

Genesi ed evoluzione del mondo vegetale. Significato della fotosintesi.

RELAZIONE TENUTA AL MUSEO TRIDENTINO DI SCIENZE NATURALI IL 16.03.1993
NEL CICLO «DAL BIG BANG AL PRIMO UOMO»

Premessa

L'esposizione è tenuta per quanto possibile in termini divulgativi, ma il tema stesso richiede alcuni tratti a base scientifica, che si è cercato tuttavia di rendere facilmente comprensibili, sacrificando un po' la concisione e corredando il testo con alcune illustrazioni, ed in appendice con NOTE e GLOSSARIO.

Dalla formazione della crosta terrestre alle prime alghe

Se si accettano le più moderne teorie sulla nascita del nostro pianeta, si può accettare questa sequenza temporale:

15 miliardi di anni fa	nascita del nostro Universo
5 miliardi di anni fa	nascita del pianeta Terra
4 miliardi di anni fa	formazione della crosta terrestre

Ma anche sulla scorta delle più attuali conoscenze è più difficile determinare quando sia iniziata la vita sul nostro pianeta. Tuttavia si può ritenere in larga approssimazione che l'apparizione della prima forma vitale sia avvenuta tra 2 miliardi ed 1,5 miliardi di anni fa. Ed in seguito cercheremo di dare un significato all'espressione *forma vitale*.

Spesso viene inoltre sollevato il quesito se sia iniziata prima la vita *vegetale* o

quella *animale*. Diciamo subito che una precisa distinzione ha in fondo poco senso quando si debba scendere - come ovviamente dobbiamo qui fare - fino alla realtà delle forme più semplici e primordiali degli organismi viventi.

Ed ancora ci si può domandare se l'avvio della vita si debba ad un «miracolo», od invece ad un evento rientrante nelle leggi della «probabilità», cioè per certi versi ad un caso prevedibile, nel gioco delle possibili combinazioni fisico-chimiche delle materie e delle energie *allora* presenti.

Se si crede al «miracolo», allora si deve anche accettare la «Creazione del Mondo» secondo la Bibbia. E si dovrebbe pure arguire che tutte le forme viventi comparse e vissute sul pianeta - comprese quelle che si sono estinte nel corso di milioni di secoli - siano state create nei 3 giorni indicati dalla Bibbia (1), almeno per quanto riguarda le singole o le duplici entità capaci di riprodursi e moltiplicarsi (2).

Al di là del Sacri Testi, per quanto vedremo anche in seguito le prime forme viventi, dotate della capacità sopra indicata, dovevano essere organismi molto semplici nella loro morfologia e fisiologia, di dimensioni microscopiche, costituiti da una sola cellula e capaci di utilizzare qualche frazione delle energie presenti per compiere le loro sintesi di organizzazione. Tra questi per primi dovevano essere comparsi necessariamente organismi provvisti di quel particolare pigmento verde fotosensibile, denominato *clorofilla* (3). Tali erano le *Alghe Schizofite* (4),

così come potevano essersi formate e vivere allo stato di *plankton* (³), nelle acque calde e basse di mari lagunari in prossimità di fonti di calore (vulcani, geygers e altre sorgenti termali).

Dalle Schizofite sono poi derivati gli altri tipi di alghe e poi tutti gli altri organismi vegetali.

Un loro *phylum* (⁴) ha però attraversato tutte le ere geologiche ed è arrivato ai nostri giorni con numerose entità, raggruppate nella divisione *Cianofite*. Da queste quindi, più che dalle impronte fossili, possiamo dedurre la morfologia e la biologia delle Schizofite.

Si tratta di entità unicellulari, con un accenno di membrana sottile, priva di cuticola e facilmente deformabile. Vengono indicate come *protocariote* (⁷) in quanto sprovviste di un nucleo ben definito; la loro riproduzione è agamica, cioè non affidata alla fecondazione fra i due sessi, ma ottenuta per una semplice scissione in due della cellula. Sebbene unicellulari e microscopiche nella unità dell'individuo, alcune specie possono riunirsi in colonie formanti lunghe catenelle, a volte ramificate.

La collocazione sistematica delle specie delle alghe primigenie è risultata finora pressoché impossibile, date le caratteristiche sopradette che hanno reso quanto mai indefinibili i pochi fossili ritrovati, come testimoniano le stesse denominazioni generiche o specifiche ad esse attribuite.

Ad esempio nei depositi sedimentari di rocce metamorfosate dell'Era Proterozoica (da 2 miliardi a 600 milioni di anni fa) nella regione del Lago Ontario (Canada), in Rhodesia (Sudafrica) e in Australia sono state reperite forme organiche fossili (alcune di aspetto filamentoso e ramificato) definite come *impronte enigmatiche* che sono riferibili a colonie di Schizofite; in Finlandia il *Corycium enigmaticum* e presso Girvan in Inghilterra nei depositi calcarei del periodo Siluriano (ca 600 milioni di anni fa) la *Girvanella problematica*. TYLER e BARGHOORN scoprirono, in depositi calcarei di circa 2 miliardi di anni fa, impronte di Schizofite attribuite a *Rivularia* e *Oscillatoria*, due generi tuttora esistenti.

L'evoluzione delle Alghe

Per diverse centinaia di milioni di anni le sole forme viventi sul pianeta furono le Schizofite, accompagnate e forse precedute da alcuni *Batteri fotosintetizzanti* (⁸), ma non produttori di Ossigeno.

Senza dubbio furono invece le nostre *Alghe* le prime produttrici di *Ossigeno libero* nell'acqua e nell'atmosfera.

Eredi delle Schizofite sono le attuali *Alghe azzurre* o *Cianofite* (⁹), in parte più o meno modificate nella loro morfofisiologia, in parte evolute, ma occupanti habitat di acque marine, salmastre o dolci, basse e calde (alcune specie vivono in acque termali fino a temperature di 80° C). Vegetano pure su scogliere, in grotte e pareti molto umide. Tra le numerosissime *Cianofite*, oltre il già nominato genere *Oscillatoria* (il cui nome ricorda i sinuosi movimenti con le quali le lunghe catenelle di queste alghe si muovono nell'acqua guidate dall'intensità luminosa), ricordiamo per curiosità il gen. *Collema*, del quale alcune specie terrestri entrano nella simbiosi lichenica (¹⁰).

Ma la colonizzazione del pianeta, se affidata alle sole *Alghe Azzurre*, sarebbe rimasta limitata a ristretti ambienti rispondenti alle loro esigenze. Ed ecco il *phylum* separarsi per dar vita anche ad altre forme più evolute, o per lo meno adattabili ad habitat più differenziati: sotto il profilo morfologico numerose restarono comunque le specie algali unicellulari; fra queste ad es. il *Glenodinium sanguineum* del Lago di Tovel, l'*Euglena viridis*, comune in patine verdastre negli stagni e nelle pozzanghere, la *Noctiluca miliaris*, responsabile del fenomeno della fosforescenza delle acque marine anche nell'Adriatico. E citiamo ancora le *Diatomee*, con la membrana ispessita (frustolo) impregnata di silice, i cui enormi depositi su antichi fondali lacuali sono noti con il nome di *farina fossile* (¹¹).

Ma presero inoltre vita molte forme pluricellulari, alcune con tallo (¹²) molto sviluppato, come in *Ulva lactuca*, o «Insalata di mare», in *Sargassum*, o «uva marina» e nel gen. *Macrocystis*, il cui tallo laminare può avere crescite di 50 cm al giorno ed arrivare fino a 70 metri di lunghez-

za. Alcune specie, a lunghe fronde, del già citato *Sargassum*, formano ad Ovest delle isole Azzorre quella famosa «prateria marina» denominata «Mare dei Sargassi» estesa per circa 4.000 km².

Va notato che nello loro morfologie, alcune specie di queste alghe sembrano quasi annunciare o precorrere le forme delle piante superiori, con aspetti frondosi, con lamine a forma di foglie, con portamenti arbustivi o addirittura arborescenti, provviste di filamenti rizoidi (13). Ma anche nelle entità più evolute si rileva sempre l'assenza di una vera e propria organizzazione istologica, cioè di tessuti specializzati e demandati a diverse funzioni, quali ad es. quelle di sostegno e di conduzione dei liquidi.

Peraltro sotto il profilo biologico si è avuta l'evoluzione a forme eucariote (14), in molte delle quali la riproduzione passa, dal tipo a scissione diretta, a quello a mezzo di propaguli, di autospore, a quello quasi-sessuato con isogameti, a quello sessuato con eterogameti (15), con l'alternanza delle due fasi, diploide ed aploide (16) e con la formazione di spore. Per il loro modo di riprodursi le Alghe vengono anche definite come *Crittogame cellulari* (17).

Sotto il profilo ecologico i nuovi gruppi di alghe estendono la colonizzazione sia sui continenti, che soprattutto negli spazi marini non solo in estensione, ma anche in profondità: già abbiamo portato l'esempio del Mar dei Sargassi e delle estese formazioni di alghe laminari e non meno interessanti sono i popolamenti di alcune specie del genere *Lessonia* che sui fondali poco profondi presso le coste meridionali della Nuova Zelanda e dell'America del Sud formano vere *Foreste di alghe* filiciformi, con fusti detti cauloidi, alti fino a 3 metri, dai quali pendono fronde (filloidi) lunghe fino ad un metro. Secondo alcuni Autori i progenitori di queste alghe potrebbero essere le antiche *Nematophytales* (18) del Devoniano (circa 300 milioni di anni fa), che nella struttura presentavano già elementi tubulari, per certi versi di aspetto simile a quelli delle Conifere.

