

# La frana di Mayunmarca-Huaccoto

P. SEMBENELLI \*

**SOMMARIO:** Vengono brevemente descritti i principali aspetti della colossale frana di Mayunmarca, verificatasi lo scorso aprile in Perù, nella valle del fiume Mantaro. La frana, di 1600 milioni di m<sup>3</sup>, ha sbarrato il fiume con una diga alta 150 m, creando un invaso di 660 milioni di m<sup>3</sup> lungo 40 km. Dopo 1 mese e mezzo la diga è stata tracimata ed asportata.

Il 25 aprile 1974 si è prodotta in Perù una frana di dimensioni impressionanti: 1.600 milioni di m<sup>3</sup> di roccia si sono staccati dalla sponda destra del fiume Mantaro lungo l'asse della quebrada Ccochacai. Il fenomeno ha interessato l'intero fianco della valle, dal crinale a quota 4.300 all'alveo a quota 2.450, su un fronte di 1 km. Il materiale franato ha sbarrato il fiume con una diga alta 150 m che invade l'alveo per quasi 4 km.

L'enorme fenomeno franoso è accaduto nel Perù centrale, sul settore orientale della catena andina, lungo la valle del Mantaro, un affluente dell'Apurimac-Uccaiali che assieme al Marañon forma l'Amazzoni. L'esatta posizione della frana è 12°37' di latitudine sud e 74°40' di longitudine ovest sulla sponda destra del Mantaro, in corrispondenza dell'asta della quebrada Ccochacai.

Nella morfologia della zona ha avuto un ruolo predominante l'erosione del Mantaro, che assomma alle portate rilevanti (minima 100 m<sup>3</sup>/s) caratteristiche ancora torrentizie (gradiente 5 m/km) e quindi un poderoso effetto erosivo che crea costanti condizioni di instabilità. Nel tratto interessato dalla frana il Mantaro ha andamento sensibilmente rettilineo da nord-ovest a sud-est e l'alveo è alla quota 2.450 circa. In questo settore il fiume ha inciso il penepiano andino, la cui quota media è attorno ai 4.400 m, con una valle a V profonda oltre 2.000 m. A loro volta le fiancate della valle sono state incise profondamente dall'azione di corsi d'acqua laterali e si presentano ora come una successione di ripidi contrafforti e canali profondi. Mediamente i pendii che collegano l'altipiano con il fondovalle hanno una pendenza di 2/1 in corrispondenza dei contrafforti e di 3/1 in corrispondenza delle vallette laterali. I 500 m più profondi della valle, di più recente erosione, hanno pendenza superiore e in generale prossima a 1/1.

La zona di Mayunmarca, quanto a clima, è com-

presa fra le isoiete 800 e 1.000 mm/anno, è ben al di sotto del limite delle nevi ed è scarsamente vegetata. La maggior parte del terreno, salvo le zone piuttosto frequenti ed estese di instabilità superficiali attive, è erbosa o cespugliata.

La geologia dell'area interessata dal fenomeno franoso è caratterizzata dalla presenza di tutte le formazioni che predominano nella zona. Il piede del pendio è in scisti metamorfici scuri, micaceo-grafitosi con andamento sub-verticale e meccanicamente piuttosto resistenti anche se molto tormentati. Gli scisti sono solo un sottile bastione tra il fiume e il pendio sovrastante.

La parte più alta del pendio è in materiali sedimentari della formazione Mitu del Permico: una successione di arenarie, limoliti e argilliti intercalate, di colore rossastro, molto disturbata dal tettonismo recente con direzione degli strati circa parallela al fiume e immersione tra i 18° e i 20° verso il fiume. Il Mitu è noto in tutta la valle del Mantaro perché rappresenta i materiali più deboli che si incontrano nella regione e che generalmente danno luogo a frane anche considerevoli.

A meno di 1 km dall'arco di distacco della frana affiorano calcari mesozoici a contatto con il Mitu, lungo un piano di faglia piuttosto ondulato ma evidente. Anche i calcari hanno immersione verso il fiume.

Formazioni detritico-colluviali di potenza anche notevole occupano l'incisione della quebrada Ccochacai. Fanno parte di questi materiali anche i resti di frane locali.

