

Considerazioni epistemologiche sul cambiamento: discontinuità, emergenza e riorganizzazioni temporali

di *Leonardo Bich*

IAS-Research Centre for Life, Mind, and Society
Department of Logic and Philosophy of Science
University of the Basque Country (UPV/EHU)
Avenida Tolosa 70, 20018 Donostia-San Sebastián, Spain
Email: leonardo.bich@ehu.es

Sommario

Questo articolo si propone di affrontare il tema del cambiamento all'interno di una prospettiva epistemologica in cui gioca un ruolo cruciale la nozione di emergenza. Concetti come contingenza, determinismo e discontinuità sono interpretati come espressione dei modelli dei processi naturali invece che come proprietà intrinseche della realtà. Ne deriva una concezione discontinua e reticolare del tempo e della storia, che richiede l'implementazione di una specifica euristica.

Parole chiave

Costruttivismo epistemologico, contingenza, discontinuità, emergenza, autopoiesi, transizioni.

Summary

This paper aims at dealing with the issue of change from an epistemological perspective, in which a crucial role is played by the notion of emergence. Concepts like contingency, determinism and discontinuity are interpreted as related to models of natural systems, rather than as intrinsic properties of reality. What results is a discontinuous and reticular idea of time and history, which requires a specific heuristic to be implemented.

Keywords

Epistemological constructivism, contingency, discontinuities, emergence, autopoiesis, transitions.

Introduzione

A cosa ci si riferisce quando si parla di cambiamento? 1) In primo luogo si tratta di definire un contesto di pertinenza e di identificare all'interno di esso quali sono i fattori soggetti a variazione. 2) Il passo successivo consiste nell'analizzare la forma, il meccanismo tramite cui si verifica questo cambiamento. Gli approcci possibili sono molteplici: possiamo ad esempio interrogarci se la Natura e la Storia siano creative o

meno, o se invece la dimensione della permanenza sia quella fondamentale. Nel primo caso si può discutere sulla modalità secondo cui si manifesta la creatività naturale: se attraverso un processo unitario e continuo che introduce incessantemente delle novità - come nella concezione bergsoniana - o se i processi di cambiamento creativi siano costellati di discontinuità, con riorganizzazioni della loro stessa dinamica.

Queste sono domande dalla profonda portata metafisica. In questo articolo, però, si assume una prospettiva diversa, primariamente epistemologica, basata sulla tradizione cibernetica e autopoietica e sull'impianto costruttivista che essa supporta. L'idea di partenza è che queste domande possono essere affrontate scientificamente solo all'interno del dominio descrittivo dell'osservatore: in altre parole, nei termini dei modelli che formula nel suo dominio di esperienze in quanto osservatore scientifico.

In questo orizzonte cosa costituisce l'elemento invariante quando si parla di cambiamento? Citando Bateson: *"By change I mean a ceasing to be true of some little chip or big chunk of descriptive material"* (Bateson, 1991, pp. 93-110). Il cambiamento è trattato come una nozione dipendente dalle descrizioni formulate da un osservatore e, nello specifico, dall'orizzonte di validità di queste ultime. È una definizione sintetica che è, allo stesso tempo, un preciso criterio di identificazione.

Per ciò che concerne la modalità secondo cui può aver luogo il cambiamento: *"Change denotes process. But processes are themselves subject to "change." The process may accelerate, it may slow down, or it may undergo other types of change such that we shall say that it is now a different process"* (Bateson, 1972, pag. 283). Ne viene così introdotta e specificata una caratteristica fondamentale, che ne costituisce forse l'aspetto più interessante. Non si tratta tanto dell'idea di processo, quanto del fatto che il cambiamento non riguarda necessariamente soltanto uno scorrere, una successione di stati, ma è il processo stesso che può cambiare: possono pertanto esserci diversi modi o livelli di cambiamento.

Partendo dal problema epistemologico, è evidente che ciò che possiamo identificare come cambiamento e gli elementi pertinenti per una sua modellizzazione presentano caratteristiche qualitativamente differenti a seconda del contesto e dello scopo della descrizione. Quelli che incarnano le dimensioni di varianza e invarianza di un processo sono fattori intrinsecamente relazionali, che dipendono in prima istanza dal livello di osservazione (ciò che cambia a un livello può essere invariante a un livello differente) e dagli strumenti utilizzati, dal contesto teorico, dagli elementi che popolano lo scenario oggetto di studio e da come essi sono organizzati.

È importante porre in evidenza come non si tratti di proprietà o oggetti di una realtà in sé, ma di fattori che emergono nell'interazione tra osservatore e mondo. Così, dal punto di vista delle descrizioni scientifiche diversi contesti di ricerca possono presentare concezioni e fenomenologie del cambiamento molto diverse. Come pone in risalto James Gibson, il cambiamento ecologico non è lo stesso di quello fisico-chimico, perché i fattori pertinenti in gioco sono radicalmente diversi anche se il "mondo naturale" è lo stesso (Gibson, 1979). L'ambiente presenta sì delle sue caratteristiche, o *affordances*, che permettono certe azioni da parte di un osservatore scientifico o di un organismo biologico in generale, ma queste si concretizzano solo nell'interazione con osservatori o organismi per i quali siano significative. Sono pertanto aspetti relazionali, non sostanziali, co-emergenti dall'intersezione tra i domini interazionali di osservatore ed ambiente.