La capacità delle alghe di vegetare a diverse profondità marine è affidata sem-

pre alla fotosintesi e quindi alla clorofilla. Questa però a volte è accompagnata, ed in parte mascherata, da altri pigmenti diversamente colorati, i quali filtrando le radiazioni luminose via via più tenui con la profondità, fanno sì che ai *cloroplasti* (19) pervenga almeno il minimo di quella banda dello spettro solare che possa attivare la fotosintesi. Alcune specie di Rodofite, ad esempio, dotate di pigmenti rossi o violacei, assorbono le radiazioni dell'azzurro e del verde che trasmesse alla clorofilla attivano la fotosintesi anche a profondità di 200 metri.

Tali pigmenti modificano ovviamente anche le colorazioni dei vari tipi di alghe. Su queste diversità cromatiche è stata fatta una divisione generale (un po' di comodo) in: Alghe azzurre o *Cianofite*, Alghe verdi o *Clorofite*, Alghe brune o *Feofite*, Alghe rosse o *Rodofite*.

Il significato ecologico delle Alghe

Ci siamo soffermati sul mondo delle Alghe, in quanto rappresentano in senso biochimico e filogenetico lo scalino primordiale di tutta la vita sulla Terra ed anche perché rivestono tuttora un'importanza ecologica fondamentale.

Alla fotosintesi delle Alghe marine si deve l'emissione di oltre il 75% dell'ossigeno libero ed il correlato contenimento nell'atmosfera del tasso di Anidride carbonica entro i limiti compatibili per la vita animale. In questa reazione fotochimica le Alghe trasformano annualmente oltre 100 miliardi di tonnellate di carbonio in sostanza organica. Le foreste e le praterie marine di Alghe rappresentano un habitat insostituibile per un enorme numero di specie animali e la base di tutta la piramide alimentare marina. Notevole è anche l'utilizzo che l'uomo fa delle Alghe, dalle quali vengono estratte notevoli quantità di sali minerali (soprattutto di sodio, potassio e iodio). Largo è anche l'impiego come mangime e come concime. In alcuni Paesi dell'Estremo Oriente le alghe sono impiegate anche nell'alimentazione umana.

I Vegetali alla colonizzazione delle terre emerse

Come abbiamo già visto la vegetazione ha avuto origine in acque marine calde e basse, lagunari o costiere, ma si è poi sviluppata sul pianeta durante centinaia di milioni di anni, in estensione ed in profondità soprattutto negli oceani.

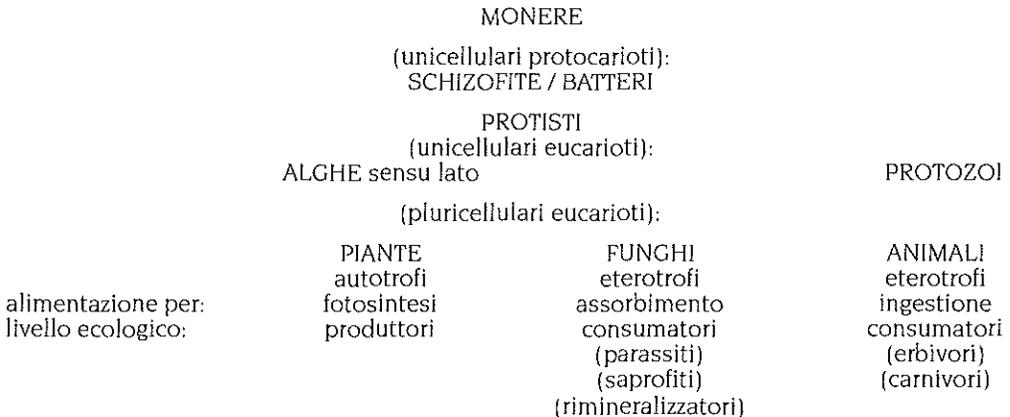
Sui continenti la colonizzazione algale, sebbene ampiamente diffusa, è stata relativamente modesta a causa dello stretto legame di dipendenza dell'alga dall'acqua. Non è raro tuttavia trovare alcune specie di alghe fino ad elevate quote: oltre alle efflorescenze verdi della già citata *Euglena viridis*, ricordiamo quelle rossastre dell'*Euglena sanguinea*; ben noto era il fenomeno del ricorrente intenso arrossamento estivo (ora purtroppo da oltre vent'anni non più presentatosi) delle acque del Lago di Tovel, dovuto al *Glenodium sanguineum*, che abbiamo già ricordato fra le alghe unicellulari. È abbastanza frequente vedere rocce umide vivacemente colorate di giallo dorato o di rosso porporino per la presenza nei licheni di alghe del genere *Trentapohlia*. E in proposito va rammentato che in ogni caso anche le alghe adattate alla vita per così dire terrestre, sono sempre condizionate dallo stretto contatto con l'acqua, soprattutto nella fase di riproduzione. È per questo che riescono ad insediarsi, ma solo in *simbiosi lichenica*, anche su rocce e ripide pareti saltuariamente

asciutte, che vengono colonizzate dall'azione disgregatrice degli apparati rizomorfi del simbionte fungino, che sfrutta la sostanza organica prodotta dalla fotosintesi dell'alga, alla quale peraltro mette a disposizione l'acqua.

L'albero evolutivo

Secondo le attuali teorie sulla fotosintesi delle specie, la base dell'«albero genealogico evolutivo» disegnato da WHITAKER (1969), è formata dal gruppo definito delle «Monere»⁽²⁰⁾, raggruppante esseri unicellulari procarioti.

Di questo tronco basale fanno dunque parte, da un lato organismi autotrofi quali le Schizofite ed i Fotobatteri (dei quali faremo cenno in seguito), dall'altro organismi eterotrofi, cioè tutti gli altri tipi di batteri, compresi i Chemiobatteri. Teoricamente questo gruppo delle Monere potrebbe esistere come unico sistema di vita sul pianeta, essendo costituito da esseri *produttori* ed esseri *consumatori*. Al di sopra delle Monere il fusto dell'albero sia allarga nel regno dei «Protisti», costituito da organismi ancora unicellulari, ma eucarioti, di cui per quanto ci interessa fanno parte ancora numerose specie algali, come abbiamo già visto.



50 N.B.: Per quanto riguarda trofismo, alimentazione, livello, i Batteri si comportano grosso modo come i funghi⁽²¹⁾.

Ma dopo la comparsa dei Protisti l'albero evolutivo si dirama in tre grosse branche di organismi tutti pluricellulari ed eucarioti, ma ben distinti non solo morfologicamente, ma anche per la loro fisiologia, a partire dalle modalità di assunzione alimentare.

Nel phylum delle PIANTE il primo gruppo a staccarsi dalle alghe per assumere attitudini più terrestri è quello della classe delle *Epatiche* (22), molte delle quali pur ricordando l'aspetto generale di alcune alghe, già hanno un struttura simile ad una vera piantina.

Le Epatiche, che deriverebbero direttamente dalle Alge Cloroficee, erano sicuramente già presenti almeno 350-400 milioni di anni fa, come testimoniano reperti fossili del Periodo Carbonifero in Inghilterra, ma non è esclusa, secondo KOZLOWSKI e GREGUSS, la loro presenza anche nel Cambriano (oltre 500 milioni di anni) con forme molto simili alle attuali.

La classe delle Epatiche è compresa nella grande Divisione delle *Briofite* (23), di cui fanno parte anche gli *Sfagni ed i Muschi*, che possono essere considerati come gli autotrofi, primi veri colonizzatori, rispettivamente: gli Sfagni di suoli igromorfi (bordi di laghi, stagni e paludi) ed i Muschi di substrati rocciosi, sebbene molte specie vivano sui più svariati materiali naturali.

Le Briofite sono sprovviste di rizoidi (costituiti da ciuffetti di sottili filamenti ad una sola fila di cellule), ma con vera funzione radicale, cioè sia di attracco al substrato terrestre, che di assorbimento dei liquidi. Sono fornite di fusticini (eretti o prostrati), con una struttura già differenziata (un'epidermide, uno strato corticale ed un cilindro con una specie di midollo centrale che assicurano sia la funzione meccanica che quella di conduzione dei liquidi). Sul fusticino si inseriscono regolarmente (a simmetria bilaterale, o raggiata) piccole foglioline con nervature e con margine rinforzato, a volte seghettato. Alcune specie di muschi ricordano anche nel loro aspetto dei veri alberelli in miniatura. Va rilevato però che, almeno nel momento della fe-

condazione, le Briofite sono tuttavia legate alla presenza dell'acqua.

La linea evolutiva procede sia in senso morfologico che in senso fisiologico: dalle Schizofite, alle Tallofite, alle Briofite, per giungere alle *Cormofite* (24), nelle quali si ravvisa una netta distinzione di forme e di funzioni degli apparati (radici, fusto, chioma con foglie).

