

**COME SI LEGGE
QUESTO LIBRO**

Questo volume trae il suo fascino dalla vastità della materia che abbraccia. È una storia che inizia in un passato lontanissimo e si spinge, per così dire, nel futuro: dalla nascita dell'Universo, la formazione delle stelle e dei pianeti, alla comparsa delle prime forme di vita sulla Terra, all'Uomo, che ne diviene a poco a poco padrone, preparandosi a proiettarsi nello Spazio.

Il mistero della nascita della vita ha sempre costituito una barriera insormontabile per la conoscenza umana, ma tutta la storia della Terra si perde spesso nel misterioso, e vive di un certo numero di ipotesi che la scienza cerca a poco a poco di verificare. Attraverso i milioni di anni che sono trascorsi dalla sua formazione, la Terra ha assunto molteplici aspetti: durante il corso delle ere si è popolata di piante, di animali spesso mostruosi, e ha visto cambiare il suo paesaggio un numero infinito di volte. Mari, continenti, montagne che si formano e spariscono per effetto di glaciazioni e sconvolgimenti di varia natura: una storia piena di colpi di scena che l'Uomo sta cercando di leggere attraverso le stratificazioni delle rocce, attraverso i fossili, attraverso lo studio attento di quanto oggi vede attorno a sé.

Una storia ancora piena di molti interrogativi, cui tentano di dare una risposta l'astronomo, il geologo, il biologo e gli studiosi di varie altre scienze. Il libro vive tutto nell'enorme curiosità che sa suscitare, nel fascino di questi problemi e nella loro particolare esposizione. Si può leggere infatti in modi diversi: unicamente nel suo testo narrativo, oppure affrontando anche i dati più strettamente scientifici delle colonnine in corsivo, oppure affidandosi alle illustrazioni, che costituiscono da sole una sequenza quanto mai suggestiva.



SPAZIO SENZA CONFINI



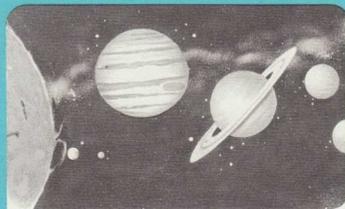
*Viaggio nello spazio
Le imprevedibili
stelle* (p. 8)
(p. 10)



*Il nostro padre Sole
I nostri vicini* (p. 14)
(p. 16)



*Marte, il pianeta
più vicino
Il nostro satellite* (p. 18)
(p. 20)



QUESTO GRANELLO DI POLVERE



*L'età dell'universo
L'intima struttura
della Terra* (p. 24)
(p. 26)



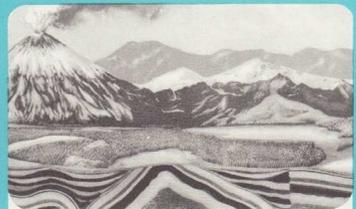
*Come la Terra
si rinnova
Così, in parte, la
culla delle montagne* (p. 28)
(p. 30)



*I vulcani
I vulcani scomparsi* (p. 32)
(p. 34)



I terremoti (p. 36)



L'EVOLUZIONE DELLA TERRA



*La Terra scrive
la sua storia
L'origine della vita* (p. 40)
(p. 44)



*L'Era Arcaica
Cambriano: la vita
nei mari* (p. 48)
(p. 50)



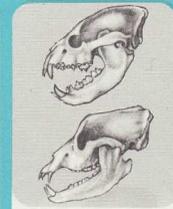
*Silurico: i primi
Vertebrati
Devonico: compaiono
gli Anfibi* (p. 52)
(p. 56)



*Carbonico: i primi
Rettili
Permiano: i Rettili
conquistano la Terra* (p. 58)
(p. 62)



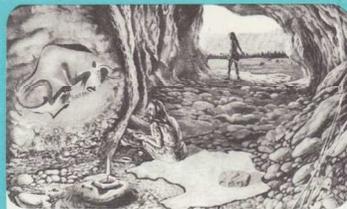
*Triassico: le grandi
barriere coralline
Giurassico:
i Dinosauri* (p. 64)
(p. 66)



*Cretacico: la Terra
si copre di fiori
Paleogene: nascono
le Alpi* (p. 68)
(p. 72)



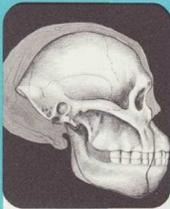
*Neogene: l'espansione
dei Mammiferi* (p. 76)



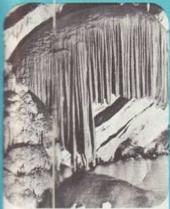
COMPARE L'UOMO



*L'Era Antropozoica
I giganteschi cicliopi* (p. 80)
(p. 84)



*La storia dell'Uomo
L'Uomo e i
continenti* (p. 86)
(p. 88)



*L'esplorazione delle
caverne
L'Uomo e i deserti* (p. 90)
(p. 92)



*L'importanza dei
ghiacciai
La ricerca
Le isole di corallo* (p. 94)
(p. 96)



*Anche l'Uomo
si evolve
La ricerca
dei minerali
Il minerale
più prezioso* (p. 100)
(p. 102)
(p. 104)



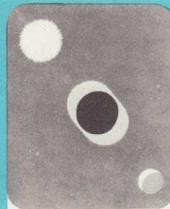
*I geologi
L'Uomo e le acque* (p. 106)
(p. 108)



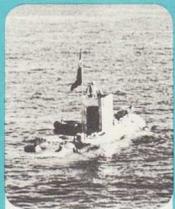
L'IMMENSO OCEANO MARINO



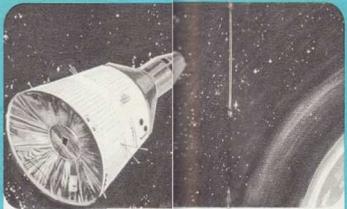
*Questo miracolo
che è il mare* (p. 112)



Le maree (p. 116)



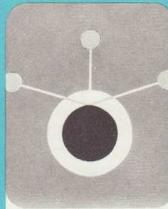
*Le ricchezze del
mare* (p. 118)



L'OCEANO D'ARIA



*L'atmosfera invisibile
oceano
Come è nata
l'atmosfera* (p. 124)
(p. 126)



*Gli strati
dell'atmosfera
Come l'aria si
trasforma* (p. 128)
(p. 130)



*L'Uomo e i venti
Come nascono le
nubi* (p. 132)
(p. 134)



*Perché piove
Le grandi variazioni
climatiche* (p. 136)
(p. 138)



*Il futuro della Terra
e dell'Uomo* (p. 140)



SPAZIO SENZA CONFINI

La cupola celeste che, nelle notti serene, offre ai nostri occhi la visione di miriadi di stelle, è in continua evoluzione. Gli astri, immense fornaci dove si accumulano e disperdono enormi quantità di energie, mutano continuamente, trasformando il volto dell'Universo.

Nello stadio attuale, il

Cosmo è dominato dai grandi ammassi stellari delle Galassie, nubi cosmiche per lo più spirali e di forma lenticolare, di una delle quali fa parte anche il nostro sistema solare.

La Via Lattea, che con il suo immenso braccio riempie il firmamento, è la Galassia, lentamente ruotan-

te su se stessa, della quale il Sole è uno dei numerosissimi astri.

Nella stupefacente prospettiva del Cosmo, la nostra Galassia non è che il membro di una delle grandi unità dell'Universo, denominata Gruppo Locale. Il Gruppo Locale, costituito da 17 o più ammassi stellari (tra i quali Andro-

meda, la Piccola Nube di Magellano, la Grande Nube di Magellano) ha il diametro di 3 milioni di anni luce.

Ciò significa che per attraversare il Gruppo Locale gli astronauti che viaggiasero alla stessa velocità della luce, dovrebbero compiere un viaggio di 3 milioni d'anni.

Al polo opposto del Gruppo Locale, troviamo la Nebulosa di Andromeda, circondata da una corte di ammassi globulari di stelle, simili a quelli dei quali si adorna la Via Lattea. Una cosa senza dubbio stupefacente è che l'immagine che si raccoglie sulle fotografie ottenute con i migliori strumenti ottici di

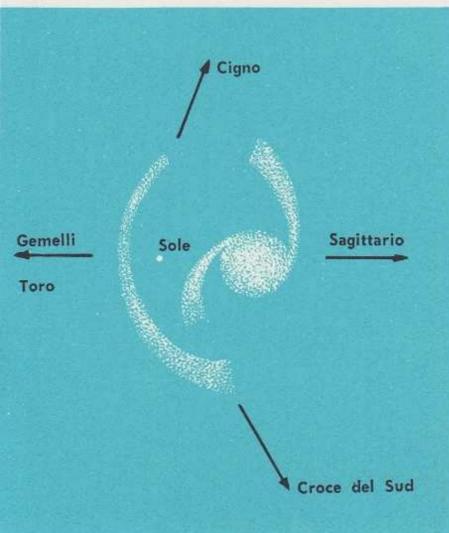
cui disponiamo, non è quella dell'aspetto attuale delle stelle. Di Andromeda otteniamo immagini di quello che era quando l'uomo non era ancora apparso sulla faccia della Terra, e di molte altre Galassie, otteniamo la visione di quello che erano milioni di anni or sono.

Insieme con le Galassie,

appaiono nei nostri telescopi gli ammassi globulari che sono concentrazioni di milioni di stelle, in forma sferoidale, e le nubi cosmiche. Queste nubi, che vagano nello spazio ricoprendo dei loro veli la luce delle stelle, hanno una densità estremamente bassa. Il materiale cosmico di cui sono composte, ha una

densità di circa 500 atomi in un litro d'aria, densità ottenibile solo con strumenti molto perfezionati. Da una di queste nubi si ritiene che possano avere origine sistemi di stelle; forse anche lo stesso sistema solare può essere nato dalla concentrazione di questa finissima nebbia cosmica.

Viaggio nello spazio



Probabile forma e dimensioni della Via Lattea, vista di profilo e vista di fronte, con la posizione del Sole e degli ammassi globulari. Nelle braccia delle spirali si trovano, nelle direzioni segnate, le varie costellazioni.

Le prossime generazioni sono destinate a intraprendere la conquista degli spazi: come gli antichi navigatori, gli astronauti esploreranno il Cosmo segnando sulle loro carte la posizione, la natura e le caratteristiche dei mondi che visiteranno, e verrà scritto così un nuovo libro: la « geografia » dell'Universo.

Certo, una carta degli spazi esiste già, ma non è molto particolareggiata: conosciamo abbastanza bene quello che è possibile sapere stando rinchiusi nel ristretto sistema solare. Siamo anzi abituati a pensare che l'Universo mantenga immutati i propri confini, che le stelle siano immobili, che ogni punto luminoso della volta celeste sia astro. Nessuna di queste affermazioni è vera, come non è vera l'affermazione che la Via Lattea sia un'immensa striscia trapunta di stelle che attraversa da un capo all'altro l'Universo.

Il « navigatore » proveniente dagli spazi vedrà con un solo sguardo quello che ora solo la mente degli scienziati può figurarsi con esattezza: una « nebbia » luminosa, costituita dall'addensarsi di miriadi di stelle, di forma all'incirca lenticolare, con tante braccia che la rendono simile a una girandola; questa è la Via Lattea, la « nebulosa » di cui fa parte il sistema solare. Per ora, dobbiamo solo immaginare quale forma abbia la nostra nebulosa; essa ha però una sorella gemella, che possiamo osservare nel cielo sereno e che a tutta prima scambieremo per una stella: la nebulosa di Andromeda. Ingrandita dai potenti telescopi, essa ci appare in tutto simile alla Via Lattea, quale la vedrebbe un navigante dello spazio. Nel compilare la carta del Cosmo, gli astronomi si sono resi conto che, accanto alla Via Lattea (la Galassia) e ad Andromeda, altre cinque nebulose compiono un interminabile viaggio verso le infinite profondità dell'Universo. La Galassia e le sue sei compagne costituiscono un sistema (il Gruppo Locale) separato da milioni di chilometri da analoghi gruppi.

La cosa più interessante è che ognuno di questi sistemi di nebulose è in movimento: mentre ognuna di queste immense « isole » (le nebulose) è in perenne rotazione su se stessa, il sistema di cui fa parte si sposta a velocità vertiginosa: le nebulose si allontanano le une dalle altre in una fuga che dura da 40 miliardi di anni, da quando cioè è nato l'Universo. Il navigante proveniente dagli spazi, in procinto di entrare nella Via Lattea, dovrà badare a questi movimenti, in apparenza lentissimi, ma capaci di falsare la sua rotta; ma dovrà badare soprattutto a quelle immense concentrazioni di energia cosmica che sono gli ammassi globulari. Si tratta di globi luminosissimi, costituiti dall'addensamento di miliardi di stelle in uno spazio molte volte più ristretto di quello occupato dalla Via Lattea; essi si trovano in una posizione periferica rispetto alle nebulose, che accompagnano come veri e propri satelliti.

Per quanto sia un problema che si affaccerà solo quando verrà intrapresa l'esplorazione della Via Lattea, possiamo capire fin d'ora la necessità, per le astronavi che si avventureranno tra questi straordinari ammassi di stelle, di conoscere le forze che così strettamente tengono avvinti gli astri che li compongono.

Tutti noi conosciamo gli episodi della fantastica avventura del Kon Tiki, la zattera che, alla deriva nell'Oceano Pacifico, lo ha attraversato trascinato da

una corrente marina. Una sorte identica potrebbe accadere ai navigatori dello spazio, qualora cadessero in preda alle misteriose forze che regolano l'armonia degli astri: vortici invisibili, flussi di energia nel vuoto quasi assoluto, enormi forze di attrazione che si sprigionano dagli ammassi di stelle, capaci di vincere quelle di qualsiasi motore costruito dagli uomini.

Di queste « correnti » bisognerà avere una mappa dettagliata prima di intraprendere l'esplorazione dell'Universo. Per ora, possiamo solo immaginare la loro potenza. Basti pensare che il Sole, cioè una stella di media grandezza, ha una forza di attrazione di oltre 330.000 volte superiore a quella della Terra. Quando una nave spaziale passa nelle vicinanze di un corpo celeste, la sua rotta viene deviata dalla forza di attrazione dell'astro: quanto maggiore è il peso dell'astro, tanto maggiore è la sua forza di attrazione. Esistono stelle, come la rosseggiante Antares, che hanno un diametro di centinaia di volte più grande di quello del Sole; è facile immaginare quale forza esse siano in grado di sprigionare.

Non è piacevole passare accanto a un astro di questo genere: i corpi che passano nelle loro vicinanze e vi sono attratti, bruciano assai prima di raggiungere la loro superficie. Meno gradevole ancora è cadere sulla superficie di una stella, dove le temperature sono sempre di molte migliaia di gradi: nella migliore delle ipotesi ci si troverebbe coinvolti in una esplosione nucleare!

Il fatto è che la bomba all'idrogeno (la bomba H) è già stata inventata in natura da quando nacque la prima stella, ed è stata introdotta nei luoghi nei quali viviamo, da oltre 5 miliardi di anni, da quando cioè si è formato il sistema solare. Infatti le stelle sono altrettante « fornaci nucleari »: in esse avviene di continuo la reazione delle bombe all'idrogeno, cioè la trasformazione dell'idrogeno in elio: per questo la superficie del Sole è in continuo ribollimento!

La nebulosa di Andromeda è una galassia visibile anche a occhio nudo e appare nella forma di una ellissi allungata.

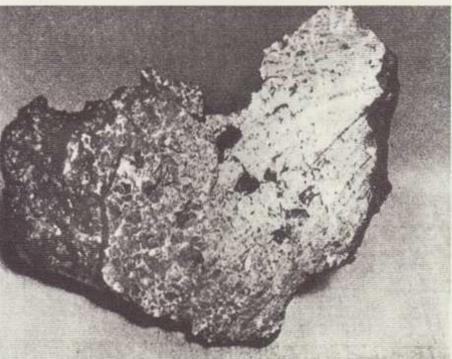


Le imprevedibili stelle



Nella foto un ammasso gassoso nel cielo della costellazione del Cigno passa dietro la stella che è nel centro.

I meteoriti sono frammenti di corpi celesti che, entrando nella nostra atmosfera, si incendiano e bruciano scaldandosi per attrito con i gas rarefatti e via via più densi.



Ogni volta che, alzando gli occhi al cielo, guardiamo le stelle, noi spingiamo il nostro sguardo nel passato, perché quel che vediamo è ciò che le stelle erano decine o centinaia o migliaia di anni fa.

La luce di una delle stelle più vicine, la Proxima Centauri, impiega più di quattro anni per giungere fino a noi. La luce di altre stelle impiega molto più tempo: quella di Altair, 16 anni, quella di Vega, 26 anni; quella di Deneb, 1.500 anni; e ci sono stelle la cui luce impiega migliaia e migliaia di anni per giungere fino a noi.

Questo fatto, il fatto di vedere « ciò che era nel passato » e di non poter vedere ciò che è ora, è la cosa che colpisce maggiormente chi, per la prima volta, si accosta al meraviglioso mondo delle stelle.

Anche guardando il cielo ad occhio nudo, si può notare che non tutte le stelle sono uguali: ce ne sono di grandi e di piccole, di brillanti e di opache, di rosse e di azzurre e di bianche. Queste diversità di colori corrispondono a diversità di temperatura. Si tratta dello stesso fenomeno che si verifica con la spirale d'una semplice « resistenza » di una stufetta elettrica. Riscaldato appena, il filo dell'avvolgimento è rosso; aumentando il calore, il filo diventa arancione, giallo, bianco, azzurro. Così le stelle rosse sono le meno calde (raggiungono, in superficie, circa 3.000 gradi di calore); le gialle hanno, in media, 6.000 gradi di temperatura esterna; le azzurre superano, sempre in superficie, i 50 mila gradi.

Perciò la grande varietà dei colori delle stelle, indica la grande varietà delle loro temperature superficiali. Gli astronomi riescono a determinare la temperatura scomponendo, con apparecchi speciali detti spettroscopi, la luce delle stelle; il colore indica la temperatura.

Ma le stelle non differiscono tra loro solo per il colore e per la temperatura; differiscono anche per la luminosità e la dimensione. Secondo se sono più o meno luminose, le stelle vengono distinte in supergiganti, giganti e nane.

Così nel gruppo delle « stelle azzurre » troviamo le supergiganti, le giganti e le nane. Dalle giganti, che hanno le massime temperature superficiali, si scende verso le stelle meno calde, delle quali fa parte il Sole, che appartiene alle stelle nane (una supergigante è, in media, centomila volte più luminosa del Sole).

Anche nel gruppo delle « stelle rosse » (che abbiamo visto essere le meno calde di tutte, perché la loro temperatura superficiale è di circa 3.000°), troviamo le supergiganti, le giganti e le nane.

La maggiore luminosità (il calore è identico; infatti, essendo stelle rosse, hanno la medesima temperatura) è dovuta alla differenza di dimensioni. Una gigante rossa è più grande di una nana rossa, anche più di un migliaio di volte; risulta perciò più luminosa. Il volume delle giganti e delle supergiganti tanto più grande di quello delle nane è spiegato da una atmosfera estremamente rarefatta. Una gigante rossa è, in media, mille volte più luminosa del Sole.

Molte stelle, poi, ruotano l'una intorno all'altra (stelle binarie), sotto l'azione della reciproca attrazione gravitazionale. Esistono, oltre alle stelle binarie, anche raggruppamenti multipli, di tre, quattro e più stelle che ruotano attorno ad un

centro. Di stelle doppie e multiple ne esistono in gran numero e in grande varietà di forma. Il periodo di rivoluzione di queste stelle attorno al « centro » del loro sistema può variare da poche ore a qualcosa come dieci milioni di anni. Per comprendere la grandezza di questi sistemi pensiamo che Plutone, il pianeta più lontano del nostro sistema, impiega, per girare attorno al Sole, solo 249 anni.

Spingersi al di fuori del nostro sistema appare, oggi, realmente impossibile. Raggiungere un sistema planetario di un'altra stella è infatti un'impresa che richiederebbe molte generazioni di astronauti, che si avvicendino su una sola nave spaziale. Basti pensare che un'astronave che viaggiasse a un centomillesimo della velocità della luce (cioè 10.800 km/ora), impiegherebbe 400.000 anni per arrivare ad Alfa Centauri. Questa distanza è però ancora molto ridotta rispetto al viaggio che si dovrebbe compiere per attraversare da un capo all'altro la Via Lattea, la Galassia in cui è compreso il sistema solare: si impiegherebbero 80.000 anni, pur viaggiando alla massima velocità che si possa concepire nell'universo, quella della luce.

I calcoli che gli astronauti dovranno affrontare nel corso dei loro lunghissimi viaggi, saranno senza dubbio complicati dalla lenta rotazione che le Galassie compiono intorno a un asse, come i pianeti ed alcuni satelliti. Le Galassie, e tra esse è compresa la nostra, non sono immobili nello spazio, ma si spostano le une rispetto alle altre, sospinte da una forza misteriosa: immensi problemi da risolvere, enigmi che forse mai troveranno la loro risposta, attendono chi si accinge a studiare le leggi dell'armonia dell'universo, della composizione e del comportamento delle stelle.

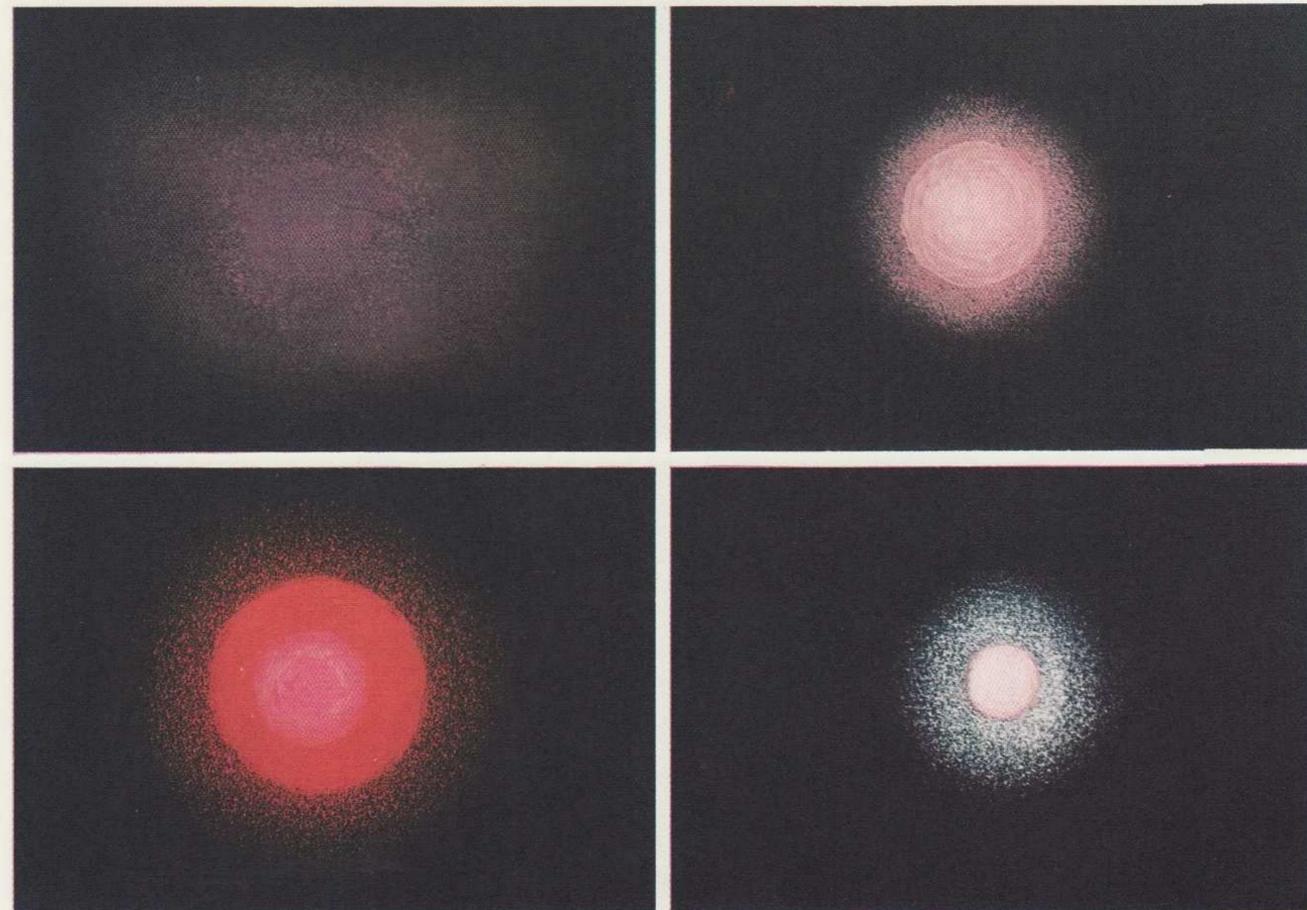
Di una sola di esse conosciamo molto, perché è molto vicina a noi: il Sole.

La distanza Terra-Sole è di 150.000.000 di Km: distanza ancora piccola se si pensa a quelle enormi tra la Terra e le altre stelle.

Per facilitare il loro lavoro gli astronomi hanno adottato un nuovo tipo di unità di lunghezza: l'anno-luce, che corrisponde alla distanza percorsa in un anno dalla luce.

La luce percorre ogni secondo 300.000 chilometri. Poiché in un anno vi sono 31 milioni e mezzo di secondi, in un anno la luce percorre circa 9.450 miliardi di chilometri.

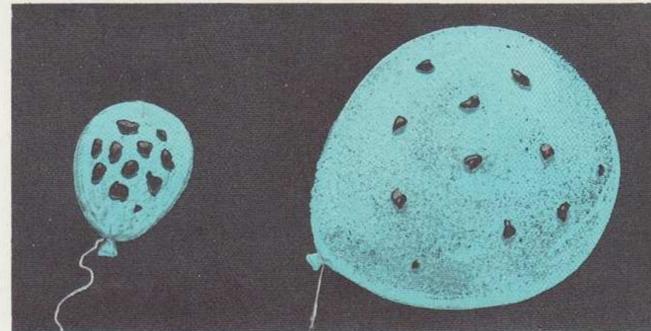
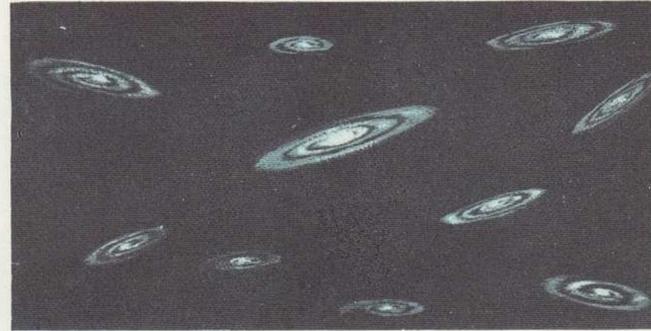
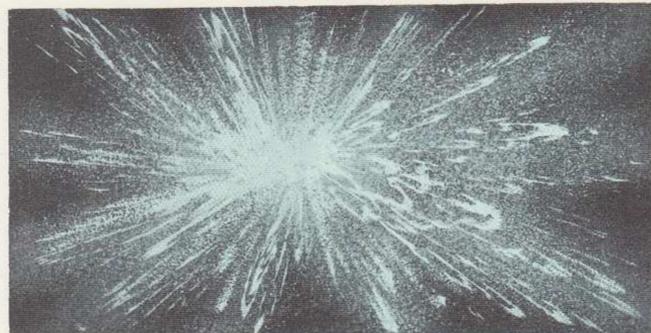
La sequenza dei disegni qui sotto illustra la nascita, la vita e la morte di una stella. Secondo una delle teorie più attendibili la stella nasce da una informe nuvola gassosa, che si contrae e diventa sferica (come ad esempio vediamo oggi il Sole), ingigantisce ancora diventando di colore rosso e infine si contrae trasformandosi in una nana bianca.



Per migliaia di anni gli astronomi hanno studiato soltanto il Sistema Solare. L'astronomo a cui va il merito d'aver fatto fare passi giganteschi all'osservazione dell'Universo è Edwin Hubble, dell'Osservatorio del Monte Wilson negli Stati Uniti. Questi movimenti delle galassie sono regolati da una legge precisa: ogni galassia sembra allontanarsi dal nostro sistema solare a una velocità proporzionale alla sua distanza. Ciò vuol dire che più la distanza della galassia è grande, più forte è la velocità con cui si allontana.

In base a questa osservazione l'Universo sembra espandersi in tutte le direzioni. La prova di questa « fuga » delle galassie è data agli astronomi dall'analisi della luce che le galassie emettono; naturalmente il fenomeno dell'espansione dell'Universo ha fatto nascere molte teorie per spiegarlo. Due di queste teorie hanno meritato particolare attenzione: la prima, nota come teoria dell'Universo in evoluzione, è stata elaborata dall'abate belga Lemaitre; la seconda, nota come teoria dell'Universo stazionario, è stata elaborata da un gruppo di cosmologi britannici.

Un dubbio a questo punto si può affacciare alla nostra mente, considerando la teoria dell'esplosione: noi ammettiamo che una gigantesca forza abbia scagliato lontano dal centro dell'Universo le Galassie, come un lanciatore che abbia scagliato verso l'alto un sasso. Noi però sappiamo che esiste ed è valida in tutto l'Universo la legge di gravità: chi ci può impedire di pensare che questa legge non sia valida anche per le Galassie, e che anch'esse, come il sasso lanciato in aria, non siano destinate un giorno a ricadere verso il punto dal quale la misteriosa forza le ha scagliate nello spazio? Se questo « centro di gravità » esistesse nell'Universo, e la velocità di fuga delle Galassie non fosse sufficientemente alta per vincere la gravità, l'Universo tornerebbe, tra decine di miliardi di anni, a ricondensarsi.



Universo in espansione

1. - Secondo Lemaitre, 40 miliardi di anni fa l'Universo era condensato in una sola massa informe, rotante. Nel corso di questo movimento, la materia si riscalda: la massa esplose.

2. - In seguito all'esplosione, i gas si raffreddano, e la materia forma grandi nubi, anch'esse dotate di moto rotatorio intorno a se stesse, che da incandescenti si condensano sempre più.

3. - Le nubi si raffreddano e danno luogo alle Galassie, cioè ammassi di materia cosmica costituiti da miliardi di astri, da ammassi globulari e da nubi cosmiche.

4. - Dopo miliardi di anni, gli effetti della esplosione iniziale sono ancora sensibili: le Galassie continuano ad allontanarsi a velocità vertiginosa dal punto in cui era condensata la materia.

5. - Questa è la situazione attuale: l'Universo è in continua espansione, e le Galassie, come pezzetti di cera sulla superficie di un palloncino che continuamente si gonfia, si allontanano dal centro.



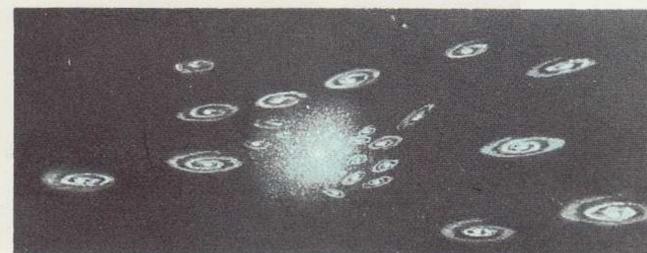
1. - La teoria dell'Universo stazionario è in netto contrasto con la teoria dell'Universo in evoluzione. Per farci un'idea di questa teoria, immaginiamo che a un certo momento nello spazio ci siano 5 galassie che si allontanano l'una dall'altra.



2. - L'allontanamento delle galassie lascerebbe la regione spopolata man mano che l'Universo si espande, così in quello stesso punto dello spazio preso in esame ci sarebbero sempre meno galassie, fino ad averne due, una, nulla.



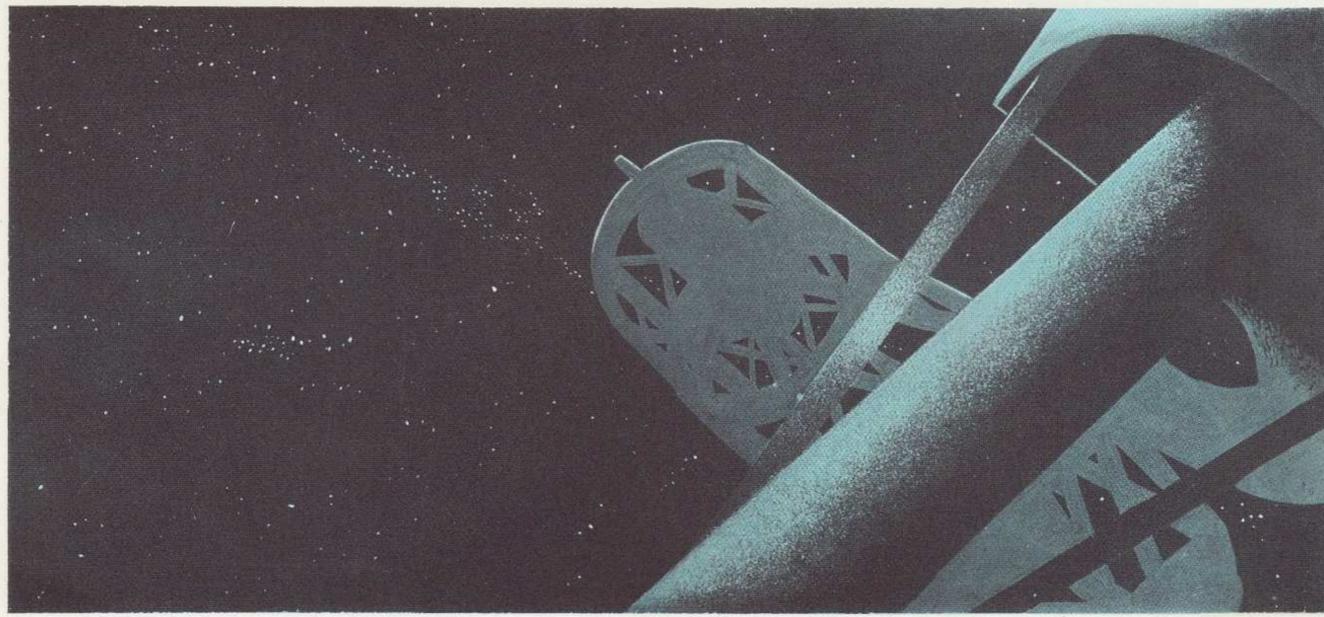
3. - Ma se la teoria dell'Universo stazionario fosse esatta, nello stesso punto occupato prima dalle 5 galassie, si formerebbero nuove galassie, che prenderebbero il posto delle vecchie che si sono allontanate. Ne avremo perciò 5 nuove.



4. - Se ciò fosse esatto nulla cambierebbe nel complesso. Una galassia invecchia, e si allontana; nello spazio rimasto si forma una nuova galassia. La creazione continua di nuova materia mantiene l'Universo a densità costante malgrado l'espansione.

Naturalmente ci sono prove per sostenere e l'una e l'altra teoria; nessuna però concludente. Gli astronomi sono al lavoro proprio per ottenere, con nuove osservazioni e ricerche, prove definitive che chiariscano quali sono le leggi che governano l'Universo. Queste ricerche si spingono fino a quei confini del-

l'Universo che possiamo raggiungere oggi con i più potenti strumenti ideati dall'uomo. Ma più avanti? Si ha la sensazione che l'Universo sia infinito, e la mente umana sosta pensosa davanti al grande mistero di questa armonica, divina Creazione.



Il nostro padre Sole



La corona solare (che si può osservare e fotografare durante le eclissi) è costituita da una fascia di gas rarefatti, che avvolge il Sole come una splendida aureola bianco-argentea. Le enormi vampate, provocate da reazioni intensissime sulla superficie solare (le cosiddette eruzioni solari) possono ripercuotersi rapidamente, anche se in forma limitata, sulla nostra atmosfera.

Questa stella di media grandezza, del tutto trascurabile nell'immensità delle innumerevoli galassie, è per noi il più importante dei corpi celesti. Senza il Sole, la Terra diverrebbe « una pallina di ghiaccio alla deriva in un mare di buio eterno ».

Eppure, il Sole si trova ben distante da noi (circa 150 milioni di chilometri) e sparge su di noi appena una frazione della sua energia. Fortunatamente, però. Basterebbe essere un po' più vicini ad esso, e la vita diverrebbe impossibile. Basterebbe che giungesse un po' più della sua energia, per distruggere ogni forma vivente. Se sulla Terra ci fosse un pezzetto di Sole, un pezzetto grosso quanto un pugno, esso irradierebbe tanto calore da distruggere ogni cosa nel raggio di 1.500 chilometri. Infatti, il Sole — come le altre stelle — è una sfera di materia incandescente. La temperatura dei suoi strati esterni è *soltanto* di 6.000 gradi; non meravigliatevi di quel « soltanto »; pensate che l'acciaio fonde a 1.400 gradi. Il soltanto è riferito in paragone della mostruosa temperatura dell'interno, che tocca e supera i 15 milioni di gradi. Da che cosa è prodotta questa elevata temperatura, e di conseguenza il calore e la luce, che il Sole irradia da miliardi di anni?

