

## Alcuni dati sulla determinazione genetica del sesso

Una caratteristica peculiare degli esseri viventi è la capacità di riprodursi: di generare cioè dei discendenti, simili se non identici ai loro genitori.

Svariatisime sono le modalità della riproduzione, ma raggruppabili in due categorie fondamentali: quella agamica (o asessuata) e quella sessuale. La prima è la maniera più semplice e più sbrigativa di aumento numerico dei componenti di una specie; essenzialmente, consiste nel fatto che una o più parti del corpo del generatore si separano dalle parti rimanenti e, completate le strutture mancanti, acquistano una propria autonomia. Si tratta di una forma di moltiplicazione assai diffusa fra i viventi più semplicemente organizzati: ma, se ha il vantaggio di una grande celerità di svolgimento, porta però alla conseguenza che tutti i discendenti da uno stesso genitore sono identici a questo ed identici fra loro per il corredo genetico dei fattori ereditari.

La seconda maniera di riproduzione è assai più complicata, presupponendo l'esistenza di speciali elementi cellulari, detti cellule germinali o gonociti, la loro trasformazione in gameti dei due sessi (spermii ed uova, nella generalità degli animali) ed infine (tranne nei casi di partenogenesi) il loro incontro e la loro fusione (o fecondazione) per generare lo zigote, che è la cellula iniziatrice dello sviluppo dell'embrione.

Malgrado tale complessità, la forma di riproduzione sessuale si è affermata fra gli esseri viventi in misura ben più rilevante che quella agamica. Ciò si

deve attribuire al fatto che essa sola ha il vantaggio di creare, fra i discendenti, un alto grado di variabilità individuale; infatti, durante la maturazione dei gameti con il processo della meiosi si viene a dimezzare, in maniera diversa da gamete a gamete, il corredo dei cromosomi vettori dei fattori ereditari, per cui all'atto della fecondazione, quando i gameti di sesso eterologo si uniscono a caso per formare lo zigote, si ha un'estesissima gamma di ricombinazioni differenti. Tale grado elevato di variabilità individuale è indispensabile per l'adattamento continuo della specie, e per la sua evoluzione ad opera della selezione naturale.

I fenomeni della sessualità e della meiosi sono dunque un necessario presupposto per l'evoluzione; è ovvio, quindi, che anche le manifestazioni della sessualità si siano differenziate in varie forme. La loro espressione più semplice è quella degli organismi ermafroditi, nei quali ogni singolo esemplare è in grado di maturare sia gameti maschili sia gameti femminili, capaci di fecondarsi fra di loro. Ma in questo modo le possibilità di ricombinazione genetica e la variabilità che ne consegue sono minori di quelle che si ottengono nei casi, indubbiamente più frequenti, nei quali gli animali o i vegetali ermafroditi sono, per varie ragioni, incapaci di autofecondarsi: se l'uovo di un esemplare deve venire fecondato dallo spermio di un altro, si accresce notevolmente la variabilità fra i discendenti. Tale incontro di gameti maschili e femminili, provenienti

da esemplari diversi della medesima specie, è infine ancor meglio assicurato nella forma più evoluta delle manifestazioni della sessualità: il gonocorismo, in cui esistono due categorie di individui, maschi e femmine, in ciascuno dei quali maturano i gameti di un solo sesso.

Sorge allora un interessante problema: con quali meccanismi, nelle specie animali o vegetali a sessi separati, si determina il destino femminile o maschile di ogni singolo esemplare?

Come è noto, il quesito fu risolto dapprima per gli Insetti ed il caso di *Drosophila melanogaster* può servire da modello. I nuclei di questo Dittero, in fase diploide, hanno quattro coppie di cromosomi: tre di esse, identiche per i due sessi, sono dette coppie di « autosomi », e l'altra coppia è quella degli « eterocromosomi » o « cromosomi sessuali ». Nei maschi, i due cromosomi sessuali sono di aspetto differente: uno è denominato cromosoma *X* e l'altro *Y*. Nelle femmine, ambedue gli eterocromosomi sono cromosomi *X*. Ne deriva che all'atto della meiosi, quando i gameti maturando dimezzano il numero dei loro cromosomi, nelle femmine tutte le uova vengono a possedere un corredo aploide dimezzato di autosomi e un unico cromosoma sessuale *X*; nei maschi invece, accanto agli autosomi, una metà degli spermatozoi riceve un cromosoma *X* e l'altra metà un cromosoma *Y*. Alla fecondazione, dalle uova fecondate da uno spermio con cromosoma *X* deriverà pertanto uno zigote femminile e da quelle fecondate da uno spermio con cromosoma *Y* proverrà invece uno zigote maschile.

Il fenomeno può venire schematizzato con le formule seguenti, in cui la

lettera *A* indica un corredo aploide di autosomi, e le lettere *X* ed *Y* i rispettivi cromosomi sessuali.