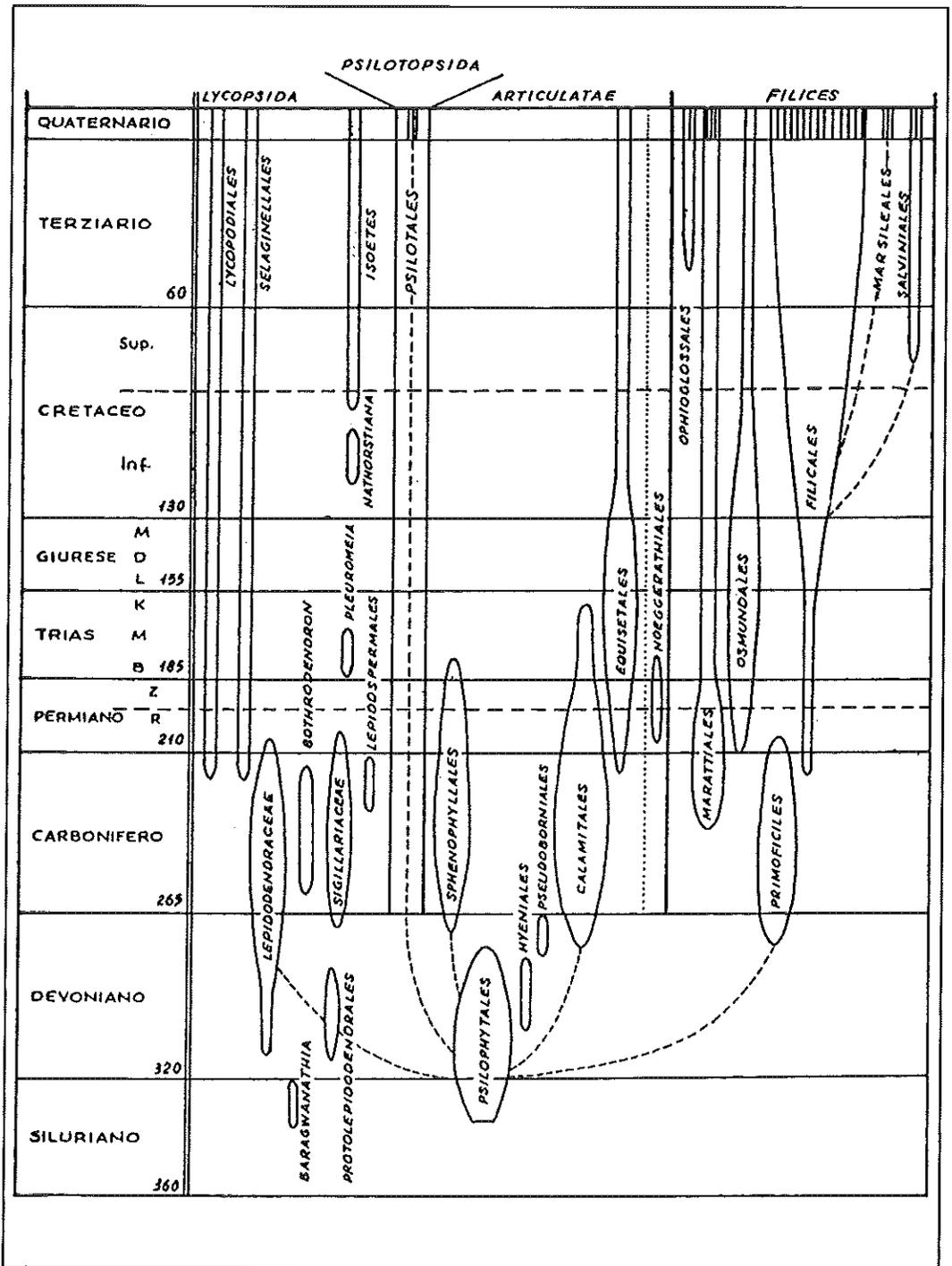
Dalle Briofite si fa dipartire il phylum delle *Pteridofite* (25); filogeneticamente tuttavia non risulta accertata una diretta derivazione delle due Divisioni, anche perché alcuni reperti fossili sembrano indicare almeno una contemporaneità nell'apparizione sulla Terra dei due phyla.

E in effetti furono ritrovati nel Canada in rocce del Periodo Siluriano (circa 480-500 milioni di anni fa) reperti fossili di una specie, denominata *Psilophyton*, che si può ritenere capostipite delle Pteridofite. Dalla classe *Psilophytosidae* (peraltro scomparsa dopo circa un centinaio di milioni di anni) sono poi derivate altre Pteridofite.

Tra queste anche le gigantesche *felci arboree*, che nel periodo Devoniano e soprattutto nel Carbonifero si svilupparono su estese superfici, grazie ad un clima particolarmente favorevole per abbondanza di precipitazioni e alto tasso di Anidride carbonica. Queste felci (in particolare i generi *Sigillaria* e *Lepidodendron*) avevano fusti alti fin oltre 20 metri e diametro fino a 3 metri. Si sono poi estinte circa 200 milioni di anni fa e le immense foreste sono state sommerse e ricoperte da potenti strati sedimentari nelle epoche successive al periodo Permiano, andando a costituire le miniere di *carbon fossile* un po' in tutti i continenti e anche sotto gli attuali fondali oceanici.

Tra i discendenti della flora pteridofita dell'Era paleozoica vi sono i *Licopodi* e le *Selaginelle* (nell'aspetto vicini ai Muschi), gli *Equiseti* (o Code di cavallo) e poi tutte le *Felci* propriamente dette. In alcune zone a clima tropicale vegetano tuttora alcune Felci a portamento arboreo, come ad esempio la *Cyathea arborea* e la *C. medullaris* nella Nuova Zelanda, che raggiungono i 20 metri di altezza.

Tra le Pteridofite, entità decisamente 51



52 Fitum delle Pteridofite (da Engler), che hanno avuto origine verso la fine del Siluriano (ca 330 milioni di anni fa) ed un massimo tra il carbonifero ed il Permiano, con la grande diffusione delle foreste a «Felci arboree».

terrestri, non mancano tuttavia alcuni rappresentanti che, si può dire, siano ritornati all'elemento acqua, come le minuscole specie sudamericane del genere *Azolla*, quelle australiane del genere *Marsilia*, e del genere tropicale *Salvinia*.

Anche nelle Pteridofite la riproduzione è sessuata (con i gameti dei due sessi sullo stesso individuo) e con l'alternanza delle due fasi: la diploide che costituisce lo *sporofito* (cioè ad esempio la felce vera e propria con radici, fusto e fronde) e la fase aploide costituita dalle microscopiche spore e dal *protallo*, minuscolo corpo laminare che si sviluppa dalla germinazione della spora stessa e che si può considerare il *gametofito* (26). Sul protallo si formano i due gameti dalla cui fecondazione ha origine il nuovo individuo diploide, lo sporofito.

Per quanto sopra le Pteridofite sono considerate ancora delle Crittogame, mancando di appariscenti organi della fecondazione (i fiori). Ma strutturalmente sono già dotate di tessuti differenziati per specifiche funzioni; quelli vascolari per il trasporto dei liquidi, simili alle tracheidi o ai vasi delle piante superiori; vengono infatti anche definite *Crittogame vascolari*. Per questa loro struttura le Pteridofite rappresentano anche la prima apparizione sulla terra del tipo di piante *Tracheofite* (27), raggruppamento che comprende pure tutte le piante superiori o *Fanerogame*.

Certo che dal Devoniano medio (350 milioni di anni fa) a tutto il Carbonifero (circa 200 milioni di anni fa) la flora pteridofita dominò gran parte del paesaggio vegetale delle terre emerse, sia con le citate foreste arboree, ma anche ampie superfici furono colonizzate anche da popolamenti formati da specie di taglia modesta, come ad esempio la cosiddetta flora a *Rhynia* presente in numerosi reperti fossili devoniani in Scozia.

Nel Carbonifero, fra le foreste di Felci gigantesche, vi era già una notevole presenza di Conifere, o meglio di *Fanerogame Gimnosperme*. L'anello di discendenza dalle Pteridofite era però già presente forse nel Devoniano superiore, e sicuramente all'inizio del Carbonifero,

con alcuni generi delle *Pteridosperme* (28), che in un primo tempo i paleobotanici ritenevano appartenenti alle Pteridofite, per la loro morfologia molto simile a quelle, e perché erano state riconosciute per spore fossili quelli che invece erano granuli di polline.

Con l'apparizione delle Conifere la linea filogenetica è dunque già passata alle piante *Fanerogame* (29).

Molte delle *Conifere*, o meglio *Gimnosperme* (30) del Carbonifero erano assai simili a quelle attuali, ma alcune specie, generi ed intere classi si sono poi estinte. Tra queste le *Cordaitine* che, con alcuni generi giganteschi (alti oltre 35 metri), erano massivamente presenti nel Carbonifero e nel Permiano, per scomparire del tutto già all'inizio del Triassico (circa 200 milioni di anni fa).

