

## VARIABILIDAD DE LAS PRECIPITACIONES Y EROSION EPISODICA: EVIDENCIAS A DISTINTAS ESCALAS EN CHILE CENTRAL<sup>1</sup>

GUILLERMO A. ESPINOZA\* Y EDUARDO R. FUENTES\*

*RESUMEN.- Se analizan los procesos erosivos generados por la concentración de las lluvias en Chile Central (32° - 33° Lat. S). Mediante datos obtenidos en pequeñas parcelas experimentales, de sólidos arrastrados por cursos de agua en dos cuencas hidrográficas, y de grandes deslizamientos de tierras, se demuestra el carácter episódico de la erosión en áreas montañosas cubiertas por matorral.*

*Sólo dos de las 23 lluvias medidas dan cuenta de más del 90% de la erosión en parcelas donde se excluyeron los arbustos, y de más de un 75% en parcelas con cubierta arbustiva.*

*Esta variabilidad es coincidente con la que se desprende de los valores mensuales de sólidos en suspensión, expresados como pérdidas por km<sup>2</sup> de cuenca, y con la fluctuación de las precipitaciones.*

*ABSTRACT.- We document the relationship between rainfall variability and sediment transport at different spatial scales in central Chile (32 to 33 L.S.). Results obtained in small experimental plots where shrubs had been eliminated, indicate that only two of 23 storms accounted for 90% of the total sediment transport. In contrast, plots with the normal shrub cover (controls), had only 75% of the sediment transport accounted for by those two events.*

*This variability in rainfall and associated sediment yields also expresses itself in the rainfall and amounts of sediments collected in the discharges of larger rainfed catchments in central Chile.*

*We discuss the significance of these results for the erosion rates in mediterranean-type environments.*

*RESUMO.- Analisam-se os processos erosivos gerados pela concentração das chuvas na região central do Chile (32° - 33° Lat. S). A través de dados sobre sólidos arrastrados por cursos de agua en duas bacias hidrográficas, sobre grandes deslizamientos de terras, y dados obtidos em pequenas áreas*

<sup>1</sup> Recibido para publicar en mayo de 1991.

\* Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D. Santiago, Chile.

*experimentais, se demonstra o carácter episódico da erosão em áreas montanhosas cobertas por arbustos.*

*Apenas duas das 23 chuvas medidas respondem por mais de 90% da erosão em áreas de onde se retiraram arbustos, e por mais de 75%, em áreas com cobertura arbustiva.*

*Essa diferença coincide com a que se pode observar a partir dos valores mensais de sólidos em suspensão, expressados em termos de perdas por km<sup>2</sup> de bacia hidrográfica, e com a flutuação das precipitações.*

*Se discutem o significado da concentração e variabilidade das chuvas em ambientes mediterrâneos, que marcam o carácter episódico da erosão.*

**Key words:** *rainfalls, suspended sediments, erosion, landslides, mediterranean environment, Central Chile.*

La zona central de Chile se caracteriza por presentar un relieve montañoso (CUNILL, 1970; BORGEL, 1983). En ella se reconocen cinco fajas topográficas marcadas que corresponden a las terrazas marinas, la depresión intermedia y valles, la cordillera de la costa, la precordillera andina y la cordillera altoandina (CORFO, 1965; CUNILL, 1970; BORGEL, 1983; MINVU, 1989).

De acuerdo con las características naturales y el uso humano, en esta zona se reconocen tres tipos de paisajes. Aquellos de Piso Bajo (principalmente las tierras planas con uso agropecuario y urbano correspondientes a las planicies litorales, la depresión intermedia y los valles); los de Piso Intermedio o media montaña (cordillera de la costa y precordillera cubierta con matorral esclerófilo); y los del Piso Alto (cordillera altoandina), con presencia de caméfitas y existencia de nieve estacionales y hielos eternos (FUENTES, 1988; MINVU, 1989).

