

Questa relazione si basa sulle moderne acquisizioni di diverse discipline scientifiche, che assegnano all'Informazione un ruolo centrale nell'evoluzione cosmica e biologica. La visione del mondo in cui viviamo cambia perciò radicalmente. Essa dà ora concretezza scientifica all'immagine già intuita da Teilhard de Chardin di un Universo formato da «*spontaneità elementari*», nel quale «*è necessario considerare un 'infinito' in più... quello della Complessità*».

Lo scritto del Dr. Guillermo Agudelo Murguía è di vasto respiro, riguarda la materia sia inorganica che organica, si sofferma in particolare sull'Informazione quantistica e sull'*entanglement*. Implica quindi una lettura attenta ed impegnata, ma indispensabile per cogliere la realtà in divenire nella sua più sottile, splendida filigrana.

f.m.

L'INFORMAZIONE NELLA EVOLUZIONE

di

Guillermo Agudelo Murguía¹

Presentiamo un modello di evoluzione basato sulla visione di Teilhard de Chardin, su recenti scoperte cosmologiche e sulla nuova teoria dell'Informazione. Il modello cerca di spiegare origine, funzionamento ed interazione delle energie "tangenziale" e "radiale" proposte da Teilhard de Chardin. L'**energia tangenziale** costituisce la materia e le forze che interagiscono con essa (gravità, elettromagnetismo, nucleare forte e nucleare debole). Questa energia elabora l'informazione a velocità elevata, ma ha relativamente poca capacità di memoria. In questo saggio chiameremo "**noetica**" l'**energia radiale**, e consideriamo la possibilità che essa sia l'energia definita **oscura** dai cosmologi. Questa energia elabora l'informazione lentamente, ma ha una grande capacità di memoria, trasporta i messaggi delle leggi della natura, tra cui quella proposta da Teilhard de Chardin, che spiega l'aumento di complessità nell'evoluzione e che, nei processi quantistici, struttura l'informazione.

Introduzione

È probabile che stiamo diventando testimoni di un nuovo approccio per la comprensione di come l'**Informazione** si è sviluppata dalla quantistica al biologico. Questo lavoro cerca di rispondere ad alcune delle questioni sollevate dalle nuove teorie e dalle recenti scoperte nel campo della scienza dell'informazione quantistica e biologica.

L'informazione è la componente trascurata o sottintesa in quasi tutti gli ambiti della scienza egemonica. L'informazione crea tutti i sistemi, così come i legami, le forze che li uniscono. Sia l'informazione quantistica che quella biologica operano sulla base di catene di elementi che nel combinarsi formano messaggi che vengono trasmessi attraverso strutture materiali e noetiche.

La tesi qui sostenuta, che l'Informazione è la base dell'evoluzione dell'universo, non è nuova. Nel libro *The Mind and the Brain* si afferma che secondo la visione della scienza egemonica che studia dal particolare il tutto, sia i profani che gli scienziati credono che il mondo sia fatto di piccoli frammenti di materia. Per loro, questo punto di vista non è corretto. Già nel 1930, il matematico ungherese John von Neumann sviluppò una versione della teoria quantistica, la quale postula che

¹ In <http://www.teilharddechardingrupodeestudio.org/index.php/component/content/article/3> lo scritto originale, nel sito collegato messicano.

Sul Dr. Guillermo Agudelo Murguía: cfr. <http://www.redcientifica.com/autores/gagudelo.html>

«il mondo non è costruito da pezzi di materia, ma da frammenti di conoscenza ...». Ma questo concetto venne rapidamente perduto con il trionfo del materialismo, che è stato incapace, malgrado si fosse imposto, di spiegare come emerge l'Informazione.

La relatività e la teoria quantistica sono stati i primi passi di una rivoluzione che agli inizi del XXI secolo rimane incompiuta. Per completare questa rivoluzione, per cambiare un paradigma che risale a Newton, in fisica, e a Darwin nelle scienze biologiche e sociali, si deve trovare un nuovo paradigma che unisca le conoscenze acquisite dalla fisica quantistica e dalla relatività. Esso però deve anche accettare le scienze emergenti che hanno dimostrato di studiare le leggi che controllano l'evoluzione cosmica, vale a dire l'evoluzione dell'inorganico e dell'organico.

La nuova teoria deve dire come l'Informazione si è sviluppata nella fisica quantistica, nella relatività, nella cosmologia, nella vita, nell'uomo e nelle società; deve contribuire a risolvere la questione se l'universo è destinato a produrre l'emergenza di strutture fisiche e cognitive ogni volta più complesse o se la nostra esistenza è solo la conseguenza di un illimitato numero di casi fortunati. Dovrà rispondere ancora a domande di questo tipo: se l'universo ebbe inizio col Big Bang o se questo fu solo la transizione da un universo che già esisteva. D'altra parte, la necessità di completare la teoria deve essere estesa non solo a tutte le scienze, ma anche alle basi filosofiche che hanno dato loro origine.

Definizioni

Tenuto conto della necessità di sintetizzare e che ogni definizione è incompleta, ai fini di questo lavoro sono usate le seguenti:

1. L'Informazione è la componente fisica che con la materia e l'energia costituisce la triade fondamentale dell'evoluzione, nello spazio-tempo, dell'universo. Essa si presenta in due forme fondamentali: Informazione **materiale** ed Informazione che chiameremo **noetica**, quella che contiene l'energia oscura. Entrambe le forme si manifestano in:

1.1 Informazione basica (Ib): istruzioni sufficienti affinché elementi o sistemi compiano le loro funzioni. Esige un mezzo per essere trasmessa e questo è l'energia o la materia. È funzione essenziale in ogni sistema e processo.

1.2 Informazione processata (Ip): la risposta che i sistemi danno alla Ib.

2. Complessità: proprietà intrinseca dei sistemi.

- È direttamente correlata con la quantità, la diversificazione e l'interazione degli elementi che compongono i sistemi e

- il suo incremento avviene secondo un'equazione non lineare ed in eventi neghentropici.

- è un continuum, e perciò non ha un opposto.

3. Evoluzione, processo base dell'universo.

- Il suo fine è quello di realizzare la massima complessità dell'universo basandosi sull'economia delle forme per contenere Informazione.

- inizia con il Qubit, sistema base dell'universo.

- si realizza fundamentalmente con l'integrazione dei sistemi.

- ha una componente con cui si fonde, l'adattamento.

4. Energia noetica, "radiale" od oscura. Si propone noetica, perché si riferisce alla visione pensante, alla ricezione diretta mediante il pensiero; noetica designa appunto una apprensione diretta che coglie in maniera immediata l'essere dell'elemento captato. Parmenide ha affermato che pensare ed essere è la stessa cosa. Energia noetica perché è la componente mentale dell'universo, la

quale interviene nella formazione delle leggi emergenti che con i loro messaggi indirizzano in maniera non deterministica l'evoluzione cosmica.

Leggi fondamentali

Molti fisici ritengono che l'esistenza dell'auto-organizzazione dipenda dalle leggi fondamentali. Ma perché l'universo è governato specificamente da un certo gruppo di leggi? La risposta a questa domanda può essere correlata alla finalità dell'universo. Le leggi fondamentali devono restare legate allo spazio, al tempo, al movimento e, naturalmente, si manifestano nei loro messaggi (informazioni di base, Ib).

In modo enunciativo, ma non limitativo, si possono considerare tre principi fondamentali per l'evoluzione dell'universo.

- a. **Legge di Complessità e dell'Informazione.** Principio costruttivo.
- b. **Seconda Legge della Termodinamica.** Principio distruttivo.
- c. **Legge di conservazione dell'energia.**

Informazione quantistica

L'Informazione quantistica ci dice che regole semplici danno origine a comportamenti complessi. Da circa 70 anni si conoscono le regole della meccanica quantistica, ma solo ora si stanno conoscendo i principi di alto livello necessari per comprendere l'Informazione quantistica e per formalizzare i principi che la governano. Attualmente, tutto si concentra sulle applicazioni tecnologiche utili, dal "teletrasporto", dalle chiavi criptografiche fino agli algoritmi per i futuri computer meccanico quantistici, anche se questa tecnologia non ci porta più vicini alla comprensione dell'informazione quantistica. In questo lavoro daremo un breve sguardo alle ricerche sull'informazione quantistica che cercano di coglierla nel suo più profondo significato.

