

GEOMORFOLOGIA APLICADA A HIDROLOGIA Y SUELOS EN EL VALLE DE SAN ALBERTO, PROVINCIA DE CORDOBA

por JOSE M. SAYAGO*

SUMMARY

Geomorphology applied to hidrology and soil classification in San Alberto Valley, Province of Córdoba, Argentina.- An intramontaneous valley in the central region of Argentina is studied from morphogenetic and morphodinamic points of view; complementary, a qualitative classification of a representative basin is developed and taxonomic and soil capability mapping is carried out.

Introducción

La Geomorfología es una de las ciencias que con mayor vigor se ha desarrollado en los últimos veinte años. Esencialmente aplicada, no siempre ha recibido la atención que merece por su creciente integración a los aspectos agronómicos, hidrológicos o geotécnicos. El presente trabajo pretende mostrar algunas de sus aplicaciones en lo relativo al inventario y conservación de los recursos naturales renovables.

El área escogida, un valle intramontano de las sierras de Córdoba, tipifica las condiciones existentes en gran parte de las regiones montañosas del país cuyas posibilidades productivas aún no han sido cabalmente explotadas.

En la primera parte se incluye una descripción de los caracteres morfo-estructurales (estratigrafía y tectónica), sumado a una interpretación de los procesos morfodinámicos derivados de los climas pasado y actual y un análisis de las génesis y evolución de las principales geofomas.

En los aspectos aplicados, se efectúa la clasificación morfo-hidrológica de una cuenca torrencial como fundamento para definir las prácticas de manejo que contribuyen a su aprovechamiento integral.

Finalmente, considerando la importancia productiva y conservacionista de las relaciones relieve-suelo, se efectúa un mapeo de las características taxonómicas y utilitarias de los suelos, tomando en cuenta los elementos morfo-genéticos anteriormente definidos.

I - GEOMORFOLOGIA GENERAL

Antecedentes

El valle de San Alberto, ha motivado desde hace largo tiempo el interés de los naturalistas. Los estudios de Schmajeder y Beder revelaron su importancia geológica, mientras los hallazgos de Francisco P. Moreno y Castellanos y las descripciones de Burmeister y Ameghino, evidenciaron el valor paleontológico de alguna de sus formaciones.

Entre ellos, es destacable el bosquejo morfológico de la sierra de Achala efectuado por Schmieder (1930), en el que se incluye

* Facultad de Ciencias Naturales, U.N.T., Fundación Miguel Lillo.

lo que podría considerarse la primera carta geomorfológica publicada en nuestro país.

Castellanos (1942), realizó un meduloso estudio paleontológico y estratigráfico de las formaciones plio-pleistocenas y finalmente, Olsacher (1972) estudió la geología regional, sintetizando los resultados de los autores que recorrieron la región con anterioridad.

Ubicación del área estudiada

El valle de San Alberto se encuentra situado al oeste de la provincia de Córdoba, en el departamento del mismo nombre. La denominación de valle expresa simplemente el carácter morfográfico del área, es decir, una región definida por un sistema fluvial que la comprende con cierta homogeneidad. En sentido estricto constituye una fosa de hundimiento, cuyos rasgos son moderadamente evidentes en la parte norte (desde la localidad de Nono hasta la "Cuesta de Brochero"). La parte austral presenta características típicas de un "bolsón", denominación aplicada a una depresión semicircular, flanqueada por depósitos pedemontanos, adosados a una cadena montañosa (Sierra de Achala) del tipo de bloque de basamento fracturado y elevado.

A) MORFOESTRUCTURA

1) El basamento cristalino

El basamento aflorante está constituido esencialmente por rocas graníticas del margen occidental del batolito de Achala y el borde oriental del bloque de Pocho. Constituyen el elemento morfoestructural predominante, y la roca generadora de la mayoría de los depósitos clásticos. Es destacable la intensa cataclasis, siempre ligada a las principales líneas de dislocación. La presencia de minerales secundarios podría relacionarse a eventos paleoclimáticos húmedos. Siguiendo a Gordillo y Lencinas (1972) se asigna a los granitos del área una edad cámbrico/ordovícica.

2) Las formaciones sedimentarias

Se distinguen dos complejos morfo-estructurales diferentes: el primero ocupa la fosa de hundimiento propiamente dicha, extendiéndose a ambos márgenes de los ríos Panaolma y Los Sauces hasta las cercanías de Nono. Está constituido por depósitos fluviales, aluviales y eólicos polícronos, que proponemos designar Formación Brochero y Formación Mina Clavero.

El restante complejo morfo-estructural está integrado por un conjunto de depósitos pedemontanos adosados a la sierra de Achala en la parte austral del valle, constituidos por fanglomeros y cenoglomeros cuyo espesor aflorante puede llegar a los 100 m que se propone designar Formación Las Rabonas.

a) Formación *Brochero*

Constituida por arcillas y limos algo arenosos de color pardo rojizo, presenta como elemento distintivo concreciones de CO_3Ca diseminadas o formando bancos calcarenosos. La composición granulométrica varía desde arcilla limosa en Panaolma, a arenas limo arcillosas frente a Nono, y su espesor fluctúa entre 3 a 10 m. Hacia arriba, pasa discordantemente a un estrato de arcosas sabuláceas de espesor entre 2 a 10 m, friables, de color pardo rojizo claro y textura arenosa gruesa con matriz limosa. El hábito sedimentario es ligeramente gradado, sin evidencias de laminación, disminuyendo las concreciones calcáreas.

Edad: esta formación tiene una evidente importancia cronológica tanto por su posición basal con respecto a las restantes, como por haber aportado la mayoría de los fósiles encontrados en el valle. Castellanos (1942) en base a tales hallazgos creó el piso "Brocherense" (que coincide con la parte basal de esta formación), determinando una edad plio-pleistocena. Considerando la discordancia existente con el miembro superior, asignaríamos a toda la formación una edad pliocena superior a pleistocena media.

b) Formación *Mina Clavero*

Por arriba de la formación Brochero se presenta un complejo de arenas y limos fluviales intercalados con materiales loésicos, que cubre el fondo del valle en su parte septentrional. El material está constituido por arenas medias a finas, con moderado porcentaje de gravilla, de coloración rosada pálida que presentan estructura gradada poco manifiesta y buena selección. Regularmente aparecen lentes limo-arcillosos bien consolidados, de espesor no mayor de 1 m, que a veces adquieren el carácter de tosca incipiente. En la parte superior de la formación, las arenas dan paso a limos loésicos que rematan en un horizonte petrocalcico incipiente.

Edad: considerando la presencia creciente del loess, se asigna tentativamente a esta formación una edad pleistocena Media a Superior.

c) Formación *Las Rabonas*

Adosado a la ladera occidental de la sierra de Achala y el fondo del "Bolsón de Nono", se dispone un conjunto de depósitos cenoglomerádicos* y fanglomerádicos —considerablemente afectados por la tectónica neocuaternaria— de un espesor máximo de 400 m en el contacto con la montaña y 10 m en la parte distal.

La sección basal está constituida por un sedimento polimictico heterométrico de textura brechosa, clastos angulosos y sub-angulosos de 0,20 a 2 m, y una matriz arenosa gruesa cementada por limo arcilloso pardo rojizo. Aisladamente aparecen concentraciones anormales de grandes bloques provenientes del cer-

cano basamento granítico, como se observa en los cortes de la ruta a Villa Dolores antes de la localidad de Las Rabonas.