Nel Triassico comparvero invece le *Cicadine* (con portamento simile alle Palme), oggi ancora presenti poco meno di cento specie (del Giappone, Filippine, Messico, Sudafrica). Strutturalmente le Gimnosperme sono delle *Tracheofite* nel pieno senso della parola, con fusti ad accrescimento centrifugo e con ben distinti tessuti *xilematici* e *floematici* (31). Si tratta in genere di piante d'alto fusto (fin oltre i 100 metri di altezza, ad es. nel genere *Sequoia*). Non mancano però specie a bassa taglia (ad es. *Juniperus sibirica*) e qualche entità a portamento e statura giunchiforme, come ad es. il genere *Ephedra*, relictto giunto fino a noi forse dal Cretaceo superiore (circa 100 milioni di anni). Quasi tutte sempreverdi, con alcune eccezioni (ad es. *Larix*, *Taxodium*) quasi tutte aghifoglie, con l'eccezione delle *Gingkoine*, a foglie caduche e lamina espansa a piccolo ventaglio, presentatesi sullo scenario geologico all'inizio del Permiano (circa 220 milioni di anni fa) e delle quali è giunta fino a noi la sola *Gingko biloba* dell'Estremo Oriente con esemplari forse millenari.

Con le Gimnosperme si ha la comparsa dei *fiori*, sempre distinti o su rami o ramuli diversi dello stesso individuo (specie monoiche), o su individui separati (specie dioiche); i fiori maschili producenti il polline e quelli femminili gli ovuli. Il trasporto del polline all'ovulo è affi-

dato al vento (impollinazione *anemofila*); pertanto i fiori non sono molto vistosi, anche se a volte quelli femminili sono di brillante colore (ad es. in *Larix* e *Picea*).

Più ampiamente presenti e ricche di generi nell'Era Mesozoica, sono tutt'oggi relativamente numerose e diffuse anche in dense formazioni soprattutto nell'emisfero boreale, in regioni a clima temperato-freddo e freddo. Alcune specie tuttavia sono presenti spontaneamente pure nell'emisfero australe, come ad es. il genere *Araucaria* in Australia e nel Cile meridionale, alcuni *Libocedrus* in Nuova Guinea e Nuova Caledonia e *Juniperus procera* in Tanzania.

Abbiamo visto come all'inizio del Permiano (circa 230 milioni di anni fa) siano comparse fra le Gimnosperme - in pratica tutte aghifoglie - le Gingkoine, decisamente latifoglie, e come nel successivo periodo Triassico siano comparse le Cicadine, sempre Gimnosperme, ma con portamento molto simile a quello delle Palme. Stando alla loro morfologia sembrerebbe possibile che da quelle due classi si sia staccato il phylum delle *Agiosperme* ⁽³²⁾, rispettivamente le *Monocotiledoni* dalle Cicadine e le *Dicotiledoni* ⁽³³⁾ dalle Gingkoine. Ma su queste filogenesi non vi è molta assonanza fra i diversi fitopaleontologi.

Alcune Angiosperme primitive comparvero forse già nel Triassico superiore (circa 160 milioni di anni fa) come lo dimostrerebbero reperti fossili del gen. *Homoxylon* (oggi scomparso) trovati in Nuova Caledonia; sempre del Trias, nel Colorado furono trovati fossili di una Palmacea (*Sanmiguelia lewisii*). Alcuni altri generi di Angiosperme primitive erano presenti nel successivo periodo Giurassico.

Ma fu con l'inizio del Cretaceo (circa 120 milioni di anni fa) che si ebbe una vera esplosione delle Angiosperme, favorite da un clima più ampiamente mitigato sulle terre emerse e dalla loro capacità di diffusione, tanto che generi simili erano presenti dall'Argentina al Giappone, dall'Egitto alla Groenlandia (*Aralia*, *Ficus*, *Eucalyptus*, *Liriodendron*, *Juglans* ed altri poi estinti). Si può dire che la flora attuale delle Angiosperme sia poco mutata dalla

metà dell'Era Cenozoica, cioè da circa 30 milioni di anni.

Enorme è il numero delle specie di Angiosperme, circa 300.000, e grandissima la varietà morfologica. Mentre nelle Gimnosperme sono poche le specie non legnose, qui ritroviamo specie erbacee e specie legnose, a volte appartenenti alla stessa famiglia (ad es. la Fragola ed il Ciliegio, entrambe *Rosacee*); piante minuscole (*Minuartia*) e alberi giganteschi in altezza e in diametri (*Eucalyptus*, *Adansonia*). Non poche specie si adattarono ad un ritorno all'acqua del mare (*Posidonia* e *Zostera*, formanti praterie sommerse anche lungo le coste italiane), o all'acqua dolce (*Nymphaea*, *Nelumbo* o Fior di Loto, *Victoria regia* etc.).

Mentre le Gimnosperme sono tutte piante pluriennali, alcune anche millenarie, nelle Angiosperme, a fianco di specie legnose ultracentenarie (*Castanea*, *Olea*, *Quercus*) moltissime sono le specie erbacee annuali (ad es. tutte le graminacee a frutto edule (frumento, riso, mais, ecc.).

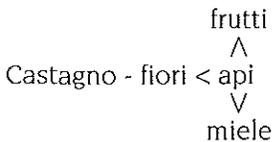
La Angiosperme *Monocotiledoni* sono in genere poco ramificate e relativamente con poche foglie. Ad esse appartengono sia piante come le Palme ed i Bambù a fusto legnoso (stipite), ma con particolare struttura secondaria del legno, sia piante del tutto erbacee (ad es. *Liliacee*, *Graminacee*, *Orchidacee*, ecc.). Le Angiosperme *Dicotiledoni* si esprimono con il più grande numero di famiglie, generi e specie, ma pure con una stragrande varietà morfologica e strutturale. Anche fra queste vi sono piante erbacee (ad esempio *Ranunculus*, *Gentiana*, ecc.) e piante classicamente legnose (*Fagus*, *Acer*, *Quercus*, ecc.).

Qui non si vogliono dare nozioni di tassonomia vegetale, ma semplicemente far notare come al grande numero di specie e quindi alla grande varietà morfologica, corrisponda la capacità delle Angiosperme, prese nel loro insieme, di diffondersi e di adattarsi alle più svariate condizioni ambientali. Mentre le Gimnosperme, per il loro numero di specie «relativamente» esiguo, sono contenute areali di vegetazione delimitati da valenze ecologiche specifiche «relativamente» rigide, la classe delle Angio-

sperme può spaziare, con l'una o l'altra delle sue molteplici e differenziate specie, fino ai limiti estremi delle possibilità di vegetazione: dalle regioni artiche a quelle subdesertiche, da altitudini superiori ai 4000 metri, alle spiagge marine e ai fondali stessi degli oceani.

Nelle sue linee generali la riproduzione delle Angiosperme avviene con le medesime modalità delle Gimnosperme. Tuttavia oltre al fatto che gli ovuli, come abbiamo già visto, sono racchiusi in un ovario, moltissime specie hanno *fiore vistosi*, con funzione cosiddetta vessillifera, emissione di profumo e produzione di nettare, tutti fattori che fungono da richiamo di *insetti pronubi*, i quali assicurano l'impollinazione *entomofila* (34). In qualche caso sono altri i pronubi: è noto ad esempio che l'Uccello mosca o Colibrì è impollinatore di fiori dell'America tropicale.

Ma nell'intervento dei *pronubi* per la fecondazione di molte Angiosperme, dobbiamo cogliere il *significato ecologico* del nuovo anello, che da un lato lega nel più evoluto phylum, il perpetuarsi di molte specie vegetali alla presenza della vita animale, dall'altro apre una nuova catena di produzione, come molto schematicamente qui sotto si indica ad esempio:



La distribuzione delle specie nei vari continenti

In linea teorica generale ad uguali situazioni stazionali (35), dovrebbero corrispondere uguali *fitocenosi* (36), qualunque sia il continente di insediamento. Nella realtà si hanno fitocenosi equivalenti, ma non uguali, soprattutto per alcune motivazioni fra loro correlate, quali:

- la diversificata capacità di propagazione delle specie, dei generi, o addirittura di interi phyla, quali ad es. numero, diffusibilità, germinabilità dei semi,

spore, ecc.;

- la resistenza in rapporto alle linee evolutivistiche nel succedersi dei grandi eventi geologici che hanno portato
- alla formazione e distinzione dei vari continenti.

La primordiale crosta terrestre al momento della sua formazione, che come abbiamo già annotato si fa risalire a circa 4 miliardi di anni fa, era costituita da diverse «zolle» vaganti nel grande oceano. Verso 500 milioni di anni fa le zolle cominciarono ad avvicinarsi e dopo circa altri 250 milioni di anni si fusero praticamente in un unico grande continente, la *Pangea* (37), estesa da Nord a Sud, a forma di una grande C, con i due bracci rivolti verso Est.

Va osservato che fino allora erano relativamente pochi i phyla della vegetazione terrestre e la loro diffusione era condizionata soltanto dalle capacità che le varie specie andavano acquisendo per adattarsi nell'unica *Pangea* alle diverse situazioni ecologiche (assoluzione, disponibilità idriche, temperature, continentalità, oceanicità, altitudine, latitudine, tipo di suolo).