Una visione approfondita della teoria dell'informazione quantistica ci permette di rilevare che l'universo elabora le informazioni con due tipi di componenti:

- **La materia**, estremamente dinamica, vi opera come un processore parallelo di alta velocità, a circa 10¹⁴ hertz e con una memoria di 10⁹² bits.
- **L'energia oscura** che chiamiamo qui noetica e che sembra quasi statica, agisce come un processore seriale di bassa velocità, minore di 10-18 hertz e con una grande memoria di 10.123 bits.

Insieme, queste componenti hanno eseguito tutte le operazioni indicate dalle leggi della fisica, così come dalle leggi che da queste derivano. Però si fa notare che questo elaboratore di informazione si è evoluto, dato che dal Big Bang la sua complessità è aumentata in modo inversamente proporzionale alla temperatura. La materia, oggi molto dinamica, era un elaboratore lento, perché era richiesta molta più energia per trasportare i bits di informazione.

L'evoluzione cosmica, di cui fa parte l'evoluzione biologica, si realizza sostanzialmente attraverso l'integrazione dei sistemi. Questa integrazione è di due tipi. Quella materiale, nei sistemi fisici, in cui gli elementi di unione sono forze (energia) che trasportano i messaggi, e l'integrazione quantistica dell'energia oscura nei sistemi noetici.

L'Informazione e i buchi neri

Per i fisici che analizzano l'universo in termini di bits e qubits, tutti i sistemi fisici sono elaboratori di informazione, da una roccia alla bomba atomica o alle galassie. Le particelle elementari immagazzinano bits di dati, e ogni volta che queste particelle interagiscono, questi bits si trasformano. Tale maniera di intendere la profonda natura delle cose è stata applicata alla cosmologia, alla fisica delle particelle, alla scala fine della struttura dello spazio-tempo, alla natura dei buchi neri, al comportamento dell'energia cosmica oscura, alle leggi estreme della fisica. Per il solo fatto di esi-

stere, tutti i sistemi fisici memorizzano informazione, ed evolvendosi dinamicamente nel tempo la elaborano.

L'informazione quantistica è centrale nello studio dei buchi neri, strutture previste dalla teoria della relatività.

- Esiste una struttura atomica nella geometria dello spazio-tempo? L'entropia del buco nero può essere concepita esattamente alla stessa maniera dell'entropia della materia: come una misura dell'Informazione del movimento degli atomi?

- Quando si capisca la struttura atomica della geometria, diverrà ovvio perché l'area di un orizzonte [degli eventi] è proporzionale alla quantità dell'Informazione che nasconde?

La risposta alle domande che il noto fisico Lee Smolin solleva è dal nostro punto di vista un netto sì. La struttura di un buco nero, in generale dello spazio, è dettata dalla Informazione che la materia gli trasmette e a sua volta il movimento della materia è governato dall'Informazione che lo spazio-tempo gli fornisce. Pertanto l'Informazione soggiace alla materia e allo spazio-tempo.

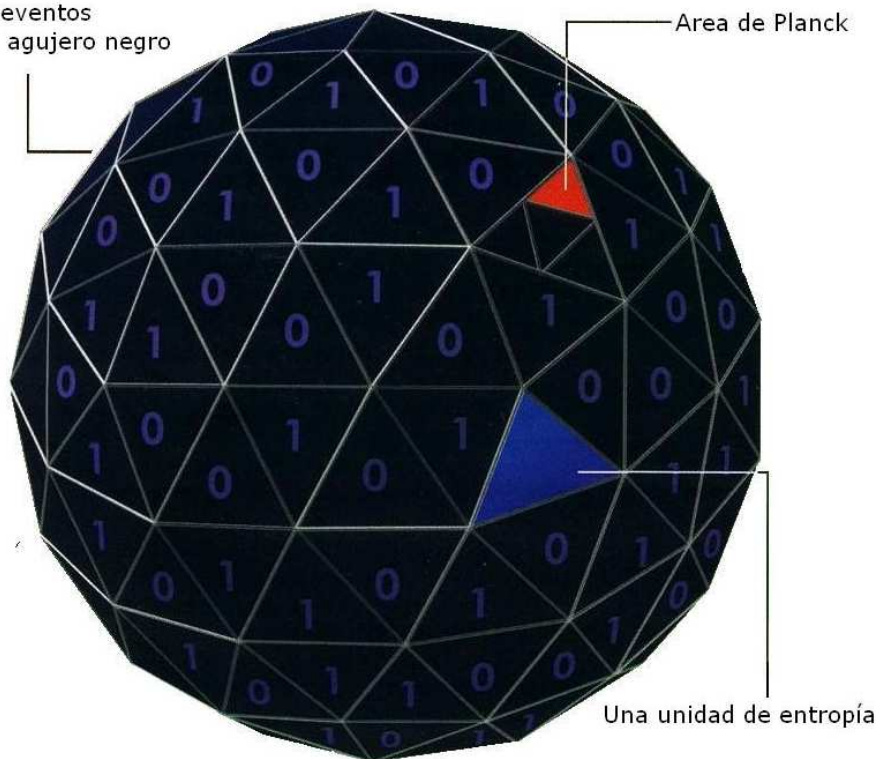
L'universo è discreto, non ci sono in esso elementi continui. Ciò significa che nel suo volume non vi può essere più Informazione del limite di cui stiamo parlando, che è una quantità finita per unità di area limite. Se così è, allora nessuna regione può contenere più di una quantità finita di Informazione. Se l'universo fosse continuo, allora ogni volume di spazio conterrebbe una quantità infinita di Informazione. In un universo continuo ci sarebbe bisogno di una quantità infinita di Informazione per precisare la posizione anche di un singolo elettrone. Questo perché la posizione è data da un numero reale e la maggior parte dei numeri reali richiede una quantità infinita di cifre per descriverli. Per descrivere la sua espansione decimale, ci vuole un numero infinito di frazioni decimali per scrivere il numero.

[Orizzonte degli eventi
del buco nero] →

Horizonte
de eventos
del agujero negro

Area de Planck

L'entropia di un buco nero è proporzionale all'area del suo orizzonte degli eventi (superficie dal cui interno non è possibile sfuggire, a causa della gravità del buco nero, nemmeno la luce). In conclusione, un buco nero che comprenda A aree di Planck avrà $A/4$ unità di entropia. (L'area di Planck, circa 10^{-66} cm² è l'unità quantica di superficie fondamentale, determinata dall'intensità della gravità, dalla velocità della luce e dall'entità dei quanti). Come se l'entropia, misura dell'informazione, fosse scritta sopra l'orizzonte degli eventi, sicché ogni bit (ogni 0 o 1 di codificazione digitale) corrisponderebbe a 4 aree di Planck.



(Fonte: Seth Lloyd e Y. Jack Ng, *Black Hole Computers* in 'Scientific American' Nov. 2004)

Il Qubit

Secondo gli studiosi dell'Informazione quantistica, la tendenza è quella di considerare che l'universo sia costituito da un sistema elementare chiamato Qubit. Esso è come un tetraedro la cui più piccola dimensione è la lunghezza di Planck (10^{-33} cm). Un Qubit è il sistema formato da una decisione binaria (1, 0), più l'energia necessaria per contenerlo. In tal modo è come un bit di informazione che sta sempre associato con il quanto elementare di energia. **I Qubits sono i mattoni noetici e materiali dell'universo.** Da essi si formerebbero le stringhe, che a loro volta formerebbero le particelle elementari, le quali a quanto pare costituiscono anche lo spazio-tempo. Pertanto tempo-spazio-materia / energia-Informazione sono gli elementi inseparabili che costituiscono l'universo. Come il bit, il Qubit, quale unità minima di informazione, ha due valori probabili l'**1** (uno/sì/ acceso) e lo **0** (zero/no/spento). A differenza del bit, il valore del Qubit può oppure no essere assoluto. Mentre il bit ha come valore 1 o 0, il **Qubit è definito come la sovrapposizione quantistica di 1 e 0.** **Un Qubit è conformato per quattro aree di Planck.** Queste sono davvero equivalenti in termini di rappresentazione ad un bit, cioè hanno due valori possibili e solo due modi di rappresentazione l'uno o lo zero.