La parte superior aparece constituida por depósitos fanglomerádicos de espesor entre 2 y 5 m, integrados por rodados graníticos y pegmatíticos con una matriz arenosa gruesa, escasa gravilla y limo de color pardo amarillento. **Edad:** los indicios paleoclimáticos y morfo-genéticos permiten inferir que esta formación se depositó durante un largo período que abarcó el Pleistoceno Medio y Superior.

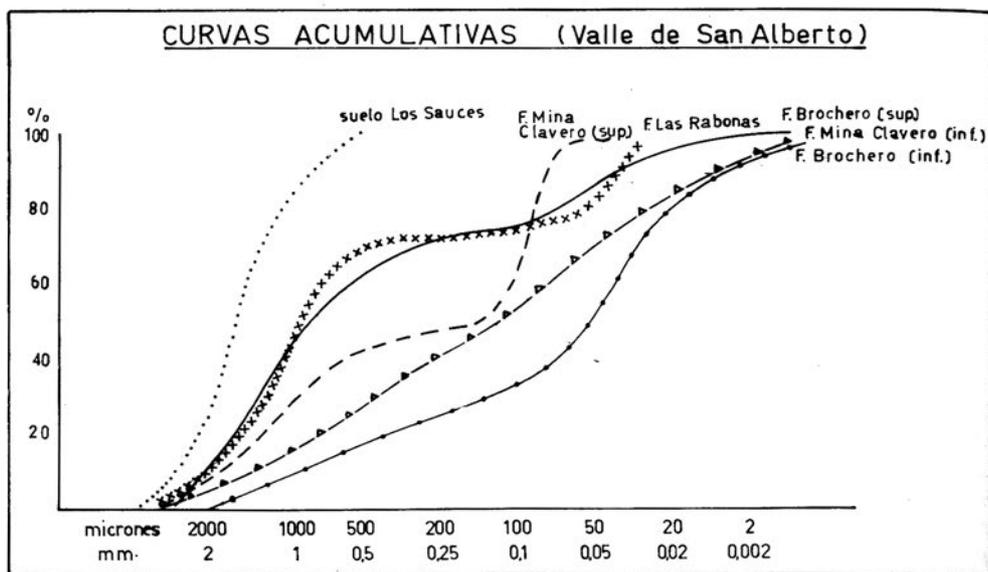
d) *Los depósitos Holocénicos*

Los sedimentos del Holoceno se distribuyen en todo el valle, constituyendo el material originario de la mayoría de los suelos. Se destacan por su amplia distribución, los materiales loésicos y las arenas fluvio-aluviales.

*Interpretación**de los caracteres sedimentológicos*

- Las condiciones paleoclimáticas y la tectogénesis condicionaron la dinámica deposicional del valle de San Alberto.
- Las áreas generadoras de los sedimentos fueron la Pampa de Pocho, que aportó los materiales finos, y la sierra de Achala los clásticos.
- La progresiva disminución de materiales finos e incremento de los clásticos durante el Pleistoceno inferior, se interpreta como una atenuación del aporte desde la Pampa de Pocho, paralelamente al desarrollo de las cuencas imbríferas durante el levantamiento de la sierra.
- A partir del Pleistoceno medio los materiales provienen exclusivamente del área granítica de Achala, indicando la desconexión definitiva de los sistemas fluviales con la Pampa de Pocho.
- La atenuación de condiciones oxidantes (rubefacción) y relativa disminución del carbonato de calcio desde el

* Según Harrington (citado por Polanski, 1966) un cenoglomerado es un material con ausencia total de estratificación y selección mecánica, salvo en la superficie de los torrentes de barro, con inclusiones de bloques de todos los tamaños y una matriz arcillo-arenosa en la que resaltan la angulosidad de los clastos y la carencia de selección mecánica.



Pleistoceno inferior al medio, podría relacionarse con una tendencia hacia condiciones más frías.

- En el Pleistoceno superior se observa una alternancia de ciclos fluviales con períodos de deposición loésica vinculados a fluctuaciones menores templado-húmedo a frío-seco.
- Los depósitos cenoglomerádicos del Bolsón de Nono evidencian transporte y deposición bajo condiciones periglaciares que cambian posteriormente a una dinámica fluvial, bajo clima templado-húmedo a semi-árido, productora de los depósitos fanglomerádicos.

3) Tectónica

La condición morfotectónica del valle es la de una fosa de hundimiento en "teclas de piano". El bloque hundido, que ocupa el fondo del valle relleno con sedimentos plio-pleistocenos, aparece flanqueado por la escarpa de Achala al este y el bloque de Pocho al oeste.

De ambos bloques marginales este último mantiene la característica de escarpa

ruiniforme a lo largo del valle, mientras que en el de Achala, se distinguen dos estilos morfotectónicos contrastados: un faldeo en gradería o en bloques escalonados al norte, y hacia el sur, luego de un repliegue, una escarpa abrupta que ha originado los potentes depósitos pedemontanos que llenan el bolsón de Nono.

Los rasgos tectónicos responden al estilo de bloques de basamento fracturados y elevados con escarpas manifiestas que miran a occidente y una suave y larga pendiente de reverso. Las dislocaciones que limitan longitudinalmente los bloques mayores son fracturas inversas de rumbo meridiano, alto ángulo y buzamiento al este.

Se distinguen tres sistemas de fractura. El primero coincide con las escarpas principales y está representado por fajas de fracturación compuesta por una o varias fallas paralelas o sub-paralelas de rumbo norte-sur. Se caracterizan por los notables efectos cataclásticos, tales como brechas, cloritización de mafitos y notorio desarrollo del clivaje de fractura (Gordillo y Lencinas, 1972). Una variante menos frecuente, son las fallas inversas de rumbo meridiano y buzamiento al oeste, que han determinado la escarpa oriental

del bloque de Pocho.

Destacables por su influencia en el modelado regional, las fallas en charnela también denominadas por Gross (1948) "espinas de falla", afectan bloques medianos con basculamiento entre 2 a 5 grados, condicionando la distribución del drenaje y los procesos geomórficos ligados al agua corriente.

Un segundo sistema, constituido por fracturas de tipo compresivo, rumbo noroeste-sureste y suroeste-noreste, y menor desplazamiento vertical, pudo haberse formado por una pequeña fluctuación en la dirección de los empujes (Nicoli et al., 1972), cuya combinación con el primer sistema explicaría las inflexiones de las escarpas mayores.

El tercer sistema ejerce importante influencia en la orientación secundaria de la red de drenaje; está constituido por fracturas verticales y sub-verticales de rumbo este-oeste que cortan a los restantes.

