

## CONSIDERAZIONI SULLE PROBLEMATICHE PROPRIE DELLE CORRELAZIONI CRONOLOGICHE TRA FORME E PROCESSI

B. Franceschetti

Dip.to di Scienze della Terra, Università degli studi di Torino

**ABSTRACT** - *On specific problems of chronological correlations between form and process* - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences, 9(1), 217-220 - The paper considers some aspects of chronological and stratigraphical correlations between Quaternary processes and forms typical of glacial valleys and terraced plains, which may involve a certain amount of difficulty of interpretation, especially when a given process is no longer in progress, or when a sequence of processes took place in a given region. With regard to the glacial valley environment, a comparison is made between processes, present active and inactive forms of debris deposition along long portions of the floor of two Himalayan valleys (upper Langtang and Khumbu valleys, Nepal) and their foreseeable future state if the present ice tongue would almost or completely disappear. The comparison shows that this kind of reconstructions may markedly differ from actual situations owing to the retreating complex dynamics of glacier tongues of "Himalayan" dimensions. There are two reasons for this: (1) the dead snout of a decaying glacier decreases in size by reduction of its thickness; thus a pause in its retreat is not necessarily highlighted by end-moraines; (2) it is possible that moraines lying across the main valley derive from the snout of a tributary tongue, which partly occupied the valley floor even after the retreat of the main tongue; this situation may render uncertain the identification of which tongue was responsible for their formation.

Problems related to terraced alluvial plains are examined by making reference to the Piedmontese plain. Problems arise from the fact that: 1) a fluvial terrace as a form is the combination of a depositional form (representing the alluvial element), an erosional form (the scarp bordering the terrace), and a residue (terrace remain surface); 2) erosive episodes leading to land terracing may start from several, not necessarily time-related causes such as climatic changes, base level changes owing to a river capture, etc.; 3) watercourses that shaped the Piedmontese terraced plain flowed down from the Alps valleys, which means that their flow patterns in Pleistocene times had to be influenced by the periodic presence of large ice-tongues in the valleys. Thus, it is doubtful that correlations: anaglacial phase = increased flow rate, increased load transport, tendency of the river to evolve to alluvial dynamics; and cataglacial phase = reduced flow rate, reduced load transport, tendency of the river to evolve to erosive dynamics, are of general application. Pedological studies may be of help, although – in the writer's opinion – any reconstruction of the evolutionary trend of a series of forms (whether the expression of an erosion or deposition process) can be regarded as reliable unless its consistency with the dynamics of processes which generated them, is verified.

Parole chiave: Ghiacciai, terrazzi, fiumi  
Keywords: Glaciers, terraces, rivers

### 1. PREMESSA

Le considerazioni qui proposte sono state suggerite dal fatto che non sempre l'interpretazione di un insieme di forme sulla base dei dati di campagna, tiene adeguatamente conto dell'aspetto dinamico dei processi che possono averle modellate, sottovalutando il fatto che forme, processi cui esse sono dovute e loro fattori casuali devono cronologicamente coincidere. Vengono qui proposti due ambienti (valle glaciale e pianura alluvionale terrazzata) in cui, per una corretta lettura delle forme inattive e relitte presenti, l'applicazione del principio dell'attualismo è fondamentale. Per le problematiche generali si rinvia a Tricart & Cailleux (1962); Leopold *et al.* (1964); Paterson (1969); Schumm (1972; 1977); Bailey (1985); Schum *et al.* (1987); Beven & Kirkby (1993).

### 2. FORME E PROCESSI IN UNA VALLE GLACIALE

Consideriamo i processi in atto in una valle glaciale dal momento in cui in essa prende avvio una fase cataglaciale. Osservazioni di chi scrive nelle alte valli del Langtang e del Dud Kosi (Himalaya centro-orientale) e in Valle d'Aosta (Ghiacciaio del Miage) e documentazioni di altri autori, convergono nell'indicare che un ghiacciaio vallivo reagisce a un *deficit* di alimentazione soprattutto attraverso una riduzione di spessore che, nella parte

ancora compatibile col nuovo limite nivale, cessa una volta realizzata la nuova condizione di equilibrio, ma altrove prosegue fino alla completa fusione. Da qui la possibilità di delimitare, in una lingua glaciale in *deficit* di alimentazione, un settore interessato solo da riduzione di spessore (parte viva) da uno, ad esso esterno, destinato a fondere totalmente (lingua morta). Questa dinamica giustifica la presenza delle seguenti situazioni (Franceschetti, 1968; 1971; Usselman, 1980; Shiraiwa & Watanabe, 1991):

