

Intervista **Telmo Pievani**

La filosofia della biologia come strumento di ricerca

Nel percorso compiuto in questo numero di Humana.Mente, che ha voluto esplorare alcune tematiche della biologia e della filosofia della biologia, abbiamo voluto intervistare il professor Telmo Pievani, professore della facoltà di Scienze della Formazione presso l'università Bicocca di Milano ed uno dei filosofi della biologia più attivi, sia nella ricerca che nella comunicazione. Con lui abbiamo voluto discutere dell'attuale stato della ricerca evolutiva e genetica, nonché analizzare il ruolo della filosofia della biologia come strumento della ricerca e come tramite della sua comprensione.

1. Vorrei cominciare il nostro discorso ponendole una domanda piuttosto generale sulla teoria dell'evoluzione, che credo ci permetterà di contestualizzare anche le domande successive. È noto che la teoria dell'evoluzione si impose prima che la genetica permettesse di comprenderne i meccanismi. Ciò non può che metterne in evidenza il grande potenziale esplicativo. Quali sono stati e quali continuano ad essere i punti di forza di questa teoria?

In una conferenza tenuta l'anno scorso, ricordo che Antonello La Vergata ha citato un passaggio di una lettera in cui Darwin dice di aver costruito la sua teoria partendo dal tetto e non dalle fondamenta, quindi da un punto di vista naturalistico macroevolutivo, osserva e trova il meccanismo di variazione e selezione e lo formula, quindi è interessante che quando poi si sono scoperte le fondamenta molecolari si sono rivelate completamente compatibili.

2. Fra l'altro Darwin, sulla teoria dei pangeni, ha molti più contatti con le precedenti teorie epigenetiche che con la genetica...

Il fatto interessante è che quando poi, con la sintesi moderna, mendelismo e darwinismo si fondono insieme, si scopre a posteriori che il mendelismo era necessario per il fondamento del meccanismo di selezione naturale, perché la pangenesi, con questa idea del processo ereditario per fusione è chiaramente incompatibile con il processo di selezione naturale. È necessario, perché una variazione venga acquisita, che la mutazione sia discreta e si diffonda nella popolazione, mentre nell'ipotesi di una fusione, il mutante che all'inizio è vantaggioso finisce subito per perdersi nella popolazione. Trovo molto interessante il fatto che con la pangenesi Darwin produca una contraddizione teorica, e che solo con il mendelismo, molto tempo dopo, il quadro diventa coerente. La visione dell'ereditarietà discreta che il mendelismo propone, non è solo compatibile con il meccanismo di selezione, ma lo rafforza. È da questo



incontro teorico che nascono poi la genetica di popolazione e quel programma potentissimo che è la sintesi moderna che dagli anni trenta in avanti.

Secondo me, un grande tema di filosofia della biologia è capire cosa sta avvenendo oggi alla sintesi moderna. Ci sono diversi sostenitori della biologia dello sviluppo, dell'Evo-Devo, con posizioni molto radicali, i quali che oggi stiamo andando verso una nuova teoria dell'evoluzione, con un nucleo esplicativo nuovo, alternativo. Mentre altri, secondo me più correttamente, sostengono che quello che sta succedendo oggi è una sorta di evoluzione del programma di ricerca evolutivo. A me piace immaginarlo così, come un programma di ricerca alla Lakatos, con un nucleo centrale ed una cornice di assunzioni ausiliarie all'interno delle quali è possibile accogliere qualsiasi tipo di variazione, senza da ciò fare crollare il nucleo centrale della teoria.

A riguardo, a me piace molto la proposta elaborata recentemente da Massimo Pigliucci negli Stati Uniti, che parla di un programma di ricerca evolucionistico esteso, cioè una sintesi evolucionistica che nel suo nucleo ha ancora le stesse fondamenta della teoria di Darwin, ovvero i fattori di variazione, selezione, deriva, i fattori macroevolutivi. Al di fuori di questo nucleo, invece, si stanno avvicinando diversi dibattiti e molte convinzioni stanno mutando. A riguardo, si parla di modelli di ereditarietà pluralisti come quelli che propongono Jablonka e Lamb, di un'idea di evoluzione a più livelli, ci sono le novità introdotte dall'Evo-Devo, una nozione di modularità che diventa sempre più indispensabile. Sono in corso diverse analisi che stanno aggiornando il programma di ricerca evolutivo, senza però sostituire o rendere regressivo il nucleo centrale del programma. Questa di Pigliucci è, secondo me, una buona chiave di lettura dell'attuale stadio della situazione attuale.