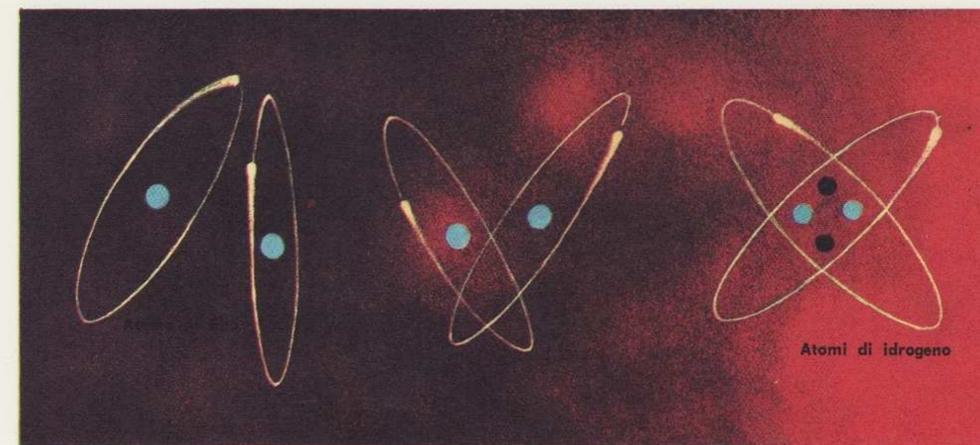
Il Sole emette, ogni secondo, la quantità di calore che si svilupperebbe dalla combustione completa di circa 10 milioni di miliardi di tonnellate di carbon fossile. Ma il Sole non brucia. Infatti, una massa che avesse il volume del Sole, bruciando, si sarebbe consumata completamente in circa 2.000 anni.

Il Sole è una gigantesca fornace atomica. Una incessante reazione nucleare, che trasforma l'idrogeno in elio, lo rifornisce di energia. Si è calcolato che questo processo può durare per oltre 100 miliardi di anni.

Quegli eterni curiosi che sono gli astronomi hanno voluto avvicinarsi sempre più al Sole. Con speciali apparecchi ottici, hanno visto che la superficie del Sole sembra un mare in burrasca, agitata com'è continuamente da movimenti vorticosi e turbinosi. Vi si distinguono granuli luminosissimi, detti *chicchi di riso*, zone particolarmente splendide dette *facole* e zone scure variabili per grandezza, forma e posizione: le *macchie solari*. Fotografie del Sole, ottenute con un telescopio attaccato ad un pallone gonfiato con elio, all'altezza di 26 chilometri, hanno mostrato che i *chicchi di riso* sono grani dalla forma di poligoni irregolari di varia grandezza: alcuni misurano 300 chilometri di diametro, altri raggiungono i 1.600 chilometri.

Le macchie solari compaiono spesso in gruppi, sempre nelle zone equatoriali e medie del Sole, mai nelle zone polari. Sembra che la violenza delle macchie aumenti e diminuisca con un ciclo regolare, che tocca il suo massimo ogni 11 anni.

Altro aspetto importante dell'attività solare sono i *brillamenti* (*flares* per gli inglesi). Generalmente questi si formano nelle zone perturbate delle macchie. Sono delle violente eruzioni e rappresentano la più spettacolare manifestazione dell'attività solare, dissipando una quantità di energia paragonabile all'esplosione di milioni di bombe all'idrogeno. Questi brillamenti procurano perturbazioni notevoli nel campo magnetico terrestre e sulle trasmissioni ad onde corte.



Atomi di idrogeno

Come è fatto il sole

La superficie del Sole, fotosfera, è in continuo ribollimento. Su questa superficie appaiono delle macchie oscure, le macchie solari, che spesso si estendono per milioni di Km². Queste macchie compaiono a intervalli apparentemente irregolari, e sembrano ruotare unitamente alla superficie dell'astro. In realtà il ciclo che regola l'apparizione delle macchie solari si rinnova ogni undici anni, e ad esso sono connessi molti fenomeni elettromagnetici dell'alta atmosfera terrestre. Le protuberanze solari (enormi fiammate di idrogeno e di elio) giungono ad altezze pari a molte volte il raggio della Terra (qualcuna ha raggiunto gli 800 mila Km), si incurvano, si torcono, si spezzano in movimenti così impetuosi da raggiungere la velocità di qualche migliaio di Km al secondo (un proiettile velocissimo ha una velocità di circa 1.000 metri al secondo). Il raggio del Sole è di 697 mila chilometri; 109 volte quello terrestre.

La massa del Sole è 333.000 volte maggiore di quella della Terra (essa è di circa due miliardi di miliardi di tonnellate). Se si potesse porre il Sole su un piatto di una bilancia, bisognerebbe porre sull'altro piatto ben 333.000 Terre per mantenere i piatti in equilibrio.

La distanza della Terra dal Sole è di 152 milioni di chilometri a luglio e di 147 milioni di chilometri a gennaio.

La luce del Sole (ricordate che la luce viaggia a 300.000 Km al secondo) impiega 8 minuti per raggiungere la Terra.

Nella figura in basso sono riprodotte schematicamente tre fasi della reazione che dall'idrogeno porta alla formazione dell'elio.

I nostri vicini

Mercurio, Venere e Marte sono i pianeti del sistema solare che occupano la posizione a noi piú vicina: sono i nostri veri vicini.

Piú distanti seguono i pianeti piú grandi: Giove, Saturno, Urano, Nettuno e Plutone.

Gli antichi Greci, che pure riassumevano tutte le conoscenze di una civiltà antichissima, e si valevano del grande impulso all'Astronomia che avevano fornito gli studi dei popoli della Mesopotamia per oltre 2.000 anni, conoscevano pochi pianeti.

Fino alle osservazioni compiute dagli astronomi del Rinascimento, erano noti solamente Venere, la Luna e Marte. In effetti, Mercurio ad esempio è uno dei pianeti piú difficili da individuare, proprio per la sua posizione di estrema vicinanza al disco solare e perché la sua orbita quasi coincide con quella della Terra. È quindi visibile solo all'alba e al tramonto (al massimo per due ore dopo il calare e due ore prima del sorgere del Sole). Poiché, nel corso della sua rivoluzione, esso mostra sempre la stessa faccia al Sole, questo pianeta ha una temperatura altissima sulla faccia esposta alle radiazioni, e una temperatura molto bassa, certamente prossima a -273°C , sulla parte non illuminata.

Per mezzo delle misurazioni effettuate osservando la superficie dell'emisfero volto verso il Sole, si è potuto concludere che la temperatura si avvicina ai 400° , temperatura sufficiente perché alcuni metalli vi si trovino allo stato di fusione. Le rocce di cui è costituito il pianeta, gli conferiscono una densità molto elevata (6,1), il che fa pensare che il nucleo di Mercurio sia costituito da Ferro e Nichel, come quello della Terra. Le condizioni di vita sulla superficie di Mercurio sono certamente tali da rendere impossibile l'esistenza di qualsiasi essere, sia per le temperature estreme, sia per la mancanza di atmosfera, che si può considerare pressoché assoluta. Mentre infatti sull'emisfero illuminato si riscontra solo talora una leggera nebbia, di natura incerta, su quello piú freddo, i gas vi sono certamente tutti solidificati.

Il pianeta che, per le sue dimensioni, è piú simile alla Terra, è Venere. Si sa con precisione che gira attorno al Sole in meno di 225 giorni, ma, poiché è completamente avvolto da una densa cortina di nubi, non si è potuto stabilire con esattezza in quanto tempo ruoti su se stesso: alcuni ritengono che impieghi circa 14 giorni, altri circa 250 giorni. Se questo risultato venisse confermato le possibilità di vita su Venere verrebbero ridotte di molto. Nuove informazioni si sono avute per mezzo del « Mariner II », la sonda spaziale lanciata dagli Stati Uniti il 27 agosto 1962, che passò in vicinanza di Venere il 14 dicembre dello stesso anno. Gli strumenti del « Mariner II » hanno svelato che su Venere non ci sono campi magnetici (forse per la sua lenta rotazione), che la temperatura media è di 425°C e che, sulla superficie, non ci sono tracce di acqua.

Di Marte parleremo piú ampiamente in un prossimo capitolo; proseguiamo nella nostra rassegna esaminando Giove, il « Golia » dei pianeti. Giove, come Saturno, Urano e Nettuno, pur essendo costituito dagli stessi elementi, è fondamentalmente diverso dai pianeti solidi. L'atmosfera che lo circonda è composta

di grandi quantità di ammoniaca e di metano. La temperatura, misurata per mezzo delle radio-onde, è di 130°C sotto zero negli strati piú alti dell'atmosfera, ma sale a qualche migliaio di gradi sopra lo zero, verso gli strati piú interni.

Non deve esistere, su Giove, vapore acqueo, né anidride carbonica, né azoto.

L'atmosfera del pianeta è perturbata da venti, precipitazioni, fenomeni elettro-magnetici e probabili eruzioni vulcaniche. Che questi fenomeni avvengano, è provato dalle radio-onde che Giove emette e che sono state ricevute sulla Terra. Sembra inoltre che Giove abbia un campo magnetico e che le sorgenti delle scariche ruotino insieme alla superficie di un corpo solido; ma che cosa sia questo corpo — se il nucleo del pianeta o altro — non siamo ancora riusciti a scoprirlo. La particolarità piú notevole della superficie di Giove è una misteriosa macchia rossa, che ruota con un periodo diverso da quello dei gas che la circondano. Anzi, questi sembrano ostacolati, nel loro procedere, dalla presenza della macchia, e le girano attorno.

Giove ha dodici satelliti; otto sono grosse meteoriti (o almeno così pare); quattro hanno dimensioni paragonabili a quelle della nostra Luna, alla quale rassomigliano anche come costituzione.

Questi quattro satelliti girano attorno a Giove secondo uno schema che varia di ora in ora; la rivoluzione dei satelliti di Giove è uno dei piú interessanti fenomeni del sistema planetario.

Saturno, che dista ben 700 milioni di chilometri da Giove e 1.450 milioni di chilometri dal Sole, è il piú originale fra tutti i pianeti, unico, forse, nell'intero Universo. È 95 volte piú grande della Terra ed è circondato da un sistema di anelli, costituiti da frammenti di ogni grandezza, sparsi su una sottile zona, che è spesso solo circa 20 chilometri. Questi anelli girano attorno al pianeta, come qualsiasi satellite. Dalla densità del pianeta, si presume che deve essere gassoso e liquido. La sua atmosfera è molto profonda. Dei suoi 10 satelliti il piú grande è Titano (diametro 6.000 km).

Urano è anch'esso coperto da nubi estese e dense. Ha un colore verdastro, dovuto alla grande quantità di metano che è nell'atmosfera. Impiega 84 anni a compiere il suo giro intorno al Sole. Ha 5 satelliti, che ruotano, come il pianeta, in senso retrogrado.

Nettuno impiega 165 anni per fare un giro completo attorno al Sole. Ha una atmosfera densa di colore verde e due satelliti, uno grande come la Luna, l'altro come un grosso meteorite.

Plutone, il pianeta piú distante dal Sole (impiega 249 anni per fare un giro attorno al Sole), sembra che sia simile, come costituzione, alla Terra.

Giove (in alto) e Saturno (in basso) sono i « pianeti giganti »; hanno temperature sotto lo zero, e nella loro atmosfera dominano l'ammoniaca e il metano. Giove ha 12 satelliti, Saturno 10.

Saturno è un pianeta veramente singolare: esso possiede infatti una triplice fascia concentrica di anelli. Questi anelli sono costituiti da un eccezionale numero di frammenti di materiale solido e polvere cosmica.

Nella foto, la cometa di Halley.

Le comete sono corpi non molto densi, composti da un nucleo, una lega di materiale pesante. Il diametro di questo nucleo varia da uno a 10 Km. Un corpo piccolissimo, dunque, che viaggia nello spazio; un corpo buio, privo di luce propria. Man mano che si avvicina al Sole, la luce solare riscalda i gas gelati, che sono saldamente cementati attorno al nucleo; questi si infiammano, diventano incandescenti e si volatilizzano dando origine alla chioma. La chioma fa... ingrossare la cometa. Ora il suo diametro può raggiungere anche un milione di chilometri. La cometa è diventata visibile. Piú si avvicina al Sole, piú aumenta la pressione che la luce solare esercita sulle particelle dei gas che formano la chioma. Questa pressione — che studi piú recenti attribuiscono non solo alla luce solare, ma anche alle altre attività del Sole (macchie, facole, protuberanze) spinge le particelle nella direzione opposta al Sole: nasce la « coda » della cometa. Perciò, quando una cometa si avvicina al Sole, porta la coda dietro di sé; ma quando se ne allontana, viaggia con la coda davanti.

Marte, il pianeta piú vicino



C'è atmosfera su Marte? E se c'è, com'è composta? Nella foto in basso si può notare che la calotta polare (la piccola zona bianca) è notevolmente piú estesa che nella foto in alto. Questo fa pensare che anche su Marte esista un ciclo di stagioni analogo a quello della Terra.



Marte è il primo pianeta che l'uomo raggiungerà. Per ora si è avvicinata al pianeta rosso solamente la sonda spaziale « Mariner IV », lanciata il 28 novembre 1964 dagli Stati Uniti.

La prima data possibile per un viaggio su Marte sarà il 1971, perché solo in quell'anno Marte sarà piú vicino alla Terra. Nel 1971, infatti, la distanza tra Marte e la Terra sarà di circa 56 milioni di chilometri (la distanza media del « pianeta rosso » dal nostro è di circa 80 milioni di chilometri).

Sarà pronto l'uomo, per questa data, alla grande impresa? E che cosa troverà sul pianeta?

Ecco quel che sappiamo di Marte: è molto piú piccolo della Terra (circa la metà); al telescopio appare come un disco rossastro cosparso di macchie scure e con calotte polari di un bianco abbagliante. Queste calotte sono costituite di acqua in scarsa quantità, sotto forma di cristalli di ghiaccio. Poiché il punto di gelo nell'atmosfera di Marte deve essere a circa 60°C sotto zero, si ritiene che non possa esistere acqua liquida sul pianeta, eccetto forse in minute quantità e sotto speciali condizioni. L'atmosfera è sufficientemente densa, tanto da consentire formazioni di nubi bianche e trasparenti, e di sviluppare tempeste di polvere gialla di tali dimensioni, da far cambiare di colore tutto il pianeta.

Dagli esami effettuati, risulta che la pressione atmosferica raggiunge solo un decimo di quella terrestre. La maggior parte dell'atmosfera deve essere composta di azoto; sono state trovate tracce di anidride carbonica, ma nessuna traccia di ossigeno. Gli astronauti dovranno usare, pertanto, tute speciali per poter sopravvivere. Ma, poiché la forza di gravità su Marte è molto inferiore a quella della Terra, gli uomini non saranno eccessivamente imbarazzati dal peso.

Secondo l'astronomo americano William Sinton, su Marte, nelle zone scure, c'è vita. Le sonde spaziali hanno fornito una risposta negativa. Su Marte non esiste la vita, a meno che non sussistano forme inferiori, quali Batteri, Virus o altri esseri microscopici.

Notizie giornalistiche hanno parlato, negli anni passati, di un'improvvisa fiammata comparsa su Marte. Esplosione atomica? Eruzione vulcanica? O un segnale interplanetario? Nel 1954, sempre secondo informazioni giornalistiche, per diversi mesi, durante ogni pomeriggio marziano si formò una colossale nube a forma di W. Era un segnale o una semplice nube di polvere?

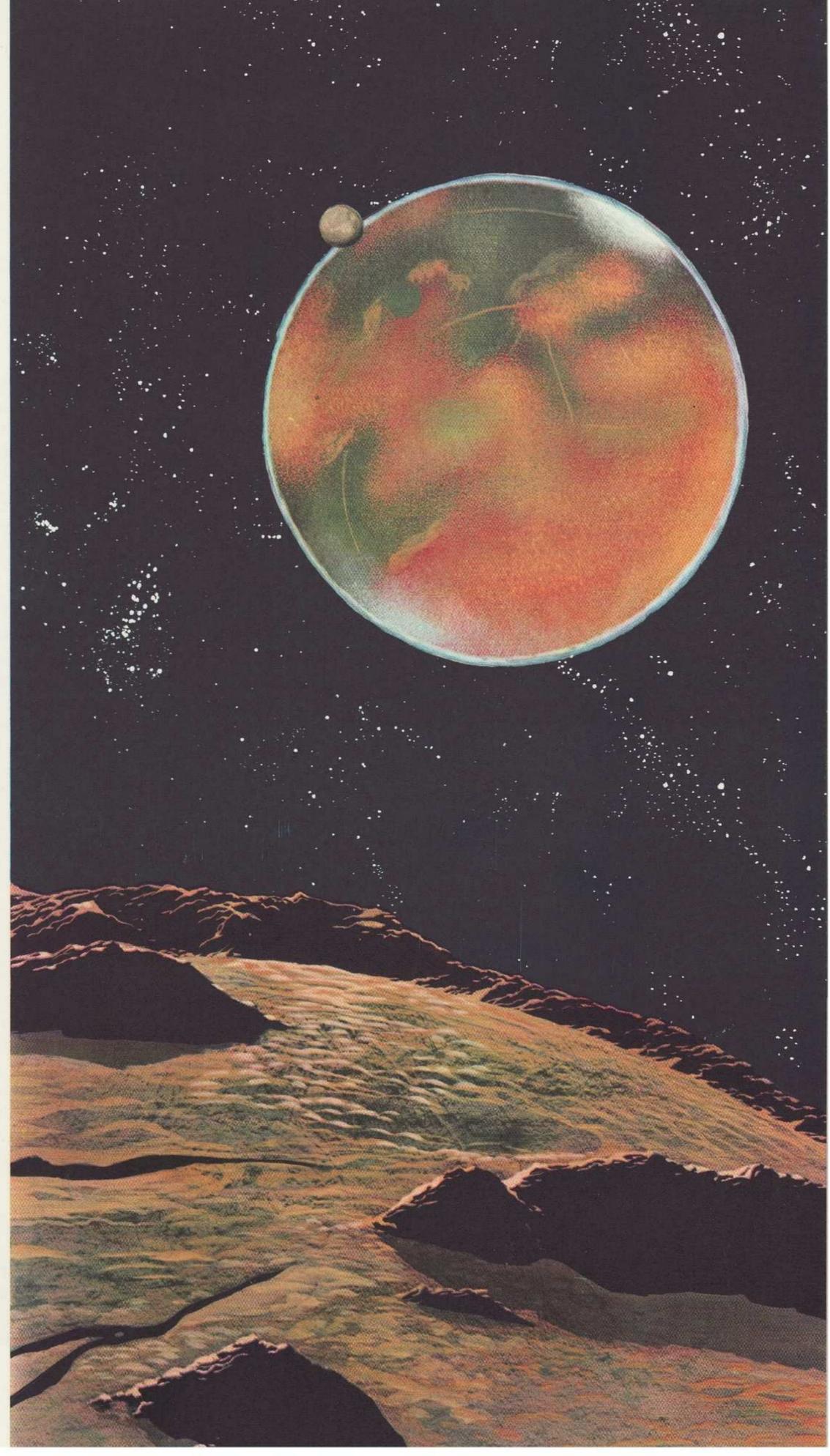
Notizie giornalistiche, è vero; notizie che hanno attirato però ancor piú l'attenzione del pubblico su Marte. Le sonde spaziali potranno rispondere ad alcuni nostri interrogativi; poi andrà l'uomo, e solo allora potremo avere notizie precise e complete.

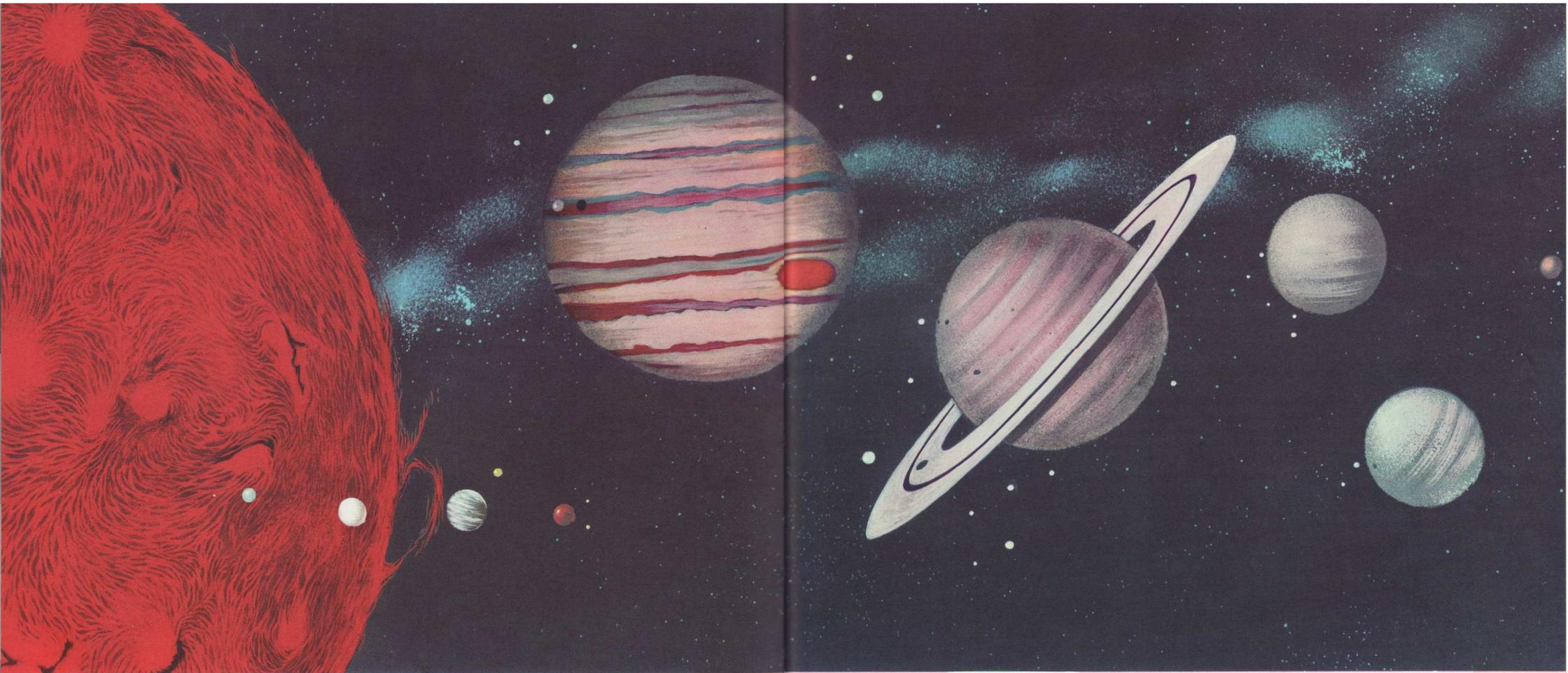
I calcoli del viaggio di un'astronave sono già stati eseguiti. Per facilitare il viaggio di astronavi con uomini a bordo, si prevede la partenza da una stazione spaziale messa in orbita a 1.600 chilometri dalla Terra. Per sette mesi i veicoli seguiranno una traiettoria curvilinea, fino ad intercettare Marte sulla sua orbita attorno al Sole. Una volta entrati nel campo gravitazionale di Marte, le astronavi si fermeranno in un'orbita di parcheggio, orbita posta a 1.000 km da Marte.

Marte e i suoi satelliti

Marte ci appare come un lucido disco rossastro, cosparso di macchie alquanto oscure e con calotte polari d'un bianco abbagliante, paragonabili però piú a un velo di brina ghiacciata che ad una spessa coltre polare terrestre. La sua atmosfera è sufficientemente densa da consentire tempeste di polvere e il formarsi di sottili nubi di ghiaccio che oscurano temporaneamente la sua superficie.

Gli studiosi sono certi che su Marte la pressione atmosferica sia meno di un decimo di quella terrestre. La maggior parte dell'atmosfera marziana deve essere composta di azoto. È stata scoperta anche una piccola quantità di anidride carbonica, ma nessuna traccia di ossigeno. Pertanto l'uomo che si avventurerà su Marte dovrà essere provvisto di speciali tute spaziali. Ma il peso non gli darà fastidio, perché la gravità su Marte è solo il 38% di quella terrestre. Un astronauta completamente equipaggiato potrà pesare al massimo una cinquantina di chilogrammi. Si conosce con precisione la gravità su Marte grazie ai due piccoli satelliti del pianeta: Phobos e Deimos. Le osservazioni astronomiche ci hanno rivelato che sulla superficie del pianeta si svolgono fenomeni complessi. Ogni anno, mentre le calotte polari si dilatano, le regioni oscure di Marte scuriscono ancora di piú, per poi tornare ad essere piú chiare con il restringimento delle calotte. È questo un avvincente ritmo stagionale che viene ritenuto indicatore dell'esistenza di una vita vegetale sul pianeta.





QUESTO GRANELLO DI POLVERE

Il sistema solare, nel quale la Terra non rappresenta che un granello di polvere, è con ogni probabilità nato in conseguenza della gigantesca esplosione che sta all'origine dell'Universo.

Pur essendo di gran lunga differenti nei particolari, tutte le teorie sull'origine della Terra, seguono due

linee fondamentali di pensiero, ciascuna delle quali ha una lunga tradizione. Nel 1749 il naturalista francese Buffon avanzò l'ipotesi che una cometa si fosse scontrata con il Sole, precipitandovi dentro e provocando enormi spruzze di gas solare, che poi si condensarono nei pianeti. Secondo l'ipotesi ne-

bulare di Kant e Laplace, il Sole era circondato un tempo da una nebulosa rotante, un involucro di gas e pulviscolo cosmico, probabile residuo di una esplosione stellare. Generazioni di astronomi hanno lavorato intorno a queste idee, rivedendone alcuni principi e scartandone altri.

Resta sempre il fatto che la nascita del nostro sistema è un mistero affascinante e di soluzione molto difficile, in quanto non sarà mai possibile venire a conoscere, seguendolo magari con i telescopi, la nascita di un sistema analogo al nostro, non perché non esistano altri sistemi planetari nell'Uni-

verso, ma perché il tempo della loro formazione è estremamente lungo, e noi potremo scorgerne, nel corso dell'esistenza della specie umana, solo immagini isolate, troppo distanti per poterle raccogliere in un unico sistema logico. Si penserà sempre a soluzioni una più probabile dell'altra, ma non si potrà

mai arrivare alla certezza: si tratta di un fenomeno troppo vasto, nel quale i miliardi di anni non sono che le unità con cui misurare le tappe di questa evoluzione.

Certo, i fenomeni di creazione e di distruzione nel Cosmo non sono affatto rari, e ogni volta che qualcuno può essere notato,

suggerisce agli studiosi nuove idee sull'origine del nostro sistema solare. L'osservazione recente delle nubi cosmiche ha per esempio suggerito l'ipotesi che il sistema solare derivasse dalla condensazione in nuclei di una certa densità di queste trasparenti concentrazioni di pulviscolo cosmico.

Vortici generatisi nell'interno della massa rotante di una di queste nubi, con l'aumentare della temperatura in seguito alla rotazione e alla contrazione della materia, avrebbero dato origine ai pianeti, che si sono ingranditi con l'accrescersi della loro forza di attrazione (seguita all'aumento del peso).



L'età dell'Universo

L'Astronomia fu coltivata in Cina e nell'antica Mesopotamia fino dal 2000 a.C., e in India addirittura dal terzo millennio a.C. Tra i più importanti contributi alla scienza degli antichi si ricordano: la scoperta del ciclo di Soros da parte dei Caldei (un ciclo di 18,6 anni dopo il quale si ripetono le eclissi solari e lunari), e l'esatta determinazione dell'anno tropico, compiuta dagli Egiziani.

Nei secoli precedenti l'epoca attuale, vennero portati a conclusione importanti studi da parte dei Greci, e vennero elaborate teorie abbastanza fondate sul moto dei pianeti; vennero tracciate carte nelle quali risultava che la Terra era posta al centro dell'Universo, e attorno ad essa si muovevano i pianeti, dei quali il più importante era il Sole, cui seguiva la Luna, Marte, Venere.

Le conoscenze astronomiche dei Greci vennero ereditate dagli Arabi, che, venuti a trovarsi in possesso del lavoro di scienziati (quali Tolomeo) che erano stati in grado di elaborare con somma perfezione i dati di cui potevano disporre, riuscirono a proseguirne le ricerche, servendosene per ampliare anche le loro conoscenze geografiche.

Il sistema tolemaico (quello in cui la Terra è al centro dell'Universo) non fu mai posto in dubbio fino a Copernico, che alla vigilia della morte, autorizzò la pubblicazione (1543) delle sue idee che, ponendo al centro del nostro sistema il Sole, screditavano tutte le precedenti teorie.

Quando, nel 1928, l'inglese Woolley scoprì in Mesopotamia i resti di una antichissima civiltà e si convinse di aver trovato le tombe dei primi re che dominarono su quella regione dopo il Diluvio descritto dalla Bibbia, si ebbe la sensazione di aver raggiunto uno dei traguardi più ambiti della scienza: arrivare a conoscere il modo di vita e i costumi dei nostri antenati, rivedere gli oggetti da essi toccati, rivivere il mondo in cui si svolse la loro esistenza.

Già nel secolo precedente gli attenti studi di Grotefend sulla scrittura cuneiforme e del tedesco Koldewey sui monumenti di Babilonia (tra i quali le zikkurat, le torri-tempio ricordate dalla Bibbia) avevano rivelato al mondo che la nostra civiltà affonda le sue radici fino a oltre cinque millenni di distanza da noi.

Era così venuta alla luce una civiltà antichissima, e le rovine di Ur, Uruk e Lagash, le mitiche città dei primi Patriarchi, avevano rivisto il sole; un mondo ricco di una esperienza stupefacente si rivelava uscendo dalle sabbie del millenario deserto arabo.

Troviamo, sulle tavolette babilonesi decifrate da G. Smith nel secolo scorso, insieme con leggende ancor oggi ricorrenti nelle tradizioni popolari, nozioni di astronomia e di geografia che assumono il significato di vere e proprie ipotesi (fondate sull'osservazione ottica delle stelle e sui viaggi compiuti dai primi navigatori) sulla costituzione della Terra e dell'Universo.

Questi documenti testimoniano che l'uomo era, nella più remota antichità, consapevole del fatto che la sua presenza nell'Universo costituisce un evento eccezionale. Da allora filosofi, scienziati, poeti e sacerdoti di tutte le religioni hanno tentato di rispondere a questo enigma: come e quando sia nata la Terra e come su di essa sia sorta la vita. Tante, e spesso meravigliose, sono queste risposte; solo ora tuttavia la scienza possiede i mezzi per indagare sull'età dell'Universo e conoscerla con sufficiente precisione, per scoprire l'età della Terra e dei pianeti del nostro sistema, per risalire al momento straordinario in cui è cominciata la storia dell'Uomo.

Data l'estrema cautela con cui procede la ricerca scientifica, l'aumento delle conoscenze in questo campo è stato molto lento, per il grandissimo numero dei fatti sorprendenti da spiegare e da studiare: basti pensare all'infinito numero delle stelle.

La lentezza del progresso delle conoscenze su questo problema è stata provocata anche dal fatto che molte ipotesi sembravano contraddirsi. Basti pensare alle recenti conclusioni di Einstein, che rimettono in discussione i principi fondamentali di spazio e di tempo, di materia e di energia. Così, i frutti degli studi sull'origine e la costituzione dell'Universo si possono cogliere solo ora, dopo che i popoli orientali oltre cinque millenni or sono formularono le prime ipotesi.

Trova particolare credito, in quanto confermata da un gran numero di osservazioni, l'ipotesi che l'Universo in origine si riducesse a un grande ammasso di materia cosmica, che a un dato momento della sua evoluzione venne lacerato da una gigantesca esplosione. La materia stellare venne proiettata in frammenti tutt'intorno, ed ancor oggi seguiamo con i radiotelescopi l'interminabile fuga delle

Galassie che si allontanano le une dalle altre dilatando i confini dell'Universo popolato dalla materia.

Calcolando con la massima esattezza possibile il volume della materia che costituiva l'Universo al momento dell'inizio della sua espansione, e la velocità con cui si muovono le galassie, si può conoscere, secondo alcuni scienziati, l'epoca in cui è iniziato il fenomeno; quasi tutti gli astronomi attribuiscono all'Universo un'età di 40 miliardi di anni.

La conoscenza di questo dato, anche se approssimativa, è di grande utilità per comprendere meglio la concatenazione dei fenomeni che hanno portato prima alla formazione del sistema solare, e poi del nostro pianeta, così come oggi noi lo conosciamo.

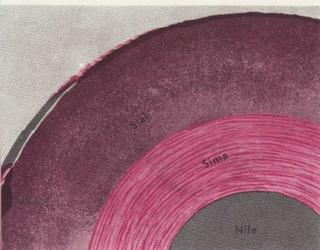
Ecco come un uomo vedrebbe il sistema stellare, a cui appartiene il Sole con i suoi pianeti, se potesse osservarlo alla distanza di qualche milione di anni-luce.

La foto mostra la nebulosa spirale NGC nella costellazione della Chioma di Berenice.

Le nebulose sono concentrazioni di stelle (molti miliardi) che ruotano lentamente su se stesse.



L'intima struttura della Terra



Secondo l'ipotesi piú logica, la Terra dall'epoca della sua formazione si sarebbe lentamente raffreddata, passando dallo stadio di materia caotica a quello attuale, di gran lunga piú simmetrico e regolare. Appare infatti, dalle indagini geofisiche e dallo studio delle onde elastiche generate dai terremoti, che l'interno della Terra non è omogeneo, ma formato da una serie di involucri concentrici, costituiti da materiali di densità differente, e crescente dalla superficie al centro.

Sotto l'esile strato superficiale vi è un involucro di roccia compatta, di densità poco maggiore o molto vicina a quella del granito. La sua presenza è messa in evidenza dalle perforazioni profonde e dall'osservazione delle catene montuose, che talora rivelano (dove i sollevamenti e l'erosione sono stati piú accentuati), la presenza di graniti, spesso ricchi di minerali di grande interesse. Questo involucro di roccia di colore chiaro non ha un grande spessore.

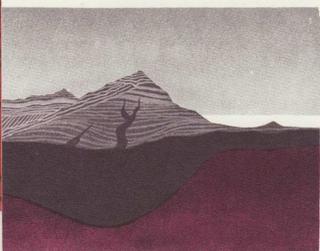
Essa forma il basamento dei continenti ed è piú spessa proprio al disotto delle catene montuose piú importanti; si assottiglia invece al disotto dei fondi marini, tanto che sul fondo del Pacifico si può ritenere pressoché inesistente.

I geofisici hanno messo cosí in evidenza un dato di fatto di eccezionale interesse: i continenti, simili a giganteschi iceberg, galleggiano su materiale di densità piú elevata; quello che emerge non ne è che una parte.

Non è quindi da escludere la teoria che, durante le fasi di consolidazione della Terra, i continenti abbiano potuto spostarsi dalla posizione iniziale; il tedesco Wegener anzi si spinse oltre quest'ipotesi, affermando (sulla base di osservazioni geologiche e sull'esame delle faune che popolavano anticamente i continenti) che le masse continentali derivano da un solo grande continente che si andò frantumando durante milioni d'anni. I frammenti, staccatisi successivamente gli uni dagli altri ed allontanatisi tra di loro, avrebbero finito con l'occupare la posizione attuale.

L'involucro di natura granitica è indicato con la sigla Sial (dal simbolo di Silicio e Alluminio, gli elementi che vi sono piú diffusi); il suo spessore massimo è di 60 km. Sulle condizioni in cui si trova la parte basale dello « zoccolo » continentale, fino a pochi anni or sono non era possibile avanzare nessuna ipotesi. Quando l'indagine geologica uscì dal ristretto ambito dell'Europa centro-meridionale, e venne intrapreso l'esame delle antichissime rocce granitiche affioranti nella Scandinavia e in Groenlandia (che rappresentano le parti profonde di un antico continente, distrutto dall'erosione in milioni di anni) lo scienziato tedesco Wegmann poté mettere in luce un fenomeno che è di importanza fondamentale per comprendere l'evoluzione della superficie terrestre.

Egli riprese gli studi di un altro scienziato (Sederholm) che aveva compreso come la roccia possa fondersi nelle profondità della Terra, assumendo composizione e aspetto differenti. Appunto questo accade quando il Sial viene sospinto tanto in profondità da trovarsi in condizioni di temperatura e pressione altissima. Secondo Wegmann, da queste fusioni di roccia sialica nascono rocce di aspetto molto caratteristico (le migmatiti), tipiche della base degli « zoccoli » su cui appoggiano i continenti.