Ad esempio, l'idea atomistica del cambiamento come qualcosa che concerne una relazione spaziale tra corpi e che consiste nel loro mero riposizionamento, costituisce il risultato di una modalità di astrazione legata ad una certa esperienza del mondo fisico-chimico: solo una delle diverse astrazioni possibili in questo contesto, come insegna Whitehead. Secondo l'analisi di Gibson, dai punti di vista ecologico e percettivo le

proprietà rilevanti degli stessi oggetti e dello stesso ambiente si presentano come radicalmente differenti. Sono infatti caratterizzabili in termini di *medium*, superficie, etc., invece che di posizioni reciproche in uno spazio astratto.

Le implicazioni di una posizione primariamente epistemologica sono ancora più profonde quando si passa a considerare la dimensione di novità che caratterizza o meno il cambiamento. È il dominio dell'*emergenza diacronica*, che riguarda l'apparizione nel tempo di novità qualitative in Natura. Essa si differenzia da quella presa in considerazione più comunemente, l'*emergenza sincronica*, la quale esprime una relazione gerarchica tra livelli di organizzazione.

Un'accezione forte della novità, e pertanto un cambiamento effettivo, è supportata da un'analisi in termini di emergenza *complessa* (Bich, 2012) intesa come non-derivabilità: la novità emergente è definita non solo come qualcosa che non era presente in precedenza, ma che non è derivabile *in principio* a partire dalle condizioni di partenza, e pertanto richiede l'implementazione di nuove e molteplici modalità descrittive. La nozione di emergenza, considerata nella sua dimensione diacronica permette di operare un passaggio – nell'analisi del cambiamento – dalle proprietà di una descrizione alle relazioni tra diverse descrizioni nel tempo: non solo proprietà e entità nuove e non derivabili dalle condizioni ed elementi di partenza, ma processi stessi che cambiano in modo non deducibile.

Al fine di proporre un modello sistemico generale, è innanzitutto necessario analizzare in termini epistemologici le nozioni legate al cambiamento. Si partirà pertanto da un'analisi dei concetti di contingenza e determinismo per poi affrontare i contributi teorici ed epistemologici che la teoria autopoietica può apportare a questo dominio di studio. Si proporrà quindi un modello emergentista del cambiamento, analizzandone le implicazioni per delineare, infine, alcune linee guida per un'euristica pertinente.

1. Contingenza e determinismo

Il dibattito su contingenza e determinismo ha una lunga storia e non interessa solo l'idea di cambiamento in senso stretto, ma la storia naturale e quella umana in generale. Nel dominio biologico svolge un ruolo importante nel dibattito sull'origine della vita e sui grandi eventi evolutivi, come le estinzioni di massa. Anche nel caso della storia umana essa ha innumerevoli implicazioni e ramificazioni, che vanno dalla disputa sulla natura della causalità storica a quella sulla portata dei contributi dei soggetti individuali al corso degli eventi (Fergusson, 1999).

L'opposizione tra questi due concetti è all'origine di dibattiti senza fine sulla natura della storia e del mondo naturale. Tuttavia trova una cornice teorica coerente nel momento in cui non è più considerata come espressione in senso stretto di proprietà oggettive della realtà, bensì come legata alla possibilità o meno di stabilire isomorfismi tra i modelli formulati da un osservatore e le sue esperienze osservative (Maturana, 1978). Se “contingenza” e “determinismo” possono essere considerati non come etichette da apporre a fenomeni naturali, ma come proprietà dei nostri modelli – un'ipotesi sui limiti dei nostri tentativi di descrivere il mondo – allora diventa possibile fare valutazioni, caso per caso, sulla pertinenza e sulla portata di ciascuno di questi due fattori. Stabilire se un processo è deterministico o contingente diventa pertanto una scelta di pertinenza descrittiva: riguarda quale modello teorico è più efficace descrittivamente – invece che oggettivamente vero – in un certo contesto di indagine, e quale permette le esperienze empiriche più interessanti (Bich et al., 2010).

In generale, una descrizione scientifica assume una componente deterministica – valida entro certi limiti - come garanzia della presenza di una relazione tra fenomeni, stati, eventi che costituiscono gli elementi della descrizione: una relazione in grado di conferire al modello un certo potere predittivo. Al contrario, contingenti sono quei fenomeni (o elementi della descrizione) che non possono essere inclusi in una catena causale deterministica. Pertanto implicano dei limiti oltre i quali un approccio esclusivamente deterministico fallisce.

Sempre più spesso quelli contingenti sono considerati tra i fattori indispensabili dei meccanismi che generano novità o varietà in natura, in combinazione con processi puramente deterministici (Bocchi e Ceruti, 1993). Un caso emblematico è costituito dall'impianto teorico della biologia molecolare di Jacques Monod, che combina un meccanismo strettamente deterministico con la variabilità evolutiva risultato di mutazioni genetiche puramente casuali (Monod, 1970).

Il caso più semplice di applicazione della nozione di contingenza è quello di un evento la cui origine può essere considerata come totalmente irrelata al fenomeno oggetto di studio, e pertanto accidentale dal punto di vista descrittivo: un evento, cioè, la cui origine non è inclusa nell'estensione iniziale del modello del sistema considerato. Casi esemplari di questa accezione "estensiva" della contingenza sono la collisione di un asteroide con la Terra - un fenomeno celeste che influenza profondamente il clima e la biosfera del pianeta - così come le ipotesi di un contributo extraterrestre all'origine della vita. Anche nel campo della storia umana l'idea di collisioni di catene causali o di interventi esterni (*deus ex machina* o decisioni individuali) sono stati spesso i principali argomenti a favore di una concezione non deterministica (Fergusson, 1999). In tutti questi casi il ruolo della contingenza può essere considerato - più che una caratteristica del fenomeno oggetto di indagine - come l'espressione dell'incapacità da parte di un osservatore di definire un meccanismo esplicativo deterministico comprensivo di tutte le dimensioni rilevanti del fenomeno. In principio, però, non c'è limite teorico alla possibilità di costruire descrizioni più comprensive attraverso una procedura di estensioni successive del modello.