Femmina *AA XX*, uova *AX*

Maschio *AA XY*, spermii *AX* ed *AY*

Uovo *AX* + spermio *AX* = femmina *AA XX*

Uovo *AX* + spermio *AY* = maschio *AA XY*

Adeguate ricerche genetiche hanno inoltre permesso di capire in che maniera i cromosomi esercitano la loro attività sessualizzante. Si è rilevato anzitutto che i geni della sessualità non sono contenuti soltanto negli eterocromosomi, ma anche negli autosomi. Si è potuto precisare che in seno ad ogni complesso dimezzato (aploide) di autosomi (*A*) sono presenti fattori genetici ad azione mascolinizante, simbolizzati con la lettera *M*, di valenza quantitativa pari ad 1; invece in ogni cromosoma *X* è contenuto un complesso di fattori di femminilità, indicato con *F*, di valenza più elevata (pari a 1,5), ed infine i cromosomi *Y* sono privi di fattori sessuali. Ne consegue che negli esemplari geneticamente femminili prevale l'attività dei fattori *F* sugli *M*, e viceversa nei maschili prevale quella degli *M* sugli *F*, secondo lo schema sottostante.

Femmina	<i>A A X X</i>	
	<i>M M F F</i>	( <i>MM &lt; FF</i> )
	1 1 1,5 1,5	
Maschio	<i>A A X Y</i>	
	<i>M M F -</i>	( <i>MM &gt; F-</i> )
	1 1 1,5 -	

La misura delle valenze relative dei fattori *M* e dei fattori *F* è stata rica-

vata dall'esame di esemplari anomali di *Drosophila*, nei quali esisteva un triplice corredo di autosomi, accompagnato da un paio di cromosomi *X*. Questi animali non erano nè femmine nè maschi, bensì intersessuati: mostravano, cioè, un miscuglio dei due sessi. Ciò dipendeva dal fatto che, come è qui sotto indicato, le valenze dei fattori *M* ed *F* erano in uno stato di equilibrio.

Intersessuato *A A A X X*  
*M M M F F (MMM = FF)*  
 1 1 1 1,5 1,5

È interessante notare che, con alcune varianti di minor significato, i medesimi meccanismi di determinazione del sesso sono stati ritrovati anche in molti altri organismi animali o vegetali a sessi separati: fra gli animali, ad esempio, nella generalità degli Insetti, nei Nematodi e nella generalità dei Vertebrati.

Sembra, dunque, un fatto generale che l'essere maschio o l'essere femmina dipenda dal disquilibrio quantitativo tra i fattori genetici *M* ed *F*. Negli organismi ermafroditi, ove mancano i cromosomi sessuali, è legittimo supporre che in seno ai cromosomi esistano in uguale quantità le due sorta di fattori, in stabile e costante equilibrio di valenza.

Tuttavia da recenti ricerche è stato dimostrato che, oltre alle suddette forme di ermafroditismo perfettamente bilanciato, ne esiste un'altra, forse più primitiva, che si può denominare di ermafroditismo non bilanciato. Si tratta di alcune specie di animali (reperibili p. es. fra i Molluschi, i Policheti, gli Echinodermi), in cui coesistono in una

stessa popolazione esemplari ermafroditi, con altri puramente maschili o puramente femminili.

Casi del genere sono stati interpretati con l'ipotesi di una determinazione multifattoriale. Più geni *M* e più geni *F* sarebbero portati dai vari cromosomi, con completa libertà ripartitiva alla meiosi e alla fecondazione. Perciò si avrebbe una produzione di gameti contenenti un numero vario di fattori dei due sessi e lo zigote ne riceverebbe, da caso a caso, una proporzione differente, dando origine a maschi o a femmine se ha avuto in sorte una prevalenza di fattori di un sol sesso, e a ermafroditi se invece ne ha ottenuti un numero circa uguale di maschili e femminili.

Si hanno ragioni per ammettere che da questa condizione primitiva si sia passati, nel corso dell'evoluzione dei viventi, a sistemi genetici più stabilizzati che, o assicurino una costante uguaglianza quantitativa di fattori *M* e fattori *F* in tutti gli esemplari, come accade negli ermafroditi bilanciati, o all'opposto determinino un costante disquilibrio con alternativa di maschi o femmine, come nei gonocoristi nei quali si è istituito il meccanismo dei cromosomi sessuali.

Questa rapida esposizione è tutt'altro che completa; ma potrà venire estesa in un'occasione successiva, in cui verranno forniti alcuni dati sui fenomeni di modificazione del sesso ad opera di influenze ormoniche o ambientali, e su altre indagini sui meccanismi morfogenetici del differenziamento sessuale.

Prof. ENRICO VANNINI

*Direttore Istituto di Zoologia  
 dell'Università di Bologna*