

PAOLO ROBERTO FEDERICI (*)

PARADIGMI E TEORIE DELLA GEOMORFOLOGIA

ABSTRACT: FEDERICI P.R., *Models and theories of Geomorphology*. (IT ISSN 1724-4757, 2005).

The main lines of thought upon the origin and evolution of the Earth surface are drawn. The research has been developing, through the formulation of adapted paradigms, in the attempt to find one general theory for the morphogenesis. In spite of the high scientific and philosophical contents of some theories, the heuristic process until today elaborated has not still allowed to reach the ambitious goal. The way already done in this direction has however concurred to accumulate an enormous amount of data and an advanced knowledge of the surface of our planet. Therefore Geomorphology has become one fundamental part of the Earth Sciences and Environmental Sciences.

Key Words: Geomorphology, Theory, Paradigms.

RIASSUNTO: FEDERICI P.R., *Paradigmi e teorie della Geomorfologia*. (IT ISSN 1724-4757, 2005).

Vengono tracciate le principali linee di pensiero sull'origine e sull'evoluzione della superficie della Terra. La ricerca si è sviluppata, attraverso la formulazione di adeguati paradigmi, nel tentativo di trovare una teoria generale della morfogenesi. Nonostante gli alti contenuti scientifici e filosofici di alcune teorie, l'euristica fino ad oggi elaborata non ha ancora permesso di giungere all'ambizioso traguardo. Il cammino compiuto ha comunque consentito l'accumulo di un'enorme quantità di dati ed una progredita conoscenza della superficie del nostro pianeta. La Geomorfologia è così divenuta una componente fondamentale delle Scienze della Terra e delle Scienze Ambientali.

TERMINI CHIAVE: Geomorfologia, Teorie, Paradigmi.

La Geomorfologia è divenuta una componente fondamentale non solo delle Scienze della Terra, ma più in generale delle Scienze Ambientali. La sua apparizione ha una data imprecisata, poiché alcune acquisizioni significative, come quella del profilo di equilibrio dei fiumi nel 1841 in Francia o, poco prima, dell'azione morfogenetica dei ghiacciai, risalgono ad un'epoca in cui il termine Geomorfologia non era ancora stato introdotto, ma tutto rientrava nella

Geologia. Per non parlare poi dei celebri lavori idraulici di Leonardo da Vinci, alla base dei quali egli aveva posto il principio dell'origine erosiva delle valli fluviali e il principio dei rapporti e della proporzione geometrica tra le valli e i corsi d'acqua, diffuso tre secoli dopo da Playfair nella letteratura anglosassone. E ancora non si può non sottolineare che a Targioni-Tozzetti alla metà del '700 si deve la primogenitura dell'ipotesi del mare come livello di base dell'erosione, un'ipotesi da altri poi elevata al rango paradigmatico.

Con il sommarsi di nuove scoperte sulla configurazione della superficie della Terra apparve chiaro che i principali paradigmi della Geologia non erano adatti e comunque erano insufficienti per sviluppare una teoria della morfogenesi. La ricerca di una base teorica è stata una costante nella storia della Geomorfologia.

Il più celebre tentativo in proposito è quello di W.M. Davis, che nel 1899 con l'articolo «The geographical cycle» elaborò una teoria sull'interpretazione genetica del rilievo terrestre in armonia con il credo evoluzionista che si stava imponendo. Le linee del ciclo geografico sono: a) le forze interne creano i rilievi con l'orogenesi; b) le forze esogene, essenzialmente le acque, modellano il rilievo, che evolve attraverso alcuni stadi; c) al termine del ciclo si forma il peneplain, una sterminata superficie suborizzontale frutto dei lunghi processi di spianamento. Il tutto ad opera delle acque correnti.

Per lunghi anni «l'erosione normale» attribuita ai «comuni processi delle precipitazioni e dei fiumi, delle azioni meteoriche e delle acque» fu il paradigma fondamentale della Geomorfologia. Il vincolo alla morfogenesi è dato dal livello del mare, «in quanto le forze distruttive normali non possono lavorare una superficie continentale al di sotto dell'ultimo livello di base alla loro azione». Nonostante recenti revisioni, si può dire indubbia l'influenza dell'opera di Darwin su Davis almeno al riguardo di: 1) l'evoluzione nel tempo (ciclo di erosione che porta al peneplain), 2) la selezione (primato delle acque correnti), 3) la casualità e il cambiamento (neotettonica e ringiovanimento), in un contesto di evidente ispirazione alla filosofia positivista.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa, via S. Maria 53 - 56126 Pisa.