La idrogeologia della zona è caratterizzata da una serie di piccole lagune e paludi sull'altipiano che delimita la valle. In particolare 4 piccoli laghi sono installati sul Mitu ai due lati dell'arco di distacco della frana mentre sui calcari mesozoici sono insediate depressioni più vaste occupate da paludi. A parte queste acque pensili, non esistono fenomeni sorgentizi importanti e la quebrada Ccochacai ha una portata media stimata nell'ordine di 0.02 m<sup>3</sup>/s.

La frana di Mayunmarca-Huaccoto è il più gran-

\* Dr. Ing. Piero SEMBENELLI, ELC Electroconsult, Milano.

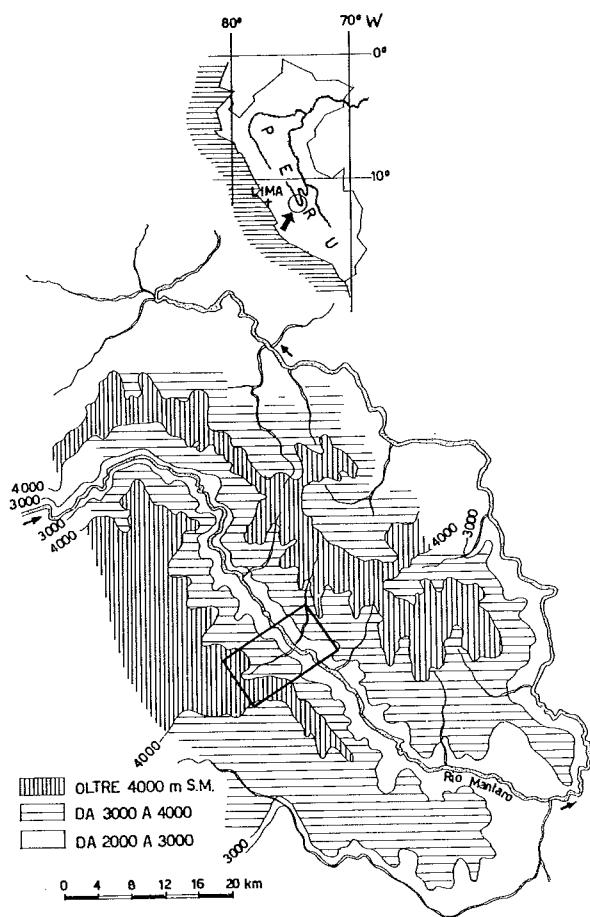


Fig. 1. - Altimetria della valle del medio Mantaro.

de fenomeno di questo tipo avvenuto in tempi storici con un volume totale superiore di ben 5 volte alla frana del Vajont. La zona dislocata ha una forma a goccia con la parte più stretta al piede verso il fiume. Il materiale di frana si è diviso in 3 appendici circa eguali e divergenti che hanno occupato la valle del fiume verso monte, verso valle e l'incisione della quebrada Tinte che scende dal fianco opposto della valle, di fronte alla frana. L'arco di distacco ha uno sviluppo di 3.5 km e la lunghezza della zona dissestata, nel senso del movimento, è di circa 7 km. Il materiale dislocato ha invaso l'asta del fiume per una lunghezza complessiva di 4 km e ha risalito la valle di fronte per circa 1 km. La zona di distacco presenta un profilo concavo abbastanza regolare, mentre la massa franata ha assunto un profilo molto regolare, quasi rettilineo e l'aspetto prevalente è fluidale (huayco).

Le formazioni della superficie di scorrimento sono difficilmente osservabili. Gli scisti non sono visibili perché coperti dal materiale franato, nella zona di distacco è chiaramente in vista la serie Mitu con strati a franapoggio.

I materiali di frana sono generalmente descritti

come un ammasso di granulometria prevalentemente fine che ingloba elementi grossolani e parecchi massi. L'abbondante matrice fina è il prodotto del lunghissimo trasporto che hanno subito tutti i materiali e soprattutto quelli meglio osservabili e cioè quelli esposti sul fronte di frana.

Per tre campioni superficiali si sono ottenuti i seguenti valori:

TABELLA 1

Frana Mayunmarca-Huaccoto - Dati geotecnici di materiali superficiali

Campione	Passante	10''	5''	n. 4	n. 40	n. 200	LL	PI
—	%	%	%	%	%	%	%	%
1	—	—	96	68	59	33	12	
2	—	—	51	27	17	18	5	
3	—	—	55	29	18	22	8	
Visuale della massa	85	80	40	20	10	—	—	

Nonostante i valori riportati in Tabella 1, lo stato molto sciolto della massa ne mantiene la permeabilità notevolmente alta.

