

EVOLUCION DE LAS VERTIENTES Y MORFOGENESIS FLUVIAL EN EL DOMINIO SUBTROPICAL SECO SEGUN LA CARTA GEOMORFOLOGICA DETALLADA (EJ.: CHILE SEMI ARIDO)

SLOPE EVOLUTION AND FLUVIAL MORPHOGENESIS IN THE SUBTROPICAL DRY DOMINION ACCORDING TO DETAILED GEOMORPHOLOGICAL MAP (EX.: SEMI ARID CHILE)

JOSE F. ARAYA VERGARA

Departamento de Geografía Universidad de Chile, Santiago.

ABSTRACT

The sample area is located in the middle lower part of the Choapa river basin in Chile (31° 30'S - 71° 20'W). The principal forms of the landscape are: the mountainous slopes, the high terrace, the "bahadas" ("glacis colluviaux") and the small alluvial fans, the low terrace and the alluvial beds.

The geomorphological map "sensu stricto" contains slope and fluvial processes and landforms. The morphogenetic context of the landforms is represented with different colors, tonal gradations showing the age.

The relative age of the morphogenesis is as follows:

A. Reminders of culminating erosion surfaces, dissection of great valleys and erosional steps in middle slope: Neogene (N 1 and 2).

B. High terrace: Lower Pleistocene (Q 1).

C. Dissected valleys on the ancient high terrace: Middle Pleistocene (Q 2).

D. "Glacis colluvial" (lower slope "bahada") over the high terrace, low terrace and lateral alluvial fans: Upper Pleistocene (Q 3).

E. Dissection of glacis and lower terrace, preparation of the present day slope morphogenetic system and polychronic continuum of some surface processes: Holocene (Q 4).

The present day morphogenetic system is influenced by inherited and relict features, as the morphological slope stepping and the deep regolith, which influences the micro-relief. The climatic analysis shows strong irregularities and the human activity generates a break of equilibrium in the system. Soil creep and surface wash produces surface soil beheading. On the beheaded surface of the

upper slope, mudflows can eventually be generated. Downward, gullies appear on the middle slope. Finally, the lower slope is depositional. Upper, middle and lower slope are related to a convex-concave slope upward the high terrace.

The proposed evolutive model is the YOUNG, s (1977) 6th model for slopes: control by removal on upper and middle slope; control by accumulation on the lower slope; removal of regolith entirely by surface transport; rate of surface transport proportional to sen of the slope angle theta.

R E S U M E N

El área muestra está localizada en la parte media inferior de la cuenca fluvial del río Choapa (31° 30' S - 71° 20' W). Las principales formas del paisaje son: las vertientes de montaña, la alta terraza, los glacis coluviales y pequeños conos aluviales, la terraza baja y los lechos aluviales.

El mapa geomorfológico "sensu stricto" contiene procesos y formas de vertientes y fluviales. El contexto morfogenético de las formas está representado con diferentes colores, cuyas gradaciones tonales muestran la edad.

La edad relativa de la morfogénesis es como sigue:

A. Testigos de superficies culminantes de erosión, dissección de grandes valles y tellanos erosionales de media vertiente: Neógeno (N1 y N2).

B. Terraza alta: Pleistoceno Inferior (Q 1).

C. Valles disectados en la antigua terraza alta: Pleistoceno Medio (Q 2).

D. Glacis coluvial sobre la terraza alta, terraza baja y conos de deyección laterales: Pleistoceno Superior (Q 3).

E. Dissección de glacis y baja terraza, preparación del sistema morfogenético actual y secuencia policrónica de algunos procesos superficiales: Holoceno (Q 4).

El sistema morfogenético actual está influido por rasgos heredados y relictos, como el escalonamiento morfológico de las vertientes y el profundo regolito, los cuales influyen en los micro-relieves. El análisis climático muestra fuertes irregularidades y la actividad humana genera una ruptura de equilibrio en el sistema. La reptación simple y el lavado superficial producen descabezamiento superficial del suelo. Corrientes de tierra y aún de barro pueden generarse eventualmente en la parte superior descabezada de la vertiente. Hacia abajo, aparecen las regueras de erosión sobre la vertiente media. Finalmente, la baja vertiente es deposicional. Se puede referir la alta, media y baja vertiente a una vertiente convexo-cóncava aguas arriba de la plataforma de la alta terraza.

Para esta situación de vertientes, se propone un modelo evolutivo correspondiente al modelo 6 de YOUNG (1977) para las vertientes: el control evolutivo es por remoción en la vertiente superior y media; el control es por acumulación en la vertiente inferior; la remoción del regolito es enteramente por transporte superficial; el monto de transporte superficial es proporcional al seno de la de la pendiente teta.

1. INTRODUCCION

1.1. El problema y los objetivos del trabajo

1.1.1. El problema

En trabajos anteriores (ARAYA-VERGARA, 1966a y 1966b) se sentaron las bases para definir como sistema morfogenético el dominio templado seco en Chile Central. Como este último presenta muchas similitudes con el dominio subtropical seco semiárido, es necesario hacer estudios comparativos sobre la evolución de las vertientes y las acciones fluviales para poder determinar sistémica y zonalmente algunos patrones morfogenéticos básicos. Estos pueden ser mejor comprendidos desde la perspectiva de la geomorfología climática y dinámica comparada, poco desarrollada incluso a nivel mundial.

En el estudio del balance morfogenético hay que considerar que comunmente en los países semiaridos hay una influencia muy importante del hombre en el sistema morfogenético, que se traduce generalmente en la degradación de los recursos ligados a la evolución geomorfológica. En el caso concreto del Norte Chico de Chile hay un evidente deterioro de la cubierta vegetal y de los recursos pedológicos por este motivo.

El problema consiste en mostrar estos hechos con un método que permita captar fácilmente y en cuanto a sus relaciones espaciales los mecanismos morfogenéticos fundamentales y su modo de acción.

1.1.2. Objetivos

Por lo tanto, es necesario analizar el sistema morfogenético a partir del levantamiento de una carta geomorfológica detallada, llegar a una determinación de las principales etapas de la evolución morfológica, definir el dominio morfoclimático, incluida la acción del hombre y llegar a comparar la evolución real de las vertientes con los modelos existentes y las teorías generales al respecto.

Se trata de demostrar finalmente la efectividad del uso de las cartas geomorfológicas detalladas con estos fines.

1.2. Antecedentes

De acuerdo con las investigaciones de PASKOFF (1970), se puede formar una idea de los rasgos fundamentales de la evolución geomorfológica en el Norte Chico. Útiles extrapolaciones pueden conseguirse de los trabajos de MORTIMER (1967 y 1973). Pero la perspectiva de estos trabajos no está dirigida a profundizar en el modelado propiamente tal, o sea, en la evolución de las vertientes dentro del dominio morfoclimático. Hay, pues, una complementación clara entre los resultados de los trabajos mencionados y el presente, como se advertirá más adelante. Aplicaciones de estudio de vertientes a partir de cartas detalladas de procesos actuales se practican por primera vez en Chile por parte de ARAYA-VERGARA (1965) en tanto que el estudio evolutivo comparado en dos hojas se practica sobre todo con relación a la influencia de la neotectónica en la sedimentación (ARAYA-VERGARA, 1972). Esta experiencia de Chile Central es aplicada con notables modificaciones metodológicas ahora en el Norte Chico.

1.3. Ubicación del área

El área levantada está localizada en la parte media inferior de la cuenca del río Choapa, entre 31° 30' y 31° 40' de latitud y 71° 20' y 71° 27' de longitud, abarcando parte de las comunidades de Agua Fría, Las Tasas, Las Paredes, La Leona, Atelcura, La Capilla, Cabra Corral, Barrancas e Higuierilla, Mincha y Tunga. Siguiendo el lineamiento de los valles, fueron mapeados los de Quebrada de Matancilla entre Las Tasas y Agua Fría Baja, de Atelcura entre La Capilla y Agua Fría Baja y del Choapa entre Santa Juana y Mincha. Fué cubierta en total un área de 100 km² con trabajo regular de terreno.

1.4. Condiciones naturales y humanas en general

1.4.1. Condiciones naturales

A. Rasgos morfográficos de interés

La relación cuenca-montaña presenta los siguientes tipos de formas: relieves montañosos, terraza alta, pequeños glacis y conos, terraza de fondo de valle y lechos fluviales.

a) **Relieves montañosos.** Separan todos los principales valles, estando sus principales dorsos alineados en la dirección de éstos, que comunmente varía entre Este-Oeste y NW-SE. Los dorsos más altos están generalmente por sobre los 800 m. de altura y hasta los 900 a 1000. El desnivel entre cumbre y base fluctúa ordinariamente en estos casos entre 500 y 600 m. Estas vertientes montañosas están interrumpidas por un rellano principal más o menos a 100 m. Por lo tanto, junto con producirse una gradiente climática y vegetacional altimétrica, existen diferencias de ecotopos debidas a estos rellanos, traducidas en diferencias de alteración de la roca, en la vegetación, en el uso de las vertientes y en la degradación.

La continuidad de los dorsos montañosos agrega a la diferencia de altura entre cumbre y base el factor exposición, debido a la orientación de los valles principales. Pero la diferencia de exposición no sólo es importante en estos últimos, sino también y muy notoriamente en las quebradas de dirección E-W. Durante el desarrollo del trabajo se verá que el factor exposición tiene en esta área una enorme importancia morfogenética, si se enfrentan la vertiente de exposición norte y la de exposición sur.

b) **La terraza alta.** Ella sólo es notoria en los valles principales y muy concretamente en el río Choapa. Aquí, la plataforma se eleva a unos 100 m. sobre la terraza baja. Este escarpe de terraza tiene pendientes que están dentro del rango entre 20 y 45°. Su ancho varía aproximadamente entre 0 y 3 km. A medida que los valles se hacen más altos y menos importantes esta terraza se reduce y hasta se pierde, como sucede en las quebradas de Matancilla y de Las Tasas y en el valle de Atelcura alto.

c) **Los pequeños glacis y conos.** Glacis comunmente angostos, pero de variado ancho se ubican a partir de la concavidad basal, extendiéndose hacia la superficie de la terraza. En valles como el de Choapa o el de Atelcura, el glacis puede llegar a tener más de un km. de ancho, pero tiende a desaparecer en las quebradas angostas, como Agua Fría y Las Tasas.

Sólo en algunas partes los glacis están reemplazados por conos nítidos y

de tamaño mapeable: ello es observado en la Quebrada de Las Tasas y en el sector oriental del valle de Atelcura. En la primera corresponden a quebradas de la vertiente de exposición oeste, y en el segundo, a quebradas de la vertiente de exposición sur y norte.

d) **La terraza de fondo de valle.** Encajada entre las escarpas de la terraza alta y del glacis se encuentra una terraza baja. Los sectores en que alcanza mayor extensión son Mincha y Tunga, con algo más de medio km. de ancho, y Santa Juana con algo menos. Todos en el valle del Choapa. En otros valles esta terraza es escasamente mapeable o no lo es, perdiéndose a medida que aquellos se hacen mas angostos. En Atelcura es algo extensa.

Aún en los casos de mayor extensión, esta terraza es mal conformada y no siempre distinguible. Pareciera más exacto asimilarla a orilla de resbalamiento un poco mas alta que el lecho actual. En todo caso, su superficie es notoriamente inclinada desde la escarpa de la terraza alta hasta el lecho, conteniendo las mejores superficies cultivadas del área.

e) **Los lechos fluviales.** En el valle del Choapa hay sectores con canales anastomosados, los que sobrepasan frecuentemente los 300 m. de ancho y en algunas partes los 500. Ello es característico junto a las aldeas de Mincha y Tunga. Entre ambos sectores el río se encajona dejando un canal unificado. Aguas arriba de Tunga, aparecen meandros muy curvados con bancos medianos.

En los otros valles, el lecho es comunmente calibrado, a lo mas con bancos medianos no mapeables, dándose el caso de tendencia a anastomosis sólo en el sector oriental del valle de Atelcura.

B. Particularidades climáticas

A pesar de la casi inexistencia de información concreta para el área, se puede tener una visión sobre el clima de esta región a partir de ALMEYDA (1948), ALMEYDA & SAEZ (1958), FUENZALIDA (1965) y SCHNEIDER (1969). Análisis de estos antecedentes y sus consecuencias en el medio natural presenta PAS-KOFF (1970). Hay, sin embargo, particularidades que revisten especial interés en el tema en cuestión y que deben ser subrayadas y analizadas más detenidamente. Ellas tienen que ver con la concentración de la lluvia en invierno, el largo de la estación seca, las irregularidades interanuales de las lluvias, la evaluación de la aridez, los vientos y la influencia costera.

a) **Modo en que se concentra la lluvia en invierno.** Las curvas de repartición de la lluvia durante el año para varias estaciones del Norte Chico relativamente cercanas al sector estudiado, son *monomodales* y tienen el aspecto de una distribución gaussiana. *La pendiente de la curva es mayor en otoño que en primavera*, lo que indica que el aumento gradual de las precipitaciones hacia el comienzo del invierno es más rápido que la disminución hacia la primavera. Este es un rasgo favorable para la degradación, porque las precipitaciones -que ascienden muy rápidamente de abril a junio- encuentran dentro de un corto lapso de tiempo terrenos resecaos y desprotegidos contra la erosión. No hay que olvidar que durante este período son preparados los terrenos para los cultivos de secano en vertientes. El proceso, entonces, es fácilmente acelerable por este motivo. La curva de disminución de las precipitaciones de junio adelante tiene uno a dos escalones que indican ciertos repuntes en la pluviosidad mensual, que en años

secos pueden ser de la mayor importancia morfogénica, ya que encuentran terrenos difícilmente saturables pero con material suelto.