Sono noti l'enorme successo conseguito dalla Teoria del Ciclo di erosione per alcuni decenni e i frutti che essa ha lasciato. Il metodo storico-deduttivo usato dallo scienziato americano fu, però, aspramente criticato dalla Scuola di Berlino di Albrecht Penck, che prima di Davis aveva dato alle stampe un trattato di morfologia in cui tutto si poteva vedere tranne che una evoluzione ciclica delle forme. Ma, soprattutto il figlio Walter contrappose a Davis nel 1924 l'analisi delle forme (la sua opera fu infatti «Die Morphologische Analyse»), mettendo alla base del processo morfogenetico l'erosione dei versanti in un quadro in cui si prevedono stretti rapporti fra processi endogeni e processi esogeni, come del resto sostenuto contemporaneamente (1923-24) nel «Trattato di Geologia Morfologica» da Gaetano Rovereto. La teoria di Penck è la pediplanazione attraverso la progressiva estensione dei pediment e il paradigma è la lenta retrocessione dei versanti parallelamente a se stessi, fino a ridursi a inselberg e poi a sparire. Il pensiero di Penck (e di Rovereto) non riuscì a diffondersi per la mancata traduzione in inglese delle loro opere, che avvenne soltanto nel 1953 per il primo, non è mai avvenuta per il secondo.

La teoria della pediplanazione fu ripresa in considerazione e ha trovato una sistemazione molto più tardi nei lavori della King, che a partire dal 1950 sulla base di lunghi studi sulle regioni australi, in particolare il Sud Africa, le ha conferito una generalizzazione su grande scala. Il modellamento è quello dell'erosione dei rilievi che porta al pediment mediante la retrocessione dei versanti, così come prospettato dalla Scuola di Berlino. Esso si protrae indefinitamente fino a produrre il pedipiano, lasciando solo lembi residuali. Poiché questi si trovano a varie altezze, King ha pensato di correlare le quote dei vari inselberg per ricostruire alcuni fondamentali pedipiani, ognuno dei quali risalirebbe a periodi geologici diversi.

Penck, però, aveva osservato che questa dinamica è possibile quando c'è uniformità della degradazione meteorica del versante; a questo proposito strette leggi di interdipendenza regolerebbero l'intensità dell'erosione, la granulometria dei detriti, l'evacuazione dei sedimenti correlativi alla base del versante e la pendenza limite del versante stesso (*Piedmonttreppen*). Per questo Penck introdusse il metodo analitico nello studio dei versanti.

Alla visione deterministica del ciclo di erosione, la teoria della pediplanazione contrappone il regno di una realtà mobile e aperta, nella concezione più recente del possibilismo che tende a identificare il possibile con ciò che si presume verificabile entro un ambito storicamente determinato di conoscenze e di metodi di indagine. Pediment e pedipiano, infatti, si formano solo in determinate condizioni, secondo Penck. Egli pensava che esistessero stretti rapporti tra processi endogeni e processi esogeni e l'evoluzione del paesaggio sarebbe legata all'entità dell'erosione in rapporto ai movimenti crostali.

Peneplazione e Pediplanazione, due grandi teorie sostenute da eccellenti paradigmi, entrambe con l'ambizione di fornire la chiave per interpretare genesi ed evoluzione della superficie terrestre.

Ma le ricerche morfologiche nelle varie regioni del mondo hanno fatto emergere progressivamente nella prima parte del secolo XX un quadro variegato di forme e di processi geomorfici, difficilmente riconducibili ad uno schema unitario di evoluzione della superficie della Terra. Delle due teorie generali della morfogenesi quella che ha sofferto di più è stata la teoria del ciclo geografico. Diffusasi ovunque per la versione accattivante datane dal suo geniale autore, è stata poi violentemente attaccata dai suoi nuovi avversari uno dei quali (il francese J. Tricart) bollò Davis come dedito alla bergsoniana immaginazione creatrice invece che alla speculazione scientifica! Esagerazioni della polemica.

