G. Sini, Gennaio 2014

Art. n° A 8

LA RIPRODUZIONE
nel mondo vivente e nell'uomo

Senza ombra di dubbio, il succedersi delle generazioni è il fenomeno essenziale in ogni manifestazione della vita, un vero "*sine qua non*".

Le modalità secondo cui appare tale fenomeno si presentano estremamente varie, per quanto poco se ne approfondisca l'esame e, sia pure dal punto di vista pratico (coltivazioni, allevamenti, malattie parassitarie ed infettive, rapporti umani e sociali), la non conoscenza di quelle modalità porta spesso ad insuccessi in campo agricolo, medico, sociale, psicologico. Per esempio: come si potrebbe curare una malattia parassitaria senza conoscere come si riproduce e si propaga il parassita? Come ottenere particolari varietà di piante coltivate senza sapere come vengono trasmessi certi caratteri favorevoli? Oppure: come si può risolvere un problema di coppia senza conoscere i meccanismi biologici e psicologici che spingono a comportamenti istintivi ed irrazionali?

Partendo dai viventi più semplici fino all'uomo, incontreremo fenomeni assai differenti; sarà un percorso anche difficile, che però è bene affrontare poiché, per entrare nell'orizzonte più a noi vicino, la vita riproduttiva dell'Uomo, non ci si può limitare alle manifestazioni attuali di un processo evolutivo che è iniziato con la comparsa della vita e le cui leggi dirigono ancora le nostre vicende ed i nostri comportamenti.

Poiché l'uomo si presenta come l'ultimo (per ora) risultato del fenomeno vita, è bene valutare anche il suo comportamento alla luce dei meccanismi generali con cui la vita ha risolto il problema della sua perpetuazione. È quello che tenteremo di fare nelle ultime pagine.

Può essere quindi utile formarsi una visione globale dei fenomeni di riproduzione, partendo dall'inizio.

Negli articoli A1 ("Gli organismi viventi ed i loro caratteri generali") ed A5 ("L'evoluzione biologica", pag. 14 e segg.), presenti in questa serie, abbiamo già chiarito alcuni concetti di base riguardanti i fenomeni della riproduzione in animali e vegetali.

Possiamo qui riassumere tali concetti per poi esaminare l'argomento con maggiori dettagli.

— RIPRODUZIONE e MOLTIPLICAZIONE: prima o poi, per cause esterne od interne (predazione, incidenti, fattori ambientali, malattie, invecchiamento), ogni essere vivente va incontro alla morte. Pertanto, se esistono tuttora tante specie viventi, significa che, globalmente, gli individui di ognuna di esse si sono sempre potuti "riprodurre", ovvero generare altri esseri simili a sé, capaci di compensare le perdite e ricominciare il "ciclo" caratteristico della specie.

Strettamente parlando, un atto riproduttivo può avvenire anche con diminuzione del numero degli individui: nel caso degli animali superiori, può accadere che due individui (maschio-femmina) generino un solo uovo od un solo cucciolo. È ovvio che, per la propagazione della specie, occorra poi che, statisticamente, il numero dei nati vitali sia almeno uguale al numero dei morti; ma lì per lì …

Dunque, accanto alla riproduzione come fenomeno isolato, come duplicazione di sé, deve verificarsi anche un aumento numerico globale degli individui, una MOLTIPLICAZIONE o PROPAGAZIONE. Se il numero degli individui nelle successive generazioni non tende ad aumentare, prima o poi la specie va incontro ovviamente all'estinzione.

Ebbene, nel modo vivente i fenomeni di riproduzione e moltiplicazione si presentano con estrema varietà di strutture e funzioni, che cercheremo di illustrare, sia pure con la consapevolezza che qualunque descrizione o elenco non è altro che un risicato riassunto.

Incontreremo concetti e termini non presenti nel linguaggio comune ma, se si vuole capire qualcosa di più del solito, occorre fare qualche sforzo. Un'anziana signora diceva: "La scienza non è altro che l'arte di chiamare con nomi difficili le cose più semplici". Ma questo approccio è forse un po' riduttivo. Purtroppo, tutti i fenomeni della vita sono talmente complessi da esigere

un continuo allargamento del mondo delle idee e delle parole.

Basta pensare a termini come "gemma" o "spora" che, come vedremo, indicano molte cose, ma cose diverse fra loro.

Possiamo intanto proporre una distinzione:

— **Riproduzione agama** - Un individuo o un gran numero di essi sono generati da un solo individuo, da un suo organo, o da un elemento vivente elementare (una cellula, tanto per intenderci). È questa la riproduzione **agama**, non sessuata, con numerose varianti: vegetativa, per gemme, per spore[1], ecc. Con questa modalità, l'individuo generato riceve il corredo cromosomico, il **genoma**, di un solo individuo, e pertanto si può considerare un clone di esso. Le eventuali differenze genetiche fra generatore e generato saranno dovute solo a fenomeni accidentali, come una mutazione.

L'individuo agamo o la cellula agama si riproducono da soli, senza bisogno di unirsi con un altro elemento, senza "fecondazione".

— **Riproduzione sessuata** - due individui o due elementi cellulari differenziati, diversi fra loro, si fondono (**zigòsi**) e ne producono un terzo (o un gran numero di "terzi"); detto diversamente: un individuo (o cellula) "padre" ed uno "madre" producono un "figlio" (o parecchi) che ricevono ognuno un genoma misto, materno e paterno; il "figlio" non è un clone, ma un mosaico di caratteri paterni e materni. Le caratteristiche dei "figli" saranno quindi, nell'insieme, sempre diverse da quelle del padre o della madre. La "variabilità"[2] della specie aumenta.

Abbiamo detto a suo tempo che questo aumento di variabilità rappresenta per qualunque forma vivente un vantaggio tanto forte da portare ad un'affermazione quasi universale della sessualità. Ciò non esclude che, in molti casi, vi sia una successione più o meno regolare di generazioni agame e sessuate. Ne riparleremo (pag. 27 e segg.).

Quanto sopra porta subito ad una considerazione, valida in particolare nel mondo animale.

Nella sessualità, se gli elementi o le cellule (i **gameti**) che si fondono per creare la prima (qualche volta unica) cellula del figlio (lo **zigote**, uovo fecondato o simili) portassero un genoma normale, il figlio ne avrebbe uno raddoppiato; il nipote un corredo quadruplicato, e così via. Impossibile. Deve esistere un meccanismo che consenta di dimezzare il corredo cromosomico dei gameti in modo che lo zigote riprenda il corredo "normale".

Il corredo dimezzato dei gameti si chiama **aploide**; quello normale dello zigote e dell'individuo che ne può derivare si chiama **diploide**.

Nel citato art. n° A1 alla pag. 7 e segg. si chiarisce forse meglio questo fenomeno. Qui possiamo riassumere la faccenda dicendo che nella riproduzione agama tutti gli individui portano lo stesso corredo cromosomico o genoma, a volte aploide (molte piante inferiori), spesso diploide (piante superiori e la maggioranza degli animali).

Nella riproduzione sessuata, invece, nel ciclo riproduttivo della specie vi sono due fasi: quella aploide (per lo meno i gameti, a volte un individuo completo che li produce) e quella diploide (perlomeno lo zigote, e spesso un individuo completo che da esso si origina).

Ovviamente, dalla fusione dei gameti (aploidi) deve derivare la fusione dei due genomi dimezzati (**anfimissi**). Dalla cellula o dall'individuo diploide che ne deriva (zigote diploide o individuo) devono nascere i gameti aploidi. Questo processo di dimezzamento del corredo cromosomico, cioè il passaggio dalla fase diploide a quella aploide, si chiama "**meiosi**" e consiste in una particolare divisione di cellule progenitrici (ovociti, spermatociti o simili) che dimezza appunto il loro corredo. In seguito, prima o poi, seguirà una fecondazione, quindi un ritorno alla diploidìa.

[1] "Spora" indica, genericamente, un elemento generativo, di solito unicellulare, che si origina per divisione di una cellula progenitrice, senza fecondazione. Vedi a pag. 5.

[2] "Variabilità" all'interno di una specie indica l'insieme delle differenze fra i vari individui. Da non confondere con "biodiversità", che indica il numero e le differenze fra le specie esistenti in un certo ambiente.

L'alternanza fra fase diploide ed aploide è dunque l'essenza della riproduzione sessuata. Ciò implica, in qualche momento del ciclo biologico della specie, una divisione "riduzionale", una meiosi appunto, capace di dimezzare il corredo cromosomico dei gameti o dei loro precursori.

Ovviamente, un elemento germinale sessuato, un gamete, salvo casi eccezionali che vedremo, non può riprodursi da solo come fa l'elemento asessuato (spora o simili): deve avvenire una "fecondazione", la fusione di due elementi appartenenti a due categorie – a due sessi – diversi. La sessualità consiste proprio nella differenza (strutturale, o almeno funzionale) fra quei due elementi, in vista della loro fusione.

Abbiamo appena detto che la riproduzione sessuata avviene fra "due individui o due elementi cellulari differenziati, diversi fra loro". È il caso più comune, ed in tal caso i gameti sono diversi per struttura e dimensioni e si chiamano "eterogameti" o "**anisogameti**". Generalmente, il gamete più grande e più ricco di citoplasma e di materiali di riserva è immobile e lo si considera femminile (simbolo ♀). Il gamete più piccolo è generalmente privo di materiali di riserva, con pochissimo citoplasma, ed è mobile per mezzo di uno o più flagelli[3]. Esso viene considerato maschile (simbolo ♂) e raggiunge il femminile guidato da segnali chimici.

Vi sono casi però in cui i gameti appaiono strutturalmente simili ("**isogameti**"); in questi casi la somiglianza strutturale è ingannevole: si osserva che i gameti si comportano in maniera diversa, come se appartenessero a due distinte categorie. Un gamete di una categoria non si fonde mai con uno della propria categoria, solo con uno dell'altra. Rimane quindi sempre una differenziazione funzionale. In questo caso non si usano i simboli ♂ e ♀, ma + e −. Ciò avviene, per es., in certe alghe.

In altri casi, come in molti funghi, il fenomeno sessuale, la fusione di elementi differenziati, non avviene fra elementi cellulari (i gameti, appunto), ma fra due nuclei. Anche questo non deve stupire poiché, come si è detto sopra, la sessualità presuppone proprio la fusione di due genomi dimezzati (aploidi), e sappiamo bene che il genoma, il corredo cromosomico, risiede appunto nel nucleo della cellula. In questi casi, distinguere il sesso dei gameti (nuclei) non ha più molto senso. Quello che conta è la loro fusione.

Vi sono anche rari casi, come fra i Protozoi Eliozoi, in cui le due cellule o i due nuclei che si fondono sono frutto della divisione di un'unica cellula o di un unico nucleo. In questo caso i due genomi che si fondono sono fratelli. Si può ancora parlare di sessualità poiché i nuclei che si fondono attraversano comunque una riduzione (dimezzamento) del numero di cromosomi, una meiosi, come in tutti i casi di sessualità. Questi fenomeni, che vanno sotto il nome di "autogamìa", rappresentano comunque un'eccezione alla regola.

Un'altra precisazione: negli organismi unicellulari, animali e vegetali (Protozoi e Protofiti), l'unica cellula che compone l'organismo svolge tutte le funzioni essenziali, fra cui la riproduzione. Quando essa si riproduce, con qualunque modalità, generando uno o più discendenti, è completamente coinvolta e produce col proprio corpo quello dei discendenti. Alle sue spalle non resta nulla. Si fa essa stessa gamete (o gemma o spora), portatrice dell'intero genoma. In un certo senso non muore mai, non lascia un cadavere poiché l'organismo con tutto il suo contenuto si trasferisce in quello dei figli. Salvo che le capiti qualche incidente di percorso …

Per contro, in un organismo pluricellulare, animale o vegetale (Metazoo o Metafita), si distingue invece una cellula o una linea cellulare "germinale", o addirittura un organo specializzato deputato alla produzione dei gameti o delle spore (ovario e testicolo, sporangio): i gameti sono destinati a creare lo zigote e poi un organismo con una nuova linea germinale, poi altri gameti ecc. La linea germinale è potenzialmente immortale. Tutto il resto, gli altri organi di quell'organismo, sono destinati alla morte in un tempo successivo alla riproduzione. Si presenta così un "cadavere".

Nell'organismo pluricellulare esiste dunque un duplice destino: potenzialmente immortale per la linea germinale, portatrice del **genoma germinale**; mortale per tutto il resto, che si indica col termine generico di **soma**. Il soma si presenta come un sistema di organi destinato solo a produrre e facilitare l'incontro dei gameti: finito il suo compito, se ne può andare e lasciare il posto

[3] Il flagello è un sottile filamento che, muovendosi come un frustino, consente a molti esseri unicellulari il nuoto in un mezzo liquido.

alla generazione che egli stesso ha prodotto. Un grande biologo diceva: "… una gallina è solo un espediente inventato da un uovo per produrre altre uova". In altre parole, la vita sul piano biologico presuppone solo il succedersi delle generazioni; il singolo individuo è solo un mezzo per assicurare quel succedersi ma, in sé stesso, non ha importanza. Nel mondo umano, questo fatto si presta ad amare riflessioni.

I meccanismi attraverso cui si manifesta la riproduzione, sessuata o non, sono così diversi che occorrerà esporre un elenco, sia pure assai riassuntivo, di casi particolari.

RIPRODUZIONE ÀGAMA o ASESSUALE

Ricordando il paragrafo evidenziato all'inizio della pagina precedente, risulta che una riproduzione non sessuata non può contemplare un'alternanza di generazioni aploidi e diploidi. Manca il succedersi dei fenomeni fondamentali della sessualità: "riduzione" del corredo cromosomico (meiosi–gameti) e ricostituzione del corredo diploide (fecondazione–zigosi). Pertanto, la riproduzione esclusivamente agama si presenta come un succedersi, a volte apparentemente illimitato, di generazioni tutte diploidi o tutte aploidi.

Nei viventi unicellulari

A parte il fatto che negli unicellulari la distinzione animale-vegetale assume spesso confini molto sfumati[4], si possono riconoscere tre gruppi principali di modalità riproduttive.

a) – **Scissione** – Un individuo (cellula singola nel nostro caso) si divide semplicemente in due "figli" assai simili fra loro ed al genitore. Questa "scissione" assomiglia molto al normale processo attraverso cui si formano le cellule che compongono gli animali (Metazoi) e le piante (Metàfiti) pluricellulari.

In altre parole, tale processo è alla base dello sviluppo di tutti gli esseri pluricellulari, sviluppo che parte in genere da una singola cellula (spora o uovo fecondato) la quale si duplica innumerevoli volte, fino a costituire un organismo che può contenere molti trilioni di cellule al termine del suo sviluppo. Ovviamente, affinché ogni cellula dell'organismo pluricellulare possieda il corredo cromosomico "normale" (aploide o diploide, in questo momento non importa), occorre che, prima della divisione, ogni cellula duplichi i propri cromosomi in modo che, durante la scissione, metà del corredo duplicato vada in una cellula figlia, l'altra metà nell'altra figlia. La duplicazione del corredo avviene attraverso la duplicazione dei singoli cromosomi in modo che, alla fine, ogni cellula figlia riceva un corredo identico a quello della cellula madre (a parte qualche mutazione occasionale).

Questo tipo di divisione "equazionale" (senza riduzione) si contrappone così alla meiosi e si chiama **mitòsi** o **cariocinesi**. Oltre che per la produzione delle spore, la mitosi rappresenta il normale procedimento di moltiplicazione cellulare che, dall'uovo fecondato, porta all'organismo pluricellulare adulto, vegetale o animale, ed alle cellule progenitrici dei gameti.

La "scissione" dei viventi unicellulari si riduce quindi ad una normale mitosi e lo sviluppo embrionale di tutti i pluricellulari si riduce ad una serie numerosissima di mitosi. Che poi le cellule figlie vadano ognuna per conto proprio (unicellulari) oppure rimangano unite a formare un organismo pluricellulare, dividendosi in organi con differenti funzioni, questo è un altro paio di maniche.

Questo processo di scissione semplice è caratteristico anche dei batteri.

Nel caso degli unicellulari, la mitosi consente ad ogni individuo (cioè ad ogni cellula) di duplicarsi ed assicurare la produzione di due individui simili; mitosi, riproduzione e moltiplicazione si identificano. Ogni cellula, da sola, produce altri individui senza bisogno di fecondazione, cioè di sessualità.

---

[4] La distinzione è basata magari solo sulla presenza o assenza di clorofilla o pigmenti comunque fotosintetici: molti unicellulari clorofilliani sono mobili per mezzo di flagelli, per es., e non ci sarebbero altri motivi per escluderli dal mondo animale. Si chiamano Protozoi gli unicellulari considerati animali, e Protòfiti quelli vegetali.

b) – **Sporulazione** o **schizogonia** – Un'unica cellula si divide ripetutamente al suo interno e, per successive duplicazioni del suo genoma, produce un numero anche molto grande di cellule figlie, naturalmente più piccole, tutte con corredo cromosomico normale: le **spore**.

Le spore iniziano una vita libera quando escono dall'involucro della cellula madre, che naturalmente scompare mentre maturano le spore al suo interno. Anche qui, non rimane un cadavere.

Questo tipo di moltiplicazione agama è molto diffuso fra i parassiti e naturalmente consente un rapido aumento numerico. Anche nei batteri può comparire il processo di sporulazione.

Sia negli unicellulari che nei pluricellulari, le spore possono essere mobili (in ambiente liquido), generalmente per mezzo di flagelli, e si chiamano allora **zoospore**, oppure immobili (**aplanospore**).

Tanto per complicare le cose, vengono purtroppo chiamate spore anche certe forme resistenti che molti unicellulari (anche batteri) producono quando le condizioni ambientali diventano difficili: si tratta di corpiccioli con un involucro resistente, capaci di sopravvivere in condizioni di vita latente fino al ritorno di condizioni di vita favorevoli. Non si tratta però di organi destinati alla riproduzione: solo forme transitorie di sopravvivenza, in attesa che l'umidità, la temperatura, la presenza di cibo, ecc. diventino accettabili.

Inoltre: vi sono spore che nascono da una normale mitosi, e di solito sono diploidi: spore agame in senso stretto; nella loro origine quindi non compare la sessualità. Ma vi sono anche spore che nascono dopo un processo di meiosi da una cellula zigotica, frutto di una fecondazione: sono aploidi e si chiamano **meiospore** (o gonospore).

Come si vede, il termine spora si applica a forme di propagazione di tipo molto vario, ed è difficile orientarsi. La vita è certamente il sistema più complicato e complesso che si conosca. Il linguaggio che la descrive non può essere semplice.

c) – **Gemmazione** – La cellula madre emette una sporgenza, un bitorzolo, che rimane sempre più piccolo dell'adulto, si stacca, cresce, e ritorna adulto. Si può parlare di una scissione diseguale o di una sporulazione con un'esospora sola, una spora esterna. Caratteristico dei lieviti (funghi unicellulari, come il lievito del pane).

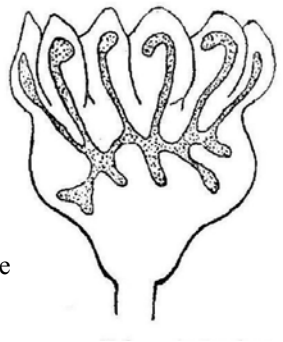


Fig. 1 − Un acineta (Protozoi Infusori) possiede un "macronucleo" che emette dei nuclei figli, ognuno in una nascente gemma.
(Da: COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 257)

Si noti allora che la riproduzione agama negli unicellulari porta sempre al trasferimento di tutto il materiale della cellula madre alle figlie; anche in questo caso, non rimane un "soma" destinato alla morte. L'intero individuo, infatti, svolge sia le funzioni vegetative che quelle riproduttive; vi è identificazione di soma e genoma.

Nei pluricellulari (animali e vegetali: Metazoi e Metafiti)

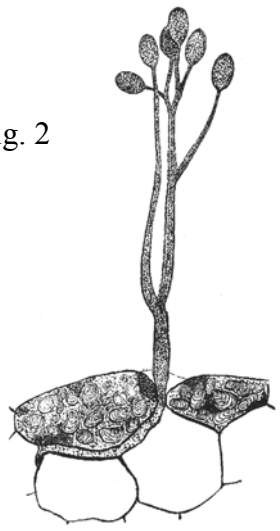


Fig. 2 Conìdi di peronospora della patata
(Da: COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 436)

−− Anche qui compare una **sporulazione**: cellule particolari possedenti il corredo cromosomico "normale" si preparano alla dispersione anche in ambiente arido costruendosi un rivestimento "a tenuta stagna"; questi elementi resistenti si conservano anche per tempi lunghissimi e germinano solo quando cadono in un ambiente che sia favorevole in termini di temperatura, umidità, presenza di alimenti (percepiti per via chimica), ecc.

Tali elementi si chiamano genericamente "**spore**", e si formano con caratteristiche assai varie da una specie all'altra e, spesso, anche all'interno del ciclo biologico della stessa specie.

Raramente le spore vengono prodotte isolatamente. Generalmente, vengono prodotte in grande numero per opera di tessuti od organi specializzati in cui si verifica un grande numero di divi-

sioni (mitotiche) di cellule progenitrici. Non si tratta di forme resistenti colla funzione di superare periodi di difficoltà ambientali, ma di mezzi di moltiplicazione facenti parte del normale ciclo vitale della specie.

Quando le spore sono prodotte alla superficie dell'organismo, si parla di **esospore**, come nel caso di molti funghi inferiori ("muffe"): basta guardare allo stereoscopico la buccia di un limone ammuffito per rendersi conto del numero enorme di spore che formano un rivestimento polverulento. In questo caso si parla di **conìdi** o **conidiospore**: esospore agame. Nella fig. 2 sono disegnate alcune conidiospore prodotte dalla peronospora della patata.

Le spore possono però essere prodotte all'interno di organi specializzati (**sporangi**, genericamente), e si chiamano "**endospore**".