El clima de esta región central es de tipo mediterráneo. Es decir, presenta un período de lluvias invernales y una época estival seca. Las precipitaciones en los pisos bajo e intermedio son preferentemente de tipo pluvial; en el piso alto son de carácter nival, con deshielos durante la primavera y el verano. El límite entre ambos tipos de precipitación ha sido establecido por distintos autores en torno a los 2.000 m (RUBIO, 1981; HAJEK & ESPINOSA, 1988), aunque en algunas lluvias específicas este límite ha ascendido hasta superar los 3.800 m (HAJEK & ESPINOSA, 1988).

Las precipitaciones son extremadamente variables tanto entre años como entre meses (ONEMI, 1982), hasta el punto de que a veces se presentan concentradas en sólo algunos días (AYALA, 1987; HAJEK & ESPINOZA, 1988). Es frecuente que, en cada año, ocurra al menos una lluvia que supere los 30 mm en 24 horas (ONEMI, 1982; ESPINOZA *et al.*, 1985).

Debido a las pendientes generalmente abruptas (mayores de 20°), en las laderas de los pisos intermedio y alto se producen procesos de extracción y transporte de materiales que rebajan activamente la topografía local. Por encima de los 2.000 m los procesos de arrastre están ligados preferentemente al período de deshielo. En consecuencia en este sector normalmente

la fase erosiva más violenta se produce en primavera y verano y no necesariamente en invierno como en el piso intermedio. Sin embargo, se ha demostrado que en presencia de frentes cálidos, el límite de las lluvias puede ascender altitudinalmente, produciéndose la caída episódica de lluvias sobre lugares con nieve (GALLE, 1983; HAJEK & ESPINOZA, 1988). Esto se traduce en que grandes volúmenes de agua y sólidos sean descargados a través de los ríos y quebradas en muy cortos períodos de tiempo (MINVU, 1988; HAJEK & ESPINOZA, 1988; ARAYA, 1985).

Existen antecedentes acerca del papel que puede jugar la vegetación como factor modulador de la erosión (ESPINOZA *et al.*, 1988; PERALTA, 1978; FUENTES, 1988) y de las modificaciones recientes en la vegetación como resultado de los usos humanos (FUENTES *et al.*, 1984). La acción humana, como alteradora de la cubierta vegetal y desencadenante de la erosión, es importante sólo en el piso intermedio, ya que más arriba la vegetación es muy escasa. En el piso bajo los procesos están ligados a la sedimentación de materiales más que a su remoción.

A pesar del conocimiento de las características generales de la erosión y de la variabilidad de las precipitaciones, todavía no se ha documentado el significado que tiene para los procesos erosivos la enorme fluctuación y concentración de las lluvias en el piso intermedio de la zona central de Chile. Este trabajo tiene como finalidad presentar unos primeros resultados que permiten reconocer la relación entre estas dos características a escalas espaciales y temporales muy distintas.

## 1. Materiales y métodos

Se trabajó con métodos diferentes y a tres escalas distintas: a) pequeñas parcelas de experimentación (3 m. x 15 m.); b) variaciones de los flujos de sólidos en suspensión asociados a cuencas de régimen pluvial y nivopluvial; y c) desprendimientos de grandes masas de materiales, conocidos como deslizamientos de tierra. Los datos han sido obtenidos en el área comprendida entre los 32° S. y los 34° S; es decir, en la zona "eumediterránea" (DI CASTRI, 1973) de Chile central.

Un primer nivel de análisis se obtiene a partir de las mediciones realizadas en parcelas experimentales de erosión. El lugar escogido está ubicado en la ladera norte del cordón montañoso de Chacabuco, en la localidad de Aucó (Lat 32° 53' S-Long 70° 42' W; y 800 m s.n.m.) (Fig. 1). Las laderas presentan pendientes medias de 30° y están constituidas por rocas metamórficas fuertemente diaclasadas, con abundante cubierta regolítica en superficie. Los suelos son delgados y presentan texturas arcillosas. La precipitación anual promedio es de 300 mm. aproximadamente (DI CASTRI & HAJEK, 1976).