Poiché il modello della peneplazione è valido soprattutto alle medie latitudini e quello della pediplanazione è valido per le zone aride, subaride e di savana, con la progressiva constatazione di una variabilità delle forme alle varie latitudini, da quelle dovute al modellamento glaciale a quelle dovute al modellamento nelle regioni tropicali umide, si è imposta con il tedesco Julius Büdel (1948) e poi con i francesi A. Cholley (1950), J. Tricart & A. Cailleux (1965), preceduta da un precocissimo, sporadico, articolo di E. De Martonne (1940), la teoria della Geomorfologia climatica.

Secondo questa teoria le forme della Terra dipendono direttamente dal clima, ossia a dire che dalla combinazione degli elementi del clima (temperatura, umidità e pressione atmosferica) prendono origine gli agenti creatori delle forme, in quanto capaci di compiere le azioni elementari dell'erosione, trasporto e deposito. Illuminante a questo proposito è quanto afferma Cholley nel 1950 parlando della forma del paesaggio «... et sa genèse est liée à l'action des facteurs d'érosion imposé par le climat». Dal momento che i climi della Terra, come hanno mostrato i climatologi, si distribuiscono secondo fasce di latitudine, anche le forme tipiche generate dai processi geomorfici dominanti hanno una distribuzione zonale. Non uniformità ma pluralità dei paesaggi, dunque.

La teoria della Geomorfologia climatica ha assorbito molte leggi già esistenti, come ad esempio quella del livello di base dell'erosione o quella della differenzialità dell'erosione in presenza di litotipi differenti e ne ha introdotto di nuove. Il paradigma fondamentale è quello dell'equilibrio delle forme ciascuna nel proprio dominio climatico (equilibrio morfoclimatico). Raggiunto l'equilibrio la forma non evolve più e il paesaggio si presenta costituito dai morfotipi.

Per dare un contenuto non solo quantitativo al paradigma, Peltier nel 1975 ha fatto uno sforzo estremo di nomoteticità con l'elaborazione di un'equazione generale della morfogenesi:

$$LF = f(m, dm/dl, de/dt, du/dt, t)$$

ove LF = la forma, m = materiale geologico, ovvero la resistenza alla degradazione, dm = fattore strutturale (deformazione con la distanza), de = tasso di erosione, du = tasso di sollevamento tettonico, t = durata del processo. Si badi bene che ognuno di questi fattori è ricavato da altre equazioni nelle quali forme e processi sono strettamente interconnessi.

Ma quali sono le forme e i processi veramente tipici di una regione morfologica? A seconda della risposta si produce anche una differente valutazione dei parametri climatici o viceversa se da questi parte la ricerca. Così sono stati proposti diversi schemi delle zone morfoclimatiche della Terra, che comportano un numero differente di esse, a seconda si usi il criterio morfometrico, oppure quello sedimentologico oppure, più ortodosso, quello della geometria delle forme-tipo. Si riconosce che il concetto di equilibrio morfoclimatico molto deve a quello di biostasia delle scienze ecologiche; per converso *rextasia* designa la rottura dell'equilibrio morfoclimatico.

Büdel originariamente ha riconosciuto cinque grandi zone morfoclimatiche, ognuna contraddistinta dai propri fondamentali morfotipi: a) zona dei morfotipi legati al modellamento glaciale; b) zona dei morfotipi legati al modellamento periglaciale; c) zona dei morfotipi legati alle acque correnti; d) zona dei morfotipi legati alla pediplanazione; e) zona dei morfotipi legati alla planazione tropicale-umida. Altri hanno elaborato classificazioni differenti.

Nonostante le incertezze, la Geomorfologia Climatica mantiene forti capacità di assorbimento di altre teorie e di svariati paradigmi e secondo molti è l'autentica via all'interpretazione del paesaggio terrestre. Si pensi, ad esempio, a quell'«inestimabile contributo dato alla esplicazione dei paesaggi poligenetici. La chiave interpretativa è quella dell'eredità delle forme prodotte sotto un clima diverso da quello attuale. È logico che ad un mutamento climatico, come sempre si è verificato nella storia della Terra, segua quello dell'agente dominante. Questo crea nuove forme in sovrapposizione a quelle precedenti e si ha così la temporanea coesistenza di forme in equilibrio e di forme ereditate, quest'ultime destinate poi a dissolversi per degradazione.