Le cause e il meccanismo della frana non sono state chiarite anche per l'assenza di segni premonitori, di osservazioni anteriori e di testimoni oculari. Due ipotesi sono state avanzate: secondo la

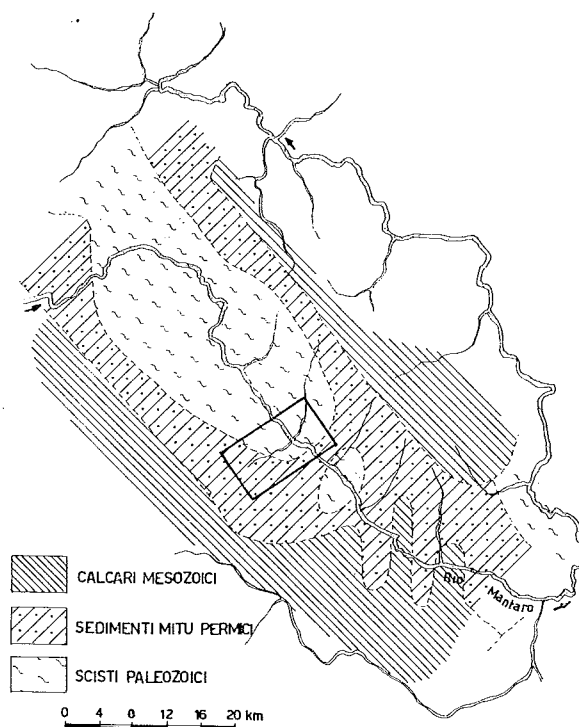


Fig. 2. - Geologia della valle del medio Mantaro.

prima il bastione roccioso che formava la sponda del fiume e il piede della frana, composta da scisti relativamente rigidi, è stato lungamente caricato da spinte crescenti applicate dalla massa più plastica retrostante e, superata una certa soglia di sforzo, gli scisti avrebbero ceduto provocando una caduta molto rapida della frana. Secondo l'altra ipotesi, come conseguenza delle forti piogge dell'ultima stagione, dell'estendersi delle superfici

occupate dalle acque pensili e degli attivi fenomeni di percolazione degli strati a franapoggio, solamente la parte più alta si sarebbe staccata scendendo sulla parte inferiore della frana che sarebbe così, a sua volta, stata resa instabile e messa in movimento con un cinematismo a fasi successive.

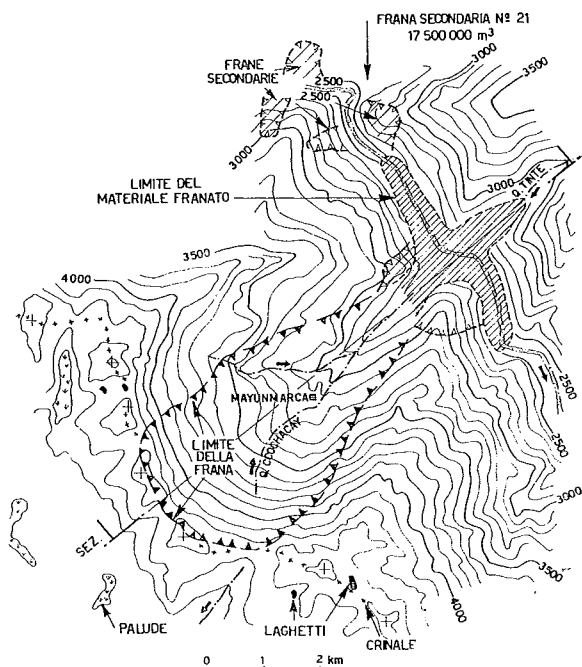


Fig. 3. - Planimetria della zona franata.