Verso la fine del Paleozoico (circa 250 milioni di anni fa) la *Pangea* cominciò a dividersi in tre zolle continentali: a Nord-Est quella che sarà poi il *Nordamerica* compresa la Groenlandia); a Nord-Ovest l'*Eurasia*; a Sud il grande continente *Gondwana*, che comprendeva quelle che oggi sono l'Africa, il Sudamerica, l'Antartide, l'India, l'Australia. Iniziò allora una distinzione della flora, tanto più marcata quanto più distanti erano fra loro i continenti. In quel periodo le terre settentrionali godevano ad es. di un clima temperato ed umido, favorevole alla vegetazione della grandi Pteridofite e delle Gimnosperme (che, come abbiamo visto, formarono nel Carbonifero estese foreste), mentre nella *Gondwana*, dove vi erano state grandi glaciazioni, la vegetazione era ancora caratterizzata da Equisetacee «flora a *Glossopteris*», che nel Triassico fu poi sostituita dalle Pteridosperme («flora a *Thinnfeldia*»).

Fu appunto con il Mesozoico (tra i 200 ed i 60 milioni di anni fa) che i continenti cominciarono a delinearsi verso la confi-



56 *Ginkgo biloba* (da A. Arrighetti): le *Gingkoales*, molto diffuse dal Permiano al Cretaceo inf. sono oggi ridotte a questo solo genere monospecifico.

gurazione attuale: l'India si staccò dalla Gondwana e spinta contro l'Asia causò l'elevarsi della grande catena Himalayana, mentre l'Africa, pure staccata dalla Gondwana, si avvicinò all'Eurasia, delimitando il Mediterraneo. Il Sudamerica si agganciò al Nordamerica con la sottile bretella del Centroamerica, mentre l'Antartide si spostava al Polo Sud e l'Australia defilava ad Est, portandosi sotto le penisole e la costellazione di isole a Sud dell'Asia.

Il discorso ci porterebbe troppo lontano; tuttavia è interessante osservare che testimonianza degli spostamenti delle zolle continentali, alcune entità delle poche Gimnosperme dell'emisfero meridionale, si ritrovino oggi (ad es. il gen. *Araucaria*) nel sud del Cile ed in Australia, terre già appartenenti all'antica Gondwana. Peraltro il gen. *Eucalyptus*, Angiosperma, è presente solo in Australia, probabilmente come phylum formatosi dopo il distacco della stessa dalla Gondwana. Ma non pochi altri generi sono rimati decisamente boreali, come ad es. la *Betula*, presente dal Nordamerica all'Europa, all'Estremo Oriente, soltanto nella fascia fra il 30° ed il 75° parallelo Nord.

Nel trascorrere delle ultime centinaia di milioni di anni, la differenziazione della flora per certi versi si andava facendo più netta; tuttavia si presentarono e si moltiplicarono anche le cause di diffusione a distanza quali ad esempio i diversi vettori di trasporto: vento, correnti marine, uccelli, uomo. L'orogenesi, il glacialismo in avanzata od in ritiro, le trasgressioni e le regressioni marine, contribuirono inoltre sia a diversificare la distribuzione che, in molti casi, a causare la scomparsa di specie, di intere famiglie, o di classi.

L'evoluzione della composizione chimica della Terra

- La *Prima Crosta terrestre* si andava formando, circa 4 miliardi di anni fa dal sottostante nucleo in fusione del NiFe (Nichel e Ferro), con la solidificazione di

mantelli ad elementi più leggeri, a base di silicati, il SiAl (Silicio e Alluminio) e il SiMa (Silicio e Magnesio).

Erano inoltre presenti, in ordine decrescente: Ossigeno, Azoto, Carbonio, Zolfo, Calcio, Sodio, Fosforo, ecc.

- Il *Primo Oceano* era formato da Acqua (H₂O) in cui era disciolto poco Ossigeno (O₂) e Ammoniaca (NH₃).

- La *Prima Atmosfera* era costituita soprattutto da H₂O, allo stato di vapore, NH₃ e CH₄ (Metano).

Acqua, ammoniaca e metano si erano formati per la facilità dell'Idrogeno (H) di combinarsi rispettivamente con l'Ossigeno, l'Azoto (N) ed il Carbonio (C). Ma la grande disponibilità iniziale di Idrogeno (in numero di atomi il rapporto era circa H : O = 2000 : 1) si ridusse notevolmente, infatti la poca forza di gravità terrestre non poteva trattenere un elemento così leggero.

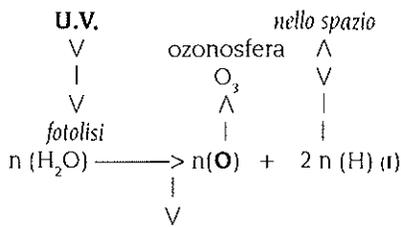
Ma la situazione era assai differente dalla attuale!

Cosa avvenne a modificarla?

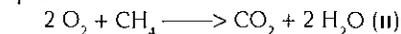
I mutamenti furono innescati da un intervento energetico. La «prima atmosfera» priva dello strato di Ozono, non poteva filtrare i raggi ultravioletti (U.V.). Questi colpendo le molecole di H₂O allo stato di vapore, ne causavano la *fotolisi* (38) [da non confondersi con la fotosintesi!], decomponendole in Idrogeno ed Ossigeno.

L'Idrogeno, non trattenuto dal campo gravitazionale, si liberava nello spazio e l'Ossigeno combinandosi con il Metano dava Anidride carbonica ed Acqua, e combinandosi con l'Ammoniaca dava Azoto libero e Acqua.

Tali reazioni possono «indicativamente» essere così rappresentate:



quindi



et



La prima atmosfera si andò così modificando in

- una Seconda Atmosfera costituita da:

Vapor acqueo (H₂O), Azoto (N₂), Anidride carbonica (CO₂).

Ma anche questa «seconda atmosfera» è notevolmente diversa dalla attuale, soprattutto perché *priva di Ossigeno!*

E va posta mente anche al fatto che se la fotolisi fosse continuata senza interruzione, il nostro pianeta ora *sarebbe privo di acqua!* Deve dunque essere intervenuto qualche altro fatto nuovo, capace sia di liberare Ossigeno, perché la «nostra atmosfera» ne è ricca, sia di arrestare la fotolisi, perché il nostro Pianeta è ancora ricco di *Acqua*.

Nella realtà non tutto l'Ossigeno, liberatosi dalla reazione (I) di fotolisi dell'Acqua, va a combinarsi con il Metano (II) e con l'Anidride carbonica (III), ma in parte modifica la sua molecola da biatomica a triatomica, trasformandosi in *Ozono (O₃)*, il quale va a formare lo strato detto *Ozonosfera*, a circa 25 km dalla superficie terrestre. Questo strato in realtà è molto sottile, ma sufficiente ad assorbire gran parte degli U.V. e pertanto a ridurre la fotolisi dell'acqua. Si è dunque in presenza di un sistema in *omeostasi*, cioè capace di autoregolazione.

Con la diminuzione di Ozono aumenta l'incidenza degli U.V. e riprende la reazione di fotolisi, che però produce anche Ozono, il quale va a riequilibrare l'Ozonosfera che assorbe gli U.V. e così via.

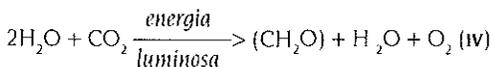
Fin qui abbiamo visto come è stata bloccata la continua perdita dell'acqua. Ma come spiegare la formazione di *Ossigeno libero* che, assente nella «seconda atmosfera», è invece presente nella «attuale atmosfera»?

La spiegazione sta nel processo di FOTOSINTESI.

Anche questa reazione libera Ossigeno dall'acqua, ma si tratta del nostro buon Ossigeno biatomico, cioè con molecola a due atomi (O₂).

Inoltre l'*energia* necessaria è fornita dalle bande dello *spettro visibile* della energia solare, non è assorbito dall'Ozonosfera.

Sempre in via indicativa si può così esprimere la reazione della *fotosintesi*:



Per quanto abbiamo visto in precedenza, da quando si sono originate le prime forme di «vita vegetale» la Natura ha avuto a disposizione molte centinaia di milioni di anni per poter formare quella che definiamo:

- l'*Atmosfera attuale*, costituita, come è noto, da circa:

il 78% di N₂, il 21% di O₂, lo 0,035% di CO₂ ed altre piccole frazioni di «gas nobili», vapor acqueo, anidride solforosa, ecc.

La fotosintesi inoltre utilizza sia l'Acqua che l'Anidride carbonica, per «organicarle» nella biomassa vegetale.

