

LA FORMULA DELL'EVOLUZIONE

Piergiorgio Odifreddi

Le Scienze, Febbraio 2009

Nel suo libro *Perché io credo in Colui che ha fatto il mondo* (Saggiatore, 1999), il fisico Antonino Zichichi dismette la teoria biologica dell'evoluzione come non scientifica, in quanto non espressa da un'equazione. Tra le tante critiche che le sono state rivolte nel secolo e mezzo che ci separa dalla pubblicazione, nel 1859, del capolavoro di Charles Darwin *L'origine delle specie*, questa è una delle più disinformate: la matematica dell'evoluzionismo esiste infatti da un secolo esatto, visto che fu trovata indipendentemente nel 1908 da Godfrey Hardy e Wilhelm Weinberg, da cui il nome di *legge di Hardy e Weinberg* con cui è (o dovrebbe essere) conosciuta.

Le leggi dell'ereditarietà erano state scoperte nel 1866 da Gregor Mendel, e riscoperte nel 1900 da Hugo de Vries, Karl Correns ed Erik von Tschermak. Sostanzialmente, esse stabiliscono che se si incrociano due individui eterozigoti, portatori cioè di due varianti A ed a di uno stesso carattere (chiamate tecnicamente *alleli*), il primo dominante e il secondo recessivo, allora la loro prole sarà per un quarto omozigote dominante (AA), per un quarto omozigote recessiva (aa), e per metà eterozigote (aA o Aa), semplicemente per le leggi della combinatoria. Infatti la meiosi separa i due alleli di ciascun genitore, così che metà dei gameti (gli spermatozoi maschili e gli ovuli femminili) ne avranno uno, e metà l'altro. E poiché la fecondazione combina casualmente un gamete maschile e uno femminile, ciascuna delle quattro combinazioni avrà un quarto delle possibilità.

Nel 1902 Udney Yule sollevò una possibile obiezione nei confronti del mendelismo: se la prole esprime per tre quarti la variante dominante del carattere (che richiede solo un allele A), e per un quarto quella recessiva (che richiede entrambi gli alleli a), come mai gli alleli e i caratteri dominanti non aumentano nella popolazione, fino a far scomparire quelli recessivi? La

risposta fu data da Hardy in una lettera a *Science* intitolata “Proporzioni mendeliane in una popolazione mista”, che iniziava modestamente così:

Sono riluttante a intromettermi in una discussione su un argomento di cui non sono esperto, e mi sarei aspettato che il semplice fatto che voglio far notare fosse familiare ai biologi. Ma alcune osservazioni di Udney Yule suggeriscono che possa valer la pena farlo.

Il semplice fatto era che se i due alleli A e a sono rispettivamente presenti nei gameti della popolazione nelle percentuali p e q , allora lo stesso ragionamento di prima mostra che se gli individui si accoppiano in maniera casuale la loro prole sarà monozigote dominante in proporzione p^2 , monozigote recessiva in proporzione q^2 , ed eterozigote in proporzione $2pq$. Ma allora nei gameti della prole l'allele A sarà presente in proporzione $p^2 + pq = p(p + q)$, e l'allele a in proporzione $q^2 + pq = q(p + q)$. E poiché $p + q = 1$, le due percentuali sono le stesse di quelle di partenza, cioè p e q . In altre parole, le percentuali sia dei due alleli, che dei loro genotipi (cioè, degli individui che esibiscono la rispettiva variante del carattere), rimangono costanti di generazione in generazione, indipendentemente dai valori di partenza.

Poiché l'evoluzione avviene quando le cose cambiano, essa è possibile soltanto quando non si verificano almeno alcune delle condizioni che portano all'equilibrio di Hardy e Weinberg. Da un lato, tre assunzioni del loro ragionamento sono di natura statistica: gli accoppiamenti devono essere equiprobabili e casuali, e la popolazione dev'essere sufficientemente grande perché valga la legge dei grandi numeri. Dall'altro lato, due ulteriori assunzioni sono di natura fisica: il sistema dev'essere stabile e chiuso. Ora:

- Accoppiamenti non equiprobabili sono tipici della *selezione naturale*, che favorisce la fecondità o la sopravvivenza di alcuni individui rispetto ad altri.
- Accoppiamenti non casuali sono invece tipici della *selezione artificiale* imposta dagli allevatori o dai coltivatori, così come della selezione sessuale praticata da partner selettivi.
- Se la popolazione è piccola si può verificare una *deriva genica*, ad esempio in pochi sopravvissuti da un cataclisma (“collo di bottiglia”), o in pochi emigrati distaccatisi da un gruppo (“effetto del fondatore”).

- Instabilità del sistema, infine, possono essere provocate da *mutazioni* endogene (copiatura) o esogene (danneggiamento) dei singoli alleli.
- E aperture del sistema da *flussi genici* in entrata (immigrazione) o uscita (emigrazione) nella popolazione.

Con buona pace di Zichichi, si ritrovano così matematicamente le condizioni evolutive identificate empiricamente dai biologi, come si addice appunto a ogni buona teoria scientifica.