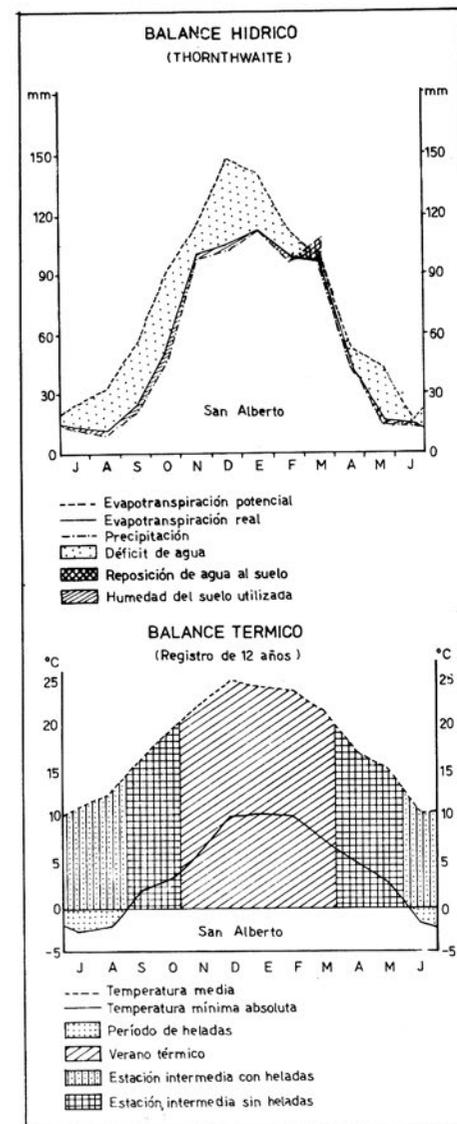
Respecto a la tectogénesis de los sistemas descritos, siguiendo a Gordillo y Lencinas (1972), asignaríamos al primer y segundo sistema, un origen por movimientos de basculación de bloques de carácter compresivo, seguido de alzamiento vertical producto de mecanismos endógenos de tipo epirogénico. El tercero probablemente se haya originado por movimientos complementarios de acomodación.

B) LOS PROCESOS MORFODINAMICOS

La consideración de los procesos morfodinámicos se efectúan desde una doble perspectiva: su influencia en el modelado como consecuencia del clima estacional actual, y la reconstrucción de las secuencias paleoclimáticas que han dado origen a las formas relictuales.

1) Los procesos geomórficos actuales

El clima del valle posee características de dos dominios térmicamente homogéneos. El dominio semi-húmedo de la montaña, donde el aporte de agua de las masas de aire del noreste es más neto debido a factores orográ-



ficos, y el semi-desértico de las planicies del noroeste, con gran déficit de agua por influencia de las masas de aire de dicho rumbo. La pendiente oriental de la sierra de Achala responde al primer dominio y el fondo y mar-

gen occidental del valle, al semi-desértico, cuya influencia se refleja en la distribución de los suelos y la vegetación.

Es evidente que en climas no uniformes, como el que afecta a la región estudiada, las variaciones estacionales adquieren singular importancia por su influencia marcada en el tipo e intensidad de los procesos geomórficos. Así por ejemplo, la acción del agua corriente es mucho más intensa en verano, dada la condición monzónica de las precipitaciones generadas por masas marítimo-tropicales. A la inversa, la erosión eólica predomina en invierno, cuando en las planicies occidentales dominan condiciones secas y frías, en respuesta a la influencia de masas de aire continental-tropical y marítimo-polar, que, a su vez, provocan condiciones periglaciares en las áreas cumbreales de la montaña.

Los cambios estacionales afectan también a los procesos pedogenéticos, la dinámica poblacional de la vegetación, el escurrimiento subterráneo, etc., representando un factor de suma importancia para la comprensión de los mecanismos de la dinámica ambiental.

En suma, el análisis genético del clima, vale decir la descripción de las causas generadoras del mismo (características de las masas de aire, circulación atmosférica, etc.), facilita la comprensión de los procesos geomórficos derivados del clima estacional, que determinan el modelado de formas características. Siguiendo los criterios de Wilson (1969) en el Cuadro I se establecen tales relaciones para la región estudiada.

2) Formas relictuales y paleoclimas

Aceptando que la relación entre masas de aire generadoras del clima estacional, y los procesos morfodinámicos se ha mantenido durante gran parte del Cuaternario, a partir del análisis de las formas relictuales y de los procesos que las han originado, sería posible inferir aproximadamente las condiciones paleoclimáticas dominantes.

En efecto, en el área estudiada la morfogénesis de los glaciés de expansión muestra la participación de procesos geomórficos deriva-

CUADRO I

Relaciones entre alternancia climática,
procesos geomórficos y formas características (Adaptado de Wilson, 1969)

Clima Estacional	Procesos	Formas Características
PERIGLACIAR	Crioclastía	Depósitos de talud, glaciés.
	Soliflucción	Lóbulos y terrazas de deslizamiento
SEMI - ARIDO ARIDO	Agua Corriente	Glaciés, conos aluviales "bad lands".
	Desagregación mecánica	Pendientes angulosas con derrubios groseros
	Movimientos en masa rápidos	Deslizamientos
TEMPLADO HUMEDO	Deflacción y acumulación eólica	Superficies estructurales. Encostramientos.
	Agua corriente	Pendientes suaves, suelo cubierto, pedogénesis.
	Alteración	Crestas y valles.
	Movimiento en masa	Depósitos aluviales

dos de un clima con fluctuación anual y/o multianual entre periglacial a semi-árido. La crioclastia y remoción en masa prepararon los materiales y determinaron el medio de transporte, mientras que el escurrimiento mantiforme del período árido llanurizó las superficies.

Asimismo, la formación de horizontes petrocálcicos se explicaría por la alternancia de clima árido a templado-húmedo. La sedimentación loésica supone un ambiente árido, la etapa de solubilización y redépósito del carbonato por percolación de aguas meteóricas cargadas de CO_2 , y fluctuaciones de la capa freática exige precipitaciones abundantes. En tal sentido Arens (1969) manifiesta que la intensa actividad biológica productora de elevados tenores de CO_2 , es típica de nuestros suelos de pradera templado-húmeda. Mazza y Grazan (1971) confirman la exigencia de repetición de diferentes condiciones hídricas o físico-químicas en la génesis de la tosca.

Otro indicador importante de las condiciones paleoclimáticas o morfo-cronológicas, son los suelos actuales o pasados. La evolución de un suelo es producto del balance entre

morfogénesis y pedogénesis y en períodos de estabilidad morfodinámica el desarrollo del suelo reflejará con fidelidad la influencia de los factores ambientales.

En el Cuadro II se analizan integradamente las relaciones entre formas, clima, morfogénesis y pedogénesis, cuyos alcances tienen un carácter estrictamente regional.

C) LOS ELEMENTOS MORFOGENETICOS

Se describen suscintamente los elementos geomórficos más relevantes del área estudiada.

Las superficies peneplanizadas

Ocupan buena parte de la escarpa escalonada de la sierra de Achala (entre Cura Brochero y Nono) y la cumbre de dicho cordón y con menor evidencia en algunos sectores de la sierra de Pocho.

Son superficies degradadas por la acción de los procesos activos actuales y esencialmente pasados, aunque conservan a nivel regional el estilo geomórfico de la primitiva superficie.

C U A D R O II

BOSQUEJO MORFOCLIMATICO DEL HOLOCENO DE SAN ALBERTO

Período	Clima	Morfodinámica	Formas	Suelos
RECIENTE	Más húmedo y ligeramente más cálido que el actual.	Acciones fluviales atenuadas, Erosión hídrica.	Llanura de inundación cursos principales "bad lands"	Pedogénesis, suelos A/AC/C (series S. Alberto, M. Clavero, Las Tapias).
HOLOCENO SUPERIOR	Seco y ligeramente frío.	Sedimentación eólica.	Superficies eolizadas	Pedogénesis suelos A/B/C (series Los Sauces y Brochero).
HOLOCENO MEDIO	Húmedo cálido en transición a semi-árido.	Acciones fluviales decrecientes.	Terraza ríos principales; conoides de torrente.	Morfogénesis predomina sobre pedogénesis.
HOLOCENO INFERIOR	Frío semi-árido a húmedo.	Acciones eólicas decrecientes y fluviales crecientes.	Vallonamientos en cuna; comienzo epigenia curso río Los Sauces.	Morfogénesis predomina sobre pedogénesis.