3. Talvolta si confonde, dopo la sintesi, che la variazione prevista nel nucleo sia esclusivamente genetica, ed allora sembra quasi un cambiamento nell'evoluzione della specie che non sia di origine esclusivamente genetica, mettere in crisi la teoria di Darwin, ma Darwin non parla di genetica.

Sono d'accordo. Io penso che la chiave di lettura che Gould propone per la teoria dell'evoluzione sia ancora buona. Lui afferma, con accenti anche radicali, che l'evoluzione oggi ha bisogno di un darwinismo coerente con la sua storia, ancora forte nel suo nucleo, ma capace di accogliere una pluralità di fattori. Oggi si è passati, per esempio, dalle polemiche di trent'anni fa, fra puntazionismo e gradualismo come se fossero alternative esclusive, nel chiedersi se la speciazione avvenga in modo graduale, lento e progressivo, oppure in modo rapido e punteggiato, all'idea che la spiegazione evolucionistica oggi abbia raggiunto un livello di pluralismo di fattori. Al giorno d'oggi si riflette sulla frequenza relativa con la quale troviamo in natura processi di speciazione rapida, punteggiata, e quante volte troviamo trend di evoluzione lenta e graduale. Obiettivo di questa ricerca sarà dunque lo studio delle frequenze dei diversi *patterns*, l'analisi dei domini, ovvero delle condizioni ecologiche e dei fenomeni naturali, che possono favorire una speciazione di un certo tipo.



Ciò vuol dire che probabilmente stiamo andando verso un modello di spiegazione biologica più per unificazione che per non di tipo nomologico classico. Per unificazione intendiamo un contesto in cui io ho una pluralità di *patterns*, devo vedere quanto sono frequenti, e la spiegazione consiste nell'attribuire il pattern corretto ad una sequenza storica che studio attraverso particolari condizioni. In questo contesto diventa importante il modo in cui analizziamo il dominio di pertinenza. Quando viene individuata una regolarità, un certo meccanismo, non è più sufficiente descriverlo, ma bisogna specificare in quali condizioni è valido, qual è il suo dominio di pertinenza, quanto è importante in natura, in quanti casi è una buona spiegazione. Questa secondo me è una direzione interessante per la spiegazione in campo evoluzionistico, non in senso biologico in generale.

4. Quali sono invece i problemi ancora aperti relativamente alla teoria dell'evoluzione?

Nella cintura le grandi questioni in corso di dibattito sono tre. La prima riguarda i ritmi dell'evoluzione, e parallelamente i *patterns* che riguardano la velocità del cambiamento evolutivo. La seconda questione filosofica fondamentale è relativa ai livelli dell'evoluzione, ovvero a quali siano le entità dell'evoluzione, a quanti e quali livelli si collocano, quale ruolo abbiano i geni, gli organismi, le popolazioni, le specie, gli ecosistemi, ed in quale contesto è corretto dare loro peso. Ora, ad esempio, sta tornando di moda il dibattito sulla selezione di gruppo e piuttosto che sul singolo individuo. L'altra questione coincide con uno dei grandi temi filosofici da sempre discusso, ovvero il rapporto fra forma e funzioni, o strutture e funzioni, che torna fuori prepotentemente con L'Evo-Devo, per i cui risultati non si può più escludere che il gioco evolutivo sia un gioco in cui la selezione non fa quello che vuole, in modo funzionalistico stretto, plasmando gli organismi, ma agisce su di loro, che a loro volta sono portatori di strutture vincolanti. È un gioco di pressioni esterne e di resistenze strutturali. Questi sono i grandi temi della cintura. Qui possiamo litigare, avere opinioni diverse, fra funzionalismi e strutturalisti, fra puntazionisti e gradualismi, ma a ben pensarci, ripeto, nessuno di questi temi tocca i fattori fondamentali contenuti nel nucleo della teoria dell'evoluzione.

5. Il panorama è sicuramente molto variegato quanto interessante. Come deve porsi il filosofo della scienza di fronte a questi nuovi contesti di ricerca?