Tuttavia vi è una classe molto ampia di fenomeni la cui evoluzione temporale è intrinsecamente imprevedibile a causa dell'alto numero di fattori implicati e della complessità dei meccanismi di regolazione, del ruolo di un contesto altrettanto se non ancor più complesso, così come di fluttuazioni statistiche. L'effetto della contingenza in questi casi non riguarda solo la possibilità o meno di predire in anticipo un fenomeno, ma il fatto stesso che guardando indietro all'evoluzione temporale di un sistema, in gran parte di questi casi non è possibile spiegare perché sia stato imboccato un certo percorso evolutivo invece di un altro. Questo tipo di contingenza è molto diffuso nel mondo biologico e non solo, basti pensare a tutti quei fenomeni detti "*frozen accidents*", soglie evolutive cruciali in cui un percorso particolare, che originariamente si è sviluppato in modo imprevedibile e senza un apparente vantaggio selettivo rispetto ad altri, si stabilizza e rimpiazza gli altri, costituendo così le condizioni iniziali per sviluppi futuri. Un esempio è dato dalla chiralità delle molecole organiche, che sul nostro pianeta sono presenti esclusivamente in una sola orientazione - levogira o destrogira - mentre combinazioni di entrambe le orientazioni sono riscontrabili nei campioni prelevati da meteoriti di origine extraterrestre. Un altro caso è costituito dagli *ex-attamenti* (Gould, 2002), inspiegabili in base a un modello basato sulla sola selezione, ma risultato di un complesso bilanciamento di fattori eterogenei che poco si presta a una modellizzazione in termini di catene causali deterministiche (Kauffman, 2000).

In tutti questi casi possiamo individuare una convergenza tra determinismo e contingenza, poiché modelli deterministici sostengono descrizioni contingentiste. Si tratta pertanto di un motivo ulteriore per rifiutare l'interpretazione di queste due nozioni

come proprietà della realtà in sé. Il fatto che strumenti deterministici diano origine ad effetti contingenti sembra rendere remota la possibilità di stabilire in modo netto se la realtà sia deterministica o contingente. Questo porta a pensare che essa non sia né l'una né l'altra cosa, ma che si tratti, piuttosto, di due nozioni appartenenti al dominio descrittivo dell'osservatore scientifico, il quale combina le due attitudini nel modellizzare le sue esperienze di interazione con il mondo naturale (Bich et al., 2010).

Ma prima di passare oltre è necessario porre in evidenza che la contingenza non riguarda solo eventi eccezionali e fenomeni puntuali che intervengono in catene causali temporali cambiando il corso della storia. Al contrario, costituisce un componente integrante e fondamentale di ogni descrizione scientifica.

Basti pensare, ad esempio, alla relazione tra la dinamica di un sistema ed i vincoli imposti su di essa - come ad esempio le sue *boundary conditions*. Questa relazione è onnipresente nei modelli dei fenomeni naturali e costituisce un'istanza di *causa contingente*, il vincolo, che si combina con la legge naturale. Così, un fenomeno banale come lo scivolamento di un oggetto su un piano inclinato non è modellizzabile a partire dalla sola descrizione dell'oggetto soggetto alla forza di gravità. Quando, come in questo caso, il comportamento del sistema considerato è sottospecificato all'interno del sistema stesso, deve essere fornita una descrizione alternativa supplementare in grado di fornire la specificazione mancante. In questo caso elementare il piano inclinato - un fattore estrinseco al sistema oggetto di studio, e che non è influenzato dalla dinamica che va a specificare - è assunto come prerequisito necessario alla descrizione del fenomeno.

Contingenza e determinismo sono entrambi profondamente radicati nelle nostre descrizioni, e si manifestano in modalità differenti a diversi livelli di analisi. Se tentassimo di attribuire al mondo uno *status* deterministico o contingente andremmo incontro a contraddizioni. Il mondo, infatti, ci apparirebbe per alcuni aspetti determinista e per altri contingente, a seconda degli strumenti descrittivi adottati. Riconsiderando questa opposizione come un problema euristico fondato su una cornice epistemologica costruttivista, possiamo invece trattarli scientificamente senza contraddizioni, sulla base di valutazioni di pertinenza ed efficacia dei modelli che stiamo utilizzando. È infatti una proprietà di un modello quella di supportare un impianto deterministico, contingentista o una combinazione dei due, il mondo non è né una né l'altra cosa.

2. Autopoiesi e cambiamento

La teoria dei sistemi autopoietici ha come obiettivo primario quello di caratterizzare l'unità vivente minimale comune a tutta la fenomenologia biologica. Perciò, è in primo luogo una teoria della permanenza. Costituisce un tentativo di definire cosa è invariante rispetto alla varietà delle differenti manifestazioni del vivente e alle dinamiche ontogenetiche e filogenetiche della vita. Allo stesso tempo però, ponendo al centro della propria prospettiva il carattere relazionale di ogni concetto o unità sistemica, si caratterizza in senso proprio come una teoria dell'interazione tra varianza e invarianza.