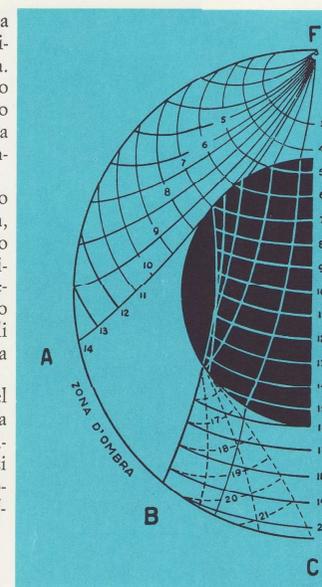
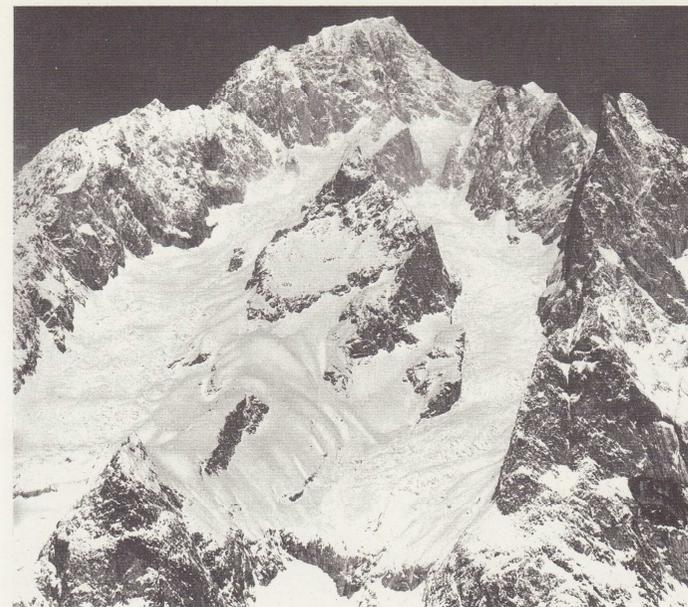
Al di sotto delle rocce che costituiscono l'esile copertura dell'interno della Terra si incontra un involucro di composizione granitica. Poiché questo tipo di rocce è molto ricco di silicio e di alluminio, il primo strato ha ricevuto il nome di Sial.

L'involucro inferiore è composto di rocce basaltiche. Poiché queste rocce sono ricche di silicio e di magnesio, questo strato è stato chiamato Sima.

Al disotto del Sial, vi è un involucro di composizione differente, detto Sima (abbreviazione di Silicio-Magnesio, i due elementi che vi sono piú diffusi); è opinione accettata da tutti gli scienziati, che almeno una parte del Sima sia viscosa. Lo scienziato Wegener sostiene che i continenti galleggiano su questo involucro viscoso, e che possono effettuare movimenti di grande ampiezza, anche in senso orizzontale. Questa teoria, nota come teoria della « deriva dei continenti », ha incontrato molto favore perché confortata da numerose prove geologiche e paleontologiche.

L'involucro in questione circonda il *nucleo* della Terra, che ha il diametro di ben 7.920 km. La costituzione del nucleo non è stata stabilita con certezza, e di esso sappiamo solo che le onde sismiche generate dai terremoti, ne vengono deviate e non lo attraversano. Per comprenderne la natura e la composizione, bisogna rifarsi ai frammenti di materiale cosmico che cadono sulla Terra, provenienti dalla distruzione di asteroidi o dal nucleo di comete: i meteoriti. Il loro esame dimostra che essi sono composti prevalentemente da Ferro e Nichel, metalli dal peso specifico elevatissimo (tanto che un metro cubo di questa lega pesa 10,6 tonnellate).

Si ritiene che anche il nucleo della Terra sia composto di Ferro e Nichel (da cui deriva il termine Nife con cui viene indicato). Questo spiegherebbe la elevata densità della Terra, superiore a quella di quasi tutti gli altri pianeti del sistema solare (pari a 5,5). Lo stato fisico del Nife non è determinabile con i mezzi attualmente disponibili, non essendo possibile raggiungerlo con perforazioni profonde. Alcuni scienziati ritengono che il nucleo racchiuda materia solare indifferenziata, allo stato gassoso.

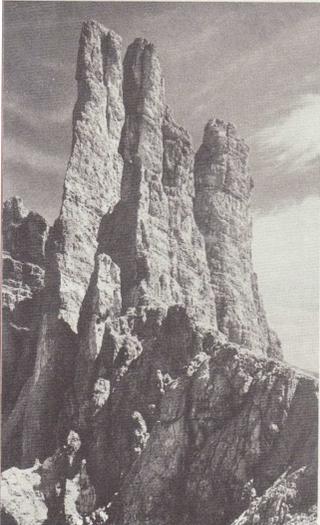


La « zona d'ombra » rivela la natura del nucleo.

La prova che la Terra sia formata da almeno tre involucri dei quali quello centrale ha caratteristiche assai differenti da quelli esterni, si ha osservando i risultati delle analisi sulla propagazione delle onde sismiche. Si può vedere cioè che le onde elastiche generate dai terremoti, non arrivano alla zona della Terra che sta agli antipodi. Questo fenomeno è dovuto all'azione del nucleo, che devia le onde elastiche e non permette alle stesse di propagarsi nel suo interno. Non si conosce l'esatta composizione del nucleo.

Il Monte Bianco, la vetta piú alta d'Europa, con i suoi 4.800 metri, è costituito da un gigantesco ammasso granitico (batolite) emerso alla superficie nel corso dei fenomeni che hanno portato alla nascita delle Alpi. I graniti alpini rappresentano in gran parte frammenti del basamento del nostro continente.

Come la Terra si rinnova



Sulle pareti di questa famosa montagna, le Torri del Vaiolet, si scorgono distintamente le stratificazioni della roccia. Ogni strato è il risultato della deposizione sul fondo del mare (ad opera delle correnti) di detriti e sedimenti di origine organica. Le spaccature verticali di questi strati sono chiamate fratture (le più grandi) o diaclasi (le più piccole).

Chi ammira la splendida valle del Reno, il Canyon del Colorado, la valle dei Monumenti nel deserto americano, e chi osserva le strane incisioni delle grotte del Sahara dove l'uomo primitivo raffigurò gazzelle e giraffe che a quei tempi popolavano le terre ora invase dal deserto, non può spesso fare a meno di ricostruire con la mente il lento lavoro dei fiumi, il graduale cambiamento dei climi, il mutare dei paesaggi, che hanno preceduto e preparato quello che si stende davanti ai suoi occhi. È questo un richiamo cui la mente dell'uomo non può resistere; chi conosce la storia geologica del paesaggio che sta ammirando, si trova nella stessa situazione dello storico che, dagli spalti di una cittadella medievale di cui egli conosce la nascita e le vicende, tenta di ricostruire davanti alla sua mente l'ambiente in cui le costruzioni che lo circondano erano state innalzate. È certo una suggestione, dalla quale dipende in gran parte il fascino delle cose antiche e l'amore che si prova per esse.

Gli esseri viventi si evolvono

L'aspetto del nostro pianeta non è l'effetto di un lento e regolare invecchiamento di forme esistenti fin dalle origini: così la penisola italiana ha la forma attuale da solo 15.000 anni, le valli alpine 70.000.000 di anni or sono non erano neppure abbozzate, in quanto Alpi ed Appennini non erano ancora sorti. Si può aggiungere che fauna e flora a quell'epoca erano totalmente differenti: non esisteva l'Uomo, né esistevano forme simili agli animali più comuni oggi. 300 milioni di anni or sono gli Anfibi dominavano sulla terraferma, e i Rettili iniziavano la loro evoluzione. La storia degli esseri viventi, non è quindi quella di un lento invecchiamento, ma di una evoluzione verso forme più perfezionate.

Questo pensiero venne formulato già nel secolo scorso; non era chiaro tuttavia agli scienziati di quell'epoca (tra i quali è specialmente noto Darwin) quale fosse la causa di queste trasformazioni, e perché molti generi e specie si fossero estinti improvvisamente senza lasciar traccia ed al loro posto fossero apparsi con uguale rigoglio esseri dotati di caratteristiche differenti. È noto come Darwin attribuisse queste vere e proprie rivoluzioni alla prevalenza degli animali più forti su quelli più deboli, che ne venivano distrutti o respinti dai luoghi dove prima dominavano; ma a questi pur insigni naturalisti sfuggì un fenomeno assai ricorrente nella storia della Terra, la cui constatazione portò nei primi decenni di questo secolo a un rinnovamento totale della scienza, e in particolare della geologia.

Durante questi anni, si accentrò l'attenzione dei geologi sul fatto che le catene montuose non hanno tutte la stessa età. Esistono cioè catene relativamente recenti, come le Alpi, che si formarono fra i 70 e i 16 milioni di anni or sono, e catene antichissime, completamente erose e ridotte a tavolati (scudi), come gran parte del continente africano e delle Americhe.

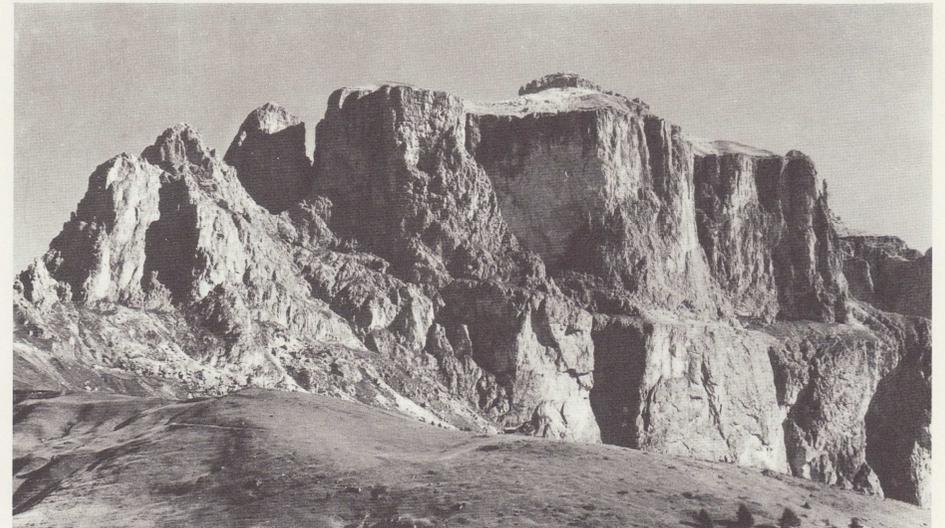
Si venne anzi a scoprire che in una stessa catena si possono notare diverse fasi di sollevamento, separate da intervalli più o meno lunghi; si constatò infine che la maggior parte delle catene montuose sono formate da sedimenti marini sol-

levati e traslati per decine e decine di chilometri.

Si comprende come simili trasformazioni della crosta terrestre, siano uno dei fattori determinanti dell'evoluzione, in quanto ogni fase orogenetica (il sorgere di una catena montuosa viene indicato con il termine di *orogenesi*) comporta la sommersione di larga parte dei continenti e l'emersione di territori che prima costituivano il fondo di bacini marini. Da simili trasformazioni, deriva la scomparsa improvvisa di molte specie, incapaci di sopravvivere nelle nuove condizioni. Per quanto le grandi tappe dell'evoluzione siano legate anche a fattori biologici differenti da questi, si può notare che le cinque grandi Ere in cui i geologi suddividono la storia della Terra, corrispondano ad altrettanti cicli della storia della vita. Le unità minori in cui vengono suddivise le ere (periodi e piani), corrispondono ciascuna a una fase di minore importanza nella storia del nostro pianeta, ma tuttavia ben distinta dalle altre.

I documenti per questa suddivisione, vengono forniti dai fossili, cioè dai resti degli animali estinti che troviamo racchiusi nelle rocce.

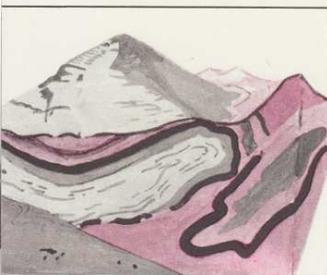
Lo scienziato svizzero Neumayr, scavando negli strati di un antico deposito lacustre, rinvenne una serie di Molluschi, simili a quelli che ancor oggi, con la loro conchiglia a forma di chiocciola, si trovano sulle rive dei nostri stagni. Egli notò che in ogni strato, la forma del guscio dei Molluschi fossili cambiava: negli strati più bassi essa era semplice, con pochi giri della conchiglia; poi diveniva sempre più complessa, e infine negli strati più alti (che sono anche i più recenti) presentava ornamentazioni, coste, rigonfiamenti molto accentuati. In un primo tempo, egli attribuì a specie differenti i vari Molluschi: per ogni strato, un gruppo rappresentava una specie nuova rispetto a quella dello strato inferiore. Continuando nella sua ricerca dovette ricredersi: egli si era trovato di fronte a un giacimento in cui era sintetizzata l'evoluzione di una sola specie: le forme semplici, più antiche, via via si erano complicate con il passare dei millenni, fino a raggiungere forme assai complesse. Si ebbe così la prova lampante della velocità con cui si sviluppa l'evoluzione degli animali.



Il gruppo del Sella, che si vede nella foto in basso, è una delle montagne più famose delle Dolomiti. Eppure quando si solleva lo sguardo ad ammirare le vette dolomitiche, molti non sanno che si contempla il risultato di miriadi di organismi marini (Alghe e Coralli).

Come in un libro aperto, vi si legge la storia di milioni di anni, durante i quali il mare e i corsi d'acqua hanno contribuito a formare quei poderosi depositi. Come Hall circa 20 anni prima, anche Powell si rese conto che non possono esistere le montagne senza che vi sia un bacino marino adatto ad accogliere i sedimenti che, innalzati dalle forze orogenetiche fuori dalle onde, andranno a formare la catena montuosa. Così, le puerili ipotesi degli immensi cataclismi che avevano dato luogo al sorgere delle montagne cominciarono a venire poste in dubbio: si faceva largo l'idea che la formazione delle catene derivasse da un processo ben più lungo e più logico di quello di un solo improvviso e violentissimo sollevamento.

Geosinclinale, la culla delle montagne



Concezione di Argand sulla struttura delle Alpi. Il geologo francese Argand fu uno dei primi a ricostruire la struttura delle Alpi secondo uno schema vicino a quelli moderni. Egli si associò all'idea di coloro che avevano compreso che le catene montuose sono formate dall'accumulo dei sedimenti che, dopo essersi depositi in bacini marini e continentali, furono piegati e accavallati gli uni sopra gli altri dalle forze orogenetiche. Argand, secondo un'interpretazione molto semplicistica, vedeva la nascita delle Alpi come l'effetto di uno spostamento dell'Africa contro l'Europa. I sedimenti della Tetide, il mare che allora occupava il Mediterraneo, vennero compressi, piegati a formare anticlini, cioè pieghe a cupola allungata secondo un certo asse. Queste anticlini, di gigantesche proporzioni, finirono per essere sospinte le une sulle altre, accavallandosi così come sono ora. Queste pieghe, sradicate e trasportate per decine di chilometri, sono chiamate « falde tettoniche ».

Nel 1857 il geologo americano James Hall, eletto presidente della American Association for the Advancement of Science, pronunciò il discorso della sua investitura di fronte all'assemblea della Società. Aveva scelto come tema della sua conferenza « La storia geologica del continente nordamericano ». Gli scienziati presenti ascoltarono il resoconto delle osservazioni di uno degli uomini più appassionati e brillanti che abbia potuto vantare la scienza geologica, e rimasero stupefatti dalle conclusioni che egli aveva tratto dalla sua esperienza.

Da quando, appena laureato, aveva percorso il deserto indiano alla ricerca di fossili di animali antichissimi, ed aveva esaminato chilometro per chilometro la regione del S. Lorenzo, della Pennsylvania e del Niagara, a quando aveva percorso e studiato con accuratezza tutta la catena degli Appalachi, Hall aveva inseguito il sogno di trarre dai suoi studi la sintesi della nascita e dell'estinzione delle grandi catene montuose.

Di fronte ai più eminenti scienziati americani, egli quella sera affermò che gli Appalachi non si erano formati, come fino ad allora si era creduto, dopo un solo, violentissimo « scuotimento », ma che la loro formazione e innalzamento erano dovuti in gran parte agli squilibri causati dall'accumulo di grandiose masse di sedimenti in un solo bacino dell'antico mare che occupava la zona antistante le coste americane. Sotto il peso dei sedimenti, il fondo marino si era progressivamente abbassato. In una grande fossa che era così venuta formandosi, si erano accumulati ben 12.000 metri di sedimenti.

Quando gli venne richiesto di spiegare la ragione per cui questa enorme massa di sedimenti si trovi ora a oltre 1.000 metri sul livello marino, egli rispose che un tale accumulo aveva provocato nella crosta terrestre lo squilibrio sufficiente perché si generassero forze di reazione, tali da espellere, spingendoli verso l'alto, i depositi accumulatisi nella fossa. Nella contrazione che ne era seguita, le rocce erano state piegate e fratturate intensamente, così come oggi si trovano sugli Appalachi.

Il discorso di Hall non sollevò obiezioni, tanto radicale era stato il colpo di timone che egli aveva imposto alla scienza di allora: era nato il concetto di geosinclinale. Sotto questo nome, i geologi indicano una vasta zona del fondo marino, dotata di caratteristiche particolari: il suo fondo tende cioè ad abbassarsi gradualmente e lentamente sotto il peso dei sedimenti che le correnti marine trasportano prelevandoli al largo delle foci dei fiumi.

In queste regioni, si determina così una fossa profonda e stretta del fondo marino che è generalmente allungata in direzione parallela alle coste. L'idea rivoluzionaria di Hall si sintetizza in sostanza nel concetto che senza una zona che permetta l'accumulo di grandiose masse di sedimenti, non è possibile il sorgere di montagne. I suoi successori dimostrarono che egli aveva perfettamente ragione.

In quegli stessi anni in cui Hall affermava la sua teoria, John Wesley Powell la metteva alla prova dei fatti, intraprendendo l'esplorazione di una regione in cui la sovrapposizione dei sedimenti per chilometri di spessore è più evidente: il Canyon del Colorado. Quando Powell iniziò la sua spedizione, con otto uomini



e un materiale scientifico primitivo, era appena stata terminata la prima ferrovia transcontinentale: era il 24 maggio 1869.

Dopo aver raggiunto le montagne Unite, seguendo con le barche il percorso del Colorado, ebbe finalmente visione dello splendido spettacolo che esse presentavano: « Non bisogna pensare, egli scrisse, a una catena montana costituita da gruppi di cime che si elevano su una pianura, ma ad un altipiano di decine di chilometri di superficie, solcato da burroni e canyon, mentre tutt'intorno si distendono valli stupende: il canyon taglia a metà la catena ».

L'ingresso del canyon vero e proprio segnò l'inizio di un'avventura faticosa ma esaltante, in cui la spedizione perse più volte la padronanza dell'imbarcazione travolta dalle rapide, ma contemporaneamente poté leggere gran parte della storia della Terra, contenuta nelle ben stratificate rocce calcaree del Gran Canyon. Tra il 1874 e il 1875, con il titolo di Direttore del Servizio Geologico degli Stati Uniti, Powell terminò l'esplorazione del territorio, completando e confermando la sua teoria sull'evoluzione geologica della regione: « Il sollevamento non è dovuto a un grande cataclisma, ma il moto verso l'alto di queste rocce è avvenuto così lentamente che le piogge potevano erodere le arenarie mentre si sollevavano ».

Una catena montuosa appena sorta si presenta costituita da varie strutture tettoniche: anticlini, come quella della sezione geologica in primo piano, dove forma una vetta; sinclinale (cioè strutture geologiche in cui gli strati convergono, come le pareti di un cucchiaino, verso il basso); monoclini (strutture in cui gli strati pendono sempre nella stessa direzione, come nella figura in alto, in tutta la parte destra). Le faglie sono delle fratture degli strati, con spostamento delle rocce le une rispetto alle altre. Nella figura in alto è possibile vedere una faglia, che solleva tutto un blocco di terreni. Sotto: la stessa zona dopo 10 milioni di anni.



I vulcani



Tenendo conto del tipo di attività, i vulcani sono stati così suddivisi: vulcani stromboliani, dal famoso cono situato nelle isole Lipari (Sicilia), quelli che sono in eruzione continua (lo Stromboli sembra sia in attività ininterrotta sin dai tempi di Omero). Sono chiamati ad attività vesuviana quelli che presentano periodi di violenta attività, accompagnata da esplosioni terribili, ma con scarsa emissione di lava, alternati da periodi di inattività. Il Vesuvio ne è uno degli esempi caratteristici. Ad "attività vulcaniana" (il nome deriva da Vulcano, nelle isole Lipari) sono definiti quei vulcani che, per la presenza di una lava straordinariamente viscosa ad alto contenuto gassoso, si manifestano con esplosioni di estrema violenza, con emissione di nuvole nere cariche di frammenti solidi di lava (la più tremenda esplosione vulcanica della storia fu quella del Krakatoa, avvenuta nel 1883).

La sensazione che l'attuale assetto dei continenti non sia ancora definitivo, si prova viaggiando attraverso il Pacifico, un Oceano cosparso di miriadi di isole in gran parte in via di innalzamento, sotto l'incessante spinta degli organismi costruttori (Alghe, Coralli, Briozoi, Spugne calcaree) o sotto l'impulso delle forze interne della Terra.

E ancora viva l'eco dell'esplosione che distrusse alla fine del 1800 l'isola di Krakatoa in seguito all'infiltrazione di acque marine nel cratere di un vulcano, e le onde dei maremoti (tsunami) provocati dagli scuotimenti del substrato oceanico si frangono spesso contro le coste dell'Asia. Nel 1943, nella penisola dello Yucatan, sorse in pochi giorni uno splendido vulcano: il Paricutin. Tutte le isole più importanti del Pacifico sono vulcaniche, o sono sedi di vulcani attivi o spenti: così le Filippine, le Haway e il Giappone; e non per nulla le coste dell'oceano sono circondate da una tale catena di vulcani che vale per esse l'appellativo di « cerchio di fuoco ». In realtà nel Pacifico, il cui fondo è scarsamente protetto dal Sial, è in atto un fenomeno che nei millenni passati ha portato rilevanti conseguenze per l'assetto della crosta terrestre: si prepara cioè la nascita di una catena di montagne. Le isole di Sumatra, Giava, Timor e Celebes sono situate sui bordi di una fossa geosinclinale, nel quale i geofisici hanno rivelato una zona in procinto di sollevarsi. Appare evidente come a questo fenomeno, che comporta grandiose tensioni nella crosta e nel Sial, siano da ricollegarsi i vulcani che circondano il Pacifico.

Cinquecento sono i principali rilievi vulcanici attivi, cui bisogna aggiungere circa venti sommersi dalle acque marine. Numerosissimi sono inoltre quelli che nelle Ere geologiche hanno dato, per tempo più o meno lungo, vita a fenomeni spesso grandiosi. Powell ricorda che, nel corso della sua esplorazione del Canyon del Colorado, gli si manifestarono all'improvviso, attraverso le rocce cristalline e sedimentarie, enormi filoni di rocce intrusive, che appartenevano evidentemente a un camino vulcanico antichissimo che si era aperto la strada attraverso la coltre di rocce che sovrastavano il serbatoio dal quale il magma fuso si era iniettato verso la superficie. Il cratere dei vulcani infatti, costituisce l'apertura superficiale (a forma di ampia bocca circolare) di un lungo condotto. Questo è il camino vulcanico, talora riempito da lave che formano laghetti ribollenti all'interno del cratere, come nei vulcani hawayani. Accade spesso che il camino vulcanico sia ostruito da scorie o detriti, o che le lave stesse siano così viscosi che solidificandosi nel corso della loro ascesa chiudano il camino vulcanico.

In tutti e due i casi, i vapori che salgono dal serbatoio magmatico e le lave stesse che con essi sono mescolate, provocano una rapida crescita della pressione nell'interno del vulcano.

Accadde ad esempio nel caso dell'eruzione della Montagna Pelée, nell'isola della Martinica, che la pressione aumentò a tal punto da asportare il tappo di lave consolidate (nel caso specifico un'enorme guglia dall'altezza di decine di metri) con fenomeni esplosivi di tremenda potenza e la distruzione dell'intero abitato di San Pierre de la Martinica. Il fatto più impressionante fu la colata di



scorie e ceneri ardenti che si verificò su un fianco del vulcano, squarciato dalle esplosioni, ed arrivò a seppellire l'abitato.

Per risalire alle cause che provocano queste sciagure, si è tentato per prima cosa di comprendere come fosse costruito l'edificio del vulcano; e poiché non è possibile farlo esaminando i vulcani attuali (dall'osservazione dei quali si possono trarre tuttavia un'infinità di notizie utili per lo stesso fine) bisogna procedere allo studio dei vulcani estinti.

Infatti, mentre nessuno potrebbe calarsi per tratti sufficientemente lunghi nell'interno del camino vulcanico, gli antichi edifici vulcanici ci mostrano veri e propri spaccati naturali del loro interno, messi a nudo dall'erosione.

Ad attività peleana sono chiamati quei vulcani le cui eruzioni hanno la caratteristica di presentare una emulsione di gas roventi e di particelle solide di lava che scendono come valanghe ardenti per i fianchi del vulcano. Le foto mostrano due aspetti di crateri in fase di attività; chiaramente visibili in basso alcune suggestive formazioni di lave.





Il primo disegno a sinistra mostra come era il profilo del Vesuvio prima del 79 d.C. Nel centro, come era dopo l'eruzione del 79 d.C. che asportò la cima ed un lato del cono. In alto a destra il Vesuvio come si vede oggi. Il vulcano è stato ripetutamente ricostruito entro l'antico cratere (Somma) e parzialmente distrutto dalle eruzioni posteriori.

Il cratere interno del Vesuvio come appare in una fase di attività.



I vulcani scomparsi

Nel corso della breve sintesi della storia della Terra, si fa spesso cenno al ruolo giocato dalle intrusioni del magma negli strati superiori della litosfera. In particolare, i geologi hanno notato che i fenomeni vulcanici sono direttamente legati con i fenomeni orogenici.

Lo studio dei vulcani estinti, permise agli scienziati di comprendere che essi erano sorti in seguito alle principali fasi del sollevamento e della formazione delle montagne.

Fino ad Hall si era rimasti comunque all'idea di geosinclinale, senza dare una spiegazione completa del fenomeno di innalzamento: era ancora da risolvere il grande interrogativo: come e perché si sollevano i sedimenti per formare le montagne? A questo rispose Dutton, dipendente di Powell al Servizio Geologico Americano. Egli per primo comprese che una massa di sedimenti o di rocce cristalline, portate in profondità dall'accumularsi di sedimenti al disopra di essa (come avviene nelle geosinclinali) si riscalda e si espande; avviene come di una palla di gomma immersa nell'acqua dal peso della mano, che tende a liberarsi e preme per risalire a galla. Se a poco a poco viene gonfiata mentre si trova sottacqua, a un dato momento la forza del braccio non è più sufficiente per spingerla sotto, ed essa ritorna in superficie.

Così lo «zoccolo» delle geosinclinali, immerso nel materiale viscoso del Sima si riscalda quanto più viene affondato dal peso dei sedimenti, e a un dato momento, essendosi così alleggerito, risale.

Questa ascesa, in realtà lenta, ma rapida se paragonata alla scala dei tempi geologici, la cui unità di misura è il milione di anni, porta i sedimenti ad emergere sul mare: si formano le montagne.

Fin dall'Azoico (vedi tavola delle Ere alle pagine 46-47) in Finlandia si manifestarono eruzioni vulcaniche, che più numerose e consistenti sono segnalate però nel Silurico.

Successivamente, durante il Carbonifero, quando si formarono i grandi complessi granitici che caratterizzano alcune zone della Catena delle Alpi, venne a formarsi una serie di vulcani in Carnia, ora completamente smantellati e distrutti.

Nel Permico si ebbero le grandiose manifestazioni vulcaniche di cui restano le tracce in alcuni punti delle Prealpi lombarde, nella "piattaforma porfirica atesina", nei depositi di origine vulcanica del Luganese, della Scozia, della Sassonia, Turingia, Vosgi, Foresta Nera, Siberia e ancora Carnia.

Nel Triassico si verificarono le grandiose effusioni delle Palisades (Stato di New York) e del Monzoni in Val di Fassa, cui si accompagnano depositi tufacei che dalla Lombardia orientale fino al Veneto ritroviamo nei sedimenti di questo periodo.

Dal Giurassico fu attivo nel Veneto un centro ora scomparso di attività vulcanica, che si protrasse anche nel Cretacico fino al Terziario; sempre nel Giurassico si ebbero estese effusioni in Africa. Nel Cretacico si manifestarono eruzioni collegate con l'inizio del sorgere della catena alpina-himalayana (coperture basaltiche del Deccan, manifestazioni eruttive nei Pirenei, Alpi, Appennini, Balcani,



I bradisismi

La crosta terrestre è anche sottoposta a movimenti di innalzamento o abbassamento. Essi avvengono con tale lentezza da renderne difficile la registrazione: sono i bradisismi.

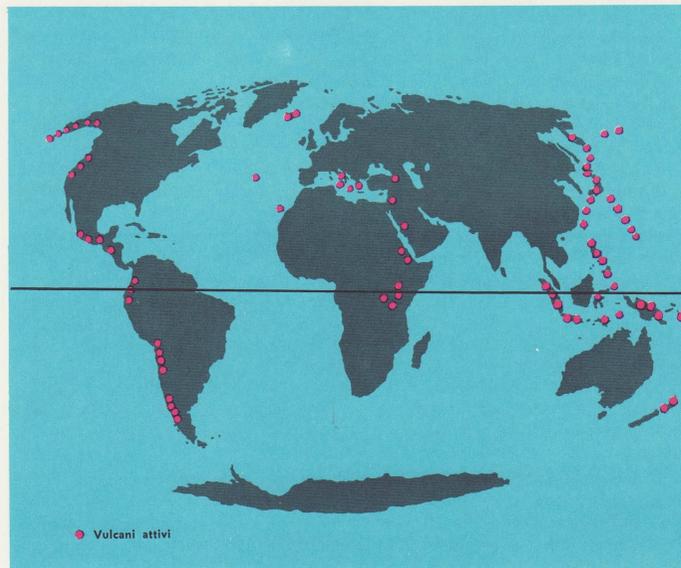
La Scandinavia, all'inizio del Quaternario, era coperta da una calotta di ghiacci dello spessore di 1.500-2.000 metri.

La scomparsa di queste enormi masse ha alleggerito la pressione che gravava su tutta la penisola (1.620 milioni di tonnellate per ogni Km²), ed essa ha cominciato a sollevarsi con un movimento che è andato sempre più rallentando man mano che si ristabiliva il primitivo equilibrio. Ma questo non è ancora stato raggiunto: nel golfo di Botnia, infatti, il suolo si innalza ancora di 1 cm all'anno.

A Pozzuoli, nel Tempio di Serapide, esiste quel che potremmo definire il «metro» per misurare un bradisismo alternato: tre colonne alte una decina di metri, che risalgono all'epoca imperiale, coperte per quasi quattro metri dai materiali eruttati dal Vesuvio nel 79 d.C., furono sommerse dal mare, per un successivo abbassamento del suolo, fino all'altezza di m 6,30. Oggi, completamente riemerse, presentano la zona mediana bucherellata dai litodomi, piccoli molluschi, mentre le due zone estreme sono lisce. Queste indicazioni possono essere tuttavia ingannevoli: infatti il livello del mare non è sempre costante, nel corso dei millenni. Basti pensare che lo scioglimento di una piccola parte delle calotte polari potrebbe portare il livello del mare a qualche metro al di sopra di quello attuale.

Ande, Montagne Rocciose). Nel Terziario si ebbero le manifestazioni eruttive più grandiose, connesse con il sollevamento alpino: i vulcani ora estinti della Sardegna (Monte Ferru, ecc.) eruttarono fino all'inizio del Quaternario un'imponente quantità di lave, costruendo i caratteristici altipiani basaltici (giare).

All'inizio del Quaternario comparvero Etna, Vesuvio e Stromboli, contemporaneamente al Monte Amiata e ai vulcani Tosco-Laziali, e sono ancor oggi attivi: essi testimoniano che l'orogenesi appenninica, che provocò le estese fratture dalle quali risale il magma che ne alimenta le effusioni, è ancora per quanto lontana nel tempo, capace di fare sentire i suoi effetti sulla penisola italiana.



I terremoti



I terremoti sono la manifestazione di una tensione interna che provoca una spaccatura nella crosta terrestre. Nei terremoti più violenti, la spaccatura può giungere fino alla superficie del suolo e aprire voragini.

Le onde sismiche superficiali si propagano come le onde concentriche, che si formano sulla superficie d'un laghetto quando vi si lancia un sasso.



Questi fenomeni naturali, che hanno avuto tanta importanza per lo studio dell'interno della Terra, in quanto hanno permesso di scoprire l'esistenza dei tre grandi involucri concentrici che costituiscono il nostro pianeta, hanno avuto nei secoli le spiegazioni più disparate. Ci sembra interessante ricordarne alcune: i popoli asiatici (afflitti ogni anno da una lunga serie di scuotimenti della terra) ritenevano che essi fossero da imputarsi a un gigantesco animale nascosto nelle viscere della Terra. Gli indiani pensavano a una talpa, i Cinesi a un drago; i Giapponesi invece avevano elaborato una interessante teoria, secondo la quale gli Dei avevano catturato un grosso pesce, e per tenerlo buono gli avevano posto sul capo una immensa roccia. Quando l'animale tentava di liberarsene, gli scrolloni imprimevano alla Terra i catastrofici movimenti.

La realtà è, ovviamente, differente, ed ora si sa con certezza che i terremoti sono da far risalire alla instabilità dell'involucro superiore (Sial e crosta) e, in ultima analisi, ai fenomeni che preparano e seguono la formazione delle montagne (orogenesi).

Molti grandi terremoti hanno la loro origine a profondità compresa fra gli 8 e gli 800 km lungo le « fratture » che tagliano il Sial. Dato che alle stesse « fratture » sono collegate le eruzioni vulcaniche, terremoti e vulcani sono spesso fenomeni strettamente connessi. Queste fratture sono infatti il risultato degli sforzi di tensione cui il Sial è sottoposto, sia per l'enorme carico dei sedimenti sul fondo dei mari, sia in conseguenza delle pressioni esercitate dalla catene montuose, dove i sedimenti sono venuti ad accumularsi in seguito alle spinte orogeniche. Le catene montuose sono infatti nate dal sovrapporsi di rocce, sovrapposte, fuori dai mari dove si erano formate, dalle forze della Terra.

In queste fratture, il Sial si introduce provocando sia la risalita delle lave vulcaniche, sia le scosse sismiche che si accompagnano loro. Talora, vinta dal carico dei sedimenti, una zolla continentale si affonda improvvisamente lungo una frattura: accade allora che 5-6 metri di spostamento verticale del terreno siano sufficienti a provocare catastrofi estese a centinaia di chilometri quadrati di territorio, come nel terremoto di S. Francisco del 1906.