Los datos recopilados para 10 años por ALMEYDA (1948) para Mincha indican la estación lluviosa preferentemente entre mayo y agosto, concentrando entre el 100 y el 75% de las lluvias aproximadamente. Aunque comunmente el mes más lluvioso es junio, los records de pluviosidad están en mayo y en julio con más de 100 mm. (120-130). (el promedio interanual es 230).

b) El largo de la estación seca. Los diagramas ombrotérmicos trazados por PASKOFF (1970) con el método de Gaussen, presentan la mayor parte del año como estación seca, que se extiende en Ovalle desde fines de julio hasta comienzos de mayo, quedando un invierno bien definido con tres meses húmedos. La longitud de la estación seca hace que la preparación del material para la infiltración en la estación húmeda sea tal, que es imposible concebir un mes húmedo con escurrimiento promedio en las cuencas. Este escurrimiento sólo es posible en los períodos pluviales concretos de unos pocos días. Por consiguiente, es difícil que se produzca el escurrimiento concretado por parte de las aguas lluvias, debido a la tendencia de éstas a infiltrarse aunque sea superficialmente, dada la falta de humefacción de los mantos superficiales del terreno. Los suelos no alcanzan, entonces, en promedio mensual, nunca la capacidad de campo. Sólo las incidencias pluviales pueden alcanzar una poca profunda erosión lineal, como se verá a su debido tiempo. En el área en cuestión, SCHNEIDER (1969) determina 9 meses secos, usando la prescripción de DE MARTONNE (en SCHNEIDER).

Como se desprendió del análisis de la lluvia invernal, el advenimiento de la estación húmeda es más rápido que el de la estación seca, lo que vislumbra la posibilidad de que levemente se concentre la energía erosiva. En Mincha no se dispone de datos térmicos para determinar estación seca, pero por lo menos de septiembre a abril debe ser seco.

El largo de la estación seca pesa también en el ciclo anual de la vegetación, que presenta a las gramíneas secas una importante parte del año, lo que protege al terreno durante las primeras lluvias de otoño y las tardías de primavera. Estas lluvias, aunque escasas en altura, pueden ser intensas y hacer manifiesto su rol dinámico. Para Mincha, las lluvias fuera de estación húmeda desde septiembre a abril en monto mensual llegan a más de 40 mm. como máximo. Octubre es el mes más regular en lluvias fuera de estación.

c) Las irregularidades interanuales. El efecto de la lluvia sobre el paisaje varía notablemente de un año a otro, dependiendo del monto de las precipitaciones, de su distribución, de su intensidad y de su persistencia, así como también de su repartición en la estación lluviosa.

c 1) El monto de las precipitaciones: En una recopilación de 10 años hecha por ALMEYDA (1948), desde 1933 a 1943, para Mincha, hay un promedio interanual de 230 mm. pero variando entre 424 y 68 mm. y más comunmente entre unos 160 y unos 250.

c 2) Las variaciones en la distribución de las precipitaciones: La diferencia interanual en Mincha presenta tanto curvas monomodales como bimodales. Excepcionalmente puede presentarse una curva trimodal. Si la curva es bimodal, el segundo modo se presenta generalmente en octubre. La escasez de las curvas

trimodales da a entender que el tercer modo puede tener una distribución más anárquica. Dentro de los datos disponibles, un caso presenta el tercer modo en marzo, con 12 mm. de un total de 213, y el otro en diciembre, con 19 mm. de 176.

Al parecer, menos de un 50% de los años presentan *lluvias antes de mayo*, con montos muy variados que van de los 5 a los 70 mm. Por hallar materiales sueltos derivados de la estación estival en la vertiente, estas lluvias son críticas para el lavaje superficial y para la reptación simple. Meses estivales como diciembre y febrero también las presentan, acumulando entre 5 y 20 mm. pero excepcionalmente. Por observaciones realizadas en Chile Central, es posible suponer que tanto las lluvias estivales como las preliminares a la estación húmeda tienen una *gran capacidad lixiviante de la fracción fina de los regolitos*, a juzgar por las acumulaciones que aparecen en la base de las montañas a partir de estas incidencias fuera de estación.

En casi todos los años, se presentan *lluvias después de la estación lluviosa*: más o menos un 50% de los meses de septiembre, un 80% de los meses de octubre y excepcionalmente los meses de noviembre y diciembre. La concentración de las lluvias de octubre es variada, dando entre menos del 5% y poco más que un 10. Excepcionalmente alcanza a un 25%. La de noviembre o de diciembre puede concentrar habitualmente más de un 10% y hasta un 14. La lluvia de octubre debe hallar más húmedo al terreno y no infiltrarse muy abundantemente cuando ha llovido en septiembre. Entonces, la *tendencia a escurrimiento superficial y a erosión lineal debe ser más pronunciada que en las lluvias anteriores a la estación lluviosa*. Por otra parte, las lluvias primaverales permiten una mayor vida a la cubierta de gramíneas, cuyo papel protector es innegable si llueve en noviembre o diciembre.

La curva monomodal varía también su tendencia interanualmente. No siempre su pendiente es mayor en otoño que en primavera. Ciertos años, no en más de un 10%, la estación lluviosa empieza menos bruscamente de lo que termina, sobre todo si hay lluvias en abril.

c3) **Las variaciones en la intensidad y la persistencia:** Este tema solo podrá ser abordado cuando puedan manipularse los datos diarios. Ello es fundamental para el caso que se está analizando. Algunas nociones aisladas pueden extraerse de la conversación con algunos *miembros de comunidades que miden la lluvia*. Ellos saben perfectamente cuánta agua cae en cada lluvia, englobando el período pluvial, por ejemplo dos o tres días. Así, en Las Tasas, para citar un caso, el Sr. Antonio Jorquera midió poco más de 20 mm. de unos dos días de lluvias intermitentes en octubre de 1976. En el mismo sector, fuera de Las Tasas otra persona midió 22 mm. lo que demuestra la exactitud de las medidas. En noviembre de este mismo año hubo otro período pluvial parecido, con algo menos de agua. Esto, en un año prácticamente seco en invierno. Ello muestra que las *lluvias fuera de estación lluviosa, son relativamente intensas* y que se pueden esperar intensidades de 10 mm. por día y persistencias de 2 a 3 días seguidos, siguiendo el método de ARAYA-VERGARA (1966) para establecer la persistencia. Esto, como posibles valores máximos a medios. Es muy posible que en general las lluvias fuera de estación lluviosa tengan estas características, concentrando muchas veces en un día la lluvia del mes. Se puede aplicar entonces el índice del *grado de concentración de la pluviosidad en el día más lluvioso del mes* según la fórmula de ARAYA-VERGARA (1966). De acuerdo con él, el día más lluvioso de estos meses de estación seca puede concentrar fácilmente el 100%

de la lluvia y generalmente un 30 ó un 50. Debe tenerse presente que las lluvias hacia la estación cálida tienen comunmente rasgos convectivos, siendo intensas. Las estimaciones horarias serían entonces más exactas.

De acuerdo con FOURNIER (1966) y sus cuadros comparativos, se puede demostrar que la degradación específica es mayor cuando aumenta la concentración y la intensidad de la lluvia. En otras palabras, *un mismo monto anual de lluvia provoca distintas degradaciones específicas*, de acuerdo con el grado de concentración de la pluviosidad a distintas frecuencias. Por lo tanto los distintos meses pluviales en el caso de Mincha varían su concentración interanualmente, las intensidades y, entonces, las degradaciones específicas que imprimen al paisaje. Pero esto parece depender del clima y, por lo tanto, no quiere decir que las mayores intensidades de los meses de la estación seca, sean los que producen mayor degradación específica, debido al balance escurrimiento superficial infiltración, siendo esta última abundante cuando se trata de lluvias en estación seca.

c 4) Variaciones en la repartición de la lluvia en la estación lluviosa: Esta repartición ofrece mucha variación interanual. Más o menos un 30% de los años estudiados presentan mayor pluviosidad en junio, un 30 en julio, un 20 en mayo y un 20 en agosto. Los records de más de 100 mm. están en mayo con 50%, julio con 25 y agosto con 25% de los casos. En ciertos años, alguno de estos meses no presenta lluvia, pero junio siempre presentó en 10 años. Se puede decir además que *en junio la variabilidad es menor que en los otros meses lluviosos* y que hay mayor constancia en la lluvia interanualmente. En cambio, *el comportamiento más anárquico parece presentarlo mayo*, con precipitaciones tan dispares como 0,5 ó 128 mm.

Esta concentración mensual diferencial en la precipitación invernal trae también un comportamiento diferencial de la degradación específica, dadas las diferentes condiciones de humefacción con que son hallados los terrenos por las lluvias.

d) La evaluación de la aridez. De acuerdo con los mapas trazados por SCHNEIDER (1969), aplicando el índice de DE MARTONNE (en SCHNEIDER) el área de estudio está en el límite entre el desierto y el semiárido; con el índice de THORNTWHAITE (en SCHNEIDER), en el dominio semiárido, pero junto al límite con el árido; con el índice pluviotérmico de EMBERGER (en SCHNEIDER) aparece una gradación de la aridez creciente hacia el interior.

Junto con estas determinaciones cuantitativas, se puede hacer otras cualitativas, basándose en los siguientes criterios:

d 1) Algunas plantas indicadoras desde el punto de vista fitogeográfico: Dos especies de *Cereus*, abundantes en la región y especialmente abundantes en las vertientes de exposición norte, y *Acacia caven*, de distribución muy generalizada, dan cuenta de los 9 meses secos. Otras, como *Litrea*, *Quillaja* y *Peumus*, dan cuenta de los 3 meses húmedos. Ellos se ubican en las vertientes de exposición sur, en los fondos de valles y en las quebradas.

Esto demuestra que la aridez tiene una microrepartición que hay que destacar frente a las determinaciones abstractas. *Notorias diferencias de exposición y de posición geomorfológica han sido encontradas con el relevamiento*

fitosociológico y el levantamiento geomorfológico detallado.

d2) El desarrollo de regueras paralelas poco profundas: Al parecer, esto no sólo revela la existencia de un substrato poco impermeable, sino también falta de capacidad disectante en el escurrimiento lineal debida a los bajos caudales acumulados en las vertientes. Prácticamente no hay sistemas dendríticos en las regueras y casi no hay cárcavas (con más de un metro de profundidad).

d3) El desarrollo de glaciés: Ellos tienen el aspecto característico de formas áridas o semiáridas y se detecta que *su funcionamiento continúa en el Actual*, revelando un escurrimiento areolar más o menos pronunciado controlado quizás por la torrencialidad de las avenidas pluviales.

e) Los vientos y la influencia costera. De acuerdo con las recopilaciones de SCHNEIDER (1969), dominan los vientos de componente oeste y con preferencia los del S.W.. Son vientos comunmente débiles con 2 a 4 grados Beaufort. Las calmas pueden llegar a un 20%. Las brisas de mar y tierra son más importantes en el verano, con días despejados. Las primeras adquieren vigor después del mediodía.

Estos vientos comunican hacia el interior las condiciones de humedad del litoral con alrededor de un 75%. Además, la costa tiene nublados frecuentes, preferentemente en las mañanas. Los promedios están por sobre los 5/10, excepto en el verano. El número de días nublados en la costa es alrededor de 100 por año, con máximo en invierno. La nubosidad matinal es transmitida en las mañanas hacia el interior, avanzando hasta Mincha, Tunga y Agua Fría, para retirarse más tarde dejando el día despejado por lo menos en el interior, salvo que se trate de un nublado generalizado. Las nieblas costeras son frecuentes durante todo el año, pero más frecuentemente en invierno, otoño y primavera, en orden de importancia. Como la nubosidad matinal, estas nieblas también penetran por los valles colaborando con una mejor mantención de la vegetación. La humedad atmosférica transmitida desde la costa parece ser muy importante en el grado de perdurabilidad del estrato herbáceo, a juzgar por la persistencia notable de hiervas con flor, muy avanzada la primavera, cuando las lluvias han quedado muy atrás. Por otro lado, las arcillas del material suelto de las vertientes parecen realimentarse diariamente de humedad por la noche y la mañana, aunque el resto del día permanezca despejado.

1.4.2. El hombre como factor morfogenético

La intervención del hombre de las comunidades puede agruparse en tres tipos de actividades: la tala de la vegetación, el pastoreo y los cultivos.

A. La tala de la vegetación. Se pueden distinguir la tala en las montañas y la tala en la terraza alta.

A1. En las montañas: El análisis de las fotografías aéreas permite encontrar una insinuada relación entre la extensión de la degradación de la vegetación y el grado de estrechez del valle (incluyendo el carácter de los fondos de valle). La eliminación de la cubierta natural *tiende a progresar más hacia las divisorias y las altas pendientes en los valles más angostos*. Así ocurre en las cuencas de las quebradas de Las Tasas y de Agua Fría Alta. En cambio, *los matorrales altos parecen conservarse mejor frente a valles amplios, que drenan al valle de*

Atelcura, donde hay más amplios glacis y rellanos a media altura. Lo mismo se observa en las vertientes montañosas que drenan hacia el valle del Choapa, donde la densidad de apotreramiento de montaña no es muy alta. En cambio, el interfluvio entre las quebradas Agua Fría Alta y Las Tasas está apotrerao en todo tipo de posiciones topográficas, abarcando en su parte meridional sectores con casi el 100% de la superficie apotrerao.