Las mediciones fueron realizadas durante 1984 y 1985. Se midió en dos parcelas experimentales contiguas de pendientes similares pero con distin-



## EROSIÓN EN CHILE CENTRAL

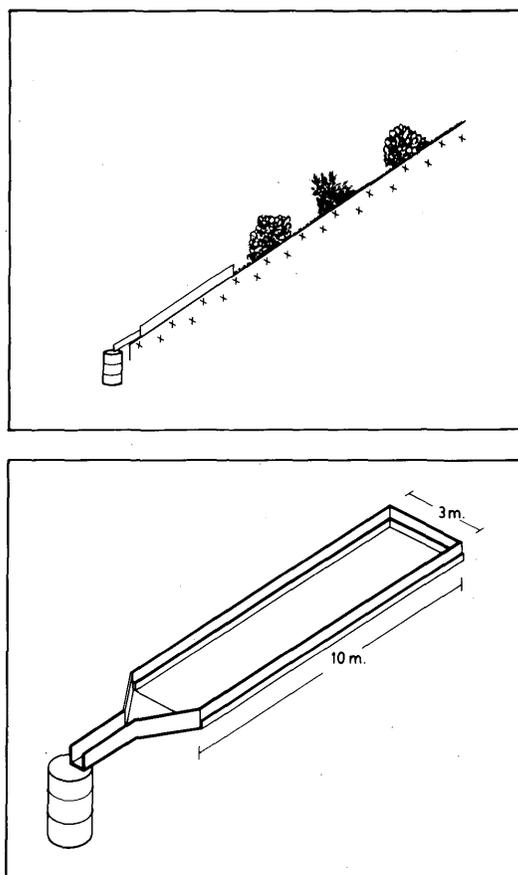


Fig. 2: Definición de áreas experimentales. Se muestra el perfil de la ladera y el sistema de recogida de sedimentos. *Design of study plots. Slope profile and collecting devices are shown.*

A una escala espacial mayor, se caracterizó el comportamiento erosivo de dos cuencas hidrográficas por medio de los sedimentos sólidos en suspensión. Se utilizó una cuenca de carácter preandino con un régimen pluvio-nival (Río Mapocho; Fig. 1). Esta cuenca presenta variación altitudinal del límite de las nieves y por lo tanto de la superficie aportante de caudales y sólidos en invierno; además tiene un fuerte incremento de caudales por deshielo.

También se usó una cuenca costera (Estero Limache; Fig. 1) caracterizada por la ausencia de nieves estacionales y dominada por la acción de las lluvias invernales. En la cuenca del Río Mapocho están representados los pisos intermedio y alto; en la segunda se encuentra solamente el piso intermedio. La hoya del río Mapocho tiene una superficie de 620 km<sup>2</sup> y la del Estero Limache 571 km<sup>2</sup>.

Se obtuvo información a nivel mensual para el período comprendido entre los años 1978 y 1982. Los sedimentos totales arrastrados se calcularon multiplicando las concentraciones de sedimentos y los caudales medidos diariamente por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

La caracterización de los deslizamientos en masa fue hecha sobre la base del catastro de eventos descritos en ONEMI (1983) y ESPINOZA *et al.* (1985).

## 2. Resultados

En la Tabla 1 se muestran las precipitaciones máximas acumuladas durante el presente siglo. Nótese que para un lugar como Santiago, en que la lluvia promedio anual es de 350 mm., la precipitación máxima en dos o tres días puede a veces ser de 180 a 190 mm. Es ésta la variabilidad que debe reflejarse en los procesos erosivos.

TABLA 1  
Precipitaciones máximas acumuladas para 1, 2 y 3 días consecutivos ocurridas en Santiago durante el presente siglo. Maximum rainfall accumulated in one, two or three consecutive years in Santiago.