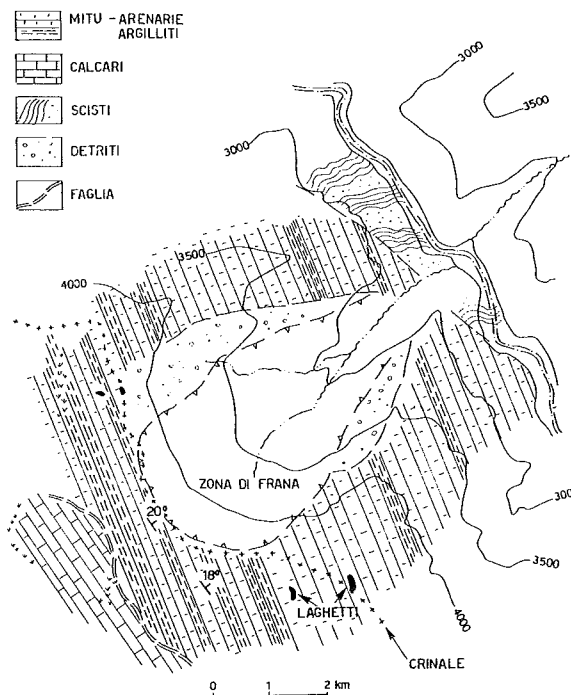


Fig. 4. - Geologia della zona franata.

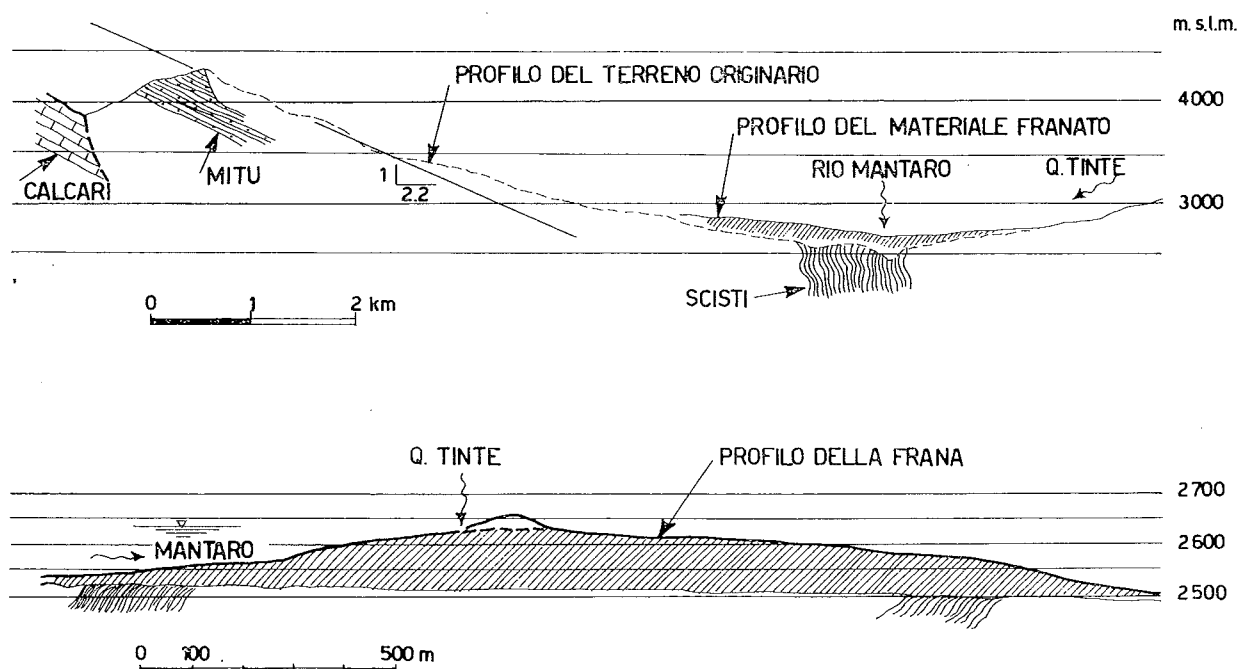


Fig. 5. - Sezione longitudinale alla frana e sezione lungo l'asta fluviale circa in corrispondenza della linea più depressa della frana.