A 2. En la terraza alta y en el glacis: En las fotografías aéreas se encuentra que la superficie de la terraza alta y del glacis está frecuentemente apotrerao, pero que a la vez hay espacios muy grandes sin este rasgo. *Parece haber cierta relación entre la densidad del apotreramiento y la proximidad de fondos de valle fértiles.* Donde no hay fondos de valle fértiles puede encontrarse un importante apotreramiento del glacis. Ello es notable especialmente en la parte media del valle de Atelcura y en el sector de Agua Fría Baja. En cambio, donde hay fondos fértiles, la densidad de potreros es sensiblemente más baja, como se revela en la terraza y glacis del Choapa, donde hay sectores sin muestras de potreros en Mincha y en Tunga, con excepción de una parte de la plataforma alta de Mincha Sur. La plataforma y glacis entre Mincha y Tunga y hacia Atelcura esta bastante desprovista de unidades básicas de organización espacial.

Pero la relación antedicha no parece ser la única causa de las diferencias de densidad de organización espacial. Hay *factores edáficos limitantes* como la pedregosidad y rasgos de sedimentación actual y subactual en glacis y deyecciones, que deben hacer difícil el laboreo de la tierra perdiendo los testimonios de arrasamiento de la vegetación. Por lo tanto, *no sólo el diseño de potreros es una guía para detectar la degradación vegetal.* Evidentemente *hay también formas más anárquicas* de destrucción más difíciles de pesquisar. Paralelamente, en la terraza y glacis los potreros no implican necesariamente una degradación importante como la de las vertientes de montaña. Testimonios de antiguos comuneros dan a entender sin embargo que el matorral colonizaba, hace unos 100 años, el glacis de Matancilla. Actualmente quedan como testigos algunos litres aislados y posiblemente algunos espinos (*Litreaea* y *Acacia*). No hay patrón de potreros en esta parte y sin embargo ha habido tala.

Se ve entonces que el grado de desmonte de las vertientes de montaña tiene relación con la amplitud de las terrazas y fondos de valle como habitat. La presión del desmonte está manifestada en un sentido inverso a las disponibilidades en las partes bajas. Esta parece una razonable hipótesis.

Como se dan casos de desmonte con y sin posterior diseño de potreros, se puede concluir en que el diseño de potreros acusa tala con fines agrícolas, mientras que los casos sin diseño de potreros la acusan sólo con fines de consumo de especies. Una de las especies preferidas para este caso ha sido *Acacia caven*, con respecto a la que se detectan áreas de notoria escasez.

B. El pastoreo. La cría de cabras que tradicionalmente han pastado en las vertientes de las montañas, en la terraza alta y sus escarpas, se ha traducido en una reducción de la capacidad protectora del piso herbáceo, mutilado anualmente por los caprinos. Incluso algunas plantas arbustivas palatables han sufrido este desmantelamiento.

De este modo, el pastoreo ha contribuido al lavado superficial de los suelos y a la reptación simple y, finalmente, a la erosión lineal con regueras paralelas.

C. Los cultivos de secano. Como en el caso de la tala de la vegetación, también hay que distinguir entre casos de vertientes de montaña junto a valles sin fondo fértil y casos junto a valles con fondo fértil.

C1) En vertientes de montaña junto a valles sin fondo fértil: Aparece el patrón de apotreramiento altamente denso de las cuencas de Alta Agua Fría y de Las Tasas, sobre todo, el interfluvio entre las dos quebradas. No siempre los espacios desmontados para cultivos tienen aquí formas geométricas definidas, lo que no asegura que algunos de ellos sean potreros vistos en la fotografía. La visita al terreno da a entender que en estos espacios informes hay tanto potreros como espacios abiertos, predominando notoriamente los últimos. Hay potreros en posiciones morfológicas bastante altas. No se sabe atribuirlos a cierto tipo de vertientes según su exposición, pero parece ser, por lo observado en terreno y en las fotos aéreas, que ha habido cierta tendencia a postergar el desmonte de las vertientes de exposición sur, quizás dado el mayor trabajo que ello implica.

C2) En vertientes de montaña junto a valles con fondo fértil: Resalta a la vista la menor densidad de apotreramiento e incluso de espacios talados abiertos. Los fenómenos tienden a ser de un mismo tipo que en el caso anterior, pero en menor densidad. La tendencia más baja al cultivo de las montañas parece no sólo explicada por la existencia de fondos de valle fértiles, sino también por la mayor distancia de las vertientes montañosas. En el valle del Choapa, donde esto ocurre, entre la montaña y el fondo de valle media la terraza alta y el glacis, de una anchura superior a los dos km. Por lo tanto, el esfuerzo con los métodos tradicionales se multiplica para el cultivo de la montaña. Se nota aquí una buena dedicación al cultivo intensivo de los fondos fértiles. *La superficie de la terraza alta presenta comunmente poco uso* y el apotreramiento es denso sólo en algunas posiciones morfológicas especiales, comunmente en el glacis y relacionadas con cuencas de recepción locales. La ubicación de las áreas con potreros en estas posiciones no siempre es fácil de explicar, pero en terreno se ha observado *coluvionamiento actual y subactual de materiales finos en el glacis coluvial*, eliminando en parte la pedregosidad de la terraza, factor limitante por excelencia que explica su generalizado abandono como superficie cultivable.

Como casos transicionales entre C1 y C2 está el interfluvio entre los valles de Matancilla y de Atelcura. Sus vertientes de montaña correspondientes tienen sin embargo un patrón de deforestación alto. El fondo fértil más importante es el de Atelcura. La terraza es angosta y generalmente cubierta por el glacis. Hay presión cultivadora primero sobre el glacis y después sobre la montaña en Atelcura. En Matancilla, el glacis es de funcionamiento más reciente y abandonado en lo referente a cultivos. La presión se detecta sólo en la montaña.

Por consiguiente, también, como en el caso de los desmontes, la densidad de superficies cultivadas tiene relación con la amplitud de las terrazas y fondos de valle como habitat. *La presión agrícola sobre las montañas y demás vertientes abruptas está manifestada en un sentido inverso a las disponibilidades en las partes bajas. Esta relación puede ser usada como hipótesis para explicar el monto del deterioro.*

1.5. Métodos

1.5.1. De gabinete

A. La selección del área de estudio: Los criterios manejados para elegir el

área de estudio fueron los siguientes: buen grado de representatividad (buena muestra) de condiciones típicas; cobertura aerofotográfica total; existencia de la carta al 50.000; acceso relativamente fácil; un mínimo de recursos logísticos y comunicaciones fáciles dentro del área.

B. Tamaño del área: Experiencias anteriores han demostrado que, para levantamientos detallados que no requieran operaciones demasiado laboriosas y demorasas, 100 km² pueden levantarse en 10 a 15 días, con 4 grupos de operación que cubren 25 km² cada uno. Por esta razón se fijó un área de 100 km², delimitada en forma estricta conforme al alineamiento de los valles, usándose la cuadrícula U.T.M. de la carta.

C. Preparación de un sistema codificado de información: Se afinó un sistema de notación codificada para llenar una ficha por cada cuadrángulo, usando las rúbricas contempladas en el sistema de la Carta Geomorfológica de Francia (Joly - Tricart), empleando números y a veces letras, conteniendo éstos todos los fenómenos que se encuentran en el cuadrángulo.

D. Análisis de las aerofotos: Permitted separar las principales unidades geomorfológicas, previamente al trabajo de terreno. Un estudio post terreno afinó la representación. Se usó el levantamiento al 70.000 para toda el área y al 30.000 para los valles del Choapa y Atelcura.

E. Análisis de la carta al 50.000: Se hizo conjuntamente con las fotografías aéreas.

1.5.2. De terreno

El levantamiento se hizo cuadrángulo por cuadrángulo, haciendo el recorrido a pie y levantándose aproximadamente 2 a 3 km² por día por parte de cada grupo. Los miembros del equipo levantaron independientemente cuatro variables en mapas apartes, anotando directamente el fenómeno en el mapa y en la ficha, con signos convencionales y notación codificada respectivamente.

Con este sistema fueron levantadas las siguientes cuatro variables: contexto estructural y litología, formaciones superficiales, vertientes y procesos fluviales. Además del dibujo en el mapa, se llenó una ficha por cada variable en cada cuadrángulo.

Durante esta etapa, no se hizo determinaciones sistemáticas de terreno para la notación de texturas y eso se dejó para una visita especial con ese objeto, para tomar muestras bien elegidas y hacer los análisis de laboratorio respectivos.

1.5.3. Confección de la maqueta de la carta geomorfológica

De las distintas variables mapeadas en terreno, sólo fueron llevadas a la carta las formas ligadas a las vertientes y las fluviales. Del contexto estructural sólo fueron seleccionadas las formas debidas a él. La litología y las formaciones superficiales se entienden como objeto de sendas cartas diferentes. La maqueta fué hecha directamente en colores, usando tintas chinas sobre una fotocopia de la hoja topográfica y empleando las convenciones de la Carta Geomorfológica de Francia (CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 1970), pero con algunas modificaciones. El contexto estructural y sus formas fué puesto en bermellón; las acciones y formas fluviales en rosado fuccia si son del Ter-

ciario Superior y en verde si son del Cuaternario; las formas y procesos coluviales (vertientes) ligados al dominio subtropical seco, en naranja; la topografía, en negro; y el drenaje, en azul. Los verdes fueron gradados en verde nilo, para el Cuaternario Antiguo y en esmeralda, para el Reciente y Actual.

Como ayuda morfométrica se agregó a la carta una escala gráfica de pendientes, para ser usada con las curvas de nivel.

Las cartas litológica y de formaciones superficiales no son mostradas en este trabajo.

1.5.4. Edad relativa de las formas y de la morfogénesis

Fué obtenida por inter y extrapolaciones, haciendo una estratigrafía de las formaciones correlativas y comparando los resultados con los obtenidos por otros investigadores (ver citas y referencias).

2. EL CONTEXTO ESTRUCTURAL

2.1. El tipo de región estructural

El levantamiento muestra tres grandes tipos de rocas en el área: en la parte occidental y sudoccidental afloran esquistos en Mincha Norte y Sur; en los flancos del valle del Choapa hacia el Oriente afloran rocas graníticas en Mincha y en Tunga, notándose también en la vertiente occidental de la cuenca de Agua Fría Alta (puede ser que los afloramientos graníticos sean los más generalizados); finalmente, en la parte nororiental del área, a partir de la quebrada de Agua Fría, y en las cuencas de Matancilla - Las Tasas y de Atelcura, afloran fases extrusivas correspondientes a rocas claras, posiblemente queratófiros o riolitas, y a andesitas o traquiandesitas.

De acuerdo con el Mapa Geológico de Chile al millonésimo (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS, 1968), las dos primeras unidades litológicas son del Paleozoico. La tercera debe estar relacionada con el contacto con las rocas graníticas del Cretáceo, más al Oriente.

Por consiguiente, deben definirse aquí dos regiones estructurales:

A. El zócalo costero, con rocas metamorizadas paleozoicas asociadas a las instrucciones antiguas.

B. El batolito costero, que posiblemente esta dividido en dos: una parte paleozoica y otra mesozoica. Las fases extrusivas deben estar ligadas a este último. La serie de barras de basálto porfírico aflorando en el área granítica entre Atelcura y Mincha y en la parte alta de la cuenca de Agua Fría, muestran la relación de fases extrusivas con los granitos. La diferencia de comportamiento morfológico en el modelado general no es mucha entre las rocas propiamente graníticas y las fases extrusivas, razón por la que no se distingue una tercera región estructural representada dentro del área.

Entre las dos unidades, predomina ampliamente el batolito costero.

2.2. La litología

Dos variables al respecto fueron observadas en terreno: el tipo de roca y su grado de cohesión.

2.2.1. Tipos de rocas fundamentales

En los restos del zócalo aparecen esquistos poco metamórficos en el W hasta prácticamente Tunga Sur. Esta situación afecta principalmente a Mincha en las vertientes del valle del Choapa.

Las *rocas graníticas* del batolito dominan ampliamente en las vertientes del Choapa de la comunidad de Tunga. Afloran también al W de Mincha Norte, en Barrancas e Higuierilla y Las Paredes y en Agua Fría Alta (Vertiente Occidental del Valle).

Las *extrusivas*, que varían de riolitas a andesitas, aparecen en Alta Agua Fría, Las Tasas, Agua Fría Baja, La Leona, Cabra Corral, La Capilla y Atelcura, alcanzando la parte norte de Tunga Norte. La mayor parte de estas rocas son de carácter más bien ácido. Las medias de tipo andesítico sólo aparecen frente a quebrada de Matancilla entre Quebrada de Las Tasas y de Agua Fría Alta, especialmente a la salida de la primera, y en Tunga Norte hacia el interfluvio con la quebrada de Atelcura.