PRECIPITACIONES DE DURACION								
Año	Mes	1 DIA		2 DIAS		3 DIAS		TOTAL AÑO mm
		Fecha	mm	Fecha	mm	Fecha	mm	
1904	Mayo	21	83.5	21-22	124.8	20-22	142.8	660.0
1926	Junio	19	103.4	18-19	131.5	17-19	139.6	795.0
1934	Mayo	19	73.0	25-26	125.7	24-26	136.8	520.0
1953	Agosto	19	76.1	19-20	145.7	19-21	180.2	584.0
1957	Mayo	19	59.0	19-20	102.5	19-21	115.9	308.0
1970	Julio	14	51.5	15-16	101.8	15-17	101.8	327.0
1982	Junio	26	61.2	25-26	86.8	25-27	106.8	623.4
1984	Julio	4	64.5	3-4	69.3	2-4	101.7	455.5
1986	Junio	15	40.6	15-16	59.2	14-16	60.7	311.3
1987	Julio	14	93.8	13-14	168.8	13-15	193.5	712.1

Fuente: Benitez, 1982. Datos complementados por Ayala (1987) para los años más recientes.

Las parcelas experimentales muestran un comportamiento distinto entre años. Durante 1985 (considerado como "seco" con 60 mm. anuales) no hubo diferencias en el arrastre total de sedimentos para las dos coberturas utilizadas. Ambas parcelas alcanzaron una acumulación que no superó los 0,25 kg (Fig. 3). En cambio en el año 1984, definido como "lluvioso" (con 440 mm. anuales), se observaron fuertes diferencias en la retención de materiales. La parcela con arbustos alcanzó los 0,2 kg. aproximadamente, en tanto que la parcela "sin arbustos" colectó 13 kg., en el mismo lapso de tiempo (Fig. 3; Tabla 2).

EROSIÓN EN CHILE CENTRAL

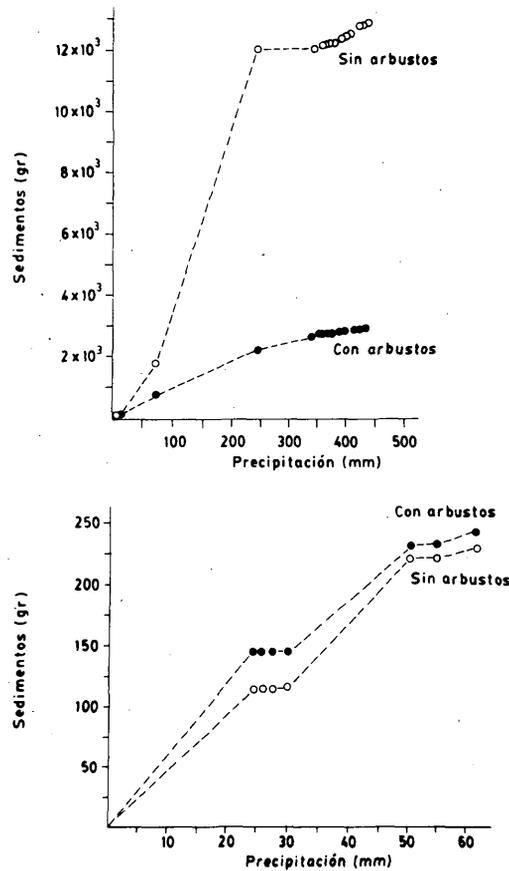


Fig. 3: Recolección de sedimentos. Se muestra la lluvia acumulada (abcisa) y la sumatoria de sedimentos para un año lluvioso (1984, gráfico superior), y un año seco (1985, gráfico inferior). Los círculos en blanco corresponden a una parcela sin arbustos, y los círculos negros corresponden a una estación control. Nótese que una gran cantidad de sedimentos son producidos por muy pocas lluvias, y que la remoción de arbustos tiene un efecto notable sólo durante años secos. *Sediment yields. Accumulated rainfall (abscissa) versus accumulated sediment yield for 1984, a wet year (upper graph), and for 1985, a dry year (lower graph). Light dots are plots without shrubs and dark dots are the controls. Notice that most of the yield is produced by very few rains and that the removal of shrubs has a noticeable effect only during wet years.*

TABLA 2

Total de sedimentos colectados en parcelas experimentales con y sin cobertura arbustiva. En esta tabla se presentan los sedimentos acumulados en un año "lluvioso" (1984) y en un año "seco" (1985). Total sediment yield in experimental plots with and without a shrub cover. Year 1984 was wet, whereas 1985 was a dry year.

