la certezza – ma si diceva molto poco di come gli oceani entrassero in queste dinamiche. Ho imboccato la strada dell’oceanografia al terzo anno di università, partecipando a una spedizione a bordo di una nave crociera con il Cnr. E ho scelto l’approccio quantitativo, dei modelli

numerici, quelli che oggi ci permettono di fare previsioni a lungo termine sul clima.

In sintesi, come funzionano i modelli numerici?

Quello climatico è un problema talmente complesso che non si può affrontare in termini galileiani stretti, cioè non si possono fare esperimenti con modelli fisici in scala per prevedere i possibili scenari climatici. Bisogna invece costruire una “immagine” del sistema che si intende studiare tramite complesse equazioni, che ne descrivono le relazioni, equazioni che vengono poi risolte con l’aiuto di super calcolatori. Grazie a un processo di “controllo” dei risultati rispetto ai dati del passato, si riescono a tracciare ipotesi di futuro. E ovviamente ad attribuire un’incertezza a queste stime. È solo dagli anni Ottanta che i climatologi hanno iniziato a utilizzare modelli numerici realistici, soprattutto grazie alle

sviluppo dell’informatica, e via via si sono sempre più definiti. Ma è da pochissimo che si prende in considerazione il modo in cui atmosfera e oceano “comunicano” nelle dinamiche del clima.

Eppure, come scrive nel suo libro, “è tutto connesso”: ci spiega qual è la relazione tra oceani e clima?

Per anni chi si è occupato di clima ha lavorato, per così dire, a compartimenti stagni. L’approccio utilizzato, spesso ancora oggi, è quello riduzionistico, come se non si sapesse che appunto tutto è connesso. L’influenza dei mari sulle masse d’aria è stata a lungo trascurata, non sono stati adeguatamente considerati gli scambi di materia ed energia fra ghiacci e oceani. E così per un lungo periodo si è proceduto con lo studiare in estremo dettaglio i vari sottosistemi del clima, dimenticando che questi si parlano fra loro di continuo! Bisognerebbe

invece “far dialogare” le diverse discipline, perché così funziona il clima nella realtà: meteorologia, oceanografia, geologia, biologia... Faccio un esempio, per capirci: se vogliamo simulare l’andamento del vento su una superficie marina, dobbiamo tener conto del fatto che in parte la sua energia viene assorbita dal mare, generando onde o correnti. E queste modifiche alla “rugosità” della superficie del mare a loro volta sono modificate dal vento che ci passa sopra: è un continuo processo interattivo, ed esistono migliaia di queste interazioni. Se non sono considerate in modo adeguato, le nostre stime sul clima che verrà rischiano di essere molto imprecise.

Può fare un esempio?

Gli oceani funzionano come un termostato per il clima, regolandolo: se sulla Terra esiste un equilibrio climatico, lo si deve per lo più al fatto che gli oceani trasportano di



Gli oceani funzionano come un termostato per il clima, regolandolo

continuo calore dall'equatore ai poli, dove le acque diventano sufficientemente dense da inabissarsi e dar vita a un immenso "nastro trasportatore" che fa il giro del Pianeta. Ma anche queste grandi masse d'acqua stanno subendo un processo di riscaldamento globale e il loro delicato meccanismo di circolazione è messo in crisi da temperature crescenti e da immensi apporti di acqua dolce, che derivano dalla fusione dei ghiacci. Per questo servono politiche atte a contenere il processo di riscaldamento del Pianeta.

Sta dicendo che finora ci siamo concentrati tutti sul riscaldamento dell'atmosfera, mentre alcuni cambiamenti decisivi potrebbero arrivare dai mari?

Esattamente. Nei soli primi tre metri degli oceani la quantità di calore è pari a quella di tutta l'atmosfera, il contenuto di carbonio dei mari è almeno 50 volte quello dell'atmosfera! Se vogliamo affrontare problemi di riscaldamento e di CO₂, è impensabile dimenticarsi degli oceani. Torniamo alla dinamica della circolazione generale oceanica, detta termoalina, il cui principale motore è dato dalla differenza di densità dell'acqua (che dipende dalla pressione ma anche da temperatura e salinità). Le acque più fredde e più salate che si formano in alcuni punti chiave del Pianeta sono più dense e tendono a sprofondare, richiamando acque meno dense al loro posto. Questo moto verso il basso delle acque dense, trascinandosi negli abissi nutrienti, gas disciolti e sedimenti sospesi, elimina anche molta dell'anidride carbonica presente in eccesso in atmosfera e innesca i grandi movimenti oceanici che distribuiscono il calore. Così, in circa mille anni ogni particella di acqua fa il giro del mondo, proprio come se stesse su una sorta di nastro trasportatore. Per capirci, è una parte di questo nastro trasportatore a sostenere la corrente del Golfo, che rende il clima lungo le coste del Nord Europa molto più mite rispetto a quello delle coste canadesi e americane alle stesse latitudini. Se questi meccanismi vanno in crisi, i problemi climatici saranno di molto esacerbati. E in tutto questo la salinità, che apparentemente potrebbe sembrare un fattore secondario, in realtà gioca un ruolo importante: perché ha un effetto sulla densità molto più intenso