Quali sono i gradi di complessità fondamentali? Gli atomi sono costituiti da elettroni e nuclei, i nuclei di protoni e neutroni, e questi di quarks. Molti oggi considerano che gli elettroni ed i quarks siano eccitazioni delle superstringhe, le quali - noi proponiamo - sono costituite da Qubits: in questo caso sarebbero, fino a questo momento, le entità più basilari. La risposta alla domanda è quindi: il grado minimo di complessità del sistema elementare dell'universo è il qubit, cioè la probabilità del bit inseparabile dalla energia che lo trasporta.

Le 2 energie

Teilhard de Chardin ha proposto due energie complementari, quella conosciuta dai fisici, e quella da lui chiama "radiale", da noi *noetica*, che trasporta Informazione basica, Ib. Quest'energia è probabilmente l'energia oscura dell'universo. Come già detto, la complessità dei sistemi è direttamente proporzionale alla sua Informazione e inversamente proporzionale alla temperatura. È così che nel Big Bang sarebbe richiesta un'enorme quantità di energia per trasportare un bit. Progressivamente, con la diminuzione della temperatura, la quantità di energia necessaria per trasportare informazione diminuì nella stessa proporzione. Attualmente si ritiene che l'Informazione abbia bisogno di una quantità minima di energia noetica per essere trasmessa.

L'energia-materia si evolve verso strutture sempre più complesse a causa dell'intima relazione dialettica determinata dalla energia-informazione, non solo per quanto proviene dall'agente immediato, ma per tutta l'energia-informazione del contesto. Questo processo si ripete a tutti i livelli dell'evoluzione, in una spirale in cui il feedback del rapporto dialettico tra le due energie si realizza non solo sincronicamente, ma anche diacronicamente. Gli elementi che in questo momento cooperano sono importanti quanto le storie che ognuna delle energie porta con sé.

Tuttavia, i sistemi materiali non possono continuare a ricevere informazione indefinitamente, cioè, la loro complessità può giungere fino a un certo grado. Quando i sistemi materiali sono arrivati a quel punto, la loro energia materia è influenzata in maggior misura dalla 2^a legge della termodinamica, secondo cui le strutture materiali tendono alla massima entropia. Invece **le strutture noetiche non sono assoggettate a questa legge, perché persistono nella loro tendenza all'ordine, alla complessità.** Questo perché tali strutture noetiche continuano a beneficiare dell'informazione liberata dalle strutture materiali nei loro processi entropici. Per questo motivo, anche il buco nero distrugge la materia nella sua totalità, in una sintesi finale di entrambi i sistemi, materiali e noetici, ma è in grado di elaborare, ordinare e poi eventualmente liberare l'informazione per una nuova spirale evolutiva.

Sulla base delle proposte del qubit e di quella di Harold Morowitz per il valore della energia trasportata da un bit di Informazione, si può definire l'Informazione contenuta in qualsiasi quantità di materia. Sorprendentemente, lo sviluppo che la fisica ha raggiunto negli ultimi trenta anni conferma molte delle proposte di Teilhard de Chardin, che offrono risposte chiare a questioni prima inabbordabili.

Sistemi

L'interazione tra tempo-spazio-materia/energia-Informazione avviene in un continuo nel quale si distinguono:

1. Sistemi noetici

Sistemi che, mediante particelle proposte dalle teorie unificate, come quella delle stringhe, trasportano l'informazione di campi quantistici (noosfera o energia oscura) a strutture materiali. Sistemi noetici quasi-statici dove l'Informazione si integra attraverso dei processi come la condensazione Bose-Einstein.

2. Sistemi fisici

Sistemi fisici prevalentemente messaggeri che trasportano l'informazione del loro mezzo ambiente e possono stare dentro o fuori i sistemi di cui fanno parte. L'elettrone e il fotone sono esempi di sistemi fisici messaggeri, mentre i virus e altre molecole organiche sono esempi di sistemi biologici messaggeri.

Sistemi fisici che non solo elaborano l'informazione, ma sono anche capaci di trasmetterla a differenti gradi. In generale, questi sistemi possono essere suddivisi in sistemi fisici soggetti a tempi cosmici e geologici, e sistemi organici soggetti a tempi biologici.

In realtà, come detto prima, è tutta questione di gradi, dato che l'Informazione è solo un continuo in costante evoluzione, correlato con l'evoluzione delle strutture che la trasportano e la elaborano. **L'Informazione produce nei sistemi l'auto-organizzazione**, che a sua volta promuove le proprietà di emergenza, irriducibilità e gerarchia, le quali sono universali nei sistemi complessi.

Auto-organizzazione

L'auto-organizzazione si realizza mediante l'Informazione e perviene ad un ordine che non solo dura nel tempo ma che si retro-alimenta diventando più complessa. Il feedback è una caratteristica crescente, direttamente correlata alla complessità dei sistemi. Quanto più un sistema è complesso, tanto più è capace di retro-alimentazione. Per esempio, il linguaggio è fra i sistemi più complessi che esistono, e la sua complessità si basa interamente sulla sua capacità di retro-alimentarsi. Gli scienziati di questa corrente sostengono che l'auto-organizzazione è la proprietà che i sistemi possiedono per ordinarsi. Tuttavia, il termine stesso di auto-organizzazione è discutibile. In effetti, i sistemi non si organizzano da se stessi, ma per mezzo dei loro contesti e delle leggi che governano sia i sistemi che i loro contesti. È l'Informazione posseduta dal sistema che gli permette o no di interagire con la nuova Informazione fornita dall'ambiente. L'universo stesso è un tutto organizzato nel contesto delle leggi della fisica. Per noi, è questa la sorgente della creatività biologica, non il caso. Modelli basati su genotipi che includono effetti collettivi e non lineari suggeriscono che l'evoluzione può essere vista come un processo in cui i sistemi si auto-organizzano. Una direzione importante di analisi è la ricerca delle leggi che regolano l'auto-organizzazione degli ecosistemi.

L'immagine dell'auto-organizzazione è quella di un vortice che ordina i fluidi e che inesorabilmente li gerarchizza in livelli di complessità crescente. Il comportamento complessivo a "spirale" ed auto-organizzativo del vortice è la risposta a leggi, principi e regole, e non al caso. Secondo l'approccio auto-organizzativo da parte della complessità, come l'acqua in condizioni appropriate crea un vor-

tice, così le leggi della fisica, della chimica, della biologia, ecc. creano nella materia proprietà auto-organizzative che, in condizioni appropriate, producono strutture più complesse.

Il darwinismo fa del caso la forza creativa dell'evoluzione. Tuttavia, il meccanismo darwiniano non accetta che il caso sia completamente fortuito in quanto introduce la selezione naturale come il limitante che determina le variazioni che forniscono i vantaggi biologici (contraddizione di termini: se il caso non è fortuito, non è caso, è imprevedibilità). L'immagine del meccanismo darwiniano è una serie di passi improduttivi che si fanno cercando di scalare una montagna (cfr. il libro di Richard Dawkins, *Climbing Mount Improbable*). La visione neo-darwinista è centrata sul ruolo del gene. In essa non c'è posto per l'auto-organizzazione.

L'auto-organizzazione non può manifestarsi in un sistema in stato di equilibrio. Per manifestarsi occorre uno stato denominato "neghentropico", che Ilya Prigogine qualifica come "distanza dall'equilibrio". Lo squilibrio è attività, l'equilibrio è riposo. Questo concetto deve essere inteso correttamente: sia l'uno che l'altro sono necessari.

Emergenza

L'emergenza si verifica quando i sistemi si integrano e l'universo si presenta come un processo evolutivo ordinato per strati, cioè in un sistema gerarchicamente organizzato e dipendente dal livello anteriore, a sua volta base del livello superiore.

Solo perché le stelle emersero e produssero le sostanze chimiche che formano le molecole inorganiche e queste le molecole che danno origine alla vita, questa poté emergere. Solo perché i procari produssero l'ossigeno della Terra primordiale, poterono emergere gli animali superiori. Solo perché i microrganismi crearono la serie base dei geni, delle combinazioni complesse successive permisero l'emergenza degli animali superiori e, infine, l'emergenza della coscienza umana.

Gerarchia

La stratificazione gerarchica controlla il potere della materia a svolgere funzioni di coerenza globale. Si verifica ad ogni livello della sua organizzazione, dalle particelle elementari al cervello. È il problema centrale dell'origine della vita, quando aggregati di materia (un gruppo o un insieme di cose od elementi diversi), che obbediscono solo alle leggi elementari della fisica e della chimica, cominciano a forzare le singole molecole nel senso di un comportamento funzionale collettivo.