2.2.2. Cohesión

Para determinarla se usó la escala de cohesiones Joly - Tricart (Carta Geomorfológica de Francia), con 5 grados de cohesión según el comportamiento de la roca ante el impacto de la mano o del martillo. Se tomó en cuenta la roca por debajo de las formaciones superficiales que implican descomposición y cuando ella sólo está sometida a algunas alteraciones físicas y químicas menores.

Los esquistos aparecen como rocas coherentes, pero recorridas por planos de discontinuidad numerosos, tanto diaclasas como planos de estratificación. Por lo tanto, tienen grado 4: roca bastante resistente.

Las rocas graníticas fueron más difíciles de determinar por su gran tendencia a la alteración en profundidad. Comúnmente aparecen como rocas coherentes, pero recorridas por planos de diaclasas. Luego, predomina también el grado 4 (roca bastante resistente), pero también se hallan casos en que la roca se quiebra fácilmente con el martillo (no así con la mano) y muy fisuradas (grado 3, roca poco resistente), como también (excepcionalmente) rocas duras al martillo y poco fisuradas (roca masiva, grado 5).

Las extrusivas aparecen con cohesión 3 a 4, pero más frecuentemente 4, coherentes y diaclasadas, con leve descomposición pero no fáciles de quebrar con el martillo. Al parecer las medias tienden a presentarse algo más cohesionadas que las ácidas, a juzgar por el comportamiento de los filones.

2.2.3. Los depósitos detríticos

A. *En la terraza alta, los pequeños glacis y los conos*: Se trata de cantos rodados con matriz fina de arena, limo y arcilla. Los materiales de la terraza

alta son alterados y redondeados. Los de los glaciares y conos, más frescos y subangulosos.

B. *En la terraza baja y en el lecho*: Se trata de rodados y arenas. Los rodados son redondeados. Las partes cultivables de la terraza baja son arenas limosas.

2.2.4. Cohesión

Las cohesiones de la terraza alta y del glaciar en sus materiales son muy parecidas. Presentan cohesión 2 (roca muy friable), o sea, muy debilmente consolidada, pudiendo tomarse muestras con la mano fácilmente.

También son parecidas las cohesiones de la terraza baja y del lecho, que presentan cohesión 1 (roca móvil), donde los cantos pueden ser extraídos con la mano, sin ninguna consolidación importante.

2.2.5. Influencia de las rocas en el modelado

De las rocas fundamentales, las graníticas y las extrusivas presentan diferencias tan leves de modelado, que casi no es posible captarlas en terreno. Ambas tienden a presentar vertientes convexo cóncavas. Ello se debe a que, a pesar de su diferencia textural, no poseen substancialmente diferencia estructural. La diferencia se extrae más bien del drenaje en la fotografía aérea. Mientras el drenaje de las graníticas es francamente dendrítico, el de las extrusivas es dendrítico rectangular, y a veces rectangular, posiblemente por razones tectónicas.

Los esquistos parecen separarse más del resto, dando vertientes menos convexas y un drenaje dendrítico-rectangular.

2.3. Tectónica

En esta área no es nítido que el contacto entre el zócalo y el batolito sea por tectónica de fallas, como se desprende del Mapa Geológico de Chile. THOMAS (1967) indica más al Norte este contacto por falla. En caso de existir este contacto en el Choapa inferior, él es muy complicado. Los lineamientos comunmente no coinciden con notorias zonas de contacto.

El sistema de lineamientos consulta por lo menos cuatro juegos principales de fracturas: a) Aproximadamente NW - SE, o sea la dirección del valle del Choapa y el estero Millahue. Ambas líneas atraviesan las rocas del batolito y del zócalo indistintamente. b) E - W, representado espléndidamente por el valle de Atelcura, que es muy rectilíneo. En parte hace juego con él la parte superior del valle de Matancilla y las partes inferiores del Choapa, de la quebrada de Pangué y del estero de Millahue. c) Sensiblemente NE - SW, que aparece como un juego discontinuo de lineamiento en Matancilla y Agua Fría Baja y al Sur del Millahue, fuera del área. Pueden hacer juego con estas líneas algunos colectores norte del Atelcura y del Choapa. Tampoco aquí hay separaciones litológicas notables. d) N - S, donde hacen juego las quebradas de Agua Fría Alta y de Las Tasas colectores sur del Atelcura y del Choapa (y algunos norte).

Estas características se notan en los colectores principales. *Los colectores secundarios* comunmente no muestran lineamientos claros sobre las rocas gra-

níticas. Con más claridad los muestran las extrusivas de la parte NE, con juegos NE - SW y N - S. A esta escala, *los lineamientos pueden estar en relación con los principales sistemas de diaclasas detectados en las vertientes.*

3. CONTEXTO MORFOGENETICO

3.1. Sistemas morfogénéticos

Se emplea la expresión "sistemas morfogénéticos" en plural, porque la evolución del paisaje en el área no es producto del sistema morfogénético actual.

La terraza alta, antigua, muestra ser producto de un clima más húmedo, después del cual han mediado períodos importantes de alteración con mayores temperaturas y quizás, humedad suficiente. También el glacis refleja una edad húmeda posterior. Por consiguiente, los paleoclimas se han sucedido generando sistemas morfogénéticos distintos al actual.

En vista de esto, el sistema morfogénético actual será aplicado estrictamente a los procesos actuales. El corresponde al *dominio subtropical seco con variedad semi-árida*, como se desprende de las determinaciones climáticas y de los procesos que más adelante serán conocidos.

3.2. Cuestiones relacionadas con la edad

La detección de más de un sistema morfogénético en la evolución de estos paisajes, permite establecer diferentes edades. Empleando la nomenclatura para el Cenozoico Superior se usa: Q1 (Pleistoceno Antiguo), Q2 (Pleistoceno Medio), Q3 (Pleistoceno Superior) y Q4 (Holoceno); N1 y N2 (Neógeno: Mio y Plioceno) (GELLERT, 1967). No se mantiene la numeración inversa propuesta para la carta geomorfológica de Francia, porque se estima que ese es un buen uso sólo para formas no correlacionadas geocronológicamente.

En este estudio se *aplica la expresión "formaciones superficiales" estrictamente a los mantos de alteración in situ* y a cualquier producto del mismo origen, no movilizado. Los materiales movilizados en la vertiente serán tomados en cuenta sencillamente como materiales coluviales asociados a la morfología de las vertientes.

4. FORMACIONES SUPERFICIALES

Las formaciones superficiales fueron estudiadas de acuerdo con cuatro variables: el proceso de preparación del material, la granulometría, la consolidación y el espesor.

4.1. Origen del material y proceso de preparación

Los materiales fueron clasificados de acuerdo con el proceso de meteorización y el aspecto de los materiales resultantes, distinción difícil de realizar, porque es frecuente que en un mismo caso de alteración intervengan dos o más procesos dando aspectos combinados al regolito. En vista de esto, *se resolvió mapear sólo el proceso de preparación más relevante por su trascendencia morfogénica*

en la alteración de determinado substrato rocoso. Por ejemplo, los regolitos graníticos presentan notoriamente arenización, pero también formaciones residuales: se optó por la arenización.

De esta manera, las rocas graníticas presentan comunmente arenización. En los filones extrusivos (comunmente afaníticos) y en las vertientes de estas mismas rocas, se ve una tendencia a la fragmentación mecánica. La proporción de arcilla y de lino puede ser importante. Por lo tanto, las formaciones residuales aquí se agregan a la arenización.

En la terraza alta, los cantos rodados y la matriz fina están profundamente alterados en grado avanzado de descomposición. Se estima entonces que lo esencial en la terraza es la existencia de formaciones residuales. El glacis, más reciente, está notoriamente menos alterado en su cuerpo y las arcillas que posee son seguramente transportadas desde las laderas. En sus clastos se observa cierta fragmentación mecánica.

4.2. Granulometría

En la etapa de levantamiento de las diferentes variables no se hizo texturación sistemática de terreno ni análisis granulométrico de laboratorio, porque es precisamente el levantamiento general el que hace posible determinar las muestras, después de un cuidadoso análisis de sitios y su consecuente selección, todo lo cual es un trabajo largo que debe ser realizado aparte.

En consecuencia, en esta etapa sólo se dan a conocer algunas apreciaciones cualitativas sobre la o las fracciones más representativas de los regolitos. *Se entiende aquí por fracción más representativa aquella que más típicamente resulta de cierto proceso de preparación.*

En las rocas graníticas resultan como representativas las arenas del maicillo. Se agregan en segundo lugar algunos caos de bloques ligados a chicotes rocosos, pero incidentales y aislados en las vertientes.

La fragmentación mecánica observada en las rocas extrusivas da en las vertientes ripios y gravas y a veces bloques. Poco o nada se sabe sobre la naturaleza e importancia de la matriz de estos regolitos, a no ser por la naturaleza de los horizontes pedológicos.

La terraza antigua tiene como producto más representativo de alteración la arcilla, mezclada con mucho limo y arena.

Es muy difícil establecer el producto de alteración del glacis y esta es una labor todavía pendiente.

4.3. La consolidación

Se distinguió en terreno dos variables de la consolidación: su modo de ocurrencia y la naturaleza del cemento.

A. Modo de ocurrencia: para establecerlo, se utilizó una escala con 6 grados, basada en los grados de generalidad, de compactación y de profundidad de la consolidación. El grado 1 corresponde a la consolidación superficial débil, nodular, y el grado 6, a la consolidación generalizada.

Por aflorar en la superficie el regolito y no la roca sana, tanto en las rocas intrusivas como en las extrusivas, apareció en general consolidación grado 1, con enriquecimientos por precipitación. La masa regolítica se puede manipular fácilmente con la mano y es totalmente destruible con el cortaplumas, pudiendo existir algunos nódulos de concentración de óxidos..

La terraza alta y el glacis también presentaron un modo de ocurrencia grado 1.

B. Naturaleza del cemento: tanto en los regolitos de rocas duras como en los depósitos detríticos, el cemento resultó ser ferruginoso.

4.4. El espesor

Se trabajó en terreno con 3 rangos de espesor: 0-25, 25-75 y más de 75 cm. Se pudo hacer una buena determinación sólo en las vertientes con regolitos en rocas duras. Sobre las formaciones detríticas no se obtuvo buenos resultados, dada la naturaleza de la alteración en relación con la formación misma.

Las vertientes están prácticamente todas en el rango 3, con más de 75 cm. de espesor.

4.5. Morfoscopía

Se carece todavía de información sobre la morfoscopía de los productos de alteración. El muestreo sistemático para granulometría será también aprovechado en este aspecto.

5. MORFOLOGIA DE LAS VERTIENTES

Con respecto a este tema, se obtuvo observaciones y el consiguiente mapeo y notación codificada de los siguientes aspectos: derrubios de gravedad, movimientos en masa, procesos relacionados con el escurrimiento difuso, procesos y formas relacionadas con el escurrimiento concentrado, morfografía de las vertientes, los glacis, las superficies planas y los relieves residuales subordinados.

5.1. Derrubios de gravedad

Los fenómenos de gravedad fueron detectados no precisamente en los valles más estrechos, sino en los más abiertos, pero en aquellas vertientes relacionadas con orillas de choque fluviales, ya sea escarpas montañosas, como en el valle de Matancilla o escarpas de terraza como en el valle del Choapa. En otras posiciones morfológicas estos fenómenos son escasos o inexistentes.

En la vertiente de exposición sur del valle de Matancilla, la vertiente de rocas volcánicas es abrupta hacia la base por socavamiento fluvial, creando pendientes superiores a los 30° y fácilmente de 45°. Clastos sin matriz constituyen el cuerpo de los escombros. Se combina la gravedad pura con la gravedad asistida por escurrimiento como procesos.

En las vertientes del valle del Choapa también se combinan los mismos procesos, pero las más afectadas son las escarpas de terraza.

5.2. Movimientos en masa

A. Reptación: Estos movimientos son poco notorios en el área como mecanismo actual. No hay buenos cortes como para detectar su importancia en el Cuaternario. Como mecanismo actual, ha sido mapeada una reptación simple muy generalizada en las vertientes de montaña desmontadas o cultivadas. El tipo de reptación mapeado corresponde a un movimiento muy superficial en la capa trabajada.

B. Cortes de cuchara: Son escasos. Existen en la vertiente de exposición norte del valle de Matancilla, sin ser demasiado nítidos. El material regolítico se muestra al descubierto y aguas abajo se presenta un corredor de detritos coluviales, organizado en un sector deprimido.

C. Terracetos: También son escasos. Fueron encontradas en Agua Fría Alta y en Matancilla, en regolitos de vertientes de roca dura, quizás con una matriz arcillosa importante. Existen en vertientes abruptas y su relación con el pastoreo es clara. Son panes discontinuos de algunos decímetros de ancho, así como de alto, y siguiendo algunos metros de largo. Se encontraron en vertientes de exposición sur y sureste.

D. Corrientes barroas: Fué bastante inesperado su hallazgo. Existen en la vertiente de exposición sureste entre Agua Fría Alta y Agua Fría Baja. El substrato regolítico es notoriamente arcilloso y con gran cantidad de clastos angulosos de rocas extrusivas. El fenómeno se desarrolla en pendientes del orden de los 35° a partir de un nicho en forma de corte de cuchara que constituye una concavidad, a partir de la cual se organiza aguas abajo el sistema de cojinetes con arcilla que deja hacia el centro un corredor de clastos. También el fenómeno aparece en una vertiente granítica de exposición norte en el valle del Choapa. En ambos casos debe tratarse de una ruptura de equilibrio en la dinámica de la vertiente, al parecer desencadenada por influencia antrópica.