Per la definizione delle aree sismiche, non esistono che i metodi statistici e i metodi geologici. Le statistiche indicano in quali zone avvengono di preferenza i terremoti, e l'intensità degli stessi; i metodi geologici hanno permesso di mettere in evidenza quali sono le cause prevedibili di molti di questi sismi. Si è potuto verificare cioè, che gran parte delle aree sismiche è situata in corrispondenza di zone della crosta « instabili », perché non ancora assestate dopo la fine dell'orogenesi alpina. Ci si può spiegare tutto ciò, quando si nota che l'orogenesi, accumulando grandiose masse di sedimenti in alcuni punti della crosta, ha provocato tensioni tali da fratturarle intensamente: il rilievo geologico di un territorio qualunque delle Alpi o dei Pirenei o di qualsiasi altra catena montuosa, permette di vedere gli effetti di questi squilibri nelle fratture che lo spostamento delle grandi « zolle » della crosta una rispetto all'altra ha provocato. Queste fratture vengono indicate con il termine di faglie. Le cosiddette « faglie di disten-

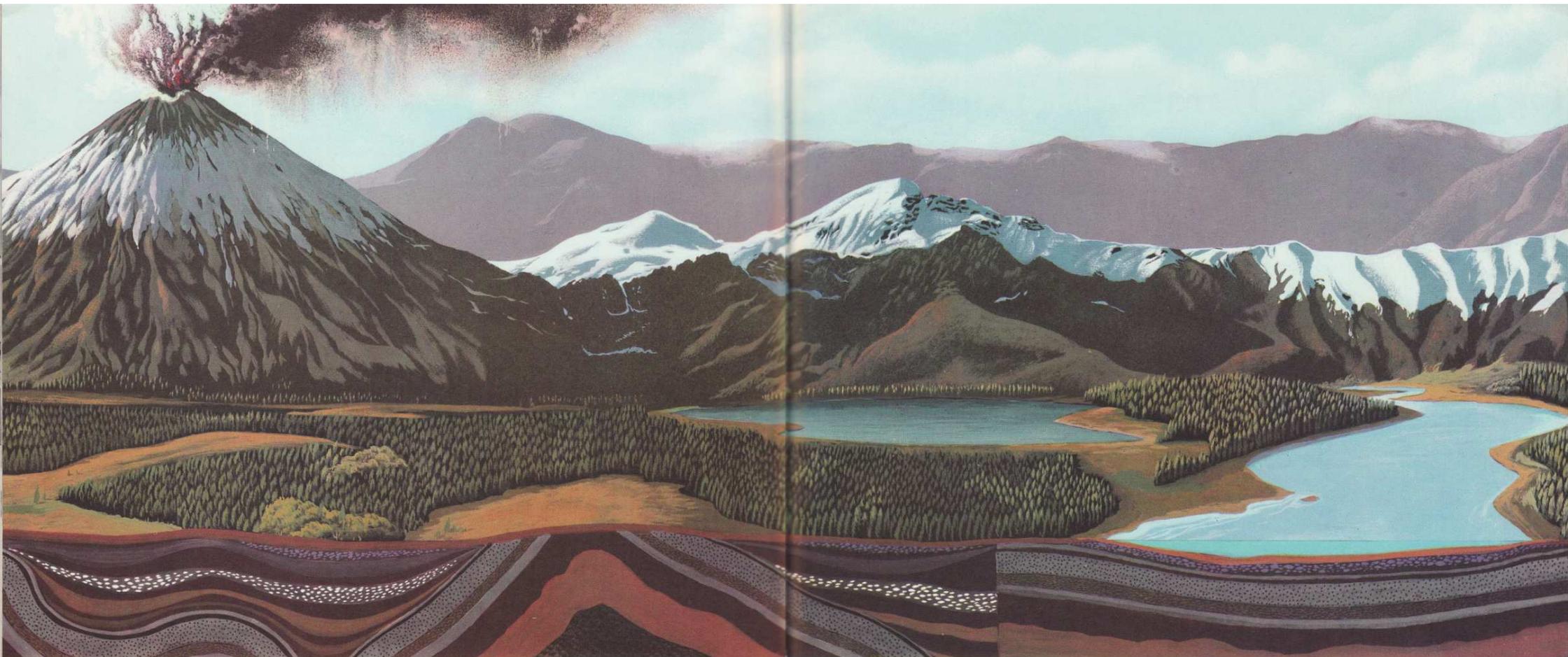
sione » sono appunto quelle dovute all'assestamento della catena dopo la sua nascita, e si presentano come lunghi fasci di fratture che (di preferenza ai bordi della catena) si estendono per chilometri e chilometri. Talora, si possono verificare casi in cui queste fratture siano così profonde da interessare qualche serbatoio di lave sotterranee (« magmi »); ecco il rapporto tra faglie e vulcanesimo. Si può ritenere che gran parte dei terremoti si possano riconnettere a questo stato di squilibrio (per esempio il terremoto di Avezzano, quello di S. Francisco in California). Durante il terremoto californiano del 1906, è stato possibile notare che le onde sismiche non si propagano solo in senso verticale a partire dall'origine. Il faro di Fallaron Point, si spostò infatti in quell'occasione di quasi due metri orizzontalmente. In altre località, lo spostamento è addirittura di 6 metri.

Anche la frase: « La terra si aprì inghiottendo ogni cosa » è vera. Accadde infatti in Calabria, durante il terremoto del 1783, che quattro cascinali, diversi magazzini e abitazioni, fossero inghiottiti da un crepaccio che si richiuse fulmineamente sulle macerie. Il terremoto che suscita il più doloroso compianto, sia per il numero delle vittime (80.000) che per le condizioni di estrema povertà in cui allora versavano quelle popolazioni, fu quello di Messina del 1908. Gran parte delle vittime fu causata dalle gigantesche ondate che si scagliarono sulle spiagge, dopo che le onde sismiche avevano raso al suolo la città. Un fenomeno simile avviene lungo le coste giapponesi, quando il terremoto scatena anche il movimento delle onde marine, ed è conosciuto con il termine di « tsunami ».

Ecco le scale con cui vengono classificati i terremoti: scala d'intensità (in corsivo) e scala Mercalli (in tondo).

- I - *percepibile soltanto da poche persone e da strumenti;* strumentale
- II - *leggerissima*
- III - *osservabile nelle case, specie ai piani superiori; i piatti traballano;* leggera
- IV - *mediocre*
- V - *percepita da tutti; i mobili, anche se pesanti, si muovono; gli intonaci cadono;* forte
- VI - *molto forte*
- VII - *crollano i camini; la gente corre fuori dalle abitazioni;* fortissima
- VIII - *rovinosa*
- IX - *spaccature nel suolo; frane; molte case distrutte;* disastrosa
- X - *distruttrice*
- XI - *oggetti proiettati in aria; disastro totale; catastrofica*





L'EVOLUZIONE DELLA TERRA

« Non c'è nulla di durevole, nel mondo, ad eccezione del mutamento ». Così affermava, più di 2.500 anni fa, il filosofo greco Eraclito. Infatti nulla, dell'aspetto della Terra, rimarrà nei secoli come ci appare oggi: le montagne nascono, crescono, muoiono; i fiumi nascono, crescono, muoiono; i mari na-

scono, crescono, muoiono. Nulla è eterno. « Ogni valle sarà colmata e ogni monte e colle abbassato, e le strade tortuose diventeranno drittte, e le scoscese si faranno piane » (Isaia - XL, 4). Le grandi montagne, le valli, le pianure, come noi le vediamo oggi, sono antiche, molto più antiche d'ogni civiltà

umana; ma non sono state sempre così e non saranno più così. Ogni altura sarà lentamente cancellata dal vento, dall'acqua, dal ghiaccio, dal gelo. Le montagne saranno livellate; le rocce, ridotte in polvere, finiranno nel mare. Ma per ogni montagna che scompare, un'altra ne nascerà; per ogni fiume che muo-

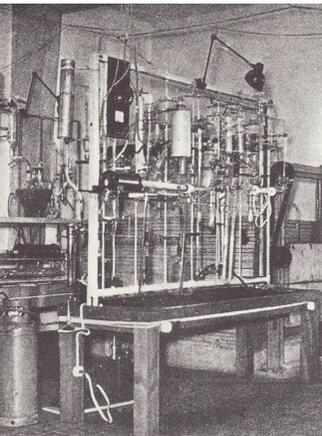
re, un altro ne sgorgerà. Ogni palmo della terra è continuamente sottoposto all'azione di forze in continua lotta fra loro: forze interne costruttive e forze esterne distruttive. Dall'azione di queste forze prende forma il volto della Terra, un volto irrequieto, continuamente in trasformazione.

I mutamenti del volto di una certa regione, sono tanto più rapidi, quanto più instabile è il continente nel quale la regione è inclusa. Alcune zone dell'Africa, dall'era Archeozoica, non sono mai più state interessate da fenomeni orogenici, ed hanno conservato intatta la loro struttura: le acque hanno

dilavato ed eroso per milioni e milioni di anni queste aree, rendendole simili a grandi tavolati. Eppure, anche l'Africa ha sussultato sotto la spinta dell'orogenesi alpina, che ha sollevato la catena dell'Atlante, provocando modificazioni in tutto il continente. Un rilievo si dice « vecchio » quando si trova in

condizioni simili a quelle dei tavolati africani. È invece giovane, come le Alpi e l'Himalaya, quando i fiumi e i torrenti hanno cominciato da poco tempo a inciderlo e a modificarne il volto. Sono proprio i corsi d'acqua i principali artefici del rinnovamento del volto della Terra: al termine di ogni ciclo,

quando il rilievo è ormai invecchiato, un nuovo sollevamento del continente, la nascita di nuove catene montuose, permetterà ai corsi d'acqua di procedere, con rinnovata lena, e incidere nuove valli, e, in luogo dei deserti sabbiosi, torneranno a comparire ubertose colline, ricche di sorgenti e di vegetazione.



Per stabilire l'età di una roccia o di un resto fossile il metodo oggi più usato è quello del radiocarbonio.

Il campione da esaminare viene fatto bruciare in un forno e trasformato in gas. Il gas, raccolto in una speciale ampolla, viene introdotto nel contatore, che registra le disintegrazioni dei composti radioattivi.

Nel 1945 si è scoperto che un isotopo radioattivo del carbonio (C^{14}), si consuma con un ritmo sempre uguale nel corso degli anni.

In un organismo vivente il carbonio distrutto viene reintegrato con l'assorbimento di altro carbonio; quando l'organismo muore non c'è più assorbimento. E il radiocarbonio rimasto diminuisce con un ritmo che ci è noto. Dopo 5.600 anni circa il radiocarbonio è ridotto alla metà; dopo 11.200 anni è ridotto ad un quarto e così via. Ora se prendiamo un campione di un organismo, misurando quante disintegrazioni avvengono al minuto (per ogni grammo di C^{14}), possiamo dire da quanti anni è morto l'organismo da cui proviene il campione stesso.

Con apparecchi sensibilissimi si può raggiungere la massima datazione: 30-40 mila anni. Sembra poco, ma in questi 30-40 mila anni è racchiusa gran parte della storia dell'umanità e poter stabilire, con relativa certezza, una data, agevola moltissimo il lavoro dei ricercatori, specialmente degli archeologi e dei paleontologi.

La Terra scrive la sua storia

Verso la fine del 1796, giunse da Parigi al Philadelphia Museum of Natural History una lettera, scritta da due dei più insigni naturalisti francesi di tutti i tempi, Lamarck e Geoffroy, da Saint-Hilaire; in essa i due scienziati, rivolgendosi al direttore del Museo, scrivevano:

«... permetteteci, Sir, di richiamare la vostra attenzione sugli oggetti che desideriamo ricevere per primi fra tutti: quelle ossa enormi che vennero trovate sulle rive dell'Ohio. L'esatta conoscenza di queste è di importanza maggiore di quanto comunemente si creda per ricostruire l'evoluzione della Terra...».

« Cacciatori di fossili »

Linneo fu il primo naturalista che, in un seguito di preziose opere scritte intorno alla metà del 1700, diede una classificazione sistematica degli esseri viventi, mentre a Lamarck (che ne modificò parzialmente le vedute) deve essere attribuito il merito di una classificazione molto vicina a quella attuale.

Egli osservò che gli esseri più semplici, con ogni probabilità sono stati i primi a comparire sulla Terra, e quelli più perfezionati gli ultimi. Al fine di provare l'esattezza delle sue teorie, scrisse appunto in America per poter prendere visione dei resti fossili degli animali che vi avevano trascorso la loro esistenza oltre 50 milioni di anni or sono.

Molti anni dovevano però passare prima che fosse possibile intraprendere ricerche organiche e scientificamente valide su quei fossili, e lo scopritore di questi giacimenti, più ricchi di quelli allora noti e stupefacenti per lo stato di conservazione dei resti degli animali estinti, fu un seguace di Lamarck: E. Cope.

Cope era sicuro che il West fosse una miniera inesplorata di resti fossili: grandi mari poco profondi, nei lontani tempi passati avevano ricoperto quella regione, popolati da pesci, molluschi, esseri inferiori, i cui resti dopo la morte dell'animale si erano depositi sul fondo ed erano stati ricoperti dalla melma marina, fossilizzandosi. Poi, il mare si era ritirato, e animali di terraferma avevano abitato quelle regioni. Nei fiumi e nei laghi anche i loro resti si erano depositati, fossilizzandosi (cosa impossibile altrimenti, perché all'aria la sostanza organica si decompone rapidamente, per l'attività degli esseri inferiori, tra i quali i Batteri della decomposizione hanno importanza predominante).

Dopo questi avvenimenti, il mare era tornato ad avanzare, per poi ritirarsi definitivamente da quei territori. Nel 1870, quando il West era terra di pionieri, Cope scelse come base per le sue ricerche Fort Wallace, nel Kansas. Con sette uomini, due grandi carri e quattordici muli intraprese ricerche là dove i cacciatori di pelli avevano segnalato i resti di animali che essi credevano « sepolti dalle acque del Diluvio ».

Cope attraversò una regione di valli e profondi canyon: sulle pareti, grossi banchi di calcari gialli e rossastri si succedevano in serie ininterrotta. Alla base di una di queste ripide pareti, affiorava uno strato di consistenza più debole, costituito da roccia grigio-azzurra: lì erano contenuti i fossili. Lo spettacolo era

sorprendente e quasi innaturale. Da un banco sopra un ripiano disseccato dal sole, sporgeva il capo un enorme rettile fossilizzato, della lunghezza di 23 metri. Le fantastiche creature che Cope dissotterrò in quelle regioni erano vissute durante il Cretacico, il periodo dei grandi rettili, fra 60 e 130 milioni di anni fa. Al termine delle ricerche di Cope e di Mash, un altro grande paleontologo contemporaneo di Cope, le conoscenze sulla fauna americana erano estese al Cretacico e a gran parte del Terziario.

In Italia, e in gran parte dell'Europa, a quell'epoca vennero dissotterrati rettili ancora più antichi (del Triassico); degli altri periodi erano già venuti alla luce abbondanti resti, tanto che già New York poteva vantare la più completa raccolta di fossili paleozoici che fosse stata riunita in un museo.

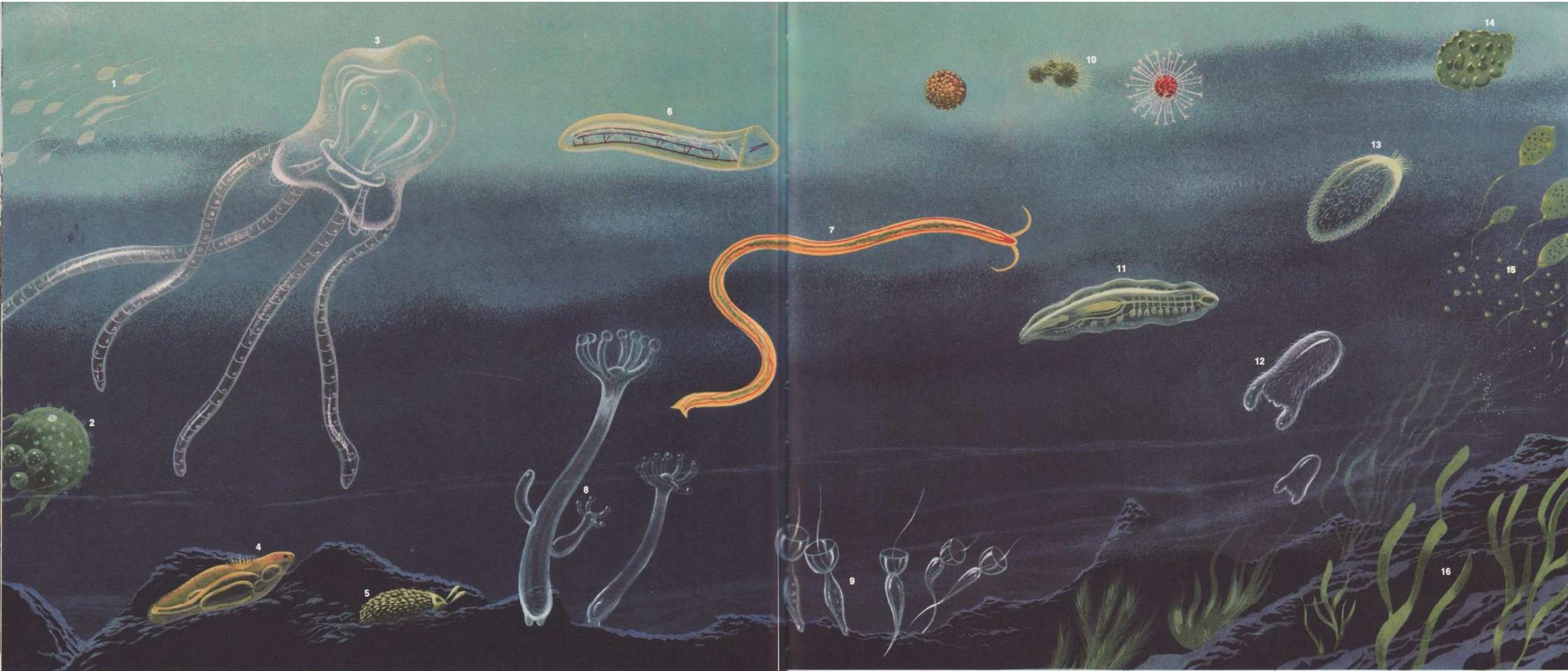
Fu allora che i geologi cominciarono a rendersi conto di potere tirare le somme di questo immenso lavoro di ricerca, che era durato quasi un secolo: essi possedevano ormai la conoscenza di faune e flore che si erano avvicinate sulla faccia della Terra, durante le cinque grandi Ere in cui la sua storia era suddivisa. Da allora venne sempre più perfezionandosi la tecnica della paleontologia, che permette di attribuire con sicurezza ogni roccia alla sua età di formazione, conoscendo il contenuto paleontologico (dato che ogni fossile è quasi sempre contemporaneo della roccia in cui si è depositato e dove ora lo si trova imprigionato).

Con lo sviluppo delle perforazioni petrolifere, dove è importante conoscere l'età delle rocce che il pozzo sta attraversando, ma dove la roccia viene alla luce frantumata e apparentemente priva di fossili, è stato adottato un altro procedimento. Poiché molte rocce contengono resti di organismi minuscoli (spesso Protozoi) il geologo le esamina al microscopio, e può così, dal contenuto fossilifero della roccia, risalire all'età in cui si è depositata, insieme ai resti organici che essa contiene.

Altri metodi (come quello radioattivo dell'uranio-piombo) hanno permesso la datazione delle rocce che si sono formate dalla consolidazione dei magmi, cioè di quei corpi giganteschi di materiale fuso che si trovano nelle profondità della Terra e vengono talora a giorno nelle eruzioni vulcaniche. Le rocce magmatiche, dette anche rocce cristalline, contengono in genere dei minerali radioattivi, che tendono a trasformarsi in piombo: dalla percentuale di piombo è possibile risalire all'età in cui si è formata la roccia, con grande precisione. È stato quindi possibile stabilire una successione di età sulla Terra, conoscere con sufficiente esattezza la loro durata e quindi datare le faune e le flore che l'hanno popolata.



La fossilizzazione ha inizio in seguito al seppellimento dei resti di un organismo sul fondo di un bacino marino o lacustre, sotto gli strati di melma, argilla, sabbia o ghiaia che vi si depositano. Molti resti fossili sono stati rinvenuti anche nei bacini fluviali, altri imprigionati dai ghiacci, altri sepolti sotto depositi vulcanici. I vari tipi di fossilizzazione, possono essere riassunti nei seguenti processi: incrostazione, mineralizzazione, diagenesi. Quest'ultimo processo è quello più comune, ma è anche il più lento. Al termine, dopo che i sedimenti accumulatisi nel bacino hanno protetto dalla distruzione l'organismo, ne rimangono solo tracce dello scheletro e delle parti dure. L'incrostazione ha luogo in terreni recenti come i tufi calcarei: quando l'organismo si trova a contatto di acque particolarmente ricche di sali minerali, questi si depositano incrostandolo. Così, viene decomposto e si conserva la forma esterna del corpo. La mineralizzazione avviene da parte di soluzioni circolanti nella roccia; l'organismo viene sostituito molecola per molecola, cosicché le forme ne vengono mirabilmente riprodotte. Un processo di mineralizzazione frequente è quello dei tronchi silicizzati che formano le foreste pietrificate del Colorado.



Le prime forme di vita

Le più antiche tracce di vita, appartengono ad alcuni strani resti di organismi simili a spugne, che vivevano su bassi fondali marini, ed ai quali per lungo tempo si esitò ad attribuire natura di esseri viventi. Si tratta del Cryptozoon, un fossile le cui tracce si trovarono anche in sedimenti più recenti (Cambriaco); è l'essere vivente di struttura più pri-

mitiva (a parte i Batteri) di cui resta traccia. Al momento attuale sappiamo con sicurezza che le prime forme di vita si svilupparono nell'era che è stata denominata dai primi studiosi Azoica, cioè « priva di vita ». Gli esseri rudimentali, come i Batteri, furono i primi; li seguirono gli esseri Unicellulari (Protozoi: nella tavola indicati dai nume-

ri 10 e 14), le Alghe (16), poi i Metazoi, le Meduse (3 e 12), i Vermi (6, 7 e 11), e dopo un certo tempo gli Echinodermi (4), gli Artropodi e via via esseri più complessi. Anche i Molluschi (5) e i Brachiopodi senza dubbio nacquero nel corso dell'Era Azoica (il cui nome dovrebbe quindi essere mutato in Archeozoica, cioè « delle prime forme di vi-

ta »). Nella tavola si vedono ancora Flagellati (1 e 15), Cianoflagellati (9), Polipi (8), il Volvox (2) e la Planula (13). È comune a tutte queste forme l'ambiente marino. Senza l'acqua, i primitivi esseri non avrebbero mai potuto compiere neppure le più elementari funzioni vitali. Molti di essi sfruttavano anche semplicemente i sali contenuti

nel mare: ad esempio alcuni Radiolari, sfruttavano i sali dello Stronzio (un elemento rarissimo, presente in quantità percettibile solo nelle acque marine) per formare il loro scheletro. Sembra che la formazione di uno scheletro vero e proprio si sia verificata solo in uno stadio avanzato dell'evoluzione della vita: ma in realtà, biso-

gna tener conto che molto spesso quello che viene chiamato « scheletro » di un animale non è che una copertura, o protezione, e che una funzione analoga riveste anche la semplice membrana che circonda le cellule. Quindi lo « scheletro » inteso in questo modo, è nato praticamente con la vita: troviamo anzi che proprio gli organismi

più semplici, i Protozoi, ne sono abbondantemente forniti. Al contrario, molti degli esseri primitivi che si muovevano nelle acque dell'Era Archeozoica erano completamente privi di qualsiasi protezione: Meduse e Vermi infatti si muovevano liberamente nel mare senza alcun guscio, difendendoosi con secrezioni di sostanze urticanti dai nemici.

Sono invece dotati di guscio gli esseri che vivono fissi sul fondo: così i Brachiopodi e gli Echinodermi primitivi, le Alghe e le Spugne. Da quei tempi immemorabili, lontani almeno 6 milioni di secoli, Meduse, Vermi, Brachiopodi, ecc. hanno mantenuta intatta la loro struttura primitiva; ma da alcuni di essi sono sorte forme più perfezionate.

L'origine della vita

Lord Rutheford, professore all'Università di Montreal, noto per alcune scoperte di sommo interesse per la fisica atomica, fu il primo a infierire un duro colpo alle teorie dei fisici (quali Lord Kelvin) che attribuivano alla Terra una vita di pochi milioni di anni.

Parlando un giorno dell'evoluzione animale con uno scienziato, professore di scienze naturali presso la stessa Università, gli mostrò un frammento di pechblenda, il noto minerale di uranio e gli chiese: « Quanti anni ha la Terra? ». Al che, l'interrogato rispose che era comune opinione che la Terra si fosse formata da poche decine di milioni di anni.

« Io so, rispose Lord Rutheford, che questo minerale ha settecento milioni di anni ». Questo fu il primo passo verso l'affermazione del pensiero geologico sulla base di dati di fatto sperimentali. Fino a quel momento, si ignorava la velocità dell'evoluzione, in quanto non si conosceva con esattezza la durata delle ere e quindi delle faune che le caratterizzavano.

Si era infatti notato che ogni era e ogni periodo sono distinti gli uni dagli altri per il tipo di animali che vi sono vissuti, e per il tipo di vegetali che ne hanno accompagnato l'esistenza; si era visto che le faune e le flore più ricche sono quelle dei periodi più recenti, mentre i periodi più antichi sono poveri di fossili.

Le rocce più antiche, studiate dallo scienziato Logan in Canada, non avevano fino a quel momento (era il 1904) rivelato nessun fossile sicuro; allora, l'intervallo di tempo che corrispondeva al periodo in cui queste rocce si erano formate, era stato denominato Azoico (senza vita). Ora sappiamo invece, che gli esseri viventi estremamente primitivi che popolavano allora i mari, si trovavano in condizioni di esistenza così inadatte allo sviluppo della vita, che essa era concentrata in ambienti limitati dovuti all'esistenza di situazioni particolarmente favorevoli. Durante l'Azoico si svilupparono diverse forme, e non è illogico pensare che le prime a comparire (tra quelle oggi conosciute) siano stati i Virus (la cui natura è intermedia tra quella degli esseri viventi e la materia inerte) insieme con i Batteri, che hanno una struttura estremamente primitiva e non sono formati da vere e proprie cellule.

Quanto alla loro origine, si può solo dire che fino al momento attuale si è riusciti a riprodurre un Virus in laboratorio, ma non a ricostruire un essere vivente con mezzi artificiali, partendo dai suoi componenti chimici. La ricostruzione del Virus è già stato di per sé un passo in avanti di grandissima importanza: avendo notato che il Virus, all'interno della sostanza vivente, si muove e si riproduce, e che al di fuori di essa assume la forma di minuscoli cristalli inerti, si è riusciti a ottenere la forma vivente immettendo la forma cristallina in cellule animali. Il segreto della ricostruzione vera e propria della vita sta nel concatenare i complessi composti chimici che costituiscono le cellule (proteine e aminoacidi) in modo tale che possano vivere e riprodursi spontaneamente, assorbendo nutrimento dall'esterno in modo autonomo: soluzione finora non raggiunta.

Non è impossibile che in situazioni estremamente eccezionali, giovandosi

di circostanze occasionali (scariche elettriche di fulmini, bombardamento di raggi cosmici, azione di raggi ultravioletti) le reazioni in questione siano avvenute spontaneamente nei mari primordiali della Terra, e negli stagni costieri ricchi di fosfati, di collodi, di composti complessi, sia sorta la vita. Da esseri abnormi come i Batteri e i Virus, si sarebbe arrivati, attraverso una faticosa evoluzione, alle cellule vere e proprie, e quindi si sarebbe assistito alla formazione dei primi esseri composti da più cellule (Metazoi) come i Cryptozoon di cui ci rimangono tracce nei terreni dell'Azoico.

Prima dell'inizio della seconda Era (il Paleozoico) la vita era tuttavia già molto evoluta: erano presenti anche Molluschi, Brachiopodi (esseri simili ai Molluschi bivalvi, fissati al fondo da un robusto filamento) Alghe e forse Artropodi: il periodo di incubazione della vita era durato 2 miliardi e mezzo di anni. Tanto è infatti il tempo trascorso tra il consolidamento delle rocce più antiche (i graniti rodesiani hanno rivelato ai fisici un'età di 3 miliardi e mezzo di anni) e l'inizio del Paleozoico.

Nell'Azoico, la vita rimase confinata nelle acque: gli organismi primitivi avevano necessità dell'acqua salina che portasse nutrimento e disperdesse gli elementi riproduttori (uova o gameti), e che permettesse all'ossigeno di arrivare ai tessuti che lo estraevano direttamente dall'acqua.

Nell'ottobre 1955, gli scienziati Robley Williams e Heinz L. Fraenkel riuscirono a scomporre il Virus che provoca nella pianta del tabacco la malattia nota con il nome di « mosaico », e a ricostituirlo usando le sostanze chimiche che lo componevano.

Ossia, avevano « ucciso » un organismo vivente, avevano diviso gli elementi che lo componevano, poi avevano riunito queste sostanze e il Virus era tornato a vivere.

I Virus sono composti da proteine, le stesse che formano il nucleo delle cellule viventi.

Nella foto a sinistra il Cryptozoon, una delle prime forme di vita dell'Arcaico; a destra, il Virus del mosaico del tabacco ingrandito 50.000 volte.

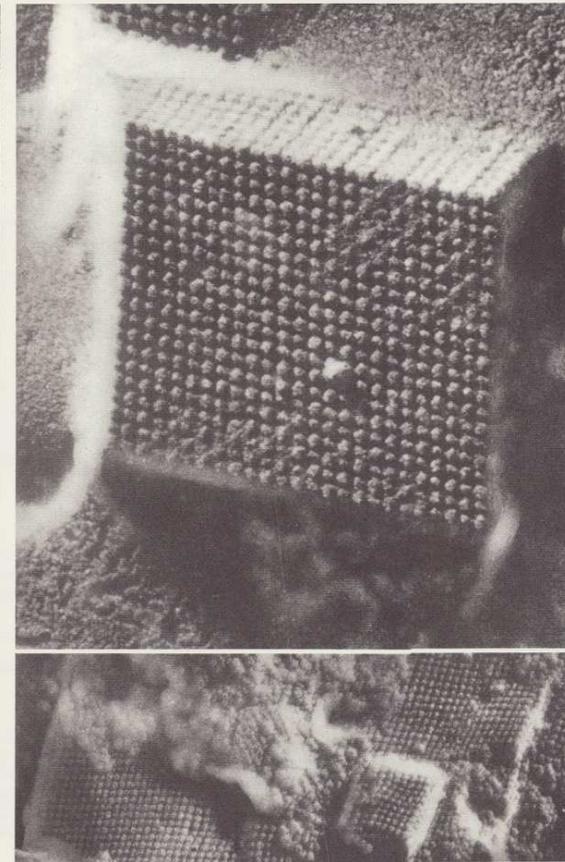
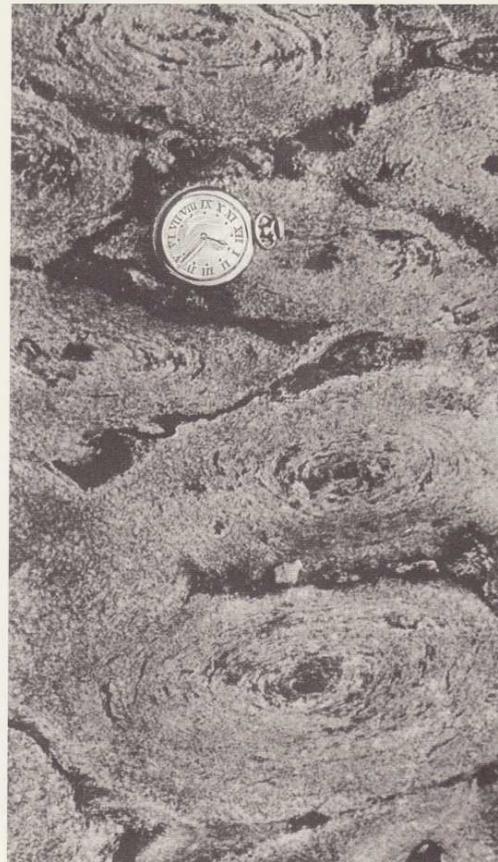


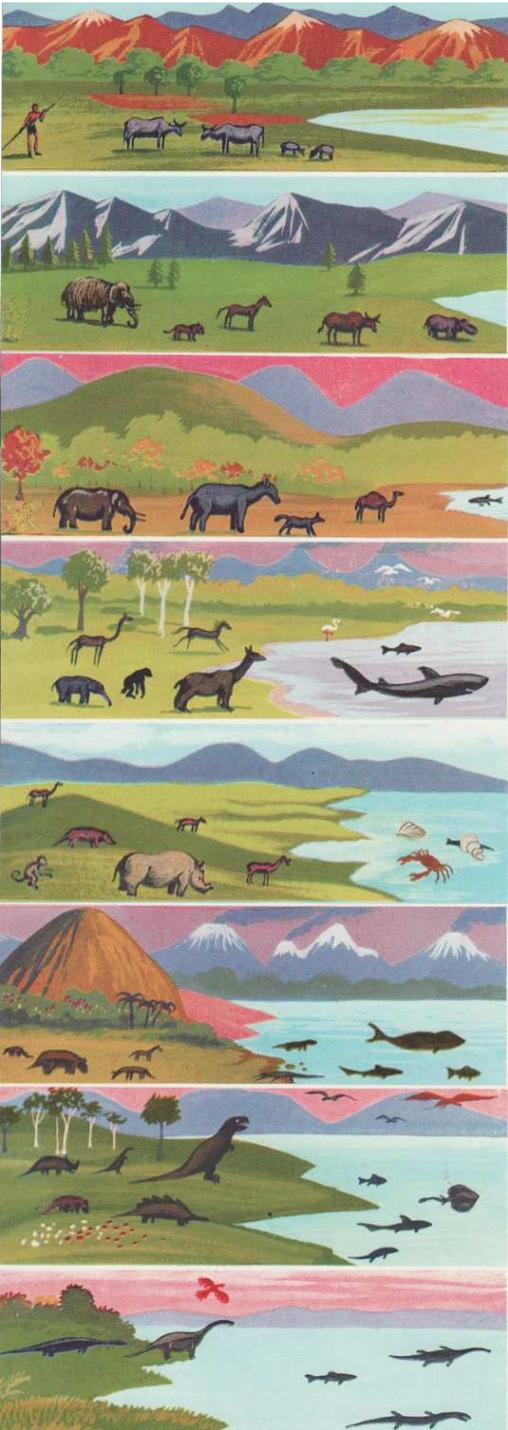
Nella fotografia, sono visibili alcuni graniti del Canada, noti per essere appartenuti ad una delle fasi orogeniche dell'Era Archeozoica, cioè a una delle prime che si sia sviluppata (Algonkico).

Il granito è una roccia eruttiva intrusiva, formatasi cioè nelle profondità della crosta terrestre.

Anche nelle Alpi italiane, secondo recenti studi di grande interesse, molte rocce si sarebbero rivelate più antiche di quanto non si ritenesse in precedenza.

Sarebbe provato cioè che il « basamento » delle Alpi apparterrrebbe all'Archeozoico. I metodi di datazione più sicuri per queste antichissime rocce sono quelli dell'Uranio-Piombo.





Le ere geologiche

QUATERNARIO

dall'epoca attuale a 600.000 anni or sono
Homo

PLIOCENE

da 600.000 a 12 milioni di anni or sono

ANIMALI Hipparion, Pliohippus, Tossunnaria (Caprinide), Aleurodon (Canide)

MIOCENE

da 12 milioni a 25 milioni di anni or sono

ANIMALI Myogypsine, Merychippus, Myohippus, Dinotherium, Mastodon, Moropus

OLIGOCENE

da 25 milioni a 40 milioni di anni or sono

ANIMALI Lepidocyclus, Mesohippus, Protapirus, Brontotherium, Scimmie antropomorfe

EOCENE

da 40 milioni a 60 milioni di anni or sono

ANIMALI Primati, Roditori, Insettivori, Sdentati, Equidi, Camelidi, Bovidi (Eotragus), Titanoteri, Proboscidiati

PALEOCENE

da 60 milioni a 70 milioni di anni or sono

ANIMALI Primati, Roditori, Insettivori, Sdentati, Equidi, Camelidi, Bovidi (Eotragus), Titanoteri, Proboscidiati

CRETACICO

da 70 milioni a 135 milioni di anni or sono

VEGETALI grande sviluppo delle Angiosperme (Quercia, ecc.)