Una característica destacable es la falta de depósitos de cubierta, condición excepcional para una peneplanicie primaria. Por su parte Birot (1970), destaca la falta de indicios de cripto-descomposición, característica de clima tropical, lo que explicaría la carencia de formas de erosión diferencial (Inselberg).

Si a ello se suma la notable regularidad de estas superficies, es posible concluir que se desarrollaron durante un largo período de estabilidad, bajo clima árido y/o semi-árido.

En tales condiciones, no hay incisión vertical, pero sí, humedad suficiente para permitir la meteorización, que encuentra en los granitos condiciones óptimas para la disgregación granular, completando el desarrollo de estas formas el escurrimiento difuso, que arrastra los materiales finos.

Los pedimentos

Son explanadas desarrolladas en el granito de la baja pendiente de la sierra de Achala. Se disponen paralelamente al eje mayor del valle, ocupando una franja no mayor de 5 km y gradiente entre 3 y 8 grados.

Su formación debe haberse iniciado paralelamente con los primeros movimientos verticales que aceleraron la acción del escurrimiento mantiforme, sumado a un moderado humedecimiento del clima que facilitó la neoformación de los minerales arcillosos que integran los sedimentos plio-pleistocenos (Birot, 1970).

Los glacés de expansión

Son superficies aplanadas, débilmente inclinadas (3 a 8 grados) que se adosan discordantemente a diferentes niveles de la escarpa de Achala. Es posible diferenciar dos generaciones de formas: las situadas a mayor altura (glacés superior) que aparecen en la ladera media alta como "replats" profundamente disecados, y las situadas en la baja pendiente (glacés inferior), con largas y suaves pendientes, algo erosionadas por las corrientes tempo-

rarías, que van a terminar contra el cordón granítico de la sierra de Pocho.

La génesis de estas formas se inicia con intensas acciones de remoción en masa, probablemente facilitadas por reactivación tectónica, bajo clima frío sub-húmedo.

El paso a condiciones de mayor aridez determinó un período de estabilidad que permitió el modelado de la definitiva superficie del glacés. Una nueva reactivación tectónica, paralelamente a un aumento de las acciones fluviátiles, facilitó el desarrollo, a expensas del más antiguo, de un segundo nivel de glacés.

Deslizamientos policíclicos

Son formas con un clásico nicho de deslizamiento y una depresión lacustre de tipo glaciario que las separa del conjunto de lupias de bloques y materiales más finos. A partir del nicho mayor se presentan hacia abajo, nichos menores desarrollados sobre la masa del material primitivo, con el carácter de sucesivos ciclos de deslizamiento. En la actualidad, estas formas, completamente estabilizadas, van siendo denudadas por las corrientes permanentes y temporarias.

Su desarrollo se inicia bajo clima periglaciario seco (crioclastía), alternante con condiciones más húmedas que saturan el material fracturado (estado tixotrópico). Un movimiento sísmico provoca el desplome con formación del primer nicho y demás elementos. Al saturarse el material se repite el proceso en una secuencia decreciente dentro de un ciclo climático con tendencia a la aridez.

Conos aluviales

Presentan las típicas formas de un cono antiguo, tanto en las características morfométricas (superficie plano-convexa y pendiente entre 3 a 8 grados), como sedimentológicas (distribución selectiva del material desde el ápice a la parte distal).

Estas formas deben haberse desarrollado bajo un clima semi-árido estacional, con preci-

pitaciones intensas y de corta duración que provocaban un escurrimiento torrencial y una sedimentación polícrona selectiva. El paso a condiciones más áridas provocó la interrupción del escurrimiento encauzado, la llanurización por subescurrimiento mantiforme y, finalmente, la depositación de una cubierta loésica.

El sistema fluvial

Está integrado por cursos de diseño rectangular, cuando discurren sobre el granito, cambiando a mendriformes subsecuentes, sobre terrenos sedimentarios. Presentan un solo nivel de terraza pobremente definido, baja densidad e integración y un régimen hidrológico estacional con crecientes torrencales en verano.

La epigénesis fluvial se inició a comienzos del Holoceno bajo clima relativamente húmedo, con desarrollo del lecho mayor, seguido de un período árido con disminución de escurrimiento y agradación. El retorno a condiciones de mayor humedad profujo el biselado de la terraza y de la llanura de inundación actual.

D) EVOLUCION MORFOCRONOLOGICA

El esquema morfocronológico que se incluye, representa una primera aproximación a la evolución geomorfológica del área, expresada en base a diferencias relativas de edad entre conjuntos de formas contemporáneas, dentro de una perspectiva estrictamente regional.

Se inicia con un largo período de estabilidad que permitió el desarrollo de una peneplanicie cuya extrema uniformidad derivaba de condiciones morfoclimáticas áridas.

A comienzos del Plioceno se inician los movimientos de bloques que darán origen a la actual morfoestructura de las sierras de Córdoba. Contemporáneamente, comienza a delinear-se la fosa de San Alberto, primero unida a la depresión de Panoalma, para ocupar, a principios del Pleistoceno, su definitiva expresión morfológica.

El desarrollo de esta fosa de rumbo meridiano determina, por una parte, bajo clima sub-húmedo cálido, la sedimentación de los limos arcillosos calcáreos de la Formación Brochero; paralelamente, se produce el modelado de un conjunto de pedimentos marginales desarrollados sobre el granito.

Le sucede un largo período de estabilidad morfogenética que probablemente comprenda todo el Cuaternario Inferior- paralelamente con un progresivo enfriamiento del clima que crea las condiciones para el desarrollo del primer nivel de glacis, con predominio de la crioclastía y remoción en masa.

A mediados del Cuaternario, una reactivación tectónica generalizada debe haber contribuido al biselado del glacis superior y desarrollo de un nuevo nivel bajo clima semi-árido. El período cálido y húmedo subsiguiente -característico de los interglaciares-, genera acciones espasmódicas que provoca el desarrollo de los grandes conos aluviales del río Nono y Los Hornillos y la sedimentación de las arenas y limos de la formación Mina Clavero.

Durante el último acontecimiento glacial (Wurm) se producen los deslizamientos policíclicos bajo condiciones frías y relativamente húmedas, que progresivamente se hacen más secas facilitando el predominio de las acciones eólicas, fundamentalmente de la sedimentación loésica.

A principios del Holoceno comienza una progresiva transición hacia las condiciones climáticas actuales. La permanencia de las acciones fluviales significa el inicio de la epigenia del sistema fluvial actual.

El Holoceno medio, marca una alternancia hacia condiciones áridas que determinan un nuevo ciclo de sedimentación loésica de poca potencia y gran extensión areal. Al término de este período comienza la pedogénesis de los suelos actuales.

El Holoceno superior, bajo condiciones ligeramente más cálidas que las actuales, constituye un período de estabilidad con predominio de la pedogénesis sobre la morfogénesis. El proceso activo más relevante es la erosión

hídrica, probablemente ligada a la ocupación agrícola de las tierras.