L'unico ambiente che non rientra agevolmente nello schema della Geomorfologia Climatica è quello costiero, che perciò è stato definito «azonale».

Non si può negare che la teoria della Geomorfologia Climatica sia imbevuta di determinismo, poiché si basa sull'intuizione dell'interdipendenza dei fenomeni geomorfici e cerca di spiegare non solo gli avvenimenti registrati e controllati, ma anche quelli che sfuggono al controllo, in quanto non conosciuti. La definizione di determinismo di Lalonde «Insieme delle condizioni necessarie a determinare un fenomeno dato», legando indissolubilmente processi climatici e forme, si applica facilmente alla Geomorfologia Climatica.

Ma noi dobbiamo tener presenti tutte le riserve al determinismo scientifico fatte dal «Principio di indeterminazione» di Heisenberg (1926), che formulato per la fisica è stato poi esteso ed applicato alle altre scienze. Infatti, se potessimo tener conto di tutti i parametri, avremmo in mano tutti i mezzi di determinazione. Questo però in geomorfologia è impossibile e noi abbiamo di volta in volta solo alcuni assi di determinazione. La Geomorfologia Climatica perciò è un modo di descrivere i fenomeni adeguato ai limiti dell'osservazione, non una risposta assoluta sulla natura del mondo.

Sempre all'erta è stato chi sostiene il ruolo attivo della struttura geologica, per cui l'analisi strutturale sarebbe

sempre pregiudiziale allo studio morfologico. Ma chi è allora l'agente modellatore, l'agente esogeno o quello endogeno? Va ricordato che nel '700 e nella prima parte dell' '800 si riteneva che le forme della Terra fossero semplicemente e sempre l'espressione della tettonica: una valle corrisponde ad una sinclinale, un rilievo ad un'anticlinale e così via. Ciò è talvolta vero, ma i sostenitori più spinti della geomorfologia strutturale, di evidente ispirazione geologica, ritengono che sulla Terra vi siano soprattutto morfostutture (Morisawa, 1981), relegando al ruolo accessorio lo sterminato campo delle morfosculture; ne deriverebbe una gamma di forme elementari (concave, convesse, planari, ecc.) e di forme complesse legate agli insiemi strutturali (orogeni, ecc.).

Se fosse così, la base paradigmatica della Geomorfologia sarebbe il ruolo attivo, cioè di creatore di forme, della struttura tettonica. In questo modo la morfologia strutturale diventerebbe non solo una alternativa ma una contrapposizione alle altre teorie che pongono alle loro fondamenta paradigmi legati alle forze esogene, contrapposizione inevitabile per la sua visione teleologica contrapposta non solo a quella deterministica pura o temperata dal principio di indeterminazione ma anche, ovviamente, a quella evoluzionista. Ma tale visione non ha resistito nel tempo e non si conoscono paradigmi possibili per far assumere alla Geomorfologia Strutturale il rango di teoria. Al massimo si ammette un temporaneo controllo della struttura sulla geometria della forma o un vincolo iniziale alla sua elaborazione da parte delle forze esogene.

L'incertezza dottrinale e la necessità di studiare i fenomeni geomorfici nel loro divenire ha spinto, specialmente in America, a spostare l'attenzione dalle forme ai processi morfogenetici. Si deve a Arthur Strahler (1952) un tale traumatico cambiamento: secondo l'Autore, lo studio delle funzioni prodotte dagli elementi di una struttura o di un sistema, ancorato alle conoscenze fisiche e chimiche e alla quantificazione, sta alla base della Geomorfologia da lui definita Dinamica e può permettere i più alti livelli di comprensione della genesi e dell'aspetto della superficie terrestre. È il paradigma del Funzionalismo, una teoria che fa dei processi esogeni l'oggetto fondamentale e lo scopo della Geomorfologia.