	1984 (kg)	1985 (kg)
Flourensia/Trichocereus (20 %)	2.8	0.21
Sin arbustos	12.8	0.23

Las diferencias totales mencionadas se producen tan sólo por la influencia de dos de las 23 lluvias registradas durante el período de mediciones (Fig. 3). En la parcela sin arbustos, el 93,4% de los sedimentos colectados durante el período analizado fue arrastrado por las dos lluvias descritas. En el sector con arbustos el porcentaje llegó a 77.3% para el mismo número de lluvias.

En relación a los sedimentos en suspensión aportados por las dos cuencas estudiadas, el Estero Limache tiene una tasa de pérdida promedio anual de 17.9 Tm/km<sup>2</sup> (Tabla 3). El Río Mapocho, en cambio, tiene una tasa de 158,8 Tm/km<sup>2</sup>. Los montos anuales de sedimentos arrastrados varían entre 808,5 Tm/año/km<sup>2</sup> y 38.337,1 Tm/año/km<sup>2</sup> en Estero Limache; en tanto en el Mapocho fluctúan entre 14.761,7 Tm/año y 163.500,6 Tm/año (Tabla 3). En el Estero Limache los incrementos de sedimentos en suspensión están bien asociados a la concentración de las lluvias a nivel mensual (Fig. 4). En cambio el Río Mapocho, pareciera estar influido por otro tipo de procesos además de la recurrencia temporal de las precipitaciones (Fig. 5). En este río se encuentra que tanto grandes como pequeños montos de lluvia producen incrementos y decrementos en los sólidos de arrastre.

TABLA 3

Sólidos en suspensión para 2 cuencas de Chile Central (río Mapocho y Estero Limache). Los valores anuales se expresan en toneladas. Sediments in the discharges of two catchments in central Chile (Río Mapocho and Estero Limache). Annual values expressed in tons.

	1978	1979	1980	1981	1982	x	Tm/km <sup>2</sup>
Estero Limache (571 km <sup>2</sup> )	6.913,3	808,5	3.348	1.694,3	38.337	10.220,3	17,9
Río Mapocho (620 km <sup>2</sup> )	103.773,0	15.784,9	163.500,5	14.761,7	194.583,1	94.480,6	158,8

#### EROSIÓN EN CHILE CENTRAL

En la Fig. 4 puede observarse que en el Estero Limache la producción de sedimentos se presenta preferentemente en los meses de invierno y que los valores mensuales están normalmente por debajo de las 350 Tm/mes. Tan sólo a veces esas cifras son superadas. Por ejemplo, en cinco de los 60 meses analizados se alcanzaron entre 350 y 1000 Tm/mes y en tres meses se superaron las 10.000 Tm/mes.