Per esempio, nei sistemi organici, gruppi di cellule controllano la crescita o l'espressione genetica delle cellule individuali; anche gruppi di cellule si organizzano in numeri crescenti di sottogruppi, creando così delle gerarchie tra di loro. Il cervello sembra avere possibilità illimitate per nuovi livelli gerarchici di rappresentazione. In conclusione possiamo dire che la restrizione è ciò che determina l'organizzazione gerarchica. Già in altri lavori ci siamo riferiti alla gerarchizzazione come a gradi di libertà che i sistemi possiedono, che sono in relazione diretta con il loro grado di evoluzione e pertanto con la quantità di informazioni che sono capaci di elaborare e trasmettere.

Irriducibilità

I sistemi, come sistemi emergenti, non possono essere spiegati o ridotti semplicemente alla somma delle proprietà delle loro parti costituenti. Qui assume tutto il suo valore la nuova teoria dell'Informazione, perché **alle proprietà delle parti deve essere aggiunta l'Informazione** (forze) che li unisce per formare un tutto coerente con proprietà emergenti. È questa la peculiare caratteristica delle strutture emergenti. Al contrario, quando una struttura complessa si smembra in strutture del livello antecedente, si libera Informazione.

Le due entropie

Attualmente si considera che la **misura più appropriata dell'informazione contenuta nei sistemi sia l'entropia**. Ci sono **due concetti di entropia**, quello della termodinamica e quello dell'informazione di Shannon, che sebbene concettualmente equivalenti, presentano due differenze principali.

1. L'entropia di Shannon si riferisce solo all'informazione contenuta nel sistema in cui agisce. Applicata dagli ingegneri delle telecomunicazioni è espressa in bits ed è priva di dimensione.
2. L'entropia termodinamica di Boltzmann, usata dai chimici, è espressa in unità di energia divisa per la temperatura.

L'informazione di Shannon, della quale l'entropia ci dà la sua misura, si riferisce solo al sistema in cui opera. Così, le parti integranti di una scrivania hanno valore come tali se si possiede l'informazione che permette di montarla. Le parti del cassetto della scrivania, ci danno solo l'informazione relativa al cassetto.

Quindi l'informazione ottenuta dall'entropia di Shannon è molto minore dell'informazione fornita dall'entropia termodinamica di Boltzmann, perché di quest'ultima si può ottenere l'informazione contenuta a livelli più profondi delle strutture che formano lo scrittoio. La differenza tra le due entropie è l'informazione necessaria per costruire la scrivania a partire dagli elementi più minuscoli che si possono ottenere (atomi di carbonio, compresi i Qubits).

Non è possibile calcolare la capacità massima di informazione di un pezzo di materia o la sua vera entropia termodinamica, senza conoscere la natura degli ultimi costituenti della materia al suo più profondo livello, il Qubit. (Questa ambiguità non provoca problemi all'analisi termodinamica pratica, per esempio, a quella di un motore di automobile, perché si possono ignorare i quarks all'interno dell'atomo, che non cambiano di stato in condizioni relativamente moderate del motore).

La vita

Più o meno alla stessa epoca, sia Teilhard de Chardin che Alexander Oparin proposero una teoria molto simile per spiegare come è sorta la vita. Entrambi hanno convenuto che la radiazione solare abbia fatto sì che i gas reagissero per formare composti organici negli oceani primordiali. Questi composti continuarono a reagire fino a formare il cosiddetto brodo primordiale, il quale era costituito da aminoacidi, zuccheri, basi di acidi nucleici e altre molecole indeterminate.

Il ricercatore Marcelino Cereijido si aggiunge a questa corrente quando propone che l'emergenza della vita si spieghi come una combinazione di atomi eccitati dalla radiazione solare che produsse le molecole. Così la vita apparve sulla Terra perché i processi anzidetti diedero origine a un metabolismo prebiotico. Egli osserva che molte di queste reazioni sono state riprodotte sperimentalmente in laboratorio per produrre zuccheri, aminoacidi, nucleotidi e molte altre molecole, componenti fondamentali degli organismi viventi. Le reazioni prodotte in laboratorio spiegano la formazione delle grandi molecole, non della Vita, che dovette richiedere un'enorme quantità di energia e di Informazione, molto superiore a quelle necessarie per formare le macro molecole.

Mentre nello spazio un astronauta è esposto direttamente ai raggi cosmici, sulla Terra siamo protetti dall'atmosfera. Quando la radiazione primaria ad alta energia dello spazio colpisce gli atomi e le molecole nell'alta atmosfera, questi generano una pioggia di particelle subatomiche che formano delle sequenze di radiazione secondaria. La maggior parte di questa si assorbe nell'atmosfera prima di raggiungere la superficie terrestre, lasciando solo una "pioggerella" che attraversa senza pericolo i nostri corpi. Ora sappiamo che tale pioggerellina consiste principalmente di **muoni** (scoperti nello studio dei raggi cosmici) e **neutrini**. Approssimativamente, 20 raggi cosmici per cm^2 al secondo, raggiungono la parte superiore dell'atmosfera. A livello del mare, circa un raggio cosmico secondario arriva su ogni cm^2 . Per confronto, un grammo di sostanza radioattiva come il Radio, emette miliardi di particelle ogni secondo.

Sulla Terra primordiale, quando l'atmosfera non era ancora formata, la pioggia di muoni sulla superficie terrestre era molto più intensa. La loro interazione con le molecole creò quindi dei legami (informazione) che condussero all'integrazione di molecole come zuccheri, nucleotidi, aminoacidi ed altro, che alla fine formarono la cellula. Mentre **gli elettroni sono nei legami della materia inerte, i muoni sono nei legami delle molecole organiche, e formano quindi la cellula.**

Ma affinché i legami si realizzino è necessario che sussista l' "entanglement" nel contesto appropriato. L'informazione quantistica sta approfondendo il rapporto tra le unità di informazione quantistica e classica, secondo nuove modalità in cui l'informazione quantistica può essere elaborata, e l'importanza fondamentale dell' "entanglement": **proprietà che lega le connessioni sottili tra i sistemi e permette loro di accedere alla complessità.**

Sebbene generalmente si consideri l'entanglement come una proprietà che le particelle quantistiche possiedono oppure no, **tutte ce l'hanno in gradi diversi. Si tratta di una proprietà fisica quantificabile che permette di elaborare l'informazione. Quanto più entanglement è disponibile, più capace sarà un sistema di elaborare l'informazione quantistica.** Inoltre, i ricercatori hanno cominciato a scoprire le poderose leggi quantitative dell'entanglement che governano l'energia, che sono analoghe alle leggi della termodinamica e offrono una gamma di principi di alto livello per comprendere il comportamento dell'entanglement e per indicarci in quale maniera lo possiamo utilizzare nell'elaborazione dell'informazione. L'obiettivo primario della scienza dell'informazione quantistica deve essere quello di sviluppare dei principi generali, come le leggi dell'entanglement (leggi di informazione e complessità) che ci permettano di comprendere la complessità dei sistemi dal punto di vista quantistico.

Perché sussista il legame di idrogeno, ci deve essere l' "entanglement" tra un atomo di ossigeno legato a due atomi di idrogeno, producendo così la molecola d'acqua. Questa può essere raffigurata nella forma simile ad un tetraedro. L'atomo di ossigeno sarebbe nel cuore del tetraedro, mentre i due atomi di idrogeno punterebbero verso due dei quattro angoli e "due nuvole di elettroni", appartenenti all'atomo di ossigeno, nei due angoli rimanenti del tetraedro. "Le due nuvole di elettroni" hanno carica negativa e sono il risultato delle strutture atomiche dell'ossigeno e dell'idrogeno, nonché della forma con cui si combinano nella molecola dell'acqua.

L'ossigeno ha otto elettroni con carica negativa situati attorno al suo nucleo di carica positiva similmente agli strati della cipolla, due in uno strato interno e sei in quello esterno. Lo strato interno può contenere solo due elettroni, cosicché la sua capacità è al completo. Lo strato esterno può contenere otto elettroni. Succede che l'atomo di idrogeno ha un solo elettrone, di modo che l'ossigeno, quando si combina con due atomi di idrogeno, completa il suo strato esterno, mentre ogni atomo di idrogeno completa il suo primo strato con due elettroni, che condivide con l'atomo di ossigeno. È così che nasce l'usuale "legame covalente" della chimica.