1) quando un innalzamento del limite nivale impone un riadeguamento delle dimensioni della lingua d'ablazione, di esso può non rimanere traccia se il volume della lingua morta dovuta a un precedente assestamento non si è ridotto abbastanza da permettere il deposito di una nuova morena frontale su un substrato stabile;

2) diminuendo il volume della lingua morta prevalentemente per riduzione di spessore, la morena che la riveste (fronte compresa) si abbassa rispetto alle morene laterali via via che la lingua morta fonde, così che di una pausa stadiale può mancare il riscontro di una morena frontale;

3) le lingue che confluiscono per ultime in quella principale, di solito quelle più a ridosso dei versanti, risentono per prime e rapidamente di un innalzamento del limite nivale, lasciando vuoti che di regola non vengono occupati dalle correnti di ghiaccio contigue, che pure sono in bilancio deficitario, e che richiamano le acque di scorrimento superficiale con innesco di processi erosivi

che, sommandosi all'azione erosiva delle acque di fusione sulla morena frontale, favoriscono l'alluvionamento del fondovalle antistante, fino anche a seppellire morene precedentemente deposte;

4) vi sono accumuli morenici trasversali al solco vallivo, il cui lato a monte è sepolto sotto alluvioni, talora indicanti sedimentazione in ambiente di acque ferme, per i quali si pone il problema della interpretazione: deposito frontale della lingua principale in ritiro; deposito frontale di una lingua tributaria rimasta a occupare il fondovalle maggiore anche dopo il ritiro della lingua principale; morena laterale di una lingua tributaria che arriva a sbarrare il fondovalle principale;

5) sulle morene terminali del Ghiacciaio di Khumbu (Everest) e del contiguo piccolo Ghiacciaio di Lobuche, si trova sovrapposto materiale a diverso grado di alterazione, il che prova due successive fasi di deposito (Franceschetti, 1971); ciò ha portato a dedurre che, se a una fase di ritiro con sviluppo di una lingua morta segue una nuova pulsazione in avanti (es. per fenomeno di *surge*), la lingua rigenerata può scorrere sulla morta coinvolgendola in parte nel moto.

Ho potuto inoltre verificare che nessuno dei criteri geometrici proposti per correlare le quote delle fronti glaciali, dei limiti nivali e dei crinali che delimitano i bacini alimentatori, valeva per l'intero tratto studiato (oltre 40 km) della Valle del Langtag. Questo perché sui versanti rivolti a Sud, controvento rispetto alla direzione dei monsoni, i ghiacciai sono sempre di dimensioni relativamente maggiori di quelli posti sui versanti volti a Nord, cioè sottovento. L'osservazione è certamente banale, per l'ovvietà del rapporto causa-effetto. Ma in un futuro in cui le lingue glaciali attuali fossero ridotte a poca cosa o del tutto scomparse, e per ricostruirle fossero disponibili solo i resti dei depositi da esse abbandonati, questa osservazione apparirà ancora così banale? Specie se non si dimentica che la quota raggiunta dalle fronti dei ghiacciai dipende anche dalla morfologia dei loro bacini alimentatori: dove i versanti ripidi favoriscono l'accumulo della neve per valanga si hanno lingue di maggiore spessore, lunghezza e velocità di scorrimento di dove la neve tende a distribuirsi su un'area meno accidentata dando origine a un ghiacciaio di versante, a scorrimento rallentato e soggetto a maggior dissipazione per cui la sua fronte si arresta prima.

Ciò premesso, se immaginiamo di poter tornare sui luoghi in un futuro in cui i ghiacciai attuali fossero scomparsi, o quasi, e le morene ora presenti in gran parte demolite o sepolte sotto depositi alluvionali così da rendere difficili le correlazioni, le ricostruzioni che potremmo proporre basandoci sui modelli di riferimento normalmente accettati, fino a che punto rispecchierebbero la realtà attuale? Potrebbero essere di aiuto le datazioni assolute, ma quelle effettuate nella Valle del Langtang col  $^{14}\text{C}$  e con altre tecniche da Shiraiwa & Watanabe (*l.c.*) hanno confortato, non sostituito, le indicazioni fornite dall'indagine morfologica.