Nel senso più stretto del termine un'analisi funzionale riguarda lo studio delle equazioni in cui le incognite sono funzioni. Naturalmente, nel caso dei processi geomorfici esiste una chiara dipendenza funzionale, poiché le funzioni $f_1(x)$, $f_2(x)$... $f_n(x)$ agiscono in un campo comune di variabilità e sono legate fra loro da una relazione. Ne esce un ambito funzionale in cui le funzioni possono essere considerate come gli elementi di uno spazio topologico.

Tuttavia per Strahler l'interesse per lo spazio e il paesaggio era subordinato a quello per i processi. Il mezzo per studiarli è la quantificazione, partendo dalla convinzione, lo dice Strahler nel 1954, che «su un oggetto (la forma) si può speculare quando le sue caratteristiche o le sue funzioni sono espressi in termini quantitativi», dopo aver in modo un po' arrogante premesso «the geomorphologist who seeks to go beyond mere verbal description of scenery to a rigorous approach...».

Una rottura con gli approcci qualitativi precedenti. Anche prima c'erano stati tentativi di quantificare gli ambiti morfologici (si pensi a Gilbert, 1914; Bagnold, 1941; Krumbein, 1941; Holmes, 1941; Horton, 1945) con misure e semplici elaborazioni algebriche, ma con Strahler ci fu l'introduzione di un sistematico uso delle analisi statistiche e successivamente, ad opera di altri, di modulazioni matematiche. Chorley (1966) ha affermato che questo passo era necessario in quanto le teorie classiche avevano affrontato i problemi di ciò che è stato, mentre le nuove ricerche su basi dinamiche studiano ciò che sta avvenendo. È un'affermazione provocatoria, ma contiene un po' di verità e Strahler deve essere considerato comunque un caposcuola e probabilmente un grande nome della Geomorfologia.

Il filone funzionalista è tuttora fiorente, anche per l'immissione di cultori delle scienze esatte, che hanno introdotto l'uso del laboratorio sperimentale e accentuato il retroterra neopositivista della teoria. L'avvento delle tecnologie informatiche ha fatto credere di poter risolvere i problemi con uno sfrenato uso della modellistica; anche attualmente si assiste ad un florilegio di modelli basati esclusivamente sulle raffinatezze dei GIS ma che poco aggiungono all'euristica dei problemi geomorfologici. Forse il risultato più promettente è la possibilità, attraverso le modulazioni informatiche, di integrare gli effetti dei processi con la sovrapposizione degli strati di informazioni diverse, fatto che sta comportando un lento riavvicinamento ai problemi dello spazio geomorfico.

Ma la spinta alla introspezione della materia particellare da parte dei funzionalisti ha comportato un cambiamento radicale della scala, che si è ridotta nello spazio e nel tempo. È evidente anche per questo il distacco dalle teorie storiche che sono ancorate al tempo. Nella teoria funzionalista quello che conta è l'equilibrio dinamico, indipendente dal tempo. Così, per esempio le cosiddette «paleosuperfici» non sarebbero i resti di antichi paesaggi ancora risparmiati dall'erosione, ma il risultato di un equilibrio dinamico attuale.

Il funzionalismo in Geomorfologia contiene in sé il germe del cambiamento degli obiettivi stessi della disciplina e quindi siamo di fronte ad un possibile, vero e proprio mutamento epistemologico. Non solo, ma sono pure evidente i pericoli di una scienza geomorfologica di stampo puramente meccanicistica. Per questo vi sono richiami a non perdere di vista il carattere empirico della geomorfologia e Peltier ha sentito la necessità di dichiarare, che «maps which describe the poligenetic sequence are more realistic in expressing landform than those which merely describe the operation of current processes».

Proprio recentemente Martin & Church (2004) hanno di nuovo richiamato questa necessità, anche se i due autori sembrano auspicarla soprattutto per raccogliere dati per la creazione di modelli numerici più convincenti. È già qualcosa, perché oggi giorno appare evidente il pericolo gravissimo di una ricerca che, grazie alle meraviglie della cibernetica, elabora, rielabora, medita, rimedita e crea continuamente modelli sui dati raccolti dagli scienziati empirici e non più rinnovati. Non solo, ma non porta fino in fondo

neppure il paradigma della morfologia dinamica che richiede la verifica.