L'atomo di carbonio ha la misura sufficiente di "entanglement" per consentirgli di associarsi ad una varietà di elementi per formare non solo molecole inorganiche, ma anche molecole organiche, prebiotiche. A loro volta, **queste molecole prebiotiche (aminoacidi, nucleotidi, zuccheri, ecc.) possiedono l' "entanglement" per integrarsi nella cellula mediante un legame muonico. I muoni hanno un'energia quasi 200 volte superiore a quella degli elettroni, di modo che l'informazione che possono trasportare è più complessa. Ciò segna la differenza tra il vivente e il non vivente.** Secondo Teilhard de Chardin, questa è una nuova forma di materia per un nuovo stato dell'universo.

La vita riceve l'energia-informazione originaria in forma di istruzioni endogene ed esogene, materiali (elettroni, muoni, virus) ed immateriali (memi). Queste istruzioni si conservano nella memoria, in strati temporali (campi quantistici), correlati con gli strati cerebrali, e in sintonia con ogni sottosistema dell'organismo. L'Informazione fornisce ai sistemi la caratteristica esecutiva che permette loro di obbedire ai messaggi con un certo grado di aleatorietà entro una gamma di possibilità, in rapporto ai loro gradi di libertà.

I virus come sistemi messaggeri di informazione per la vita

Nel secolo scorso si credeva che i virus fossero portatori microscopici di malattie, quantunque non si sapesse che cosa fosse un virus. Però l'interesse iniziale per i virus sorse dalla sua associazione con la malattia, compreso il termine virus, che viene dal latino venenum. Attualmente qualunque studio sulla vita e su come si è evoluta, condotto senza tener conto del ruolo che i virus vi hanno, manca di sufficiente rigore scientifico.

I virus conducono un tipo di vita presa in prestito, a motivo della loro dipendenza da cellule ospiti. Malgrado i biologi sostengano che i virus non sono altro che semplici contenitori chimici, questi sfruttano l'attività vitale delle cellule ospiti per determinare come gli acidi nucleici codificano le proteine. Indubbiamente, la biologia molecolare moderna si basa sulle informazioni acquisite mediante i virus. Alla maggior parte dei biologi molecolari non importa se i virus sono vivi o no. Altrimenti bisognerebbe esaminare se i singoli costituenti subcellulari hanno vita propria. Questo punto di vista fa sì che i virus vengano considerati come cause di infermità.

Si può pensare alla vita come ad una proprietà emergente da una serie di certe cose non viventi. Sia la vita che la coscienza sono esempi di sistemi complessi emergenti che richiedono un livello critico di complessità o di interazione per raggiungere i loro rispettivi stadi. Né i singoli geni virali né le cellule hanno vita propria. Una cellula alla quale sia stato tolto il nucleo è in uno stato simile a quello della morte cerebrale, perché manca di una completa complessità critica. Inoltre, il virus non è in grado di raggiungere la complessità critica. Così la vita stessa è uno stato complesso emergente, quantunque sia fatto con gli stessi mattoni fisici fondamentali che costituiscono il virus. Da questa prospettiva, anche se non totalmente vivi, i virus sono più che materiale inerte perché stanno al confine con ciò che è vivo.

Anche se alcuni enzimi virali riparatori rimuovono e re-sintetizzano il DNA danneggiato, correggendo danni esistiti da miliardi di anni, la maggior parte dei biologi evolutivi non attribuisce importanza ai virus nell'evoluzione, per il fatto che non sono vivi. Considerano i virus come parte dei geni ospiti che in qualche modo sfuggirono da questi e acquisirono uno strato proteico. In tale visione, i virus sono geni ospiti fuggitivi che sono degenerati in parassiti. Questa visione ignora i contributi che i virus dettero all'origine delle specie e al mantenimento della vita.

I virus scambiano direttamente informazioni genetiche con organismi viventi dentro la maglia della vita. Per la maggioranza dei medici e forse dei biologi evolucionisti è sorprendente che la gran parte dei virus conosciuti siano persistenti ed innocui, non patogeni.

Inoltre, il genoma di un virus, tutto il complemento del DNA o RNA, può essere estremamente utile, originando geni virali che contengono stirpi che alla fine potrebbero diventare una parte **critica** del genoma della specie ospitante. Pertanto, i virus hanno sicuramente meccanismi a effetti rapidi e diretti per trasmettere l'informazione esterna. **L'enorme popolazione dei virus li rende la principale fonte di innovazione genetica, per i loro rapidi ritmi di replicazione e mutazione, nell' "inventare" costantemente nuovi geni.** Geni singoli di origine virale possono spostarsi e trovare la loro strada all'interno di altri organismi contribuendo in tal modo al cambiamento evolutivo con l'informare sulle condizioni ambientali.

La vera essenza del virus è il suo concreto "entanglement" con il meccanismo metabolico dell'ospitante. Dagli organismi unicellulari sino alle popolazioni umane, i virus influenzano tutta la vita sulla Terra, determinando frequentemente ciò che sopravvivrà. Ma i virus stessi pure si evolvono. Nuovi virus, come l'HIV-1, causa dell'AIDS, possono essere le sole entità biologiche che i ricercatori sono realmente in grado di osservare al loro nascere, fornendo l'unico esempio di evoluzione in atto, in tempo reale. Indipendentemente dal fatto che si accetti oppure no che i virus abbiano la vita, è giunto il tempo di riconoscerli e di studiarli nel loro contesto naturale, all'interno

della rete della vita, come sistemi messaggeri essenziali nella biosfera, che si sono anche integrati ai genomi ed evoluti con loro nel tempo.

A mano a mano che i sistemi evolvono, ad ogni livello di complessità essi contengono in stato potenziale la totalità dell'informazione esistente al livello precedente. Così, ora, il genoma umano contiene in stato potenziale la totalità delle Informazioni che esistono in natura. Perché la natura è il nostro patrimonio originale. Quel che si intende dire esattamente è che la natura non sta soltanto attorno a noi, ma è anche dentro di noi, ecco perché c'è questa interazione essenziale, quantunque ignorata, fra tutto l'esistente sia materiale che immateriale.

L'Informazione in biologia

Quando studiamo la vita, ci rendiamo conto che **questa si produce e si sostiene grazie alla informazione. La sua trasmissione è simile a quella dell'informazione quantistica: messaggi che vengono trasmessi mediante lunghe stringhe di crescente complessità.** Ciò significa che i raggruppamenti di Qubits 1 e 0 danno luogo ad unità di maggiore complessità, che a loro volta sono raccolte in unità emergenti di maggiore complessità in un processo di ripetizione frattale. Nell'evoluzione, gli 1 e 0 sono arrivati a produrre le unità di nucleotidi che nel combinarsi contengono le istruzioni per la vita, così come i programmi di controllo per mantenerla ed adattarla alle mutevoli condizioni dell'ambiente.

Le istruzioni genetiche (Informazioni) per la sintesi delle proteine sono scritti in "parole" di tre lettere, chiamate **codoni**. Ogni codone specifica uno dei 20 aminoacidi o un segnale traduttore di arresto. Un tempo si supposeva che la collocazione di tali codoni e i loro significati aminoacidi fossero dovuti al caso, ma scoperte recenti l'attribuiscono alle regole (informazione) che governano la codificazione genetica, che è stata programmata in modo eccellente dalla natura per proteggere la vita da errori catastrofici e per accelerare la sua evoluzione.

Recenti ricerche indicano che affinché un organismo sopravviva e prosperi, deve ricevere una grande quantità di informazione regolatrice. Questa informazione consiste in messaggi codificati dai principi, dalle leggi e dalle regole emergenti che governano l'architettura e il comportamento degli organismi nella loro interazione con l'ambiente, in cui si adattano od evolvono.

L'ipotesi prevalente inclusa nel credo "un gene, una proteina", ha fatto pensare che i geni siano sinonimi di proteine. Un corollario era che le proteine devono essere gli agenti primari per regolare l'espressione o l'attivazione di geni, in base ai loro ruoli strutturali ed enzimatici nelle cellule. Questa conclusione deriva da studi condotti su batteri come l'Escherichia coli e altri procarioti (organismi unicellulari senza nucleo). Naturalmente questo è corretto solo per tali organismi. Solitamente, i ricercatori ritengono che le proteine rappresentano e controllano l'intera informazione genetica in funghi, piante e animali, cioè negli organismi classificati come eucarioti.