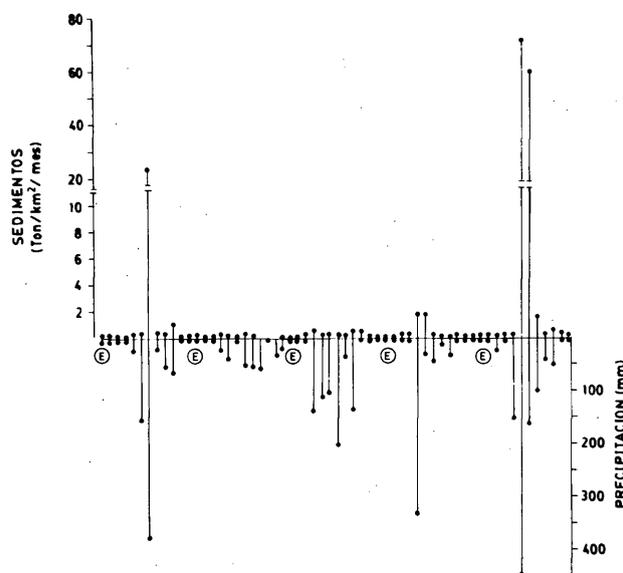


Fig. 4: Carga de sedimentos en Estero Limache. Se presenta la carga de sedimentos (expresados como Tm/km<sup>2</sup>/mes) y su relación con las lluvias (en mm), para el período 1978-1982. El Estero Limache se encuentra en la Cordillera de la Costa. (E) indica el mes de enero en la mitad del verano austral. Nótese la estrecha relación existente entre lluvias y sedimentos. *Sediments in discharge for Estero Limache. Sediments (Tm/km<sup>2</sup>/month) in the discharges collected and their relationship to rainfall (mm) during 1978-1982. Estero Limache is on the coastal ranges. (E) indicates the month of January in the middle of the Austral summer. Notice the strong relationship between rainfall and sediments.*

En río Mapocho (Fig. 5), en cambio, los mayores montos de sedimentos ocurren en primavera-verano y obviamente están asociados a los períodos de deshielos. Frecuentemente los valores se ubican por debajo de las 40.000 Tm/mes y tan sólo en 3 meses han ocurrido comportamientos episódicos que superan las 100.000 Tm/mes. Estos valores mensuales extremos se producen en los meses de invierno, tal como ocurre en Estero Limache y no en la época de deshielo como debería esperarse. HAJEK & ESPINOZA (1988) demostraron que este incremento anual se debe al ascenso altitudinal del límite de las nieves para eventos específicos.

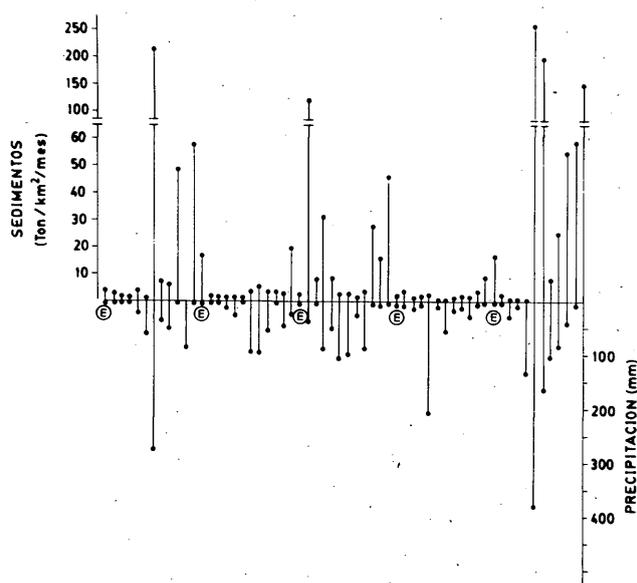


Fig. 5: Como en la Fig. 4 pero para el caso del río Mapocho, ubicado en la Cordillera de los Andes. Nótese que los sedimentos no están directamente ligados con las lluvias, tal como en Estero Limache. *As in Fig. 4 but for Río Mapocho on the Andes ranges. Sediments are not as strongly related with rainfall as in Limache.*

Por otra parte, los registros de 72 años con ocurrencia de deslizamientos en masa muestran un total de 1082 eventos a nivel nacional. De ellos, un 40.5% (491) se producen entre los 32° y 34° Lat S. (ESPINOZA *et al.*, 1985).

Entre las causas principales para el desencadenamiento de deslizamientos en esta zona, están las lluvias y nevadas (más del 60%) y los sismos (por debajo de un 10%) (Tabla 4). Dado que están principalmente asociados a las lluvias, estos sucesos ocurren preferentemente en los meses de invierno (Fig. 6).