II- GEOMORFOLOGIA APLICADA A HIDROLOGIA

El escurrimiento de las aguas superficiales en sus diversas manifestaciones, constituye un elemento esencial del modelado de los paisajes. La teoría Davisiana le reservaba un papel principal y excluyente, y aunque atenuada por las concepciones climatogénicas, en la actualidad se concede a los aspectos morfohidrológicos atención creciente por su utilidad en los aspectos aplicados a las ciencias de la tierra.

El análisis de las relaciones existentes entre el relieve y ciertas características geométricas de una cuenca fluvial, ha tomado gran impulso desde que Horton estableciera criterios cuantitativos para su estudio. No obstante sus limitaciones (Leopold et al. 1964, pág. 148), este enfoque aporta un saludable soplo de objetividad en los métodos geomorfológicos, aunque debe reconocerse que cuando no se integra a los restantes factores que condicionan la dinámica ambiental, tales como clima, geología, relieve, suelo, vegetación, etc., su contribución a la solución de problemas concretos se ve fuertemente limitada.

En este capítulo se efectúa la clasificación cualitativa de la cuenca del río Nono, como fundamento para su corrección y aprovechamiento integral, información que pensamos, podrá también ser utilizada con mayor eficacia por la herramienta cuantitativa.

CLASIFICACION CUALITATIVA DE LA CUENCA DEL RIO NONO

La acción negativa de los torrentes se manifiesta en una extensa región de nuestro país afectada por condiciones áridas y semi-áridas. Sus efectos provocan la pérdida de cultivos, degradación de suelos, destrucción de vías de comunicación y obras

hidráulicas, y dilapidación de importantes caudales cuyo valor se acrecienta por tratarse de regiones áridas.

Las características torrenciales del río Nono se evidencian particularmente en la baja cuenca, mientras que en la alta es más significativo el alto grado de degradación de los suelos que intensifica y acelera sus efectos.

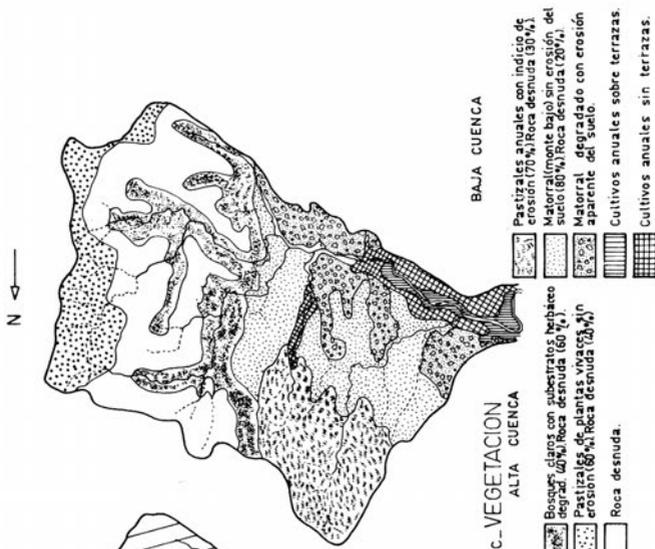
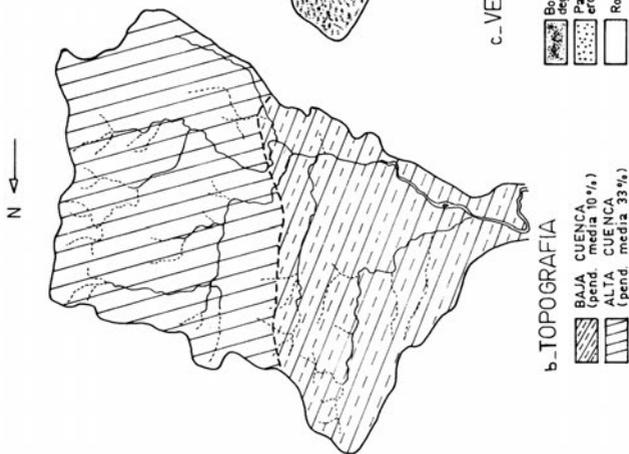
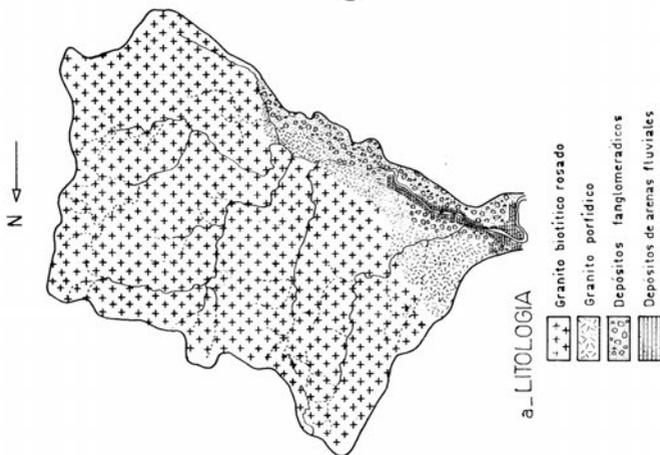
La clasificación adoptada para esta cuenca sigue los criterios de Kozarik y Gallo (1968). Los factores considerados son: 1) factor litológico-edáfico; 2) factor climático; 3) factor topográfico; 4) factor grado de protección hidrológica de la vegetación. Cada una de estas variables, luego de ser analizadas particularmente, son expresadas por símbolos que integran la fórmula de clasificación general.

1) Factor litológico edáfico

La naturaleza de la roca madre y su resistencia a la erosión, que influye directamente sobre el caudal líquido y sólido, constituye un factor clave en la génesis y desarrollo del fenómeno torrencial. Las principales unidades litológicas-edáficas de la cuenca son (fig. 4a):

- a) Ocupando la alta cuenca y gran parte de la baja se presenta un conjunto de rocas eruptivas, fundamentalmente graníticas, con moderada fragmentación mecánica y débil desagregación granular. Los suelos son regosólicos, sin desarrollo genético (perfil C) y alta susceptibilidad a la remoción en masa. (L 12)
- b) Depósitos fanglomerádicos de la baja cuenca, constituidos por rodados graníticos de 5 a 100 cm, con una matriz arenosa gruesa algo calcárea. Suelos incipientes (entisoles) de perfil A/C (serie Los Hornillos), horizonte superficial de escasos centímetros, textura arenosa y alta susceptibilidad a la erosión hídrica. (L 32)
- c) Depósitos de terraza, constituidos por arenas y limos fluviales, generalmente poco estabilizados. Suelos con escaso a moderado desarrollo, perfil A/AC/A (serie

CUENCA DEL RÍO NONO



VALLE DE SAN ALBERTO

PROVINCIA DE CORDOBA (REP. ARGENTINA)

CARTA GEOMORFOLOGICA

REFERENCIAS

TOPOGRAFIA

- Ruta principal
- Población
- Corriente de agua perenne
- Corriente de agua intermitente
- Corriente encausada
- Barranca

FORMAS ESTRUCTURALES

- Cornisa : < 10 m
- Degradada
- Cornisa : 10 a 50 m
- Cornisa > 50 m
- Cornisa ruiniforme

Sup. estructural

- Sup. estructural
- Sup. estructural degradada

FORMAS DE DISECCION

- Reborde de terraza : < 5 m
- Reborde de terraza : > 5 m
- Nicho de deslizamiento
- Valle en V
- Valle de fondo concavo
- Valle en artesa
- Cárcavas
- Valle de fondo plano entallado
- Glacis de denudación
- Glacis de expansión
- Glacis de expansión degradado
- Sup. de aplanamiento
- Sup. de aplanamiento disecada