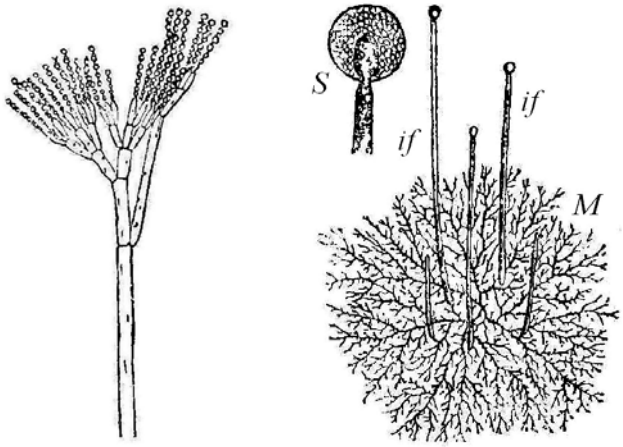


Fig. 3 − A sinistra: esospore (conidi della muffa verde del pane (*Penicillium*).

A destra, endospore della muffa bianca del pane (*Mucor mucedo*) portate entro uno sporangio (S) in cima ad un'ifa sporangiofora (if). M rappresenta il micelio (corpo vegetativo sottostante).

(Da: PIERSANTI C., Lezioni di scienze naturali, vol. 2, Zanichelli, Bologna, 1942, modif.)

Come già visto negli unicellulari, molti tipi di spore si formano anche in seguito a fenomeni sessuali. In altre parole, si conoscono spore diploidi, generate in seguito a normale mitosi di cellule progenitrici diploidi, e spore aploidi, conseguenti ad una meiosi.

Specialmente in un gruppo di funghi (Uredinali, ad es., che comprendono parassiti di piante detti "ruggini"), nel ciclo vitale della specie si susseguono una o più generazioni di spore agame ed una di meiospore. Ne riparleremo (pag. 30).

−− **Riproduzione vegetativa** in senso stretto

Sempre in assenza di fenomeni sessuali, si possono formare in molti viventi pluricellulari degli organi (pluricellulari anche loro, a volte con una complessa struttura istologica) capaci di staccarsi dal "genitore", attecchire e crescere fino allo stadio adulto.

Il "figlio" nasce dai tessuti vegetativi del genitore, non da una linea germinale.

A parte i casi utilizzati nella tecnica agricola, anche allo stato naturale sono frequenti gli animali e le piante che si dividono in parti uguali o diseguali, capaci ognuna di riprodurre un individuo completo.

Si può solo citare qualche esempio.

Nei **vegetali**, molte "**gemme**" si possono staccare dalla pianta-madre e sono capaci di crescere fino ad un individuo adulto. Si tratta di organi a volte complessi, in cui spesso è possibile riconoscere un abbozzo di foglie e di radici. In casi particolari (*Bryophyllum*, Crassulacee, ad es.), la gemma si forma sui bordi della foglia, è fornita di tutti gli organi essenziali, ed attecchisce appena si stacca e tocca terra. Si parla di "plantule" (figura seguente). Tali piante possono diventare, per questo motivo, infestanti.

In altri casi, organi simili si formano presso i fiori e lungo il fusto: si parla di **propaguli**, **bulbilli**, ecc. La struttura può essere varia, ma la funzione è unica. In alcune piante acquatiche si formano gemme di svernamento, chiamate **ibernacoli**.

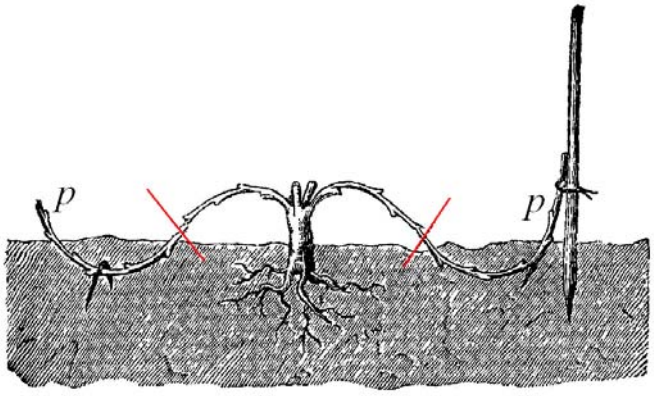
Fig. 4/5 − Questa *Kalanchoe* esotica (Crassulacee) produce su ogni dentello dell'orlo fogliare una gemma molto sviluppata, con foglie e radici, capace di staccarsi al minimo urto ed attecchire appena cade per terra. (M = 2:1 e 15:1)

Anche certi organi di riserva, destinati allo sviluppo della generazione dell'anno dopo nelle piante biennali (bulbi e tuberi in patate, cipolle, ciclamini, ecc.), si possono staccare dal genitore e germogliare in un nuovo individuo.

Così i fusti striscianti (gli **stoloni** delle fragole, i **rizomi** delle felci) possono allungarsi a grande distanza dall'origine e generare, tramite opportune gemme, nuovi individui che si staccano e diventano indipendenti.

Fig. 6 − Schema di doppia propaggine; i rami interrati (*p*), dopo aver prodotto spontaneamente radici, vengono tagliati dove indicato dalle linee rosse.

(Da: PIERSANTI C., Lezioni di scienze naturali, vol. 2, Zanichelli, Bologna, 1942, pag. 339, modif.)



Nella pratica agricola si possono creare per tempi illimitati coltivazioni di piante da frutto che conservano nel tempo le stesse proprietà: sono le tecniche della **talea** (un ramo staccato e piantato per terra), della **propaggine** (un ramo interrato senza staccarlo inizialmente dalla pianta madre, fig. 6) e della **margotta** (un ramo inciso e circondato di terriccio, senza staccarlo finché non produce radici; figura 7).

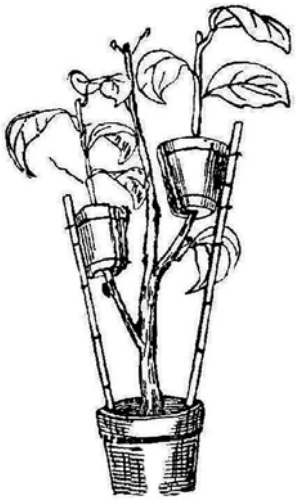


Fig. 7 − (Da: COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 340)

Fra le Crittogame i casi di riproduzione vegetativa sono innumerevoli: i **sorèdi** dei licheni (piccoli grumi di ife fungine con qualche alga unicellulare in mezzo, figg. 8/9), vari propaguli nelle Epatiche (simili a muschi), la capacità di spezzarsi in frammenti che cresceranno in via autonoma (alghe verdi filamentose, come la *Spirogyra*, alghe azzurre terrestri come i *Nostoc*, molte alghe marine, la maggioranza dei licheni (vedi la fig. 10), ecc.).

Fig. 8 (a destra) − Esempio concreto di soredi (lichene omomero, privo di cortex). M = 60:1.

Fig. 9 (sotto) − Schema di soredi di licheni.

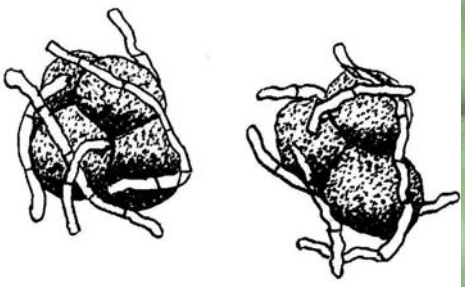
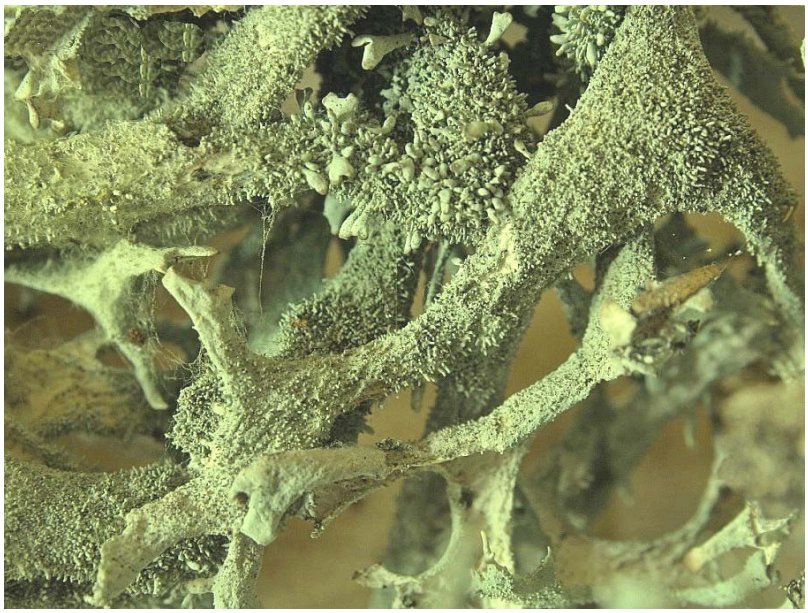
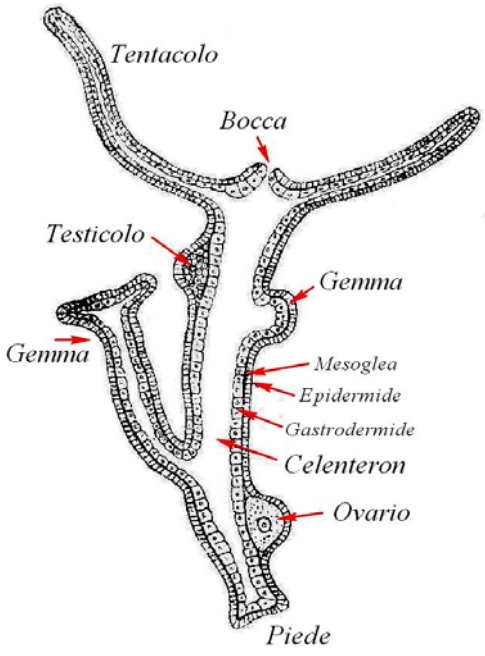


Fig. 10 − Alla superficie di molti licheni frondosi si formano delle piccole protuberanze (isìdi) che contengono gli elementi essenziali del lichene, compresa la pellicola esterna (cortex). Gli isidi, con tempo secco, sono fragilissimi, si staccano per semplice contatto e sono in grado di ricostituire un individuo completo. Ingrandimento: 4:1.
(A4−Isidi 24)



Negli **animali**, sono innumerevoli i casi di **riproduzione vegetativa**.

Fig. 11 − Schema di Idra d'acqua dolce.
Da: COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 258)



Nelle idre, piccoli polipi d'acqua dolce, si può verificare, accanto ad una normale produzione di uova e spermi, la produzione di gemme sporgenti, polipi in embrione che crescono e si staccano presto. Un tipico caso di gemmazione pluricellulare. Vedi la figura a lato.

In alcune razze di Planarie (piccoli vermi piatti d'acqua dolce), la riproduzione per scissione sembra del tutto normale e forse esclusiva.

Molti anellidi marini o Policheti, possono formare a metà del loro corpo una strozzatura; sopra la strozzatura si forma una coda, sotto di essa un capo, in modo da predisporre due individui completi che presto si separano (fig. 12). Questa è una normale scissione; la gemmazione sarebbe solo un caso particolare di scissione in due individui di dimensioni differenti.

In altri Policheti si forma dalla coda un'intera successione di individui più piccoli che maturano e si staccano uno alla volta.

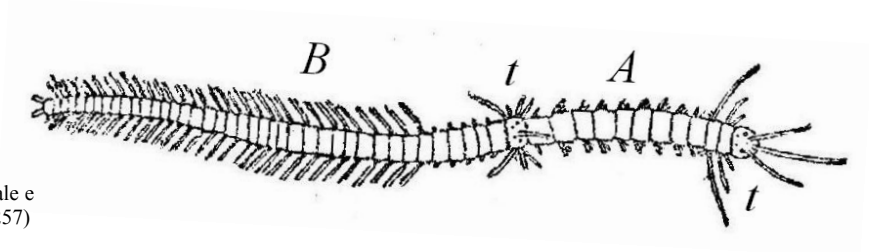


Fig. 12 Un Polichete in via di scissione. A e B rappresentano i due individui; ***t*** rappresentano le teste dei due individui, già formate prima del distacco.

(Da: COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 257)

In certe piccole salpe (Tunicati) un individuo nato per via sessuata emette un cordone di tessuto (**stolone**) che si ramifica, e ad ogni estremità forma un individuo agamo. Tali individui "figli" in questo caso non si separano dal genitore, ma formano invece una colonia, rimanendo collegati fra loro dallo stolone (figura seguente). Un caso di gemmazione multipla.

Cose molto simili avvengono in molti Celenterati – come le Madrepore, le Millepore, le Gorgonie ed i Coralli –, nei Briozoi (piccoli animali coloniali marini), ecc. Questa capacità di costruire colonie per gemmazione da un unico individuo iniziale sta alla base di comunità molto estese, come le famose barriere coralline.

Fig. 13 La *Clavelina*, un piccolo Tunicato, in fase di gemmazione per stoloni nella parte basale.

(Da: PIERANTONI U., "Trattato di Biologia e Zoologia Generale", "HUMUS" , Napoli, 1948. 2 voll. Pag. 178.

Forse, in questi casi non si può parlare di individui, non essendovi una separazione strutturale fra genitore e figli. L'intera colonia appare come un individuo unico, specialmente quando i vari individui della colonia si differenziano e svolgono funzioni diverse (di nutrizione, di movimento, di riproduzione, di difesa: fig. 14).

Ciò avviene, per es., in molti Sifonofori (Celenterati Idrozoi marini, parenti delle Millepore): le colonie non sono molto numerose, ma in esse si distingue nettamente una divisione del lavoro.

Fig. 14– Una colonia di Sifonoforo (Celenterati Idrozoi), in cui l'ampolla apicale (g) è un individuo pieno di gas destinato al galleggiamento; gli individui laterali a campana (c) servono per il movimento, gli individui laminari subito sotto (t) servono da organi di senso; quelli filamentosi pendenti servono da organi di pesca (con cellule urticanti) e portano altri individui globosi produttori delle cellule sessuali.

(Da: COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 263, modif.).

La formazione di stoloni con proliferazione si può considerare come un caso di gemmazione multipla e contemporanea; rimane la differenza del destino delle gemme: sono destinate a staccarsi nel caso delle vere gemme, sono legate per sempre allo stolone-genitore nel caso delle colonie.

Molte di queste forme di riproduzione vegetativa sollevano però il problema dalla **rigenerazione**: quando una porzione di un individuo adulto si separa, per scissione, gemmazione o altro che sia, per sopravvivere deve ricostituire le parti mancanti.

Il termine “rigenerazione” si applica di solito alla ricostruzione di organi o tessuti che vanno perduti in seguito ad un trauma, quindi ad una situazione occasionale; nel caso della scissione o gemmazione, la rigenerazione porta alla normale ricostituzione dell’individuo intero nel contesto della riproduzione agama.

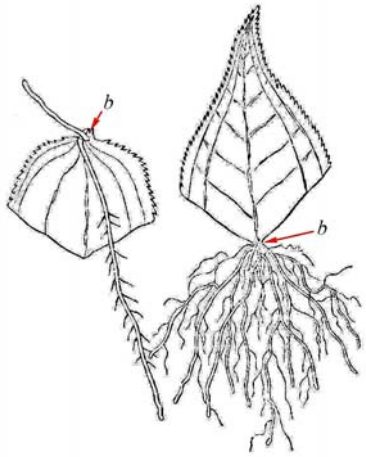


Fig. 15 − In certe piante, come la Begonia, una sola foglia, se posta nel terreno adatto, può germinare e riprodurre una pianta adulta. Le nuove radici si formano di solito dal picciolo della foglia (*b*).

(Da: PIERSANTI C., Lezioni di scienze naturali, vol. 2, Zanichelli, Bologna, 1942, pag. 337, modif.)

I meccanismi di base sembrano però comuni: infatti, la rigenerazione è più evidente nelle specie o nei gruppi di specie in cui è normale la riproduzione vegetativa.

Nel caso delle planarie, sopra citate, ad es., un individuo diviso artificialmente in quattro o cinque pezzi può generare altrettanti individui completi, anche se inizialmente più piccoli del normale (figura a lato).

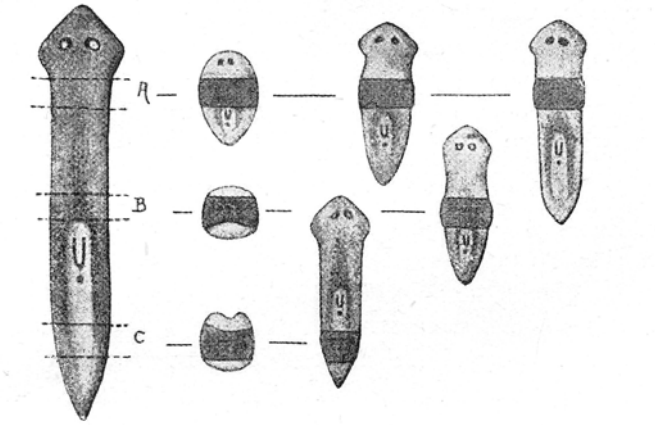


Fig. 16 − Abbiamo già ricordato le Planarie, Platelminti d’acqua dolce, come capaci di riprodursi per scissione. Trattandosi di organismi piuttosto semplici, c’è da aspettarsi un forte potere rigenerativo.

Infatti, tagliando da un adulto un piccolo segmento in un qualunque punto del corpo (sono indicati tre segmenti colle lettere A, B e C), ogni segmento genera le parti mancanti e riproduce un individuo intero, sia pure più piccolo.

(Da: PIERSANTI C., Lezioni di scienze naturali, vol. 2, Zanichelli, Bologna, 1942, pag. 171)

Un caso particolare di riproduzione vegetativa è la **poliembrionia**, la formazione di diversi embrioni da un solo uovo fecondato. Avviene in molti Invertebrati, come i lombrichi, ma soprattutto fra gli Insetti. Nell’embrione in via di sviluppo si formano altri embrioni, da un unico uovo. Si potrebbe parlare di gemmazione interna oppure di scissione allo stato embrionale.

Un simile fenomeno si verifica anche nei Vertebrati, in qualche caso anche nell’uomo: stiamo parlando dei parti gemellari uniovulari. Se i parti gemellari pluriovulari rappresentano circa l’1% dei parti spontanei (non assistiti), quelli uniovulari rappresentano circa 1 su 300.

In certe specie i parti plurigemellari sono la regola, come avviene nell’armadillo.

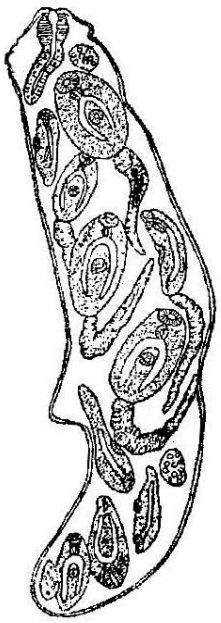
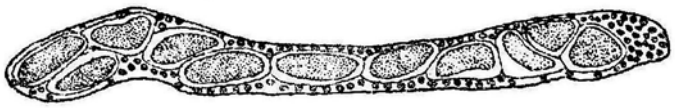


Fig. 17 − Nel ciclo biologico della *Fasciola hepatica* (Platelminti Trematodi)(parassita alternativamente della pecora e di un gasteropode d’acqua dolce), si trova una forma larvale, la redia, che produce al suo interno numerose larve di un’altra fase larvale, la cercaria.
(Da: COLOSI G., “Corso di Biologia animale e vegetale”, Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 259).

Fig. 18 − L'uovo di alcuni insetti (qui si tratta di una vespetta parassita: *Agienaspis*) può produrre al suo interno, prima ancora di schiudere, molti embrioni "gemelli".



(Da: PIERANTONI U., "Trattato di Biologia e Zoologia Generale", "HUMUS" , Napoli, 1948. 2 voll. Pag. 180).

Arrivati a questo punto, prima di passare all'esame della sessualità, è forse utile chiarire una differenza fra le varie modalità di riproduzione asessuata sommariamente elencate qui sopra.

In molte forme di sporulazione, che sono molto diverse, abbiamo la comparsa di elementi strutturalmente e funzionalmente differenziati – le spore, aploidi o diploidi, generalmente unicellulari, generalmente con caratteristiche "di resistenza" – capaci di sopravvivere all'inverno o comunque ad ambienti difficili. Organi specializzati, dunque, ma unicellulari, che sono asessuati perché non derivano dalla fusione di due gameti aploidi. Forse le meiospore (pag. 5) fanno eccezione in questo senso, ma non complichiamoci la vita.

Questa sarebbe la riproduzione **agama** in senso stretto.

Nella riproduzione **vegetativa** invece (vedi la pag. 6), si osserva un organo spesso complesso, generalmente pluricellulare, formato da molti tessuti specializzati. Abbiamo visto esempi nella scissione (fig. 12), nella gemmazione (fig. 11 e 14), nella formazione di stoloni (fig. 13), nella propaggine (fig. 6), nella margotta e nella talea (fig. 7 e 15). È l'intero organismo che si divide, in parte o totalmente.

È ancora riproduzione agama, ma con meccanismi assai diversi.

La RIPRODUZIONE SESSUALE

La riproduzione vegetativa presenta certamente alcuni vantaggi[5]: la moltiplicazione avviene facilmente in quanto un solo individuo può produrre rapidamente un numero anche enorme di discendenti (basta pensare alle spore dei funghi !) per gemmazione, sporulazione, ecc., da solo, senza ricerca dell'altro sesso, fecondazione, ecc.

Ma la riproduzione vegetativa, se adottata in via esclusiva, presenta dei forti inconvenienti, che stiamo per esaminare, che le impediscono di essere universalmente diffusa.

In ogni tipo di riproduzione agama, la cellula o le cellule che danno origine al nuovo individuo possiedono tutte lo stesso genoma del genitore poiché provengono per successive mitosi da un'unica cellula iniziale. Gli individui figli saranno quindi tutti simili, portatori degli stessi caratteri: è questo, genericamente parlando, un **clone**, come già sottolineato all'inizio.

In verità, vi sono alcuni fatti che intaccano la semplicità di questa affermazione: – durante la mitosi, si è visto, si possono verificare mutazioni cromosomiche o geniche; non tutte le cellule o le spore formate da una lunga serie di mitosi saranno necessariamente identiche; – quando la riproduzione agama è attuata con un organo pluricellulare (gemma o simili), le varie cellule della gemma, in base alle citate anomalie nelle successive mitosi, non sono necessariamente identiche; la gemma è costituita da un "mosaico" di cellule che possono essere leggermente diverse fra loro e l'individuo che ne deriva porterà con sé questo mosaico di genomi simili.