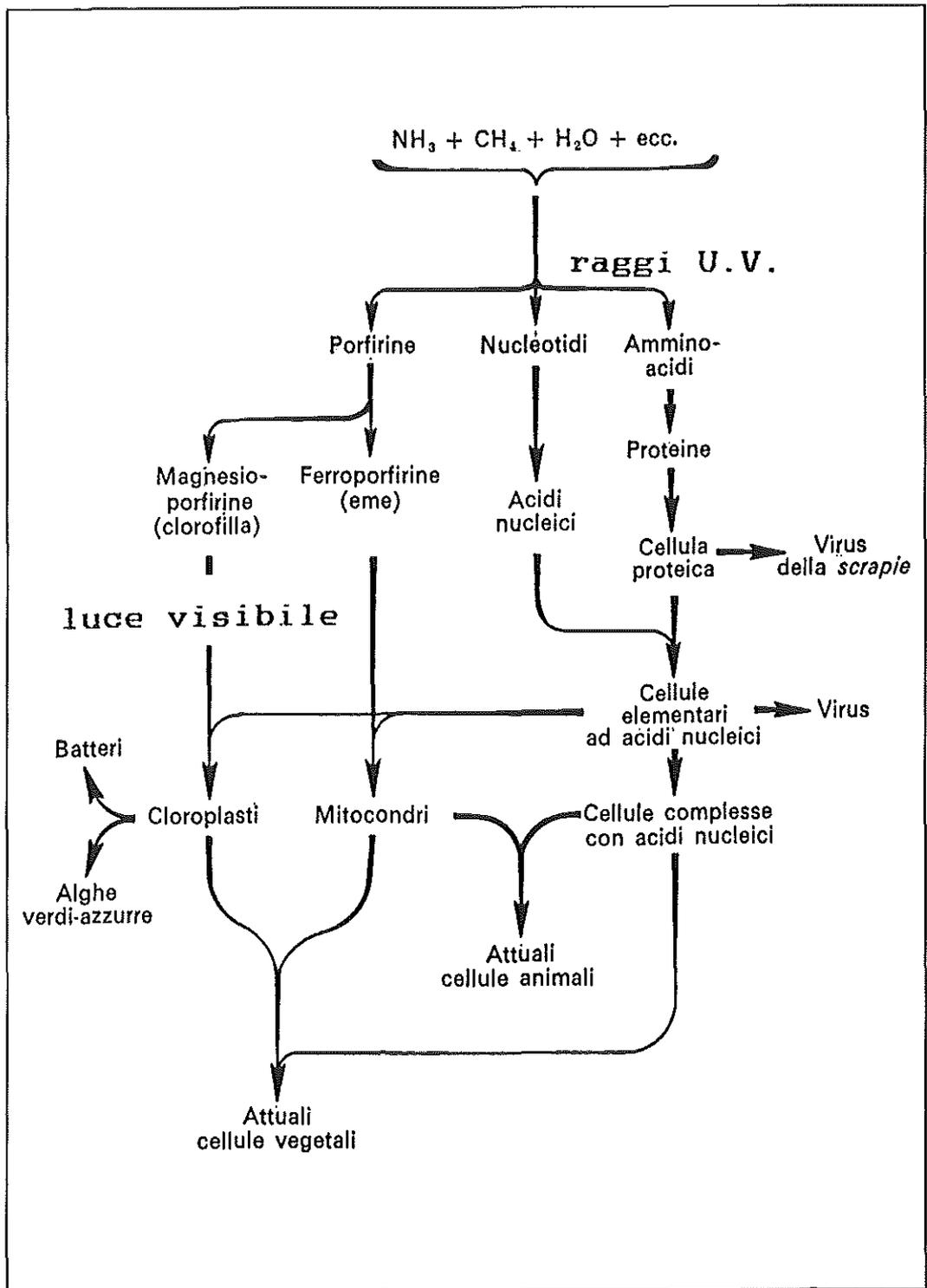
Ecco perché, nel passare dalla «seconda atmosfera» alla «attuale» anche il tasso di Anidride carbonica si è ridotto ad un valore così basso, che oggi si può ritenere quasi costante e tollerabile per la «vita animale».

Ma perché questo si verificasse era necessario che la «vita vegetale» fosse già attiva almeno prima dell'inizio della «atmosfera attuale».

La formazione della vita

Comunque nella Crosta terrestre e nell'Oceano, che stavano sotto la prima e la seconda atmosfera, erano già presenti, ma in forma inorganica, cioè *minerale*, tutti gli elementi che ritroviamo in un organismo vivente: elementi semplici, o in forma di ioni, ossidi, sali, sia allo stato gassoso che liquido (o in fusione), o solido. Ma per dare inizio alla vita era necessario che si presentassero le condizioni e le probabilità di combinazioni materiali ed energetiche, affinché si potesse verificare che:

- da alcune SOSTANZE INORGANICHE si sintetizzassero delle SOSTANZE ORGANICHE di tipo PROTEICO, e da queste



Rappresentazione schematica della formazione della vita sul nostro Pianeta (da I. Asimov).

si formassero SOSTANZE ORGANIZZATE in CELLULE di ORGANISMI VIVENTI, capaci di RIPRODURSI.

Va rilevato che queste eventualità dovevano verificarsi allora in un'atmosfera priva di ossigeno.

Dopo le ipotesi e gli studi di HALDANE (1920), di OPARIN (1936), gli esperimenti del gruppo di CALVIN (1948) e quindi negli anni '50, di MILLER, ABELSON, GROTH e WEYSSENHOF e negli anni '60, di ORO, MARINER, SAGAN e altri, viene oggi accettata la seguente ipotesi, fondata su motivati presupposti scientifici.

Per arrivare alla costituzione di *molecole proteiche* (che, insieme ai Carboidrati e ai Lipidi, sono le costituenti degli esseri viventi) era necessaria la preventiva sintesi di Ammine (costituite ad es. dalla combinazione di Ammoniaca, NH_3 e Metano, CH_4), quindi la loro acidificazione con gruppi carbossilici (COOH) per formare degli Amminoacidi (ad. es. il più semplice, la *glicina* ha la formula $\text{CH}_2\text{-NH}_2\text{-COOH}$).

Dalle combinazioni fra più Amminoacidi si può arrivare alle gigantesche molecole delle Proteine. Per quanto abbiamo già indicato, tutti gli elementi chimici per queste sintesi erano presenti nella «prima atmosfera» e nei bassi oceani caldi primordiali, ove ovviamente erano disponibili anche altri elementi, oltre ai quattro sopra evidenziati.

In questo grande «bordo caldo», come lo chiama ASIMOV, l'energia necessaria alle prime sintesi era quella dei raggi ultravioletti (U.V.). Ma la formazione chimica di molecole proteiche, che teoricamente potevano anche accrescersi, aumentare di volume, o forse suddividersi in modo fisico, non significava ancora l'inizio della vita. Questa infatti presuppone in ogni individuo la capacità di riprodursi, ma anche di trasmettere i caratteri ereditari; diversamente ci saremmo trovati di fronte ad «un caos biologico».

L'input verso forme organiche vitali si verificò forse nel passaggio dalla prima alla seconda atmosfera: l'Anidride carbonica, combinandosi con l'Acqua portò per prima all'Acido formico (HCOOH), quindi ai Carboidrati (cioè «zuccheri»

composti di C, H, O) componenti energetici indispensabili per la vita quanto lo sono gli Amminoacidi e le Proteine.

Per semplificare le serie dei possibili passaggi diremo che fra i Carboidrati ad un certo momento si dovettero formare gli zuccheri *Riboso* e *Deossiriboso*, nonché i *lipidi* (grassi), mentre sul versante delle possibili combinazioni tra Carbonio, Idrogeno, Azoto, oltre agli Amminoacidi e alle Proteine, altri composti organici, come le *basi puriniche*, tra le quali l'adenina che, in presenza di *Fosforo* (in realtà di fosfati), si sintetizzarono in *nucleoidi*, essenziali costituenti, insieme agli zuccheri sopracitati, degli *Acidi nucleici*. Va fatto annotare che a dimostrazione dell'origine della vita, si arrivò a tali risultati decisivi riproducendo sperimentalmente tutte le possibili «situazioni chimiche ed energetiche» dei nostri oceani primordiali (POMAMPERUNA, MARINER, SAGAN 1963-65).

Vi erano dunque a disposizione non solo gli elementi, ma anche l'energia e le possibilità di formazione dei componenti del *nucleo*, che come è noto presiede con l'ATP (Adenosintrifosfato) agli scambi energetici della cellula, e con il DNA (Acido deossiribonucleico) alla riproduzione e alla trasmissione del codice genetico.

Ammesso dunque che in particolari, ma possibili condizioni si fossero formate molecole costituite da acidi nucleici in grado di riprodurre se stesse e quindi di moltiplicarsi, bisognava però arrivare alla formazione di una vera *cellula*, cioè di un'entità vitale che in un proprio spazio individuale racchiudesse tutti i costituenti, sia pure a struttura relativamente semplice, ma indispensabili, anche come disponibilità plastica ed energetica, per la crescita, lo sviluppo e per la riproduzione.

È possibile che molecole di carboidrati, lipidi, amminoacidi, proteine, vaganti separatamente nei caldi e bassi fondali oceanici, siano venute casualmente a raggrupparsi in «bolle» plasmatiche ameboidi⁽³⁹⁾, delimitate all'esterno da un esilissimo strato lipidico e proteico, cioè da una sottile e più o meno deformabile *membrana*. Era però

ancora necessario che in essa si formassero, o comunque fossero ad un dato momento presenti gli acidi nucleici, cioè quelli che sono indispensabili per costituire il DNA.

A questo punto è opportuno tener presente che i virus sono in ultima analisi costituiti da acidi nucleici e quindi sono capaci di riprodursi, conservando in genere (salvo le non infrequenti mutazioni⁽⁴⁰⁾) le caratteristiche genetiche specifiche. Ma la riproduzione dei virus può avvenire solo all'interno di cellule di organismi viventi nei quali siano penetrati. Dunque se *illis temporibus* vi erano le condizioni per la formazione di virus, questi dovevano avere vita effimera, a meno che non si introducessero appunto all'interno di microrganismi, o per lo meno di molecole organiche già formate. Secondo autorevoli studiosi, in questa prima e forse casuale lotta per la sopravvivenza, un virus (o un virus-simile) potrebbe essersi introdotto in una «bolla» plasmatica di molecole organiche, andando a costituirne il nucleo.