Jaques Monod universalizzò questo dogma, asserendo che «Ciò che è vero per l'Escherichia Coli, deve essere vero per l'elefante». Un numero crescente di prove dimostra amaramente che questo dogma è incompleto al fine di descrivere la biologia molecolare degli eucarioti. Quasi per confondere i ricercatori, una gran parte del DNA degli eucarioti sembrava irrilevante ai fini della produzione di proteine, di modo che i biologi avevano ipotizzato che questo fosse un materiale accidentale dell'evoluzione, "spazzatura", per usare il loro stesso termine.

Comunque, tutte **le nuove evidenze suggeriscono che questo "DNA spazzatura" ha quasi sicuramente il ruolo di codificare molecole di RNA, le quali disimpegnano una varietà di funzioni regolatrici.** I meccanismi genetici degli eucarioti, quindi, sono radicalmente diversi da quelli delle cellule semplici, procarioti. Questo nuovo approccio potrebbe spiegare perché la complessità strutturale e funzionale degli organismi non va in parallelo con il numero di proteine codificatrici dei geni. Forse abbiamo frainteso la natura della programmazione genomica. E quando si tratta di pro-

grammazione, si parla di un programma di regole e leggi che rendono questo programma congruente, il quale può essere stocastico, ma non casuale.

Perveniamo in tal modo alla conferma del principio semplificato della Complessità, enunciato da Teilhard de Chardin: «La complessità di un sistema è direttamente proporzionale alla quantità di informazione che controlla la sua architettura e il suo funzionamento».

La gerarchia dell'informazione negli organismi

Le variazioni dell'ambiente sono regolate da una costellazione di sistemi complessi. Tutti gli animali di grandi dimensioni sono assolutamente aerobici. Per noi troppo o poco O₂ significa disastro. Così, la nostra dipendenza da questo basilare nutriente esige l'utilizzo di meccanismi complessi di controllo a molteplici livelli di feedback, il che assicura non solo sufficiente O₂ corrispondente al bisogno dei tessuti, ma anche la protezione contro la tossicità di questo elemento. Reti distribuite e coordinate di strati multipli, con scale multiple di durata mantengono precise concentrazioni locali interne di O₂, nonostante le variazioni sia dell'offerta che della domanda.

Nell'azione dell'informazione negli organismi, si nota bene la gerarchia e l'auto-organizzazione quando si studiano i meccanismi che essi usano per sopravvivere. È così che l'Omeostasi deve essere integrata e regolata dall'Allostasi, che a sua volta è integrata e regolata dalla Homeorhesis.

Il concetto di Omeostasi non spiega di per sé l'adattamento dell'organismo alle diverse circostanze nelle quali si sviluppa. L'Omeostasi cerca solo uno stato di equilibrio interiore, i livelli sono stabiliti e l'Omeostasi riesce solo a mantenere i valori fisiologici all'interno di questi livelli, ma cosa accade quando l'organismo sperimenta un cambiamento non solo interno ma anche esterno? In tal caso è necessario l'adattamento dell'organismo, in cui si devono conservare non solo i valori fisiologici, ma anche i livelli ai quali questi obbediscono, devono entrare in azione processi in grado di mantenere una Omeostasi all'interno di un processo dinamico.

Il corpo umano è un organismo che è soggetto a modifiche non solo interne, pertanto deve essere capace di resistere e di adattarsi a questi cambiamenti nel miglior modo possibile. Mediante l'Allostasi, il corpo è in grado di "regolare" l'Omeostasi, di determinare i nuovi livelli entro i quali variano i valori fisiologici compatibili con la vita. A sua volta, la Homeorhesis comunica come il corpo è in grado di raggiungere questi nuovi valori determinati dall'Allostasi.

Sia l'Allostasi che l'Homeorhesis non sono processi "immediati", come potremmo considerare l'Omeostasi: di minuto in minuto il corpo deve rispondere a diversi stimoli, quali le variazioni di temperatura, per evitare di cadere in uno stato patologico. Ma quando si aggiunge un altro "stimolo nocivo" per l'organismo, in una condizione di temperatura inferiore alla media, il corpo deve spendere il doppio dell'energia per mantenere la temperatura e per cercare di correggere le conseguenze di questo nuovo "stimolo nocivo". Mediante l'Allostasi e l'Homeorhesis, il corpo amministra l'energia in maniera migliore riavviando nuovi livelli omeostatici, risparmiando in tal modo il dispendio di energia per il mantenimento della temperatura. (Come succede nelle popolazioni sottoposte a condizioni estreme di freddo ai poli).

L'Omeostasi è la proprietà dei sistemi fisiologici per sostenere la vita e si realizza in un numero limitato di sistemi come l'acidità (pH), la tensione di O₂ nel sangue, la temperatura o nei livelli sanguigni di glucosio, che sono veramente essenziali per vita e pertanto variano entro un intervallo di valori che mantengono ottimale lo stato fisiologico.

La Allostasi è la proprietà dei sistemi fisiologici di raggiungere una stabilità "attraverso" cambiamenti dell'ambiente. Questo processo regola l'Omeostasi, ossia cambia i punti ottimali degli intervalli per i processi che sostengono la vita. Esistono certi ormoni che agiscono come mediatori primari dell'Allostasi.

L'Homeorhesis è la proprietà dei sistemi fisiologici per ottenere i cambiamenti necessari dei tessuti del corpo al fine di mantenere uno stato fisiologico appropriato. A differenza della Omeostasi non

mantiene stabile uno stato "interno", ma si riferisce alla stabilità di un processo dinamico. Cioè, all'adattamento all'ambiente, modificando i tessuti quando i cambiamenti sono prolungati. I geni agiscono in parecchi modi, influenzando molte caratteristiche fisiologiche e morfologiche importanti per la sopravvivenza degli organismi. Le caratteristiche sono raggruppate in parametri di adattamento o valori selettivi sufficienti. Allo stesso modo, le fluttuazioni dell'ambiente possono combinarsi con un grado d'incertezza. I geni operano internamente e agenti esterni influenzano in maniera tale che quelli agiscano per influire sulle caratteristiche fisiologiche e morfologiche. Negli esperimenti, a causa delle loro differenze, si nota che la sensibilità organica di fronte a diversi tipi di informazioni (sostanze in sperimentazione) varia da individuo a individuo, come evidenziato dalla patogenicità. Questa sensibilità, che meglio potrebbe essere definita "ipersensibilità" è il modo in cui il corpo esprime il fatto di essere un sistema instabile, cioè un sistema in cui una piccola causa produce un grande effetto. Certamente, se l'organismo fosse un sistema stabile sarebbe insensibile. Anche l'organismo più sano è un sistema instabile e, quindi, al minimo stimolo (piccola causa) risponderà con energia (grande effetto).

Evoluzione e informazione

L'evoluzione è un processo dinamico non lineare e fra le sue caratteristiche vi è quella di produrre, mediante la lb, biforcazioni, periodi di ordine e di disordine, emergenza di nuove strutture e aumento di complessità.