Ma, comunque, la riproduzione vegetativa porta ad una grande uniformità di caratteri nelle generazioni successive. E **l'inconveniente dell'uniformità genetica è predominante**.

Infatti, se una popolazione originata per via agamica, e quindi omogenea, è ben adattata ad un certo ambiente e sopravviene in questo ambiente un cambiamento (prima o poi, succede), la crisi è probabile: l'adattamento è andato perduto.

La sessualità introduce per contro diversi meccanismi che aumentano la variabilità:

−− il genoma del figlio è un miscuglio più o meno paritario di caratteri paterni e materni;

−− se i due genitori provengono da regioni distanti fra loro, quindi da differenti popolazioni, il miscuglio sarà ancor più eterogeneo;

−− durante la normale meiosi che precede la formazione dei gameti, i cromosomi paterni e materni si dividono fra le due cellule aploidi in maniera casuale: ogni gamete riceve un corredo

[5] Vedi l'art. A1 − "Gli organismi viventi … ", pag. 6 e segg.

completo ma a composizione variabile di cromosomi paterni e materni;

−− sempre durante la meiosi, i cromosomi omologhi (quelli corrispondenti di ogni coppia del corredo diploide) prima di separarsi si intrecciano e si scambiano porzioni corrispondenti in modo che, alla fine, ogni singolo cromosoma è completo ma formato da un mosaico di porzioni dei due cromosomi omologhi. È il fenomeno dei "chiasmi" o "cross-over" (vedi sempre l'art. A1 − "Gli organismi viventi … ", pag. 8/9).

Alla fine, una popolazione con una variabilità così accresciuta potrà meglio fronteggiare i cambiamenti ambientali. Un "ambiente" può variare per infinite cause geografiche (variazioni climatiche, derive dei continenti, eruzioni, glaciazioni, variazioni del livello dei mari, ecc.) e biologiche (arrivo di specie competitrici, di parassiti, di epidemie; scomparsa di specie-preda; esplosioni demografiche, e così via). In una popolazione variabile, più facilmente vi saranno individui capaci di fronteggiare le difficoltà e, mentre la popolazione si riduce e la competizione si abbassa, si potrà affermare una nuova popolazione portatrice dei caratteri dei sopravvissuti.

I vantaggi della sessualità non sono limitati però alla variabilità ed alla plasticità adattativa.

Per es., se in un individuo compare una mutazione favorevole, la riproduzione agama consentirà solo alla sua diretta discendenza di avvalersene. La sessualità invece, attraverso ogni tipo di incrocio, consentirà a quella mutazione di espandersi in tutta la popolazione.

E ancora: il processo che richiede più materiali ed energia (produzione di uova) può venir affidato al solo sesso femminile, di maggiori dimensioni e di vita più lunga, mentre per la produzione degli spermi e la fecondazione bastano individui piccoli e di vita breve. È ciò che avviene in molti Invertebrati.

Oppure, la divisione della popolazione in due sessi distinti consente anche una divisione dei compiti: ruoli diversi nella coppia o nella famiglia con vantaggi almeno nell'allevamento della prole e nella difesa del territorio. Questo avviene i molti Vertebrati omeotermi (Uccelli e Mammiferi) in cui il maschio è più grande e più forte ed è altrettanto longevo della femmina. Se poi gli individui dei due sessi hanno dimensioni paragonabili, saranno facilitati i loro movimenti ed il loro incontro in caso di piccola densità di popolazione.

Risultato: la riproduzione esclusivamente agama è limitata a piccoli gruppi di unicellulari ed a poche piante, e viene interpretata come una forma di regressione. Non la si conosce fra i pluricellulari in quanto essa è sempre intercalata da qualche generazione sessuata.

Perfino fra batteri e virus, con analisi genetiche dello scambio di caratteri fra ceppi simili, si è constatato che un carattere esclusivo di un ceppo può trasferirsi ogni tanto in individui di un altro ceppo che convive nello stesso ambiente: vi è stato per lo meno uno scambio di qualche gene. Anche se nei batteri non si riconoscono i cromosomi, presenti in tutti gli altri viventi ("eucarioti"), comunque si è dimostrato lo scambio di materiale genico. È l'essenza della sessualità.

Tale essenza, in base a quanto detto all'inizio dell'articolo, consisterebbe allora nello scambio di materiale genico (cromosomi o sequenze geniche) fra due esseri viventi. Lo scambio può consistere semplicemente di nuclei o loro parti, come abbiamo appena visto nel caso dei batteri, e come vedremo in altri casi, o di intere cellule (gameti), come è più frequente.

Semplice, detto così, ma i casi concreti sono così numerosi e diversi da far girare la testa.

Cominciamo a parlare delle dimensioni dei gameti?

Abbiamo già citato il caso di **isogameti**, strutturalmente simili, ed **anisogameti**, strutturalmente diversi. Quando la differenza è forte e si riconosce bene la cellula-uovo dallo spermatozoo (figura seguente), si parla di "oogamia". Notevole il fatto che isogamìa ed eterogamìa si possono riscontrare in vario grado anche in specie sistematicamente molto vicine: ciò è un primo accenno alla plasticità dei fenomeni riproduttivi.

Per vari motivi, se non altro per il fatto che l'isogamia si trova spesso in gruppi di specie meno evolute, si ritiene che l'isogamia rappresenti una condizione primitiva, da cui è evoluta l'anisogamia; certamente le differenze morfologiche fra i gameti, come fra gli organi che li producono, compaiono presto nella storia della vita e vi diventano predominanti.

Nelle Crittogame ed in genere negli animali i gameti maschili sono piccolissimi: millesimi o centesimi di millimetro. Quelli femminili, tranne i rari casi di isogamia, sono più grossi; nei Vertebrati si va da un decimo di millimetro nei mammiferi (in cui l'uovo è povero di materiali di riserva, essendo nutrito dall'utero della femmina), a qualche centimetro (rettili ed Uccelli, dove l'uovo è ricco di "vitello" che permetterà il primo sviluppo dell'embrione).

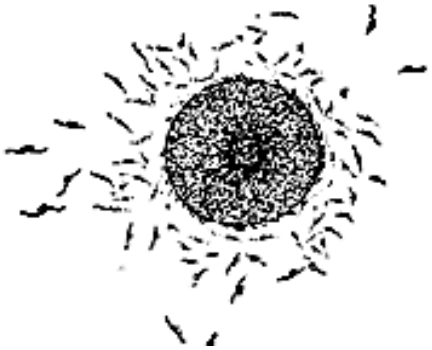


Fig. 19 − Un caso di evidente anisogamia spinta, o oogamia, nelle alghe brune (Feoficee). I gameti maschili flagellati assediano l'ovocellula.

In altre specie dello stesso gruppo vi sono casi di isogameti (gameti identici, almeno nella struttura), e casi di piccole differenze.

(Da: PIERSANTI C., Lezioni di scienze naturali, vol. 2, Zanichelli, Bologna, 1942, pag. 353)

E negli **unicellulari**, cosa succede?

Si parla di **coniugazione** quando due individui (o due cellule della catena nel caso di alghe filamentose) si accostano, formano un ponte protoplasmatico ed attraverso di esso si scambiano del materiale nucleare; si tratterà in genere di nuclei che hanno subito la riduzione meiotica (vedi la figura seguente).

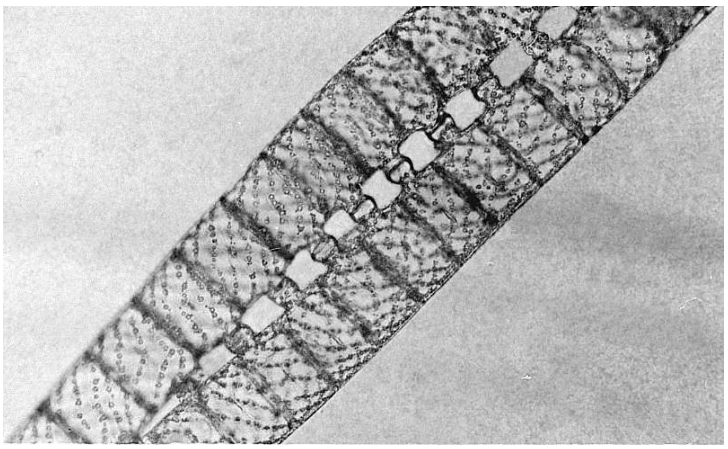


Fig. 20 − Molte alghe filamentose, come questa *Spirogyra*, sono formate da catene di cellule. I filamenti si possono accostare e le cellule vicine stabiliscono un canale di protoplasma attraverso cui si scambiano una parte del loro nucleo originario.

Lo scambio può essere reciproco, per cui le due cellule "coniugate" rinnovano parzialmente il loro corredo genico.

In altri casi, due cellule si accostano e si fondono unendo una parte del loro materiale nucleare. Si parla di **copulazione**. Questo avviene in alcuni Ciliati, come le vorticelle.

Negli organismi **pluricellulari**, ancora ripetendo quanto già detto, è sempre possibile distinguere una "linea germinale" (una successione di divisioni in cellule destinate a maturare in gameti) da una "linea somatica" o "vegetativa", destinata a morire in seguito alla riproduzione.

A volte, si tratta di semplici cellule, semplicemente immerse nei tessuti del "soma". Così avviene nelle spugne: i gameti maturano rimanendo sparsi nella "mesoglea", lo strato cellulare intermedio di questi animali primitivi, ed escono nell'ambiente esterno, dove si fecondano.

Interessante il caso dell'alga verde flagellata d'acqua dolce *Volvox*: qui, numerose cellule (anche migliaia) stanno insieme, unite da larghi ponti plasmatici, formando una sfera cava piena di mucillagine. Ogni cellula è munita di un cloroplasto e di due flagelli rivolti verso l'esterno. Le numerose cellule sono leggermente diverse fra loro, in particolare quelle destinate alla sessualità.

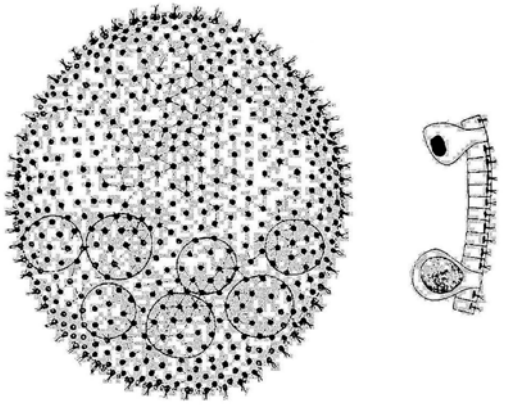
Pertanto, il *Volvox* non è una semplice colonia, ma un essere pluricellulare, in quanto fra le varie cellule esiste una differenziazione di forma e funzioni. Del resto, i movimenti dei numerosi flagelli sono coordinati in modo da consentire all'intera colonia un movimento coerente.

Anche qui, le cellule-gamete si liberano direttamente nell'acqua ambiente; non vi sono organi speciali.

È possibile la riproduzione agama in quanto alcune cellule cominciano a proliferare e formano una cupoletta sporgente che presto si rovescia verso l'interno e produce, dentro la sfera-madre, una più piccola sfera-figlia, che si renderà libera alla morte della madre.

Fig. 21 − *Volvox aureus*, un'alga flagellata che forma colonie di molti individui legati da ponti protoplasmatici. Alcuni individui però si differenziano ed evolvono in gameti dei due sessi (a destra); dopo la fecondazione, si forma uno zigote sferico munito di piccole spine.

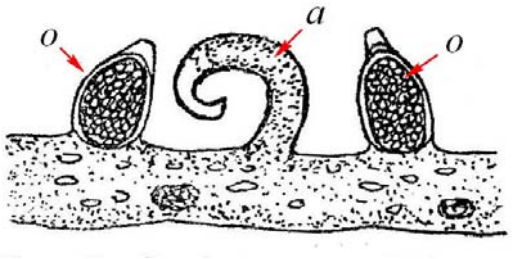
(Da: DEFLANDRE G., "Microscopie pratique", Lechevalier, Paris, 1947, pag. 263, modif.).



In tutti i gruppi di organizzazione superiore, invece, i gameti si formano all'interno di cellule differenziate (genericamente chiamate "gametangi", fig. 22) o di organi ancora più specializzati: sono maschili gli anterìdi nei vegetali ed i testicoli negli animali − sono femminili gli archegòni nei vegetali e gli ovari negli animali (fig. 25).

Fig. 22 − *Vaucheria*, un'alga filamentosa in cui i nuclei delle cellule sono immersi nel citoplasma senza setti divisori. I gameti vengono formati all'interno di involucri (gametangi) maschili (*a*) e femminili (*o*).

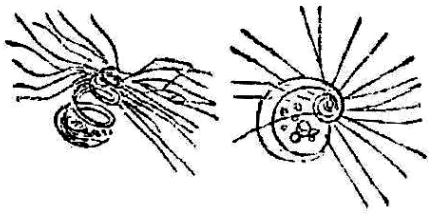
(da: LAPORTE L. J., "Le monde microscopique", Lechevalier, Paris, 1946, pag. 125, modif.).



In quasi tutte le alghe, nei muschi, nelle felci e negli animali, i gameti maschili sono piccoli e muniti di uno o più flagelli; quindi sono mobili in ambente liquido. Negli animali a fecondazione interna (quasi tutti gli Artropodi, Rettili, Uccelli e Mammiferi), anche in ambiente terrestre, l'ambiente liquido è fornito dal liquido "seminale", prodotto dai testicoli assieme ai gameti.

Fig. 23 − I gameti maschili (anterozoi) delle felci e di certi muschi ed Epatiche hanno forma di elica e sono muniti di alcuni flagelli. Ciò consente loro di raggiungere le oosfere nel velo liquido della rugiada o della pioggia.

(Da: COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 440).



Un tipico esempio di anteridi ed archegoni si osserva nei muschi e nelle felci. Tali organi si formano nei muschi in cima ai fusticini, che sono parte dell'individuo aploide, come vedremo; nelle felci, si formano sulla faccia inferiore del "protallo", anch'esso una "fase" aploide (anche di questo parleremo più avanti). Si tratta dunque di organi che, nel mondo vegetale, sono specializzati nella produzione dei gameti.

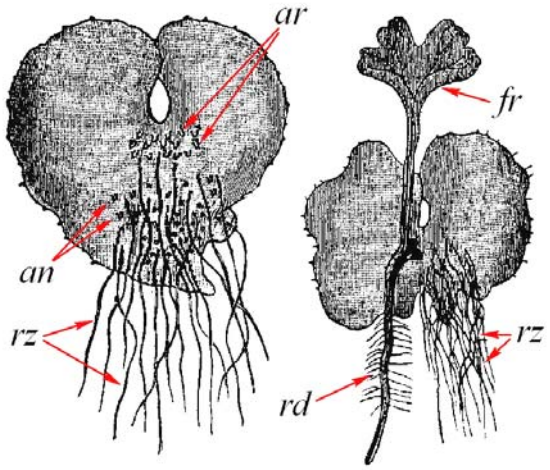


Fig. 24 − Protallo di felce dalla faccia inferiore. Qui si trovano gli archegoni (*ar*) vicino agli anteridi (*an*). Il protallo si nutre tramite peli radicali (*rz*) ed è dotato di clorofilla.

Dopo la fecondazione di un'oosfera, si sviluppa da questa la piantina dello sporofito (a destra) con la prima radice (*rd*) e la prima fronda (*fr*); essa si stacca presto dal protallo.

(Da: PIERSANTI C., Lezioni di scienze naturali, vol. 2, Zanichelli, Bologna, 1942, pag. 353, modif.)

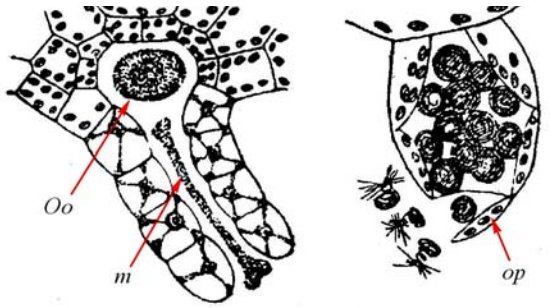


Fig. 25 − Gli archegoni delle felci (a sinistra) contengono una sola oosfera (*Oo*) ed hanno forma di fiasco; il collo del fiasco è occupato da una mucillagine (*m*) che facilita il movimento degli anterozoi.

Gli anteridi possono aprirsi tramite un opercolo (*op*): sempre in ambiente liquido, gli anterozoi ne usciranno tramite i loro flagelli.

(Da: PIERANTONI U., "Trattato di Biologia e Zoologia Generale", "HUMUS" , Napoli, 1948. 2 voll. Pag. 155, modif.).

Gli organi, o "ghiandole" sessuali possono essere molto complessi, certamente più complessi nelle specie vegetali ed animali più evolute. Ed anche lo sviluppo dei gameti a partire da cellule indifferenziate della linea germinale è in genere complesso. Per entrare nei dettagli occorre un trattato di biologia, ma almeno cerchiamo di ricordare l'aspetto geneticamente fondamentale: salvo eccezioni, che descriveremo brevemente, in qualche momento durante la maturazione dei gameti deve avvenire un dimezzamento del numero normale dei cromosomi, una "divisione riduzionale", quella che già conosciamo col nome di "meiosi".

L'ermafroditismo

Anche sulla disposizione dei gameti e relative ghiandole produttrici (**gonadi**) vi è una grande varietà di soluzioni.

A parte i rari casi, citati sopra a proposito delle spugne o di qualche alga coloniale (*Volvox*), in cui la "gametogenesi" è diffusa fra gli altri tessuti vegetativi, le ghiandole sessuali rappresentano organi specializzati, facilmente riconoscibili, che si formano durante lo sviluppo dell'embrione. Negli animali: spermarii o **testicoli** (maschili) ed **ovari** (femminili).

Bene. In qualche raro caso (Gasteropodi), la stessa ghiandola può produrre promiscuamente gameti dei due sessi (gonade ermafrodita) oppure gameti diversi in diverse regioni della stessa ghiandola; è questa l'*ovo-testis* o *ovario-testis* (in alcuni pesci; eccezionalmente nel maiale e nell'uomo). Nei vegetali inferiori (Crittogame), come abbiamo già visto nelle felci e nei muschi, e come avviene spesso nelle alghe, anteridi ed archegoni si formano spesso fianco a fianco sullo stesso organo vegetativo.

Nei vegetali superiori, sono assai comuni i fiori che contengono sia gli organi maschili (le antere, in cima agli stami), sia quelli femminili (ovulo, sacco embrionale o simili, nell'ovario). In questi casi, il fiore si chiama ermafrodito.

Più spesso, negli animali ed anche nelle piante, le gonadi sono ben separate ma portate dallo stesso individuo, che prende il nome di **monoico** (nelle piante: fiori maschili e femminili sulla stessa pianta, come il nocciòlo e molte conifere) o ancora **ermafrodito,** negli animali.

Più raramente nelle piante, ma quasi sempre negli Artropodi (Insetti, Crostacei, ecc.) e nei Vertebrati, esistono individui "gonocorici", "a sessi distinti" o "separati". Nel caso delle piante, si parla di "specie **dioiche**", come l'ortica, molti salici, alcune felci, ecc.

Un altro esempio di plasticità delle funzioni riproduttive: si trovano specie ermafrodite, mo-

noiche e dioiche (animali e vegetali) all'interno dello stesso gruppo, in specie anche sistematicamente molto affini.

Ora, il caso dell'ermafroditismo o del monoicismo comporta un problema: se lo stesso individuo (o la stessa gonade) produce gameti dei due sessi, è possibile che quell'individuo si riproduca per semplice fecondazione diretta dei suoi stessi gameti?

In caso affermativo, dove va a finire il vantaggio della sessualità, l'aumento della variabilità della specie come conseguenza di incroci casuali? Un ermafrodito che si autofeconda non diventa forse una specie di clone di sé stesso? Allora, quale sarebbe il vantaggio dell'ermafroditismo?

Un'ermafrodita che si auto-feconda si chiama "**sufficiente**". L'incrocio casuale fra individui o popolazioni distinte viene meno, ma le linee germinali che portano alla maturazione dei gameti dei due sessi sono comunque distinte ed un qualche aumento di variabilità rimane. Lo svantaggio della ridotta variabilità genetica è comunque evidente, e giustifica la rarità di questa soluzione. Se essa esiste, dipende dal vantaggio della facilitazione della riproduzione: non è necessario che due individui s'incontrino casualmente, entrambi nel momento favorevole, ecc. Un solo individuo "fa tutto da sé". Vi sono casi in vari gruppi di Platelminti, Nematodi, Molluschi Bivalvi, ed alcune Angiosperme (Papilionacee, Violacee).

Infatti, l'ermafroditismo sufficiente è presente nelle specie molto disperse nell'ambiente e con scarse capacità locomotorie, in cui l'incontro fra individui è difficile.

Più spesso però l'ermafroditismo è "**insufficiente**": anche se il singolo individuo possiede gonadi di entrambi i sessi, non può auto-fecondarsi. L'impossibilità all'auto-fecondazione può venire dalla disposizione topografica delle gonadi (l'individuo non può ripiegarsi su sé stesso; nelle piante superiori, stami e pistilli si trovano ad altezza diversa); più spesso dal diverso periodo di maturazione delle gonadi (ermafroditismo successivo), nel qual caso l'ermafrodita matura le gonadi dei due sessi in tempi diversi (alcuni pesci, come l'orata, molti fiori ermafroditi). Anche quando l'autofecondazione è anatomicamente possibile, vi può essere un meccanismo fisiologico che impedisce la fecondazione: si parla di auto-sterilità (certe ascidie, Tunicati, ma soprattutto molte piante a fiori ermafroditi).

Diviene quindi comune la fecondazione incrociata fra ermafroditi insufficienti: ognuno dei due "partner" funziona da maschio e simultaneamente da femmina per l'altro. Noto è il caso dei lombrichi (figura seguente) e dei Polmonati (Gasteropodi terrestri: chiocciole).