Questa teoria non si limita a confrontarsi con i problemi fondamentali del dominio biologico, ma ha una portata molto più ampia. Dal punto di vista epistemologico costituisce uno dei capisaldi dell'approccio costruttivista, dando un inquadramento rigoroso alle nozioni di osservatore, di operazioni di distinzione di un'unità sistemica e di definizione di un dominio descrittivo, così come delle possibili relazioni tra domini descrittivi differenti. Dal punto di vista teorico costituisce un punto di riferimento per le

nozioni di organizzazione, di sistema e di interazioni intersistemiche (cfr. Maturana e Varela, 1980; Varela, 1979; Maturana e Mpodozis, 2000; Bich, 2008; Damiano, 2009). Per ciò che riguarda la riflessione sul cambiamento, la teoria autopoietica fornisce un modello interessante dell'interazione reciproca tra *varianza* e *invarianza*. Lo fa attraverso la distinzione tra organizzazione e struttura, la procedura teorica che rende possibile la caratterizzazione di un'unità sistemica come entità processuale: caratterizzata sì da una sua specificità come sistema unitario, ma mai completamente definita al livello più alto, perché è sempre in corso di realizzazione da parte delle dinamiche che coinvolgono i suoi componenti, che la mantengono e producono costantemente. L'*organizzazione* costituisce la topologia di relazioni che definisce l'identità del sistema, il fattore descrittivo che permette ad un osservatore di identificarlo come membro di una specifica classe. La *struttura*, invece, costituisce la sua effettiva realizzazione nel dominio fisico. La loro distinzione enfatizza come un sistema, in particolare un organismo biologico, non sia totalmente definibile nei termini dei processi materiali – fisico-chimici – che lo producono, ma in base a come questi processi sono relati in modo da produrre e mantenere l'unità a cui appartengono e che allo stesso tempo li rende possibili.

L'organizzazione, uno schema relazionale astratto dalle dinamiche che lo realizzano - una nozione profondamente epistemologica - costituisce così l'elemento invariante della descrizione; quello a partire dal quale il sistema è identificato come tale. Nel caso del vivente, l'organizzazione autopoietica presenta una topologia chiusa - detta *chiusura organizzazionale* - che rende possibile l'autoproduzione e l'automantenimento del sistema come unità, come rete di processi che si producono vicendevolmente a partire da substrati provenienti dall'esterno. Essa specifica anche le sue possibili realizzazioni fisiche, così come il campo di possibili variazioni strutturali cui il sistema può essere sottoposto senza perdere la sua identità. In questo contesto la struttura costituisce l'elemento variabile della descrizione.

Un altro concetto rilevante per una riflessione sul cambiamento è costituito dalla nozione di *determinismo strutturale*, secondo cui la risposta del sistema a una perturbazione - esterna o interna che sia - è determinata dalla sua struttura in quell'istante - specificata dalla sua organizzazione: il cambiamento di un sistema non è inteso come specificato dalle proprietà intrinseche della perturbazione. Spostandoci di livello nel dominio relazionale in cui hanno luogo le interazioni tra sistema e ambiente, si ha un'interazione tra sistemi strutturalmente determinati, detta di *accoppiamento strutturale*, in cui entrambi i sistemi rispondono alle perturbazioni reciproche in base alle loro strutture interne, con la generazione di coordinazioni di comportamenti.

Per comprendere meglio l'idea di conservazione dinamica dell'organizzazione in presenza di cambiamento strutturale, in particolare nei sistemi viventi ad organizzazione circolare, è necessario ricorrere alla nozione di adattamento formulata da Jean Piaget: l'integrazione della perturbazione da parte di un'organizzazione sistemica (Piaget, 1967). In base al comportamento del sistema perturbato, Piaget distingue tra due forme di interazione con un significato di auto-regolazione o autostabilizzazione: quella di *assimilazione* e quella di *accomodamento*. Nel primo caso la presenza di un nuovo substrato metabolico proveniente dall'esterno non influenza la struttura del sistema: esso viene pertanto assimilato. Nel secondo caso, invece, si assiste ad una modificazione nei processi interni del sistema. La conseguenza è un riarrangiamento degli elementi della catena, senza che però venga modificata la topologia di quest'ultima, la sua organizzazione.

Ovviamente essendo quella di organizzazione una nozione epistemologica, l'invarianza organizzazionale è dipendente dal dominio descrittivo, dal livello di osservazione e dal punto di vista dell'osservatore. Dal punto di vista evolutivo, per esempio, possiamo

avere un cambiamento organizzazionale che pertiene il livello dell'identità di specie, senza per questo avere perdita dell'organizzazione autopoietica al livello dell'unità intesa come individuo biologico.

Parlando di specie, però, ci si sposta su un dominio diverso da quello metabolico autopoietico in senso stretto. Ci si colloca infatti nel dominio ecologico, dell'interazione di accoppiamento strutturale tra organismo e ambiente, in cui svolge un ruolo di importanza primaria la nozione di "nicchia" o, meglio, di "costruzione di nicchia" (Maturana e Mpodozis, 2000). L'organismo e quel sottosistema del suo ambiente con cui esso interagisce – l'intersezione tra i domini relazionali dei due poli della relazione ecologica – co-emergono in un'unità sistemica di ordine superiore costituita dalla nicchia. In altre parole la nascita di una nuova entità biologica, organismo o specie che sia, contribuisce alla riorganizzazione del suo *medium* attraverso la generazione di un nuovo componente funzionale in esso, la nicchia. In termini emergentisti si tratta del sorgere di un nuovo *campo relazionale* in cui termini e relazioni co-emergono e sono co-dipendenti (Lloyd Morgan, 1921).