'Non serve studiare in estremo dettaglio i sottosistemi climatici ma "far dialogare" le diverse discipline, perché così funziona il clima nella realtà'

della temperatura. Ecco un esempio della complessità del sistema climatico e della necessità di utilizzare modelli matematici adeguati per simularlo.

Nel suo libro cita lo Younger Dryas, il periodo in cui, fra 12.800 e 11.500 anni fa, le regioni del Nord Europa furono interessate da un raffreddamento intenso. Oggi con la fusione dei ghiacci potrebbe verificarsi qualcosa di simile?

Il periodo dello Younger Dryas viene preso a dimostrazione del fatto che anche i grandi sistemi di regolazione climatica terrestre, come la circolazione termoalina globale, possono modificarsi velocemente, a differenza di quanto si pensava un tempo. La teoria prevalente ipotizza che il cambiamento climatico che si verificò durante Younger Dryas fu innescato da un improvviso flusso di acqua dolce proveniente dalla fusione dei ghiacci del Nord America. Ne cambiò la salinità e dunque la densità, modificando la circolazione globale. Anche oggi, anche se per motivi diversi, la quantità di acqua dolce che arriva dai ghiacci sta iniziando a lavorare nella stessa direzione. Insomma, sebbene sembri un paradosso, se il "nastro trasportatore" si mettesse oggi a funzionare come accade allora, in alcune regioni della Terra la risposta al surriscaldamento sarebbe una condizione climatica simile a una glaciazione. Sono questi gli effetti concatenati di cui parlavo, dei quali dobbiamo esser consci e capire sempre di più i meccanismi.

Gli oceani, definiti nel suo libro come "la Cenerentola del pianeta", sono per lo più ancora inesplorati e sconosciuti. Cosa sappiamo delle acque che ricoprono il 70% della superficie terrestre?

Di certo conosciamo più della luna che

degli oceani! L'intera mappatura del nostro satellite è a disposizione con 10 metri (sic!) di risoluzione, mentre meno del 15% dei nostri fondali è stato mappato con risoluzione di almeno 100 metri. Eppure è estremamente probabile che la vita, come la intendiamo noi almeno, sia nata proprio nei fondali marini, dall'incontro fra i fluidi e le sostanze chimiche che fuoriescono dalle viscere della Terra. Per molto tempo si è ritenuto che in queste zone, dove la luce non penetra e le temperature sono rigidissime, la vita fosse impossibile, che i fondali oceanici fossero di fatto dei "deserti liquidi". Ora invece sappiamo che gli abissi sono ricchissimi di specie vegetali e animali, per lo più ancora sconosciute, e che nei pressi dei loro fondali troviamo immensi giacimenti energetici fossili e di minerali preziosi. Sappiamo anche che gli oceani catturano la stragrande maggioranza del calore che l'effetto serra antropogenico ha comportato, e circa il 40% della CO₂ emessa ogni anno in atmosfera. Ma sappiamo anche che, oltre al surriscaldamento, ci sono molte altre minacce per gli oceani: un aumento dell'acidità delle acque dovute proprio al "sacrificio" degli oceani che sequestrano anidride carbonica, la dispersione della plastica e soprattutto delle microplastiche che possono entrare anche nel ciclo alimentare, il problema della pesca eccessiva, l'inquinamento da sostanze tossiche sversate direttamente o arrivate attraverso i fiumi.

Qual è il ruolo dello scienziato, di fronte a questa complessità, oggi che il cambiamento climatico è sempre più anche una questione politica?

Nonostante i continui aumenti nella comprensione di queste dinamiche, c'è davvero moltissimo ancora da sapere e da scoprire. Ma per affrontare il problema del cambiamento climatico non basta puntare sull'indispensabile miglioramento della comprensione scientifica, serve anche una presa di coscienza della complessità del problema da parte dei cittadini. È per questo che ho deciso di scrivere un libro adatto a tutti, con aneddoti e storie personali, che avvicinino le persone al mondo della scienza e facciano loro capire come e perché dobbiamo essere tutti protagonisti con le nostre azioni.