5.3. Procesos relacionados con el escurrimiento difuso

Estos procesos están representados por el descabezamiento de suelos y la acumulación coluvial.

A. Descabezamientos: Ellos son muy notorios e importantes en el área en aquellas partes que han sido intensamente cultivadas, taladas o pastoreadas. El residuo superficial depende de la naturaleza de las rocas del substrato. Sobre regolitos de rocas extrusivas y en las superficies de la terraza alta inclinadas, el descabezamiento es con pavimento de clastos coluviales o de detritos de la terraza respectivamente. Sobre regolitos graníticos el pavimento es más escaso. En ambos casos, el descabezamiento es acompañado comunmente de un cambio de color en la vertiente (frecuentemente rubefacción).

B. Acumulación coluvial de base: Estas acumulaciones existen como una respuesta al proceso de lavado superficial que ha provocado el pavimento. Ellas fueron mapeadas sólo cuando existe un glacis coluvial bien conformado, pero forman de todas maneras una notoria concavidad basal. Al material fino se agrega una cierta proporción de clastos coluviales. En los otros casos, la notación es eliminada por la de glacis coluvial.

5.4. Procesos y formas relacionados con el escurrimiento concentrado

A. Formas de erosión: En terreno fueron *distinguidas las cárcavas de las regueras*, entendiéndose por cárcavas aquellas que tienen más de 1 m. de profundidad y por regueras, las con menos de 1 m. Las cárcavas son escasas. Invariablemente están ubicadas en cuencas de quebradas que sobrepasan la extensión de la cárcava. No se ven cárcavas aisladas en divisorias como en otras regiones. Al contrario, la cárcava puede ser el talweg receptor de las regueras. Pero en la terraza del Choapa, las cárcavas se organizan en las cabeceras de cuencas y en la berma de la terraza. Entonces, se puede distinguir tres casos de cárcavas: a) *Cárcavas que ocupan la cabecera de la cuenca*, frecuentemente coincidiendo con la berma de la terraza; b) *Cárcavas que se confunden con una quebrada*, más o menos rectilíneas; c) *Cárcavas que constituyen el colector de más avanzado orden dentro de su cuenca parcial*. Ejemplos del primero y segundo caso hay en el valle del Choapa. Ejemplos del tercer caso hay en Agua Fría Alta y en el curso inferior del valle de Atelcura. Estos rasgos filogenéticos no aparecían tan nítidos en trabajos anteriores (ARAYA-VERGARA, 1966).

Frente a la escasez de cárcavas hay una gran abundancia de regueras, que tienen generalmente un patrón de drenaje paralelo, con zanjas de muy poca profundidad. Por lo menos en la parte norte del área, se ubican preferentemente en las vertientes de exposición norte. En los valles de Atelcura y del Choapa esta tendencia no es bien clara. El paralelismo y la poca profundidad, reflejan que la formación superficial es poco impermeable. Llama la atención que comúnmente estas formas se extiendan entre la media vertiente y la concavidad basal en vertientes convexo cóncavas. Posiblemente, el hecho de que una buena parte de la vertiente que ocupan sea de tendencia cóncava, influye en la poca incisión lineal de la reguera. Su ubicación está indicando que la posición crítica del umbral de concentración de la energía erosiva está en media vertiente, al aproximarse el comienzo de la concavidad basal. El papel de estas formas en la sedimentación es claro, a juzgar por los resultados de su mapeo en relación con otras formas, porque sus sistemas pueden desembocar directamente en quebradas laterales, en conos laterales, en concavidades basales simples o en el glacis. Sólo en el primer caso alimentan con seguridad a los talwegs. En los restantes, sus sedimentos progradan las formas indicadas dando como resultado una capa de arenas, arcillas y limos que se detectan en la superficie, asegurando el funcionamiento actual tanto de las formas de erosión como de las de deposición nombradas.

Las regueras coexisten comúnmente con los sectores en proceso de descabezamiento, de lo que se deduce que hay una relación genética entre ambos procesos. Esta relación no es tan clara en el caso de las cárcavas, asociadas a microcuencas. A su vez, la ubicación de las regueras en superficies de descabezamiento coincide con áreas que han sido cultivadas o dedicadas al pastoreo

B. Frecuencia de las regueras y cárcavas: En la parte norte (cuenca de Matancilla, Agua Fría y Las Tasas) las regueras importantes llegan a una frecuencia máxima de 16/km², pero frecuentemente no pasan de unas pocas. Se observa que *las cifras máximas están en cuadrángulos de predominante exposición norte*. Las cárcavas existentes en un 8% de los cuadrángulos, aparecen con una frecuencia máxima de 2 por km². En el valle de Atelcura, la frecuencia de regueras es menor, pero aumenta levemente la de cárcavas. Los máximos llegan a 5 regueras importantes por km², pero comúnmente los valores son de 1 ó 2. Casi el 20% de los cuadrángulos tiene cárcavas en número de 1 o 2. La relación entre la repartición y la exposición aquí es menos clara. En el valle del Choapa, sector Mincha, como máximo se ven unas 6 regueras por km². Hay un número ma-

yor de cárcavas: hasta 4/km². *El 40% de los cuadrángulos tiene cárcavas.* La relación de las regueras con la exposición no parece muy clara, pero *las cárcavas están ubicadas preferentemente en exposición norte.* En el sector de Tunga el máximo de frecuencia de regueras está en 20/km², pero los valores comunes no pasan de 2 o 3, sin clara relación con la exposición. Las cárcavas están entre el 10 y el 15% de los cuadrángulos con una frecuencia máxima de 4/km². Casi exclusivamente se ubican en exposición norte.

C. Conos de deyección laterales: Los conos nítidamente distinguibles del glacis son relativamente pocos. En la parte norte, hay tres notorios en la quebrada de Las Tasas con apariencia torrencial. En la quebrada de Atelcura, están demasiado integrados en un glacis. En el valle del Choapa, son consecuentes a la disección de la terraza alta y alimentados por las quebradas disectantes, desarrollándose por consiguiente al pie de la escarpa de esta terraza. Son poco desarrollados y de una edad seguramente más reciente, fosilizando sólo posiblemente a la terraza baja.

Los conos laterales a la quebrada de Las Tasas, tienen abundantes bloques y están diseccionados. Los bloques son subangulosos y de naturaleza extrusiva, de tipo andesítico, tanto afaníticos como porfíricos. La matriz fina tiende a ser areno-limosa, notándose cuerpos con arcilla. La superficie del cono es accidentada. La pedregosidad superficial y lo accidentado de su superficie son factores limitantes para la ocupación de estos conos.

5.5. Morfografía de las vertientes

Las vertientes que miran hacia los valles principales son predominantemente convexo-cóncavas, en el sentido de mostrar una convexidad superior, una transición media y una concavidad basal. Los resultados del mapeo de terreno muestran que *en la convexidad superior predomina la erosión difusa* (reptación simple, levigación), *en la transición media, la erosión concentrada en regueras paralelas,* y *en la concavidad basal, la acumulación coluvial.* Comúnmente, esta concavidad basal se confunde con un glacis coluvial.

La vertientes de las quebradas laterales son preferentemente convexas. Si en ellas hay erosión lineal, se ubica entre la parte media y la base.

Suelen aparecer también vertientes con rellanos, en donde los rellanos dinámicos se combinan con rellanos estructurales debidos a peldaños rocosos producidos por pequeñas barras o por filones. Esto ocurre en el valle de Agua Fría. Resaltan en este tipo de vertientes las formas de erosión diferencial, como los chicotes rocosos y los caos de bloques, algunos de naturaleza banal.

5.6. Los glacis

Estas formas ocupan una importante parte del área mapeada. Son uno de los tres elementos morfológicos principales de los valles. Se nota sólo una generación de glacis que fosiliza la superficie de la terraza antigua en su parte inferior (más cercana a la montaña).

La superficie del glacis es parecida a la de los conos de deyección: pedregosa y con una pendiente leve (siempre menor a 10°). El tamaño de los materiales gruesos parece ser menor que en los conos. Hay menos abundancia de bloques. En la matriz fina, la arcilla juega un papel más importante que en aquellos,

acompañada de porciones notorias de limos. Pero esta matriz sigue siendo sobre todo arenosa.

Los materiales del glacis son capaces de contener napas de agua subterránea, ya sea en el contacto con los materiales de la terraza antigua o con la roca fundamental. En el valle de Matancilla en nivel freático está a una profundidad de 9 m., siendo extraída el agua con molino de viento. Ello demuestra que estos materiales se manifiestan como buenos acuíferos.

Siendo fundamentalmente paleogeográfico, el glacis también tiene funcionamiento actual con acumulación de materiales finos con limos y arcillas en los niveles de colmatación no disectados. Esto da en la superficie bastante matriz fina y ciertas posibilidades de acondicionamiento.

Algunas de las observaciones parecen sugerir que en la parte superior el glacis pudo haber estado sometido a procesos de descabezamiento, pero más acuciosas observaciones son necesarias para asegurar esto. En sus partes más anchas tiene más de un kilómetro de ancho. Es muy importante en la vertiente de exposición norte del valle de Matancilla, en la misma exposición para el valle de Atelcura y junto a ambas vertientes del valle del Choapa.

5.7. Superficies planas

Observando la carta geomorfológica de las vertientes, se deduce que las superficies planas se dan en dos casos: en la superficie de la terraza antigua y en los rellanos altos.

A. En la superficie de la terraza antigua: La plataforma de la terraza se presenta como una superficie de aplanamiento neto en el valle del Choapa, entre el reborde de terraza y el límite con el glacis hacia la montaña. Es la plataforma de terraza no fosilizada por el glacis. Comúnmente no alcanza al kilómetro de ancho, pero las partes más anchas tienen más de medio kilómetro. La superficie es casi siempre pedregosa, sin rasgos de fertilidad pedológica, poco usada, pero al parecer acondicionable. Está representada también en los interfluvios entre el Choapa y quebrada de Atelcura y entre ésta y Agua Fría Baja, con las mismas características.

B. En los rellanos altos: En los rellanos más altos que la terraza antigua, elaborados realmente en las vertientes de montaña, entre 50 y 80 m. más alto, están representados rellanos no estructurales, generalmente netos. En algunos casos son enigmáticos. Su presencia es importante, porque interrumpe los procesos de reptación y el lavaje superficial muy generalizados. En algunos casos ellos han sido desmantelados y apotreros. El mapa de las vertientes los muestra nítidamente y se aprecia su tipo de vecindad con determinados procesos morfogénicos.

5.8. Relieves residuales subordinados

Sólo destacan en las vertientes los caos de bloques, especialmente asociados a las bermas. Ellos son abundantes en las partes altas, tanto en las vertientes graníticas como extrusivas. No ocupan, sin embargo, mucho terreno y no parecen ser un factor limitante para el acondicionamiento. Se trata de cubiertas desordenadas que provocan salientes en la vertiente con bloques generalmente redondeados cuando son graníticos.

6. MORFOLOGIA FLUVIAL

6.1. Tipos de lechos

A. Los lechos rocosos: Se encuentran comunmente en las quebradas laterales y no en los talwegs principales. El fenómeno va unido al *socavamiento de la roca in situ*. Es frecuente encontrar en el talweg de estas quebradas bermas convexas productoras de *cascadas* durante las épocas de escurrimiento, como lo revelan algunas marmitas encontradas en estos talwegs.

Los talwegs principales sólo presentan lechos rocosos excepcionalmente y en aquellos sectores de gargantas y en el taxón correspondiente a *bancos rocosos*, o sea, afloramientos rocosos localizados entre sectores de fondo aluvial. La garganta que está entre Mincha y Tunga los presenta, alternando con el socavamiento lateral de la roca in situ, hacia Tunga.

B. Los lechos móviles: Sus tipos están *repartidos preferentemente de acuerdo con la jerarquía del valle*. En las quebradas afluentes importantes, como Las Tasas, Agua Fría Alta, Marancilla y Atelcura, el cauce tiende a ser más *unificado*, con *lechos generalmente calibrados*. O sea, su ancho permanece groseramente constante. Pueden representar *bancos aluviales*, notablemente en las sinuosidades (*bancos laterales* en orillas convexas). Generalmente no tienen bancos medianos. En la quebrada de Marancilla se presentan *algunos canales anastomosados* que funcionan en aguas medias. La quebrada de Las Tasas posee pequeños bancos laterales. Estos últimos se desarrollan mejor donde la quebrada entra en garganta, como sucede en la quebrada de Atelcura antes de confluír con el Choapa, o en Agua Fría Baja, donde pequeños bancos medianos alternan con el socavamiento de la roca in situ.