È vero che l'idea di unità autopoietica è strettamente legata a quella di emergenza sincronica (Bich, 2008; 2012), una relazione gerarchica tra livelli di descrizione complementari, collocati in domini distinti ed irriducibili tra di loro ("non intersecanti", secondo la terminologia autopoietica): a) quello fisico-chimico *strutturale*, luogo della descrizione materiale del sistema; b) quello *organizzazionale*, di pertinenza di una descrizione in termini funzionali intesa come contributo alla dinamica unitaria, circolare, del sistema (Mossio et al., 2009); c) quello *interazionale* dell'unità sistemica in interazione con il suo ambiente. In questo caso la natura di componente a ogni livello è specificata *top-down* in relazione al dominio in cui esso è integrato, e di cui è espressione, con la conseguenza che le proprietà e le dinamiche caratteristiche di ogni dominio descrittivo non sono derivabili a partire da quelli sottostanti, cui non è pertanto ascrivibile uno status di "fondamentale".

Tuttavia la portata dell'impianto autopoietico non si limita alla sola dimensione gerarchico-sincronica. Quando è inserita in una dimensione multilivello che considera anche il ruolo dell'organismo nel co-emergere insieme al suo *medium* in un processo di portata più ampia, l'emergenza sincronica del vivente implica anche un'emergenza diacronica nella dinamica di cui è parte (Bich e Bocchi, 2011). Riprendendo la riflessione autopoietica sui processi storico-evolutivi: "*The living system does not encounter a preexisting niche because it appears with its living, and it does not see or relate to a preexisting medium because it does not encounter the medium beyond that which appears in the realization of its niche*". [...] "*Both in the ontogeny and the phylogeny of living systems, living system and niche change together, and [...] indeed, living system and medium change together in a continuous becoming of the biosphere as an interconnected network of living and not living systems that operationally arises at every instant as a novel present*" (Maturana e Mpodozis, 2000). Estendere la teoria autopoietica al di fuori dei confini del metabolismo del singolo organismo significa affrontare il problema della generazione di novità nel dominio ecologico e di un cambiamento effettivo che trascende la sola successione di stati per portare a riorganizzazione sistemiche. Si tratta di passare da un processo di cambiamento al cambiamento di un processo. In tal modo si apre la strada a un'analisi del rapporto tra continuità e discontinuità, così come del tempo del cambiamento.

È quindi il momento di esplorare più in profondità queste idee passando ad analizzare il cambiamento alla luce della nozione di emergenza.

3. Emergenza e processi di transizione: quale concezione del tempo?

L'idea di base di emergenza diacronica come inderivabilità consiste nell'impossibilità di dedurre i passaggi futuri di un processo a partire anche dalla più accurata descrizione possibile dei suoi *step* passati e presenti. Al fine di capire le implicazioni di questo limite descrittivo di principio - non relativo ad aspetti contingenti alla nostra capacità teorica e strumentale attuale di descrivere un processo - è necessario in primo luogo prendere in considerazione quali fattori possano cambiare nella descrizione di una dinamica temporale e dare origine ad una novità effettiva, cui sia applicabile l'etichetta di emergente.

La più semplice forma di cambiamento può essere individuata nella successione di *stati*, esprimibile nella forma di una relazione *input-output*: date delle regole di trasformazione, delle condizioni al limite e un certo valore iniziale - l'*input* - della variabile oggetto di studio, dopo una certa quantità di tempo la variabile assumerà un nuovo valore - l'*output*. Questo tipo di dinamica, ovviamente, non produce nessuna novità effettiva: tutto è già dato implicitamente nella descrizione iniziale.

Per poter concepire o esprimere dei cambiamenti effettivi in una dinamica è necessario focalizzare l'attenzione non semplicemente su degli stati che si succedono temporalmente, ma soprattutto su quei fattori - o *livelli informativi* (Rosen, 1985) - dei nostri modelli descrittivi che contribuiscono a definire la dinamica stessa, e che in una concezione del cambiamento come successione di stati sono assunti come invarianti:

- i) le *regole* di interazione;
- ii) le *condizioni al limite*;
- iii) i *parametri* del sistema

La differenza tra modelli processuali che ammettono o meno una novità effettiva risiede nella possibilità della dinamica stessa di definire e/o modificare questi tre fattori (Rosen, 1985; Bich e Bocchi, 2011). Basti pensare alla differenza radicale tra l'azione dei vincoli - e quindi delle condizioni al limite - nel caso del piano inclinato e in quello dell'ambiente interno generato da un organismo. Nel primo caso le regole di interazione sono prefissate, così come le proprietà dell'oggetto, e le *boundary conditions* - rappresentate dal piano inclinato - sono esterne e non sono influenzate dalla dinamica che vanno a vincolare: tutti e tre i *livelli informativi* sono estrinseci gli uni agli altri e non sono modificati dalla dinamica cui prendono parte.