ANIMALI Triceratops, Tyrannosaurus

GIURASSICO

da 135 milioni a 180 milioni di anni or sono

ANIMALI Rettili volanti, Uccelli, Mammiferi primitivi, sviluppo dei Dinosauri (Brontosaurus)

ANTROPOZOICA

ERA CENOZOICA

ERA MESOZOICA

MESOZOICA

ERA PALEOZOICA

ERA ARCAICA

TRIASSICO

da 180 milioni a 225 milioni di anni or sono

grande sviluppo di Conifere, Bennettiti, Cycadali; prime, Angiosperme
VEGETALI
primi Dinosauri (Plateosaurus), Rettili marini, Coccodrilli
ANIMALI

PERMICO

da 225 milioni a 270 milioni di anni or sono

Conifere, Cycadali
VEGETALI
Rettili (Dimetrodon, Edaphosaurus, Tartarughe)
ANIMALI

CARBONICO SUPERIORE

da 270 milioni a 310 milioni di anni or sono

Meganeura, Fusulinidee
ANIMALI

CARBONICO INFERIORE

da 310 milioni a 350 milioni di anni or sono

Muschi, Lyocopodiali erbacee
VEGETALI
Anfibi, Miriapodi, Seymouria (Rettile primitivo)
ANIMALI

DEVONICO

da 350 milioni a 400 milioni di anni or sono

Pteridosperme, Rhynia, Psilotum
VEGETALI
Insetti, Ammoniti, Crossopterigi, Dipnoi
ANIMALI

SILURICO

da 400 milioni a 500 milioni di anni or sono

prime Pteridofite, Muschi
VEGETALI
Stelle di Mare (Asteroidi), Coralli, Scafopodi, Crinoidi, Gigantostraci, Ragni, Scorpioni, Vertebrati (Pesci)
ANIMALI

CAMBRICO

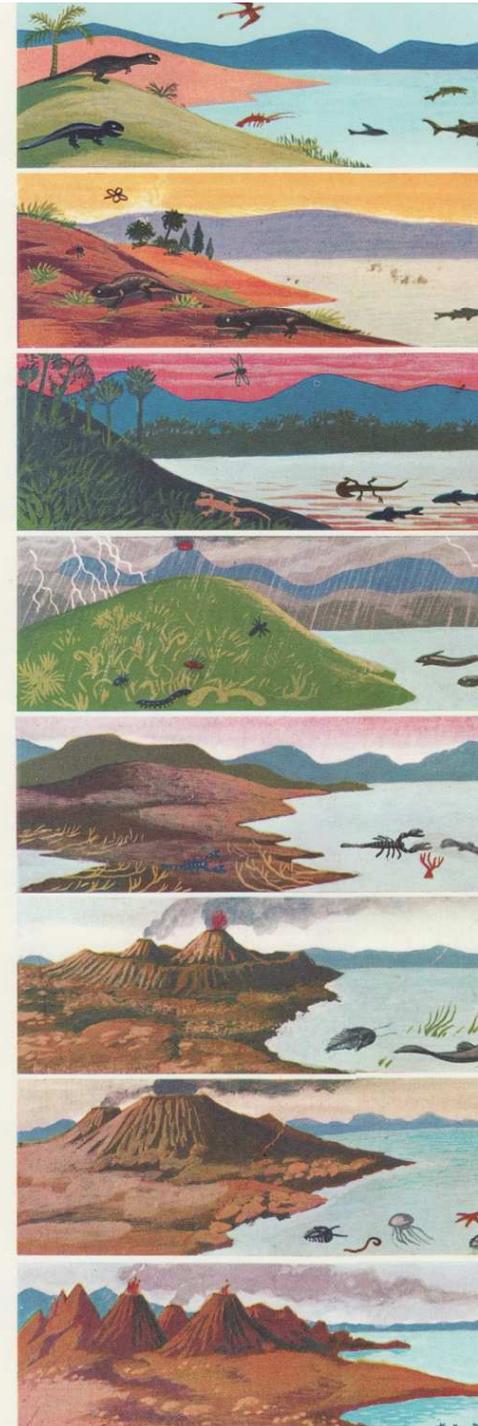
da 500 milioni a 600 milioni di anni or sono

Alge Marine, Funghi, Batteri, Virus
VEGETALI
Archeocyatidi, Echinidi (Ricci di mare), Oloturie, Cistoidi, Briozoi, Trilobiti, Cefalopodi, Lamellibranchi
ANIMALI

PRECAMBRICO

dalla nascita della Terra fino a 600 milioni di anni or sono

Alge Marine, Funghi, Batteri, Virus
VEGETALI
Brachiopodi, Gasteropodi, Echinodermi, Celenterati, Protozoi
ANIMALI



L'Era Arcaica



Gli elementi principali che componevano l'atmosfera primitiva erano il metano, l'acqua, l'ammoniaca e l'idrogeno. La composizione attuale dell'atmosfera è la seguente: azoto (78,08%), ossigeno (20,95%), anidride carbonica (0,03%), idrogeno (0,01 per cento) e gas rari.

Le trasformazioni che dalla composizione primitiva portarono a quella attuale, furono molto lente: l'agente principale che in esse intervenne fu la luce, che agì decomponendo l'ammoniaca e il vapore d'acqua, e producendo così azoto e ossigeno, idrogeno e anidride carbonica (dal metano).

L'intervallo di tempo che decorre dalla formazione della Terra al Cambriaco, cioè fino a quando comparvero le prime rocce abbondantemente fossilifere che testimoniano il rigoglio assunto dalla vita, è molto importante, perché determina il senso dello sviluppo dell'evoluzione.

Durante il suo corso, si verificarono infatti quattro grandi avvenimenti: la formazione di una crosta solida (litosfera) a partire da tre miliardi e mezzo di anni fa, di un'atmosfera, di una idrosfera (mari, oceani, bacini lacustri) e la comparsa della vita.

La formazione della crosta, avvenne attraverso una lunga serie di fasi orogenetiche, con la creazione di catene di montagne ora completamente scomparse e con l'abbozzo degli attuali continenti. Questi primi nuclei continentali sono ora completamente pianeggianti e ridotti, come si usa definirli, a scudi. Così abbiamo ora lo Scudo canadese, lo Scudo baltico e lo Scudo africano, che costituiscono i primi nuclei delle Americhe e dell'Africa.

Dell'Asia si conoscono diverse zone costituite da formazioni precambriche tra cui la Siberia; tre di esse si trovano in Cina, alcune altre in India e Indocina. Tutta la parte occidentale dell'Australia è costituita da un continente precambrico. Intorno a questi nuclei continentali, di cui è nota molto approssimativamente la forma, si estendevano gli Oceani, che presero origine dalla graduale condensazione del vapore acqueo dell'atmosfera e di quello di origine endogena, sprigionato cioè dall'interno della crosta terrestre soprattutto nelle zone vulcaniche. L'atmosfera, da una composizione molto diversa da quella attuale, essendo allora costituita da vapore acqueo, metano, acetilene, idrogeno, ammoniaca, acquistò a poco a poco una natura differente, per l'azione della luce sul vapore acqueo e sull'ammoniaca, oltre che per la rarefazione dell'idrogeno. Questo elemento, si ritiene che si sia disperso nello spazio per effetto della sua leggerezza. Dalla decomposizione del vapore acqueo avrebbe avuto origine l'ossigeno e da quella dell'ammoniaca, l'azoto, che ora sono i gas prevalenti, con l'anidride carbonica, nell'atmosfera. Questa trasformazione, e la creazione della litosfera, resero possibile lo sviluppo della vita, che è quindi posteriore a questi due fenomeni: in circa 2 miliardi di anni, si crearono le premesse per il successivo grande sviluppo del regno dei viventi.

Estinzione delle specie

Già nell'Azoico, si registrò un fenomeno impressionante: le specie che apparivano in pieno sviluppo declinavano e nel Paleozoico non ne troviamo tracce. Nacque con questa constatazione il problema dell'estinzione delle specie, che investe interi ordini di esseri viventi.

La paleontologia infatti dimostra che le specie, proprio come i singoli individui, nascono e muoiono. Pochissimi sono i generi che dal Paleozoico si sono protratti fino ai nostri giorni, veri « fossili viventi ».

Nel corso di questo breve riepilogo della storia della Terra, si vedranno

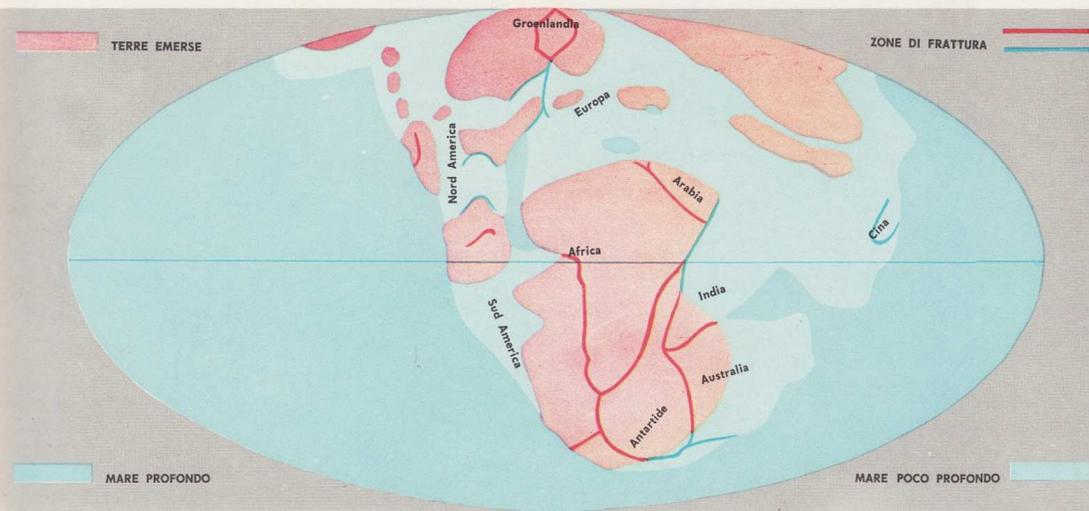
molti esempi di questo fenomeno, e si potrà notare che le cause principali della estinzione delle specie sono: aumento eccessivo delle dimensioni degli individui di una stessa specie, acquisizione di ornamenti ossei inutili, come corna, scaglie e corazze che impediscono i movimenti; cambiamenti climatici; intervento di esseri più dotati che cacciano o distruggono i più deboli; avanzata dei mari o nascita di montagne nei luoghi dove la specie stessa è sviluppata, creando condizioni inadatte alla sopravvivenza.

La specializzazione consiste nell'adattamento dell'animale a un particolare ambiente e a un solo tipo di attività, che li porta, ad esempio, a nutrirsi di un solo tipo di cibo. Così, gli esseri esclusivamente vegetariani in clima arido sono destinati a perire, se non sono dotati di capacità di movimento tali da permettere loro di raggiungere località più umide.

Resta ancora un interrogativo, a chi contempla il quadro dell'evoluzione della vita sulla Terra: come e perché gli esseri si evolvono continuamente da forme rudimentali a forme più perfezionate. Questo meccanismo è tuttora sconosciuto nei dettagli; tuttavia sappiamo che la causa principale è insita nella struttura delle cellule, e in particolare nel numero dei filamenti che è possibile individuare nel loro nucleo (i cromosomi): cambiamenti nella disposizione e nella composizione dei cromosomi e dei corpuscoli che vi si trovano in grandissimo numero (i geni) influiscono sull'aspetto dell'animale. Una mutazione, cioè un cambiamento radicale e persistente della natura dell'animale, si afferma solo se le condizioni ambientali lo permettono. Cioè, in definitiva, se il mutamento porta dei vantaggi la nuova specie si afferma, altrimenti perisce più o meno rapidamente.

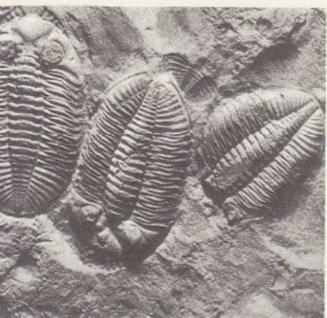
Il quadro che abbiamo esposto della storia della vita è molto schematico; esso, d'altronde, è talmente complesso che vi sono immensi e gravi interrogativi ancora insoluti, che investono non solo il campo scientifico, ma anche quello religioso. Per quanto riguarda la scienza, i suoi progressi continueranno ancora, cosicché ci si può attendere, in un futuro non lontano, la risposta a molti dei problemi ancora in discussione, e quindi una visione più chiara delle nostre origini e del nostro destino.

Così si presentava la Terra circa 500 milioni di anni fa. C'è un grande mare, la Tetide, esteso dai Pirenei e dalle Alpi fino alla catena dell'Himalaia (naturalmente ci riferiamo alle regioni occupate oggi da queste catene di montagne, che allora non esistevano). A Sud di questo immenso mare si stendeva un vasto continente, il Gondwana, che riuniva in una unica massa le terre destinate a dare origine, in seguito, all'Africa, all'America meridionale, al Madagascar, all'India e a parte dell'Australia. Questo è l'aspetto della Terra secondo una delle più audaci teorie che siano state elaborate da uno scienziato. Il tedesco Wegener osservò che esistono notevoli rassomiglianze fra la costa americana e quella africana da un lato e quella asiatica dall'altro, e concluse che i continenti derivano dal frazionamento di una sola, grande terra emersa (la Pangea). A causa del moto di rotazione della Terra, i continenti, galleggiano come zattere sul Simi avvisoso, si allontanano gli uni dagli altri e giungeranno ad occupare la posizione attuale.



L'Era Paleozoica.

Cambrico: la vita nei mari



Benché scomparse da moltissimo tempo, i Trilobiti si trovano numerosissime allo stato fossile.

In alcuni casi i loro resti si sono accumulati sul fondo marino in numero così grande che li si conosce in ogni stadio della vita: i più giovani si presentano come conchiglie ovali, leggermente arcuate; in seguito i tre lobi si fanno più netti e infine si ha un artropodo con articolazioni chiaramente riconoscibili. Molti Trilobiti potevano, nonostante la loro corazza, arrotolarsi su se stessi, in modo da formare una pallottola stretta, alcuni erano ciechi, altre avevano occhi grandissimi.

La maggior parte viveva sul fondo melmoso oppure nuotava a poca distanza dal fondo. Sulle loro abitudini di vita sono state fatte molte supposizioni. Si ritiene che alcuni dovevano essere audaci cacciatori pronti a scagliarsi sugli altri animali con rapida corsa; altri vivevano come pacifici vegetariani e si accontentavano di brucare le Alghe.

Gli affioramenti di rocce precambriche rivelano subito che gran parte di esse hanno subito intense trasformazioni dopo la loro deposizione, sia per i movimenti che le hanno coinvolte, sia per l'alta temperatura cui sono state sottoposte nel corso del sorgere delle catene montuose. Per quanto una parte delle rocce precambriche sia stata preservata dal metamorfismo (sotto questo termine sono indicate queste trasformazioni intense subite dalla roccia) è difficile trovare in queste rocce fossili ben conservati, data la estrema rarità degli esseri viventi in quei tempi. Conosciamo inoltre troppo pochi depositi marini dell'Era Archeozoica, e sappiamo che le prime forme di vita si avevano esclusivamente nell'acqua. Con il Cambrico, aumentarono invece notevolmente le possibilità offerte dall'ambiente, l'atmosfera si fece più ricca di ossigeno, le acque più profonde e tranquille. Le faune risentirono un notevole beneficio di questi mutamenti, e poterono espandersi su tutto il globo. Veniamo così a possedere resti fossili di molti Artropodi, tra i quali predominano i Trilobiti, Molluschi, Brachiopodi, Echinodermi (Cistoidi, Crinoidi, Asteroidi, Oloturoidi); la flora era invece rappresentata da poche Alghe, di cui ci restano tracce mal conservate. Tra i Metazoi si conoscono gli Archeocitidi, simili a Spugne con una impalcatura calcarea; essi sono i più antichi organismi costruttori di scogliere, solo più tardi imitati da Alghe e Coralli. Il mondo in cui vivevano questi esseri, si può considerare solo un abbozzo di quello attuale: nel Nord Europa emergeva lo Scudo baltico, circondato da mari di poca profondità, nel Nord America lo Scudo canadese si protendeva con un vertice fino al Tennessee, costeggiando gli attuali Appalachi; nell'Europa meridionale un piccolo nucleo continentale era localizzato tra Spagna e Sardegna. In questo ambiente, la vita strettamente confinata nelle acque si consolidava e si preparava al grande sviluppo del periodo successivo.

Non si deve credere comunque, che nel corso del Cambrico il numero degli esseri viventi fosse ridotto. Dal numero dei resti fossili che ci sono pervenuti, sappiamo che erano invece molto diffusi piccolissimi esseri unicellulari (il cui corpo era cioè costituito da una sola cellula), dotati di un guscio o di una semplice protezione di calcare. La forma di questi esseri è per la maggior parte sconosciuta, per il cattivo stato di conservazione dei fossili. Di alcuni di essi conosciamo invece pressoché tutto: dall'elegantissima forma esterna alla struttura dello scheletro, all'anatomia delle varie, delicate parti. Si tratta di organismi che si sono conservati fino ai nostri giorni senza mutare affatto le loro caratteristiche fisiche, come hanno fatto la massima parte degli esseri, travagliati da una continua evoluzione.

Si tratta dei Radiolari, minuscoli rappresentanti di un mondo scomparso da 500 milioni di anni.

Degli animali vissuti nel Cambrico, molto spesso non restano che tracce molto enigmatiche, alcune delle quali oggetto di discussione e polemiche. Sono in genere tracce che gli animali, strisciando o muovendosi sul fondo marino, lasciano impronte nella sabbia, e che talora sono rimaste conservate fino ai nostri giorni. Le « piste » di questi antichissimi animali, vennero rinvenute da Logan (lo stesso

scienziato che in seguito avrebbe rivelato l'esistenza di esseri viventi nell'Archeozoico); egli stesso, quando vide le impronte, sostenne che si trattava delle orme di qualche specie di tartaruga; alla fine, si constatò che si trattava delle orme di « qualche forma di crostaceo, appartenente a una famiglia completamente diversa da quella dei Crostacei di oggi ». Impronte simili vennero ritrovate in seguito anche nello Stato di New York, confermando l'importanza della scoperta; questa volta si rinvenne anche il fossile dell'animale responsabile di quelle impronte: un Trilobite.

Su questi misteriosi esseri dovette soffermarsi l'attenzione di Hall, quando intraprese lo studio dei fossili dello Stato di New York, che poi rimase celebre perché costituisce la raccolta più completa e dettagliata delle forme di vita del Paleozoico. I Trilobiti, simili all'attuale Limulo, hanno l'aspetto di Crostacei, coperti come sono da una corazza che talora non lascia neppure spazio per gli occhi. Di forma ovale, appiattiti, il loro corpo è suddiviso in un grande numero di segmenti, ognuno dei quali reca quattro paia di zampe, che servivano sia per il nuoto, sia per lo spostamento sul fondo. Data la grande complessità della loro forma, si possono considerare gli esseri più perfezionati allora viventi: i veri dominatori dei mari cambrici.

Il Cambrico è il periodo più lungo fra tutti quelli conosciuti, ed è uno dei più tranquilli della storia della Terra, perché nel corso di ben 90 milioni di anni non si verificò alcun mutamento sostanziale della crosta terrestre: i bacini marini andavano riempiendosi di sedimenti asportati dai continenti e dalle montagne formatesi nel corso dell'Archeozoico, approfondendosi lentamente.

Solo al termine del Cambrico la tensione cui era sottoposta la crosta terrestre ebbe ragione della sua resistenza, e si sviluppò un movimento orogenetico, cioè di sollevamento di nuove montagne.

Un aspetto della vita nei mari del Cambrico.

1. Marrelle
2. Spugna
3. Burghessia
4. Alghe
5. Paleospugna
6. Himenocaride
7. Spugne silicee
8. Brachiopode
9. Trilobite
10. Spugna
11. Vermi
12. Verme sagitta
13. Meduse
14. Gasteropodi
15. Spugne silicee
16. Trilobite gigante
17. Siderea
18. Grafoliti





Forme di vita dell'Era Paleozoica

Ecco, in una rapida rassegna, i personaggi che si sono affacciati sul paleocenico della Terra dagli inizi del periodo Cambrico alla fine del Silurico. Tra le piante nei mari compaiono le Alghe, mentre la *Barangwanathia*, piccola pianta vascolare, è tra le prime ad avventurarsi sulla terraferma. Moltissimi nei mari sono gli animali, e tra questi:

Le Spugne (indicate nella tavola con il numero 23).
 I Celerati, che si diffondono ampiamente nel Silurico. Hanno forme più semplici degli attuali. Ricordiamo Coralli (5, 10 e 11), Attinie, Meduse, Anemoni di mare.
 I Brachiopodi (9), come le Dafnie (3), vivevano attaccati al fondo.
 I Briozoi (13 e 26), animali

piccolissimi, fissi, riuniti in colonie numerose dall'aspetto di Coralli.
 I Ricci di mare (15), abitanti dei fondi marini, si nutrono di prede vive. Svilupparono un guscio di protezione grossolanamente sferico, costituito da un delicato mosaico di placche sapientemente incastrate. La superficie esterna del guscio veniva arricchita di aculei.

Blastoidi, Cistoidi, Crinoidi (4, 17, 21 e 24), Stelle marine (16), raggruppati, unitamente ai Ricci, tra gli echinodermi. Naturalmente le forme apparse in questo periodo non sono identiche a quelle che vivono oggi nei nostri mari.
 I Gasteropodi (14), gruppo di molluschi comprendente un vasto numero di forme; strisciano su un organo locomoto-

re detto « piede » e triturano il cibo con la radula, una lingua-raspa.
 I Trilobiti (1, 2 e 7).
 I Graptoliti (6 e 8).
 Gli Anellidi (18), vermi del fondo marino.
 Pterobranchi, gruppo di animali marini comprendente forme fisse. Hanno un tubo digerente a forma di ferro di ca-

vallo. Prima della bocca hanno un caratteristico disco cavo.
 I Cefalopodi, gruppo di molluschi marini prettamente predatori. Sono caratterizzati dal possedere un capo provvisto di tentacoli. In quest'ordine dei Cefalopodi, si sviluppano in seguito le Ammoniti, (tipo *Nautilus*), le Belemniti (affini ai calamari e alle seppie). Qui un nautiloide gigante (12).

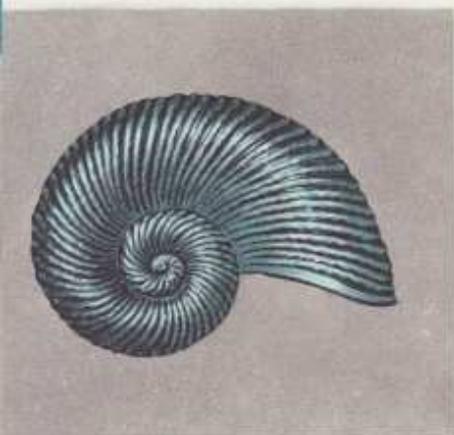
I Gigantostriaci, dal corpo rivestito di uno scheletro esterno, lunghi fino a 3 metri, che si diffondono rapidamente nei mari costieri.
 Gli Agnati (19), esseri pisciformi sprovvisti di mascelle.
 Gli Ostracodermi, pesci corazzati (rivestiti di uno scheletro esterno dal quale fuoriesce una breve coda a forma di pinna che consente un certo mo-

vimento). Essendo sprovvisti di mascelle, si cibano suggerendo le sostanze nutritive. Pure esseri pisciformi sono gli Eterostriaci (22) e gli Archeostriaci (25).
 Lo Scorpione terrestre si differenzia invece dallo Scorpione marino (20), ed è tra i primi animali ad avventurarsi sulla terraferma.



Ricostruzione di un *Compsognathus*, rettile che correva sulle zampe posteriori. Molti ritengono che da esso siano in seguito derivate le forme che condussero alla trasformazione dei Rettili in Uccelli.

Ammonite del Giurassico. E questo il *Lytoceras*, una delle Ammoniti più diffuse nei mari di questo periodo. Le Ammoniti erano Cefalopodi che avevano il caratteristico guscio a spirale piana strettamente avvolta, ricchissime di specie e di generi, la cui evoluzione è stata studiata così accuratamente che molte di esse si possono considerare fossili-guida di molte età.

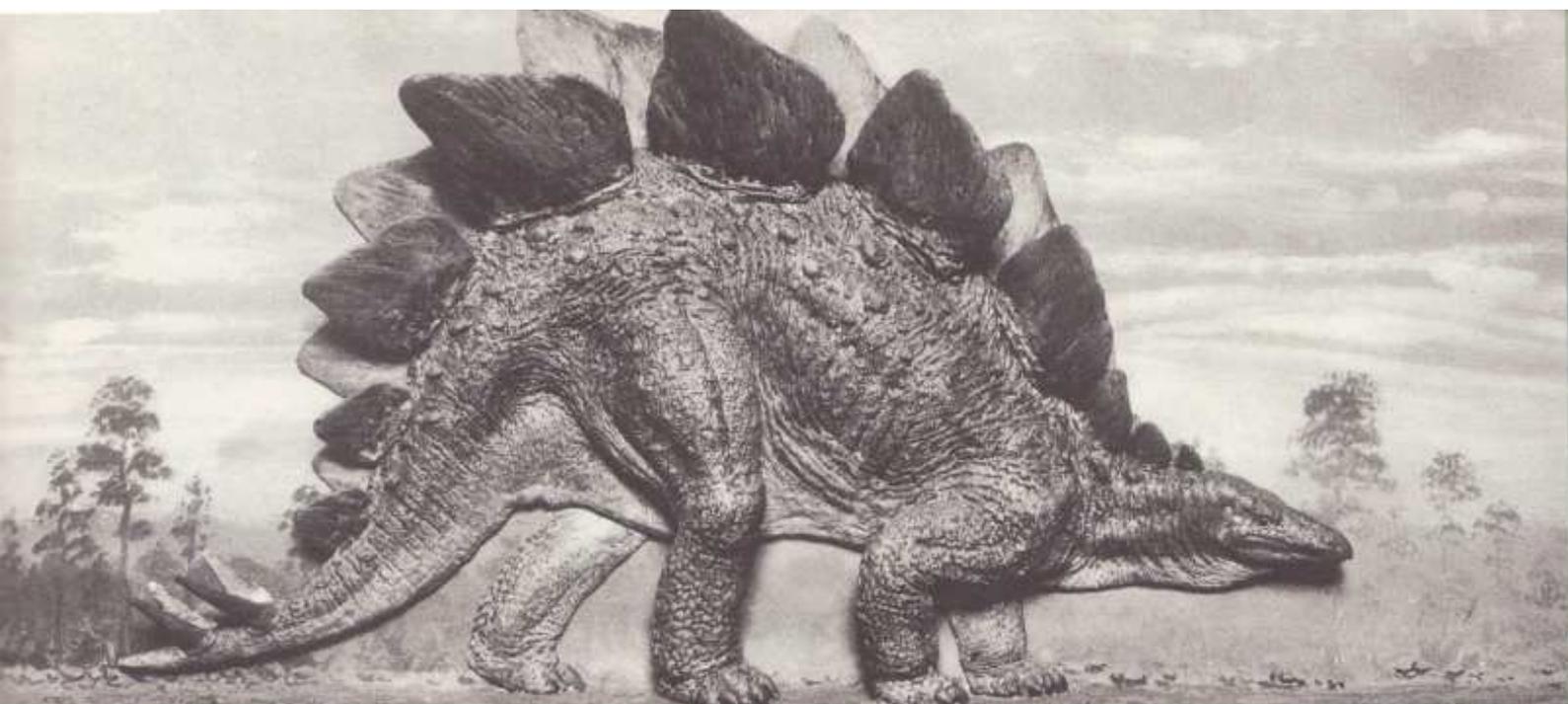


Giurassico: i Dinosauri

Nel corso del Triassico, il grande bacino da cui sarebbe sorta la catena alpina si era andato lentamente delineando. Molti rilievi emergevano tuttavia dalle acque, a testimonianza dell'antica catena ercinica che dal Paleozoico era sottoposta all'incessante azione dell'erosione. Il Giurassico inizia con una progressiva avanzata delle acque anche su questi pochi rilievi. In Europa, il fenomeno può essere considerato generale; in Italia, e in Francia, ciò risulta in modo molto evidente. Tipiche sono in Italia le ripercussioni di questo fenomeno, e in Lombardia si può osservare la lenta avanzata del mare giurassico sulle coste di un'isola (o penisola) detta Ceresia, situata in corrispondenza del Canton Ticino.

L'evoluzione proseguì regolarmente e portò a nuove forme: dal gigantesco *Plateosaurus*, vissuto nel Triassico, si passa al *Camptosaurus* e allo *Stegosaurus*. Alla fine del Giurassico troviamo anche il *Brontosaurus*, che viveva esclusivamente di vegetali. Queste tre forme, dimostrano con le loro enormi dimensioni (anche 23 metri di lunghezza!) che è in atto un fenomeno di invecchiamento tra i Rettili, di cui il gigantismo è uno dei sintomi più evidenti. Non esistendo infatti allora nessun altro gruppo di animali capaci di contrastarli, i Rettili proliferano un gran numero di forme dalle caratteristiche fisiche incredibilmente goffe, e dalle capacità di difesa praticamente nulle.

A questo si aggiunge l'estrema specializzazione raggiunta da alcuni generi: ad esempio il *Brontosaurus*, che raggiungeva talora 30 metri di lunghezza, viveva immobile nel fango delle paludi dal quale era incapace di spostarsi data la sproporzione fra il peso corporeo e la forza degli arti. Sappiamo oggi che migliaia di Ippopotami (animali che pure sono dotati di una certa mobilità) muoiono ogni anno quando laghi o fiumi in cui vivono si disseccano e li imprigionano nel fango; possiamo quindi comprendere come simili esseri non avessero nessuna possibilità di sopravvivere ai mutamenti climatici e ambientali che si verificano spesso nella storia geologica. Accanto a forme così paradossali, si svilupparono i Rettili carnivori (*Allosauro*) ed alcuni di essi acquistarono la capacità di volare. I Rettili, prima degli Uccelli, iniziarono la conquista dell'aria. I primi, tra questi Rettili volanti, erano vere e proprie creature d'incubo (come ad esempio il *Ramphorhynchus*) dalle ali membranose e falcate, il lungo rostro dentato e la coda in tutto simile a quella dei Rettili terricoli. Solo nel Giurassico superiore troviamo tracce del primo vero Uccello (*l'Archaeopteryx*). I suoi resti sono meravigliosamente conservati nella pietra calcarea di Solenhofen, in Baviera, in cui sono contenuti i resti fossili di molti altri animali contemporanei dell'*Archaeopteryx*. Le dimensioni del primo Uccello conosciuto erano piuttosto ridotte (quelle di un colombo) ma il piumaggio era abbondante, le ali lunghe; il suo becco appuntito rivela la sua attività di predatore. Parallelamente, anche nei mari i Rettili si imposero. Il più conosciuto fra i Rettili marini di questo periodo è l'*Ittiosauro*, i cui primi reperti risalgono ai primi anni del 1800, e che era famoso già all'epoca in cui Cope iniziò ad occuparsi di Paleontologia. Questo Rettile, in tutto simile a un Delfino, aveva dimensioni modeste, ma una grande attitudine alla caccia, dotato com'era di organi adattati al nuoto, simili a larghe pinne, e di una



notevole chiostra di denti. L'Ittiosauro (il cui nome significa Rettile-pesce) è il primo di una lunga serie di predatori carnivori, destinati a cancellare una buona parte delle specie predominanti nei mari giurassici. Nelle acque, gli esseri inferiori, quali i Cefalopodi, sono in questo momento in pieno rigoglio, con numerosissime specie di Ammoniti. Sui continenti, pochi Mammiferi equilibrano parzialmente l'assoluto predominio dei Rettili. I primi Mammiferi, piccoli e poco evoluti, sono Marsupiali. Questo indica che il nato non è completamente indipendente dal corpo della madre che dopo un periodo più o meno lungo; pur costituendo un progresso rispetto ai Rettili (che non sono dotati di sangue a temperatura costante e devono trascorrere prima della nascita un periodo di incubazione nelle uova), i primi Mammiferi hanno struttura molto primitiva.

Nel disegno in alto è rappresentato uno Stegosaurus, uno dei Rettili giurassici più noti, sia per le dimensioni, sia per la doppia fila di grandi piastre ossee che dal capo alla coda ne seguivano tutta la colonna vertebrale. È questa l'epoca in cui inizia l'affermazione dei Dinosauri, esseri sempre più o meno mostruosi, come quelli qui sotto rappresentati.





Forme di vita dell'Era Mesozoica

Fitte foreste, pianure vaste e paludose, clima caldo e umido per tutto l'anno, ecco l'ambiente ideale per accogliere i nuovi animali che si erano affacciati alla ribalta: i Rettili. Tra i primissimi (o il primo?) fu il Seymouria, tozzo, sgraziato, dal cranio massiccio ereditato dagli antenati Anfibi. Poi l'Edaphosaurus, lungo fino a sette metri, con sul dorso

una altissima cresta sorretta da spine ossee. Si cibava di foglie, che triturava nelle vaste fauci simili al becco di una gigantesca tartaruga. Di costumi differenti era il Dimetrodon, che, simile all'Edaphosaurus nell'aspetto, era armato di denti affilati con i quali dilaniava le prede. Questi i capostipiti. Poi, in breve tempo, lo sviluppo di

venne così rapido che rettili di ogni forma e dimensione conquistarono ogni ambiente. Compagno così lo Stegosaurus (indicato nell'illustrazione con il numero 8), l'Anatosaurus (12) e tanti altri mostri, anche di dimensioni minori, come il Triceratops (16). Il più noto fra i giganti è il Brontosaurus "rettile tonante". Il lunghissimo collo e la

coda costituivano la maggior parte della sua lunghezza (raggiungeva persino i 25 m); il suo peso si aggirava sui 350 quintali, qualcosa come una decina di elefanti messi insieme. Benché così enorme, il Brontosaurus non possedeva nessun mezzo di difesa ed era facile vittima dell'Allosaurus, lungo circa 10 metri; dalle enormi

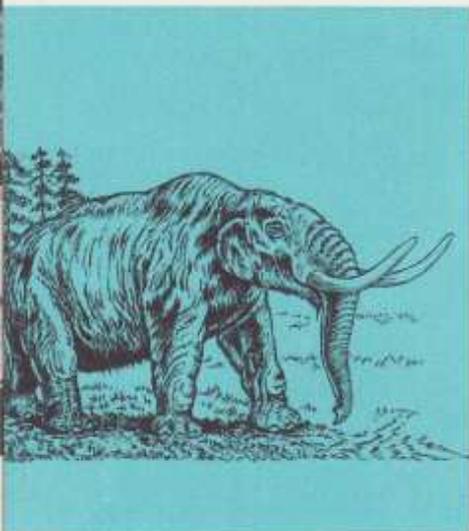
faucci armate di denti simili a spade. Un altro terribile rettile fu il Tyrannosaurus (11), alto 15 metri. Esso può ben essere considerato l'animale più feroce che sia mai esistito sulla Terra. Le zampe anteriori erano munite di artigli di ferro; le mascelle, che superavano il metro di lunghezza, erano armate di denti lunghi più di 15 cm.

Tra gli altri giganti, ecco il Diplodocus (3), lungo 25 metri; il Camarasaurus, che raggiungeva i 40 m; e, in ultimo, il Gigantosaurus, che superava abbondantemente anche queste dimensioni. Oltre a queste una infinita schiera di altre mostruose creature popolò la terra durante l'Era Mesozoica. Nei mari regnava il Mosasaurus, lungo fino a 40 m e con la

bocca armata di numerosissimi denti lunghi ed aguzzi; l'Ictiosaurus (14), agile e veloce, dalla linea aerodinamica simile a quella dei Delfini, e l'Elasmosaurus (15). Nell'aria volava il Ranzorincus (2), piccolo rettile non più lungo di 80 centimetri, l'Archaeopteryx (4) e l'Ictornis (10). Ben più grosso e terribile era il Pteranodon (13),

mentre altri rettili volanti si spingevano lontano sul mare aperto. Poi, dopo aver dominato sulla Terra per oltre 190 milioni di anni, quasi tutti i rettili scomparvero. La flora di quest'epoca vede affermarsi Araucarites (1), Palme e palmizi (6, 7 e 9), Cycadeoidee (5), Magnolie (17) e Cornioli (18).

I giganteschi ciclopi



Tra i Proboscidi dell'Era Terziaria, si distinguono alcuni gruppi fondamentali, come i Meriteri, una delle forme piú primitive, i Dinoteri, gli Stegodonti, i Mastodonti e gli Elefanti. Questi ultimi erano ancora in piena fase evolutiva quando si verificarono variazioni climatiche che li costrinsero a nuovi adattamenti. La possibilità di effettuare questi adattamenti permise loro di sopravvivere.

« In una grotta presso Trapani, abbiamo trovato oggi alcune ossa gigantesche, appartenenti, senza alcun dubbio, al ciclope Polifemo... »

Questo scriveva Giovanni Boccaccio, il piú grande novelliere del Medio Evo, dopo un'esplorazione effettuata in una grotta presso Trapani. Anche Empedocle da Agrigento, vissuto nel 400 a.C., affermava che, nelle caverne presso le coste della Sicilia, esistevano le « testimonianze sicure » che quei luoghi, nel passato, erano stati abitati da una stirpe di giganti.

Veniva cosí confermato l'episodio, narrato da Omero, del gigante Polifemo accecato dall'astuto Ulisse. C'erano le prove: dei crani enormi con un foro in mezzo alla fronte. Il foro era il segno caratteristico dell'unica occhiaia dei ciclopi.

Oggi, quei crani sono conservati nel Museo dell'Università di Palermo. Un cartello li classifica come crani elefantini. Quell'occhiaia cosí grande, è semplicemente il foro nasale; il foro di quell'enorme appendice di cui sono forniti gli Elefanti.

Niente ciclopi; solo degli enormi animali, i piú grandi esseri che si muovevano e dominavano sulla terraferma agli inizi dell'era Quaternaria: i Proboscidi.

Questi hanno avuto una lunga storia evolutiva durante tutta l'era Terziaria; una storia che ha raggiunto il massimo apogeo circa un milione di anni fa, agli inizi dell'era Quaternaria.

La prerogativa piú appariscente di questo gruppo è la proboscide. Occorre però precisare che non tutte le 350 specie che formano il gruppo, erano provviste di una lunga appendice nasale. Il Meriterio (*Moeritherium*), sicuramente il piú antico dei Proboscidi, era di modeste dimensioni (non superava i 70-90 centimetri di altezza); non aveva proboscide, ma solo labbra allungate a forma di breve proboscide e gli incisivi erano trasformati in piccole zanne.

Il *Phiomya*, un'altra forma primitiva di Proboscidi, era grande quasi il doppio del Meriterio. Raggiungeva i 140 centimetri di altezza, aveva un abbozzo di proboscide e gli incisivi inferiori curvi ed appiattiti, destinati, forse, a scavare il terreno. I Proboscidi che seguono aumentano di dimensione; modificano le strutture ossee della testa e di altre parti dello scheletro; si differenziano in forme diverse. Cosí, tra i Proboscidi dell'era Terziaria, si distinguono cinque grandi gruppi: i Meriteri (i piú... primitivi) e i Dinoteri, i Mastodonti, gli Stegodonti e gli Elefanti.