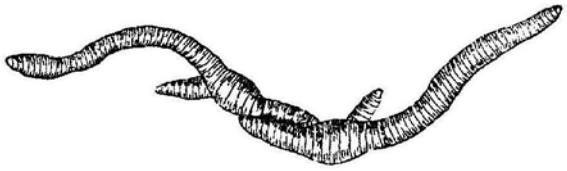


Fig. 26 − Due lombrichi ermafroditi si fecondano a vicenda. Le gonadi sono disposte in modo che i due partner devono disporsi incrociati.

(Da: PIERANTONI U., "Trattato di Biologia e Zoologia Generale", "HUMUS" , Napoli, 1948. 2 voll. Pag. 172).

In qualche gruppo, come i piccoli Crostacei sessili del gruppo Cirripedi (bàlani o "denti di cane"), si trovano in specie affini tutte le situazioni possibili: sessi separati, ermafroditi insufficienti e sufficienti. Su questo argomento sono ancora validi gli accurati studi di C. Darwin. È chiaro che un animale attaccato ad una roccia fa fatica a raggiungere un partner; vi sono specie di cirripedi con un pene lunghissimo, l'ermafroditismo insufficiente facilita le cose, ma l'ermafroditismo sufficiente è una vera scappatoia.

Esistono anche casi (certi Nematodi, ad es.) in cui il ciclo biologico contempla un succedersi regolare di generazioni ermafrodite (parassite, e quindi a motilità ridotta) e generazioni a sessi separati (che vivono libere nel terreno). Nelle patelle (Gasteropodi a forma di scudo che strisciano sulle rocce della battigia) si osservano individui a sessi separati e, occasionalmente, ermafroditi, intersessi, inversioni di sesso, ecc.

È un altro caso di plasticità: a seconda delle condizioni ambientali e della nicchia occupata, ogni specie finisce per prediligere le strategie riproduttive che consentono la maggior fertilità. In questo senso, diviene inutile chiedersi se l'ermafroditismo rappresenta una condizione più primitiva o più evoluta; la natura non ha programmi o valori predefiniti, è opportunista: in ogni caso sopravvive la specie che, in un modo qualunque, ha avuto il miglior successo riproduttivo.

Vi sono anche casi di "ermafroditismo rudimentale" in cui le gonadi di uno dei due sessi ri-

mangono rudimentali; tale è il caso dei rospi, i cui maschi possiedono un ovario rudimentale, non funzionale ("organo di Bidder").

La determinazione ed il differenziamento del sesso

Determinazione: le cause per cui un individuo nasce maschio o femmina risiedono essenzialmente nel suo corredo cromosomico, nel suo genoma. A volte, già nell'uovo non fecondato esistono differenze morfologiche (di forma e struttura) che indicano il futuro destino sessuale dell'individuo (alcuni anellidi primitivi); generalmente, invece, il sesso dipende dal corredo cromosomico di uno solo dei gameti.

Ricordiamo che tutte le cellule di un essere pluricellulare, tranne il caso della riproduzione vegetativa, provengono da una sola cellula (l'uovo o la spora) che si divide ripetutamente. Ne consegue che in tutte le cellule dell'individuo il corredo cromosomico è lo stesso. Se non vi fosse la meiosi, anche i gameti sarebbero identici. E qui si complicano le cose.

Sappiamo già che, nella riproduzione sessuata, la cellula iniziale, l'uovo fecondato o zigote, possiede un numero normale di cromosomi, chiamato diploide, e tale numero risulta dalla fusione dei corredi dei due gameti, ognuno dotato di un numero dimezzato di cromosomi. Ne risulta che il corredo normale, compreso quello delle cellule della linea germinale, è un miscuglio in parti uguali di un corredo aploide paterno e di uno materno. Come si è già visto nell'art. n° A 5 (pagg. 16 e segg.), durante la divisione riduzionale, la meiosi, che precede la maturazione dei gameti, vi è una divisione casuale dei cromosomi delle cellule progenitrici verso i due gameti aploidi finali. Ne abbiamo già accennato alle pagg. 11–12.

I cromosomi del corredo diploide sono divisi in coppie: due cromosomi "omologhi" in ogni coppia; un membro della coppia proviene dal padre, l'altro dalla madre. Un membro di ogni coppia finisce in uno dei gameti, l'altro membro nell'altro gamete. La meiosi porta sempre ai gameti aploidi un corredo completo: un membro di ognuna delle coppie. Così, il corredo diploide non è altro che la somma di due corredi aploidi omologhi, ed è formato da tante coppie quanti sono i cromosomi singoli del corredo aploide.

Con la meiosi, le coppie vengono separate; con la zigosi – la fecondazione – le coppie si riformano. Lo zigote ha dunque ripreso il corredo normale e lo trasmette a tutte le cellule che da esso deriveranno.

Sappiamo inoltre che la meiosi non divide egualmente i cromosomi fra i due gameti che ne derivano: quelli paterni tutti di qua, quelli materni di là. I corredi finali sono completi, ma il rimescolamento paterni – materni è casuale. Inoltre, per il fenomeno dei "chiasmi" (vedi sempre l'art. n° A 5), i due cromosomi omologhi di ogni coppia, prima di separarsi, si scambiano pezzi, magari invertendone l'ordine e l'orientamento per cui, alla fine, il corredo aploide è completo, ma completamente rimescolato.

Abbiamo detto a suo tempo che questi fenomeni portano un aumento della variabilità della specie e quindi della sua capacità adattativa, ma non è questo che ci interessa in questo momento. Sta il fatto che una particolare coppia di cromosomi omologhi del corredo diploide, generalmente una sola, è diversa dalle altre: anche dal punto di vista della forma e della lunghezza, i due membri di questa coppia sono diversi fra loro in uno dei sessi. Da tempo è stato riconosciuto che da questa coppia dipende il sesso dello zigote: si parla così di "**cromosomi sessuali**". Gli altri cromosomi si chiamano, in blocco, "**autosomi**".

Nelle specie a riproduzione ermafroditica, sembrano mancare questi cromosomi sessuali – per forza: tutti gli individui sono sessualmente equivalenti, – ma nelle specie a sessi separati (gonocoriche) sembrano costituire una presenza universale.

Si tratta di questo: la coppia dei cromosomi sessuali può essere costituita da due cromosomi identici in uno dei sessi, e diversi, nell'altro sesso.

Nei mammiferi, compreso l'uomo, in molti pesci, anfibi e rettili ed in maggioranza negli insetti, il sesso "eterogametico" è il maschio; i suoi cromosomi sessuali sono indicati con le lettere X ed Y. Prima della meiosi, indicando con **A** tutti i suoi autosomi, tutte le sue cellule avranno la formula cromosomica AA + XY. Dopo la meiosi, i suoi gameti avranno la forma A + X oppure A + Y: ecco perché si parla di sesso etero gametico (a gameti diversi). La femmina possiede due

cromosomi sessuali identici, e quindi un corredo diploide AA + XX. Dopo la meiosi, i suoi gameti avranno sempre la forma A + X. Il sesso femminile è quindi "omogametico". Con la fecondazione, se il gamete maschile è della forma A + Y, lo zigote sarà AA + XY e darà origine ad un maschio; se è A + X, lo zigote sarà AA + XX e ne viene fuori una femmina.

Nella figura 27, alla pagina seguente, la situazione dovrebbe apparire chiara.

Negli uccelli e nelle farfalle ed in alcuni pesci ed anfibi, la situazione è invertita: il sesso eterogametico è il femminile (formula AA + XY) e l'omogametico è il maschile (AA + XX). In molti casi però il cromosoma Y è mancante, per cui il sesso eterogametico è AA + X0.

Vi è poi il caso di alcuni insetti Imenotteri come l'ape, in cui la femmina ("regina") fecondata è in grado di dosare gli spermatozoi, custoditi in apposita spermateca. Alcune uova vengono deposte senza fecondazione, e producono maschi, che naturalmente saranno aploidi; ovviamente, nella spermatogenesi del maschio non può avvenire la meiosi. Le uova fecondate producono invece femmine diploidi (regine fertili oppure operaie sterili a seconda dell'alimentazione fornita alle larve). Qualcosa di simile avviene anche in alcuni Emitteri (cicale, cimici delle piante, ecc.) e Rotiferi (microscopici vermi d'acqua dolce).

E qui cominciano i casi particolari. Anche dal punto di vista strettamente genetico, si può pensare che un sesso sia legato alla preponderanza dei cromosomi X, come nel caso della figura seguente, in cui la femmina possiede il corredo AA + XX, mentre l'altro sesso possiede un X in meno. Visto che in tanti gruppi il cromosoma Y manca del tutto, il maschio (sempre nel caso della fig. 27) potrebbe essere legato ad un minore rapporto fra cromosomi X ed autosomi: nella femmina il rapporto è 2X/2A, nel maschio X/2A.

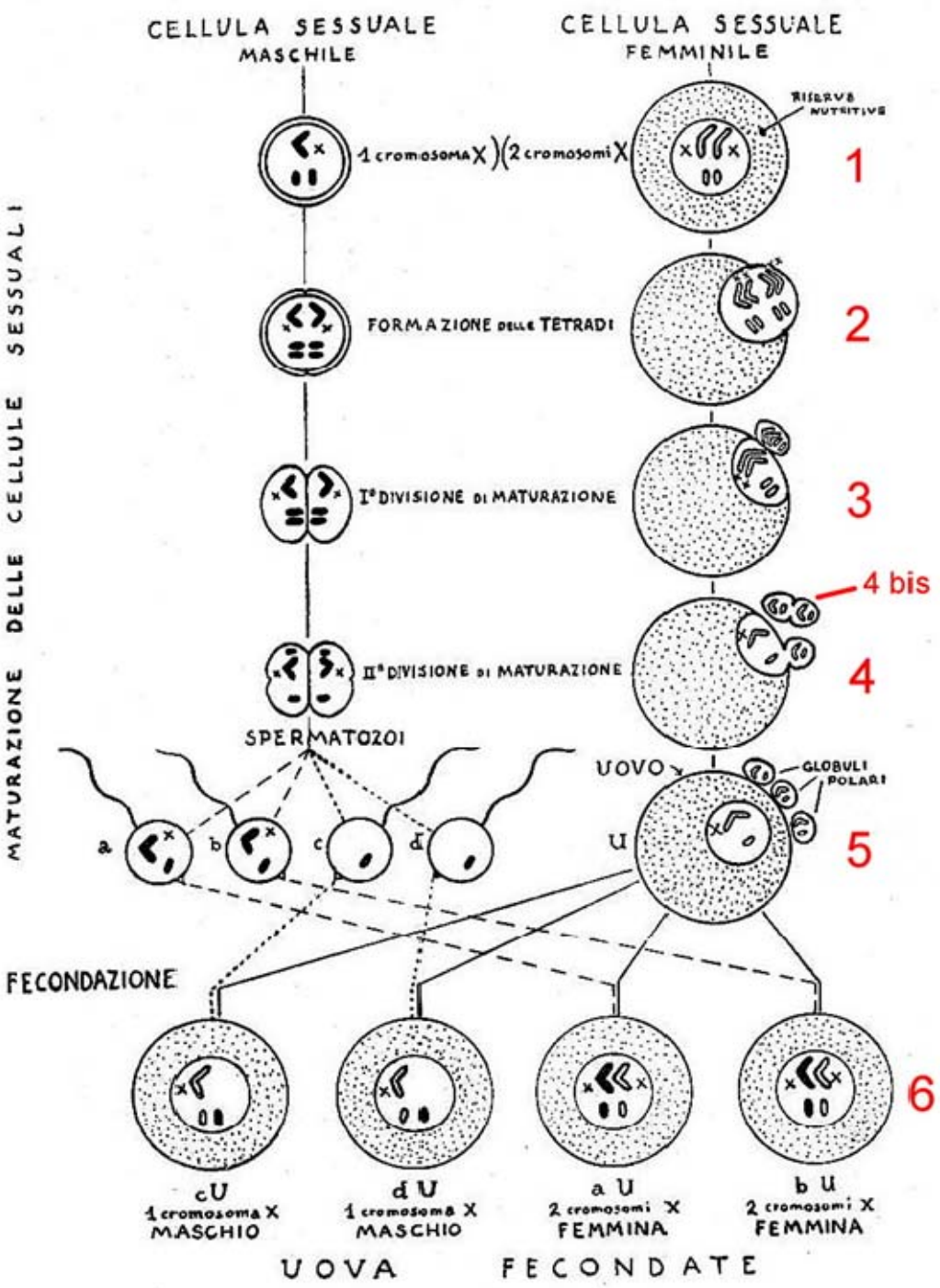


Fig. 27 − Nei Mammiferi ed in tanti altri gruppi la determinazione del sesso è gametica ed il sesso "eterogametico" è quello che determina il sesso del nascituro. La tavola illustra le varie fasi della meiosi, che per il nostro discorso si possono trascurare, tranne il fatto essenziale che dalla cellula sessuale progenitrice diploide (stadio 1), attraverso due divisioni successive (stadi 3 e 4), si arriva a quattro cellule mature (gameti) aploidi (stadio 5).

Il caso qui illustrato mostra un sesso eterogametico maschile della formula AA + X0, per cui metà degli spermatozoi hanno il cromosoma X (corredo A + X), l'altra metà ne sono privi (corredo A + 0). Il sesso omogametico è il femminile (corredo AA + XX), per cui tutte le uova hanno il corredo A + X. Gli zigoti risultanti saranno quindi per metà della formula AA + XX, e daranno origine a femmine, per metà AA + X0, e daranno origine a maschi.

In questa figura, ovviamente semplificata, gli autosomi sono raffigurati con un bastoncino, nero se di origine paterna, bianco di origine materna. I cromosomi sessuali sono raffigurati con una ❮ ed indicati con una crocetta.

Nello stadio 5 gli spermatozoi sono indicati con le lettere **a, b, c, d**. Le uova con la lettera **u**.

Nella maturazione delle uova, le quattro cellule finali hanno un diverso destino: in genere tre di esse regrediscono ("globuli polari") e quello indicato con 4 bis spesso non si divide neppure.

Fra gli stadi 5 e 6 sono indicati tutti i possibili incroci.

(Da: STURANI M., "Vita delle farfalle", De Silva, Torino, 1947, pag. 30, modif.)

Se poi pensiamo ai casi, ben osservati negli insetti ed in altri gruppi, in cui la duplicazione dei cromosomi e la loro separazione in meiosi può andare incontro ad anomalie, si possono presentare combinazioni con rapporti alterati come AAA + XX / AAA + X / AA + XXX / A + XX, ecc. In questi casi si parla di **intersessualità** o **supersessualità** in quanto gli individui dotati di un corredo così alterato dovranno presentare caratteri femminili o maschili esaltati od attenuati.

Il sesso dello zigote non è quindi una questione di "maschio o femmina", un fenomeno discontinuo, ma un fenomeno continuo, quantitativo, senza salti bruschi o divisioni, legato alla prevalenza in vari gradi di fattori femminilizzanti e mascolinizzanti. Tali fattori sono, almeno in parte, indipendenti.

Tutto il discorso precedente può sembrare complicato, ma si tratta in realtà di una semplificazione: infatti, esso è valido solo nel caso in cui i cromosomi sessuali portino un solo gene determinante del sesso e che negli autosomi non vi siano altri geni simili. Naturalmente, questo è uno schema; la realtà è generalmente più complicata e si entra nel campo della genetica più complessa.

Ma non finisce qui.

Differenziamento

Finora abbiamo parlato dei fattori genetici che determinano il sesso dell'uovo fecondato. Un problema diverso è lo sviluppo embrionale dell'uovo, cioè quella complicata serie di fenomeni per cui i caratteri sessuali dell'organismo adulto aderiscono al modello maschile o femminile: l'organismo, mentre cresce, si differenzia in una direzione o nell'altra.

Andiamo con ordine.

Il sesso, almeno nei pluricellulari, non è normalmente legato solo al corredo cromosomico dello zigote: nell'organismo in via di sviluppo si devono formare le gonadi, gli annessi e molti altri caratteri più sfumati.

Per quanto riguarda le gonadi, la loro origine e formazione si trova in distretti variabili dell'embrione e non possiamo entrare nei dettagli, ma la loro struttura è assai diversa nei differenti gruppi di viventi. Gli stessi gameti sono circondati spesso da organi complessi, come le antere e il sacco embrionale o l'ovulo nelle Fanerogame, varie membrane o gusci in tutti gli ovipari, il follicolo nei mammiferi, ecc.

Ma il sesso non si manifesta solo nelle gonadi. Vi sono organi accessori, anch'essi di origine embrionale assai varia: stami e pistilli nelle piante superiori, gonodotti, canali eiaculatori, vescicole seminali, prostata, ecc. negli animali maschi; ricettacoli seminali, spermateche, ovopositori, ovari, utero, ecc. nelle femmine. Tali annessi spesso derivano da territori embrionali del tutto separati dalle gonadi stesse. Negli ovipari a fecondazione esterna (Invertebrati acquatici, pesci, anfibi, ecc.) a volte si trovano organi del tutto indipendenti dalle gonadi, che servono a migliorare l'efficienza della fecondazione (calli sulle zampe dei rospi maschi per trattenere la femmina, arti modificati nei crostacei e nei ragni, un tentacolo differenziato [ectocotile] nei Cefalopodi, una pinna speciale in alcuni pesci, ecc.). Negli animali a fecondazione interna (Artropodi e Vertebrati terricoli) esistono svariate fogge di organi copulatori destinati a trasferire lo sperma nel corpo della femmina: gli spermatozoi sono in genere flagellati e devono rimanere in ambiente liquido, non potrebbero sopravvivere all'aria (che sia un residuo della nostra lontana origine da animali marini? – anche gli anfibi terrestri non depongono e fecondano le uova in acqua?).

In generale, possiamo allora parlare di "caratteri sessuali" come di quei caratteri che distinguono gli individui nelle specie a sessi separati come appartenenti a sessi riconoscibili. Ma, anche qui, occorre distinguere.

Se le gonadi sono fondamentali ("**caratteri sessuali primari**"), tutti gli organi annessi di cui abbiamo dato solo qualche esempio si possono chiamare "**caratteri sessuali secondari**" ed in questa definizione rientrano strutture anatomiche ed organi particolari, legati indirettamente alla riproduzione: il marsupio dei marsupiali, le ghiandole mammarie di tutti i mammiferi (da cui il loro nome), la tasca incubatrice dei cavallucci di mare maschi, le "lamine incubatrici" di certi crostacei, ecc.

Nel concetto di caratteri sessuali secondari possono rientrare anche caratteristiche del tutto indipendenti dal sistema riproduttore vero e proprio: colori, "livree", piumaggio, appendici (bar-

gigli, creste, speroni, corna, criniere, peli, forma del corpo) ed anche quei comportamenti legati al sesso, su cui potremo ritornare (scontri fra maschi, danze e canti di corteggiamento, ecc.).

Ma tutti questi "caratteri sessuali secondari" da quale causa dipendono?

Spesso da meccanismi non legati direttamente alle gonadi, ma ai sistemi ormonali e neurologici, in parte a loro volta dipendenti dalle gonadi.

Tutti sanno cosa sono gli ormoni e le ghiandole endocrine che li producono. Si tratta di sostanze ad azione enzimatica specifica, prodotte da organi che li riversano direttamente nel circolo sanguigno; certamente essi sono stati dimostrati nei Vertebrati e la loro azione è complessa in quanto essi agiscono sulla funzionalità di molti organi e s'influenzano reciprocamente.

Le gonadi stesse producono ormoni che influenzano altri organi o altre ghiandole endocrine. Una rete fittissima di azioni incrociate, stimolatrici ed inibitrici.

L'influenza "somatica", da parte di organi gonadici, sui caratteri sessuali secondari è stata dimostrata innumerevoli volte, sia osservando casi spontanei di atrofie o ipertrofie in qualche ghiandola endocrina, sia con castrazioni sperimentali, sia studiando i casi di "castrazione parassitaria" operata in certe specie da parassiti specifici che attaccano le gonadi. Inutile citare i casi di castrazione operata dagli allevatori sui galli (che diventano capponi), sui tori (che diventano buoi), ecc. In questi casi, alcuni caratteri specifici del maschio (aggressività, cresta, ecc.) regrediscono, dimostrando che essi dipendono, direttamente o indirettamente, dall'azione ormonale dei testicoli che sono stati asportati. In questi casi si parla di **eunucoidismo**.

Da notare che nel cappone gli speroni e le colorazioni della coda persistono, dimostrando di essere dipendenti dal corredo cromosomico dei tessuti non germinali.

Nella gallina, come è noto, un solo ovario è funzionale e l'altro è regredito; ebbene, l'asportazione dell'ovario funzionante provoca la conversione dell'ovario rudimentale in testicolo. L'influenza ormonale dell'ovario funzionale viene a mancare e prevale allora un fattore mascolinizzante.

Altro caso interessante è la virilizzazione patologica di alcune donne che soffrono di tumori all'ovario o alla corteccia surrenale. Così è noto che i fenomeni del ciclo mestruale in tutti i primati dipendono dal ciclo della produzione dei follicoli nell'ovario e dalla loro azione ormonale.

Quando i caratteri sessuali secondari dipendono dalla secrezione ormonale delle gonadi si parla di caratteri "eusessuali". Se dipendono direttamente da cause genetiche si parla di caratteri "somatosessuali". I caratteri sessuali secondari dei Vertebrati sono quasi sempre del tipo eusessuale, dipendono dagli ormoni delle gonadi o di ghiandole influenzate dalle gonadi.

Non è ancora stata chiarita l'esistenza di ormoni sessuali negli Invertebrati, tranne forse i Crostacei; in molti casi, la loro castrazione non porta ad alterazione dei caratteri sessuali.

L'influenza "somatica", da parte di organi che non siano le gonadi, si può sempre presentare, ed in questa evenienza le catene causali si complicano.

Nel differenziamento dei caratteri sessuali secondari vi sono poi i **fattori ambientali**. Basterebbe un esempio.

In molti gruppi animali, il rapporto numerico dei sessi è assai vicino ad 1:1: Se la determinazione del sesso seguisse solamente lo schema della fig. 27 di cui sopra, il rapporto dovrebbe essere esattamente 1:1, ma qualche variazione può dipendere da differenze di vitalità degli spermatozoi dei due tipi, da differenze di vitalità degli embrioni, ecc. Ma la regola è generalmente osservata.