Tenendo presente che l'energia è sempre inseparabile dalla informazione, dobbiamo affrontare, riguardo alla sopravvivenza, questo tema essenziale molto dibattuto, ma raramente compreso: chi sono i più adatti? Il flusso di energia può significare vantaggio nella cosiddetta lotta per la sopravvivenza; la complessità stessa può propiziare, in alcuni, la sopravvivenza. Quando si parla in termini vitali, come le provviste di alimenti necessari alla vita, sembra decisamente che l'incorporazione di energia-informazione sia correlata alla sopravvivenza. Con la complessità viene la biodiversità, ampliando così le opportunità per gli organismi di aumentare le loro probabilità di sopravvivenza e di riproduzione. Tuttavia con la complessità giungono anche la specializzazione e la vulnerabilità, perché ogni parte di un sistema complesso ha un compito particolare da eseguire, il che significa che la vitalità e l'adattabilità possono essere in relazione inversa con la complessità. Per esempio, la sopravvivenza di un mammifero dipende dal suo buon funzionamento, dalla coordinazione e dalla capacità esecutiva di molti organi di senso, ognuno dei quali possiede energia-informazione per lavorare individualmente e congiuntamente. L'esclusiva dipendenza alimentare del Koala dall'eucalipto rappresenta non solo un massimo di efficienza e di adattamento per il suo stile di vita, ma è anche un serio problema se il suo ambiente viene alterato. In breve, la specializzazione è una riduzione della complessità, perché limita l'informazione che il sistema acquisisce. Tuttavia, l'ambiente lasciato all'energia-informazione che gestisce la natura progetterebbe meccanismi che impedirebbero una drastica alterazione dell'ambiente, fino a che la saturazione di energia-informazione in tale ambiente provocherebbe un cambiamento entropico radicale. La radicalità di questo cambiamento si attuerebbe in forma inversamente proporzionale alla complessità degli organismi. Così i più specializzati avrebbero maggiori probabilità di scomparire. Allo stesso modo nella tecnologia, le macchine complesse sono intrinsecamente meno affidabili di quelle semplici; ciò implica che la complessità e la sua inevitabile specializzazione portano pure degli svantaggi; si confronti l'affidabilità di una presentazione con un pc di tecnologia all'avanguardia con quella offerta da una semplice lavagna luminosa. Uno dei più famosi paleontologi di mezzo secolo fa sosteneva che i generalisti non si sbagliavano quando dicevano che «la sopravvivenza è per quelli che sono relativamente specializzati». L'idea che i sistemi complessi sono più suscettibili di estinzione non ostacola la spinta dell'evoluzione verso la complessità, riconoscendo che, mal-

grado molti ne siano coinvolti, pochi saranno selezionati per essere immessi in nuovi percorsi verso alti livelli di densità di energia-informazione.

Quindi, i sistemi biologici si caratterizzano meglio per il loro comportamento coerente in quanto il mantenimento dell'ordine richiede dell'energia-informazione che permette loro un gran numero di reazioni chimiche sintetizzatrici e metabolizzanti, simili ad una pletora di elaborati meccanismi che controllano la misura e i tempi di molti eventi diversi. Inoltre, tali sistemi viventi si sono evoluti in passato entro ambienti ricchi di flussi di energia-informazione, ereditando così i mezzi per acquisire il flusso di energia richiesto attraverso processi metabolici. Le vie aperte all'evoluzione biologica sono circoscritte non perché esistano poche soluzioni, ma perché le risorse energetico-informative sono limitate.

La natura entropica dell'evoluzione biologica a livello funzionale è meno evidente che a livello strutturale. Ciò non significa che la vita violi la seconda legge della termodinamica, anche se spesso è quello che si crede. Sebbene gli organismi viventi realizzino localmente la diminuzione dell'entropia, lo fanno a spese del loro ambiente, aumentando l'entropia totale dell'universo.

Adattamento ed informazione

Per capire le esigenze di un piano adattativo genetico è necessario risolvere un dilemma apparente.

- Se la discendenza fosse il semplice duplicato dei membri più adatti della popolazione, la tendenza si conserverebbe ma non darebbe luogo a dei miglioramenti.
- Se la discendenza fosse il risultato di una semplice variazione casuale ci sarebbe un massimo di nuove varianti, ma sarebbe fatalmente ignorata la conservazione dei progressi già ottenuti.

Questo dilemma è aggravato da due realtà biologiche:

1. Nelle popolazioni costituite da organismi avanzati (vertebrati) non esistono due individui che abbiano cromosomi identici, nemmeno considerando molte generazioni successive (o tutte?).
2. In casi reali la gran parte delle possibili varianti (tutte le possibili combinazioni di alleli, non solo quelli osservati) sono incapaci di sopravvivere per produrre discendenza in ambienti imprevisi o estranei.

In conclusione:

1. I progressi nell'adattamento non sono conservati con la semplice duplicazione e
2. L'osservata mancanza di identità non può essere il risultato di una semplice variazione casuale, dato che l'estinzione ci sarebbe sicuramente in una sola generazione e che le varianti selezionate del tutto dal caso quasi certamente sarebbero sterili.

Per risolvere questo dilemma Holland sostiene che l'unica soluzione sta nel modo di porre e di risolvere due questioni strettamente legate al concetto di adattamento:

1. Come può un piano di adattamento "x" (in particolare, un piano per sistemi genetici) mantenere le parti utili della sua storia (in rapida crescita) insieme ai progressi già ottenuti?
2. Come può il piano adattivo "x" accedere e utilizzare la sua storia (la parte conservata) per aumentare la probabilità di varianti adattabili?

La risposta sta nell'azione di operatori genetici soggetti alle leggi che determinano il loro comportamento, dai livelli più semplici a quelli più complessi.

Conclusione

L'Informazione e la Complessità sono dunque due concetti strettamente correlati e dobbiamo concludere che più ampio è il sistema studiato, più complessità incontriamo. Dal che si deduce che l'evoluzione biologica sulla Terra è avvenuta negli ecosistemi o, meglio ancora, come un ecosi-

stema. Dobbiamo ammettere che anche quando la maggior parte delle specie era scomparsa, quando l'essere umano emerse, l'ecosistema globale era il più complesso fra quelli già esistiti. Pertanto, e d'accordo con Brian Swimme:

«Il futuro corre un pericolo crescente ad ogni specie che estinguiamo. Tolta di mezzo una loro parte significativa, le possibilità future saranno enormemente ridotte. La nostra ignoranza sulle dinamiche di questo mistero è fitta. Nulla si sa, sia in senso generale che specifico, sulle interazioni e sui processi che permetterebbero la naturale evoluzione del futuro.

Come Edipo, dobbiamo ammettere che siamo ciechi, pur avendo occhi. Si è cercato di vedere questo pianeta attraverso gli occhi dello sfruttamento industriale capitalista o socialista, ma ciò non è vedere. Gli occhi che si devono utilizzare per vedere la Terra sono quelli che ci sono stati dati da secoli di lavoro in matematica, fisica, chimica, biologia, astronomia, paleontologia, antropologia, ecc. Da questo punto di vista il nostro presente economico appare in discordanza con il contesto vitale del pianeta. I medici medievali, nella loro ignoranza, pensavano di poter curare i loro pazienti con i salassi. I paesi industriali, nella loro ignoranza, credono di poter curare il pianeta salassandolo. Entrambi dovrebbero essere giudicati come parecchio sconsiderati alla luce delle conoscenze scientifiche attuali».

È certo che tutte le potenzialità future sono ora racchiuse negli esseri che esistono sulla Terra. Nessuna specie, nessun individuo può essere ritenuto superfluo o non necessario per lo sviluppo che sta avendo luogo in questo momento, come non sono "spazzatura" i geni che non codificano proteine. Viviamo in un processo ampio e multiforme che ha richiesto circa 13 miliardi di anni di creatività dell'universo. È necessario acquisire un profondo rispetto per il potere intrinseco di auto-emergenza che ogni essere possiede. È da qui, e con questi poteri, che tutti i futuri destini della Terra saranno modellati. Noi siamo la dinamica evolutiva coscientizzata quando operiamo con la consapevolezza di cui hanno bisogno questi poteri creativi per essere chiamati a raccolta, difesi e alimentati dal timore, dall'ansietà che derivano dalla coscienza per il futuro delle nostre azioni.

Attraverso il divenire, milioni di specie sono scomparse dal sistema terrestre; la comunità attuale è più complessa, diversificata e intimamente intrecciata che in qualsiasi altro tempo. Il risultato globale di questa meravigliosa storia dell'emergenza della vita nel sistema terrestre è una storia di continua crescita nella grande complessità, diversità e comunità dell'essere. La vitalità di questo insieme complesso deve avere la precedenza su qualsiasi altra cosa. Anche se i processi umani possono comportare distruzione, questa deve essere tale da favorire le condizioni che permettono un'emergenza di vita ancor più diversificata. **Tutti gli obiettivi, le politiche e i valori devono partire dal consenso di tutta la comunità degli esseri di questo pianeta.** La comunità integrale, complessa, splendida e altamente differenziata è il risultato principale della lunga storia dello sviluppo della Terra. Dobbiamo permettere di lavorare ai principi dell'Informazione per ampliare questo risultato fondamentale, dobbiamo contribuire allo sviluppo di una comunità terrestre più ricca e più intimamente coesa.