Non siamo però di fronte ad un divorzio e i limiti fra le teorie non sono invalicabili. La geomorfologia climatica non ha rinunciato alla sua visione olistica. Partendo dall'aforisma «Ubi materia ibi geometria», essa punta al primitivo scopo della geomorfologia che è quello della descrizione delle forme della superficie terrestre, ossia lo studio della struttura e delle proprietà dello spazio. Beninteso, si tratta di uno spazio in cui si immaginano immersi gli enti studiati dalla geometria euclidea (punti, linee, superfici, angoli, volumi, ecc.) e che traduce in termini geometrici l'immagine intuitiva che noi abbiamo dell'ambiente in cui si svolge la nostra esperienza sensibile. Ciò senza entrare nel dibattito fra la visione per cui ogni corpo ha un limite entro cui è contenuto e questo limite costituisce il suo spazio (spazio, come *tópos* aristotelico) e la visione dello spazio come recipiente (spazio della fisica classica) in parte riempito dal pieno della sua corporeità e in parte vuoto. Secondo la nostra sensibilità sembrerebbe più adatto il primo modello, ma usando grandezze fisiche di riferimento dovrebbe essere il secondo.

È comunque assodato che in Geomorfologia lo spazio ha proprietà implicitamente definite da quelle degli enti che contiene. Certo, a seconda del paradigma usato, cambia la scala dello spazio, tanto che oggi si parla di macro-meso-micro e persino di nano scala, ma bisogna ammettere che vi sono difficoltà a definire lo spazio con i medesimi enti geometrici passando da una scala all'altra, poiché si ha la sensazione che le trasformazioni che si attuano con la trasposizione di scala non siano soltanto formali. Infatti, se per semplificare devo accorpare o suddividere cambio gli enti geometrici dello spazio e per quanto chiarito prima, lo spazio stesso.

In Architettura, però, la teoria del funzionalismo sostiene che la forma deve essere sempre espressione di una funzione. Approfittando di questo la Geomorfologia Climatica mantiene la convinzione di avere la possibilità oltre che descrivere anche di dimostrare le proprietà degli enti e delle relative figure geometriche, non solo deducendole da alcuni principi induttivi derivanti dalla nostra esperienza, ma sfruttando le strette interrelazioni fra forma e processi geomorfici e quindi mostrandosi capace di accogliere almeno in parte il funzionalismo.

Per questa operazione rimangono delle difficoltà. Infatti il passaggio dall'osservazione qualitativa del territorio a quella dell'introspezione fisico-chimica funzionalista o anche semplicemente quantitativa ha comportato un riesame critico della scala dei tempi. Nel tentativo di ottenere risultati «obbiettivi» empiricamente misurati, la ricerca si è focalizzata sui processi in funzione dei quali prendono origine le forme, che sono ritenute il semplice risultato di catene di connessioni causali. La mancata verificabilità quantitativa vanificherebbe non solo il suo contenuto ma le stesse basi dei paradigmi funzionalisti. Dovendo esaminare e misurare processi si è scivolati inevitabilmente verso dimensioni temporali sempre più piccole, stravolgenti rispetto a quelle usate per i classici studi sulla geometria delle forme.

Le possibilità di conciliazione delle scale in una teoria generale non sono molte e comunque è un problema aperto. Già Schumm e Lichty (1965), in un celebre lavoro sulla causalità in Geomorfologia, avevano ritenuto necessario distinguere tre ordini di grandezza dei tempi: al 1° livello la scala relativa ai cicli di erosione o per chi non è davisiano sarebbe meglio dire, ai processi di planazione misurabile in milioni di anni, al 2° livello la scala dei tempi relativi ai processi in cui un versante raggiunge condizioni di equilibrio dinamico, stabilita in migliaia di anni (scala che obiettivamente non sembra ben dimensionata...), al 3° livello la scala relativa ai processi veloci, dimensionata in un anno o meno. Ma vi sono anche i fenomeni piccolissimi e Brunsden (1996) ha introdotto un 4° livello, la nanoscala (ove $1:10^{-9}$) e addirittura un 5°, la picoscala (ove $1:10^{-12}$). Starkel (1997) conviene sui cinque livelli, ma l'inferiore comprende gli eventi della durata dai secondi ai giorni ai mesi. Questioni di limiti. Tuttavia, a me pare che i problemi di scala dei tempi siano concettualmente meno gravi di quelli dello spazio, beninteso riuscendo a provare che gli eventi infinitesimali siano anch'essi funzionali alla costruzione delle forme geometriche.