### 3. Discusión y conclusiones

Los datos muestran que la fuerte variación de las precipitaciones observadas en los ambientes mediterráneos de Chile central, se refleja en los montos de erosión generados en este espacio montañoso. Esto se presenta más bien como episodios de corta duración, a veces de sólo días, en los que se produce una gran pérdida de materiales. Es decir, la erosión alcanza sus valores más significativos tan sólo cuando se presentan eventos de precipitaciones concentradas, tanto a nivel de cuencas como de parcelas experimentales.

EROSIÓN EN CHILE CENTRAL

TABLA 4

*Distribución porcentual de las causas de deslizamientos de tierra en Chile Central entre los años 1911 y 1980. El total de deslizamientos analizados fue de 491 eventos.*  
Landslides in central Chile between 1911 and 1980. Values are percent of the total of 491 events analyzed.

	Porcentaje
Lluvias y nevadas	72.7
Sismos	5.5
Otras causas	15.3
No especificados	6.5

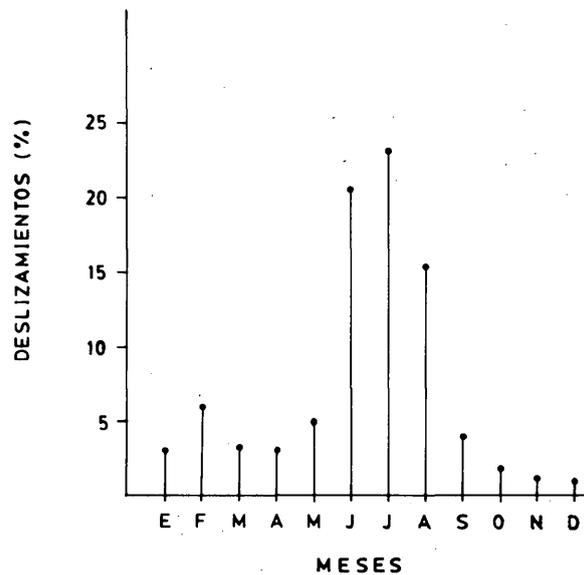


Fig. 6: Deslizamientos de tierra en Chile central entre los años 1911 y 1980. *Landslides in central Chile between 1911 and 1980.*

En los ambientes asociados al piso alto, además de la variabilidad temporal, la variación espacial parece jugar un papel de importancia. Los datos revelan que aunque los mayores montos de erosión se asocian a períodos de deshielo de primavera, los ascensos altitudinales de lluvias de invierno, asociadas a frentes cálidos, producen incrementos inusuales o “episódicos” en el arrastre de sedimentos. Este ascenso altitudinal activa los procesos erosivos en ambientes nivales que, normalmente, se encuentran desfasados hacia el período de deshielo.

Las evidencias obtenidas en las dos cuencas y en las parcelas experimentales reflejan la variabilidad de los volúmenes de pérdida de materiales finos poco perceptibles al ojo humano. Por otro lado, los modos en que ocurren los deslizamientos de tierras son evidencias de la variabilidad con que se pueden movilizar grandes volúmenes de materiales.

En síntesis, en los ambientes con clima de tipo mediterráneo de Chile central las precipitaciones son irregulares en el tiempo y esto se refleja en que la erosión de suelos también tiene un carácter irregular a escalas de espacio que van desde algunos metros cuadrados hasta superficies del orden de los 600 kilómetros cuadrados.

Estos resultados sugieren que la variabilidad climática en Chile central se expresa no sólo en la dinámica biótica de los ecosistemas (FUENTES & HAJEK, 1978; 1979), sino además en las pérdidas de suelos. Desde el punto de vista del uso humano ésto lleva a ser muy cauteloso en los "proyectos" de remoción por tala o pastoreo de la cubierta vegetal, puesto que en uno o dos episodios puede producirse un lavado casi completo de los suelos del lugar.

### Agradecimientos

Este trabajo se ha hecho con los aportes de MAB-UNESCO, DIUC y FONDECYT 614-1989.