In molti animali però, il rapporto dei sessi è fortemente dipendente da fattori esterni, come la temperatura, il nutrimento disponibile, ecc., quindi dal livello metabolico dell'organismo. Sembra che l'estinzione dei grandi rettili al termine del periodo Mesozoico sia avvenuta, fra l'altro, a causa di una graduale variazione di temperatura del clima che ha modificato drasticamente il rapporto numerico dei sessi. Ancora oggi, il rapporto fra i sessi nei rettili ed in alcuni pesci sembra spesso legato alla temperatura ambiente.

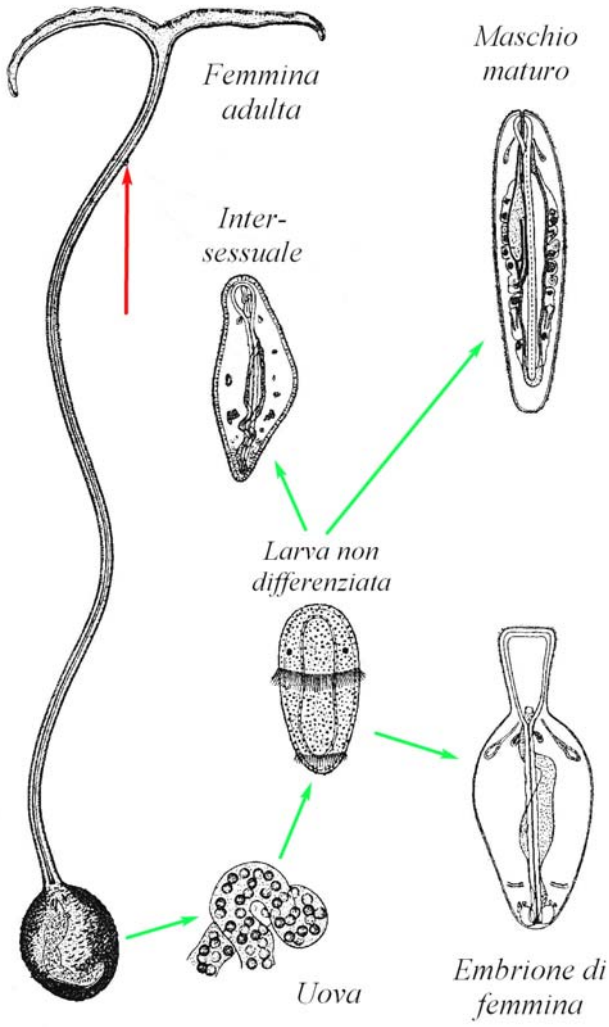


Fig. 28 – Il ciclo biologico del verme marino *Bonellia viridis*. Per i dettagli, vedi il testo seguente.
(Da: D'ANCONA U., "Trattato di Zoologia", UTET, Torino, 1953, pag. 343, modif.)

Ma un caso di determinazione ambientale del sesso non si può tacere: quello della *Bonellia viridis*, un lungo verme marino del gruppo degli Echiuridi, ritenuto affine a quello degli Anellidi.

Questa specie presenta in maniera estrema un fenomeno di cui parleremo fra poco: il **dimorfismo sessuale**, termine che indica globalmente tutte le differenze anatomiche, fisiologiche e comportamentali che esistono in una certa specie a sessi separati fra gli individui dei due sessi. Differenze spesso impercettibili, come in molti uccelli e pesci, a volte evidenti – nessuno confonderebbe una pecora con un montone.

Veniamo alla Bonellia. La femmina ha un corpo ovale grande come una noce che si prolunga in una proboscide biforcuta lunga 20 o 30 cm. Il maschio è un vermicello di pochi decimi di mm che vive da parassita, attaccato alla proboscide della femmina (freccia rossa in fig. 28). Un caso estremo di dimorfismo sessuale. Ma il fenomeno più interessante riguarda la determinazione del sesso. Qualche influenza sembra avere il corredo cromosomico delle uova fecondate, ma è prevalente un fattore "ambientale" che agisce durante lo sviluppo embrionale. Le uova vengono espulse in ammassi, riunite in cordoni da una massa gelatinosa. Da esse si sviluppano minuscole larve ciliate natanti, sessualmente indifferenziate. Se tali larve vagano per l'ambiente e si fissano al fondo, evolvono in femmine, aumentando enormemente le loro dimensioni. Se si fissano al corpo della femmina, rimangono piccole ed evolvono in maschi. Se, durante il loro sviluppo, si staccano dal corpo della femmina, producono individui intersessuati, con prevalenza di caratteri maschili o femminili a seconda del tempo che hanno trascorso aderenti alla femmina.

Facendo sviluppare le larve ancora indifferenziate in acqua addizionata di estratti di vari organi della femmina, si ottengono ancora vari gradi di intersessualità, dimostrando con ciò che il

differenziamento del sesso dipende da sostanze prodotte dalla femmina.

Il caso della Bonellia è un caso estremo di condizionamento dello sviluppo sessuale dettato da fattori esterni all'organismo. Ma non è l'unico. Un piccolo crostaceo parassita (*Jone*) evolve in femmina se si attacca direttamente all'ospite (un altro crostaceo, *Callianassa*), evolve in maschio se si attacca ad una femmina matura.

Casi difficili da spiegare sono poi quelli in cui il rapporto numerico fra gli individui dei due sessi si allontana molto dal caso teorico di 1:1. Parliamo di numeri ricavati da calcoli statistici su gran numero di individui, quindi corrispondenti ad un carattere stabile della specie.

Ebbene, si trovano rapporti di 60 femmine su un maschio (efemere, piccoli insetti volanti dalla vita breve), oltre 100 maschi per una femmina (farfalle del genere *Papilio*), e così via.

Specialmente quando sono i maschi ad essere rari, si può vedere un avvicinamento alla condizione di partenogenesi, su cui ritorneremo fra breve.

Accettiamo dunque, almeno in linea di massima, che la determinazione del sesso sia legata a diversi fattori, sia genetici, sia ormonali, sia ambientali, che possono agire con ogni gradazione intermedia.

Se ciò è vero, non deve stupire il fenomeno, evidente nella *Bonellia*, ma anche in altre specie, per cui, anche in condizioni del tutto naturali, il sesso di un individuo si esprima con ogni possibile gradazione, fra un estremo maschile ed uno femminile, fino al caso di ipersessuati (caso citato anche a pag. 20) quando il rapporto fra i fattori mascolinizzanti e quelli femminilizzanti si esalta in un senso o nell'altro.

L'**intersessualità** è la condizione particolare in cui si trovano, in condizioni patologiche o naturali, certi individui nei quali i fattori femminilizzanti e mascolinizzanti agiscono in antagonismo e si trovano in equilibrio instabile. La gonade e l'intero individuo possono quindi maturare in qualunque stato intermedio fra quello tipico femminile e quello tipico maschile. I fattori femminilizzanti e mascolinizzanti possono essere di natura genetica, ormonale o ambientale (parametri fisici o chimici); a seconda della loro persistenza nel tempo, l'intersessualità può essere transitoria o permanente.

Come condizione patologica, sono stati registrati anche fra i mammiferi individui dotati di un testicolo su un lato e di un ovario sull'altro. Fra i pesci non è rara una situazione analoga, ma priva di funzionalità.

Più sopra (a pag. 15) abbiamo parlato di ermafroditismo, e quello potrebbe sembrare un caso simile all'intersessualità. Ma non è così: nell'ermafroditismo, almeno in quello naturale, i fattori femminilizzanti e mascolinizzanti coesistono e consentono l'esplicarsi completo delle funzioni sessuali; nell'intersessualità i fattori sono in antagonismo ed il rapporto dei loro effetti produce caratteri sessuali intermedi in ogni grado possibile: nessuno dei sessi arriva a maturità.

La cosa non deve sorprendere poiché, durante lo sviluppo embrionale, le gonadi dei due sessi possono provenire da regioni diverse dell'embrione o del feto ed il loro percorso non è parallelo.

A pag. 21 abbiamo citato il caso della "castrazione parassitaria" per cui un parassita può alterare le funzioni delle ghiandole sessuali e modificare i caratteri sessuali secondari dell'individuo ospite. In altri casi, un parassita può provocare casi di vera e propria intersessualità per lo stesso meccanismo ed allo stesso modo si può arrivare all'inversione completa del sesso. Esempi sono stati osservati in insetti (vespe) e mammiferi (maiali) ed in questo caso possiamo parlare di un fatto patologico. Anche il caso di virilizzazione da tumore ovarico nella donna, citato sempre a pag. 21, rientra nella categoria di inversione sessuale patologica.

Per **inversione sessuale** in condizioni naturali s'intende invece un cambiamento del sesso abituale nel corso della vita dell'individuo. Ciò avviene in alcuni pesci Ciprinodonti, anellidi Policheti marini, alcuni molluschi, ecc. Alcuni Isopodi (piccoli Crostacei terrestri, come i "porcellini di terra") da giovani sono maschi con rudimenti di organi femminili; crescendo diventano femmine del tutto funzionali.

Il **dimorfismo** ed il **ginandromorfismo**

Abbiamo già citato il dimorfismo sessuale (pagina precedente). Una certa differenza dei caratteri fra maschio e femmina è facile da constatare in tantissime specie e rientra nel fenomeno globale dei caratteri sessuali secondari, alle cause dei quali abbiamo già accennato.

Spesso le differenze esteriori (gli specialisti direbbero "fenotipiche") fra i due sessi hanno una funzione precisa e la selezione naturale le ha in qualche modo premiate. A parte gli organi accessori (per l'accoppiamento), infiniti altri caratteri sono utili alla ricerca ed al riconoscimento dei sessi: le cosiddette "livree nuziali", come le colorazioni (pesci ed anfibi), il piumaggio (uccelli), il pelame (la criniera dei leoni), le appendici (insetti, pesci, ecc.). Chi non ha mai ammirato la "ruota" del pavone o degli uccelli del paradiso, alzi la mano.

Tali livree vengono generalmente spiegate come "utili ad attirare le femmine", certamente a facilitare l'incontro dei sessi. Ma un'altra funzione viene generalmente ignorata: il riconoscimento da parte della femmina di un maschio della propria specie. Pensiamoci bene: specialmente fra insetti, uccelli, mammiferi, ecc. il ciclo riproduttivo prevede una sola deposizione di uova o un solo parto all'anno. Se una femmina si sbaglia nella scelta del maschio, le sue uova potrebbero risultare sterili o i suoi piccoli bastardi (larve, pulcini o cuccioli) risultare infecondi. La femmina perderebbe un anno, un ciclo riproduttivo, ed in molte specie la vita feconda dura pochi anni.

La livrea nuziale acquista allora il valore di "carta d'identità", certificando l'appartenenza del pretendente alla specie giusta.

Le livree nuziali sono spesso permanenti, come in molti uccelli, insetti, ecc., ma a volte sono temporanee, e si presentano solo nel periodo degli amori: per es. in molti pesci, anfibi, ecc., il maschio cambia almeno parzialmente di colore in vista della riproduzione.

Livree nuziali sono anche gli organi luminosi presenti in certi insetti come le lucciole, che hanno l'evidente funzione di consentire l'incontro dei partner in assenza di luce. Organi del genere sono presenti in molti gruppi di animali marini di profondità, ed in quegli ambienti bui offrono un meccanismo quasi esclusivo per l'incontro ed il riconoscimento dei sessi.

Rientrano in senso lato nel concetto di livree nuziali temporanee anche molti comportamenti legati all'incontro dei sessi: canti, danze, voli, sbatter di becchi in certi uccelli, e così via. Si può parlare genericamente di "corteggiamento", ed anche nel corteggiamento si può facilmente identificare un comportamento specifico (legato alla specie) che rientra nella funzione di riconoscimento di un maschio della propria specie da parte della femmina.

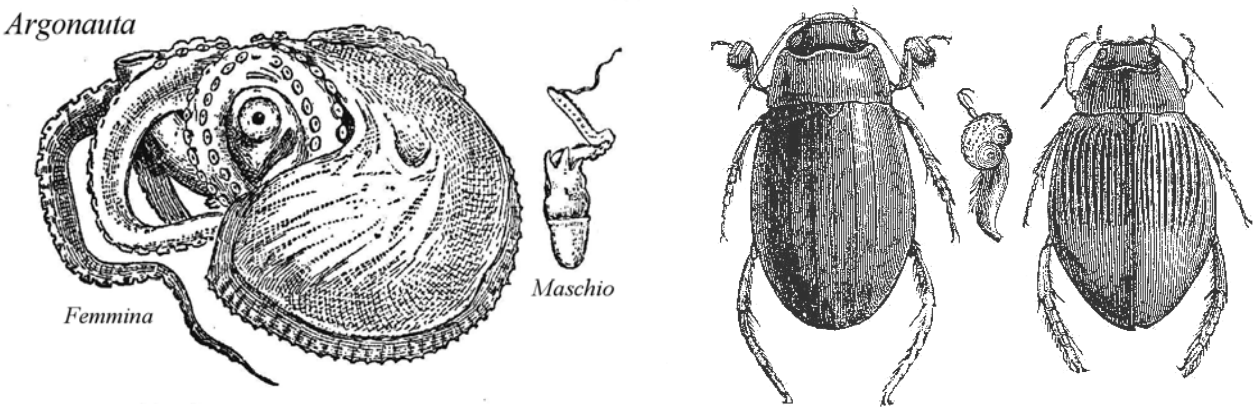


Fig. 29/30 − Esempio di forte dimorfismo sessuale in un mollusco Cefalopode Ottopode, parente del polpo. La femmina raggiunge i 20 cm; il maschio non supera 1 cm.

In un coleottero acquatico (*Ditiscus marginalis*) la femmina (a destra) ha le elitre rigate, il maschio ha le elitre lisce ed alcuni elementi del tarso delle zampe anteriori sono dilatati e danno alloggio a qualche ventosa che consente al maschio di aderire alla femmina durante l'accoppiamento (vedi la piccola figura fra i due insetti interi).

(Da:COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 261 modif. e da: FRANCESCHINI F. − Le farfalle − Treves, Milano, 1879, pag. 328)

Altrettanto specifici, e rientranti anch'essi nel concetto di livree nuziali temporanee, sono gli odori emessi spesso dalle femmine, ma anche dai maschi, nel periodo riproduttivo. Mentre le livree visive sono riconoscibili solo di giorno ed a breve distanza, i segnali olfattivi vengono percepiti a chilometri di distanza e di notte. Famose le ricerche di J. H. Fabre che utilizzò femmine appena schiuse dal bozzolo per attirare maschi di farfalle (la pavonia maggiore) da oltre due chilometri quando la direzione del vento era favorevole, mentre nessun maschio si presentò quando la femmina era confinata in un recipiente ben chiuso.

L'azione di questi "odori" è paragonabile a quella di un ormone, ma essi agiscono fuori dall'organismo, ed il loro effetto è possibile solo all'interno di una singola specie: un'altra "carta d'identità", questa volta olfattiva. Queste sostanze rientrano nella categoria dei "**feromoni**".

Fig. 31 − Innumerevoli gli esempi di dimorfismo sessuale negli insetti in cui la femmina è priva di ali. Questa è la pomonaria (*Nyssia pomonaria*). Altro caso ben noto è quello delle lucciole (ancora femmine attere).

(Da: FRANCESCHINI F. − Le farfalle − Treves, Milano, 1879, pag. 286)

Tornando al concetto di dimorfismo in generale, citiamo solo i casi di notevoli differenze di dimensioni (fig. 29), differenze di ornamentazione (fig. 30), differenze nelle ali delle farfalle (fig. 31) o delle lucciole, differenze nelle antenne di moltissime farfalle notturne (Eteroceri): l'antenna è filiforme nella femmina e piumata nel maschio, come si vede nell'individuo bisessuato della figura seguente.

Il **ginandromorfismo**

Questa volta, la differenza fra i caratteri maschili e femminili si trova nello stesso individuo: non si può parlare di dimorfismo sessuale.

Nel caso del ginandromorfismo capita a volte che caratteri esteriori del maschio e della femmina compaiano in aree distinte dello stesso individuo, spesso nelle due metà destra e sinistra, a volte in aree più piccole distribuite irregolarmente.

Ben conosciuto è il fenomeno in molte specie di farfalle (fig. 32) con colori (e gonadi) maschili da una parte e femminili dall'altra. Più raro è il caso di mosaico, con molti settori distribuiti casualmente.

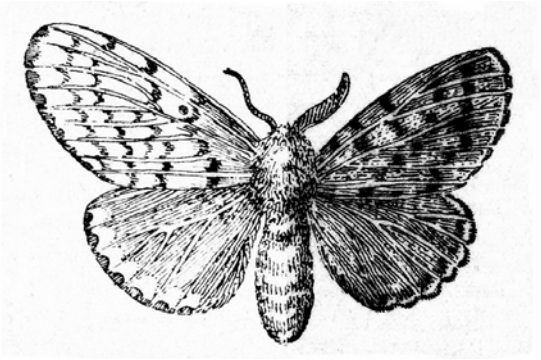


Fig. 32 − Individuo androgino di *Limantria dispar*: maschio a destra. La divisione delle due regioni sessuali segue il piano della simmetria bilaterale dell'individuo.

(Da: PIERANTONI U., "Trattato di Biologia e Zoologia Generale", "HUMUS", Napoli, 1948. 2 voll. Pag. 165, modif.)

Il ginandromorfismo è possibile quando non vi sono sistemi ormonali che, diffondendosi col circolo sanguigno, avrebbero effetto su tutto l'individuo.

Inoltre, in questi casi è evidente la totale compatibilità delle gonadi e dei caratteri maschili e femminili: possono stare a stretto contatto tessuti dei due sessi.

La causa del ginandromorfismo risiede in una duplice fecondazione dell'uovo od in un errore nella disgiunzione dei cromosomi all'inizio dello sviluppo embrionale.

Il **polimorfismo**

Collegabile con la riproduzione sessuale, in particolare col dimorfismo, è un fenomeno abbastanza raro presente in alcuni insetti: un sesso presenta un solo aspetto, mentre l'altro appare sotto tre o quattro forme così diverse da essere interpretabili come specie separate. Le differenze riguardano spesso la colorazione. Come esempio valgano alcune farfalle giavanesi del genere *Papilio*.

La causa di questo fenomeno non è da cercare direttamente nella sessualità, ma piuttosto nell'utilità di avere nella stessa specie forme diverse adattate ad ambienti diversi in modo da accrescere la variabilità e la plasticità adattativa della specie. Altro vantaggio del polimorfismo è che, se una delle forme prevale numericamente sulle altre, i predatori cercheranno in prevalenza quella forma, mentre saranno ignorate le forme meno frequenti; queste ultime avranno un vantaggio selettivo che può giustificare la loro permanenza nelle successive generazioni.

Più noto è il polimorfismo negli insetti sociali: Imenotteri come api e formiche, Isotteri come le termiti. Oltre ai maschi ed alle femmine fertili ("regine"), vi sono le femmine sterili ("operaie" e "soldati"); qui si tratta di divisione del lavoro, di adattamenti alla vita sociale.

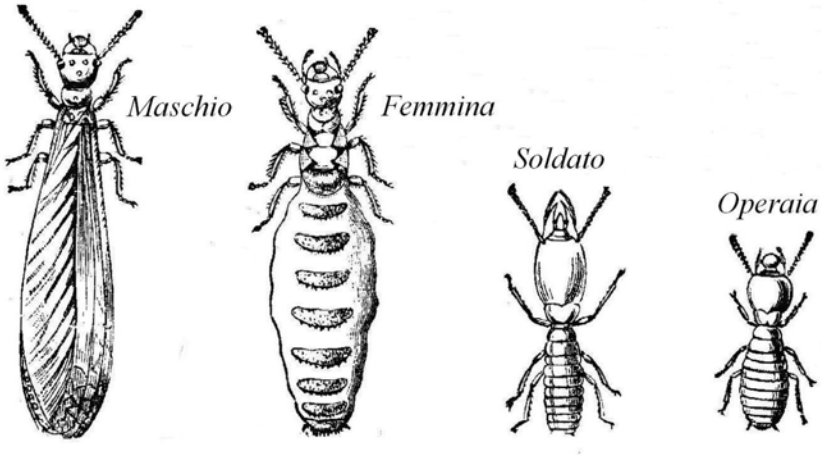


Fig. 33 − Una delle specie di termiti con quattro diverse forme, le prime due normalmente fertili, le altre due sterili.

L'aspetto esteriore degli individui dà ragione della loro specializzazione: le ali al maschio per la ricerca della femmina; l'addome sovrasviluppato per alloggiare gli ovari nella femmina; il grosso capo e le mandibole per il soldato; le piccole dimensioni per facilitare gli spostamenti delle operaie.

(Da:COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 262, modif.)

La **partenogenesi**

La sessualità, l'abbiamo detto, consiste essenzialmente nella fusione di due elementi differenziati (cellule o nuclei, comunque "gameti") con rimescolamento di due corredi cromosomici omologhi.

Ma si danno casi di individui ben differenziati in femmine, con tanto di ovari, che producono uova fertili senza fecondazione. Si parla di partenogenesi nel senso etimologico: generazione verginale.

Sembra un controsenso, ma si parla ancora di sessualità poiché l'uovo ha caratteri specifici da gamete femminile, proviene da una gonade e da un individuo ben caratterizzati come femminili.

Non c'è nulla a che vedere con l'ermafroditismo poiché in quest'ultimo caso si tratta sempre di gonadi ben distinte e dell'incontro di gameti dei due sessi: al massimo, è un individuo che fa tutto da solo. Nella partenogenesi è l'uovo – non fecondato – che fa tutto da solo.

Ma il discorso dei gameti aploidi e dello zigote diploide, dove va a finire?

In certi casi, che rappresentano un'eccezione per la loro specie (baco da seta, ad es.), le uova non fecondate possono schiudere, ma non arrivano a maturità. Incidente di percorso.

In casi più frequenti (partenogenesi **facoltativa**), come nelle api, certe formiche ed acari, le uova vengono fecondate, e danno regolarmente femmine, oppure non sono fecondate e danno maschi. In questi casi, i maschi sono aploidi e nella loro spermatogenesi non avviene il dimezzamento dei cromosomi, per cui i loro spermatozoi sono anch'essi aploidi. Questo schema di partenogenesi sta alla base del polimorfismo delle specie citate (figura precedente).