Il gruppo de Mastodonti, molto numeroso, era rappresentato da circa 25 generi diversi; oggi, in quasi tutto il mondo, riaffiorano i resti di questi animali giganteschi. Ce n'erano di tutti i tipi: da quelli con una proboscide corta, mascelle lunghe e quattro zanne, come il *Trilophodon osborni*, al gigantesco *Mastodon americanus*, con lunga proboscide e le zanne portate dalla mascella superiore e il cui aspetto si avvicinava a quello degli Elefanti.

Pochissimi Mastodonti sopravvissero alle nuove condizioni climatiche che vennero a verificarsi con l'inizio dell'era Quaternaria; ma la loro estinzione non fu totale. Alcuni riuscirono a superare persino l'ultima glaciazione, poi scomparvero.

Migrazioni degli Elefanti

Piú complicata, e ancor oggi non completamente conosciuta, è la storia degli Elefanti. Ecco, in una sintesi necessariamente incompleta, la storia della loro diffusione che, iniziata nel Sud Africa, trova, alla fine dell'era Terziaria un secondo centro di diffusione nell'Asia Meridionale.

Dall'Asia Meridionale, i Proboscidi si diffondono, in gruppi, in Europa, nel Nord Africa e nel Nord America. Praticamente non esistono regioni della Terra dove i Proboscidi non siano giunti; soltanto il circolo polare ha costituito per essi, come per altri animali, una barriera insormontabile.

I resti fossili di elefanti, vissuti nella seconda glaciazione (detta di Mindel), ci mostrano già due tipi distinti: l'*Elephas antiquus* che si nutre di polloni d'albero; l'*Elephas trogonterii*, che si nutre di erbe. Sono stati rinvenuti fossili di elefanti appartenenti a specie di transizione tra i due tipi (antico e trogontero); e, nei luoghi dove il clima ha subito cambiamenti meno rigorosi, sono stati rinvenuti resti fossili di elefanti simili a capostipiti, come l'*Elephas meridionalis*, visto in Italia.

Con la terza glaciazione (detta di Riss) si hanno nuovi adattamenti al clima freddo e la comparsa di una nuova specie, l'Elefante primogenio o Mammuth viloso. I Mammuth predominano su tutta l'Europa settentrionale.

Tutti i tipi riescono a superare la fase piú difficile della quarta glaciazione (detta di Würm), ma, alla fine di questa, tutti i gruppi si estinguono, eccetto le ultime mandrie di Mammuth che sopravvissero in Siberia fino a pochi millenni orsono.

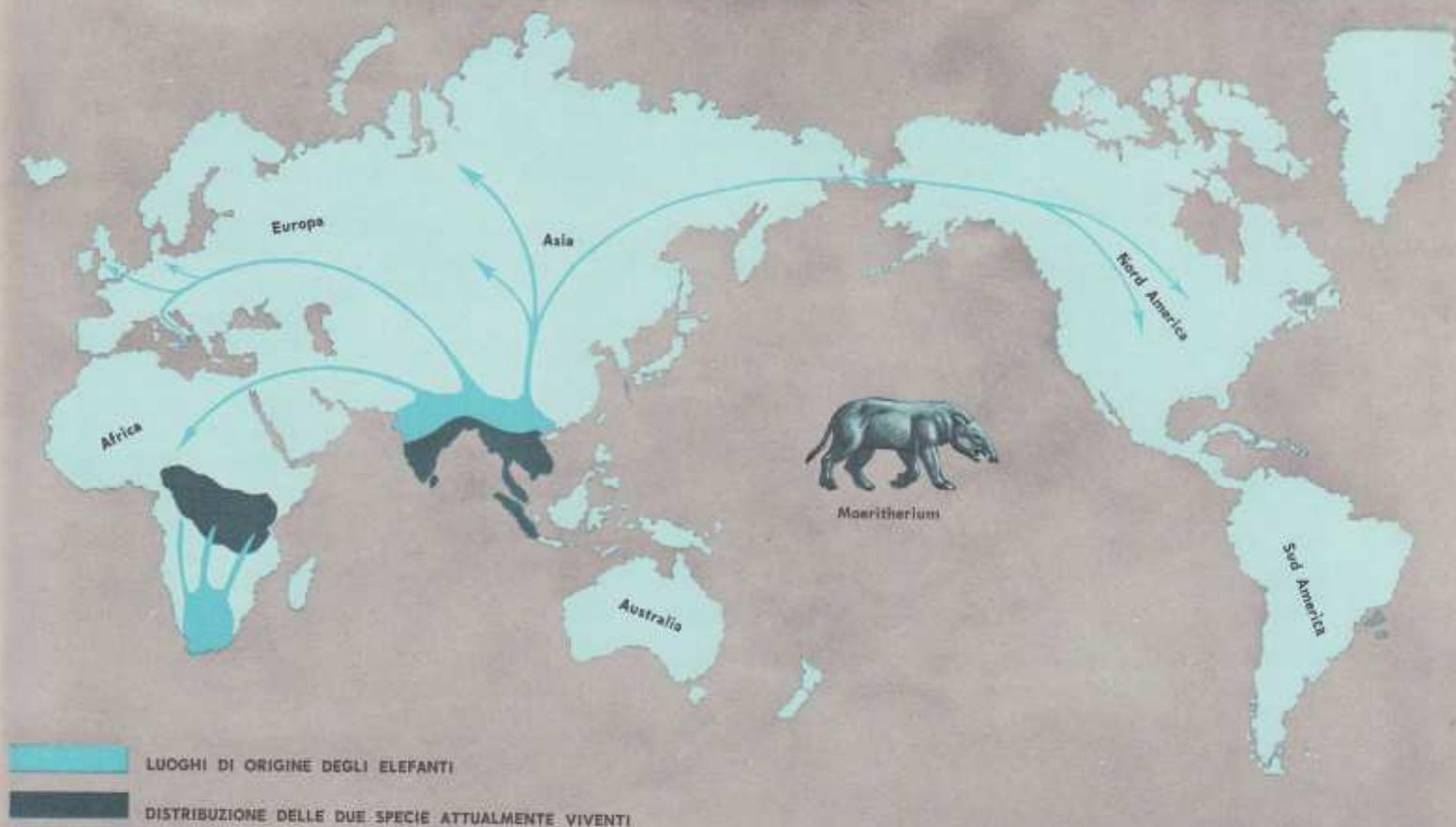
Gli elefanti migrati nel Nord America hanno una storia piú o meno simile a quella degli elefanti europei e asiatici. Compaiono anche qui razze di Mammuth non molto diverse dalle europee e, come altrove, anche qui, verso la fine dell'era Quaternaria, gli elefanti si estinguono.

La storia dei Proboscidi si è svolta un po' su tutta la Terra, eccettuata l'Australia.

Il primo centro di diffusione è stato il Sud Africa, a cui fece seguito l'Asia meridionale. Da qui grandi gruppi di Proboscidi si spinsero nel Nord Africa, in Europa e nel Nord America.

Poi, con il susseguirsi delle varie glaciazioni, essi soccombono; ultimi sopravvissuti di una grande stirpe dalle dimensioni e forme svariatissime, che si era largamente diffusa in quasi tutto il mondo, sono gli Elefanti indiani e africani.

Caratteristica dei Proboscidi è l'attitudine alle migrazioni; paragonabili ad essi, per resistenza e velocità, sono soltanto i Cavalli, che compirono praticamente, fra il Terziario e il Quaternario, il giro completo del globo. Non si conosce infatti alcuna zona della Terra in cui non si siano sviluppati i Cavalli, o forme a loro molto simili, come le Zebre, gli Asini o gli Onagri.



La storia dell'Uomo



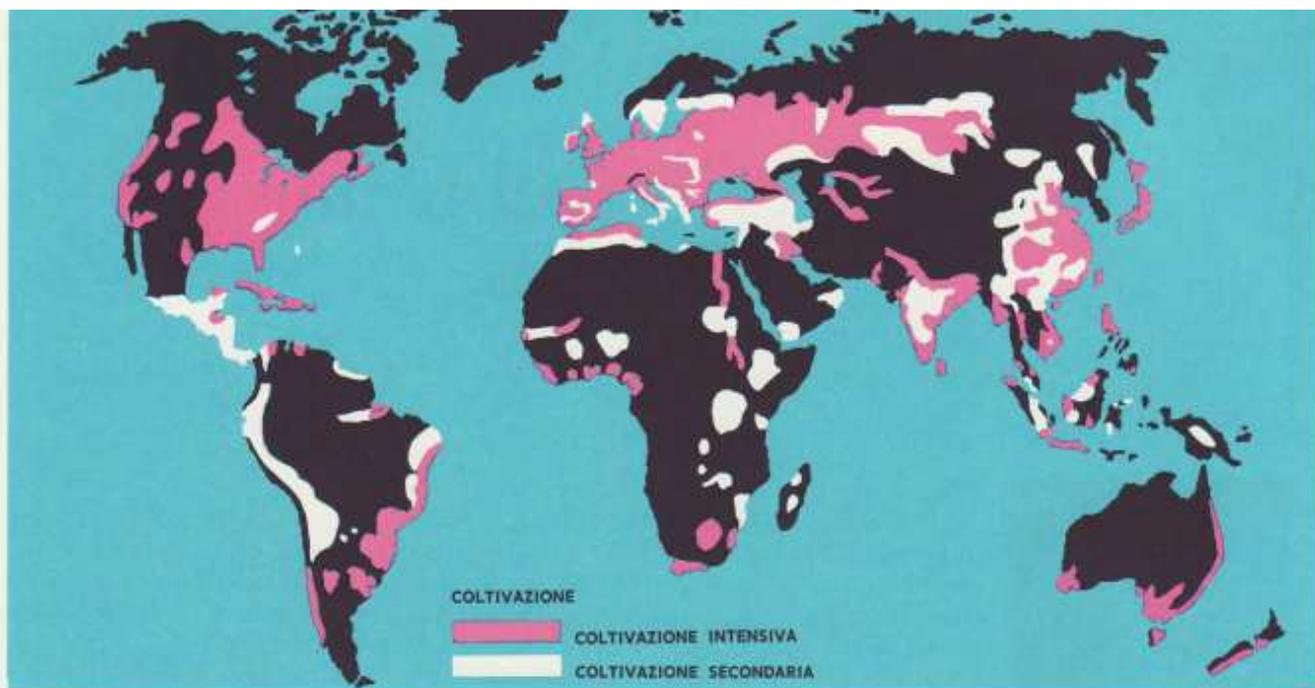
Il Pitecantropo e il Sinantropo avevano sviluppato una civiltà di grado molto inferiore alla nostra; ma certo dovevano essere dotati delle facoltà intellettive necessarie per l'uso degli strumenti più primitivi. L'Uomo di Pechino (Sinantropo) visse circa 500.000 anni or sono in un clima che può essere paragonato a quello della moderna Siberia. La sua diffusione è incerta, perché se ne sono trovate scarse tracce, che si riducono alla Cina. Il Pitecantropo visse in climi sensibilmente più miti, in quanto la sua esistenza non fu interessata da glaciazioni (l'isola di Giava si trova a una latitudine paragonabile a quella del confine tra il Congo e la Rhodesia). Nella figura in alto due vedute del cranio del Pitecantropo, di cui si può notare la forte visiera sopraorbitale, il notevole allungamento e lo schiacciamento della volta cranica, oltre alla mancanza di un vero e proprio mento. Nella figura in basso è possibile un confronto tra la capacità cranica di un uomo attuale e di un Australopithecina, un Primate dal cui ceppo si è staccato l'Uomo.

Il culmine dell'evoluzione degli esseri viventi è senza dubbio segnato dalla comparsa dell'Uomo; oggi si accetta generalmente, in base ai dati forniti dai paleontologi, che l'Uomo si sia distaccato dal ceppo dei Primati all'inizio del Quaternario (la specie *Homo sapiens* è tuttavia più recente ancora): non è pertanto assolutamente vero che l'Uomo discenda dalla Scimmia come noi oggi la vediamo, ma al massimo si può dire che solo presenta con essa maggiori affinità che con tutti gli altri animali.

Le fasi attraverso le quali l'Uomo si è distaccato dai Primati, furono assai complesse, e, nel secolo scorso, molto discusse: solo nel Miocene infatti si incontrano Primati evoluti come le Scimmie attuali.

Con l'inizio del Quaternario avvenne in questo gruppo un certo numero di mutazioni, che portarono alla comparsa di numerose specie. Non c'era quindi nessun dubbio, per gli antropologi: appunto in questo momento doveva essere esistito un « anello di congiunzione » fra le Scimmie e l'Uomo. La documentazione paleontologica era tuttavia così scarsa che, fino alla metà del secolo scorso, era impossibile dare una risposta sull'esistenza o meno di questo mitico essere. Finalmente, nel 1856, nei pressi di Düsseldorf venne alla luce, nel corso di lavori di scavo, un cranio di forma molto differente da quella normale: si trattava di una calotta cranica, in cui le ossa avevano un notevole spessore, e al disopra delle orbite, in corrispondenza dell'arcata sopraccigliare un forte ingrossamento a visiera. Le polemiche seguite al ritrovamento non lasciarono traccia negli ambienti scientifici; solo più tardi, quando questi reperti divennero più numerosi e completi, ci si accorse che questi crani e quegli scheletri tozzi e grossolani appartenevano a individui di una razza preesistente a quelle attuali: la razza di Neanderthal, che gli Antropologi riferiscono addirittura a una specie differente dalla nostra (*Homo neanderthalensis*). Una scoperta scientifica di maggiore importanza doveva avvenire poco più tardi in Asia, e precisamente nell'Isola di Giava. Lungo le rive del fiume Solo, presso il villaggio di Trinil, il medico olandese Dubois scoperse nel 1890 i resti di una mandibola sicuramente umana in uno strato del Quaternario antico. Solo un mese più tardi, lo stesso scienziato portava alla luce, nella stessa località, una pesante calotta cranica, dalla volta appiattita e allungata, con una pronunciata visiera sopraorbitale. Febbrili successive ricerche, portarono al ritrovamento di un femore sicuramente umano, che permetteva di dedurre che l'essere in questione poteva camminare stando diritto; e questo fu un dato importantissimo, anzi, determinante, perché è noto che le Scimmie, per la particolare conformazione degli arti inferiori e del bacino, devono camminare fortemente ricurve in avanti.

Il fossile rinvenuto nei terreni del Quaternario antico, venne denominato *Pithecanthropus erectus*, e per lungo tempo fu al centro della polemica sulle origini dell'uomo, in quanto indiscutibilmente più antico dell'uomo di Neanderthal e molto simile alle Scimmie. Appariva evidente che un simile essere poteva rappresentare il tramite attraverso il quale l'Uomo si era staccato dal ceppo dei Primati.

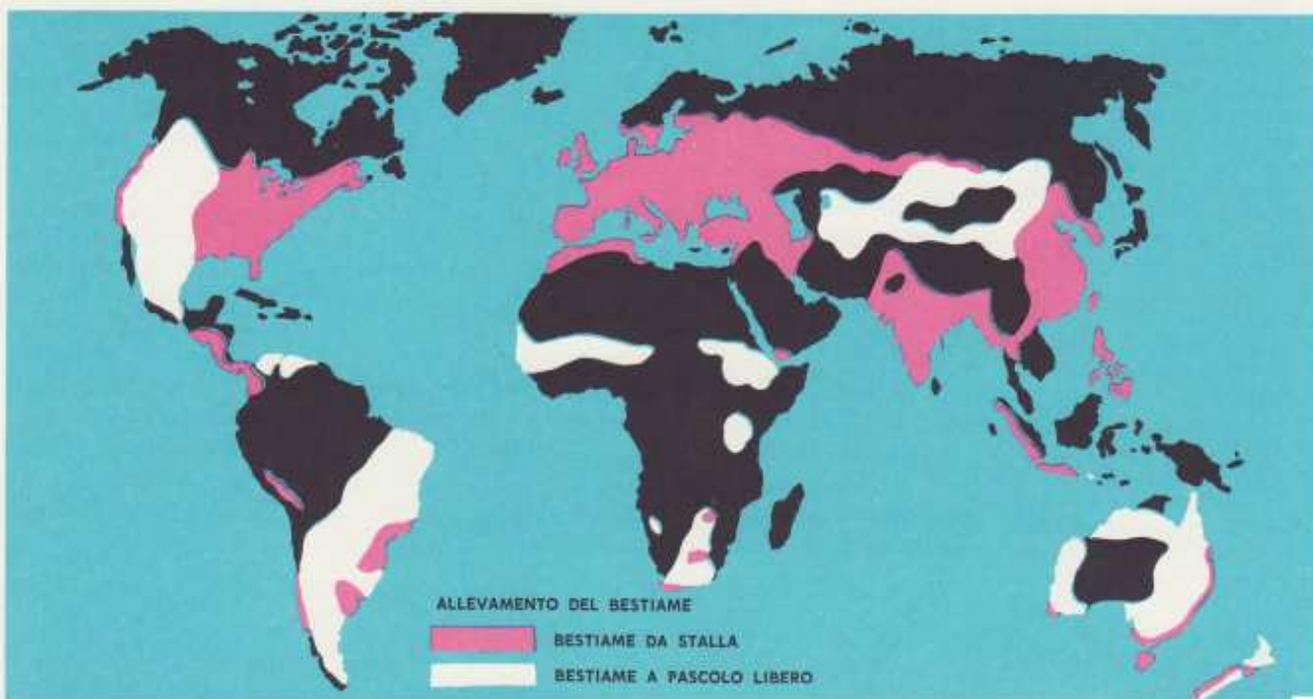


Contemporaneo, o precedente al *Pithecanthropus*, è il *Sinanthropus*, che per molti aspetti si presenta assai simile alle scimmie antropomorfe. I crani di *Sinanthropo* vennero rinvenuti nel 1929, in una grotta presso Pechino da F. Weindereich. I lavori per scoprire le tracce di tutti gli antenati e i collaterali dell'attuale specie dominante, proseguirono e proseguono tuttora, in un appassionante susseguirsi di studi e scoperte. Oggi si ritiene di aver ricostruito, sia pure per sommi capi, le principali tappe della storia dell'Uomo.

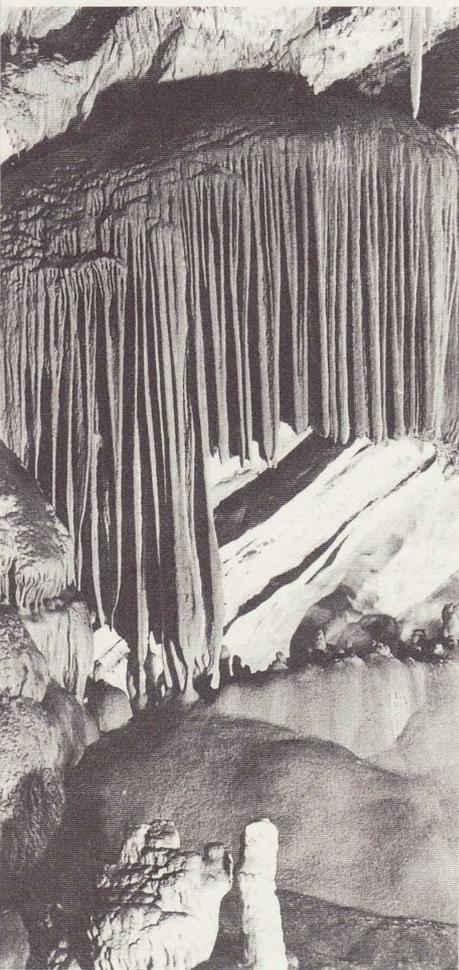
Staccatosi dalle Australopithecine (Primates i cui resti fossili vennero scoperti nel Sud Africa) il ceppo che doveva portare all'Uomo attraverso le fasi del *Sinanthropo* e del *Pitecantropo*, sfociò nelle tre grandi razze che ci precedettero (*Neanderthal*, *Grimaldi*, *Cro-Magnon*) e quindi nell'*Homo sapiens*. È certo che l'*Homo sapiens* dovette affrontare una lotta lunga per emergere vittorioso dal confronto con le specie che l'avevano preceduto; solo con l'ultima glaciazione, quella denominata *würmiana*, si assiste all'esplosione della civiltà della nostra specie, e al suo trionfo definitivo su quelle più primitive: fu probabilmente la maggiore capacità di adattamento al freddo intenso che permise alla nostra specie di arrivare ad elevarsi sopra le altre e a distruggerle: come avvenne questo trionfo è nascosto nelle oscurità della preistoria.

La cartina sopra mostra la distribuzione generale delle coltivazioni che hanno sostituito la vegetazione naturale, e le zone dove cresce abbondante la vegetazione originaria.

La cartina sotto mostra la distribuzione dei principali animali domestici nel mondo.



L'esplorazione delle caverne



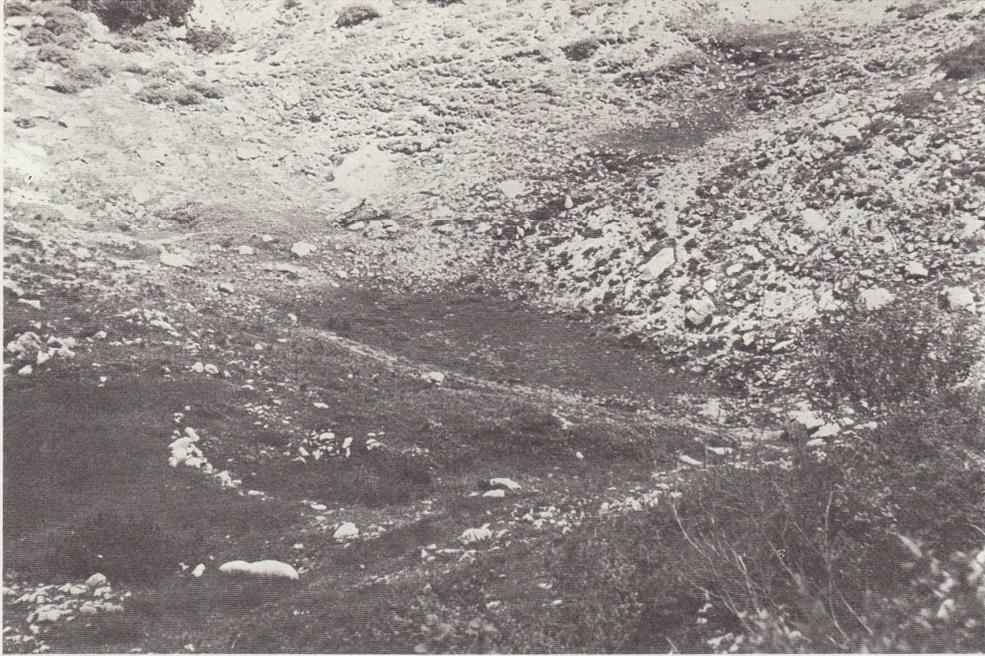
Tipiche delle grotte nei terreni calcarei sono le stalattiti e le stalagmiti. Le prime sono concrezioni in forma conica pendenti dal soffitto, originate da lente infiltrazioni d'acqua. Le stalagmiti si ergono dal suolo verso l'alto e sono originate dalle gocce cadute dalle stalattiti sovrastanti. A volte le due formazioni vengono a congiungersi dando luogo a delle vere e proprie colonne.

Nel corso dell'esame delle grandi caverne sotterranee della Francia, il geologo francese Martel, ebbe a notare come ad esse siano sempre collegate correnti d'acqua piú o meno impetuosa, a scorrimento irregolare, con portate talora imponenti. Chi viaggia in Lombardia, sulla strada che da Lecco porta verso Varenna e Colico lungo il Lario, attraversa l'abitato di Fiumelatte, una frazione di Varenna che prende il suo nome da un corso d'acqua di lunghezza molto breve, ma impetuoso, che in 300 metri di percorso si precipita per un ripido pendio sgorgando da una cavità nella roccia calcarea. È questo fenomeno direttamente collegato con il cosiddetto carsismo. Si tratta del complesso dei fenomeni che riguardano direttamente la dissoluzione delle rocce ad opera delle acque, che si traducono nell'escavazione di doline (cavità a forma di imbuto) in superficie, e di grotte a decorso lunghissimo in molti casi, che comunicano con l'esterno e sono spesso percorse da corsi d'acqua sotterranei. Un classico esempio di questi corsi d'acqua è offerto nel Carso Triestino: si tratta del Timavo, che per oltre 40 Km percorre, mostrandosi in superficie solo attraverso strette e profundissime aperture, la regione Istriana, gettandosi quindi nell'Adriatico.

In Italia oltre alle celebri grotte di Postumia sono molto note quelle di Castellana ma esistono grotte notevoli in tutto il mondo e il loro studio, la speleologia, è in continuo progresso.

In Jugoslavia, sono conosciuti, come fenomeno superficiale attinente al carsismo, i *polje*, formati in conseguenza dell'unione di piú doline, veri laghi temporanei, che si formano in stagione piovosa e si prosciugano non appena l'acqua (che proviene dai fiumi sotterranei) si abbassa. Anche nei gessi e in altre formazioni rocciose solubili si verifica il caso di fiumi sotterranei: accade che fiumi come il Grovello (in Sicilia), affluente del Platani, abbia un corso in buona parte subaereo, in parte sotterraneo: esso scorre entro una formazione gessosa.

Una delle grotte piú belle del mondo è la Grotta del Mammuth, negli Stati Uniti, una vera cattedrale, dalle luccicanti colonne di calcare bianco, dalle sale con le alte volte a sesto acuto, degna certamente di stare a confronto con le piú celebrate bellezze della natura. Le colonne così caratteristiche di questa grotta, come di quelle di Postumia e di Castellana, si sono formate dai depositi che l'acqua, infiltrandosi da fori naturali delle volte, lascia cadere sul terreno sottostante: nascono dal pavimento naturali pinnacoli (stalagmiti), mentre sulla volta, si formano intorno al foro concrezioni di calcare (stalattiti) che in breve assumono la forma di lunghi coni, dalla punta rivolta in basso. Da un sottile foro al vertice dei coni, continua a uscire l'acqua ricca del calcare che deposita sulla sottostante stalagmite. A un certo punto i pinnacoli e i coni si saldano insieme, formando arabesche, splendide colonne. Queste sale, furono spesso residenza di cerimonie religiose di uomini primitivi: qui si radunavano a celebrare i loro dei, a vegliare i propri morti, a cantare le glorie dei loro eroi. Gli uomini delle caverne, talora vi hanno lasciato le loro impronte: orme di piedi e di mani trovano talora gli speleologi, impresse come sul cemento nel calcare non ancora solidificato delle grotte create dai misteriosi fiumi sotterranei.



L'opera delle acque

Nella foto in alto si vede una tipica dolina carsica. Le doline sono formate dalla dissoluzione della roccia calcarea ad opera di acque superficiali filtranti attraverso fratture.

Il primo disegno dà un esempio elementare dell'accumulo di materiale sedimentario (scaricato in mare dalle acque della Terra) visto in quattro fasi successive.

Presso la foce del fiume (A) la sedimentazione è più rapida che al largo; pertanto, dopo un certo tempo, i sedimenti formeranno una piattaforma (B e C) seguita da una scarpata sottomarina (D).

Nella realtà la cosa non è però così semplice; molti altri fattori concorrono a formare e a trasformare la sedimentazione marina. Lo studio dei sedimenti e della loro distribuzione è oggi uno dei problemi più interessanti della geologia, che anche i tecnici (come i ricercatori di petrolio) tentano di risolvere.

Il secondo disegno riassume le fasi di vita d'una zona qualsiasi della Terra.

1. - La zona è occupata da un mare;

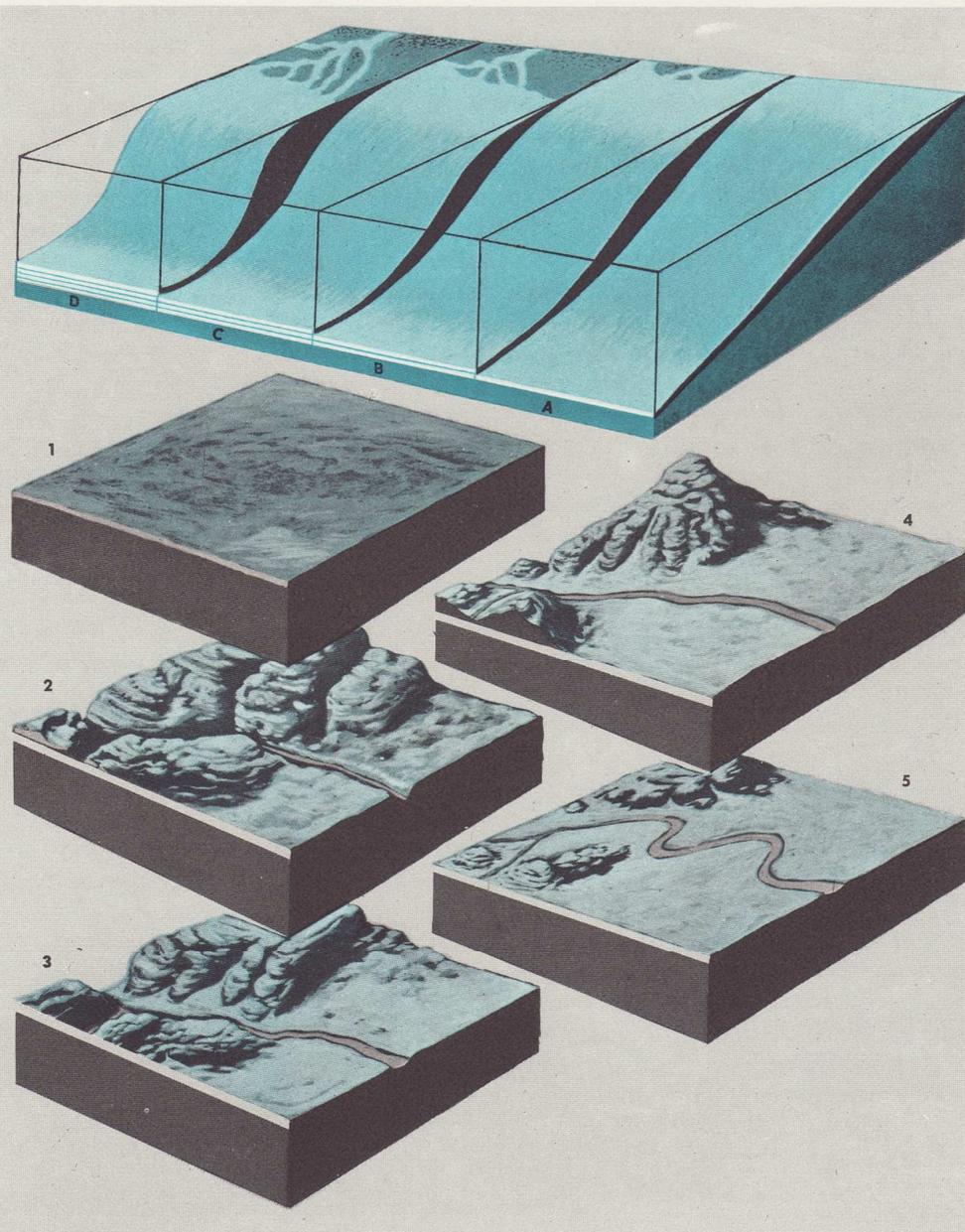
2. - in seguito ad un movimento della crosta, emergono le terre che vengono subito incise dai primi corsi d'acqua;

3. - il fenomeno si completa. Il fiume inizia la sua opera di distruzione con violenza, e scava profonde valli;

4. - con il tempo il fiume, depositando i materiali alluvionati, « costruisce » la pianura;

5. - l'erosione continua ad opera delle acque, incide sempre più il territorio; la pianura si espande maggiormente, i monti addolciscono le loro forme; i rilievi sono scomparsi quasi del tutto, una vasta pianura occupa la zona.

Nel futuro il mare potrà ritornare ad occupare la zona; poi un nuovo movimento tettonico farà riaffiorare le terre. E il ciclo riprende.





L'Uomo e i deserti

Oltre la costa della Libia, superato il primo tratto verdeggianti di piantagioni e la Gefara sassosa, si entra in pieno deserto africano: la strada che si percorre, l'unica della zona, va da Tripoli a Gadames, e per il deserto attraverso il Mali alla Costa d'Avorio. L'hanno scavata, due millenni or sono, le legioni romane. Le pallide montagne all'orizzonte sono vulcani, dagli enormi crateri fumanti, dove di rado i superstiziosi nomadi si avventurano: sono i monti degli uomini blu, i Tuareg. Questo popolo selvaggio, discende dagli antichi Garamanti, che nell'immensa pianura sahariana erano un giorno incontrastati dominatori, e vi edificarono città e roccaforti. I loro antenati hanno scolpito nel cuore del deserto, sulle rocce, il paesaggio di tre millenni or sono: palme, piante tropicali, giraffe, rinoceronti, magnifici elefanti compaiono in queste incisioni, che sono tra le più significative testimonianze dell'arte dell'Uomo.

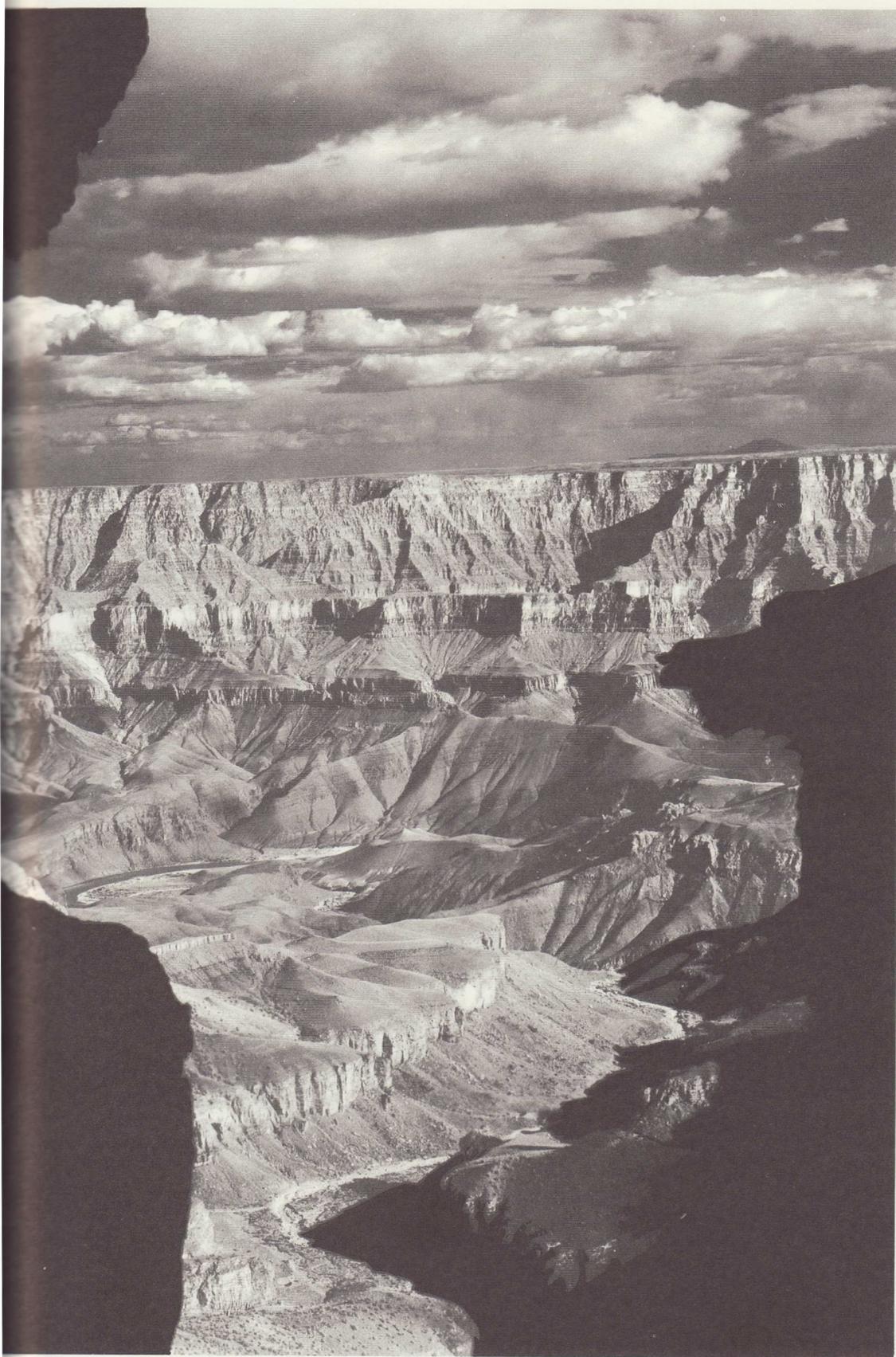
Il Sahara fu una pianura ubertosa, non molti millenni or sono: quando i venti portavano le nuvole cariche di pioggia oltre i monti dell'Atlante a scaricarsi nella valle abitata da questi popoli. Quello che è più strano è che queste pietre si presentano lucide e levigate come marmo lavorato: anche questo è dovuto all'azione del vento.