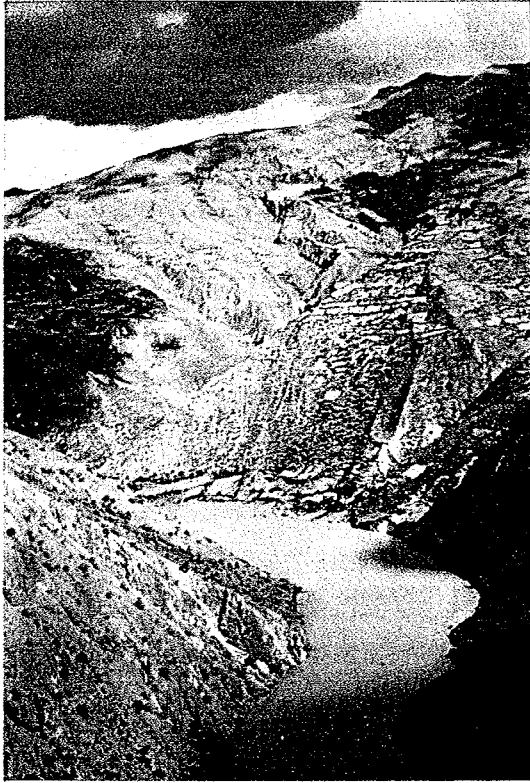


Fig. 6. - Aspetto tipico delle sponde della valle del Mantaro poco a monte della frana.



Fig. 8. - Il piede della frana poco dopo il crollo e l'invaso di monte in fase crescente.

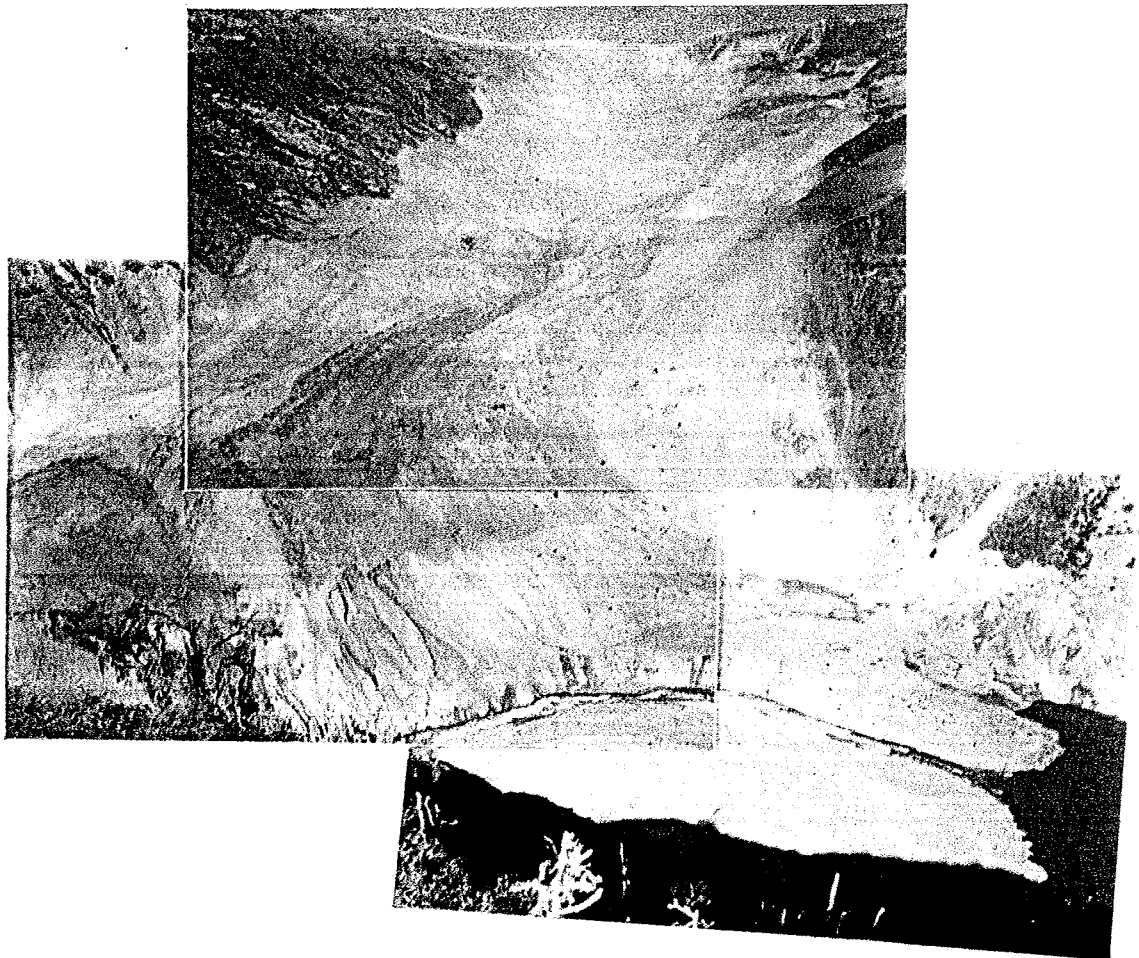


Fig. 7. - La frana di fronte. Vista dalla sponda sinistra dopo la tracimazione e la distruzione del piede che invase il Mantaro.