Personalmente mi è stato sempre molto utile riferirmi anche alle forme di esarazione, più persistenti nel tempo delle forme di deposito. Una ricostruzione del ghiacciaio valusino in corrispondenza al gradino di confluenza di Susa e della spalla di Meana basata soprattutto sulle

forme di esarazione, oltre che a risultare convincente, ha facilitato l'interpretazione dei depositi glaciali e fluvio-glaciali connessi. Ma ciò richiede una buona conoscenza della dinamica delle lingue glaciali, che non è la stessa in quelle di "tipo alpino" e in quelle di "tipo himalayano". In queste puntualizzazioni gli interrogativi possono apparire prevalenti sulle risposte, ma io ritengo che ogni congettura vada attentamente verificata prima di dedurre da essa un'altra.

### 3. FORME E PROCESSI IN UNA PIANURA TERRAZZATA

La lettura di una piana terrazzata dall'ottica dei processi si può fare partendo dalle correlazioni tra tipo di forma - tipo di processo - tendenza dinamica dell'acqua in movimento, che sono state verificate anche attraverso simulazioni su modelli fisici in scala (Schumm *et al.*, 1987; Franceschetti *et al.*, 1990; Corona & Franceschetti, 1993). Esse possono venir così schematizzate:

Forma:		
Corpo alluvionale	Superficie del terrazzo	Scarpata del terrazzo
Processo:		
Tendenza al deposito	Equilibrio (stato stazionario)	Tendenza erosiva
Tipologia <sup>(1)</sup> :		
Alvei di tipo C, D, E, F	Punto o tratto neutro	Alvei di tipo A e B
Energia <sup>(2)</sup> :		
$E_C < E_A + E_T$	$E_C = E_A + E_T$	$E_C > E_A + E_T \rightarrow E_E > 0$

Dal quadro si deduce che la presenza di un dato processo dipende dal sussistere o meno di "deficit" o di "surplus" di  $E_C$  rispetto a  $E_A + E_T$ , e che in condizioni di non equilibrio, la corrente fluviale tende a modificare la geometria del proprio alveo nel senso che porta a realizzare l'equilibrio. Il sostituirsi di uno stato energetico ad un'altro, da cui la modificazione di tendenza, può essere dovuta a:

- a) variazione del dislivello tra un certo tratto di alveo e il suo livello di base di riferimento per cause esterne al reticolo idrografico cui l'alveo appartiene (es. catture, movimenti neotettonici, ecc.);

- b) cambiamenti climatici che incidono sul volume dei deflussi e sul volume e dimensioni del carico solido trasportato;

- c) assestamenti nella geometria del profilo di fondo dovuti alla naturale tendenza di un corso d'acqua a regolarizzarlo: incidendolo (erosione) se è "sovradattato" (pendenza o quota superiori a quelle del profilo regolarizzato ideale) o innalzandolo (deposito) se è "sottoadattato" (pendenza o quota inferiori a quelle del profilo regolarizzato ideale).

Con riferimento al punto b) va detto che le correlazioni: fase anaglaciale - aumento dei deflussi - aumento

(1) Vedi tipologia proposta da Trevisan (1968).

(2)  $E_C$  = energia cinetica della corrente fluviale;  $E_A$  = energia dissipata dall'acqua per vincere le resistenze passive al suo defluire;  $E_T$  = energia spesa dalla corrente nel lavoro di trasporto del carico solido e disciolto;  $E_E$  = surplus di  $E_C$  disponibile per erodere.