Così dunque poteva essersi formato il primo organismo vivente unicellulare, di tipo protocariota, in quanto le sostanze nucleiniche erano sparse nel protoplasma e non condensate in un distinto nucleo dotato di una propria membrana. E queste sono le caratteristiche strutturali di molti Batteri⁽⁴¹⁾, ma non ancora delle Alghe Schizofite (di cui abbiamo trattato all'inizio) in quanto queste sono anche provviste di clorofilla.

Tuttavia se la vita avesse avuto inizio sotto la «prima atmosfera» e quindi sotto un vero bombardamento di raggi U.V., ed in assenza di Ossigeno, si può ritenere che i primi organismi viventi siano state forme di Batteri anaerobi, cioè capaci di vivere in assenza di ossigeno libero ed inoltre autotrofi e litotrofi⁽⁴²⁾, in quanto capaci di «nutrirsi» di sole sostanze minerali.

Tali sono i Fotobatteri, o Batteri fotosintetizzanti, come ad es. i Ferrobatteri ed i Solfobatteri. Va però tenuto presente, come abbiamo già osservato, che questi Batteri, pur utilizzando come energia le radiazioni solari, non producono Ossigeno libero! Questo fatto ci porta alla considerazione che, senza l'intervento di altri fatti

nuovi, la vita si sarebbe fermata al solo livello di batteri anaerobi litotrofi, in quanto tutti gli altri batteri anaerobi sono organicotrofi, cioè devono ricavare energia e nutrimento da sostanze organiche viventi o già appartenute ad esseri viventi (detriti organici). Né poteva sussistere tutta l'altra branca dei batteri aerobi e neppure alcuna forma di vita animale, data l'assenza di Ossigeno libero.

Un'altra «occasione» doveva ancora presentarsi, affinché la vita si indirizzasse sui binari che l'hanno portata all'attuale sistema:

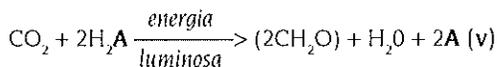
La formazione delle clorofilla; le fotosintesi

L'«occasione» fu data dal possibile inglobamento, all'interno del protoplasma di una cellula batterica, di molecole cicliche a più anelli pentagonali di pirrolo, come la porfina ($C_{20}H_{14}N_4$).

Quando a queste si collegò anche una lunga coda di radicali alchilici⁽⁴³⁾, solo in parte legati ad atomi di Ossigeno, e al loro interno andò a collocarsi un atomo di Mg (Magnesio), si formò la prima molecola di Clorofilla ($C_{55}H_{72}O_7N_4Mg$).

Ed ebbe così principio quella che possiamo definire la più straordinaria industria fotobio-chimica della Natura. Con quali meccanismi chimico-fisici la Clorofilla sia capace di utilizzare la luce dello spettro solare, per compiere la fotosintesi è un discorso che andrebbe fatto a se, per quel poco peraltro che fino ad oggi se ne sa. Qui, concludendo il nostro «discorso-racconto», diciamo che con la formazione di clorofilla nel protoplasma di organismi unicellulari si sono presentate nei caldi oceani del nostro pianeta le prime Alghe Schizofite e da queste è germogliato tutto l'albero dell'evoluzione.

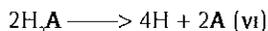
La fotosintesi, sia essa clorofilliana o batterica, è una reazione endotermica (cioè con assorbimento di calore) di ossido-riduzione, che può globalmente essere così espressa:



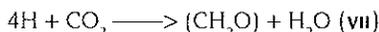
dove A si può intendere l'Ossigeno nella 61

sintesi clorofilliana, ma un altro elemento in altre fotosintesi.

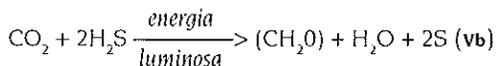
In realtà la reazione ha due fasi, una di ossidazione:



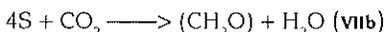
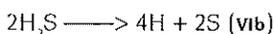
ed una successiva di riduzione:



Nella fotosintesi *batterica* (ad es. nei *solfobatteri purpurei, anaerobi*) il riducente non è l'Acqua, bensì l'Idrogeno solforato H_2S , per cui sostituendo **A** con **S**:

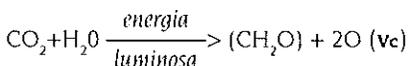


e più precisamente nelle due fasi:

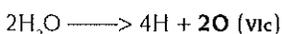


Analoga reazione è quella dei *ferrobatteri*. Come si vede la fotosintesi batterica non produce Ossigeno libero.

Nella reazione della fotosintesi *clorofilliana* invece l'Anidride carbonica si combina con l'Acqua; alla lettera **A** si deve sostituire O, cioè Ossigeno, per cui si ha:



e più precisamente nelle due fasi:



Alcuni appunti sul significato della fotosintesi clorofilliana

È stata calcolata in 173.000×10^{12} watt l'energia radiante che arriva in continuità dal Sole al nostro pianeta; di questa la fotosintesi di tutto il nostro mondo verde, terrestre e marino, ne utilizza solo lo 0,02%, dimostrandosi tra l'altro un'operazione molto redditizia.

Dunque come abbiamo già avuto modo di annotare, la fotosintesi clorofilliana, assicurando la produzione di Ossigeno, libero nell'atmosfera e disciolto negli oceani, e riducendo e poi contenendo il tasso di Anidride carbonica, permise anche

l'inizio e il permanere della vita di tutte le specie animali sulla Terra, rappresentando inoltre con la produzione di una immensa biomassa vegetale, il *pabulum* di partenza di tutta la catena alimentare degli Animali stessi, ma anche della maggior parte dei Funghi e dei Batteri.

È stato calcolato ad es. che alla fine del periodo di quella che è stata definita la «prima atmosfera», la reazione di fotolisi aveva consumato circa la metà dell'acqua allora presente nel pianeta.

Come già abbiamo indicato, grazie alla fotosintesi clorofilliana, l'Ossigeno libero, ancora assente nella «seconda atmosfera» si è portato al valore attuale di circa il 21% mentre l'Anidride carbonica è discesa su valori medi (nello spazio-temporale) intorno allo 0,035% (⁴⁴).

In questa sintesi il mondo verde produce:

100 MILIARDI DI TONNELLATE DI SOSTANZA ORGANICA ALL'ANNO, di cui 4 MILIARDI DI METRI CUBI DI LEGNAME.

Per concludere

Abbiamo iniziato manifestando un atteggiamento critico sulla «Genesi biblica», atteggiamento che peraltro confermiamo per quanto attiene alla creazione praticamente istantanea, globale ed immutabile di tutte le specie vegetali ed animali che oggi popolano il nostro pianeta; mentre invece non è più possibile dal punto di vista scientifico sollevare dubbi sull'evoluzione selettiva e/o mutante delle specie.

Ma nel rileggere quanto più sopra espresso, certo in modo incompleto e forse in più di un punto non del tutto chiaramente esplicativo, e nel soffermare l'attenzione sui momenti di «casualità, occasioni, possibilità, probabilità» che possono aver rappresentato il «via!» all'inizio della vita, vien fatto di domandarci Chi, al di fuori e al di sopra dello scenario del tempo e dello spazio, abbia fatto da Grande Regista.

NOTE - GLOSSARIO

N.B.: Letimo greco è indicato (gr), quello latino (lt).

(¹) La Sacra Bibbia, I Genesi.

(²) Molti esseri si riproducono in modo asessuato (batteri, alghe schizofite, funghi); in essi non si ha la distinzione dei due sessi.

(³) *Clorofilla*. (gr) «chloròs» e «fyllon» = «verde foglia», nome coniato nel 1817 da Pelletier e Claventou.

(⁴) *Schizofite*. (gr) «schìzo» = divido e «fytòn» = pianta, vegetale; alghe con riproduzione per scissione diretta.

(⁵) *Plànton*. (gr) «vagante»; massa di microrganismi sospesa negli strati superficiali delle acque marine e lacustri.

(⁶) *Phylum*. N.B. grafia non molto corretta! (lt) «filum». (gr) «phylon», con significato di «filo della vita, schiatta, stirpe, linea di generazioni».

(⁷) *Protecariota*. (gr) «pròteros» = «che sta innanzi a tutti, primitivo», e «Kàruon» = noce, nocciolo; in biologia sta per «nucleo, dal lt nucleus = nocciolo». Organismo unicellulare con nucleo non ben definito, diffuso nel plasma cellulare. È usata anche la dizione «procariota».

(⁸) Alcuni Autori pongono i Batteri fotosintetizzanti fra le Schizofite. Tuttavia per attendersi a quanto sopra «convenuto» non li includiamo in tale phylum.

(⁹) *Cianofite*. (gr) «kyanòs» = azzurro, e «fytòn» = pianta.

(¹⁰) I licheni sono simbiosi fra un'alga che svolge la fotosintesi, ed un fungo che dà l'attracco ad un substrato e la disponibilità di acqua.

(¹¹) La *farina fossile* ha ancora impiego industriale come adsorbente filtrante. Famosa la scoperta fortuita di Nobel che, unendola alla nitroglicerina, ottenne la dinamite.

(¹²) *Tallo*. (gr) «thàllos» significa «corpo vegetante». In Botanica indica un «vegetale (fytòn) il cui corpo (tallo) non è ben distinto in apparati o parti a differente forma e funzione, come ad es. raduci, fusto, foglie».