Il frutto dell'uso di scale diverse (Thornes & Brunsden, 1977) è stato positivo se non altro perché ha permesso una più profonda comprensione dei cosiddetti «eventi estremi». Una volta venuta meno la possibilità di dividere l'ambiente in sistemi separati ognuno con la propria entropia (Leopold & Langbein, 1962), con la constatazione dell'esistenza di vere variazioni strutturali dei sistemi geomorfici dovute alla dinamica di lungo periodo sia degli elementi climatici che geologici, è crollata la convinzione che l'ambiente sia caratterizzato da soli processi continui e in quanto tali più o meno facilmente quantificabili, ma anche da processi discontinui. Secondo alcuni, i cosiddetti «neocatastrofisti» (es. Dury, 1980) sarebbero proprio gli eventi estremi a illuminare meglio degli altri le caratteristiche dei sistemi ambientali e sarebbero i maggiori responsabili della costruzione dei paesaggi. La Geomorfologia se ne è giovata moltissimo aprendo nuovi filoni di ricerca soprattutto applicata ed entrando nel campo della pianificazione territoriale.

L'evento estremo però può essere capito nel profondo se noi introduciamo una ulteriore base paradigmatica, l'energia, sviluppata durante i processi di trasformazione geomorfica. In questo quadro la concezione dei geomorfologi climatici che l'ambiente sia semplicemente un equilibrio fra morfotipi e rocce, suolo, vegetazione deve cambiare in quello dell'ambiente come sistema dinamico nel quale gli elementi interdipendono per mezzo dei processi sviluppanti energia. Così gli eventi estremi non sono altro che un'improvvisa immissione di energia (solare, termica, cinetica, chimica, gravitativa, ecc.) nel sistema.

Ma, come affrontare tutto questo? Si capisce che non è una questione facile, poiché non sono i metodi ad essere in gioco, ma i paradigmi, gli oggetti e le finalità della ricerca. Jacob (1978) ha acutamente osservato «Perché un oggetto sia accessibile all'analisi non basta scorgerlo, bisogna anche che esista una teoria pronta ad accoglierlo», e una teo-

ria, si sa, si basa su postulati ed ipotesi ed è sostenuta da basi paradigmatiche.

In Geomorfologia molti sono stati i tentativi di fuga dallo scopo originario, lo studio del paesaggio e l'evoluzione della superficie terrestre, anche se possiamo riconoscere che alcuni di questi hanno fruttato un arricchimento. Anche l'ultimo tentativo (Butler, 2001) di teorizzare un paesaggio costruito su basi ecologiche, composto da una matrice di spazi continui, con celle identificabili per le loro omogeneità (morfotipi), interrotti da discontinuità costituite da corridoi lineari (fiumi, valanghe, debris-flow, frane) non porta lontano. Infatti, rimane il problema se affrontare lo studio delle linearità dei corridoi dal punto di vista geometrico o dei processi che li generano.

Nonostante tutto alla luce del patrimonio teorico e paradigmatico a disposizione, la via migliore sembra quella di ricercare una convergenza fra le metodologie di studio dei processi e quelle delle geometrie, anche usando scale temporali diverse, che possono permettere una classificazione tassonomica dei paesaggi, delle forme e dei processi. Rinunciando a qualche fondamentalismo concettuale, non si può escudere una integrazione della visione meccanicista dei funzionalisti con quella storico-empirica dei geomorfologi climatici.

La Geomorfologia ha avuto un enorme sviluppo (si stimano a 200.000 gli articoli di interesse geomorfologico degli ultimi anni), nonostante le sue apparentemente fragili fondamenta teoriche ed epistemologiche. È probabile che oggi ci si trovi in un periodo caratterizzato dalla coesistenza di più paradigmi, aspetto non facile da dipanare, ma una maggiore collaborazione fra la Geomorfologia Climatica e la Geomorfologia Dinamica farebbe ben sperare di mantenere una unitarietà di fondo della Scienza, anche se dialettica nelle sue componenti fondamentali.