Bibliografía

- ADAMS, Fred , Origins of existence. How life emerged in the universe, New York-London, The Free Press, 2002.
- AHARONOV, Yakir y M. Suhail Zubairy. "Time and the Quantum: Erasing the past and Impacting the Future" en Science, 11 de febrero de 2005, Vol 307 No. 5711
- ARANDA Anzaldo, Armando, En la frontera de la vida: los virus, México, SEP-Fondo de Cultura Económica, 2a. edición., 1995,
- AXELROD, Robert, The Complexity of Cooperation (Agent-based models of Competition and Collaboration), Princeton, Nueva Jersey, Princeton University Press, 1997
- AYALA, Francisco J., La naturaleza inacabada (ensayo en torno a la evolución), Barcelona, Salvat, 1987
- BEKENSTEIN, Jacob D., "Information in the Holographic Universe" en Scientific American, agosto 2003, vol. 289, No. 2
- BLANCK-CEREIJIDO, Fanny y Marcelino Cereijido, La vida, el tiempo y la muerte, México, SEP-FCE-CONACYT, 1992
- CHAISSON, Eric J., Cosmic Evolution. The Rise of Complexity in Nature, England, Harvard University Press, 2001
- CLARK, David P. y Lonnie D. Russell, Molecular Biology. Made simple and fun, Cache River Press, USA, 2000
- COUPER, Heather y Nigel Henbest, Big Bang (La historia del Universo), México, Autrey, 1998.
- DENNETT, Daniel C., Darwin's Dangerous Idea (Evolution and the meanings of life), Nueva York, A Touchstone Book, 1995
- DÍAZ, José Luís, El ábaco, la lira y la rosa. Las regiones del conocimiento, México, SEP-FCE-CONACYT, 1997
- FORD, Kenneth W., The Quantum World. Quantum Physics for Everyone, Londres, Inglaterra, Harvard University Press, 2004
- FOX, Karen C., The Big Bang theory, Nueva York, John Wiley & Sons, 2002
- FREELAND Stephen J. y Laurence D. Hurst, "La evolución codificada" en Scientific American Latinoamérica, Junio de 2004
- GLEICK, James, Chaos (Making a New Science), Nueva York, Penguin Books, 1988
- GÓMEZ Marín, Edgar, Esto es Caos, México, ADN/Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 1995
- GREGERSEN, Niels Henrik (editor), From Complexity to Life, Oxford, Oxford University Press, 2003
- GRIBBIN, John, Q. is for Quantum (An Encyclopedia of Particle Physics), Nueva York, A Touchstone Book, 1999
- HACYAN, Shahen, Del mundo Cuántico al Universo en Expansión, México, SEP-FCE-CONACYT, 1994
- HACYAN, Shahen, Los hoyos negros y la curvatura del espacio-tiempo, México, SEP-FCE-CONACYT, 1993
- HAWKING, Stephen W., Historia del Tiempo (Del Big Bang a los agujeros negros), México, Crítica, 1988
- HEY, Tony y Patrick Walters, The New Quantum Universe, Cambridge, Massachusetts, Cambridge University Press, 2003
- HOLLAND, John H., Adaptation in natural and artificial systems (An introductory analysis with applications to biology, control and artificial intelligence), USA, Bradford Book-MIT Press, 1995
- HOLLAND, John H., El orden oculto. De cómo la adaptación crea la complejidad, México, Fondo de Cultura Económica, 2004
- KAUFFMAN, Stuart A., The origins of order (self-organization and selection in evolution), Nueva York, Oxford University Press, 1993
- KAUFFMAN, Stuart, Investigations, USA, Oxford University Press, 2000
- KNOLL, Andrew H., Life on a young planet, Princeton and Oxford, Princeton University Press, 2003
- KONDEPUDI, Dilip y Ilya Prigogine, Modern Thermodynamics (From Heat Engines to Dissipative Structures), Inglaterra, John Wiley & Sons, 1998
- KWIATKOWSKA, Teresa y Ricardo López Wilchis, Ingeniería Genética y Ambiental, México, Plaza y Valdés-CONACYT, 2000

LEAKEY, Richard y Roger Lewin, *The Sixth Extinction. Biodiversity and its survival*, Gran Bretaña, Phoenix Paperback, 1999

LLOYD, Seth y Jack NG, "Black Hole Computers" en *Scientific American*, noviembre 2004, vol. 291

MAHLON Hoagland, y Bert Dodson, *The Way life works*, Nueva York, Three Rivers Press, 1998

MASTERPASQUA, Frank y Phyllis A. Perna (editores), *The Psychological Meaning of Chaos*, Washington, DC, American Psychological Association, 1998.

MATTICK, John S., "The Hidden Genetic Program of Complex Organisms" en *Scientific American*, Octubre de 2004

McGUIRE, Bill, *A Guide to the End of the World*, Oxford, Oxford University Press, 2002

MOROWITZ, Harold J., *The emergence of everything, USA*, Oxford University Press, 2002

MCKIBBEN, Bill, *El fin de la Naturaleza*, Barcelona, Grupo Zeta, 1990

NICOLIS, Grégoire y Ilya Prigogine, *Exploring Complexity (An Introduction)*, Nueva York, W. H. Freeman and Company, 1998

OMNÈS, Roland, *Quantum Philosophy (Understanding and Interpretating Contemporary Science)*, Princeton, Nueva Jersey, Princeton University Press, 1999

PEAT, F. David, *Synchronicity (The Bridge Between Mater and Mind)*, Nueva York, Bantam Book, 1987

PÉREZ Ransanz, Ana Rosa, *Kuhn y el Cambio Científico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999

PIAGET, Jean, *Biología y conocimiento*, México, siglo veintiuno editores, 13a. edición, 2000.

PRIGOGINE, Ilya, *¿Tan solo una ilusión? Una exploración del caos al orden*, Barcelona, Tusquet Editores, 4ª ed., 1997

PRIGOGINE, Ilya, *The End of Certainty (Time, Chaos, and the New Laws of Nature)*, Nueva York, The Free Press, 1997

QUAMMEN, David, *The Song of the Dodo (Island Biogeography in an age of extinction)*, Nueva York, Touchstone Book, 1997

ROWAN-ROBINSON, Michael, *Cosmology*, Oxford, Clarendon Press, 3ª ed., 1996

SCHWARTZ, M. D., y Sharon Begley. *The Mind and the Brain. Neuroplasticity and the power of Mental Force*. Harper Collins. New York. 2002.

SIEGFRIED, Tom, *The Bit and the Pendulum*, Nueva York, John Wilwy & Sons, 1999

SIMMONS, Geoffrey, M.D., *What Darwin Didn't Know*, USA, Harvest House Pub., 2004

SINGH, Simon, *Big Bang. The Origin of the Universe*, USA, HarperCollins book, 2004

SONTAG, Eduardo D., *Some New Directions in Control Theory Inspired by Systems Biology*, Department of Mathematics, The State University of New Jersey, USA

STEWART, Ian, "Self-organization in evolution: a mathematical perspective" en *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. The Royal Society, London 2003

STEWART, Ian, *¿Juega Dios a los dados?. La nueva matemática del caos*, Barcelona, Drakontos-Crítica, 2001, 443 págs.

SWIMME, Brian y Thomas Berry, *The Universe Story*, Nueva York, Harper Collins, 1992

SWIMME, Brian, "The New Natural Selection" en *Teilhard in the 21st Century. The Emerging Spirit of Earth*. Arthur Fabel y Donald St. John Editores. Orbit Books, New York 2003

TEILHARD de Chardin, Pierre, *The Human Phenomenon*, Brighton-Portland, Sussex Academic Press, 1999

THEYS, Jacques y Bernard Kalaora (compiladores), *La tierra ultrajada: Los expertos son formales*, México, Fondo de Cultura Económica, 1996

VILLARREAL, Luis P., "Are Virus Alive?" en *Scientific American*. Vol. 291, No 6, diciembre de 2004

VON BAEYER, Hans Christian, *Information. The New Language of Science*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 2004

WEINBERG, Steven, *The First Three Minutes (A modern View of the origin of the Universe)*, Nueva York, Basic Book, 1993

WOLFRAM, Stephen, *A new kind of science*, USA, Wolfram Media, 2002

ZOHAR, Danah, *The Quantum Self (Human nature and consciousness defined by the new physics)*, Nueva York, Quill/William Morrow, 1990