Nel caso più frequente (partenogenesi **ciclica**), comune ad insetti come gli afidi e la fillossera (figura seguente), oppure a piccoli crostacei d'acqua dolce (Dafnie o "pulci d'acqua") o rotife-

ri (piccoli vermi, anch'essi d'acqua dolce), vi è una successione regolare di due o più generazioni partenogenetiche ed una sessuata, che si presenta generalmente in Autunno o comunque in condizioni d'ambiente difficili.

In questi casi le uova rimangono diploidi per varie ragioni: − durante l'ovogenesi non avviene la meiosi − dopo l'emissione dei globuli polari (vedi la fig. 18 a destra, stadi da 3 a 5), uno di essi si fonde con l'uovo aploide ricostituendo il corredo diploide − l'uovo è aploide ma, alla prima divisione, le due cellule figlie si fondono come se fossero autorizzate a fare le veci di gameti: l'uovo ritorna allo stato diploide.

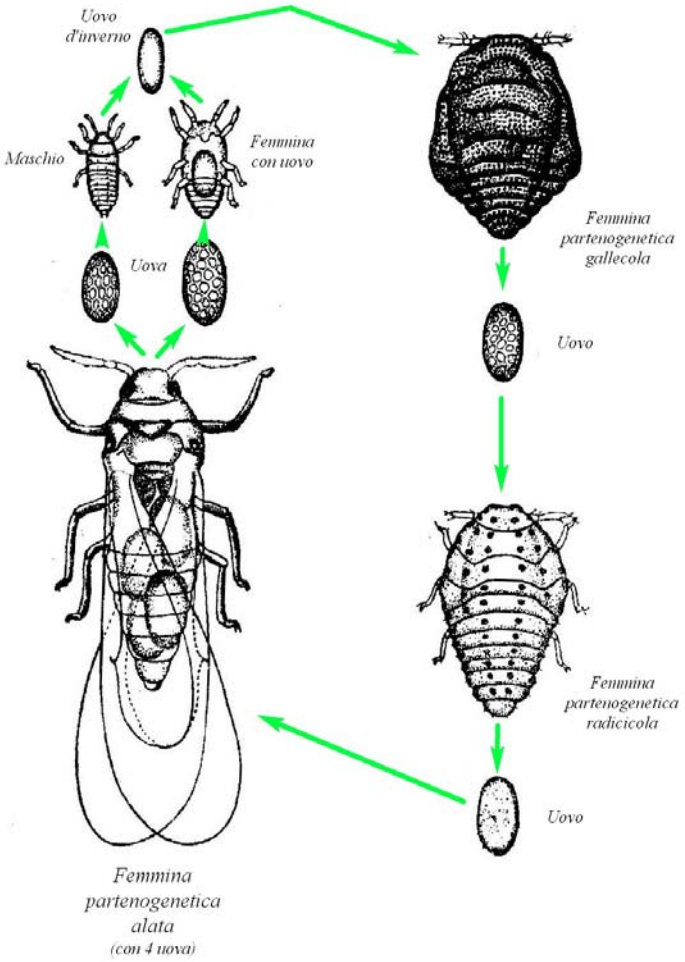


Fig. 34 − La fillossera della vite (*Phylloxera vastatrix*) sulla vite americana schiude dall'uovo "d'inverno" (in alto a sinistra) come femmina partenogenetica senz'ali che vive sui tralci producendo galle (in alto a destra) e poi, generazioni successive, sulle radici: numerose generazioni durante l'estate. In Autunno compaiono femmine alate che producono uova, sempre partenogenetiche, con diverse dimensioni (ogni femmina alata depone uova di un solo tipo); queste generano individui sessuati che si fecondano e da qui nascono uova resistenti, "d'inverno", che ricominciano il ciclo alla primavera successiva. Un solo uovo per ogni femmina.

Sulla vite europea, la specie si è modificata poiché scompaiono generalmente gli individui sessuati e le uova resistenti; si ha quindi una successione quasi totale di femmine attere partenogenetiche radicicole.

(Da:COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 260, modif.)

Il caso della fillossera sulla vite europea (partenogenesi quasi esclusiva) si ritrova anche altrove: Rotiferi Bdelloidei, piccoli crostacei marini (Cladoceri), ecc.

Sembra evidente che la partenogenesi presenti lo stesso vantaggio della riproduzione agama: produzione di grande numero di individui in breve tempo quando l'ambiente è favorevole.

Ma i vantaggi della sessualità, soprattutto l'aumento della variabilità della specie, sono tali che la partenogenesi appare sempre come un'eccezione, con modalità variabili, spesso alternata con una generazione sessuata. Un fenomeno adattativo, frequente ma saltuario, che offre vantaggi solo in condizioni ambientali ben definite, ma non può durare indefinitamente.

Si possono interpretare come casi di partenogenesi accidentale anche certi tumori delle ghiandole sessuali nella donna ed in altri Mammiferi ("teratomi"): embrioni partenogenetici rudimentali a sviluppo alterato.

Anche il caso del parassita *Fasciola* (fig. 17 a pag. 10), interpretabile come gemmazione interna, consiste poi in una partenogenesi multipla allo stato larvale.

Casi di partenogenesi si riscontrano anche nel mondo vegetale.

L'**eterogenesi**

È un altro modo di chiamare la partenogenesi **ciclica** che abbiamo già descritta come fenomeno saltuario in tutto il mondo vivente: alternanza di generazioni sessuate e partenogenetiche.

Meglio riservare il termine di eterogenesi alla partenogenesi ciclica quando è molto regolare.

La **metagenesi** o **alternanza di generazione** o **generazione alternante**

Qui siamo in un altro campo. Si tratta di un fenomeno quasi universale, in tutte le specie viventi. In sintesi, si tratta della successione regolare di una generazione agama diploide ed una

sessuata aploide. Come vedremo, a queste "generazioni" non corrisponde sempre l'alternanza di individui completi, ma solo di generazioni di cellule.

Alla pag. 2 abbiamo già dato i concetti di base: "L'alternanza fra fase diploide ed aploide è dunque l'essenza della riproduzione sessuata. Ciò implica, in qualche momento del ciclo biologico della specie, una divisione "riduzionale", una meiosi, capace di dimezzare il corredo cromosomico dei gameti". In altre parole, la stessa esistenza della sessualità presuppone il regolare alternarsi di una generazione sessuata ed una asessuata (agama): una aploide ed una diploide.

Ma è bene spiegare come ciò avviene nei principali gruppi vegetali ed animali, come al solito con infinite varianti in cui spesso è difficile riconoscere lo schema di base.

Tanto per cominciare, eliminiamo i casi di apparente metagenesi.

Già a pag. 9 (fig. 13, che riprendiamo qui a lato) abbiamo illustrato la riproduzione per gemmazione di un Tunicato (*Clavelina*, parente delle ascidie, pomodori di mare ed affini) che, da un individuo nato sessualmente, produce per gemmazione, quindi per via vegetativa, numerosi individui all'estremità di un cordone di tessuto (stolone). Nessun'alternanza di fasi diploidi ed aploidi.

(Fig. 13, da pag. 9) − Una nascente colonia di Clavelina con una raggiera di stoloni alla base, ognuno capace di sviluppare un individuo adulto.

Stessa esclusione tocca a numerosissimi Celenterati (Madrepore, Millepore, coralli e simili), anch'essi capaci di produrre per stoloni e gemme delle colonie di innumerevoli individui, tutti collegati fra loro dallo stolone. Processo che sta alla base delle barriere coralline.

Così molti altri Celenterati Scifozoi (meduse e simili) mostrano l'alternanza regolare di una forma medusoide ed una polipoide. Le due forme si distinguono se non altro per il fatto che la medusa è natante, con la bocca in giù, mentre il polipo è sedentario, con la bocca in su. La prima è una fase sessuata generalmente dioica, che produce gameti; dall'uovo fecondato nasce una larva natante ciliata (planula) che si fissa, si trasforma in polipo e, quando questo è maturo, si divide per solchi trasversali (strobilazione) in tanti dischi (èfire) muniti di tentacoli.

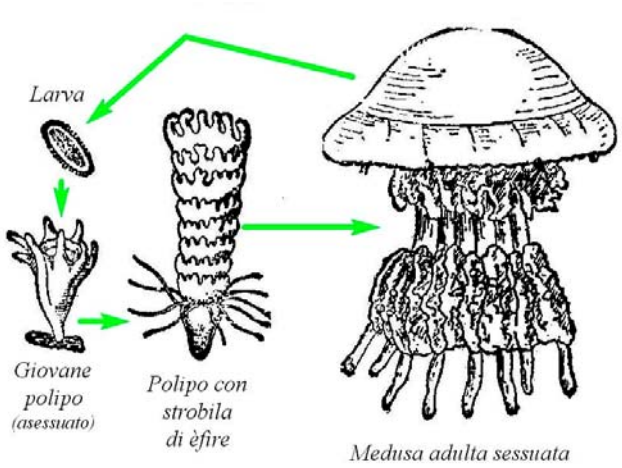


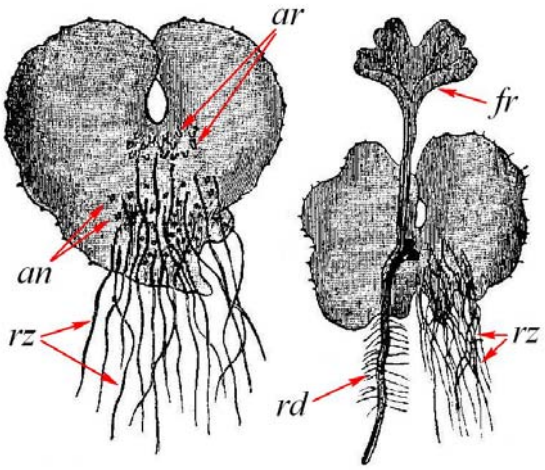
Fig. 35 − Ciclo riproduttivo di una Scifomedusa. − (Da:COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 258, modif.)

Le èfire si staccano, si capovolgono, e si trasformano in meduse natanti. Anche qui, entrambe le fasi sono diploidi.

Veniamo dunque alla vera alternanza di fasi aploide−diploide.

Nell'art. n° A 3 di questa serie, dedicato alle Crittogame, le piante senza fiori, abbiamo cercato di chiarirci come funziona la metagenesi in due gruppi assai facili da studiare: muschi (Briofite) e felci *lato sensu* (Pteridofite).

Nella fig. 24, che abbiamo già visto a pag. 15 e che riprendiamo qui sotto, sono raffigurate le due fasi di una tipica felce, entrambe verdi ed auto-sufficienti.



(Fig. 24, pag, 15) – A sinistra, un protallo in germinazione, con organi maschili e femminili sulla faccia inferiore. Si tratta di una piccola pianta laminare nata da una spora aploide; essa quindi è aploide, ma sessuata. È il "gametofito".

A destra, da un'ovocellula fecondata si produce una piantina con fronde, la vera felce, diploide (fr), che si staccherà presto dal protallo. Sulle fronde della felce nasceranno degli sporangi e, durante la maturazione delle spore, si verificherà la meiosi per cui le spore saranno aploidi.

La felce è lo "sporofito".

Le due fasi sono dunque ben riconoscibili, entrambe autotrofe (perché clorofilliane).

Nei muschi le cose sono un po' meno chiare ma ancora riconoscibili: la piantina che vediamo è aploide, anch'essa sessuata poiché porta anteridi ed archegoni (simili a quelli di fig. 25, pag. 15): è il gametofito. Dopo la fecondazione però dallo zigote nasce lo sporofito diploide che non si stacca dal genitore, ma vive su di esso a mo' di parassita (non possiede di solito clorofilla). Esso si presenta come un filamento verticale ("seta") recante in cima uno sporangio particolare ("urna").

Fig. 36 – Il muschio più grande della flora italiana: *Polytrichum commune*. In basso, tre piantine gametofite, aploidi. Su di esse è cresciuto lo sporofita diploide: seta ed urna.

Dall'urna matura, attraverso forellini appositi, usciranno le spore, meiospore aploidi.

Nelle alghe si presentano tutti i casi possibili: individui agami e sessuati identici, prevalenza dell'uno, prevalenza dell'altro.

Uno schema generale, che riportiamo alla pagina seguente dall'art. n° A 3, riassume la situazione.

Partiamo dalle gonadi che già conosciamo (pag. 14/15): gli archegoni femminili e gli anteridi maschili. Dalla fecondazione dei gameti (in mezzo acquoso: gli anterozoi sono flagellati) si forma l'oosfera fecondata, lo zigote diploide. Nella fig. 37, in alto, sono schematicamente indicati i gameti aploidi (**n**). La fecondazione è indicata con un cerchietto (**O**); lo zigote diploide con **2n**.

Lo zigote germina producendo lo **sporofito** diploide: sulla piantina del muschio sotto forma di "seta" ed "urna" (figura precedente), sul protallo della felce sotto forma di pianta adulta.

In un caso o nell'altro, in appositi contenitori (l'urna del muschio o gli sporangi della felce, entrambi diploidi) si formano le spore ma, durante la loro maturazione, avviene la meiosi ed ogni spora diploide genera quattro spore aploidi (meiospore). Quando queste spore germinano, nasce il gametofito aploide: il protallo delle felci (fig. 24, riportata qui sopra) o la piantina di muschio.

Su questi "gametofiti" si formano gli archegoni e gli anteridi, ed il ciclo ricomincia.

Nel caso dei muschi e delle felci sono quindi ben distinguibili le due generazioni, che si alternano regolarmente, ma sono indipendenti solo per le felci. Nei muschi, lo sporofito è parassita del gametofito.

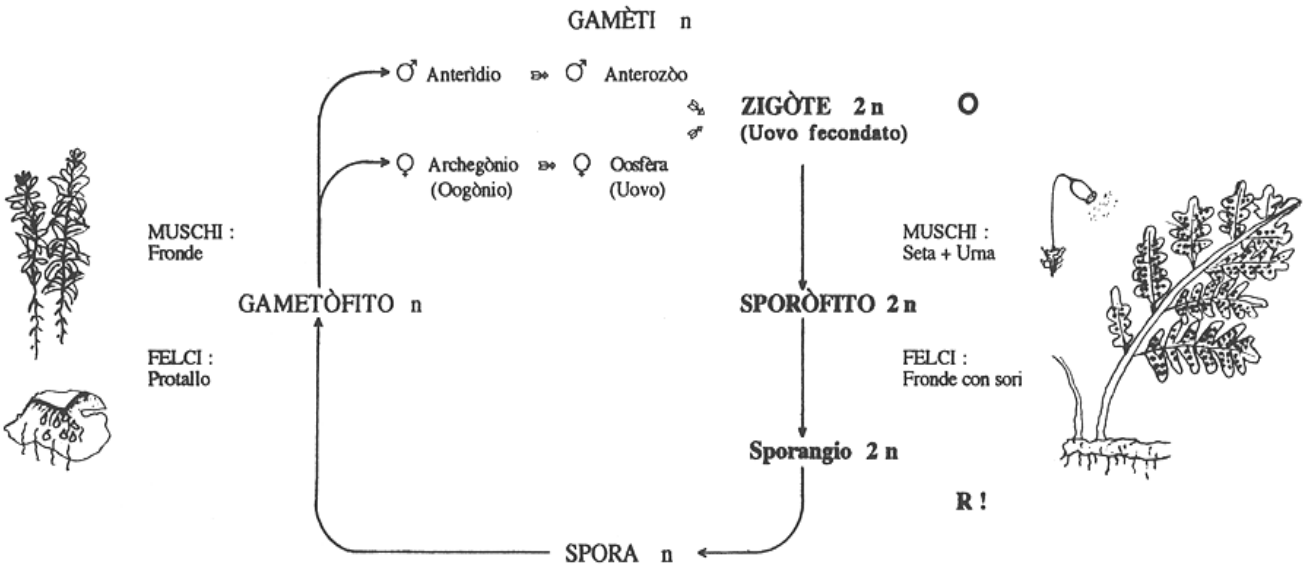


Fig. 37 − Spiegazione nel testo. **O** indica la zigosi; **R !** indica la divisione riduzionale (meiosi).

Nel caso dei funghi vi sono situazioni assai diverse nei vari gruppi. Spesso, la sessualità è veramente ridotta all'osso: non vi sono gametangi, organi sessuali e simili. In questi casi, il processo sessuale si riduce alla fusione di due nuclei aploidi all'interno della stessa cellula, spesso in maniera differita nel senso che i due nuclei aploidi convivono all'interno della stessa cellula, senza fondersi, per tempi anche lunghissimi. In questo modo, il corpo vegetativo (micelio) possiede cellule binucleate ma non ancora diploidi: si parla di "**dicarion**".

Citiamo solo un caso, purtroppo interessante per l'agricoltura: quello delle "ruggini"; si tratta di molte specie di funghi Basidiomiceti Uredinali, parassiti di numerose piante coltivate.

L'alternanza delle generazioni si complica in questi casi per la presenza di generazioni successive di spore asessuate, del tipo dei conidi. La figura seguente illustra il caso della "ruggine del grano" *(Puccinia graminis)*, parassita di molte graminacee e, come ospite intermedio, del crespino (*Berberis vulgaris*).

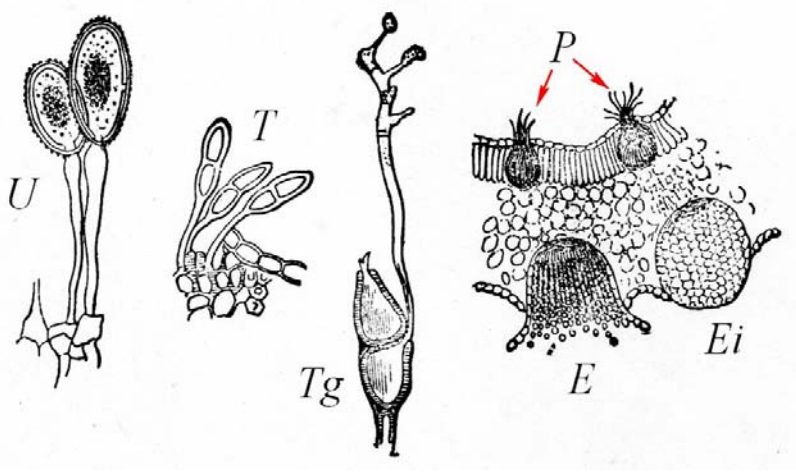


Fig. 38/39 − Dalla spora aploide si formano in primavera, sulle foglie del crespino, dei miceli di due sessi, aploidi. Da qui nascono degli ammassi di spore, sempre aploidi, in strutture incavate (picnidi: P in figura); poiché questi picnidi producono una specie di nettare, gli insetti possono coadiuvare nella diffusione delle picnospore. Quando i miceli dei due sessi s'incontrano, ne nasce un micelio a nuclei appaiati (dicarion). Qui si formano sulla faccia inferiore altri ammassi di spore ("ecidi", E in figura). Le ecidiospore, sempre a formazione asessuata, sempre a nuclei appaiati, possono geminare solo su una graminacea e formare un altro micelio.

Su questo si possono formare altre generazioni di spore a dicarion (uredospore, U in figura) e, finalmente, spore a parete resistente (teleutospore, T in figura).

Nelle teleutospore, unicellulari o bicellulari, i dicarion si fondono e nasce un vero zigote diploide.

Alla primavera successiva, le teleutospre germinano in mezzo alle uredospore, emettono una protuberanza allungata detta "basidio" (Tg) in cui avviene la meiosi: dal nucleo diploide si formano quattro meiospore aploidi (basidiospore) che possono ricominciare il ciclo.

(Da:COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 333, modif.)

Fig. 40 − Un esempio di sporangio ricco di uredospore (più o meno sferiche, color arancione), in mezzo alle quali è nato un ciuffo di teleutospore nere, allungate, e spesso pluricellulari.

Questo fungo è un'altra "ruggine", Uredinale: *Phragmidium*, parassita delle rose.

Obbiettivo 4:1. Episcopia laterale. (AV 5 − 50)

E nelle **piante "superiori"** (Fanerogame)?

Qui le cose si complicano per l'estrema riduzione del gametofito.

Un anticipo di questa riduzione si ha già in alcune Selaginelle (un piccolo gruppo di Felci), in cui il gametofito (il protallo) non esce dalla spora che l'ha generato.

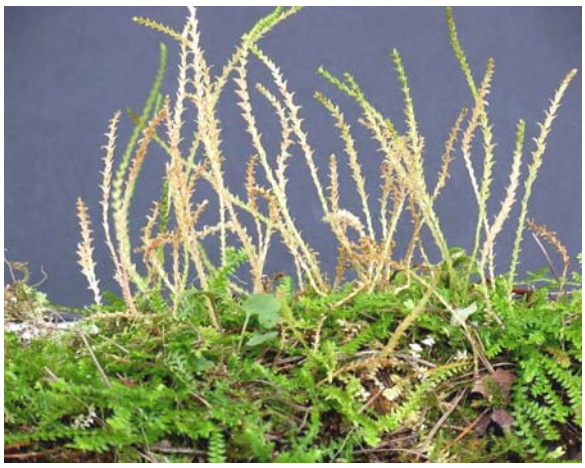


Fig. 41 − La *Selaginella*, assai diffusa sulle nostre Alpi, striscia sul terreno con sottili fusti a quattro file di foglie e produce fusti eretti: su questi, all'ascella di ogni fogliolina, si forma uno sporangio, a forma di una capsula gialla.

La spora stessa rimane nello sporangio, quindi sulla pianta (diploide). In questo momento avviene la meiosi. Spore maschili e femminili in sporangi separati, ma sulla stessa pianta.

Lì, all'interno della spora, un ridottissimo protallo (ovviamente aploide) produce semplici archegoni ed anteridi; da qui ovocellule ed anterozoi flagellati.

Sempre sfruttando un velo liquido (basta la rugiada) avviene la fecondazione. Dall'ovocellula fecondata si sviluppa lo sporofito (diploide) che si stacca dalla pianta madre e ricomincia il ciclo.

Ecco dunque che la fase aploide (il gametofito) nelle Selaginelle si forma all'interno della spora, è formato da poche cellule e vive da parassita sullo sporofito-madre. Tutto il resto del ciclo è formato dalla pianta diploide che produce le spore.