En el talweg del río principal, en cambio, no hay tendencia importante a la calibración. Se presentan muchos *lechos irregulares*. Su ancho puede variar rápidamente en poca distancia. Tres casos se presentan en Tunga y Mincha:

a) *Meandros encajados con bancos medianos y laterales* en el sector de Santa Juana, o sea, causando difluencia frente al meandro o ubicándose en la orilla convexa respectivamente.

b) *Canales anastomosados en los fondos planos de Tunga y Mincha, con bancos medianos y laterales.* Los más abundantes son los bancos medianos. Los laterales pueden estar adosados tanto a la terraza antigua como a la terraza baja reciente. Esta última suele tener el aspecto de un banco lateral u orilla de resbalamiento paleogeográfica, de modo que la transición entre ella y el lecho mayor actual no siempre es morfológicamente nítida a no ser por los cultivos en la primavera. A la inversa, hay casos en que se cultiva el lecho mayor actual en las partes correspondientes al lecho mayor episódico. El hecho de que una superficie de riego cultivable pueda ser inundada y remodelada por las aguas de crecidas episódicas es un factor limitante, porque por una parte son socavados potenciales horizontes cultivables y por otra, cubiertos estos mismos horizontes por un manto inorgánico que les quita fertilidad.

c) *Garganta con algunos meandros encajados* entre Tunga y Mincha. El cuerpo de agua tiende a meandrar controlado lateralmente por el ancho de la garganta. Existen pues bancos laterales estrechos y algunos bancos medianos en las partes de meandros encajados. Aquí, el río en las crecidas llena fácilmente la caja. Esta situación de bancos laterales puede alternar con bancos

rocosos y socavamiento lateral de la roca in situ. Una garganta similar hay también aguas abajo de Mincha.

Los casos presentados son bien característicos del curso inferior del río Choapa y tienden a presentarse de manera menos nítida en los valles afluentes.

6.2. Llanos aluviales laterales de acumulación

Esencialmente se tienen aquí pequeños conos de deyección laterales. Estos se encuentran en dos posiciones geomorfológicas distintas:

A. *En valles afluentes principales*, específicamente en Las Tasas y Atelcura, donde un glacis fosiliza la terraza antigua - que en estos casos es muy baja - los conos tienden a confundirse con el glacis, aunque muestran una morfogénesis superficial más reciente. Además, su superficie es más rugosa y su aspecto, más torrencial. Así como el glacis, estos conos fosilizan muy discordantemente a la terraza antigua. Tienen importancia areal en los dos valles citados. Su superficie es bastante pedregosa, abarcando alrededor de 1 km².

B. *En el valle del Choapa*, en cambio, los conos son más pequeños y se han formado a expensas de la disección reciente de la terraza antigua, que aquí es muy alta. Se organizan muy levemente al pie de la escarpa de ésta. Unos presentan rasgos de evolución posterior a la terraza baja, pero otros muestran sincronismo morfogenético con ésta. De una manera general, pueden considerarse como prácticamente sincrónicos, habiendo continuado la acumulación en algunos conos posteriormente a la estabilización de la superficie de la terraza baja. Ello es más notorio al pie de la escarpa sur. En otros casos, se prueba contemporaneidad con la génesis del lecho mayor, mostrada por el rechazo de meandros y de canales anastomosados, apareciendo en estos casos los conos confundidos con una orilla de resbamiento o banco lateral, la que puede ser subdividida en bancos intermedios por los canales de desborde y de vaciado durante las crecidas. Los conos más nítidos tienen aspecto caótico. Son más importantes por su significado morfogenético dentro de un contexto más general, que por su tamaño como formas.

6.3. Llanos aluviales longitudinales de acumulación

Las formas asociadas a la acumulación longitudinal no son importantes en los principales afluentes. Sólo en el valle de Atelcura, en los tramos con bancos medianos y laterales mapeables, aparecen *brazos muertos y canales de desborde y vaciado*, que revelan un funcionamiento únicamente en las crecidas.

Mayor riqueza de formas hay en el lecho del valle del Choapa. Los *derrames de desborde* más nítidos y más planimétricamente cónicos están *aguas abajo de las partes estrechas tipo garganta*. Así sucede aguas arriba de Santa Juana, entre Santa Juana y Tunga, y aguas abajo de la garganta que está entre Tunga y Mincha. En todas estas partes, debido a la importancia del derrame de desborde, y a su amplitud lateral, se restringe absoluta o casi absolutamente la posibilidad de existencia de bancos laterales cultivables. En todos estos casos se ve una disminución del anastomosamiento de los canales.

6.4. Formas asociadas a los canales

Destacan también en estos grandes lechos algunas formas asociadas a los

canales. En las áreas más nítidamente de canales anastomosados destacan los *canales de desborde*, pudiendo estar asociados a *diques de desborde*. Pueden terminar a veces en *cubetas asociadas a brazos muertos*. De ellos salen *canales de vaciado sin construcción de diques*, pero con orillas bien marcadas. Los *brazos muertos* son los más fácilmente identificables, separados por un umbral del canal de vaciado y del canal de desborde.

6.5. Formas polifásicas

Estas formas son expresamente las terrazas antigua y reciente. Como su superficie es comunmente detrítica, en el mapa tiende a reconstituirse la parte superior de la acumulación usándose la *noción de superficie de terraplenamiento*, cuando no hay disección importante o nivel de escavación posterior. Es prácticamente como decir *superficie de acumulación intacta o plataforma de terraza intacta*, la que para cada terraza es convenientemente individualizada.

Suele haber muestras de escavación posterior lateral, por ejemplo, por migración de meandros. En este caso, *se usa la noción de escavación en una acumulación*. Dentro de la acumulación, esto corresponde a un rellano dinámico, siempre que corresponda sólo a una parte de toda la forma.

Un nítido *reborde* enmarca la terraza alta, delimitando la extensión de la napa aluvial antigua.

6.6. Bordes de terraza

Para describir los bordes de terraza se usó una escala de cuatro grados, basada en la *pendiente la escarpa* y no en su salto en metros.

En las cuencas de Matancilla - Las Tasas - Agua Fría y Atelcura, los bordes se presentan entre *medios* (45 a 20°) y *suaves* (20 a 5°), con excepcionales *abruptos* (más de 45°) junto a orillas de choque importantes. Más excepcionalmente se presentan *estompados* (menos de 5°).

En el valle del Choapa predominan notoriamente los rebordes medios (45 a 20°) con menos cantidad de suaves (20 a 5°). No es despreciable la presencia de rebordes abruptos, especialmente ligados a las gargantas (más de 45°). Los rebordes estompados carecen de importancia.

El mapeo de estos rasgos da una *noción del grado de enmascaramiento de las terrazas y de la pendiente de las escarpas correspondientes*, pero la distinción no fué hecha en la carta por no permitirlo la escala.

7. DISCUSION

Esta discusión se encaminará a la posibilidad de utilizar esta información científica con fines prácticos, y a la medida en que ella tiende a responder a la cuestión central.

7.1. Utilidad de cada una de las variables

A. La litología: Interesa fundamentalmente desde el punto de vista de la relación entre el tipo de roca y su tipo y grado de alteración. O sea, junto a

ella tienen primera importancia las formaciones superficiales. Sería poco adecuado trabajar con el criterio de la carta geológica, que es fundamentalmente estratigráfico. Por ello tiene enorme importancia el mapeo de la cohesión, no hecho en los trabajos geológicos. La noción que se extraiga de la litología debe poder dar una idea lo más aproximada posible de su influencia en los materiales parentales y su resistencia a la erosión. Por ello, el tipo de roca y la cohesión se pueden presentar traslapadamente en el mapa. De poca utilidad será manejar esta variable de otra manera.

B. Las formaciones superficiales: Como se deriva de lo dicho sobre la litología, los materiales parentales y la aptitud para la erosión no pueden ser comprendidos sin un buen mapeo de las formaciones superficiales. Este mapa es complejo y de difícil realización, especialmente porque hay que enfrentar delicados problemas de muestreo, razón por la que su completación queda sujeta a una campaña de terreno específica para estos fines, respaldada con múltiples análisis de laboratorio.

La restricción del concepto de formación superficial sólo a los productos de alteración *in situ* es debida al deseo de evitar ambigüedades con respecto al cuerpo de formas cuyo taxón está bien especificado, por ejemplo los conos de deyecciones, los materiales de las terrazas o las cubiertas eólicas. En cambio, conservando la restricción antedicha, se puede mapear perfectamente la alteración de los materiales de cada una de estas formas.

La escala de espesores de estas formaciones debiera ser modificada, ya que el rango máximo indica más de 75 cm., cifra quizás buena para Francia, donde la alteración es menos profunda, según comparación de TRICART (1971-1972). En Chile Central y el Norte Chico las alteraciones - sobre todo del granito - alcanzan profundidades de varios metros. Usar los rangos prescritos es en gran parte de los casos igual a no mapear nada. La misma experiencia alcanzó en Brasil el equipo del Instituto de Geografía de la Universidad de Sao Paulo a cargo del profesor Queiroz Neto (1977, comunicación verbal), que ha buscado una solución al problema.

C. Morfología de las vertientes: Esta variable fué una de las dos que presentó menos dificultades en el mapeo. Por lo tanto, se estima que es una de las que presenta en el mapeo información más completa y coherente. Sin embargo, conviene hacer algunos comentarios sobre el grado de exhaustividad en la representación de las formas de erosión lineal (regueras y cárcavas). En el caso de las regueras, la representación no es totalmente exhaustiva, en virtud de su excesivo número por unidad de superficie en algunos casos y por ciertas diferencias de criterio de selección dependientes del operador de terreno. En todo caso, el criterio general fué representar las regueras y cárcavas individualmente, lo que resultó sin mayores inconvenientes para las cárcavas, que son escasas. La escala de la representación conspiró contra los casos de regueras muy abundantes. Sin embargo, parece que en la mayor parte de los casos el número no era tan abundante como para que no se pudiera representar todas y sólo ellos dan cierta margen de confiabilidad para una buena estadística.

Por esta razón, las medidas de frecuencia de la erosión lineal sólo tienen un valor relativo y habría que adoptar algún criterio para darles uno absoluto.

D. Morfología fluvial: Es la otra variable que no presentó dificultades de

mapeo. En lo referente a tipos de lecho y llanos aluviales de acumulación, la bondad de la representación y su utilidad debe medirse de acuerdo con el grado en que ella indique la influencia de la morfogénesis fluvial actual como factor limitante.

En cuanto a las formas polifásicas, el mapa debe poder mostrar el estado de conservación de las superficies fluviales, en relación con las otras variables calculadas sobre ellas.

7.2. El valor del actualismo para algunas paleoformas

En el caso concreto del glacis, es evidente que se trata de una forma elaborada en el Cuaternario, pero cuya agradación continúa en el Actual. Quizás esto se hace más evidente principalmente en su parte proximal. Luego, el glacis debe valorizarse pensando en que tiene funcionamiento actual, como lo muestran los relaves de materiales finos en su superficie cimial de relleno.

Un caso parecido suele ocurrir con la terraza baja, debido a sus relaciones de proximidad con la caja del río, como se mostró a su debido tiempo. Esta situación es tan clara, que los cultivos están insertos sobre un substrato con superficies de excavación en acumulaciones, brazos muertos, etc.

7.3. La edad de la morfogénesis

Hay dos formas claves que permiten iniciar el estudio de la edad relativa de las diferentes generaciones de formas: la terraza alta y la terraza baja.

La terraza alta es homologable sedimentológicamente, por el tipo de alteración de los materiales y su estado, a la terraza alta del Copiapó (TRICART, 1965) y a otras de varios valles del Norte Chico (PASKOFF, 1970). A la profunda alteración de los materiales se agrega una profunda disección posterior al terraplenamiento óptimo, mucho más profunda que los niveles de base actuales, como lo muestra su carácter encajante con respecto a la terraza baja. Las formas deprimidas generadas por esta disección son tan importantes, que separan fundamentalmente las formas del terreno en dos grupos de generaciones muy distintos en edad.

La terraza baja está encajada en la anterior. Sus materiales son más recientes y la superficie de terraplenamiento llega hasta una altura muy baja con respecto al nivel del lecho actual. Pueden también correlacionarse con la terraza baja de otros valles del Norte Chico.

La edad del glacis es posterior a la generación de la terraza alta. Su datación es más difícil. No obstante, por su posición geomorfológica y el estado más fresco de sus materiales, debe ser en parte sincrónico con la morfogénesis del Cuaternario Reciente, pero es probable que en parte provenga del Cuaternario Medio. Este es un caso que merece mayor investigación.

Los conos de deyecciones formados al pié de la escarpa de la terraza alta son obviamente posteriores a esta escarpa.

La alteración fundamental del cuerpo de la terraza alta es anterior al glacis, a juzgar por lo que muestran los cortes en que se ven los dos cuerpos. La

edad de la alteración de las vertientes de montaña es difícil de deducir, por haber estado sometidas éstas a un número mayor de incidencias climáticas.

7.4. Uso de la información codificada para computación (ver Apéndices)

La codificación de la información en terreno se hizo teniendo previamente un enlistado completo de los taxones posibles de aparecer. Para cada una de las grandes variables, estos taxones están agrupados en *términos*, los términos en *casos* y los casos en *taxones*:

1º término: Localización en coordenadas UTM. Por razones obvias, este término va en todas las fichas de cuadrángulos para cada uno de los demás términos. Para economizar espacio de una eventual tarjeta, se mantienen sólo las dos últimas cifras en kilómetros de la abscisa y de la ordenada de la esquina noroeste del cuadrángulo. Luego, se ocupa sólo dos casos, escribiendo únicamente 4 cifras.

2º término: El contexto estructural. Por tener numerosos taxones (66), debe desglosarse en diferentes fichas y en sendas eventuales tarjetas: a) Para los tipos de rocas (caso 2), b) Para el tipo de región estructural y el grado de cohesión (caso 1 y 4), y c) Para la tectónica (caso 5, disposición tectónica local, y caso 6, accidentes tectónicos).