Questo complica tanto le cose per un filosofo della scienza, perché se le cose stanno così, quando esce un *paper* ben fondato in cui emerge l'eccezione ad una norma che consideravamo molto generale, al limite anche delle leggi mendeliane, come è successo qualche tempo fa, non vuol dire più che ci troviamo di fronte ad una confutazione di quella regola, ma siamo davanti ad una ridefinizione del suo dominio di pertinenza. Vuol dire che la regolarità individuata vale tranne per una serie di domini per le quali valgono *patterns* differenti. Diventa molto più complicato dominare i *patterns* esplicativi, non è più così semplice.

6. Una critica spesso mossa dai filosofi della scienza (di formazione fisica) alla biologia, consiste nel dire che l'accettazione della teoria dell'evoluzione non permette di dare una



definizione di una specie senza clausole *ceteris paribus*, limitando di conseguenza il valore conoscitivo della biologia. A riguardo, le chiedo se esistono, e nel caso quali sono, limiti o condizioni epistemologiche nell'analisi della teoria dell'evoluzione?

È un dibattito antichissimo. Darwin stesso lo ha vissuto in prima persona, quando Lord Kelvin lo contraddice con tutta l'autorevolezza del grande fisico vittoriano dicendo che l'evoluzione non può essere vera perché non c'è stato un sufficiente lasso di tempo. I fisici calcolavano l'età della terra senza considerare il decadimento radioattivo e quindi davano indicazione di un certo lasso temporale che era incompatibile con la spiegazione evoluzionistica. In quel caso si creò una sorta di conflitto diametrico fra la spiegazione fisica e quella di Darwin che, è interessante da notare, non trova delle scuse, ma ribadisce che, perché l'evoluzione possa avere avuto il suo corso, ha bisogno di lasso di tempo molto maggiore di quello stabilito al tempo dai fisici. Darwin fece la classica previsione rischiosa, sostenendo che se il dato di Lord Kelvin sarebbe stato confermato, la sua teoria poteva essere riposta in un cassetto. Lui muore nel 1882 senza risolvere questo dubbio, solo 20 anni dopo, con la scoperta della radioattività, si scopre che la terra ha miliardi di anni. Gould raccontava sempre questa storia perché indicativa dello scontro fra due modelli esplicativi, da una parte una scienza basata su leggi universali quantitative, dall'altra parte una scienza che ha a che fare con la storia. Oggi questa polemica ha davvero poco senso, ed a riguardo voglio fare due esempi.

Se prendiamo in considerazione l'attuale impianto esplicativo evoluzionistico e gli applichiamo un criterio di unificazione, possiamo vedere che con pochi fattori, che sono la selezione, la variazione, la deriva e la struttura popolazionale, possiamo spiegare una vasta gamma di fenomeni. La teoria dell'evoluzione è di una sinteticità sensazionale, e parallelamente è una teoria molto elegante. Questo dovrebbe far riflettere i filosofi della scienza più critici.

Poi si potrebbe fare un ragionamento inverso. Pensiamo a quante cose stanno avvenendo in alcuni campi della fisica oggi. Anche la fisica scopre la storia, scopre che lo studio delle particelle elementari coincide con i primi attimi dell'universo, e di conseguenza ha dovuto modificare i propri apparati esplicativi. Questo scontro non ha più senso. Un altro punto di ingresso che lo rende anacronistico è che viceversa in alcuni campi dell'evoluzione oggi c'è un grado di studio quantitativo elevatissimo, pensiamo al sequenziamento genomico, o a certi campi della filogenesi molecolare.

7. Fra l'altro anche la fisica sta accettando sempre più elementi indeterministici all'interno della propria teoria, e se questo poteva essere il grande contrasto fra la biologia e la fisica, dal momento in cui entrambe hanno il proprio momento casuale, che sia la mutazione o il salto di un elettrone, o la componente indeterministica nello sviluppo cellulare.

Come studio epistemologico il campo biologico è interessantissimo oggi, proprio per questi motivi. Ci troviamo di fronte ad una base empirica molto differenziata, ma abbiamo un programma di ricerca in grado di darne conto in modo coerente. Ci sono poi tante questioni non indispensabili nel programma di ricerca, relative solo alla sua cintura, ma che risultano



molto interessanti, come quelle che abbiamo citato in precedenza. Lo studio epistemologico di questo campo è una delle cose più promettenti nel campo della filosofia della scienza. Purché lo si faccia prendendo a prestito il rigore dei filosofi della fisica, lavorando sulla frontiera della ricerca, con i biologi evuzionistici, vedendo cosa sta succedendo in laboratorio, con attenzione a tutte le novità, e sgranandole filosoficamente per cercare di capire qual è la sfida epistemologica al loro interno.