FORMAS DE ACUMULACION

- Lóbulo de deslizamiento
- Cono de deyección
- Depósito de torrente
- Terraza fluvial

PROCESOS ACTIVOS

- Escurrimiento concent.
- Erosión en surcos
- Erosión laminar
- Reptación
- Soliflujión pelicular
- Soliflujión en mantos

MORFOCRONOLOGIA

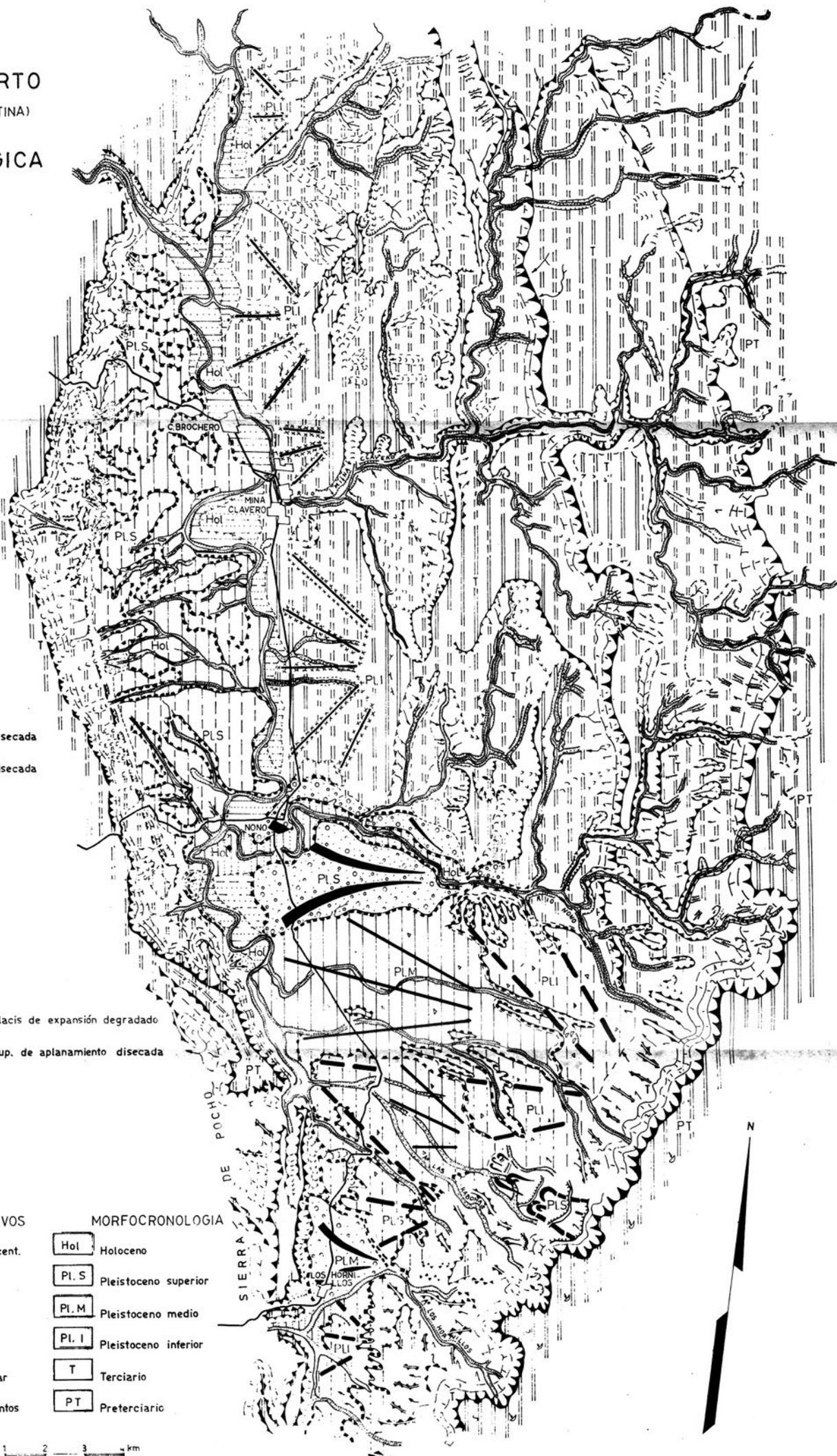
- Hol. Holoceno
- Pl. S. Pleistoceno superior
- Pl. M. Pleistoceno medio
- Pl. I. Pleistoceno inferior
- T. Terciario
- P.T. Preterciario

REPUBLICA ARGENTINA



SITUACION RELATIVA

0 1 2 3 4 km



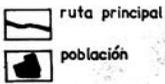
SIERRA DE ACHALA

VALLE DE SAN ALBERTO

PROVINCIA DE CORDOBA

CARTA DE CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

REFERENCIAS



CLASES DE CAPACIDAD DE USO

Tierras aptas para todo tipo de cultivo adaptado climáticamente	Clase II	Agricultura con ligeras limitaciones o ligeros riesgos. Prácticas de manejo simple. Rotación: E-E-G-F o E-C-C-F
	Clase III	Agricultura con limitaciones o riesgos moderados. Prácticas de manejo más complejas. Rotación: E-E-C-F
Tierras aptas para cultivos limitados	Clase IV	Agricultura con limitaciones o riesgos severos. Prácticas de manejo y conservación aun mas difíciles y complejas. Rotación: E-C-F o E-C-F-F
Tierras generalmente no aptas para cultivos	Clase VI	Limitaciones moderadas para pasturas permanentes. Limitaciones ligeras para forestales.
	Clase VII	Limitaciones severas para pasturas permanentes. Limitaciones moderadas para forest.
Tierras miscelaneas	Clase VIII	Tierras aptas solo para reserva natural.