Scientificamente, l'azione erosiva del vento è conosciuta come « abrasione ». L'effetto di questo lentissimo e prolungato getto di sabbia, è spesso nullo. Esso si palesa molte volte con una lucidatura e levigatura delle superficie esposte, che acquistano in taluni casi una brillantezza eccezionale. Molto discutibile è invece la teoria secondo la quale il vento, entrando con grande forza e velocità in una gola, possa scavare un vero e proprio solco vallivo. La stessa creazione di « finestre » e « archi di roccia » andrebbe imputata più all'azione di dissoluzione chimica operata dalle acque che a quella del vento, il cui ruolo sarebbe quello di allargare e ampliare fenomeni erosivi impostati dalle acque, in tempi talora remoti. Resta comunque in alcuni casi l'azione impostata dal vento, che porta a forme grottesche nelle rocce. Nei deserti a tale azione si accompagna in genere quella della desquamazione della roccia, a opera dell'alternanza di temperature estremamente calde, durante il giorno e molto fredde nottetempo. Accade così che le rocce (in particolare quelle granitiche) vengano suddivise in blocchi di forma sferoidale o ellittica.

Come tutti gli altri agenti di trasporto anche il vento depone i materiali che riesce a spostare, non appena la sua velocità subisce una diminuzione. Gli effetti del trasporto della sabbia da parte del vento e della sua deposizione, sono le dune: le marcate e le dune a dosso di balena; esse si formano di preferenza nei deserti.

Lungo i litorali, si formano invece i cordoni di dune, allungati in direzione parallela alla costa (dune costiere). Lungo il litorale tirrenico si conoscono alcuni particolari depositi, dovuti al deposito eolico: i caratteristici *tomboli* di Orbetello. Le dune sono mobili: esse hanno cioè la proprietà di spostarsi sotto l'azione del vento, che ne trasporta granello per granello la sabbia, ricostruendole in altra posizione con una forma simile.

Anche nel deserto possono fiorire delle piante, nei momenti che seguono le brevi e intense precipitazioni. È una fioritura istantanea, destinata a una rapida estinzione per l'enorme calore della sabbia sotto l'irradiazione solare.



Il Canyon del Colorado

Il fiume Colorado, che nella fotografia scorre sul fondo dello stupendo Canyon, arriva a lambire le soglie del deserto appena uscito dalle montagne, e vi entra quindi decisamente, attraversandolo. Nonostante che gran parte dell'acqua del fiume si disperda nelle sabbie del deserto dell'Arizona, il Colorado non è mai del tutto asciutto durante il suo percorso. Alcuni corsi di acqua (e sono anzi la grande maggioranza) attraversando le regioni aride, calde o fredde che siano, si prosciugano rapidamente: le loro acque scorrono nel sottosuolo, e talora riaffiorano a formare laghi o paludi. Nel Sahara, classici esempi di questi fiumi del deserto sono gli uadi (detti wadi, oued, ecc. nelle varie lingue). Percorrendo gli altipiani del Fezzan, è possibile a un certo punto, in pieno deserto, trovarsi di fronte a una serie di magnifiche valli, in tutto e per tutto simili a quelle delle nostre Alpi: mancano soltanto le acque, le nevi, la vegetazione; è quanto rimane di un tempo ormai lontano (forse 500, forse 600 mila anni or sono), quando le piogge bagnavano, feconde di vita, queste regioni.



L'importanza dei ghiacciai

L'azione di erosione compiuta dai ghiacciai viene denominata *esarazione*. Essa si concreta in complesso in un'azione abrasiva, che provoca la lisciatura delle rocce e talora la striatura delle superfici esposte al ghiaccio: questo perché i frammenti di roccia che sono coinvolti nella massa glaciale e in essa saldamente inclusi, incidono la roccia sulla quale strisciano. Si producono così delle caratteristiche scanalature che indicano la direzione in cui si è mossa la colata di ghiaccio.

Come nascono i ghiacciai

Il ghiacciaio prende origine da zone superiori al limite delle nevi permanenti (circa 2500 m): la forma più completa del bacino di alimentazione di un ghiacciaio alpino è quella del cosiddetto *circo*, un'area a forma di conca, aperta in corrispondenza della valle in cui scende la colata.

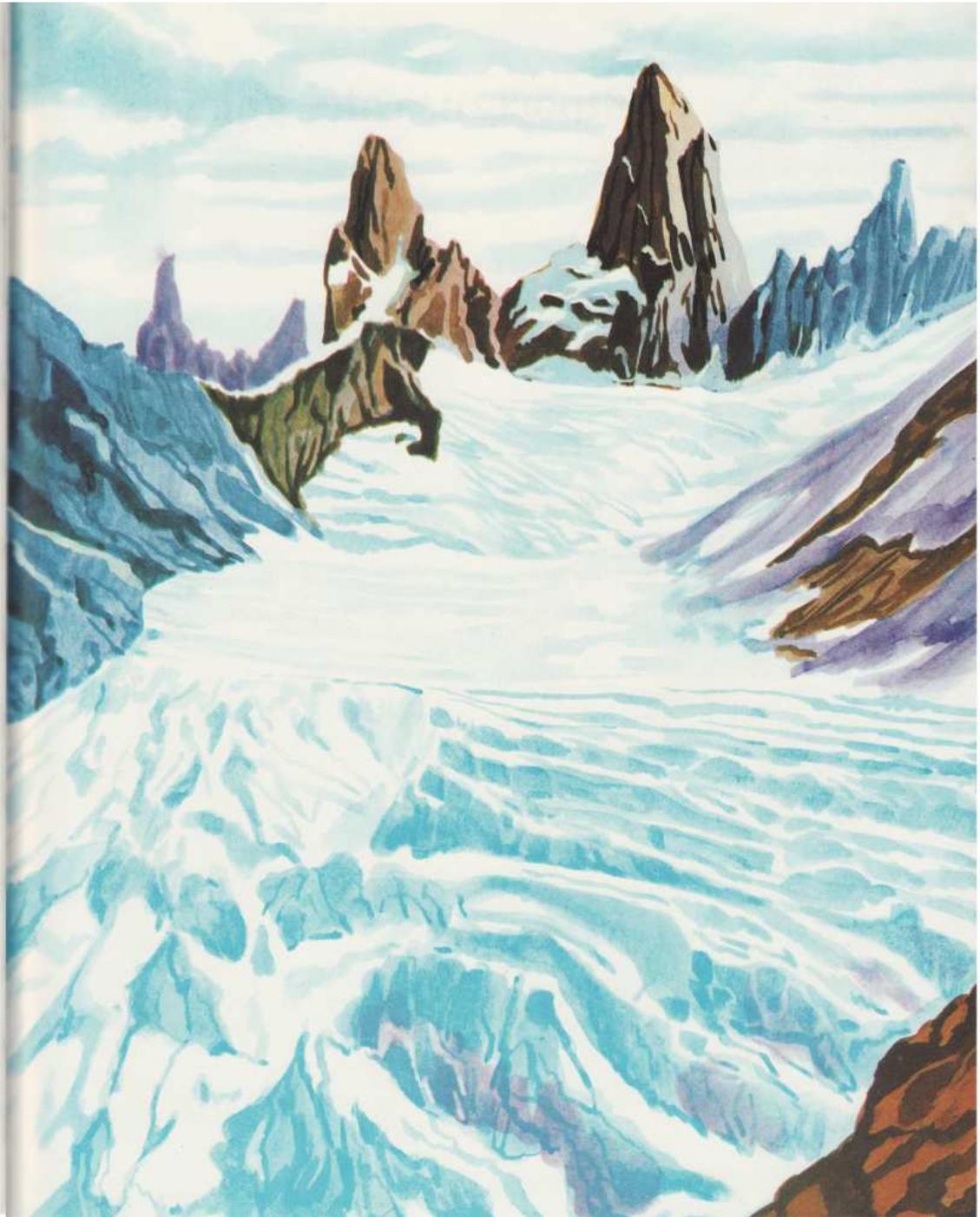
In questa conca, circondata da picchi e creste, dalle pareti talora ripidissime, si forma il ghiaccio per lenta trasformazione degli strati nevosi che vanno accumulandosi dopo ogni nevicata. La massa di ghiaccio non è estremamente aderente alle pareti del circo, ma nei punti più alti ne è separata da un crepaccio (crepaccio terminale o *rimaye*). Il circo ha la forma di un ampio anfiteatro, aperto verso il basso (l'apertura e il gradino che separano il circo dalla valle glaciale vera e propria sono chiamati *soglia*). Dopo aver superato una breve cascata, o comunque un pendio piuttosto ripido, il ghiacciaio scende entro la valle come una immensa lingua, trasportando con sé i detriti che cadono dalle pareti rocciose che si accumulano sulla fronte (*morena frontale*) e sui lati (*morena laterale*).

Sul fondo, l'azione del ghiaccio provoca l'erosione della roccia e la formazione di un sottile limo (*morena di fondo*). Il fondo del ghiacciaio non ha pendenza uniforme, e si formano conche e tratti ripidi con vere cascate di ghiaccio (*seracchi*), mentre ai bordi specialmente si formano crepacci dovuti al movimento non uniforme della massa. Sulla fronte del ghiacciaio si apre una porta, da cui esce il torrente sottoglaciale, alimentato direttamente dalla fusione del ghiaccio. Naturalmente il ghiacciaio, oggi, offre una visione di esclusivo interesse paesistico e scientifico. Circa 12.000 anni or sono, quando le masse glaciali invadevano l'Europa, restringendo le aree abitabili, costituivano un fenomeno di grandissima importanza, in quanto condizionavano l'esistenza su vastissime aree di territorio.

Oggi possiamo renderci conto delle condizioni di un clima glaciale esaminando i grandiosi ghiacciai dell'Alaska, la cui estensione è assai superiore a quella di tutti i ghiacciai alpini uniti. Si tratta qui di enormi coltri di ghiaccio in eterno movimento verso il mare; altrettanto imponente è il fenomeno glaciale in Groenlandia e nelle calotte polari, dove i ghiacciai, giunti al mare, si frantumano provocando la formazione di grandiosi iceberg, le montagne di ghiaccio.

Quando si aggiunga che dall'estensione dei ghiacciai, dipende l'entità delle riserve idriche nelle zone alpine, si comprende l'utilità e la funzione di primaria importanza nell'economia che rivestono ghiacci e nevi delle montagne.

L'Antartide e la Groenlandia sono ricoperte da immense distese di ghiacci, che vengono definiti con il nome di *inlandis*. L'*inlandis* antartico ha una superficie di 1.650.000 kmq. Il suo spessore medio è di 2.000 metri. In queste regioni, la temperatura media dei ghiacci si mantiene intorno ai -25°C . A 127 metri di profondità all'interno di un ghiacciaio, sono state rivelate temperature di $-27,7^{\circ}\text{C}$. Nelle Alpi e sull'Himalaya sono tipici i ghiacciai vallivi (i celebri ghiacciai di tipo « alpino »). Sui Pirenei sono più comuni le « vedrette », note anche in Italia, che sono ghiacciai di tipo alpino privi del caratteristico « circo ». Esiste un altro tipo di ghiacciaio, detto « pedemontano », che si forma quando molti ghiacciai vallivi confluiscono in una pianura formando una distesa di ghiaccio che si sposta lentamente verso il mare. Questi ghiacciai sono ben conosciuti in Alaska.



Le isole di corallo

Fin dal lontano Devonico, e prima ancora dal Silurico, apparvero le formazioni di scogliera, depositi originati dalla cementazione degli scheletri calcarei degli organismi « costruttori di scogliere » (Alghe, Coralli, Spugne). Nelle Alpi Orientali, in particolare le Dolomiti, gli studiosi hanno riconosciuto le antiche costruzioni dei coralli, delimitandole, ed esaminando passo passo la loro evoluzione; nelle Prealpi Lombarde, anche le Grigne sono formate in gran parte da calcari di scogliera.

Gli « atolli fossili » delle Dolomiti

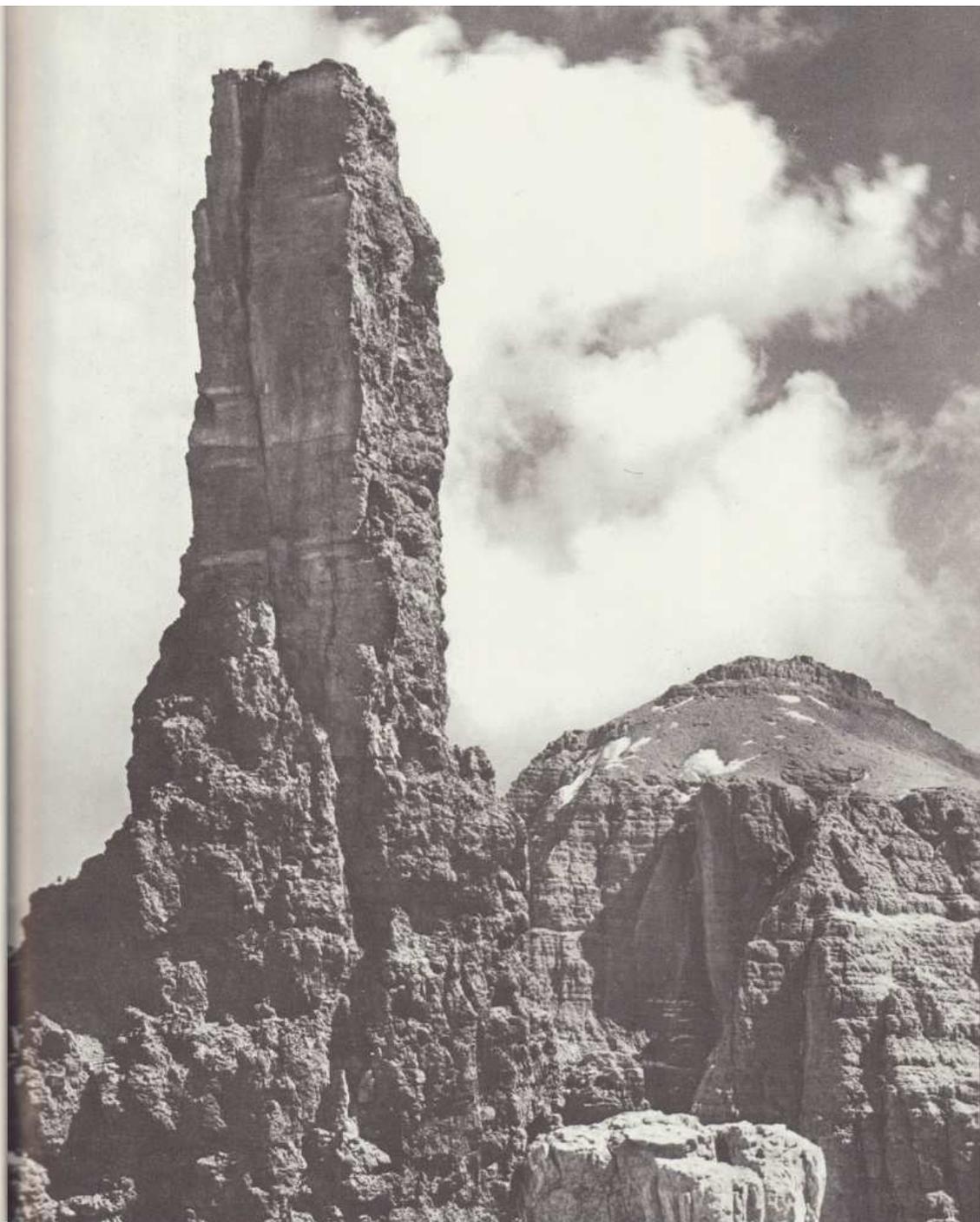
Tutte queste antiche scogliere sono delle vere e proprie costruzioni che nel corso della loro formazione, avvenute in epoche remote, assunsero varie forme (a lente, a focaccia, a fungo ecc.) talora di moltissimi chilometri quadrati di estensione. Le scogliere moderne sono state esaminate da numerosi naturalisti (tra i quali è soprattutto noto il Prof. Agassiz). Non è stato riscontrato per ora una sostanziale differenza tra le scogliere antiche (che in Italia costituiscono gran parte del Sassolungo, della Marmolada, del Gruppo di S. Martino di Castrozza, del Sella, delle Grigne e di altri gruppi delle Dolomiti e delle Alpi Meridionali, per non parlare di zone del Gargano e della Puglia) e quelle attuali.

Recentemente, lo studioso americano J. Wells ha esaminato la distribuzione degli organismi sulle scogliere. Egli ha osservato che queste costruzioni si possono distinguere in scogliere, barriere, atolli. Scogliere e barriere sono costituite dall'accumulo di organismi che formano dei rilievi del fondo marino allungate parallelamente alla costa, come isole e isolotti o scogli separati da canali e lagune, mentre gli atolli sono formati da un gruppo di scogli o isolotti che circondano una laguna centrale dal fondo più o meno accidentato. È accertato che queste formazioni sono al momento attuale limitate alla fascia tropicale, dove esistono condizioni di salinità, di ossigenazione, di purezza e di temperatura delle acque adatte alla vita di questi delicati organismi costruttori. Una delle più tipiche manifestazioni coralline attuali è costituita dalla grande barriera che segue la costa orientale dell'Australia; anche gli atolli corallini sono tipici dell'Oceano Pacifico.

La fascia entro la quale sono compresi atolli, barriere e scogliere coralline è stata indicata da Dana fra 26° lat. Nord e 22° lat. Sud.

L'osservazione diretta alla vita brulicante di queste zone, è stata sempre un'esperienza affascinante per chiunque; l'austriaco Haas e gli italiani Quilici e Roghi, hanno lasciato interessanti descrizioni delle loro esperienze di subacquei in questi meravigliosi angoli del fondo marino (e in particolare del Mar Rosso, lungo i fondali antistanti Massaua e la Dancalia). L'impressione che più colpisce il subacqueo che si addentra nei meandri della scarpata che la barriera, l'isola o l'atollo corallino rivolge verso il mare, è la sensazione che la vita degli organismi occupi ogni spazio possibile: che un vero nuovo mondo si apra al disotto delle acque, come un vero « sesto continente ».

Due aspetti di isole coralline dell'Oceano Pacifico. Nella pagina accanto un particolare del Gruppo Sella nelle Dolomiti.



L'uomo e i minerali

Le rocce sono composte di minerali; i minerali sono formati da uno o più dei cento elementi naturali della crosta terrestre. Mentre pochi elementi, come l'oro, si trovano allo stato puro, la maggior parte di essi si trovano combinati con altri elementi.

Come si sono formati i minerali? Narrare la loro storia sarebbe lungo; alcuni si sono formati dalla lava fusa, cristallizzata, come quando l'acqua gela, formando cristalli di ghiaccio; oppure da vapori trasformati in cristalli, come i cristalli di zolfo, nati dal raffreddamento di vapori solfurei.

Molte e diverse sono state le cause che hanno provocato le combinazioni degli elementi che hanno dato origine ai minerali. Finora, si conoscono più di duemila diversi minerali, e ogni giorno se ne scoprono di nuovi. Di più se ne scopriranno quando l'uomo riuscirà ad avventurarsi verso il centro della Terra. A profondità maggiori di quelle delle miniere odierne, un giorno potremmo trovare minerali nuovi; altri ne conosceremo con i futuri viaggi spaziali.

I disegni mostrano alcuni minerali, con le loro forme e colori naturali.

- 1) rubino nella roccia
- 2) cristallo di smeraldo
- 3) torbernite
- 4) quarzo rosa
- 5) agata
- 6) caolino
- 7) cristallo di acquamarina
- 8) cristallo di zaffiro
- 9) diamante grezzo
- 10) zolfo
- 11) cristallo di salgemma
- 12) onice
- 13) argento
- 14) calcopirite
- 15) carbon fossile
- 16) magnetite
- 17) grafite
- 18) ematite
- 19) opale nobile
- 20) platino
- 21) malacbite
- 22) bauxite
- 23) oro nativo



Anche l'Uomo si evolve

Si sente spesso affermare che l'Uomo rappresenta il culmine dell'evoluzione. Un'idea del genere non è però esatta dal punto di vista « strettamente biologico », anche se l'Uomo è l'essere più perfezionato in questo momento.

L'evoluzione umana infatti, presenta gli stessi difetti e le stesse modificazioni che si riscontrano anche negli animali inferiori, il che fa ritenere che si sia ben lungi dall'aver ottenuto il tipo finale dell'evoluzione, cioè l'essere più perfetto.

L'Uomo deriva da un gruppo di Mammiferi, i Primati, che nello stadio iniziale della loro evoluzione erano esseri prevalentemente *arboricoli*: sugli alberi si svolgeva quindi gran parte della loro esistenza. Da questo ceppo fondamentale si sono originate le diverse famiglie, tra le quali quelle che compongono il sottordine dei Lemuridi (Proscimmie) è decisamente lontana dalla linea evolutiva dell'uomo.

Nel Terziario inferiore, si sviluppò una importante differenziazione fra i gruppi di Primati, soprattutto dal punto di vista della distribuzione geografica. Nel Terziario inoltre cominciò a evolversi la struttura cerebrale: si vennero a localizzare, nell'Africa e in Asia, centri dove avevano particolare attività gli Antropoidi, primati dotati di notevole capacità cerebrale; a questi Antropoidi appartenevano le Australopithecine, mentre rami aberranti sono quelli del Gorilla e dello Scimpanzé. Fra tutti questi rami, solo quello che conduceva all'Uomo ebbe successo, nel senso che poté sopravvivere ai grandi mutamenti climatici: Gorilla e Scimpanzé sono infatti in via di estinzione. Dal punto di vista puramente anatomico, l'Uomo non è altro che un Antropoide, come lo Scimpanzé e il Gorilla, con una particolare somiglianza con questi esseri. La distinzione nelle quattro grandi razze moderne, costituisce un esempio di *specializzazione geografica*; bisogna tuttavia pensare che sono molto poche le zone dove si trovano razze « pure »: tutte le popolazioni in realtà derivano da una mescolanza di razze.

La teoria di Darwin

Certo, quindi, anche l'Uomo si è evoluto; concetto questo che ai nostri avi non piacque per nulla, e che fu ben difficile fare assimilare agli stessi scienziati. Si ricorda anzi che, quando Darwin recò in patria i risultati della « fatale » crociera oceanografica durante la quale aveva raccolto materiale per provare le sue teorie, in tutta l'Inghilterra divamparono feroci polemiche. Ben presto la polemica si accentrò su un solo grande interrogativo: l'uomo discende o no dalla Scimmia?

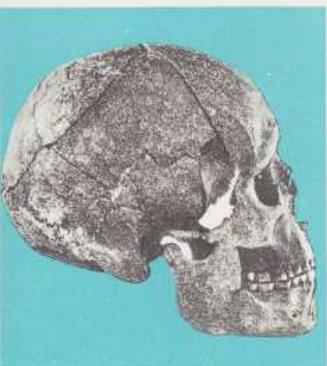
Certo, rispondere si doveva essere molto imbarazzante, e infinite dovettero essere le scappatoie, o le risposte diplomatiche, che i darwiniani dovettero escogitare per non dover rispondere che secondo loro, le cose stavano proprio così. Fu comunque una sana polemica, che servì a diradare molte nubi che offuscavano il progresso della ricerca. Chi si meraviglia del fatto che un argomento del genere possa suscitare polemiche nazionali, ignora che della cosa si discusse perfino nel Parlamento inglese.

Le trasformazioni somatiche

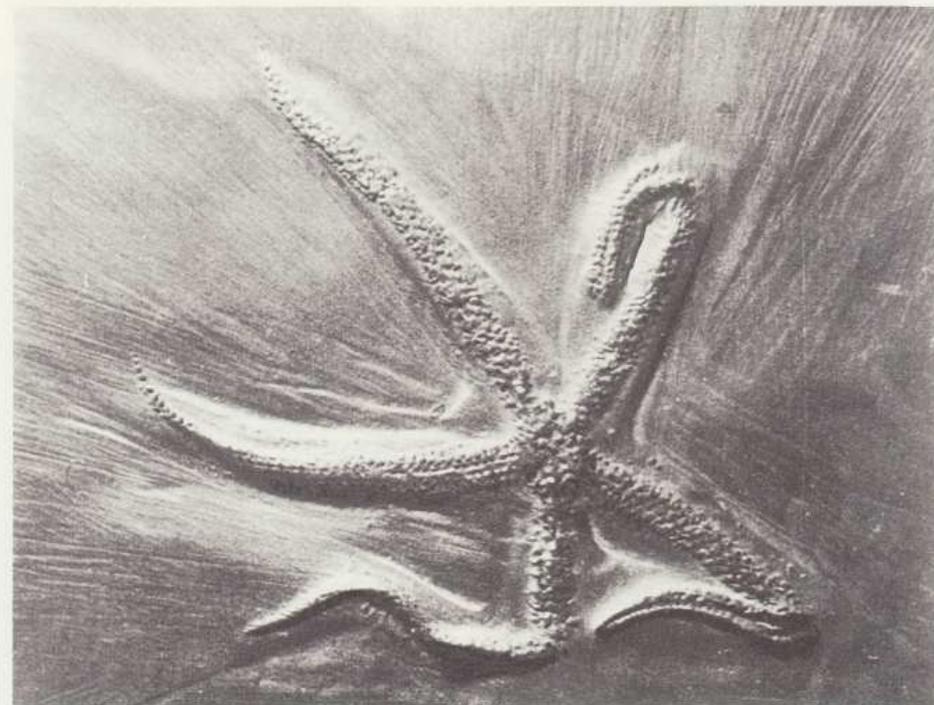
È sicuro invece che l'evoluzione dell'Uomo continua ancor oggi: alcuni popoli, i più progrediti, dato il grado di benessere raggiunto, si accrescono grandemente, sia nel numero degli individui, che nelle dimensioni corporee; così i popoli nordici, e da qualche tempo anche quelli latini. Si calcola che l'altezza media di un abitante dell'Europa meridionale, fosse di m 1,52 nel I secolo dopo Cristo, mentre ora supera i m 1,60. Gli arti si allungano, il cranio diventa più alto e più liscio. Una delle principali differenze tra l'uomo moderno e l'uomo di Neanderthal è la visiera ossea sopra le orbite: nei popoli moderni essa è completamente sparita, fatta eccezione per alcuni tipi di indigeni australiani. Uno dei popoli che più da vicino assomigliava alla razza di Neanderthal (gli abitanti della Tasmania) e che recava questo « ornamento » della fronte, molto sviluppato, è estinto dal 1870. La razza umana tende quindi a darci dei tipi più belli (alti, slanciati, eleganti nelle forme) e più robusti; molto lontani comunque dai Primati del Terziario, progenitori nostri e delle Scimmie attuali.

Abbiamo così un quadro delle direzioni generali in cui si è mossa l'evoluzione: dalle primitive Stelle di Mare all'Uomo moderno, la vita si è rinnovata passando da un individuo a un altro. Sappiamo anche che nel futuro quest'evoluzione continuerà secondo il suo ritmo millenario; non sappiamo ancora attraverso quali forme di vita.

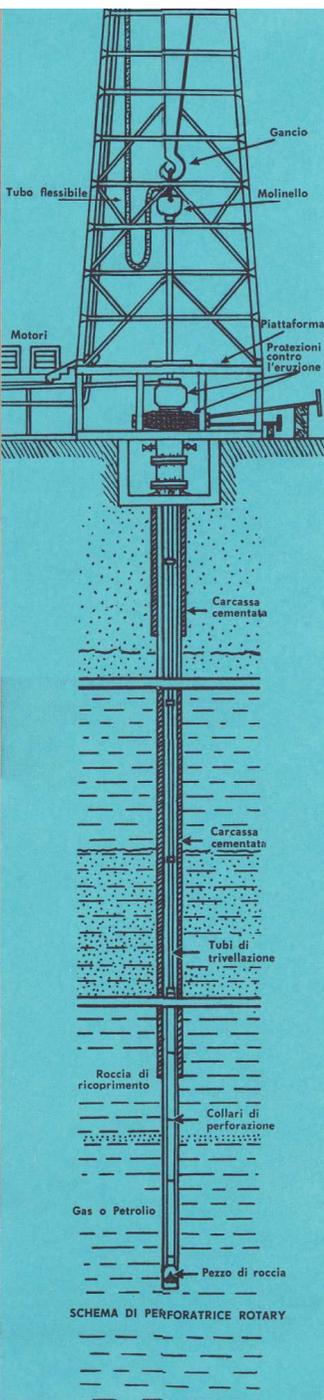
Per l'esattezza, l'esemplare qui raffigurato appartiene agli Ofiroidi, Echinodermi assai simili alle Stelle marine. Ambedue questi ordini appartengono agli Echinodermi, gli esseri più primitivi che si potevano spostare sul fondo marino e che popolarono i mari appena la litosfera si fu consolidata. Da quei tempi milioni di anni sono trascorsi, l'evoluzione, accanto ai primitivi Echinodermi che si sono conservati fino a noi, ci porta le forme più perfette. Se per progresso si intende sviluppo armonico delle membra e dell'intelligenza, allora possiamo dire che siamo arrivati a uno stadio altissimo dello sviluppo in pochi anni, perché vastissimo è l'abisso che separa i Mammiferi più evoluti da queste forme assai rozze.



Importantissima per la storia dell'Uomo è stato il rinvenimento di questo cranio, avvenuto a Cro-Magnon, in Francia, nel 1868.



La ricerca dei minerali



È noto che anche le civiltà più antiche sapevano coltivare il ferro e il rame, e ricavarne utensili e materiale per la guerra o la caccia: abbiamo a questo proposito gli esempi degli Ittiti, che per primi introdussero l'uso del ferro, e che portarono al trionfo di una nuova civiltà su quella del rame. Valendosi di questi materiali più resistenti e adatti alla guerra, gli Etruschi dominarono per alcuni secoli l'Italia, estendendosi a macchia d'olio partendo dalle foci dei fiumi.

Il sistema di lavorazione del ferro, che gli Etruschi estraevano dalle cave del M. Amiata, non era certo uno dei più razionali, in quanto enormi cumuli di minerale ferroso, considerati improduttivi dagli antichi coltivatori ed abbandonati, possono oggi essere ancora utilizzati per l'estrazione del minerale.

Anche l'estrazione dello zolfo era abbastanza diffusa nella penisola italiana, in particolare in Sicilia, dove fino alla fine del secolo scorso era in uso fondere il materiale estratto dalla cava, raccogliendo alla base di speciali forni (calcaroni) lo zolfo fuso.

La tecnica mineraria, sviluppatasi specialmente con i Greci e i Latini, che pubblicarono veri e propri trattati sull'argomento, si è perfezionata solo oggi. Non è possibile concepire oggi lo sfruttamento di un minerale senza la progettazione delle gallerie destinate ad estrarlo; intere montagne sono state trivellate, alla ricerca del minerale utile.

Per predisporre nel modo migliore le cose, viene innanzi tutto effettuato un accurato rilievo geologico della zona per individuare i punti dove sarà più opportuno cominciare l'escavazione e i pericoli che possono presentare formazioni rocciose che portano impregnazioni gassose o possono provocare venute d'acqua. In un secondo momento, si passerà alla progettazione della galleria, corredandola dei dettagli tecnici relativi alla ubicazione degli scavi, le loro dimensioni, e il metodo di attacco e di protezione delle pareti e della volta.

L'escavazione del minerale sarà ovviamente facilitata nel caso di depositi alluvionali (« placers ») o detritici, dove si provvede all'escavazione in cava. È interessante notare come nell'ultimo mezzo secolo, si sia proceduto con sempre maggiore intensità alla ricerca anche delle pietre utili (sia marmi che pietre da lavorazione che da costruzione). In particolare ha assunto un notevole ritmo (decine di milioni di tonnellate nella sola Italia) la produzione della pietra da cemento, mentre ben più antica era la produzione di alluminio dalle bauxiti del Carso, del Gargano e di altre zone dell'Italia centro-meridionale. Anche le argille, le ghiaie ed altri materiali oggi vengono sfruttate, per ricavarne calcestruzzo. La ricerca delle fonti di sostentamento ha portato l'uomo a sfruttare praticamente ogni risorsa che la natura gli offre.

Spesso, la ricerca di minerali utili non è facile. Quando il geologo deve addentrarsi in territori sconosciuti e lontani dalle principali vie di comunicazione, la ricerca assume gli aspetti di una vera e propria avventura. Il celebre scienziato canadese Logan, incaricato di estendere le ricerche di carbone anche nella penisola di Gaspè, ha lasciato delle sue ricerche un diario accuratissimo, un prezioso documento per chi vuol farsi un'idea delle difficoltà che si incontrano in questi

casi. Il paese, lo stesso nel quale Dawson scoprì lo Psilotum (una delle prime piante cresciute sulla terraferma), era allora, nel 1843, completamente ignoto: vaste foreste ricoprivano tutto il territorio, le strade erano pochissime, i fiumi disagiati da percorrere.

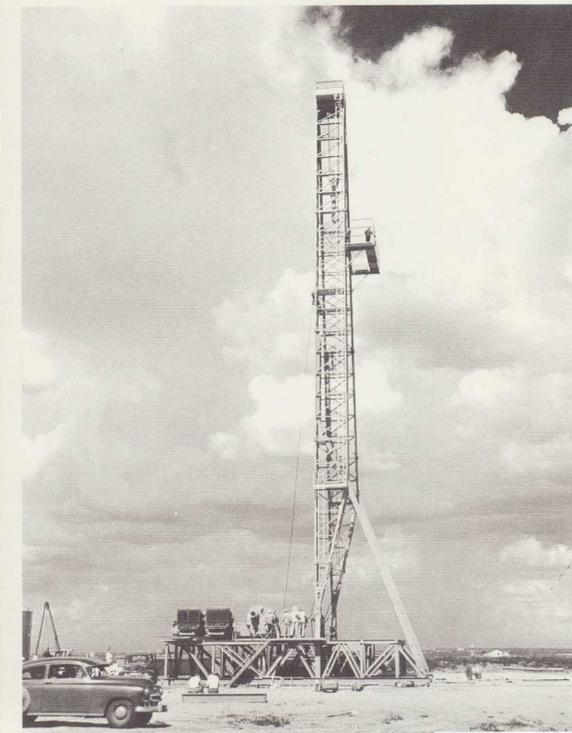
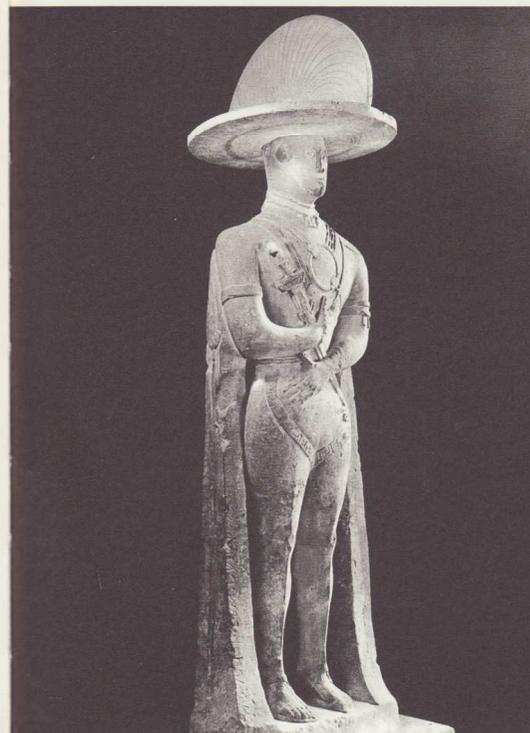
Il viaggio durò un'intera estate, durante la quale lo scienziato dovette attraversare un paese ostile (popolato da Indiani in parte selvaggi) a piedi o a cavallo, e risalire in canoa lunghi tratti di fiume.

Gli abitanti del luogo lo scambiavano per un cercatore d'argento, procurandogli ogni sorta di fastidi. Quando, il 28 luglio, un commerciante scorse la spedizione, gli parve di aver di fronte una tribù indiana in cerca di pellicce, anziché degli scienziati impegnati nelle loro ricerche. A questo proposito racconta Logan: « Quando ci chiese se avessimo pelli da vendergli, non potei fare a meno di rispondere che non avevo altra pelle che la mia, e non avevo nessuna intenzione di cedergliela... ».

In agosto, Logan incontrò serie difficoltà, rimanendo ferito per una caduta durante la scalata di un colle, e si riprese appena in tempo per concludere le sue ricerche: pur sofferente, trovò la forza di esaminare dettagliatamente la costa, risalendola in barca, e di tornare a Montreal. Alla fine di ottobre, fece ritorno nel mondo civile, ma dovette rimanere chiuso per vario tempo in un albergo, perché dai vestiti laceri e dalla gran barba incolta, lo si sarebbe preso per un pescatore (o un venditore di pelli) piuttosto che per il direttore di un rilievo geologico.

Ma traversie di questo tipo possono talora portare a importanti scoperte.