Le cose cambiano quando questi *livelli informativi* non sono strettamente separati, ma sono in interazione reciproca. Nel secondo esempio l'ambiente interno dell'organismo è costantemente auto-realizzato e auto-mantenuto, ed ammette un certo grado di cambiamento. La costituzione di un sistema vivente autonomo e separato dal suo ambiente stabilisce, infatti, un nuovo contesto interno, generando così esso stesso almeno una parte delle condizioni al limite per le sue dinamiche metaboliche. Il metabolismo poi produce nuovi tipi di componenti i quali si comportano in modi diversi, definendo così nuove regole di interazione che, a loro volta, possono modificare alcune delle proprietà dell'ambiente interno stesso. In questo caso i tre livelli informativi non possono essere considerati come estrinseci e indipendenti, ma sono *co-definiti*. Di conseguenza il loro cambiamento richiede l'elaborazione di nuovi modelli. In altre parole, l'azione del sistema sui suoi stessi vincoli definitivi - incarnati dalla sua organizzazione - pone dei limiti di principio alla possibilità di modellarla.

L'indipendenza e la segregazione dei livelli informativi e degli elementi che partecipano a una dinamica da una parte può rivelarsi utile nel modellizzare e controllare il comportamento di sistemi sufficientemente semplici: in questi casi il cambiamento in un fattore della descrizione non influenza gli altri, e l'interazione tra

elementi non definisce né cambia le loro proprietà. Dall'altra parte esso fallisce nel descrivere il carattere distintivo delle dinamiche integrate e trasformative di sistemi complessi come quelli viventi, e nel rendere conto di processi generativi di un qualsiasi tipo di novità effettiva, che non sia riducibile a un mero riarrangiamento di elementi.

Un approccio sistemico, invece, deve proprio partire da questi due problemi. Il concetto di emergenza costituisce lo strumento teorico ed epistemologico per affrontarli. L'emergenza di nuovi livelli integrativi genera anche nuove dinamiche: nuove *boundary conditions*, nuove regole di interazione e nuovi elementi che ne permettono la modellizzazione. E la novità non riguarda solo le dinamiche del sistema così formato, ma anche quella più comprensiva di cui il sistema è parte integrante. Ogni emergenza si caratterizza quindi come un nodo in cui si incontrano l'asse sincronico e quello diacronico. Le nuove entità, infatti, introducono nuove proprietà relazionali al livello superiore dei loro contesti ambientali e, così facendo, contribuiscono alla modificazione della dinamica più comprensiva che li coinvolge: stabiliscono nuovi livelli di integrazione che generano nuovi vincoli sistema/ambiente.

Dai punti di vista teorico ed epistemologico l'idea che elementi, dinamiche e contesto siano co-definiti, ha come conseguenza che ogni cambiamento in uno dei tre livelli informativi innesca delle riorganizzazioni globali: nuovi componenti rilevanti e nuove dinamiche interne ed esterne al sistema considerato. Perciò i nuovi comportamenti osservati non sono più deducibili a partire dalle regole che erano pertinenti prima della riorganizzazione.

Un'idea di cambiamento effettivo ci è fornita da alcune tra le riflessioni sui processi di transizione (Kauffman, 2000; Knoll e Bambach, 2000), le quali prendono in considerazione non solo l'apparizione di nuovi elementi nel corso della storia naturale, ma anche le modificazioni dei processi stessi che li coinvolgono. Non si tratta solo di salti improvvisi tra diverse regioni di uno spazio di possibilità predefinito e dato, ma dell'emergere di traiettorie genuinamente nuove che ridefiniscono nuovi spazi di possibilità. Prendiamo ad esempio il concetto di *megatraiettoria* evolutiva (Knoll e Bambach, 2000), una variante del modello delle grandi transizioni evolutive (Maynard Smith e Szathmáry, 1995). L'idea di base è che ad ogni grande scarto nella storia della biosfera - dall'emergenza della vita alla diversificazione dei procarioti, dalla nascita della cellula eucariote a quella della multicellularità, e così via - si assiste alla nascita di dinamiche radicalmente nuove, in cui gli elementi in gioco, così come le relazioni con l'ambiente, sono qualitativamente differenti. Nella storia naturale, quindi, non si assiste solo a degli scarti temporali, segnati da fenomeni di emergenza, ma queste transizioni causano delle riorganizzazioni che danno origine a nuove traiettorie evolutive caratterizzate da regole ed entità in gioco differenti.

Questa forma di cambiamento costituisce una sfida alle nostre capacità di modellizzazione, e porta con sé una specifica idea di processo naturale. Se una proprietà o una dinamica non può essere dedotta a partire dal suo antecedente temporale, ma richiede la formulazione di nuovi modelli, si assiste a una frammentazione diacronica nel nostro dominio descrittivo: una *frammentazione del dominio di validità temporale dei nostri modelli* (Bich e Bocchi, 2011). Da questa prospettiva, il processo naturale nella sua globalità può essere considerato come una *successione di discontinuità relazionali emergenti*: una forma discontinua di temporalità creativa.

Siamo abituati a riconoscere una certa discontinuità nella dimensione sincronica tra i domini fisico, biologico, cognitivo e sociale, specialmente nel dibattito sull'emergenza. Non solo, l'importanza della discontinuità è stata riconosciuta in varie forme anche nei processi naturali, sia in cosmologia che nella teoria dell'evoluzione (Gould, 2002; Bocchi e Ceruti, 1993; Kauffman, 2000). Tuttavia è necessaria una precisazione. Dal punto di vista dell'emergenza intesa come non deducibilità, la discontinuità ha una

portata radicale. Non va interpretata solo come una differenza nei ritmi di trasformazione, opposta a una visione gradualista, ma come una ridefinizione qualitativa delle dinamiche stesse. Perciò non si tratta di un problema legato alle scale temporali dei nostri modelli ma di una forma di “frammentazione” del loro dominio di validità temporale: un cambiamento di ordine logico superiore.