Nelle piante superiori (Fanerogame) la riduzione è ancora più spinta. Riferiamoci all'anatomia di un normale fiore (ermafrodita o non).

Nella linea maschile, l'antera si può omologare ad uno sporangio (o "microsporangio" maschile). Il granulo di polline ad una "microspora". Durante la maturazione delle microspore maschili avviene la meiosi ed il granulo di polline è quindi aploide.

Sempre all'interno del granulo di polline, un protallo ed un anteridio ridotti di solito ad una sola cellula, producono due nuclei (aploidi). Per fecondare l'ovocellula, il granulo di polline deve essere trasportato (dal vento, da un insetto od altro) su un apposito organo della parte femminile del fiore (**stimma**) e qui germina producendo un "tubetto" o "**budello pollinico**", una specie di ameba che attraverso tessuti molli si spinge dentro l'ovario e raggiunge l'ovulo, di cui parleremo fra poco.

Fin dalla sua adesione allo stimma o durante il tragitto dallo stimma all'ovulo, uno dei due nuclei (detto "vegetativo") accompagna l'altro ed ha funzioni di nutrizione (omologo ad un protallo?); il secondo nucleo ("germinativo") si sdoppia in due (che rappresentano due anterozoi, due gameti maschili, ma senza flagelli): uno andrà a fecondare l'ovocellula contenuta nell'ovulo, l'altro un nucleo presente nel "sacco embrionale", sempre all'interno dell'ovulo. Ecco la novità.

La parte femminile del fiore prevede un involucro di foglie trasformate ("carpelli") in cui si trovano da uno a numerosissimi "ovuli" paragonabili a sporangi.

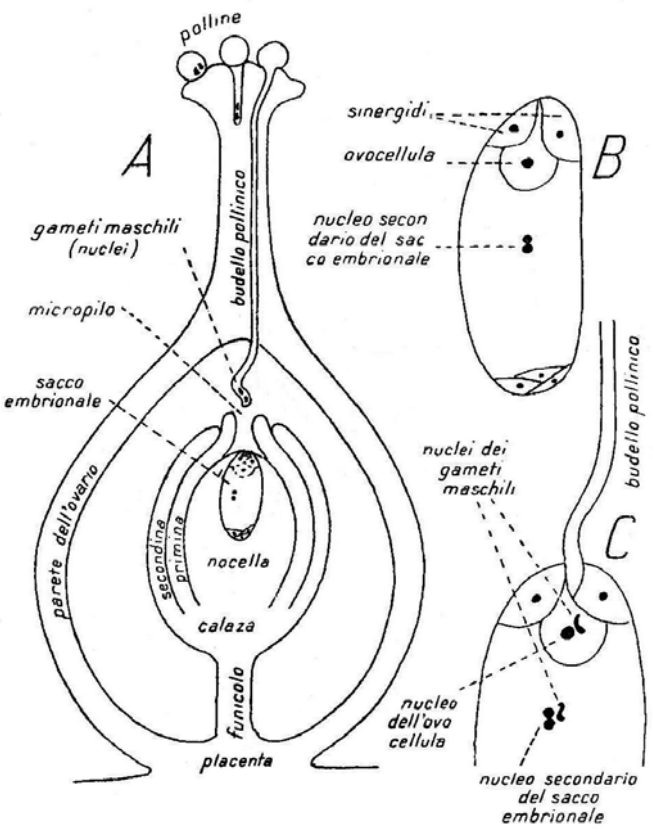


Fig. 42 – Sezione schematica di un ovario di una pianta "superiore" (Angiosperma) con un solo ovulo. Nell'ovulo, a parte un doppio involucro, si trova una massa di tessuto (nocella) in cui si sviluppano le "cellule madri" delle spore femminili, diploidi. In esse avviene la meiosi e ne nascono quattro "spore" aploidi, di cui tre degenerano.

Da quella rimasta, per tre divisioni successive, nascono otto cellule che formano il protallo femminile o "sacco embrionale".

Al centro del sacco embrionale si trovano due nuclei che generalmente si fondono producendone uno diploide. Uno dei due nuclei germinativi portati dal budello pollinico va ad unirsi col nucleo del sacco embrionale: produce così un nucleo triploide, ed il sacco stesso comincia a dividersi e proliferare per produrre una massa di tessuto di riserva ("endosperma") che servirà a nutrire l'ovocellula. Questa viene fecondata dal secondo nucleo germinativo e crescerà fino a generare l'embrione del seme.

(Da:COLOSI G., "Corso di Biologia animale e vegetale", Le Monnier, Firenze, 1940, pag. 455)

Il **sacco embrionale** si presenta come una grossa vescica (omologa al protallo femminile) in cui si trovano verso il fondo tre cellule (le "antipode", omologhe ad una parte del protallo femminile) ed in alto l'ovocellula affiancata da altre due cellule ("sinergidi", omologhe ad un archegonio).

Qui è una prima novità che si presenta nelle Fanerogame: il gametofito si riduce a poche cellule che vivono come parassiti obbligati sullo sporofito, come preannunciato nelle Selaginelle, ma due nuclei del protallo femminile si fondono per dare il "nucleo secondario" (che diventa diploide) e questo viene fecondato da un nucleo germinativo maschile accessorio, per dare di solito un nucleo triploide. È questa la "**doppia fecondazione**", scoperta alla fine dell'800.

La seconda novità è quella del seme: nelle Crittogame, l'ovocellula fecondata germina producendo direttamente lo sporofita; solo in alcune Selaginelle, l'ovocellula rimane nella macrospora ed inizia a germinare, ma senza essere nutrita dallo sporofita che l'ha prodotta. Invece nelle Fanerogame (dette anche "Spermatofite" proprio perché producono semi), l'ovocellula si divide innumerevoli volte fino a produrre un embrione, una piantina in miniatura, con tanto di "radichetta" e "fusticino", con uno o più "**cotiledoni**", che sono foglie rudimentali ripiene di materiale di riserva che verrà utilizzato durante la germinazione del seme. Questa piantina, cotiledoni compresi, involucri protettivi compresi, è il **seme**, l'inizio di vita dello sporofito di nuova generazione, che cresce da parassita sulla generazione precedente.

Quelle che si vedono (e si mangiano) quando si apre un fagiolo o un'arachide, sono due masserelle piene di amido e/o olio, a forma di mezzo uovo, strettamente appressate, con in mezzo un piccolissimo embrione. Qualunque bambino abbia messo sul terriccio umido un fagiolo, avrà avuto la sorpresa di veder nascere una piantina con le prime due foglie (i cotiledoni, appunto) che si svuotano rapidamente e l'estremità superiore ("piumetta") con le prime foglie normali.

Ecco dunque che, anche nelle piante più evolute, si riconosce l'alternanza della generazione aploide (gametofitica), rappresentata dalle poche cellule del granulo di polline e del sacco embrionale, e della generazione diploide (sporofitica), rappresentata dalla normale "pianta".

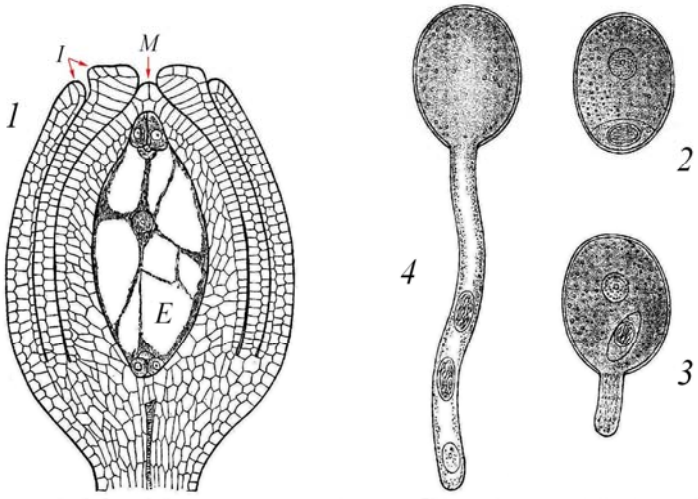


Fig. 43 − Meno schematicamente della figura precedente, è figurata qui (in 1) una sezione di un ovulo con il doppio involucro (I), il foro (micropilo: M) attraverso cui passa in molti casi il budello pollinico, ed il sacco embrionale (E).

In 2, 3 e 4 è raffigurato lo sviluppo graduale del granulo di polline; in 4 s'intravede il nucleo vegetativo (più in basso) ed il doppio nucleo germinativo che si portano all'estremità del "budello".

(Da: PIERSANTI C., Lezioni di scienze naturali, vol. 2, Zanichelli, Bologna, 1942, pag. 348, modif.)

E nel **mondo animale**?

Qui le cose sono più semplici in quanto si ha uno schema quasi universale: una totale riduzione del gametofito. Tranne l'eccezione degli unicellulari (l'individuo aploide s'identifica col gamete), ogni animale è diploide. Anche nei casi di "apparente metagenesi" (pag. 28), in cui una fase sessuata si alterna con una fase vegetativa, gli individui sono sempre diploidi.

Ma, se vi è una totale riduzione del gametofito, dov'è la fase aploide?

Semplice: nei gameti. Non esiste più un individuo aploide.

Fra gli animali, è inutile cercare qualcosa di omologo a sporangi, spore, protallo e simili. L'adulto è diploide, ed è omologo ad uno sporofito in quanto le cellule della sua linea germinale (ovociti e spermatociti), dopo una forte proliferazione (omologa ad una sporogenesi), al momento giusto, vanno incontro alla meiosi e producono ognuna quattro cellule aploidi, i gameti. Nella linea femminile, come in molte piante, tre di questi quattro gameti degenerano.

Dunque, non vi è un individuo aploide, ma solo una cellula aploide, il gamete.

Dopo la fecondazione si ha uno zigote (uovo fecondato) che è diploide come l'individuo che da esso nasce. È salva la successione regolare aploide − diploide, ma non esiste più l'individuo aploide produttore dei gameti (il gametofito). Potrà sembrare strano chiamare sporofito un animale ma, a pensarci bene, quando le sue cellule della linea germinale proliferano per produrre i gametociti che poi andranno in meiosi, non si tratta di una sporulazione che si conclude con meiospore?

Saltiamo a piè pari i capitoli dei fenomeni sulla maturazione dei gameti, sulla struttura e lo sviluppo delle gonadi e dei loro annessi, sulle modalità della fecondazione (esterna negli animali marini o d'acqua dolce, interna nei terrestri), sull'oviparità / viviparità, sui periodi riproduttivi, ecc. I lettori non lo perdonerebbero; ne accenneremo solo, fra poco.

I **comportamenti sessuali**

Come ogni altro carattere di ogni essere vivente, anche i comportamenti vanno soggetti alle esigenze dell'adattamento e dell'evoluzione. Per comprenderli, occorre scavare e risalire alle cause remote. Anche quando si può parlare di consapevolezza, anche nell'uomo come vedremo, sotto ai comportamenti di qualunque essere vivente sembrano rimanere sempre attivi meccanismi e tendenze inconsce di vario genere, anche in conflitto fra loro.

Chiariamo alcuni concetti, sempre limitandoci ai fenomeni legati alla riproduzione.

−− Meccanismi comportamentali

In molti gruppi di specie vegetali o di animali non molto evoluti si osservano in via esclusiva comportamenti chiaramente utili ai fini riproduttivi, in cui però l'individuo obbedisce solo ad una spinta che agisce in via automatica: l'individuo non ha modo di modificare il fenomeno. Ecco, in questi casi si può parlare proprio di **meccanismi**.

Qualche esempio, solo per chiarire il concetto?

Qualcuno avrà visto femmine di ragni che trascinano una pallina di fili, una "ooteca", in cui

hanno disposto le proprie uova per proteggerle e tenerle sotto controllo. Ebbene, se si sostituisce l'ooteca con una pallina di sughero di fattezze simili, la povera ragnetta continuerà a trascinare la sua pallina come se nulla fosse. È tonta? No: segue solo uno schema di azioni prefissate, stampate nel suo semplice sistema nervoso, non ha gli strumenti (sensoriali, neurologici, mentali?) per intervenire.

Così alcune specie di uccelli insettivori, quando si trovano nel nido un uovo di cuculo, lo covano, e poi imbeccano il neonato senza accorgersi delle differenze che quello presenta rispetto ai propri piccoli.

Infiniti gli esempi in cui si riconosce la cogenza del comportamento animale: uno spinarello che costruisce un nido, un coccodrillo o una tartaruga femmina che seppellisce le uova nella sabbia nel posto giusto in modo che rimangano al caldo, un insetto che depone le uova sulla pianta di cui avrà bisogno la sua giovane larva per nutrirsi … L'animale non fa quella cosa "perché" o "affinché" si verifichi un certo effetto. Non sa nulla, obbedisce semplicemente a pulsioni che emergono dalla sua storia evolutiva, dalla sua filogenesi[6], pulsioni che si sono stabilizzate in virtù del loro effetto positivo sul successo riproduttivo della specie.

Fig. 44 − Crisalidi di *Vanessa Io* appese alle foglie di ortica dove si sono sviluppate a partire dall'uovo che lì è stato deposto dalla madre.

Chi ha insegnato alla Vanessa che le uova vanno deposte sull'ortica, visto che le sue larve proprio quello vogliono?

Non ci arrampichiamo sugli specchi: nessuno le ha insegnato nulla. È la memoria filogenetica della specie che, coi tempi lunghissimi dell'evoluzione, ha favorito a poco a poco quei comportamenti che più hanno accresciuto il successo riproduttivo della specie stessa.

(Vedi in questo sito l'art. n° 5: "L'evoluzione biologica").

−− Strategie riproduttive

Qui parliamo di meccanismi che, sia pur basati sulle azioni di singoli individui, riguardano la fisiologia complessiva di un'intera specie o, più spesso, di interi gruppi.

Esempi: ■ oviparità / viviparità – una specie o grande gruppo di specie si riproduce deponendo uova oppure piccoli già sviluppati.

■ Deposizione di molte uova che vengono abbandonate (come in moltissimi pesci: la sopravvivenza è il risultato statistico del caso) − oppure poche uova ma assistite fino alla schiusa ed anche dopo (cova e cure parentali in molti uccelli e mammiferi).

■ Fecondazione esterna in quasi tutte le specie acquatiche – fecondazione interna in quasi tutte le specie terricole.

■ Il periodo riproduttivo (periodo dell'anno in cui avvengono gli accoppiamenti, la deposizione delle uova o i parti) coincide generalmente col periodo in cui i piccoli troveranno migliori fonti di nutrimento.

■ Prole "precoce" o "**atta**", capace di correre e nutrirsi subito dopo la nascita, nelle specie erbivore soggette a forte predazione – prole "**inetta**", a crescita lenta, nelle specie dove esistono efficaci cure parentali e minori pericoli di predazione (felini, ad es.).

E così via …

−− Comportamenti in senso stretto

Si chiamano in genere "comportamenti" gli atteggiamenti osservabili che l'animale assume in relazione agli stimoli esterni ed a presunti bisogni interni.

[6] Filogenesi è lo studio della discendenza dei vari gruppi viventi dall'origine della vita ad oggi.

Si tratta di azioni organizzate in sequenze mirate.

Qui le azioni dell'individuo saranno certamente legate a basi genetiche, ma vengono elaborate, corrette, da influenze interne variabili e da fattori ambientali imprevedibili. L'animale non esegue un programma fisso, non risponde ciecamente a quel dato stimolo secondo uno schema rigido. La sua azione nasce dall'interazione di fattori esterni ed interni ma tali fattori vengono elaborati e modificano volta per volta quell'azione in modo variabile. La risposta non è determinata rigidamente, è flessibile, solo statisticamente prevedibile.

Fig-. 45 − Femmina di Icneumonide con l'ovopositore sfilato dalla guaina all'inizio della perforazione.
(Da: Enciclopedia Encarta, 2002)

I meccanismi rigidi di cui abbiamo parlato sopra sono a volte efficaci in modo stupefacente e fanno pensare ad un atto intenzionale. Qualcuno avrà visto una vespa icneumonide spingere il suo sottilissimo ovopositore in un tronco (e deve sollevare l'addome per potercelo infilare perpendicolarmente); se l'osservatore viene a sapere che proprio lì sotto c'è una grossa larva in cui si svilupperà la larvetta della vespa rodendola da dentro, non può evitare di chiedersi: chi ha insegnato alla vespa questo comportamento mirato ed efficace? La risposta è: una lunga serie di adattamenti graduali, sotto la guida della selezione naturale. Il comportamento della vespa è prefissato.

Ma qui ci occupiamo dei veri comportamenti, legati a risposte dell'individuo flessibili ed influenzabili.

Anche qui, si può solo fare qualche esempio: il comportamento è certamente una delle funzioni più complesse in un animale e quindi è più passibile di varianti, anche fra specie per altro verso affini. Perfino all'interno della stessa specie, fra popolazioni non troppo vicine, si possono notare forti differenze.

Per es., fra gli uccelli che costruiscono un nido, i materiali vengono scelti con cura in mezzo a quelli presenti nell'ambiente e la tecnica costruttiva si adatta di conseguenza.

La cura dei piccoli, negli uccelli che vivono in colonie, varia a seconda del numero dei piccoli, dello spazio disponibile, della presenza di "fratelli maggiori" dalle nidiate precedenti capaci di collaborare con i genitori, ecc.

In insetti, uccelli, ed altri animali che vivono in grandi gruppi, vengono eseguiti voli a sciami o stormi che danno ad ogni singolo individuo un'idea delle dimensioni della popolazione locale. In base a ciò, il numero di uova deposte viene modificato in modo da assicurare una sufficiente disponibilità di cibo per tutti: una specie di controllo della natalità.

In un caso particolare, come nel "gallo della salvia" delle Montagne Rocciose (USA), si assiste ad una modificazione dei consueti riti di accoppiamento: nel luogo scelto per la stagione degli amori ("arena") si riuniscono molti maschi, ma in genere un "dominante" esclude gli altri dall'accoppiamento. Di conseguenza vi è una rincorsa delle femmine per unirsi all'unico maschio disponibile; in base al numero delle femmine presenti, si assiste allora, a volte, a vere e proprie lotte fra femmine per stabilire un "ordine" di precedenza per l'accoppiamento. Qualcosa di simile, del resto, avviene in altre specie di Gallinacei Fasianidi, anche nostrani.

Le circostanze modificano il comportamento individuale.

Le cure parentali

Le specie che hanno imboccata la via dei "pochi figli, ma ben accuditi" debbono provvedere alla protezione dei pochi nati per garantire comunque un tasso di sopravvivenza superiore ad 1 (numero di nati fecondi mediamente uguale o superiore al numero dei morti).

Le cure parentali vengono in genere svolte dalle femmine; quando i gruppi familiari sono stabili, il maschio svolge altre funzioni, come andare in cerca di cibo (uccelli rapaci ed insettivori), difendere il territorio (certi felini, ad es.), e così via.

Così avviene (o potrebbe avvenire) nell'uomo.

La prevalenza delle cure da parte materna dipende in buona parte dalla produzione delle uova o dal parto dei piccoli e, nei mammiferi, dall'allattamento, che presuppone un forte legame madre-figlio.

Quando invece il maschio abbandona la femmina durante l'allevamento dei piccoli, occorre cercare un'altra spiegazione. Non sembra che ne tragga vantaggio la sopravvivenza dei piccoli.

Ma non sono rari i casi di collaborazione fra i sessi: struzzi (il maschio cova di notte, la femmina di giorno), pinguini, colombi, pappagalli, coleotteri stercorari (copride lunare, scarabeo sacro), ecc. In questi casi, la coppia tende ad essere fissa, almeno finché permane la nidiata od anche a vita (colombi, gru, ecc.).

Esistono anche casi di "nursery" in cui alcune femmine e maschi giovani collaborano per la cura dei fratelli neonati (uccelli, piccole scimmie, roditori, ecc.).

Nemmeno rari sono i casi di cure esclusivamente paterne: i cavallucci marini maschi (Lofobranchi) possiedono una tasca incubatrice ventrale in cui le uova si sviluppano fino all'indipendenza dei piccoli; in alcuni Ciclidi (pesci Teleostei) il maschio porta le uova ed i piccoli in bocca per lungo tempo; in altri pesci Teleostei (come lo spinarello − *Gasterosteus aculeata*) il maschio costruisce un nido in cui spinge più di una femmina a deporre le uova – in seguito le allontana e cova da solo; in un anfibio Anuro – una specie di rospo – (*Alyta obstetricans*), il maschio porta le uova attaccate al dorso fino alla schiusa.

Meglio non continuare con gli esempi.

E L'UOMO ?

Data la complessità delle funzioni mentali dell'uomo, almeno quantitativamente assai superiori a quelle di ogni altro animale, c'è da aspettarsi un'elevata complessità e variabilità nei comportamenti riproduttivi e sessuali della nostra specie.

Il punto di vista che guiderà le considerazioni che seguono consisterà nella ricerca delle cause, prossime e remote, di quei comportamenti.

Non sarà difficile identificare in queste cause l'eredità genetica, quel complesso di caratteri e tendenze che ci vengono dall'uovo fecondato, dai genitori, ma, accanto a queste, vi saranno le influenze ambientali (imitazione, esempi, apprendimento, costumi e vincoli provenienti sia dalla famiglia ristretta che dalla società). Sarà il famoso binomio "nature/culture" degli autori inglesi: quanto dei comportamenti umani viene dalla natura (eredità genetica) e quanto dalla cultura (influenza dell'ambiente di sviluppo e di vita)?

Fermarsi solo alla considerazione delle cause potrebbe sembrare un approccio positivista, in cui tutto è determinato e non c'è posto per la libera scelta e la responsabilità individuale. Ma questa è ovviamente una posizione estrema, riduttiva, che non contempla nella natura umana la possibilità di sfuggire alle leggi deterministiche della biologia.

Comunque, il nostro approccio cercherà di essere obbiettivo. In questo campo, generalmente, l'uomo vede i propri comportamenti dall'interno, dalla sua percezione personale ed emotiva. Non sa, o non vuol sapere, quanto si muove in lui, fuori dalla sua consapevolezza, nel suo "inconscio", su cui egli non può intervenire appunto perché è inconscio.