Nella fotografia a sinistra è riportata la statua di un antico guerriero etrusco, rappresentante di una civiltà fiorente nel 600 avanti Cristo, basata sull'estrazione da ricche miniere di ferro e rame. A destra, è la fotografia di un modernissimo impianto per l'estrazione del petrolio, una sonda che può essere agevolmente trasportata su appositi autocarri e giungere a migliaia di metri nel sottosuolo. Due momenti di due ben distinte civiltà: l'una e l'altra sono caratterizzate dallo sfruttamento di un certo tipo di minerale.



Il minerale piú prezioso



Il diamante ha la stessa composizione del carbone, ma un'origine molto differente: è infatti originato da camini vulcanici in cui la lava ha una composizione particolare (kimberlite); solidificando ad altissima temperatura e pressione, ha dato origine anche ai diamanti (carbonio cristallino).

Non tutti i minerali sono presenti in natura nella stessa quantità, e questo ha contribuito fin dai tempi antichissimi a far sí che alcuni di essi venissero considerati piú preziosi di altri. Le difficoltà di estrazione, l'uso cui i minerali vengono adibiti, la loro necessità nella particolare struttura economico-sociale di un paese, hanno poi ulteriormente accentuato certe differenze, e la prosperità di un paese è anzi dipesa spesso dalla qualità e quantità dei minerali presenti nel suo sottosuolo.

Per molti secoli l'oro e l'argento rimasero i minerali piú ricercati, considerati tanto preziosi da essere usati quasi esclusivamente per farne monete ed ornamenti. Questi si trovano in natura spesso assieme ad altri minerali, in genere sotto forma di filoni, ma l'oro si trova anche puro, se pur in piccole quantità, sotto forma di pepite o di pagliuzze. Le principali miniere d'oro si trovano oggi nell'Africa meridionale, ma soprattutto note sono quelle della California, dove nel secolo scorso, non appena la notizia della presenza del metallo prezioso si era diffusa, si era verificata una famosa corsa all'oro, la cosiddetta « febbre dell'oro ». In piccolissime quantità l'oro si trova tuttavia diffuso anche nell'acqua del mare, ma la sua estrazione sarebbe così costosa da non ripagare assolutamente la fatica. Per lo stesso motivo le poche miniere aurifere europee sono ora quasi tutte abbandonate, e la presenza dell'oro in qualche zona, come nel Monte Rosa, o nelle acque di qualche fiume europeo, come il Po, il Ticino o il Reno, appare del tutto insignificante.

Minerale ancor piú prezioso, costituito da carbonio allo stato puro, è il diamante. Nell'antichità i diamanti erano si può dire privilegio esclusivo dell'India, e solo nel XVIII secolo furono scoperti anche in Brasile. Nella seconda metà dell'Ottocento si scoprirono poi i grandi giacimenti diamantiferi dell'Africa meridionale, e l'estrazione entrò in una fase industriale. Il diamante piú grande, del peso di oltre 600 grammi, chiamato Cullinan, fu trovato nel Trasvaal nel 1905, ed ha una luce bianco-azzurra. Il valore di un diamante è determinato sia dalla luce, sia dal colore, sia dal peso.

I minerali e l'industria

Ma la progressiva industrializzazione della società moderna ha fatto assumere enorme importanza a minerali di cui l'uomo fino a ieri non si era occupato. Così l'invenzione della macchina a vapore ha fatto assumere nel secolo scorso al carbone una importanza eccezionale. Con l'inizio del Novecento, pur rimanendo ancora il carbone indispensabile, questo ruolo viene a poco a poco assunto dal petrolio. La presenza di petrolio nel sottosuolo di un paese ha spesso mutato la sua economia, portandolo improvvisamente a straordinari livelli di benessere: così è stato per il Texas, attorno al 1900, e, piú recentemente, e con aspetti diversi, per il piccolo paese arabo totalmente desertico del Kuwait. Oltre a quelli del Golfo Persico e degli Stati Uniti, i piú importanti giacimenti petroliferi sono quelli dell'Irak, della zona del Mar Caspio e del Venezuela.

L'energia atomica

La scoperta di particolari proprietà dell'uranio, che ha rivelato enormi possibilità di produrre energia attraverso la scissione del suo atomo, ha fatto oggi assumere a questo minerale un'importanza fondamentale nella storia dell'uomo. L'uranio si trova in natura sia entro rocce sedimentarie che entro rocce eruttive, e i maggiori giacimenti si trovano negli Stati Uniti, nella zona degli Urali e in Siberia. A parte l'uso bellico che di questa energia è stato fatto, tragicamente testimoniato dall'esplosione di Hiroshima del 6 agosto 1945, le possibilità di utilizzarla per uso pacifico hanno aperto prospettive nuove, facendo passare un poco in sottordine tutte le altre fonti di energia. Anche l'energia elettrica può essere prodotta da centrali atomiche, ma questo impiego è oggi ancora abbastanza limitato, tanto che per molto tempo sarà ancora l'acqua a costituire la maggiore fonte di energia. Ma è indubbio che l'uranio e altri consimili elementi radioattivi sono destinati a condizionare sempre piú la vita e la prosperità dei popoli e il benessere futuro dell'umanità dipenderà proprio dalla loro utilizzazione.

Immagine della centrale term nucleare di Ispra. Al centro della foto si vede il reattore in fase di montaggio. Nei reattori nucleari si provocano delle reazioni a catena controllate, producendo energia.



I geologi



Da questa semplice fotografia del suolo lunare, i geologi americani hanno saputo trarre utili indicazioni per distinguere le formazioni più importanti che lo compongono. Con il termine di formazione, si indica una unità litologica (cioè un complesso roccioso che presenta caratteristiche di natura litologica ben determinate). Una delle formazioni più conosciute in Italia e in Europa, è quella della « Dolomia Principale » o Hauptdolomit degli Autori tedeschi, che si è formata nel corso del Carnico superiore, del Norico e del Retico (3 piani del Triassico) nella fascia alpina e nelle Dinaridi, raggiungendo i Balcani. Non tutte le formazioni hanno questa estensione, e anzi molte sono ridotte a pochi chilometri quadrati di estensione. Una formazione è suddivisa in membri, unità minori la cui distinzione permette di dettagliare maggiormente il rilievo geologico.

Oggi non esiste nessuna zona della Terra, che non sia stata esplorata dagli uomini per saggiarne le ricchezze o per semplice desiderio di conoscere. Neppure le più alte vette dell'Himalaya hanno resistito alle spedizioni inglesi e italiane (condotte da Hillary e da Desio) che hanno conquistato l'Everest e il K2.

Nel corso della spedizione sulla seconda vetta del mondo, vennero raccolti dati preziosi per la ricostruzione della geologia della catena Himalayana, in cui la sovrapposizione delle falde tettoniche ha portato le montagne all'altezza di oltre 8.000 metri. I geologi si rivelano come gli ultimi veri esploratori.

Il rilievo geologico di un territorio richiede spesso sacrifici intensi e non è raro il caso che si debbano percorrere lunghi itinerari su sentieri di montagna, nelle condizioni più difficoltose, per seguire l'andamento delle formazioni, e segnare quanto sia utile per il buon fine della ricerca.

Non sempre la soluzione dei problemi si ritrova sul terreno; allora soccorrono gli studi di laboratorio. Al momento della compilazione delle carte geologiche, devono essere noti sia l'andamento dei limiti tra le formazioni, sia i rapporti che intercorrono tra di esse, sia nei più minuti dettagli, le loro caratteristiche litologiche.

Il rilievo geologico è indispensabile sia per la costruzione dei grandi bacini idroelettrici sia per il tracciato di strade e gallerie, sia per la previsione delle frane, sia per la ricerca dei minerali utili.

In tutti questi casi, il geologo è sempre il primo ad affrontare i problemi ed a impostare la soluzione: è, per i paesi in fase di sviluppo, l'avanguardia del progresso.

Non sempre le ardite conclusioni cui portano le esplorazioni geologiche accolgono unanimi consensi; è questo un pericolo cui tutti i più eminenti scienziati sono andati incontro. Si ricorda come, dopo una serie di spedizioni, alcune delle quali assai impegnative perché comportarono la scalata di numerosi rilievi delle Alpi, il Prof. Agassiz formulò la teoria secondo la quale i ghiacciai avevano a lungo occupato le pianure ed anche il Lago di Ginevra.

Uno dei geologi più noti del tempo (che ha d'altronde reali e numerosi meriti) era l'inglese Murchison. Sorpreso dalle teorie di Agassiz, ebbe a dichiarare: « Se ammettiamo che le montagne e le valli svizzere erano ricoperte di ghiacci, non ci fermeremo più: dovremo addirittura ammettere che il Baltico, il Mare del Nord, l'Inghilterra, mezza Germania e Russia e chissà quanti altri paesi erano nelle stesse condizioni... ». Murchison pensava certamente di esagerare, ma il suo errore fu quello di limitare troppo la zona su cui realmente è avvenuta la grande espansione dei ghiacciai quaternari!

Un caso in cui il rilievo geologico può rivelarsi molto utile, è quello della ricerca delle acque nel sottosuolo. Il Sahara da molti millenni è deserto: le poche piogge sono sufficienti ad alimentare le acque sotterranee di poche e isolate zone. Esiste invece la possibilità di trovare acqua nelle profondità del suolo a centinaia e centinaia di metri al di sotto del livello del mare: è sufficiente raggiungere una formazione acquifera, la cui posizione è ben nota attraverso gli studi geologici.



Questa pagina ci illustra alcuni aspetti dell'attività del geologo. Nelle foto a sinistra, in alto e al centro, sono rappresentate due immagini successive di una stessa frana di ammolimento: è compito del geologo prevedere gli estremi di questi movimenti



una bussola con clinometro, strumento indispensabile per misurare la pendenza degli strati e la direzione in cui si immergono. Anche il martello, con il quale si raccolgono campioni di roccia, è uno strumento familiare al geologo; in particolare nel-

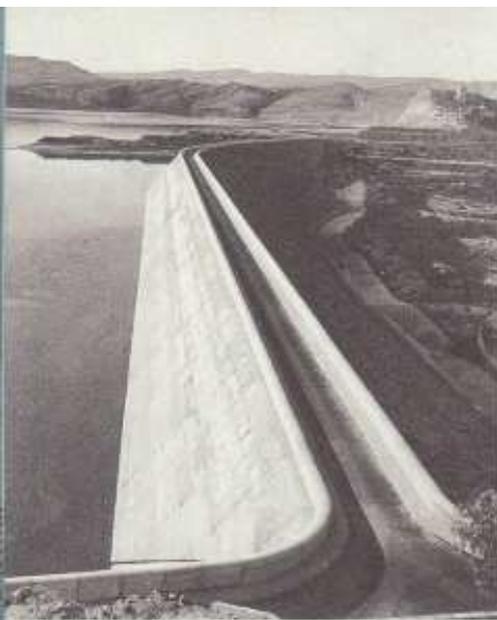


di terreno che spesso provocano catastrofi di rilevante portata. Nella foto in alto a destra si vedono un banco di calcare, formato da roccia compatta, e uno, più in basso, di marna calcarea, roccia di consistenza meno tenace. Al centro a destra si vede



L'ultima foto in basso si possono osservare alcuni strati sedimentari di calcare: la sedimentologia forma un ramo interno della geologia, che studia appunto la conformazione di questi tipi di rocce.





Vari tipi di sbarramenti usa l'uomo per difendersi dalle acque; le due fotografie mostrano una diga a gravità posta su un fiume, e un aspetto delle grandiose opere di sbarramento alle acque dello Zuiderzee, mare interno dell'Olanda ora in parte prosciugato.



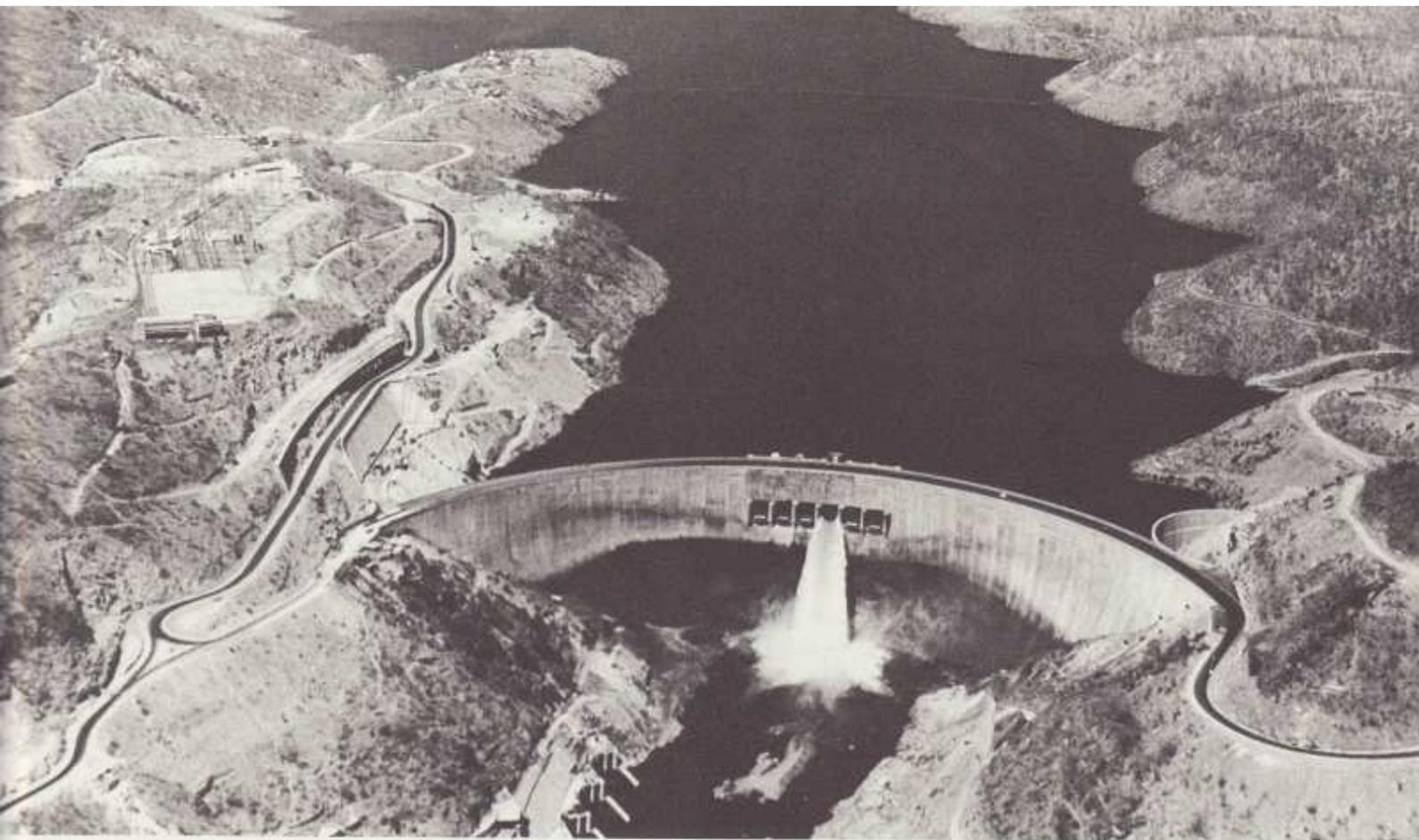
L'Uomo e le acque

I corsi d'acqua nascono dalla convergenza di numerosi rivi nelle alte valli montane. La zona dove si viene a formare un corso d'acqua (bacino di alimentazione) forma in genere un ampio anfiteatro, nel quale si insinuano, nelle zone alpine, le lingue dei ghiacciai; talora il bacino di alimentazione può essere costituito più semplicemente da un nevaio. Non è raro il caso, che un corso d'acqua nasca direttamente da un solo gruppo di sorgenti. In tutto il mondo sono anche numerosi i fiumi che acquistano importanza solo dopo l'immissione degli affluenti, o addirittura dopo avere attraversato un bacino lacustre. È questo il caso del fiume siberiano Angarà, che nasce dal lago Baikal: si tratta dell'unico, copioso emissario di un lago nel quale si gettano ben 320 altri corsi d'acqua. Identica sorte ha il Mississippi, che acquista una portata grandiosa solo dopo avere incontrato il Missouri.

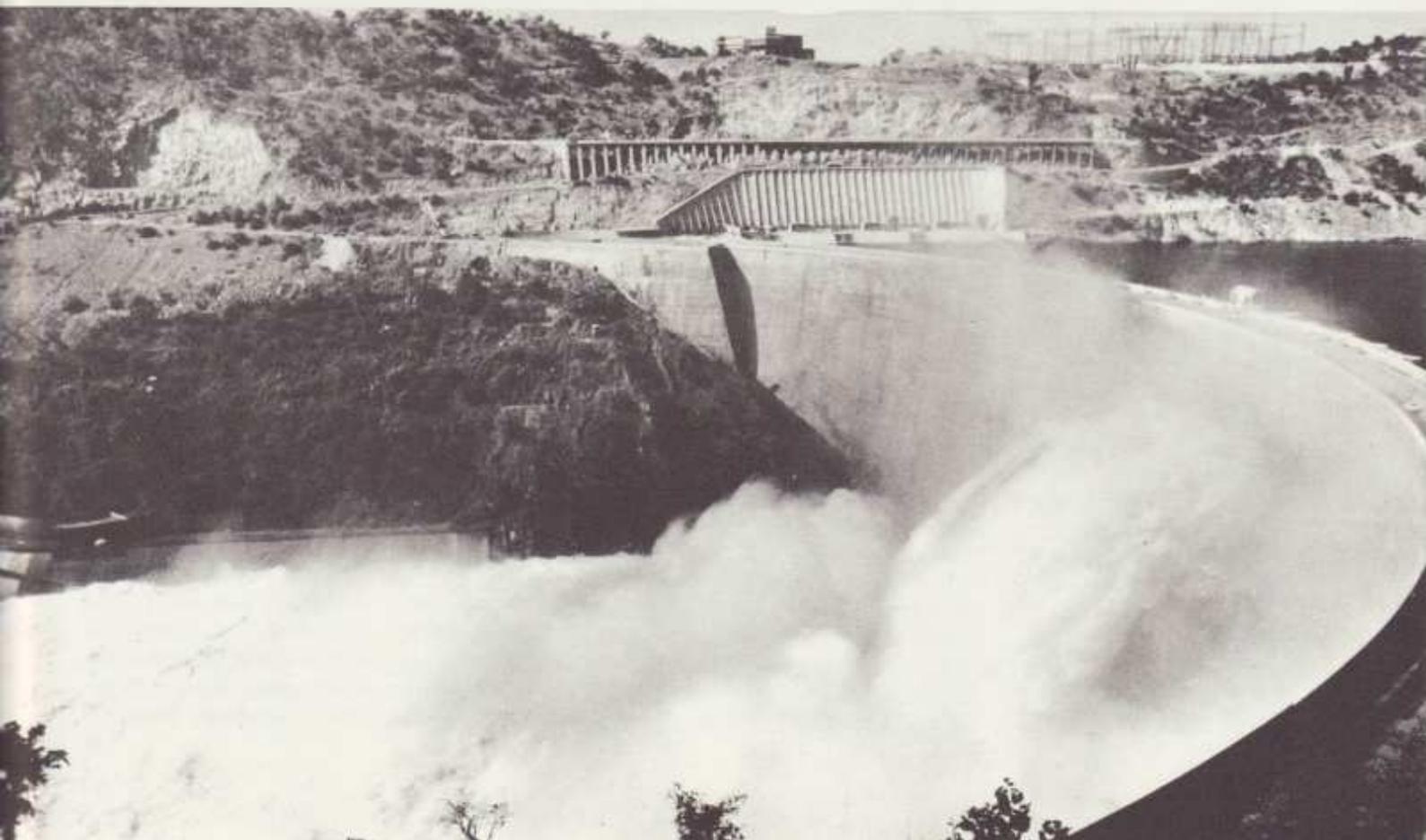
Non tutta l'acqua che si immette negli alvei fluviali scorre in superficie; buona parte di essa alimenta le falde acquifere sotterranee. Non è anzi raro il caso che dal letto asciutto di un torrente, si possa trarre acqua potabilissima scavando pozzi o trincee. Alcuni fiumi, come il Timavo del Carso triestino, per grandissima parte del loro corso scorrono sottoterra, entro prodigiose caverne scavate con la dissoluzione chimica delle acque sui calcari. I fiumi costituiscono delle ottime vie d'acqua per la penetrazione dei commerci nell'interno del continente: tuttavia il crollo degli argini possono farne strumenti di distruzione. I crolli degli argini avvengono spesso a causa degli innalzamenti delle acque incombenti, eccessivamente alimentate dalle piogge.

Contro questo pericolo, si ovvia attualmente estendendo gli argini e sopravevandoli, aumentando così la loro resistenza.

Non sempre tuttavia questi rimedi si rivelano sufficienti, e diretta conseguenza sono paurosi allagamenti con milioni di danni e numerose vittime, che potrebbero essere evitate con un attento controllo delle acque sotterranee, e lo smaltimento rapido delle piene. Oggi quasi in ogni paese esistono efficienti Servizi Idrografici che si occupano di questi problemi. Nei Servizi Idrografici europei e americani, ha grande sviluppo l'indagine geologica delle falde sotterranee, che permette una visione chiara dell'andamento delle acque nel sottosuolo. Questa nuova Scienza (Idrogeologia) è destinata ad avere nel futuro un certo sviluppo, in quanto sempre maggiore importanza ha la valutazione delle risorse idriche nazionali (alla quale la dessalazione delle acque marine non può certo sopperire). I campi di ricerca dell'Idrogeologia sono la ricerca delle acque del sottosuolo, il controllo delle falde sotterranee, la valorizzazione delle risorse idriche naturali con il reperimento dei serbatoi naturali per la costruzione di bacini idroelettrici, la sistemazione e la prevenzione dei dissesti idrogeologici (frane ecc.) nelle zone montane. In un Paese montagnoso come l'Italia, dove l'agricoltura e l'industria sono vincolate alla situazione idrografica, lo sviluppo di questa scienza apporterà, come in Israele, Unione Sovietica, Stati Uniti e Africa Settentrionale (Nazioni che si sono sviluppate utilizzando nel modo più razionale possibile le proprie risorse idriche) un benefico contributo.



Due aspetti della grande diga ad arco di Kariba, sul fiume Zambesi in Africa, una delle piú imponenti costruzioni di questo tipo, alta 128 metri e lunga 580, realizzata fra il 1955 e il 1959 da un'impresa italiana.





L'IMMENSO OCEANO MARINO

Il fondo dei mari e degli oceani, nella grande varietà delle forme del rilievo, in cui si riconoscono le stesse caratteristiche che si possono notare sulla terraferma, costituisce un vero (e tuttora solo incompletamente esplorato) nuovo continente. Le ricerche eseguite fino a questo momento, hanno permesso di

ricostruire, con una certa precisione, una carta altimetrica del fondo marino, ma nulla di più. È come se, di una certa regione, noi conosciamo soltanto una carta geografica, muta, priva di qualsiasi indicazione circa le forme di vita che la popolano, della distribuzione della città, dei fiumi, dei laghi.

Dei mari sappiamo soltanto le poche notizie che ci sono pervenute dopo le ardite esplorazioni di questi ultimi decenni, attraverso sommergibili, batiscafi, crociere oceanografiche. Queste ricerche sono orientate prima di tutto alla ricerca dei minerali utili che si possono incontrare nelle cosiddette « piattaforme

continentali ». Queste costituiscono il naturale prolungamento delle coste del mare, hanno una pendenza relativamente dolce, e possono avere una notevole estensione. Le piattaforme sono separate dal fondo oceanico vero e proprio da una scarpata talora molto ripida, che da 200 metri può raggiungere i 2.000.

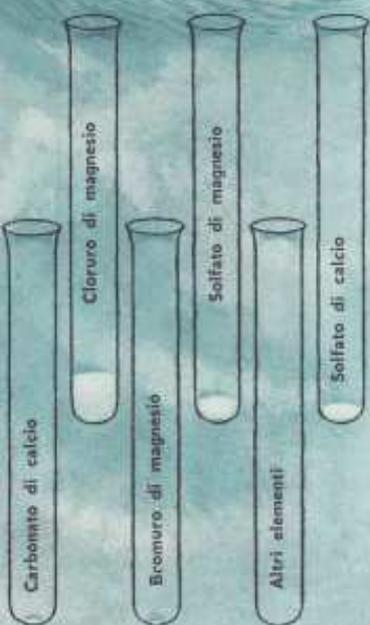
Questa è la profondità media del fondo degli oceani. Inutile dire che l'esame delle piattaforme è stato rapidamente portato avanti, con ottimi risultati: in molti Paesi, sono stati scoperti giacimenti petroliferi talora molto ricchi (es. nel Mare del Nord); il fondo oceanico è invece, dal punto di vista minerario,

ancora inesplorato. Nell'attesa che il progetto Mohole (che si propone una perforazione nell'Oceano Pacifico con il raggiungimento del Sima) sia portato a termine, dobbiamo accontentarci dei pochi dati in nostro possesso. Sappiamo che l'acqua, vicino al fondo dell'Oceano, non è perfettamente pura:

sul fondo infatti, precipita una sostanza lattiginosa, biancastra: è carbonato di calcio, che deriva dalla decomposizione degli scheletri di milioni di microrganismi. Accanto al carbonato di calcio, si vengono a depositare selce (derivante anch'essa in gran parte dagli scheletri di organismi quali i Radiolari) e argilla,

trasportata dalle correnti oceaniche fino alle grandi profondità al largo delle coste. In questo ambiente, la vita è assai ridotta, perché pochi sono gli esseri viventi che riescono a sopravvivere alle pressioni enormi esercitate dalle acque. A 2.000 m di profondità la pressione sul fondo è di circa 180 atmosfere!

Questo miracolo che è il mare



In 1000 g di acqua marina si calcola che siano disciolti circa 35 g di sali nelle seguenti proporzioni:

cloruro di sodio 27,61 g; cloruro di magnesio 3,81; solfato di magnesio 1,66; solfato di calcio 1,26; solfato di potassio 0,86; carbonato di calcio 0,12; bromuro di magnesio 0,08.

Gli uomini hanno sempre considerato il mare come una delle più grandi meraviglie della Terra, fonte di vita e di distruzione, di bellezza e di terrore, un qualcosa circondato da un'aureola di mistero che ha sempre provocato un reverenziale timore. L'immaginazione degli uomini lo ha popolato, fin dall'antichità, di mostri favolosi e di dei terribili e potenti. Persino il Sole sorge dal mare, e nel mare si rituffa, perché il « gran padre Oceano » è, per gli antichi, l'elemento che scorre attorno al mondo, che si unisce al cielo, che attraversa le viscere della Terra, per tornare alla luce sotto forma di sorgente, di ruscello, di fiume. Il mare è il tutto, è la vita. Così la Terra è, per gli antichi, non solo circondata, ma addirittura penetrata dal mare. Il mare non ha confini, le sue acque penetrano nella Terra e si confondono con il cielo.

Il mare è un miracolo.

Anche oggi, pur sapendo che cos'è il mare, com'è formato, la misura delle sue profondità, pur spiegandoci le sue tempeste, i suoi movimenti, ripetiamo che il mare è un miracolo. Infatti « ciò che rende caratteristica la Terra — scrive il Barnet — non sono gli altri aspetti fisici, ma il mare. Solamente il mare. Esso la rende *unica fra i mondi conosciuti* ».

Mercurio, infatti, sembra essere completamente privo di acqua; Venere, pur essendo avvolta da dense nuvole, e Marte, che sembra possedere dei ghiacciai, non hanno acqua allo stato liquido. E gli altri pianeti sono troppo lontani dal Sole, e quindi, troppo freddi per possedere acqua (la temperatura di Giove è di 137°C sotto lo zero; quella di Saturno 150°C sotto lo zero).

Il mare, questo immenso mantello liquido che copre i sette decimi della superficie terrestre, esiste, per quel che sappiamo finora, soltanto sulla Terra. Ma se anche così non fosse, anche se questo magnifico dono fosse comune a tutti i mondi in tutti gli universi, il mare rimane sempre uno dei più preziosi. Da esso dipendono molti fenomeni e processi fisici, come l'atmosfera, il clima, lo stesso suolo e *tutte le cose viventi*.

Esso è un grande serbatoio di energia solare, capace com'è di assorbire il calore e di ridiffonderlo lentamente, concorrendo a prevenire i bruschi mutamenti climatici. Tutte le acque della Terra traggono origine e sostentamento dal mare; dal mare, infatti, per mezzo della evaporazione, proviene gran parte dell'acqua che cade sulla Terra sotto forma di pioggia, grandine, neve; quell'acqua che dà vita ai laghi e ai fiumi, e da cui dipendono tutti gli esseri viventi per la loro esistenza.

Senza il « miracolo del mare », la Terra sarebbe un corpo privo di vita alla deriva nello spazio.

Le acque marine sono ancora in gran parte sconosciute agli scienziati: solo oggi possiamo dire di avere una carta geografica abbastanza precisa del fondo marino, delle montagne e degli abissi subacquei. Le navi oceanografiche percorrono i mari sondandone i segreti, da circa un centinaio di anni; i batiscafi si posano sul fondo delle fosse: ma possiamo dire di conoscere bene solo l'uno per cento delle acque marine!

Le onde

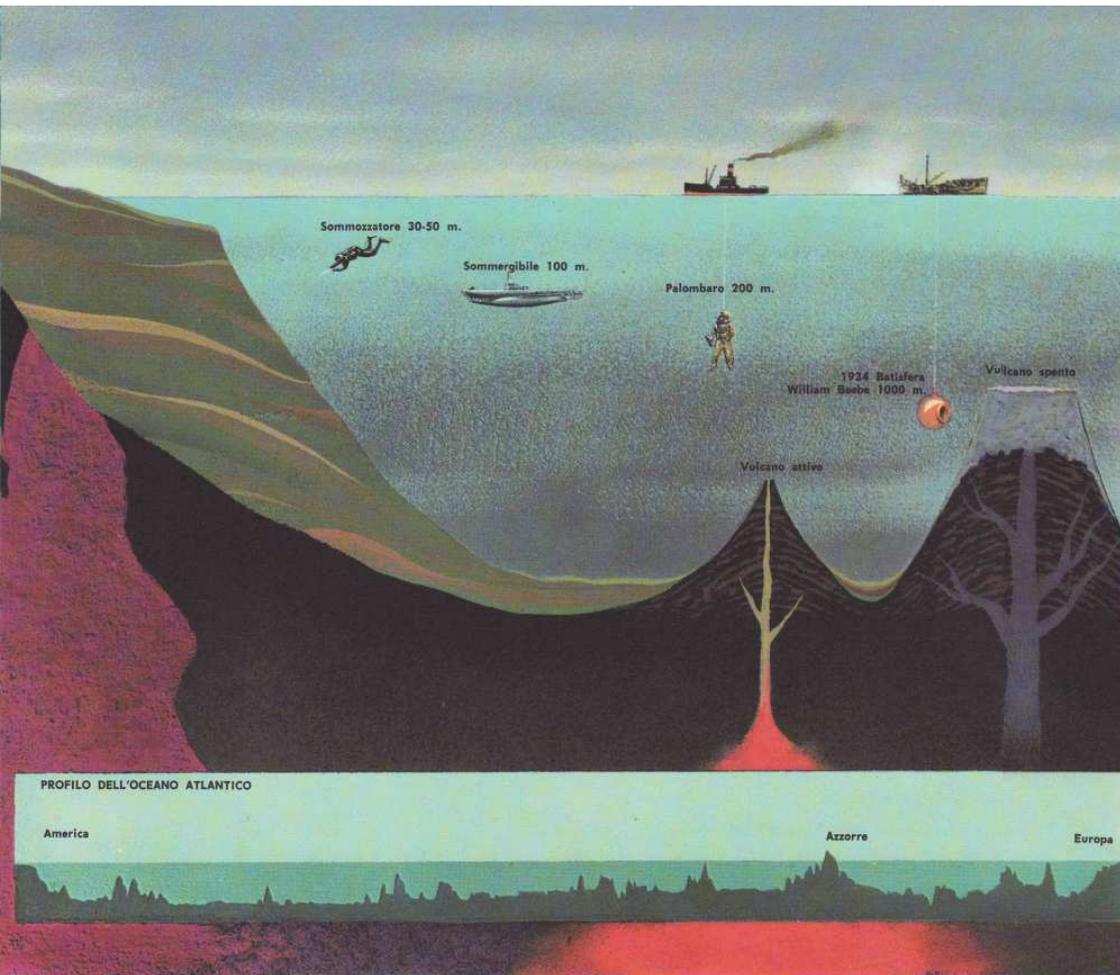
Di tutti i movimenti delle acque nessuno ha maggiore potere di distruzione o suscita più terrore delle onde. L'energia contenuta in un'onda che si infrange è notevole. Le misurazioni, effettuate con i dinamometri, hanno dimostrato che talvolta un'onda si scaglia contro la costa con una forza uguale alla pressione di 25-30 tonnellate per ogni metro quadrato. Quindi, le onde che si abbattono su una zona costiera durante una tempesta posseggono una forza capace di scavare grotte nelle pareti rocciose che si levano sul mare.

Contrariamente a quel che si crede comunemente, quella che si muove sul mare non è la massa d'acqua che costituisce l'onda, ma solo la forma dell'onda. L'avanzare di un'onda può essere paragonato all'oscillare di un grano sotto il soffio leggero del vento. « Si vedono correre le onde per le campagne — scrisse Leonardo da Vinci — eppure il grano non cambia di posto. » La goccia d'acqua mossa dal vento al largo delle coste spagnole non raggiunge le coste americane, ma viene spinta verso il basso, gira, come se viaggiasse all'interno di una ruota, e ritorna al punto di partenza.

Un reale spostamento di acqua si ha solo quando il movimento dell'onda raggiunge la costa. Quell'instancabile rigirarsi delle particelle d'acqua su se stesse è allora interrotto dalla vicinanza del fondo; l'onda si rompe e si frange sulle spiagge.

Attualmente si distinguono tre tipi di onde, che differiscono per la forma e per le circostanze che le producono.





PROFILO DELL'OCEANO ATLANTICO



Il fondo marino

Gli apparecchi acustici, basati sugli ultrasuoni, scandagliando il fondo marino hanno rivelato uno strano fenomeno: nell'eco prodotta sul fondo si inserisce un'eco intermedia fra i 300 e i 400 metri. È il cosiddetto « Fondo fantasma » che, secondo l'ipotesi più attendibile, è costituito da uno strato di animali e piante microscopiche che vivono in so-

spensione nell'acqua (plankton). Ma « fantasma » poteva essere definito tutto il fondo marino fino a pochi decenni fa; quel fondo che si credeva formato da distese piatte e lisce, che si allungavano nelle tenebre per migliaia di chilometri tra un continente e l'altro. Oggi, grazie allo scandaglio acustico, conosciamo la forma di gran parte delle pro-

fondità e dei rilievi oceanici. Sotto le acque del mare vi sono catene di montagne, vulcani, dirupi, altipiani e pianure. Logicamente, ci sono diversità topografiche tra il bacino di un oceano e quello di un altro, come vi sono diversità tra l'Africa e l'Europa, l'America del Nord e quella del Sud. Tuttavia essi hanno in comune la suddivisione nelle seguenti

zone: piattaforma continentale, scarpata continentale, fondo oceanico. La piattaforma si estende dai 15 ai 350 Km dalla costa e discende lentamente fino a profondità che variano dai 50 ai 200 m. Al loro limite le piattaforme continentali scendono improvvisamente con enormi strapiombi: è la scarpata continentale.

Alla base della scarpata, c'è il fondo oceanico. Ma raramente esso è piatto e omogeneo; per lo più è increspato, attraversato da avvallamenti, diviso da catene montuose. Tutto il fondo dell'oceano dovrebbe essere coperto di sedimenti, accumulatisi in più strati, che sono il risultato del costante depositarsi, per milioni d'anni, di detriti organici e

inorganici che discendono lentamente dalle acque della superficie verso il fondo. Si ritiene che nel fondo oceanico si formi un metro di sedimenti ogni centomila anni. Tutto il fondo dovrebbe essere ricoperto di sedimenti ma non è così. Nelle fosse profonde 10.500 metri sotto il livello del mare, ci sono scarsi sedimenti. La più grande catena di mon-

tagne è la Dorsale Medioatlantica, che attraversa l'Atlantico dall'Irlanda fin quasi all'Antartide. È lunga più di 16 mila Km e larga 800 Km. Solo di tanto in tanto c'è una vetta che emerge: sono le isole sparse lungo l'Atlantico: l'isola dell'Ascensione, le Rocce di San Paolo, le Azzorre. Anche le isole Hawaii rappresentano le vette di un'altra ca-

tena montuosa, lunga 2.400 Km. Oltre a queste, ci sono montagne eccezionali, i « guyot ». Nessuno aveva mai sospettato l'esistenza di queste montagne dalla vetta piatta. Sembra che si tratti di vulcani le cui cime sono state erose dall'azione delle onde in lontani periodi quando ancora emergevano dalle acque.