### Referencias

- ARAYA, J. F., 1985.- Análisis de la carta geomorfológica de la cuenca del Mapocho. *Rev. Inf. Geog.*, 32: 31-44, Santiago.
- AYALA, L., 1987.- Las inundaciones en la zona central: Una historia conocida. *Rev. Creces*, 87, 9 (8): 17-23, Santiago.
- BORGEL, R., 1983.- *Geomorfología*. Editorial Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile.
- CORFO, 1965.- *Geografía de Chile*. Primer Apéndice. Editorial Universitaria, Santiago.
- CUNILL, P., 1970.- *Geografía de Chile*. 5.ª Edición. Ed. Universitaria, Santiago. Chile.
- DI CASTRI, F., 1973.- *Esbozo ecológico de Chile*. Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas, Ministerio de Educación, Santiago.
- DI CASTRI, F. & HAJEK, E. R., 1976.- *Bioclimatología de Chile*. Edit. Univ. Católica de Chile, Santiago.
- ESPINOZA, G. A.; HAJEK, E. R. & FUENTES, E. R., 1985.- Distribución geográfica de los deslizamientos de tierra asociados a desastres en Chile. *Amb. y Des.*, 1 (2): 81-90. CIPMA, Santiago.
- ESPINOZA, G. A.; FUENTES, E. R. & MOLINA, J. D., 1988.- La erosión: Fenómenos Naturales y Acción del Hombre: En: *Ecología del Paisaje en Chile central. Estudios sobre sus espacios montañosos*. (Fuentes, E. & Prenafeta, S., ed.), pp. 53-63, Ed. P.U. Católica de Chile, Santiago.
- FUENTES, E. R. & HAJEK, E. R., 1978.- Interacciones Hombre-Clima en la desertificación del Norte Chico Chileno. *Ciencia e Investigación Agraria*, 5: 137-142, Santiago.

#### EROSIÓN EN CHILE CENTRAL

- FUENTES, E. R. & HAJEK, E. R., 1979.- Patterns on Landscape Modification in Relation to Agriculture Practice in Central Chile. *Environmental Conservation*, 6: 265-271.
- FUENTES, E. R.; ESPINOZA, G. A. & FUENZALIDA, I., 1984.- Cambios vegetacionales recientes y percepción ambiental: El caso de Santiago de Chile. *Revista Geografía Norte Grande*, 11: 45-53, Santiago.
- FUENTES, E. R., 1988.- Sinopsis de Paisajes en Chile Central. En: *Ecología del Paisaje en Chile central. Estudios sobre sus espacios montañosos*. (Fuentes, E. & Prenafeta, S., ed.), pp. 17-27, Ed. P.U. Católica de Chile. Santiago.
- GALLE, M., 1983.- *Análisis y tipología de los sistemas frontales que actuaron durante las inundaciones en la Región Metropolitana (21 junio al 1ero. de julio de 1982)*. Tesis para optar al título de Geógrafo. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- HAJEK, E. R. & ESPINOZA, G. A., 1988.- *Evidencias ecológicas en catástrofes asociadas al clima. Santiago, un estudio de caso*. DIUC 87/85. Informe de Investigación, P. Universidad Católica de Chile, Santiago.
- MINVU, 1989.- *Diagnóstico Zonas de Protección del Medio Ambiente Natural*. Informe Técnico. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. y Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo, Santiago.
- ONEMI, 1982.- *Evaluación de algunos riesgos climáticos en Chile y su distribución regional*. Convenio P.U.C. de Chile, Informe final, 374 pp. + mapas y anexos.
- ONEMI, 1983.- *Los Deslizamientos de tierras en Chile: su significado, origen y ocurrencia histórica*. Convenio P.U.C. de Chile. Informe final, 1350 pp. + anexos regionales y mapas.
- PERALTA, M., 1978.- Procesos y Areas de Desertificación en Chile Continental. Mapa Preliminar. *Boletín Facultad Ciencias Forestales*, U. de Chile, 1: 41-44, Santiago.
- RUBIO, P., 1981.- *Caracterización macroclimática y zonificación topoclimática de la cuenca intermontana del río San Francisco*. Tesis, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.