3º término: El contexto morfogénético. En lo referente a las acciones, ellas están enlistadas en el 5º término bajo los nombres de vertientes y de procesos fluviales. Los dominios no parece fácil expresarlos en fichas y tarjetas, sino más bien éstas agruparlas en dominios, luego de un estudio más acabado. El mismo criterio se puede seguir con las edades. En ambos casos el problema es complejo.

4º término: Formaciones superficiales. Reune 41 taxones. Debe desglosarse en diferentes fichas: a) Para origen y granulometría (casos 1 a 4), b) Para consolidación, espesor y morfoscopia (casos 5 a 8).

5º término: Formas: Dada la subdivisión genética de las formas y el gran número de taxones dentro de los casos, cada taxón queda definido por cuatro cifras. Luego, se requiere más espacio para los diferentes casos. Aquí interesan exclusivamente los casos relativos a vertientes y a acciones fluviales.

A. Vertientes: Agrupa a 74 taxones. Debe usarse sólo fichas para casos: a) Para derrubios y movimientos en masa (casos 1 a 5) b) Para escurrimiento difuso y concentrado (casos 6 a 8) c) Para morfografía de las vertientes y formas subordinadas (caso 9) d) Para glaciares y superficies planas (casos 1 y 2 parcialmente) e) Para relieves residuales banales y formas subordinadas de los relieves residuales (casos 2 parcialmente a 5).

B. Acciones fluviales: Agrupa a 34 taxones, identificando cada uno con 4 cifras. Luego, se contemplan tres fichas: a) Para tipos de lecho (casos 1 y 2), b) Para acumulaciones (casos 3 y 4) y c) Para formas polifásicas (casos 5 y 6).

En terreno, obviamente, no fueron utilizados todos los taxones. Por lo tanto, la ausencia de un fenómeno determinado fué indicada con cero. Como cada caso no puede tener más que 0 a 9 posibilidades, en el caso de la litología, con muchos taxones, se empleó letras del alfabeto. De esta manera, en las

fichas se sigue un orden inmutable para no modificar completamente el sentido y la naturaleza de la información codificada.

Por consiguiente, es posible en un momento determinado cuantificar toda la información. Pero, tal como está expuesta aquí, más bien es para obtener la frecuencia con que se presentan los fenómenos en el área. Para expresar la cuantía propia de los fenómenos en cada cuadrángulo, es necesario realizar otras medidas, como frecuencia de cárcavas, aplicación de coeficientes a los tipos de erosión, a la cohesión de la roca, etc., lo que es perfectamente posible para obtener estadísticas no paramétricas.

Sin embargo, la codificación de la información se justifica ya sólo por el hecho de tener que llevarla exhaustivamente a la carta. Aún así, es recomendable confeccionar programas de computación al respecto.

8. CONCLUSIONES

8.1. Aspectos visuales de la carta con respecto a las principales unidades del relieve

A. Al presentar homologías de altura las superficies más antiguas son los *restos de superficies culminantes altas* de peneplanación, porque carecen de rasgos estructurales que expliquen la forma de los rellanos y los restos aplanados culminantes.

B. Esto supone una posterior *disección* de una superficie de erosión primitiva, quedando sólo restos aislados como *superficies testigos*, mapeados como rellanos no estructurales y superficies culminantes.

C. Los *rellanos de media vertiente* de montaña (rellano de erosión) indican *terraplenamientos* al nivel de la media vertiente actual, posteriores a la disección de la superficie culminante. Parecen significar óptimos antiguos del *rebajamiento del nivel de base*, con formación de *valles más o menos anchos y de fondo plano*.

D. El hecho de que en el valle actual estas formas aparezcan como rellanos, revela una *posterior disección* de estos fondos de valle antiguos, formándose *valles encajados* hasta un nivel de base más bajo que el actual, y apareciendo por primera vez el rellano.

E. El espeso cuerpo de cantos rodados de la terraza alta implica una *elevación del nivel de base* con respecto a los fondos de valle y un *relleno* hasta una altura no menor a la de la terraza.

F. Luego se tiene el *terraplenamiento* de los sedimentos del relleno *formándose la superficie de la terraza alta*.

G. La profundidad de los valles actuales con respecto a esta última indica que, después de constituida la superficie de terraplenamiento, se llevó a cabo la *disección más fuerte* que se conoce desde entonces hasta el Actual, *formándose el valle encajado en la terraza*.

Es posible que comience, contemporáneamente a la disección, la formación

del *glacis coluvial*, sobre la superficie de terraplenamiento de la terraza.

H. La naturaleza de los materiales de la terraza baja implica que ella está encajada en la alta. O sea, después de formados los valles encajados hubo un relleno parcial de ellos hasta un nivel poco más alto que el del talweg actual, terraplenándose finalmente la *terrazza baja*. Contemporáneamente se *formó el glacis coluvial* sobre la terraza alta por actividad importante de las vertientes. También se formaron *pequeños conos de deyección* laterales sobre la base de los materiales de la terraza alta.

I. Finalmente se asistió a una *leve disección de la terraza baja*, lo que permite separarla del lecho actual.

8.2. Evolución del modelado de las vertientes

A. Al partir de la disección de las superficies culminantes, las diferentes fases produjeron *escalonamiento de las vertientes*.

B. Este escalonamiento condicionó la sucesión de convexidades, segmentos, concavidades y rellanos en las vertientes de media y baja montaña.

C. La *regolitización* de las superficies sucedió a cada uno de los rebajamientos del nivel de base.

D. Las diferencias litológicas y los rasgos estructurales condicionaron una *meteorización diferencial*, manteniéndose núcleos duros graníticos y diques de basalto porfírico.

E. Aunque no se puede aclarar cómo operaron los tipos de control de las vertientes en las fases más antiguas de su evolución, el estado actual muestra mares de bloques, cúpulas rocosas, asperezas rocosas y barras que muestran erosión diferencial del regolito. No son muy continuos en las vertientes y el regolito condiciona una vertiente suave en la mayoría de los casos.

F. Por lo tanto, la evolución actual de las vertientes está sujeta a *control por denudación (remoción)*, lo que demuestra el carácter paleogeográfico de la meteorización.

8.3. Aplicación de un modelo de evolución

8.3.1. Hechos observacionales

A. Las vertientes más altas que la terraza alta son *convexo-cóncavas*.

B. El *regolito es más o menos continuo* e incluso presenta producción de arcillas (más de 75 cm.).

C. Las formas de *erosión diferencial* en la roca dura están comunmente en la *vertiente superior*.

D. Hay que destacar en la *vertiente inferior* la *concavidad basal* y el *glacis coluvial*.

E. La *erosión lineal* actual sólo se ve a partir de la *parte media* de la ver-

tiente hacia la concavidad basal, pero ocupando la zona de transición y no la concavidad misma.

F. La parte distal de *la concavidad basal es deposicional* o sencillamente da paso a un *glacis coluvial*.

G. *La concavidad basal y el glacis coluvial fosilizan la plataforma de la terraza alta.*

8.3.2. Fases de la evolución de la vertiente en relación con el apareamiento de la terraza alta.

A. Mientras se formaba la superficie de terraplenamiento de la terraza alta había *remoción basal de la vertiente* por ataque lateral del río. No existía la concavidad basal, porque la vertiente inferior estaba controlada por remoción.

B. La concavidad se empezó a formar sólo una vez que se constituyó la superficie de terraplenamiento y el río abandonó el ataque de las vertientes.

C. La parte superior se mantuvo convexa por meteorización y ataque difuso del agua (escurrimiento difuso), correspondiendo a un "weather curve" en rocas macizas.

D. La parte media se diseñó cóncava por concentración del escurrimiento y mayor abundancia del flujo difuso (ley de Gilbert), comportándose como una "water curve".

E. La concavidad basal se desarrolló por acumulación.

F. El apéndice 11.2 indica la relación entre estas formas y las pendientes.

8.3.3. Modelo

Hipotéticamente se puede aplicar a estas vertientes el modelo 6 de YOUNG (1963, en YOUNG, 1977), consistente en una vertiente convexo cóncava con las siguientes características durante su desarrollo: a) Remoción basal impedida, b) Control por remoción en parte media y superior, c) Control por acumulación en concavidad basal, d) Remoción del regolito por transporte superficial, e) Monto del transporte proporcional al seno de la pendiente teta (Ver Apéndice 11.2).

Aparte del modelo, se puede decir que las partes superiores, cuando tienen formas de erosión y meteorización diferencial, pueden ser controladas por meteorización.

8.4. Edad de la morfogénesis

A. Los *restos de superficies culminantes de peneplanación*, deben provenir de una superficie de erosión del Mioceno de acuerdo con los análisis de PASKOFF (1970) y MORTIMER (1969 y 73). Todavía hay falta de certeza en esta determinación y por eso sólo se emplea en la carta el término Neógeno.

B. La disección de la superficie de erosión en *grandes valles* debe darar del Plioceno Inferior a raíz de las determinaciones de PASKOFF (1970).

C. Los *rellanos de media vertiente* pueden haberse formado entonces en el Plioceno Medio a Superior, en relación con un relleno parcial de los valles a juzgar por el engranamiento de sedimentos continentales con sedimentos marinos pliocénicos fosilíferos, establecido por PASKOFF (1970).

Estos restos de superficies de erosión serán calificados como neógenos y marcados como N (N1: Mioceno y N2: Plioceno), de acuerdo con una nomenclatura internacional (GELLERT, 1967).

D. Los *valles encajados* entre los rellanos de media vertiente deben haber sido rediseccionados antes de recibir el depósito aluvial t4 reconocido por TRICART (1965) en el valle del Copiapó y por PASKOFF en otros valles del Norte Chico.

E. El relleno por los rodados de t4 debe corresponder a la primera transgresión del Cuaternario (Serenense I de PASKOFF, 1970).

F. Por lo tanto, la *superficie de terraplenamiento de la terraza alta* debe remitirse al Pleistoceno Inferior (t4 pasa a llamarse Q1).

G. El *valle encajado en la terraza*, corresponde al mayor período de disección cuaternaria y, por lo tanto, hipotéticamente debe corresponder al Pleistoceno Medio (Q2).

H. Las formas deprimidas generadas por la profunda disección de la terraza alta separan fundamentalmente las formas en dos grupos generacionales muy distintos en edad. La *terrazza baja* está profundamente encajada en la alta. Sus materiales son homologables con los del Cuaternario Reciente y su superficie de terraplenamiento óptimo es muy baja con respecto al lecho actual. Se trata, así como los *conos laterales* y el *glacis coluvial*, de formas que han funcionado sincrónicamente en el Pleistoceno Superior (nominadas con Q3).

I. La disección del glacis y de la terraza baja, la preparación del sistema morfogenético actual y el continuo policrónico de algunos procesos superficiales heredados del Pleistoceno deben ser ubicados en el Holoceno (Q4).

8.5. El sistema morfogenético actual y su relación con los rasgos heredados y relictos

A. El sistema morfogenético actual puede definirse como subtropical seco, semiárido, pero muy influenciado por *rasgos heredados* y *relictos*. Los rasgos heredados se revelan en las etapas de la disección heredando la morfología de vertiente con rellanos que han controlado los procesos coluviales. Los rasgos relictos aparecen cuando se analiza la alteración. En efecto, tanto los materiales del glacis como los de la terraza alta presentan rasgos de haberse acumulado en climas más húmedos que el actual. Siendo el glacis policrónico en el Cuaternario Reciente, su funcionamiento actual es bajo y en general está diseccionado. Los cortes muestran que la alteración de la terraza alta es anterior al glacis y este último debe haber sido alimentado abundantemente por los productos de la alteración de las vertientes. La existencia de rasgos de meteorización y erosión diferencial en la carta como formas ligadas al contexto estructural, indica la existencia de regolitos con espesor mayor al actual. Aunque la edad de la alteración en las vertientes de montaña es difícil de deducir por haber estado sometidas a un número mayor de incidencias climáticas que las formas deposicionales bajas, estudios estratigráficos de las alteraciones hechos en Chile

Central por el autor muestran que ella es de todas maneras anterior al Cuaternario Reciente y con manifestaciones a partir del Neógeno.

B. Por otra parte, dado el *predominio de estructuras macizas*, el comportamiento de las rocas ígneas en el modelado no es muy diferente en los distintos tipos. Debido al espesor de la alteración, comunmente difícil de determinar, la cohesión de las rocas duras no parece demasiado significativa en relación con

los procesos actuales de las vertientes, para los cuales se revelan como más importantes las formaciones superficiales, entendidas como mantos de alteración con un proceso de preparación largo.

C. El análisis de los datos climáticos actuales presenta una notoria irregularidad interanual de las precipitaciones, revelando en estaciones medias incidencias importantes. Por ello, no se puede prescindir del uso de las expresiones de variabilidad y de una serie de índices funcionales que expliquen la morfogénesis actual ayudando a establecer la irregularidad y la importancia de las incidencias, mecanismos comunes en el dominio subtropical seco.

D. La consideración de las superficies taladas y del apotrerramiento y su eventual mapeo, parecen una manera efectiva de esclarecer la relación entre la actividad humana y la degradación con un regolito y un clima tan favorable para esta última. La superposición de esta información con el mapa geomorfológico debe entregar una información rica.