Nota: E: cultivo de escarda, C: cultivo compacto, F: cultivo forrajero

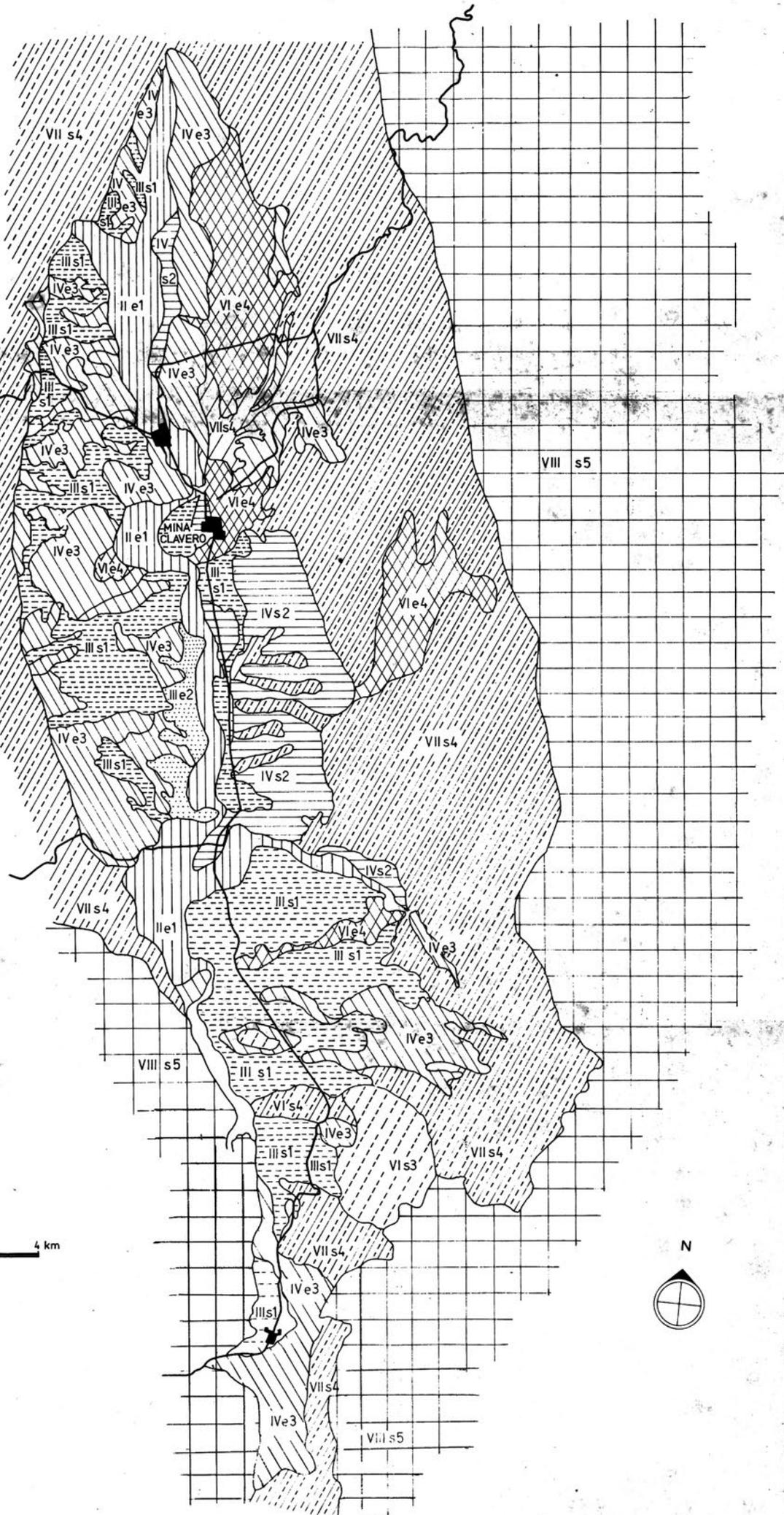
SUB-CLASES Y UNIDADES DE CAPACIDAD DE USO

e: erosión S: limitación en la zona radicular

	e1	Susceptibilidad a la erosión hídrica en suelos con sub-suelo desarrollado.
	e2	Susceptibilidad a la erosión hídrica en suelos con sub-suelo poco desarrollado.
	e3	Susceptibilidad a la erosión hídrica en suelos con pendientes moderadas y sub-suelo poco desarrollado.
	e4	Susceptibilidad a la erosión hídrica en suelos con sub-suelo sin ningún desarrollo.
	s1	Baja capacidad de retención de humedad causadas por capas de texturas gruesas.
	s2	Alcalinidad suficiente para limitar el crecimiento de las plantas
	s3	Texturas gruesas y muy gruesas que limitan la penetración de raíces y fertilidad natural
	s4	Pedregosidad excesiva que impide el desarrollo pedogenético
	s5	Roccosidad excesiva que impide la penetración de raíces y desarrollo pedogenético



0 1 2 3 4 km



VALLE DE SAN ALBERTO

PROVINCIA DE CORDOBA

CARTA BASICA DE SUELOS

REFERENCIAS

- ruta principal
- poblacion
- corriente de agua intermitente
- corriente encausada

SUELOS (Fases)

- H2 erosión hidrica moderada
- H3 erosión hidrica severa
- H4 erosión hidrica grave
- d3 drenaje bueno
- d4 drenaje algo excesivo
- d5 drenaje excesivo
- r4 rocosidad elevada
- r5 rocosidad excesiva

- Br** Serie Brochero
- Sa** Serie Los Sauces
- Al** Serie San Alberto

fr./fc.lim. fr.lim. fc.arca. fr.lim. fr./fc.lim.	 A1 21	fr./fc.lim. fr./fc.lim. fr./fc.lim. fr./fc.lim.	 B2 62	fr./fc.lim. fr./fc.lim. fr./fc.lim.	 Cca
--	--------------	--	--------------	---	---------

- Ho** Serie Los Hornillos
- No** Serie Nono
- Sl** Serie San Salvador

fr.ar. ar.gr. bloq.	 A1 21	fr./fc.lim. fr./fc.lim. fr./fc.lim.	 B2 62	fr./fc.lim. fr./fc.lim.	 Cca
---------------------------	--------------	---	--------------	----------------------------	---------

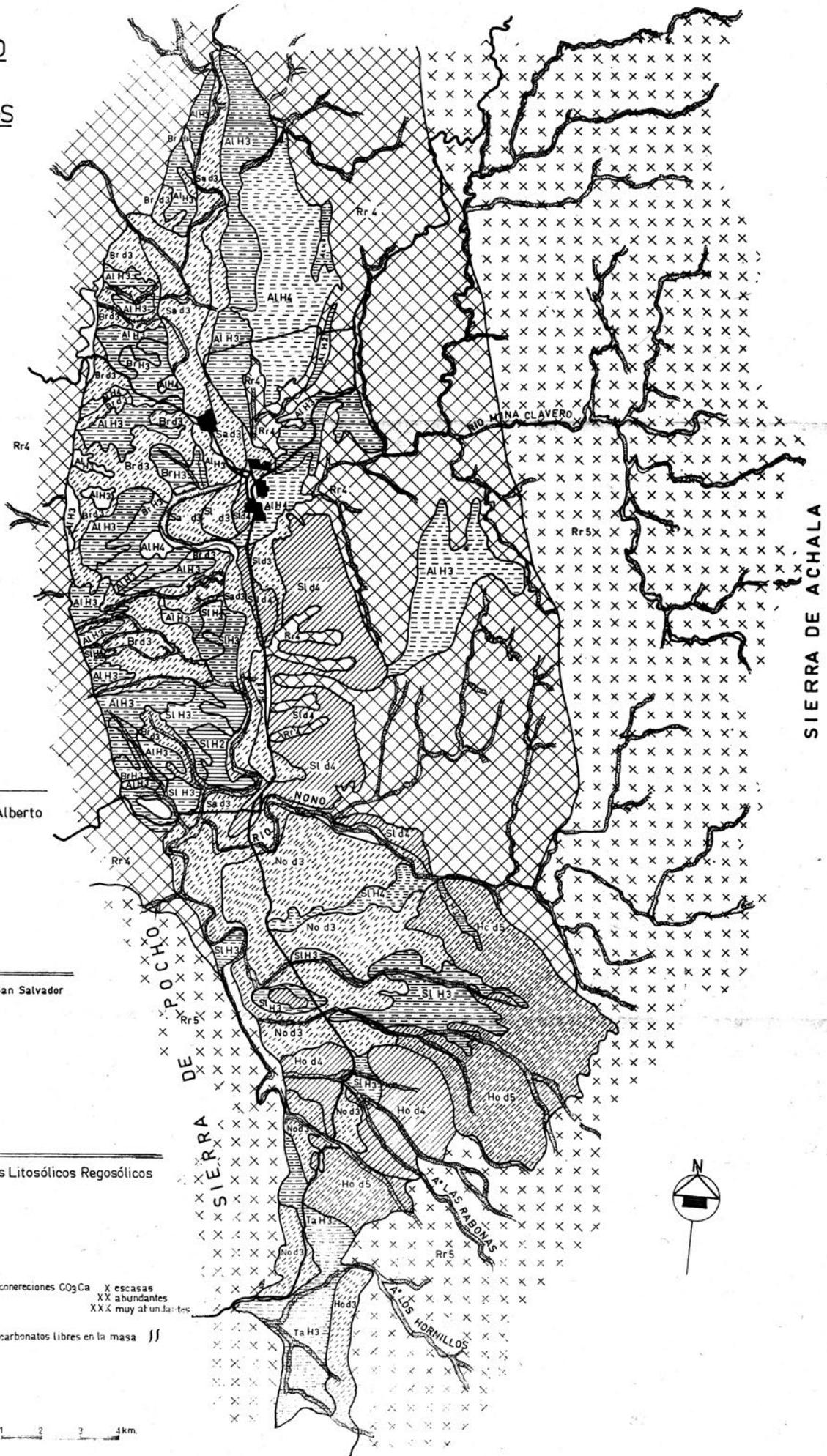
- Ta** Serie Las Tapias
- R** Suelos Litosólicos Regosólicos