Con la generazione di situazioni qualitativamente nuove ciò che emerge ad ogni passo creativo di un processo naturale discontinuamente emergente è ciò che possiamo definire come un “nuovo presente”, caratterizzato da un nuovo campo relazionale la cui descrizione richiede la formulazione di modelli specifici. Questo aspetto è particolarmente evidente nel dominio biologico (Maturana e Mpodozis, 2000).

Questo *nuovo presente* è caratterizzato da una certa “estensione” o “epocalità” (Bich e Bocchi, 2011), poiché ad esso può essere attribuita una durata: un aspetto che ricorda, seppure in un diverso dominio, l’idea fenomenologica di “*specious*” o “*extended present*”, ripresa e approfondita da Varela nelle neuroscienze (Varela, 1999). Questa durata è specifica per ogni presente epocale, e la sua estensione può essere definita sulla base della validità dei nostri modelli o, in altre parole, sulla base dell’intervallo di invarianza dei livelli informativi che li caratterizzano.

La natura di ogni *nuovo presente* dipende dalle caratteristiche specifiche del dominio di investigazione, così come dal livello gerarchico preso in considerazione. Allo stesso modo, si può affermare che anche la relazione tra continuità e cambiamento dipende dalla posizione dell’osservatore. Infatti, confinandoci all’interno di un singolo *presente epocale* – il dominio di permanenza di uno specifico campo relazionale – la dinamica temporale non ci appare come creativa, perché i livelli informativi che la caratterizzano rimangono costanti. Se ci posizioniamo, invece, su un meta-livello da cui possiamo prendere in considerazione un processo che contiene più di una singola “epoca”, il cambiamento appare sia creativo che discontinuo: esso assume la forma di una successione di nuovi presenti o campi relazionali.

La concezione stessa del tempo assume così una valenza epistemologica, ma come si caratterizza, in una prospettiva discontinuista come questa, la relazione tra il presente epocale, il suo passato e il suo futuro? Parlare di discontinuità non significa necessariamente negare ogni forma di relazione tra *step temporali*, ma implica sicuramente un modo specifico di considerare questa relazione, differente da una mera successione o da una catena causale e più simile, invece, a una rete che si ridefinisce continuamente. Ogni nuovo *presente epocale* è dipendente dal suo passato, da cui emerge: vi è pertanto una componente di memoria. Il passato è infatti integrato nel presente sotto forma di vincoli, ereditati dagli *step* precedenti. Si pensi ad esempio ai già citati *frozen accident* evolutivi.

Ciononostante, a causa della condizione di non deducibilità, i passaggi derivativi dal presente al passato sono preclusi, così come quelli verso il futuro. La relazione tra diversi momenti separati da transizioni emergenti non è, quindi, quella caratteristica di una catena lineare. Ogni presente non costituisce l’anello di una catena, con una relazione diretta con un passato e un futuro univoci. Piuttosto, esso può essere considerato come un nodo temporale la cui emergenza riorganizza il suo passato e il suo futuro come orizzonti di possibilità (Bich e Bocchi, 2011). Ogni nuovo presente quindi ricrea passato e futuro fornendo i vincoli per la costruzione delle loro dinamiche possibili.

4. Conclusioni: un'euristica della discontinuità

Nella sua dimensione diacronica l'emergenza supporta un impianto teorico-epistemologico che fa perno sulla nozione di discontinuità. Implica una concezione del tempo radicalmente differente da quello isotropo di tipo newtoniano: un tempo anisotropo, caratterizzato da momenti fortemente individualizzati in cui passato, presente e futuro si intrecciano in forma contestuale in ogni sistema complesso considerato. Come conseguenza richiede una metodologia e un'euristica differenti da quelle costruite su catene causali lineari di eventi.

Una specifica euristica è richiesta, in primo luogo, dalla collisione tra questo scenario epistemologico e quello su cui si basa una visione più "algoritmica" della scienza, basato su un uso estensivo dei modelli. Processi che coinvolgono sistemi complessi richiedono di spostare l'attenzione di uno o più livelli logici, dalle proprietà dei singoli modelli – di cui aumentare l'accuratezza o estendere la portata – all'interazione tra differenti modelli, i quali funzionano individualmente solo all'interno del loro dominio di validità: un "uso dinamico dei modelli" (cfr. Minati e Brahms, 2002).

Non solo, la prospettiva sul cambiamento delineata in questo articolo pone in risalto la rilevanza fondamentale di eventi che possono avvenire anche una sola volta – basti pensare ad esempio all'origine della vita - alterando però radicalmente il loro contesto di origine, e cancellando così le tracce della loro origine. Pensare questi processi di cambiamento come emergenti, nel senso della discontinuità e della non derivabilità, significa andare contro il cosiddetto "principio di continuità" (Morowitz, 1997). Esso stabilisce, come requisito per l'investigazione scientifica dei processi naturali, che gli eventi presenti portino la "firma" di quelli passati e sia possibile risalire a questi ultimi con una metodologia basata sull'extrapolazione dalle istanze attuali – seppure con i necessari accorgimenti.

Contraddire in modo più o meno profondo requisiti come quelli implicati dal principio di continuità, pone sì in risalto i limiti di principio della conoscenza scientifica, tuttavia non significa dover abbandonare la pratica scientifica. Al contrario, richiede l'implementazione di un'euristica specifica per processi complessi di questo tipo. Il ricorso a meta-livelli di modellizzazione mai esaustivi deve essere accompagnato dall'utilizzo di procedure ibride come a) un'analisi controfattuale (Fergusson, 1999), combinata con b) modelli contingentisti, che rompono la linearità delle catene deterministiche, irraggiando un reticolo temporale; e c) emergentisti, che pongono in risalto i passaggi in cui hanno luogo cesure effettive nelle relazioni tra i fattori - o livelli informativi - della descrizione del fenomeno oggetto di indagine.