E. Los movimientos en masa, que se detectan como coladas barroas, se producen en formaciones superficiales relativamente profundas y con arcilla, relacionada con un proceso de preparación paleogeográfico. Pero las coladas son actuales, porque en algunas vertientes la arcilla es suficiente para producir un flujo rápido terroso y barroso.

F. En relación con el escurrimiento difuso, el proceso más notorio e importante es el descabezamiento, uno de los factores limitantes para el acondicionamiento de la región. El mapa geomorfológico de las vertientes puede dar una buena noción de su distribución areal.

G. Mientras el descabezamiento parece darse preferentemente en la parte convexa de las vertientes, la erosión lineal actual, en regueras paralelas, se ve en la transición entre la vertiente media y la concavidad basal. Las pocas cárcavas del área se dan más bien en pequeñas cuencas que suelen ser colectoras de las regueras de aguas arriba. La noción espacial que da la carta sobre el desarrollo de estos fenómenos, puede ser ventajosamente usada en las medidas correctivas que regulen la intervención humana. Un intento de análisis morfológico de estos procesos puede hacerse con el Apéndice 11.2.

H. El glacis y la terraza alta son superficies muy pedregosas y, por lo menos en apariencia, pedológicamente pobres. La relación entre ambos se puede deducir bien en la carta de vertientes y de procesos fluviales, donde se nota la superposición del glacis sobre la terraza, continuándose la agradación del primero en el presente.

I. La terraza baja es edafológicamente más rica, pero en muchas partes tiende a confundirse con el lecho mayor episódico. Las características del lecho actual muestran que las partes donde el río tiende a divagar con canales

anastomosados están justamente frente a los tramos donde la terraza Q1 existe, limitando su ancho y la estabilidad de sus bordes, sobre todo si está frente a áreas de derrames de desborde.

J. Desde el punto de vista morfométrico, el funcionamiento del sistema, incluyendo sus rasgos relictos, se puede precisar con la *relación proceso pendiente*. El apéndice 11.2 muestra un ensayo de relación entre los procesos de las vertientes y los rangos de pendientes deducidos de la carta, usando la escala gráfica de pendientes.

9. AGRADECIMIENTOS

La necesidad de trabajar en este tema para colaborar en el proyecto de IREN (Instituto de Recursos Naturales) sobre las comunidades del Norte Chico, nació de conversaciones con el Sr. Francisco Díaz, Subdirector de IREN, a quien se agradecen sus sugerencias y amplio apoyo logístico. La gestión directa en este apoyo correspondió al Jefe del Proyecto de las Comunidades, geógrafo Sr. Raúl Sánchez, secundado muy de cerca por el geógrafo Sr. Sergio Avendaño.

Especialmente también hay que destacar la amplia colaboración y facilidades logísticas otorgadas por los presidentes de comunidades en el área, los centros juveniles, centros de madres, escuelas y la parroquia de Mincha, en lo referente al alojamiento de los equipos.

El Prof. José F. Silva Calderón dirigió la aplicación de colores y la composición. Los Profesores Loreto Cortés y Eduardo Zapater ayudaron en la dirección de los equipos de terreno, cuyos componentes están nominados en el margen de la carta. Los Directores del Departamento Reinaldo Borgel y Tomás Opazo facilitaron los medios para la misión de terreno y la publicación, respectivamente.

Los profesores Cedomir Marangunic de Geología y Reinaldo Börgel leyeron gentilmente el manuscrito haciendo constructivas correcciones y sugerencias.

10. REFERENCIAS

- ALMEYDA, E. 1948. Pluviometría de las zonas del desierto y de las estepas cálidas de Chile. Ed. Universitaria. Santiago.
- ALMEYDA, E. & F. SAEZ. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Min. de Agr. Proy. 14. Ed. I. G. M. Santiago.
- ARAYA-VERGARA, J. F. 1965. La cartografía de los procesos morfogenéticos actuales en Chile transicional. Inst. de Geografía Univ. de Chile. Ed. Universitaria. Santiago.
- ARAYA-VERGARA, J. F. 1966a. Estudio de los procesos morfogenéticos actuales en la Cordillera de la Costa del Huenchullamí (Chile Central). Memoria de Prueba. Depto. de Geografía. Santiago. Inédita.
- ARAYA-VERGARA, J. F. 1966b. El sistema de erosión lineal en el clima templado transicional de Chile. En: U. G. I. Conf. Regional Lat. Amer. 3: Temas Geográfico Físicos: México: 226-243.
- ARAYA-VERGARA, J. F. 1972. Interpretación de cartas geomorfológicas deta-

- lladas chilenas: su uso y aplicación práctica. En: Primer symposium cartográfico nacional I. G. M. Santiago: 341-346.
- CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (1971). Légende pour la carte geomorphologique de la France au 50.000. Ed. C. R. N. S. Paris.
- FOURNIER, F. 1960. Climat et érosion. La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmospheriques. P. U. F. Paris.
- GELLERT, J. F. 1967. Further Works on the Unification of Signs and Signatures of Geomorphological Detail Maps. Z. fur Geomorph. N. F. 11(4): 506-509.
- FUENZALIDA, H. 1965. Clima, Hidrografía, Suelos, Biogeografía. En: Geografía Económica de Chile. Texto refundido. CORFO. Ed. Universitaria. Santiago.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS. 1968. Mapa geológico de Chile. Escala 1: 1.000.000. Santiago.
- MORTIMER, C. 1969. The Geomorphological Evolution of the Southern Atacama Desert. Unpublished Ph. D. Dissertation. University of London.
- MORTIMER, C. 1973. The Cenozoic history of the southern Atacama Desert. J. Geol. Soc. 129: 505-526.
- PASKOFF, R. 1970. Recherches géomorphologiques dans le Chili semi aride. Byscaye. Bordeaux.
- SCHENEIDER, H. 1969. El clima del Norte Chico. Depto. de Geogr. Universidad de Chile. Santiago.
- THOMAS, H. 1967. Geología de la hoja de Ovalle. Inst. Invest. Geol. Bol. 23. Santiago.
- TRICART, J. 1965. Algunas observaciones geomorfológicas sobre las terrazas del río Copiapó. Inform. geogr. Chile. (15): 45-59.
- TRICART, J. 1971-2. La cuenca hidrográfica del río Maule: Reconocimiento geomorfológico. Inform. geogr. Chile. (21-22): 37-70.
- YOUNG, A. 1977. Slopes. Longman. London. 2nd. Ed.

11. APENDICES

Apéndice 11.1:

Ejemplos de fichas referentes a los distintos términos para un cuadrángulo determinado. El 1º término (localización) va obviamente en cada una de las fichas referentes a los otros términos.

1º término: (Ficha general sólo de referencia)

Hoja: MINCHA

Coordenadas: 3130 - 7115

Cuadrángulo: (coordenadas UTM):

Coordenadas esquina NW: 6512 - 274

" código : 1274

En los términos 2 a 4, la primera cifra se refiere al término, la segunda al caso y la tercera al taxón. En el 5º término, la segunda cifra es una subdivisión del término; la tercera, el caso y la cuarta, el taxón.

Ficha 1

2º término: Los tipos de rocas

1274 Coordinadas

22A granito

220

220

220

220

220

220

220

220

220

220

220

220

220

220

220

22P ryolita

220

220

22S andesita

220

220

220

220

220

220

220

Ficha 2

2º término: Tipo de región estructural y grado de cohesión

1274

210

210

210

210

210

216 batolito

210

240

240

240

244 roca bastante resistente

240

Ficha 3

2º término: Tectónica (pendiente)

Ficha 4

4º término: Formaciones superficiales: origen y granulometría.

1274

411 formaciones residuales

412 arenización

410

410

410

416 fragmentación mecánica

420

422 ripios y gravas

423 gravillas

424 arenas

420

426 arcillas

430

430

438 matriz de 25 a 75 %

430

440

440

447 arcillo areno limosa (matriz)

440

440

440

440

440

Ficha 5

4º término: Formaciones superficiales: consolidación, espesor y morfoscopia

1274

451 consolidación superficial débil, nodular.

450

450

450

450

450

460

462 cemento ferruginoso

460

460

460

470

470

473 espesor mayor que 0.75 m.

480 pendiente

480 "

480 "

480 "

Ficha 6

5º término: Formas: 1: vertientes: derrubios y movimientos en masa:

1274

5110

5110

5110

5110

5120

5120

5120

5130

5130

5130

5130

5130

5130

5130

5130

5130

5141 reptación simple generalizada

5150

5150

Ficha 7

5º término: Formas: 1: vertientes: escurrimiento difuso y concentrado

1274

5160

5162 descabezamiento con pavimento

5160

5164 regueras en cuenca de recepción

5165 cárcavas hacia la quebrada

5160

5170

5180

5170

5180

Ficha 8

5º término: Formas: 1: vertientes: morfografía de las vertientes y formas subordinadas

1274
5190
5190
5190
5190
5195 vertiente con rellanos
5190
5190
5110
5110
5110
5110
5110
5110
5110
5120
5120
5123 chicotes rocosos en cuenca receptora
5120
5120
5126 rellano no estructural
5120

Ficha 9

5º término: Formas: 2: Glacis y superficies planas

1274
5210
5210
5210
5214 Glacis coluvial
5210
5210
5220
5220
5220
5220
5220
5220

Ficha 10

5º término: Formas: relieves residuales banales y formas subordinadas

1274
5230
5230
5230
5230
5230
5230
5230
5230
5230
5230
5240
5250
5250
5250
5250

Ficha 11

5º término: 4: Acciones fluviales: Tipos de lechos

1274
5410
5410
5410
5414 socavamiento de la roca in situ
5420
5420
5420
5420
5425 lecho calibrado

Ficha 12

5º término: 4: Acciones fluviales: Acumulaciones

1274
5430
5430
5440
5440

5440
 5440
 5440
 5440
 5440
 5440

Ficha 13

5º término: Formas: 4: Acciones fluviales: Formas polifásicas

1274
 5450
 5450
 5450
 5454 reborde de terraza
 5460
 5460
 5463 reborde de terraza abrupto: más de 45º
 5464 reborde de terraza medio: 45 a 20º
 5465 reborde de terraza suave: 20 a 5º
 5460
 5460
 5460

APENDICE 11.2. TABLA DE RANGOS DE PENDIENTE PARA LOS PROCESOS EN LAS VERTIENTES DEDUCIDA DE LA CARTA

Proceso o forma	Rangos de pendiente (*)							
	Angulo 0º				Altan=Log(1000 tan 0), YOUNG, 1975			
	Máx.	Ampl.	Mín.	Ampl.	Máx.	Ampl.	Mín.	Ampl.
Descabezamiento	31- 45	14	8- 25	17	27.8- 30.0	2.2	21.5- 26.7	5.2
Regueras	20- 45	25	13-17	4	25.6- 30.0	4.4	23.6- 24.9	1.3
Cárcavas	30- 43	13	10-26	16	27.6- 29.7	2.1	22.5- 26.9	4.4
Coladas de barro	30- 35	15	20-25	5	27.6- 28.5	0.9	25.6- 26.7	1.1
Reptación	24- 44	20	12-20	8	26.5- 24.8	3.3	23.3- 25.6	2.3

Derrubios de gravedad pura	45-50	5	38-40	2	30.0- 30.8	0.8	28.9- 29.2	0.3
Derrubios de gravedad asistida	35-36	1	30-32	2	28.5- 28.6	0.1	27.6- 28.0	0.4
Concavidad basal coluvial	19-25	6	7-13	6	25.4- 26.7	1.3	20.9- 23.6	2.7
Glacis coluvial	10-22	12	1-7	6	22.5- 26.1	3.6	12.4- 20.9	8.5

* Debido a que el significado de las amplitudes de rango decrece de manera aproximadamente logarítmica a medida que las pendientes aumentan, se usa una expresión que parte del logaritmo de la tangente. Así resulta, que las amplitudes para los procesos que requieren menores ángulos aparecen relativamente más significativas que los valores similares para formas y procesos de pendientes mayores con más amplitud angular. La expresión *Altan* permite dar más significado geomorfológico al análisis estadístico.

Según estos resultados, se ve que la forma que habitualmente presenta menores pendientes, el glacis coluvial en sus partes más suaves, es la que indica mayor amplitud significativa (8.5 altanes). En cambio, las formas con mayores pendientes, los taludes de derrubios, muestran las menores amplitudes (0.1 a 0.4 altanes). Después del glacis coluvial, las mayores amplitudes se hallan en los fenómenos ligados a la acción erosiva del agua en las vertientes, tanto por impacto de la gota, como por escurrimiento (entre 1.3 y 5.2 altanes). Amplitudes medias se encuentran en los fenómenos ligados a los movimientos en masa, lentos o rápidos.

Algunos valores presentados en la tabla pueden tener la limitación de no servir de ángulos límites en los rangos, debido a que fueron extraídos de las curvas de nivel, partiendo de la extensión del signo geomorfológico, lo que resta exactitud a la determinación. Para tratar de compensar estos posibles errores, se optó por establecer el rango de las máximas y el rango de las mínimas, sin muestrear al azar, ya que esos rangos pueden ser percibidos fácilmente en cada espacio, tratándose de un universo a la vista. Para cada fenómeno y cada rango, se realizaron 20 medidas, completándose un total de 360. Este procedimiento puede garantizar que los fenómenos en general están dentro de los rangos, salvo en aquellos casos de adaptación a los microrrelieves.