del trasporto solido - evoluzione della dinamica fluviale in senso alluvionale e fase cataglaciale - diminuzione dei deflussi - riduzione del trasporto solido - evoluzione della dinamica fluviale in senso erosivo non sono generalizzabili. Tra una fase anaglaciale e la cataglaciale successiva (e viceversa) intercorre sempre un periodo di stabilità climatica abbastanza lungo durante il quale i deflussi tendono a stabilizzarsi, con attivazione delle dinamiche indicate nel precedente punto c). Ancora, negli ambienti in cui la portata dei corsi d'acqua è condizionata dalla presenza di ghiacciai vallivi, è importante la distanza delle fronti di questi ghiacciai dallo sbocco al piano della valle che occupano. E' vero che in fase anaglaciale le precipitazioni tendono a aumentare, ma è pure vero che, con l'aumentare delle dimensioni del ghiacciaio, nel bacino diminuisce l'area in cui le precipitazioni sono di tipo piovoso e quindi l'apporto diretto in acqua. Al contrario, i minori afflussi meteorici della fase cataglaciale sono, almeno all'inizio, più che compensati dall'acqua di fusione glaciale e dal progressivo aumento dell'area del bacino in cui le precipitazioni piovose sostituiscono quelle nevose, così da potersi avere tendenza erosiva in fase anaglaciale, e alluvionale in fase cataglaciale.

Altro problema di fondo, per la correlazione cronologica tra terrazzi e scarpate che li delimitano, è stabilire se la fase di deposito o di erosione è connessa con una avanzata o un arretramento del punto neutro. Se esso è migrato verso valle l'età della superficie del terrazzo e del gradino che lo delimita è più recente da monte a valle, perché vi è tendenza erosiva (terrazzamento) a monte e tendenza al deposito (conoide fluviale) a valle del punto neutro. Ne deriva che i tratti più verso monte del gradino del terrazzo possono essere geneticamente anteriori ai settori del terrazzo siti più a valle. Se il punto neutro è invece migrato verso monte, la superficie del terrazzo sarà sempre geneticamente anteriore alla scarpata che lo delimita, che a propria volta sarà più recente da valle a monte. Ma dato che a valle di un punto neutro si ha tendenzialmente deposito, potrà accadere che la nuova superficie di accumulo sia, verso monte più recente, e verso valle più antica della scarpata che la delimita vista come insieme. Utili sono certamente le indicazioni di età assoluta e quelle di età relativa fornite dalle correlazioni pedologiche; queste ultime non sempre sono però valide anche per il substrato poiché esso potrebbe risultare più antico del processo pedogenetico.

Una rilettura in quest'ottica merita, a mio avviso, tutto il sistema di terrazzi della media e alta pianura cuneese. Come ben ha dedotto Maraga (1991), ad esempio, l'incisione del cono di deiezione della Maira può essere giustificato anche da sole considerazioni di tendenza evolutiva conseguenti a modificazioni dei parametri idraulici del fiume, cioè astraendo (senza escluderli a priori) da fattori di natura neotettonica o climatica; allo stesso modo, mentre è indubbio il nesso tra cattura del F. Tanaro a valle di Cherasco e terrazzamento dei depositi alluvionali del cosiddetto "livello fondamentale della pianura (*auct.*)", sulla cui età non tutti concordano (Sacco, 1917; Gabert, 1965; Petrucci & Tagliavini, 1968; Carraro & Petrucci, 1969; Biancotti, 1979; Carraro & Forno, 1982; Maraga, 1991), non è certo che la cattura sia da correlare a fattori climatici. In particolare penso