Gli effetti della frana sulla valle e sul fiume sono stati paurosi. Il Mantaro è stato completamente bloccato da una diga alta 150 m che ha creato un invaso di 660 milioni di m<sup>3</sup> di capacità. L'invaso ha rigurgitato la valle per 40 km e la sommersione dei pendii con altezze d'acqua superiori a 100 m ha scatenato una serie di crolli che relativamente alla frana principale sono stati considerati locali, ma che, in realtà, hanno raggiunto dimensioni molto importanti: sono state censite 21 frane con volumi variabili fra 1 e 20 milioni di m<sup>3</sup>. Queste frane secondarie si sono prodotte abbastanza rapidamente e il fenomeno si è esaurito nell'arco di un mese dalla caduta della frana principale. Non si hanno notizie sugli effetti dello svasso rapido del serbatoio sulla stabilità dei pendii.

La diga, praticamente omogenea è stata permeata dall'acqua dell'invaso formatosi a monte in circa 45 giorni. La portata di filtrazione è andata progressivamente aumentando, anche perché il battente continuava a crescere, fino a decine di m<sup>3</sup>/s. Dopo 45 giorni la diga è stata tracimata. La portata tracimante è rapidamente aumentata fino a raggiungere 19.000 m<sup>3</sup>/s dopo 8 ore e si è esaurita in un arco di tempo di 30 ore. Essa ha asportato praticamente tutto il materiale che aveva occupato l'alveo del fiume. L'attenuazione dell'onda di piena conseguente alla tracimazione durante la corsa verso valle è avvenuta lentamente. Portate ed altezze d'onda sono state registrate da stazioni idrometriche progressivamente più lontane dalla frana come riportato in Tabella 2.

#### The Mayunmarca-Huaccoto landslide

The main features of the gigantic Mayunmarca-Huacoto landslide are briefly reported. The slide occurred on april, 1974, in the valley of river Mantaro, in Peru; its volume equals  $1,6 \times 10^9$  m<sup>3</sup>, with a length of 3 km and a width of 1 km.

The slide debris dammed the river on a length of

TABELLA 2

*Frana di Mayunmarca-Huaccoto - Attenuazione dell'onda tracimata*

Stazione	Distanza	Portata max transitata	Altezza max dell'onda
—	km	m <sup>3</sup> /s	m
Frana	0	19.000	25
Mayoc	50	16.000	12
Pcngor	170	9.000	15
Ene	360	4.000	2

La velocità media dell'onda di piena nel suo moto verso valle è stata di circa 7 m/s.

La frana del Mantaro ha suscitato ovviamente moltissimo interesse. Vari studi sono già stati eseguiti e altri sono ancora in corso. Tra gli studi più interessanti ai quali si potrà riferire chi volesse ampliare le notizie su questo imponente fenomeno segnaliamo in bibliografia i più significativi.

#### BIBLIOGRAFIA

- ELECTROPERU (1974) - *Deslizamiento de Mayunmarca. Estudio Geologico de Reconocimiento*. Memoria Descriptiva, Maggio.
- LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA - LIMA (1974) - *Ensayos en modelo hidraulico del proceso de erosión de la presa de Mayunmarca*. Informe Tecnico 3-033, Giugno.
- COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU (1974) - *Mesa redonda. Representamiento del Mantaro en Huaccoto*. Luglio.
- UNESCO, J. N. HUTCHINSON (1974) - *Mission to Peru to investigate landslide disaster at river Mantaro, Pampas*. Giugno.

#### SUMMARY

4 km and a height of 150 m, forming a reservoir of  $6,6 \times 10^8$  m<sup>3</sup> over 40 km long. The dam was overtopped 45 days after the slide, and a flood of 19.000 m<sup>3</sup>/s occurred.

Author outlines morphology (figs. 1, 3) and geology (figs. 2, 4) of the site and reports available data on slide geometry (fig. 5); finally some hypothesis on slide mechanism are discussed.