In quel campo, solo un'analisi indiretta gli può permettere di conoscere meglio ciò che la normale consapevolezza gli preclude.

Nella vita quotidiana, uomini e donne seguono nel comportamento sessuale il sentimento, l'impulso: un recente romanzo s'intitolava appunto "Va' dove ti porta il cuore". Qualche volta si segue un calcolo opportunistico, cosciente questo, d'accordo, ma dettato anch'esso dalla spinta

irrazionale a possedere, a procurarsi un vantaggio, sentimentale, pratico od economico.

Per contro, visto che l'uomo comprende nella propria natura altre facoltà, come la capacità di analizzare i propri comportamenti (senso critico), di confrontarli con valori astratti come la sincerità o la liberalità (valori morali), di modificarli (autocontrollo), diviene sua responsabilità avvalersi di quelle facoltà ed applicarle al momento di agire.

Forse qui stiamo parlando del "carattere", l'insieme delle doti e disposizioni psichiche che distinguono una persona dall'altra, come direbbe un dizionario. In senso più ampio, il possesso di idee e valori ben chiari, la volontà di perseguirli, la capacità di attuarli. Nel caso nostro, accanto ad ovvie tendenze naturali, l'uomo sembra avere la facoltà di "pensarci su" e di incanalare le proprie azioni. È questo che definisce il suo carattere, il suo valore.

Anche in molti animali, specialmente in quelli che menano vita sociale, è possibile rilevare schemi di comportamento che tengono conto delle condizioni del momento, che possono frenare o modulare le spinte istintive. Esistono "regole di comportamento"; se queste vengono violate da qualche individuo, di solito il gruppo interviene con punizioni, espulsione dal gruppo, fino all'uccisione. Vi sono anche comportamenti che appaiono altruistici, nel senso che non portano ad un vantaggio immediato per l'individuo, ma solo per altri, anche se di specie diversa (basti pensare ad animali gregari che difendono il gruppo fino alla morte).

Ma forse l'uomo è l'unico animale che può agganciare questi meccanismi a realtà indipendenti, a concetti astratti come "giustizia", "gratuità", ecc. Di questa facoltà è responsabile, prima di tutto davanti a sé stesso. La "morale" animale sembra opportunistica, a vantaggio almeno della specie; la morale umana deve mettersi su un altro piano.

Di conseguenza, sul piano scientifico (e pratico) ha senso cercare le cause di un comportamento, e quindi una **spiegazione**, ma questo non porta con sé una **giustificazione**, uno scarico totale di responsabilità.

In altre parole, l'uomo comune, o il bambino, fa "quello che gli gira"; l'uomo vero, l'uomo maturo, fa "quello che va fatto".

Un simile approccio, analitico rispetto alle cause, responsabilizzante rispetto alle azioni, non è quello che si osserva normalmente, ed il discorso che segue difficilmente può essere accettato dalla cultura media. Ma quanti casi di drammi familiari, d'incomprensioni, di separazioni, di violenze, si sarebbero potuti evitare se, invece di "andare dove ti porta il cuore", si fosse avuto la pazienza di valutare in anticipo cosa è meglio fare e di andare poi al di là del "cuore"?

Ma riprendiamo con qualche considerazione concreta.

Occorre subito notare che, rispetto ai mammiferi o ai primati di cui egli fa parte, la strategia riproduttiva dell'uomo presenta almeno tre varianti fondamentali.

■■ Negli animali il ciclo riproduttivo è generalmente annuale. A parte i pochi casi in cui le condizioni ambientali consentono più generazioni all'anno (topi e gatti, tanto per non andare lontano), a parte i pochi casi in cui l'ambiente difficile richiede una cura parentale di due o tre anni (orsi polari, ad es.), di solito il periodo degli amori significa l'allontanamento dal gruppo familiare dei piccoli nati l'anno precedente. Occorre vuotare il nido ogni anno.

Nel giro di poco tempo, generalmente meno di un anno, i piccoli diventano autosufficienti e possono lasciare il nido; la madre (ed eventualmente il padre) possono dedicarsi ad altro. Si può ricominciare daccapo ogni anno, spesso con un partner diverso.

Nell'uomo, data l'importanza della sua vita sociale e culturale, occorre un periodo di addestramento assai più lungo, diciamo vent'anni. Anche se, nel frattempo, è possibile generare altri figli, quando i primi sono arrivati all'autosufficienza i genitori sono ormai vecchi ed il ciclo riproduttivo si chiude. In sostanza, il periodo riproduttivo è unico e continuativo, e per tutto quel tempo i genitori rimangono fecondi e legati alle cure per i figli.

■■ La lunghezza del periodo necessario per le cure parentali esige allora la stabilità della coppia in modo da assicurare ai piccoli una situazione di protezione per tutto quel tempo. Ciò comporta la monogamia e l'assorbimento della massima parte delle energie dei genitori.

La monogamia si osserva anche in certi animali, ma sempre a cicli riproduttivi annuali ripetuti.

Nell'uomo è "per sempre". E qui nascono i guai.

Dal punto di vista biologico, anche i comportamenti sono soggetti alle leggi della selezione, la quale tende a premiare quelle tendenze che massimizzano il successo riproduttivo: in altre parole, se un dato comportamento offre all'individuo che lo pratica una maggiore fertilità (numero di figli fecondi), quel comportamento sarà "premiato" dalla selezione e tenderà a fissarsi nella popolazione. Ovvero, un gene che favorisca la fertilità si auto-premia in quanto gli individui che lo portano produrranno "più figli" e tenderanno a prevalere numericamente nella popolazione: quel gene si diffonde in essa.

R. Dawkins, ne "Il gene egoista", al di là di alcune esasperazioni, ha ben esaminato questi meccanismi circa la selezione fra geni che spiegano alcuni fenomeni concreti. In particolare, il maschio ha sempre interesse (vantaggio riproduttivo) a seminare, nel senso proprio della parola, i suoi geni nel maggior numero possibile di copie, fecondando il maggior numero possibile di femmine. Questa tendenza aumenta la frequenza di quel gene nella popolazione ed i maschi portatori di quel gene tenderanno a prevalere sugli altri.

In questo modo si può spiegare la tendenza del maschio alla poligamia, come meccanismo causale. Ma abbiamo detto "spiegare", non "giustificare", proprio per il discorso di prima: l'uomo è condizionato da quelle certe tendenze biologiche ma, se non vogliamo ridurlo ad animale, dobbiamo riconoscergli qualche facoltà di libera decisione.

Ora sappiamo perché l'uomo tende a sfarfallare. Quando poi l'uomo coltiva la gelosia nei confronti della partner, anche qui la spiegazione biologica si trova: le energie che l'uomo investe nella formazione della coppia e nella cura della prole non devono disperdersi in figli che non portano i suoi geni. Un gene nel maschio che accettasse l'infedeltà femminile si troverebbe emarginato, poiché quel tipo di maschio disperderebbe le proprie energie a favore di geni (e figli) altrui e ridurrebbe la propria fertilità. Col tempo, tenderebbe a sparire.

D'altra parte, l'investimento di energie per la procreazione da parte della donna è ancora maggiore e, per avere il maggior successo riproduttivo (per trasmettere i suoi geni al maggior numero possibile di figli) deve poter contare sull'assistenza costante del partner. Questo porta a due conseguenze. − il partner deve essere fedele e sempre presente − se il partner si dedica ad altre donne (e ad altri figli), disperde energie sottraendole ai figli della donna stessa. A lei non conviene, e scatta la gelosia. Altra spiegazione, non giustificazione.

■■ Generalmente, presso gli uccelli ed i mammiferi almeno, il sesso più importante è la femmina: senza di essa, il maschio girerebbe in folle. Conseguenza: il maschio deve contendere agli altri maschi il possesso delle femmine, possibilmente costruirsi un harem, difendere il territorio, ecc. Ma, per maggior garanzia e per essere accettato, deve presentarsi con le carte in regola: mostrarsi forte (la femmina cercherà chi le assicura la prole più vitale) ed essere facilmente riconoscibile (livree, canti e danze nuziali). Morale: il maschio deve "fare la ruota", deve essere vistoso, appariscente, riconoscibile. La femmina mostrerà in genere una livrea più smorta per favorire il suo mimetismo durante la cova.

Nell'uomo, invece, il sesso più importante è il maschio: esso rappresenta la condizione essenziale perché la donna possa riprodursi; le cure parentali prolungate esigono la presenza del partner. È la donna che deve assicurarsi la partecipazione del coniuge, è la donna che "fa la ruota", e la natura le fornisce una chioma più lunga, lineamenti più fini, astuzie a non finire ...

Quando l'uomo rimprovera la donna per il tempo (ed il denaro) sprecato nella cosmesi e nell'abbigliamento, dimostra di non comprendere la necessità fondamentale della donna: farsi notare, rendersi desiderabile, ecc. con lo scopo fondamentale di attirare più maschi possibili ed avere maggiori possibilità di scelta. Anche se ne ha già trovato uno.

Purtroppo, seguendo questa linea, la donna si ferma spesso ai tratti solo esteriori dell'aspirante partner ("è un bell'uomo", "ha un buon stipendio", "chissà cos'ha speso per farmi quel regalo" …): superficialità da una parte e dall'altra.

Così, mentre la donna corre dietro a pettini, specchi e pomate, l'uomo gareggia, sfida, s'impone, alza le mani.

Per lo stesso motivo, è frettolosa la critica dell'uomo alla proverbiale "rivalità fra donne"; abbiamo citato prima (pag. 35) un caso documentato di questo tipo anche fra gli uccelli, in cui il sesso prezioso sembra essere il maschio, e la competizione per la sua cattura diventa un'esigenza fondamentale delle femmine.

Allo stesso modo è ingiustificata (sul piano biologico) la preoccupazione dell'uomo per le tendenze femminili alle scappatelle, i flirt, ecc., anche in condizioni di coppia stabile. Una donna non può rinunciare ad essere corteggiata e desiderata. Un rapporto unico ed esclusivo "le va stretto". La ricerca del partner migliore rimane sempre. Questa tendenza, essendo naturalmente irrazionale, porta in genere ad errori di valutazione, e la donna si espone a delusioni statisticamente rilevanti. L'uomo intuisce la situazione e ne approfitta ("…era consenziente").

Un problema importante nella vita sessuale dell'uomo è la suddivisione dei doveri e dei compiti fra i partner. Ma le esigenze, le tendenze e le aspettative sono diverse, spesso opposte.

L'uomo, che eredita dalla filogenesi la tendenza a difendere il gruppo, aggredire i gruppi vicini, dominare, ecc. si esprime con la forza e la prepotenza anche in ambito familiare, lasciando da parte il suo ruolo di partner. La donna cerca la sicurezza, deve creare un rapporto e stabilizzarlo con i richiami che la natura le dà, difenderlo con la gelosia, subire anche la violenza pur di conservare lo stato di fatto. Per la donna, più che l'uomo, è necessario il "ménage", la stabilità del rapporto.

Alla fine, il rapporto che l'uomo offre alla donna è quasi un ricatto di "amore": "Se vuoi che stia qui, fai quello che dico e subisci". E la donna, implicitamente: "Se vuoi certi servizi, resta vicino a me". Per legare l'uomo, la donna è generalmente costretta alla sottomissione, al servilismo, fino alla difesa aprioristica del partner. Anche quando subisce, la donna tende a giustificare, magari a sentirsi colpevole delle imposizioni dell'uomo.

Del resto, nella sua vanità, non può ammettere di aver sbagliato nella scelta del partner: qualunque cosa le venga scaricato addosso, sarà colpa di qualcun altro; tenderà a giustificare. Difendendo il partner, difende sé stessa.

Nell'uomo poi subentra spesso la protezione acritica dei figli. La tendenza al dominio degli altri e la prepotenza lo portano ad affermarsi anche attraverso i figli.

E la donna, trascinata dall'istinto materno, sarà portata all'accudienza, alla difesa aprioristica, verso i figli, verso il partner (di cui fa spesso la serva), gli anziani, gli animali ...

Che poi la prepotenza del padre ed il servilismo della madre giovino al carattere dei figli …

Difficoltà nascono poi, spesso, dalla diversa struttura mentale fra i due sessi.

La donna accusa l'uomo di essere sempre razionale (o ragionatore), arido, calcolatore, opportunista; di dedicarsi solo al lavoro, trascurando la famiglia (e lei). Ma non tiene conto che, storicamente, l'uomo è proiettato verso l'esterno, verso il territorio, verso i beni da conquistare e difendere, verso la competizione sociale, verso l'attivismo.

E l'uomo rimprovera la donna di essere troppo impulsiva, sentimentale, acritica, credulona. E non pensa che la funzione essenziale della donna sia quella di creare e mantenere un nucleo familiare: per questo fine, la natura non poteva servirsi di razionalità o di filosofia ed ha dotato la donna di strumenti più immediati, cogenti, acritici: sentimenti, istinti, e simili.

L'uomo accusa la donna di riempire la casa di cianfrusaglie, di perdersi in abbellimenti inutili e pulizie ossessive, di badare all'apparenza; ma non pensa che la casa rappresenta per la donna l'ambiente naturale in cui svolgere le proprie funzioni fondamentali ed affermarsi socialmente.

Così la donna rimprovera l'uomo di non dedicarsi abbastanza alla casa e perdere tempo nei suoi hobby, ma dimentica che l'uomo è l'"*homo faber*", che deve esprimersi nel lavorare, nel pensare, nel costruire, magari anche un trenino. Per l'uomo, la famiglia diventa spesso un peso che lo distoglie da altri interessi. Per la donna, quello che l'uomo fa (tranne che occuparsi di lei) è tempo perso, e va combattuto. Tutto deve finire nel proprio imbuto.

Anche nella vita sociale vi è un incrocio di tendenze e valutazioni contrastanti.

La donna cerca il "salotto", la canasta colle amiche, i pettegolezzi.

L'uomo va al bar a discutere (e litigare) dell'ultima partita.

Se poi si considerano le varie soluzioni opportunistiche … La donna cerca "il buon partito"; l'uomo cerca la madre-amante, la serva tuttofare (gratis).

Il solito maligno diceva: "Quando un uomo si sposa per i soldi … beh, diciamo pure che se li guadagna". E quando una donna si sposa "solo per avere un marito … beh, se l'è cercata".

Il diverbio fra maschilisti e femministi è eterno. La tendenza dell'uomo a dominare si è espressa in tutti i tempi ed in tutte le culture, e la donna raramente è stata trattata alla pari. Si può spiegare così la rete inestricabile di astuzie e sotterfugi con cui la donna si protegge; il solito proverbio cinese propone: "Quando torni a casa la sera, picchia tua moglie. Tu non ne sai la ragione, ma lei lo sa".

Ma l'uomo rifletta: egli supera la donna in tante cose, soprattutto nelle violenze e nelle perversioni. Le donne possono litigare e strapparsi i capelli; gli uomini s'impongono e magari uccidono. Le donne creano la vita, gli uomini la distruggono. La guerra è un'invenzione maschile. Non c'è da andarne fieri.

Un altro problema, fondamentale, è il tipo di rapporto che si crea nella coppia.

Generalmente, si tratta di un rapporto di forza, di possesso. Per quello che abbiamo appena detto, nell'uomo prevale la posizione del dominatore e la sua forza non consiste tanto nei muscoli, ma nel potere economico. Nella donna prevale il dominio sul piano sentimentale, ed a darle forza provvede la natura. Un altro maligno disse una volta: "Non esistono donne fatali; esistono solo uomini imbecilli". In parallelo: non esistono uomini "sciupa femmine", esistono solo donne prive di senso critico (soprattutto autocritico).

Una metafora del normale rapporto di coppia potrebbe essere questa: immaginiamo un'isola deserta su cui sono approdati due naufraghi. Non vi sono risorse, ma uno si è portato dietro qualche scatoletta e l'altro un apriscatole. Non vi sono attrezzi o pietre con cui aprire le scatolette.

Ognuno dei due è condannato alla fame, finché ad uno dei due viene un'idea: "Se tu mi presti l'apriscatole, io ti do qualche scatoletta". Sembra perfetto: collaborazione alla pari, un rapporto equilibrato, scambio di aiuti.

Ma, a guardarci bene, il rapporto è basato sulla necessità, sul bisogno l'uno dell'altro; se non fosse per quel bisogno, il rapporto scomparirebbe. Non vi è rapporto "a tu per tu", "alla pari"; ognuno dei due si serve dell'altro per risolvere un proprio problema. È un possesso, uno sfruttamento incrociato, una sottomissione incrociata. È quello che di solito si definisce "un matrimonio riuscito".

Siamo sicuri che questo modello sia augurabile?

In un vecchio film francese (di M.Carné, 1938), un "lui" (J. Gabin) dice ad una "lei" (M. Morgan): "… gli uomini e le donne non possono capirsi". La "lei" risponde: "… ma possono amarsi". Molto romantico, molto sentimentale. Ma basta? E poi, dura?

Forse, un ponte non serve se fatto solo dai pilastri. Il mondo vi potrà passare sopra quando i pilastri saranno uniti da un arco. Ed allora reggerà il peso, il proprio e quello del mondo.

Fuori metafora: accanto ai due termini del rapporto, non occorre forse una strada condivisa, una comunione d'intenti, di programmi, di stile di vita?

A. de Saint-Exupery diceva: "Amarsi non significa guardarsi negli occhi, ma guardare insieme dalla stessa parte". **Insieme**, che parola magica!

Troppo difficile? Utopia? Non si rischia l'eterna solitudine?

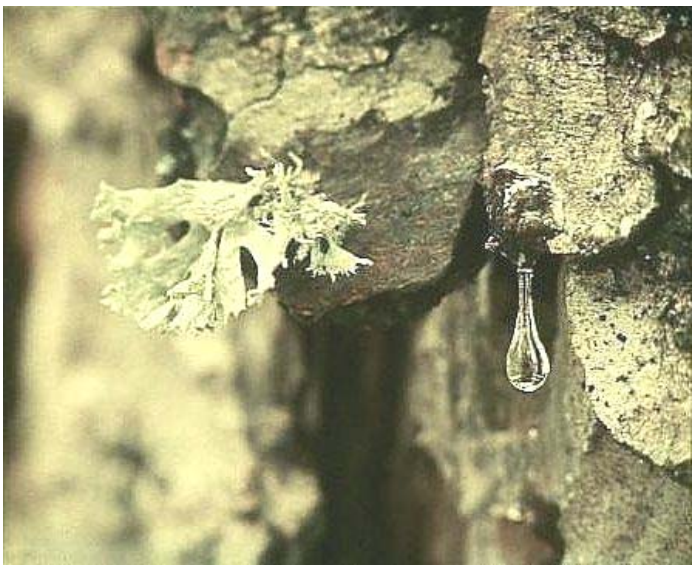
Ma qual è l'alternativa? Sopportarsi a vicenda? Accettare realisticamente la realtà, che si ricopre di nebbia col tempo? E non guardare al di là della nebbia?

Non può esistere un piccolo mondo condiviso? Piccolo forse, ma invulnerabile, poiché da fuori non si vede?

Ma le difficoltà, le differenze … non è un continuo rischio?

R. Tagore diceva: "Il cuore è fatto per donarsi, con una lacrima ed un canto".

Così, senza illusioni, ma senza rimpianti. Ed il rischio scompare.



BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

BACCETTI et al., “Lineamenti di Zoologia Sistematica”, Zanichelli, 1994

BARNES R. D., “Zoologia: gli Invertebrati”, Piccin, Padova, 1985

BEAUMONT A. e P. CASSIER, “Biologie animale”, 3ª ediz., Dunod, Paris, 1981. 3 voll.

BOEDIJN K.B., “Il mondo delle piante”, 3° vol., “Le piante inferiori”. A. Mondadori, Milano, 1966

BUTTLER K. P., “Guida pratica alla botanica”, Zanichelli, 1986

CAPPELLETTI C., “Trattato di Botanica”, UTET, Torino, 1975. 2 voll.

COCKRUM e McCAULEY, “Zoologia”, Piccin, 1965

COLOSI G., “Corso di Biologia animale e vegetale”, Le Monnier, Firenze, 1940

COLOSI G., “Zoologia e Biologia Generale”, UTET, Torino, 1956. 2 voll.

D’ANCONA U., “Trattato di Zoologia”, UTET, Torino, 1953

DARWIN C. − “L’origine dell’uomo e la selezione sessuale” - Pagg. 463. Newton ed., Roma, 2003

DARWIN C. − “L’origine della specie” − Pagg. 440. Newton ed., Roma, 1973; Boringhieri, 1967

DAWKINS R., The selfish gene, Oxford University Press, 1976. Trad. italiana: Il gene egoista. Pagg. 345. Oscar Mondadori. 1992

DEFLANDRE G., “Microscopie pratique”, Lechevalier, Paris, 1947

FRANCESCHINI Felice − “Le farfalle” − Treves, Milano, 1879 − p. 375; incisioni 320.

GHIGI A., “Zoologia Generale”, Cappelli, 1947

GOLA G., G. NEGRI e C. CAPPELLETTI, “Trattato di Botanica”, UTET, Torino, 1951

HUSSON R., “Glossaire de biologie animale”, Gauthier-Villars, Paris, 1970

LA GRECA M., “Zoologia degli Invertebrati”, UTET, Torino, 1992

LAPORTE L. J., “Le monde microscopique”, Lechevalier, Paris, 1946

PADOA E., Biologia Generale, Boringhieri, Torino, 1962

PEARSE V. e J., M. e R. BUCHSBAUM, “Invertebrati viventi”, Zanichelli, Bologna, 1993

PIERANTONI U., “Trattato di Biologia e Zoologia Generale”, “HUMUS” di Pellerano - Del Gaudio, Napoli, 1948. 2 voll.

PIERSANTI C., Lezioni di scienze naturali, vol. 2, Zanichelli, Bologna, 1942

SALFI M., “Elementi di Morfologia dei Vertebrati”, “HUMUS” di Pellerano - Del Gaudio, Napoli, 1940

STORER, USINGER, STEBLINS e NYBAKKEN, “Zoologia”, Zanichelli, 1982

STURANI M., “Vita delle farfalle”, De Silva, Torino, 1947

STRASBURGER E., F. NOLL, H. SCHENCK, A.F.W. SCHIMPER, “Trattato di Botanica”, 6ª ediz., Vallardi, Milano, 1973