BIBLIOGRAFIA

- BAGNOLD R.A. (1941) - *The physics of blown sand and desert dunes*. Methuen, London.
- BÜDEL J. (1948) - *Das system der klimatischen Geomorphologie*, Verhandl. Deutscher, 27, 65-100.
- BUTLER D.R. (2001) - *Geomorphic-disturbance corridors: a variation on a principle of landscape ecology*. Progr. Phys. Geogr., 25, 237-248.
- CHOLLEY A. (1950) - *Morphologie structurale et morphologie climatique*. Ann. de Géogr., 59, 321-335.
- CHORLEY R.J. (1963) - *Diastrophic background to twentieth century geomorphological thought*. Bull. Geol. Soc. Am., 74, 953-970.
- CULLINGFORD R.A., DAVIDSON D.A. & LEWIN J. (1980) - *Timescales in geomorphology*. London, Wiley & Sons.
- DAVIS W.M. (1899) - *The Geographical Cycle*. Geogr. Journ., 481-503.
- DE MARTONNE E. (1940) - *Problèmes morphologiques du Brésil tropical atlantique*. Ann. Géogr., 49, 1-27 e 106-129.

- DURY G.H. (1980) - *Neocatastrophism: a further look*. Progr. Phys. Geogr., 4, 391-413.
- GILBERT G.H. (1914) - *The transportation of the debris by running water*. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 86, 263 pp.
- HOLMES C.D. (1941) - *Till fabric*. Bull. Geol. Soc. of America, 52, 1299-1354.
- HORTON R.E. (1945) - *Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology*. Bull. Geol. Soc. of America, 56, 257-370.
- JACOB (1978) - *Evoluzione e bricolage*. Einaudi, Torino.
- KING L.C. (1950) - *A study of the world's plainlands: a new approach in geomorphology*. Quart. Journ. Geol. Soc. London, 106, 101-27.
- KING L.C. (1962) - *The morphology of the Earth*. Oliver e Boyd, Edinburgh.
- KRUMBEIN W.C. (1941) - *The effects of abrasion on the size and shape and roundness of rock fragments*. Journ. Geol., 49, 482-520.
- LEOPOLD B. & LANGBEIN W.B. (1962) - *The concept of entropy landscape evolution*. U.S. Geol. Survey Profess. Papers, 500-A, 20 pp.
- MARTIN Y. & CHURCH M. (2004) - *Numerical modelling of landscape evolution: geomorphological perspectives*. Progr. in Phys. Geogr, 28, 317-339.
- MORISAWA M. (1981) - *Tectonics and geomorphic models*. In: «Theories of landform development», a cura di W.N. Melhorn & R.C. Flemal, Binghamton, St. Univ. New York ed.
- PELTIER L. (1975) - *The concept of climatic geomorphology*. In: «Theories of Landform development», a cura di W.N. Melhorn & R.C. Flemal, Binghamton, St. Univ. New York ed.
- PENCK A. (1984) - *Morphologie der Erdoberfläche*. Stuttgart, 2 vol.
- PENCK W. (1924) - *Die Morphologische Analyse*. Stuttgart, Engelhorn.
- ROVERETO G. (1923-24) - *Le Forme della Terra, Trattato di Geologia Morfologica*. Hoepli, Milano.
- SCHUMM S.A. & LICHTY R.W. (1965) - *Time, space and casualty in Geomorphology*. Ann. Journ. Science, 263, 110-119.
- STARKEL L. (1997) - *Spatial and time scales in Geomorphology*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., Suppl. III, 362-363.
- STRAHLER A.N. (1952) - *Dynamic basis of Geomorphology*. Bull. Geol. Soc. of America, 63, 923-937.
- THORNES J.B. & BRUNSDEN D. (1977) - *Geomorphology & Time*. Methuen & Co Ltd, Cambridge.
- TRICART J. & CAILLEUX A. (1965) - *Introduction à la géomorphologie climatique*. S.e.d.e.s., Paris.