8. Prendo spunto per la prossima domanda dall'ultimo libro di Eva Jablonka e Marion Lamb, *l'evoluzione in quattro dimensioni*. Nel libro il comportamento e la componente linguistica vengono associati in maniera piuttosto robusta ai sistemi genetico ed epigenetico. Queste *quattro dimensioni* sono, secondo le autrici, tutte in grado di produrre variazioni che possono risultare vantaggiose ed essere selezionate dall'ambiente. Come valuta questa analisi?

Nel libro ci sono due meriti grandissimi, ci fa capire che nella sintesi moderna avevamo sottovalutato una serie di aspetti, come la molteplicità di sorgenti possibili di variazione. In maniera più indiretta, ma comunque centrale, le posizioni di Jablonka ci fanno capire che abbiamo sbagliato a considerare l'organismo come un soggetto passivo dell'evoluzione, mosso passivamente dalle regole della selezione naturale. L'organismo è invece un costruttore di nicchie, elemento importante perché fa capire una serie di aspetti evuzionistici meglio del programma di ricerca precedente, in quanto riscopriamo l'organismo come soggetto attivo nell'evoluzione, che trasforma la nicchia ecologica che poi dopo ritorna su di lui attraverso pressioni selettive. Tutto questo è fantastico perché estende in modo molto fecondo la spiegazione evuzionistica.

Quello su cui ho dei dubbi è quanto siano realmente frequenti i fenomeni a cui lei dà così grande importanza. Ci sono esempi come quello dell'addomesticazione delle volpi selvatiche, che illuminano degli aspetti particolari, ma fino a che punto possiamo davvero considerare questi casi come fattori generali di evoluzione? Possiamo davvero inserirli all'interno del nucleo della spiegazione evuzionistica? Io non nego che siano importanti, ma non al punto da trasformarli in un nuovo fattore di evoluzione. Pensiamo alla deriva genetica, a quanto è stata osteggiata negli anni trenta, e a come solo dopo 50 anni ci siamo accorti del fatto che tantissime varianti geniche si fissano casualmente per deriva. Ora non ci sono dubbi nell'ammettere la sua importanza nell'analisi evolutiva. Questo non lo concederei al momento ai fenomeni descritti da Jablonka.

9. Inoltre uno dei punti fermi della teoria dell'evoluzione è quello di distinguere fra variazione ed ambiente selettore

Infatti su questo, io e Jablonka, abbiamo già discusso. Con il fatto che lei si concentra solo sulla variazione, ci troviamo di fronte ad un approccio selezionista fortissimo. A lei interessa solo diversificare la variazione, affidando tutto il resto alla selezione naturale. Secondo me è più interessante sfidare la spiegazione ultradarwinista lavorando anche sull'aspetto selettivo, come faceva Gould, dicendo per esempio che ci sono molti tratti non adattativi, dove gli



aspetti non strutturali sono importanti quanto quelli strutturali. Invece, ad Eva Jablonka interessa quasi esclusivamente pluralizzare la variazione, cioè la materia prima dell'evoluzione affidando tutti gli aspetti dell'evoluzione che ne restano al di fuori alla selezione naturale.

La teoria dei sistemi di sviluppo, secondo me, è più generalizzabile, perché lavora proprio sull'idea che l'unità fondamentale dell'evoluzione non sia il singolo organismo, ma l'organismo e la nicchia in cui è immerso.

10. Ogni volta che una nuova scoperta genetica viene divulgata, mi sembra che la principale paura (laica) sia che queste ricerche possano dare una direzione al processo di evoluzione. Nota anche lei questa distanza della ricerca scientifica dalla sua ricezione? E, nel caso, in che modo queste ricerche vengono fraintese?