siano da rileggere, alla luce della dinamica dei processi, le interpretazioni proposte per i pianalti di Fossano-Marene, Trinità-Salmour, Magliano Alpi-Benevagienna, le cui superfici terrazzate sono sospese sul "livello fondamentale della pianura" inciso dalla coda di cattura del Tanaro. La correlazione tra le superfici di questi pianalti, separate da profondi solchi anteriori alla costruzione del "livello fondamentale della pianura" e interpretate da quasi tutti gli autori come terrazzi climatici, si rifà soprattutto alla pedogenesi che, se è certamente significativa per le superfici terrazzate, lo è meno (o non lo è), per le scarpate che le delimitano (fase del terrazzamento), la cui genesi può essere teoricamente in parte coeva con quella di taluni settori delle superfici stesse (es. genesi per arretramento del punto neutro per il terrazzo intermedio). A mio avviso restano ancora aperti degli interrogativi sulla storia di questo settore della pianura cuneese anche in relazione al fatto che: i depositi terrazzati poggiano tutti su un substrato prequaternario (Villafranchiano-Miocene medio); al gradino che chiude a ovest il pianalto di Fossano-Marene che dà sul "livello fondamentale della pianura" non fa riscontro un paleoreticolo cui riferirne la genesi; tutte le paleosuperfici terrazzate tendono a pendere verso Sud-ovest.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bailey R.H., 1985 - *I ghiacciai*. Mondadori, 176 pp., Milano.
- Beven K. & Kirkby M.J. (Ed.), 1993 - *Channel network hydrology*. Wiley & Sons, 319 pp., Chichester.
- Biancotti A., 1979 - *Rapporti tra morfologia e tettonica nella pianura cuneese*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **2**, 51-56, Torino.
- Carraro F. & Forno M.G., 1982 - *Piedmont: Asti area*. IGPI 73/11/24 "Quaternary glaciations in the northern hemisphere", Field Trip in northern Italy: guida all'escursione, 24 pp.
- Carraro F. & Petrucci F., 1969 - *Carte géologique de la plaine du Piémont (1:400.000)*. 8° Congresso INQUA, Paris, sezione 9.
- Corona M. & Franceschetti B., 1993 - *Il percorso a meandri nella tendenza evolutiva del tracciato di un corso d'acqua*. Mem. Soc. Geol. It., **49**, 165-179, Roma.
- Franceschetti B., 1968 - *Osservazioni sulla morfologia glaciale della media valle del Langtang (Nepal centrale)*. Mem. Soc. Geol. It., **7**, 345-360, Roma.
- Franceschetti B., 1971 - *Considerazioni sui ghiacciai himalayani*. "In Alto", Cronaca Soc. Alp. Friulana, **3**, 50(1970), 57-69, Udine.
- Franceschetti B., Stoppato M. & Turitto O., 1990 - *Le modificazioni del corso della Dora Riparia tra Susa e Alpignano dal 1881 al 1977*. Riv. Geogr. Ital., **97**(1990), 475-505, Firenze.
- Gabert P., 1965 - *Les Plaines occidentales du Pô et leurs piedmonts*. Louis Jean, 530 pp., Gap.
- Leopold L.B., Wolman M.G. & Miller J.P., 1964 - *Fluvial processes in geomorphology*. Freeman & Co., 522 pp., San Francisco.
- Maraga F., 1991 - *Aspetti idrografici della pianura cuneese in relazione alla geomorfologia e alla dinami-*

- ca fluviale. Atti Convegno "Canali in provincia di Cuneo", Bra, 20-21 Maggio 1989, Biblioteca della S.S.S.A.A., 29, 21-37, Cuneo.
- Paterson W.S.B., 1969 - *The physics of glaciers*. Pergamon Press, 250 pp., Oxford.
- Petrucci F. & Tagliavini S., 1968 - *Considerazioni geomorfologiche sul settore occidentale del fluvio-lacustre villafranchiano di Villafranca d'Asti*. L'Ateneo Parmense, 4(2), 3-32, Parma.
- Sacco F., 1917 - *L'evoluzione del Fiume Tanaro durante l'Era quaternaria*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 56, 156-178, Milano.
- Schumm S.A. (Ed.), 1972 - *River morphology*. Dowden, Hutchinson & Ross, 1-425, Stroudsburg, Pennsylvania.
- Schumm S.A. (Ed.), 1977 - *Drainage basin morphology*. Dowden, Hutchinson & Ross, 337 pp., Stroudsburg, Pennsylvania.
- Schumm S.A., Mosley M.A. & Weaver W.E., 1987 - *Experimental fluvial geomorphology*. Wiley & Sons, 413 pp., N.Y.
- Shiraiwa T. & Watanabe T., 1991 - *Late Quaternary glacial fluctuation in the Langtang Valley, Nepal, Himalaya, reconstructed by relative dating methods*. Arctic and Alpine Research, 23(4), 404- 416, Boulder, Colorado.
- Tricart J. & Cailleux A., 1962 - *Le modelé glaciaire et nival*. SEDES, 508 pp., Paris.
- Usselman P., 1980 - *Cartographie géomorphologique et evolution quaternaire d'une haute vallée himalayenne: Le Langtang*. Revue de Géomorph. dyn., 29, 1-7, 1 carta scala 1: 66.000, Paris.

Ms. ricevuto : 15 giugno 1996  
 Inviato all'A. per la revisione: 28 giugno 1996  
 Testo definitivo ricevuto : 23 luglio 1996

Ms received: June 15, 1996  
 Sent to the A. for a revision: June 28, 1996  
 Final text received: July 23, 1996