(¹³) *Rizoidi*. (gr) «rìza» = radice, e «eldòs» = aspetto; filamenti mono o pluricellulari, che servono di attracco al substrato.

(¹⁴) *Eucariota*. (gr) «éu» = bene, e «kàruon» = nucleo; cellula con nucleo ben definito che presiede la riproduzione.

(¹⁵) *Eterogameti*. (gr) «éterios» = di diverso tipo, e «gamétes» = coniuge, ad indicare i due diversi sessi degli organi riproduttivi.

(¹⁶) Nella fase *diploide* (dal gr. «dis» = due volte, ed «àplos» = semplice) il nucleo ha il numero massimo dei cromosomi (che sono addetti alla riproduzione della cellula). Prima della formazione delle spore, nei due gameti si ha la riduzione a metà del numero dei cromosomi e si origina la fase *aploide*, più o meno effimera e microscopica. Con la fusione dei gameti si torna poi alla fase diploide.

(¹⁷) *Crittegami cellulari*. (gr) «kryptos» = nascosto, e «gamòs» = nozze. Vegetali nei quali la riproduzione non ha organi appariscenti, ma avviene a livello delle cellule.

(¹⁸) *Nematofytals*: dal gr. «Nemèia» = selva (sacra), e «fytela» = insieme di alberi, fustaia.

(¹⁹) *Cloroplasti*. (gr) «chlòros» = verde e «plastòs» = plastico; sono i corpuscoli che contengono la clorofilla.

(²⁰) *Monere*. (gr) «monéros» unico; il termine, coniato da Haeckel, definisce oggi esseri unicellulari protocarioti.

(²¹) I *Funghi*, secondo alcuni Autori sarebbero vegetali che hanno perduto la funzione clorofilliana, ma la concezione più moderna è quella di farne una branca a sè nell'albero evolutivo di Whitaker.

(²²) *Epatica*. (gr) «èpar, èpatos» = fegato; in quanto molte specie hanno forme lobate che rammentano il fegato.

(²³) *Briofite*. (gr) «bryòs» = muschio.

(²⁴) *Cornofite*. (gr) «kornòs» = fusto, e «fytòn» = pianta; vegetali nei quali l'apparato radicale è raccordato a quello fogliare a mezzo di un vero fusto.

(²⁵) *Pteridofite*. (gr) «ptèròn» = penna; per la forma pennata delle fronde di molte felci.

(²⁶) *Sporofito* (gr) «spora» = seme, e «fytòn» = pianta; ad indicare il vegetale, o parte di esso che porta le spore. *Gametofito*, vedi quanto in nota (¹⁵) e quanto sopra.

(²⁷) *Trachofite*. (gr) «traxela» = rigida, dura; ad indicare piante con fusti a forti elementi conduttori e di sostegno.

(²⁸) *Pteridosperme*. (gr) «ptéridos» (vedi nota (²⁵), et «sperma» = seme dell'individuo maschile (ma in botanica usato anche per quello femminile). La definizione fu data per evidenziare da un lato la somiglianza alle Pteridofite (felci), dall'altro per sottolineare il più evoluto sistema di riproduzione con spore.

(²⁹) *Fanerogame*. (gr) «fanèròs» = visibile, e «gamòs» = nozze; per la presenza generalmente ben visibile dei fiori.

(³⁰) *Gimnosperme*. (gr) «gymòs» = nudo; perché gli ovuli sono applicati direttamente sulle squame, non chiusi in ovario.

(³¹) *Xilema*, (gr) «Xylon» = legno. *Floema* «flòds» corteccia. La desinenza «lema» = mantello, veste avvolgente, ad indicare gli strati di legno e di corteccia che si sovrappongono.

(³²) *Angiosperme*. (gr) «angèion» = vaso, «sperma» = seme, per ovulo, in quanto gli ovuli sono contenuti nell'ovario.

(³³) Le *Monocotiledoni* hanno una sola prima fogliolina che psi sviluppa dall'embrione, le *Dicotiledoni* ne hanno due.

(³⁴) *Pronubo* (lt) «prònubus» = che favorisce le nozze. *Entomofilo*, (gr) «éntomon» = insetto e «filos» = amico.

(³⁵) In Ecologia vegetale si intende per «*stazione*» un sito, una località non definita per dimensione, ma caratterizzata dall'interazione di ben definiti fattori ecologici (clima, geomorfologia, ubicazione geografica ecc.).

(³⁶) *Fitocenosi*. (gr) «fytòn» = pianta, vegetale e «Koinòsis» = associazione; si intende l'insieme di vegetali di più specie accomunate dalle condizioni stazionali.

(³⁷) *Pangea*. (gr) «pàn» = tutto e «gèa» = terra.

(³⁸) *Fotolisi*. (gr) «fòs-fotòs» = luce, «lìsis» = scioglimento.

(³⁹) *Ameboidi* = a forma di ameba, (gr) «amoibé» = mutevole. Le amebe sono Protozoi unicellulari provvisti di membrana sottile e deformabile.

(⁴⁰) *Mutazioni*: Variazioni morfologiche e/o fisiologiche dei caratteri specifici, che possono presentarsi in un individuo e che diventano ereditarie.

(⁴¹) *Batteri*. (gr) «baktèrion» = bastoncino; per la forma di molte specie di questi microrganismi.

(⁴²) *Autotrofo*. (gr) «autòs» = se stesso e «trofòs» = che (si) nutre. *Litotrofo*, da «lìzòs» = pietra, minerale.

(⁴³) I radicali *alchilici* sono gruppi derivati dagli idrocarburi dalla serie alifatica (o paraffinica), per sostituzione di uno o più atomi di idrogeno. Ad es. dal *metano*, CH₄ si ha il *metile*, -CH₃; l'*etilè*, CH₃-CH₂-, ecc.

Vanno quindi a legarsi in catene aperte, a differenza di quelli della serie aromatica che sono ciclici (disposti in esagoni, o pentagoni a 6, o 5 atomi di Carbonio).

(⁴⁴) Il tasso di Anidride carbonica è molto variabile, sia in quanto tende a ammassarsi negli strati inferiori, sia in relazione alla distanza dalle fonti di produzione antropica (industrie, motorizzazione ecc.) e naturale (vulcani et similia), attività respiratoria animale e batterica; si noti che nei primi 10

cm sopra un buon terreno forestale il tasso di CO₂ può arrivare allo 0,800%!

Va anche ridimensionato l'effetto serra: un aumento del tasso di Anidride provoca sì un riscaldamento superficiale, ma anche una maggiore nuvolosità e quindi maggiori precipitazioni, che portano a riabbassare la temperatura, ad aumentare l'attività fotosintetica e con ciò il consumo di Anidride e la produzione di Ossigeno.

BIBLIOGRAFIA

- Aichele D., Schwegler H.W.: *Unsere Moos- und Farne-pflanzen*, Kosmos, Stuttgart, 1981.
- Aismov A.: *Photosynthesis*, Basic Books, New York, 1968.
- Augier J.: *Flore des Bryophytes*, Lechevalier, Paris, 1968.
- AA.VV.: *Botanica*, Vol. 1, 2, Encicl. delle Scienze, IGDA, Novara, 1982.
- AA.VV.: *Mineralogia, Geologia, Paleontologia*, Vol. IX, X, Enciclop. Motta, IGDA, Novara, 1964.
- Bibbia, La Sacra: *Genesis I*.
- Briot P.: *Formations végétales du globe*, Sedes, Paris, 1965.
- Copeland E.B.: *Genera Filicium*, Chronica Botanica CO, U.S.A
- Darrah W.: *Principles of paleobotany*, Ronald Press Co., New York, 1960.
- Desikachary V.: *Cyanophyta*, New Delhi, 1959.
- Emberger L.: *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux*, Paris, 1944.
- Feruga S.: *Nascita ed evoluzione dell' Universo*, Conferenza al Museo Tirodrentino SC. Natur., Trento, 1993.
- Fogg G.E.: *The Growth of Plants*, Harmondsworth, Middlesex, 1963.
- Gams H.: *Die Moos- und Farnepflanzen*, Fischer, Stuttgart, 1973.
- Gaussen H.: *Le Gymnospermes actuelles et fossiles*, Faculté de Sciences, Tolosa, 1960.
- Gorala F.: *Biologia vegetale sistematica*, UTET Torino, 1978.
- Kozłowski D.G.: *A critical evaluation of the triphitic level concept*, Ecology, New York, 1968.
- I.G.D.A.: *Grande Atlante Geografico*, Novara, 1988.
- Odum E.P.: *Basic Ecology*, CBS, College Publishing, 1983.
- Schmucker T.: *Silvae Orbis*, C.I.S., Berlin, 1942.
- Tonzig S., Marré E.: *Elementi di Botanica*, Ambrosiana, Milano, 1968.
- Vignoli L.: *Biologia delle piante inferiori*, Bologna, 1964.
- Wakefield N.A.: *The Ferns of Victoria and Tasmania*, Field Naturalists' Club of Victoria, 1955.
- Wardlaw C.V.: *Morphogenesis in Plants*, Whetven & CO. London, 1981.
- Whittaker R.H.: *New concepts of kingdoms of organisms*, Scirnsse, U.S.A., 1969.