Io penso che questa distanza esista, e mi chiedo di chi sia la maggiore responsabilità. Se dobbiamo dare più responsabilità agli esponenti della comunità scientifica, e talvolta è vero, o più a chi osserva criticamente e attribuisce significati a quello che gli scienziati stanno scoprendo, o forse, e questa è la risposta che io preferisco, se in realtà l'anello debole sia nella catena di comunicazione, cioè in quello che succede da quando esce un *paper* su di una rivista scientifica a quando la notizia arriva al quotidiano. In questa prassi accade qualcosa che è spesso deleterio nel modo di comunicare specialmente le scoperte genetiche. Ad esempio, quando uscì il *paper* sullo studio delle correlazioni genetiche sull'omosessualità, veniva presentata un'analisi in cui veniva riscontrata una correlazione, su 200 coppie di gemelli omozigoti, del trenta per cento. Da questi risultati, fino alla notizia della scoperta del gene dell'omosessualità, c'è un abisso enorme ed ingiustificato. A ciò si affianca l'idea sbagliata eppure largamente accettata che il genoma sia una scatola degli attrezzi dalla quale, con uno schioccare di dita, saltano fuori fenotipi oppure, a peggior ragione, le specie, come ho sentito dire recentemente. Continua a perdurare il fraintendimento per il quale, se io scopro che c'è una mutazione sistemica che altera il piano corporeo di un organismo, allora quella è la spiegazione della speciazione. Come se un ornitorinco, facendo riferimento ad un articolo di qualche tempo fa, può emergere come specie perché una mutazione sistemica produce l'ornitorinco. Continuiamo sempre a dimenticarci che il processo di speciazione ha bisogno di una popolazione, di un contesto ecologico, di una separazione fisica, di una rottura di un flusso genico fra due popolazioni, di un antenato, di discendenti, di una ramificazione. Una mutazione sistemica è una scoperta importantissima, perché ho scoperto una rete di connessione all'interno del genoma, ma è necessario contestualizzarla.

11. Lo stesso vale per l'ingegneria genetica?

È la stessa cosa. Sopravvalutare il ruolo dei geni e non essere capaci di metterli nel contesto in cui sono. Io la vedo dal punto di vista diametralmente opposto. Quello che sta succedendo oggi è che noi scopriamo una cosa che filosoficamente sapevamo da tanto tempo, che in questa analisi diventa palese. Quando abbiamo a che fare con un sistema complesso, quindi non lineare, fatto da una trama di relazioni tra componenti come noi sappiamo essere il



genoma, per capire come funziona è necessario manipolarlo. Per capire com'è strutturata una rete di relazioni, non è sufficiente osservarla dall'esterno una volta che ha prodotto il fenotipo, è necessario andare a vedere cosa accade se viene alterata in un punto e quali effetti si producono. Solo così io riesco a conoscerla, ma questo è un paradosso filosofico, perché è ovvio che andando a intervenire sul sistema, perturbo, manipolo, modifico intenzionalmente, ma è solo manipolando che io riesco a capire come funziona. C'è un'ambiguità etica, ma non si tratta semplicemente di scegliere tra bene e male. Nella conoscenza è insita la manipolazione, la modificazione. È tutto un gioco di buon senso, si tratta di capire quando una manipolazione è fine a se stessa e puramente deleteria. In futuro dovremo interrogarci sulla programmazione genica. Mi chiedo se ha senso andare in futuro a programmare degli organismi sulla base di criteri estetici. Secondo me non ha molto senso, perché non ci fa capire niente di nuovo, non è utile. Laicamente non ho nessuna remora a dire che in futuro dovremo interrogarci su quali limiti porre alla programmazione genica. Ma il dibattito oggi è completamente falsato.

12. Spesso si mostra come una dimostrazione di potenza.

Infatti. All'interno ci sono possibilità di conoscenza e di nuove terapie, ma anche l'inutile ed il deleterio. È tuttavia impossibile uscirne dicendo semplicemente cosa sia il bene e cosa il male. Non si può stare chiusi nelle proprie posizioni né da laici né da religiosi.

13. Che cos'è un gene? Quanto c'è in un gene? Sono due esempi di domande che sembrano animare il dibattito filosofico più di quello strettamente biologico. Nella sua esperienza di filosofo della scienza, qual è il feedback che la biologia riceve dalla filosofia e qual è il ruolo della filosofia della biologia?