Un campo di studi che si presta particolarmente all'implementazione di questa euristica è quello delle scienze dell'artificiale e, nello specifico, i sottodomini della biologia sintetica *wet* (biochimica) e della cognizione (intelligenza artificiale). Questi studi possono avere una rilevanza di portata generale per la concezione stessa della storia, perché possono mettere in atto a livello sperimentale quello che è sempre stato relegato al ruolo di esperimento solo mentale, ovvero il controfattuale storico.

La metodologia sintetica costituisce una possibile euristica della discontinuità storica, producendo forme di transizione nel campo dell'origine della vita e della cognizione, senza considerarle necessariamente i "veri" antecedenti di quelle attuali. In particolare, in uno scenario discontinuista ed emergentista del cambiamento, dove la connessione con il passato prende la forma di vincoli integrati nei passaggi successivi di un processo, questi studi possono assumere il significato di un'esplorazione di possibili mondi pre-biologici e pre-cognitivi che, per analogia, possono fornire informazioni su un sottoinsieme dei vincoli che la vita e la cognizione, nel corso delle loro trasformazioni, hanno dovuto soddisfare (Bich e Bocchi, 2011). Come tali, permettono la formulazione

di scenari ipotetici coerenti di processi di cambiamento i quali non sono ricostruibili a posteriori per derivazione di tipo algoritmico o tramite procedure di estrapolazione.

Riconoscimenti

Questo lavoro fa parte di una ricerca finanziata dal Ministerio de Ciencia y Innovación, España (Subprograma Juan de la Cierva) e dal Gobierno Vasco, Proyecto IT 505-10.

Bibliografia

- Bateson G., 1972. Steps to an Ecology of Mind. San Francisco, Chandler Publishing Co.
- Bateson G., 1991. A Sacred Unity: Further Steps to an Ecology of Mind (R.E. Donaldson Ed.). New York, Harper Collins.
- Bich L., 2008. L'ordine invisibile. Ripensare il vivente oltre la metafora computazionale. Ph.D. Dissertation, University of Bergamo.
- Bich L., 2012. Complex Emergence and the Living Organization. An Epistemological framework for Biology. *Synthese*, 185, pp. 215-232.
- Bich L., & Bocchi G., 2011. Emergent Processes as Generation of Discontinuities. In G. Minati, E. Pessa, M. Abrams (eds.) *Methods, Models, Simulations and Approaches Towards a General Theory of Change*. Singapore, World Scientific (in press).
- Bich L., Bocchi G. & Damiano L., 2010. An Epistemology of Contingency: Chance and Determinism at the Origin of Life. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 40, pp. 370-375.
- Bocchi G. & Ceruti M., 1993. *Origini di storie*. Milano, Feltrinelli.
- Damiano L., 2009. *Unità in dialogo*. Milano, Mondadori.
- Fergusson N., 1999. Virtual History: Towards a "Chaotic" theory of the past. In N. Fergusson, *Virtual History: Alternatives and Counterfactuals* (pp. 1-90). New York, Basic Books.
- Gibson J., 1979. *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates.
- Gould S. J., 2002. *The Structure of Evolutionary Theory*. Harvard, Harvard University Press.
- Kauffman S., 2000. *Investigations*. Oxford: Oxford University Press.
- Knoll A. H. & Bambach R. K., 2000. Directionality in the history of life: diffusion from the left wall or repeated scaling of the right. *Paleobiology*, 26(4), pp. 1-14.
- Lloyd Morgan C., 1923. *Emergent Evolution*. London, Williams and Norgate.
- Maturana H., 1978. Cognition. In P. M. Hejl, W. K. Köck, & G. Roth (Eds.), *Wahrnehmung und Kommunikation* (pp. 29-49). Frankfurt: Peter Lang.
- Maturana H. & Mpodozis J., 2000. The origin of species by means of natural drift. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73(2), pp. 261-310.
- Maturana H. & Varela F., 1980. *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living*. Dordrecht, Reidel Publishing.
- Maynard Smith E. & Szathmáry E., 1995. *The Major Transitions in Evolution*. Oxford W. H. Freeman Spektrum.
- Monod J., 1970. *Les hazard et la nécessité*. Paris, Seuil.
- Morowitz H. J., 1992. *Beginnings of Cellular Life. Metabolism Recapitulates Biogenesis*. New Haven, Yale University Press.

- Mossio M., Saborido C., & Moreno A., 2009. An Organizational Account of Biological Functions, *British Journal for the Philosophy of Science*, 60(4), pp. 813-841.
- Piaget J., 1967. *Biologie et connaissance*. Paris, Gallimard.
- Rosen R., 1985. *Anticipatory Systems*. Oxford, Pergamon Press.
- Varela F., 1979. *Principles of Biological Autonomy*. New York, North Holland.
- Varela F., 1999. The Specious Present: A Neurophenomenology of Time Consciousness. In J. Petitot, F. Varela, B. Pachoud & J.-M. Roy, *Naturalizing Phenomenology. Issues in Contemporary Phenomenology and Cognitive Science* (pp. 266-315). Stanford, Stanford University Press.