È un tema a cui io tengo molto e che in Italia si vive ancora in maniera ridotta. Tuttavia, come nota ottimistica, conosco tanti ricercatori giovani, e non solo, che hanno capito due elementi fondamentali e che ritengono importante il rapporto con i filosofi della biologia. In primo luogo hanno compreso l'importanza degli aspetti epistemologici della loro ricerca, e quindi ambiscono a lavorare con dei filosofi, anche in team, come è da tempo negli Stati Uniti. Lì, io stesso faccio parte di un team, che svolge un programma di ricerca sulla teoria gerarchica dell'evoluzione. Lì ci sono biologi molecolari, paleontologi, ed il mio ruolo di filosofo della scienza è proprio all'interno dell'equipe. Io devo occuparmi della retorica del *paper*, ovviamente, ma anche delle compatibilità teoriche, cioè di capire se una proposta teorica fatta dal nostro gruppo è una alternativa, una confutazione o una integrazione di quello che propone un altro gruppo con un'altra ricerca. Il filosofo inoltre della scienza è importantissimo nelle tassonomie e nell'analisi dei *patterns* che valgono in certi domini di pertinenza. Deve, quando si presenta un pattern che vale in un dominio di pertinenza, in una certa tassonomia, ed uno che vale in un'altra, capire quante sovrapposizioni ci sono, cioè quanto è rigorosa quella tassonomia concettuale. Poi è importante nella terminologia, nello scegliere il nome da dare, nel definire i concetti su cui lavoriamo. Non siamo ancora a questo in Italia, ma spero ci arriveremo. Sono molti gli esempi che mostrano che un filosofo della scienza può lavorare in equipe interdisciplinare con scienziati. Certo sarà un lavoro differente da quello classico del



filosofo della scienza che studia da fuori le teorie, guarda solo come sono fatte e come si evolvono.

In Italia ci sono tantissimi biologi, giovani e non, che capiscono non solo che con le loro ricerche hanno un risvolto teorico e filosofico importante, ma capiscono che lavorare con un filosofo permette loro di capire meglio quello che stanno facendo. Ma è qualcosa di differente dal filosofo che arriva a posteriori e spiegare allo scienziato quello che ha già capito, perché tutti e due, il biologo ed il filosofo, possono capire molto di più lavorando a stretto contatto. D'altro canto, questo è possibile solo se il filosofo ha una ottima competenza biologica, e se si lavora su problemi specifici. Prendiamo come esempio la simbiosi. In un caso simile è necessario interrogarsi su quanti tipi di simbiosi ci sono, su che tassonomia ne facciamo, sul rapporto fra il proprio studio con il paradigma classico, valido fino a quel momento. Queste sono peculiarità in cui il filosofo può dare un contributo notevole.

14. Lei si occupa, tra le tante cose, di raccontare la scienza e di analizzarne le ragioni anche al di fuori dell'ambito accademico. Le chiedo, rispetto ad uno scienziato che cerca di rendere accessibili i risultati della propria materia, quanto può e quanto deve dare in più un filosofo in questa attività?

Una cosa ormai compresa dagli scienziati è che l'epistemologia è anche un ponte per gli aspetti comunicativi della scienza. La comprensione degli aspetti epistemologici di una teoria o di un esperimento è l'unico modo che abbiamo per sanare i disastri che facciamo con questo rasoio di Ockam nel momento in cui la notizia passa dal *paper* al quotidiano, defezione per cui la correlazione al 30% diventa la scoperta di un gene. L'epistemologia deve porsi, in qualche modo, fra la comunicazione della scienza verso l'esterno, e la ricerca scientifica all'interno della comunità scientifica. Perché se io, filosofo, devo comunicare quello che ha scoperto uno scienziato e devo farlo in modo non banalizzante, non semplificante, in modo coinvolgente, devo farlo sempre partendo dalla conoscenza teorica di quello che lo scienziato sta facendo.

Torniamo al caso dell'ornitorinco. Di fronte ad un articolo banalizzante, a cui la scienza deve controbattere per evitare fraintendimenti, la risposta migliore la può dare uno che ha una consapevolezza anche di tipo epistemologico in grado di spiegare l'interesse delle nuove scoperte, ma anche i motivi per cui tale scoperta non confuta il darwinismo. C'è bisogno di una buona filosofia della scienza, oltre che di una buona biologia. Per questo non è incompatibile che un filosofo si occupi sia di scienza che di comunicazione. I nuovi modi di comunicare la scienza passano attraverso la filosofia della scienza.

A cura di Daniele Romano