fr./fc.lim. fr.ar. fc.lim.	 A 13	 AC 34	 Cca
----------------------------------	-------------	--------------	---------

- ar gr arenoso grueso
- fr ar franco arenoso
- fr franco
- fr.lim. limoso
- fr.ar.lim. franco arcillo limoso
- fr.arc.ar. franco arcillo arenoso
- conexiones CO₃Ca X escasas
XX abundantes
XXX muy abundantes
- carbonatos libres en la masa JJ



1000. 500 0 1 2 3 4km.



San Alberto, San Salvador), bien drenados y ligera susceptibilidad a la erosión hídrica. (L 43)

2) Factor climático

En páginas anteriores se analizaron los efectos del clima en la génesis de los procesos geomórficos que han modelado las formas. Para evaluar la susceptibilidad de la cuenca a la erosión en función de dicho parámetro, se emplea el índice de Fournier que expresa el volumen de material denudable por unidad de superficie y tiempo. Dicho índice surge del coeficiente p^2/P donde:

$$p^2 = \text{máxima precipitación media mensual}$$

$$P = \text{precipitación media anual}$$

$$\text{Alta cuenca } \frac{p^2}{P} = \frac{145 \text{ mm}}{962 \text{ mm}} = \frac{21025}{962} = 21,8$$

$$\text{Baja cuenca } \frac{p^2}{P} = \frac{111 \text{ mm}}{621 \text{ mm}} = \frac{12321}{621} = 19,8$$

Con estos valores se recurre al gráfico de Fournier donde mediante la curva correspondiente a cuencas de relieve acentuado, enclavadas en regiones áridas o semi-áridas, se obtiene el volumen de degradación en toneladas/Km²/año. El cuadro III permitió calificar la susceptibilidad erosiva como de *intensidad media* (d3), a *débil* (d2).

La intensidad erosiva establecida se refiere solo a la erosión potencial en función de las precipitaciones anuales o estacionales. Está claro que variantes derivadas de la litología y los suelos, la cobertura vegetal, la mor-

fometría, la acción antrópica, etc., pueden modificar sustancialmente esta valoración.

3) Factor topográfico

Un aspecto principal de la influencia del relieve en la denudación de las tierras, está representado por las pendientes, que condicionan la capacidad de erosión (competencia) y de transporte (carga límite) del escurrimiento superficial.

El cálculo de las pendientes medias se efectuó tomando como base dos zonas diferenciadas morfométricamente: la alta y baja cuenca. El primer sector comprende la escarpa de Achala donde los cauces discurren por profundas quebradas que alternan con las áreas menos abruptas de los interfluvios locales, remanentes de antiguas superficies de erosión. La baja cuenca presenta un relieve de antiguas llanuras de piedemonte, integradas por glacis de expansión y conos aluviales, que contrastan con los pedimentos desarrollados sobre el granito.

En la determinación de las pendientes medias se utilizó la cartografía plani-altimétrica del Instituto Geográfico Militar, obteniéndose para la alta cuenca una pendiente media del 30% y para la baja del 10% (fig. 4b). De acuerdo al cuadro IV el factor topográfico estaría representado por un *relieve fuerte* (p5) para la alta cuenca y un *relieve mediano* para la baja (p3).

C U A D R O III

Calificación	Degradación en tn/km ² /año	Símbolo
Denudación geológica normal.	0 - 100	d1
Erosión débil	100 - 1000	d2
Erosión media	1000 - 2000	d3
Erosión fuerte	2000 - 3000	d4
Erosión excesiva	+ - 3000	d5

C U A D R O IV

Pendientes medias (%)	Tipo	Símbolo
0 - 3	plano	p1
3 - 7	suave	p2
7 - 12	mediano	p3
12 - 20	accidentado	p4
20 - 35	fuerte	p5
35 - 50	muy fuerte	p6
50 - 75	escarpado	p7
+ - 75	muy escarpado	p8

C U A D R O V

Símbolos	Tipos de cobertura vegetal	Ind. prot. hidr.
<i>Vegetación leñosa</i>		
1a	Bosques densos (sin ninguna erosión)	1,0
1b	Bosques claros c/subestr. herbáceo denso	0,8 - 0,9
1c	Bosques claros c/subestr. degradado	0,4 - 0,6
2a	Matorral (monte bajo) s/erosión	0,8 - 0,9
2b	Matorral degradado, con erosión aparente	0,4 - 0,5
<i>Vegetación herbácea</i>		
3a	Pastizales de plantas vivaces s/erosión	0,8 - 0,9
3b	Pastizales degradados c/erosión aparente	0,4 - 0,5
3c	Pastizales anuales completos c/erosión	0,6 - 0,7
3d	Pastizales anuales degradados c/erosión	0,3 - 0,4
4	Terrenos totalmente erosionados o desnudos	0,0
<i>Tierras cultivadas</i>		
5a	Cultivos anuales sobre terrazas	0,7 - 0,9
5b	Cultivos anuales sin terrazas	0,2 - 0,4
6	Cultivos de leguminosas forrajeras	0,6 - 0,8
7a	Huertos sobre terrazas	0,8 - 0,9
8	Terrenos llanos o casi llanos	1,0

4) Factor grado de protección hidrológica de la vegetación

Es conocido el papel que desempeña la cubierta vegetal en el ciclo hidrológico de una cuenca. La combinación racional de árboles, arbustos y pastos proporciona una completa protección al suelo, frenando el escurrimiento, facilitando la infiltración y evitando la desaparición del horizonte orgánico del suelo.

Para establecer el grado de protección hidrológica se consideraron tres factores: densidad, estado de cada tipo de formación vege-

tal y uso de la tierra. Como la mayoría de las unidades mapeadas no son puras sino combinación de dos o más, se introdujeron índices compuestos que expresan el porcentaje de superficie ocupado por cada fisonomía (fig. 4c).

El grado de protección se determina multiplicando el área de cada fisonomía por un índice patrón; a su vez, el cociente entre la superficie total reducida y la del total de la cuenca revela el grado de protección, que oscila entre 0,0 para terrenos completamente erosionados y 1 para terrenos totalmente protegidos.

C U A D R O VI

Clase	Protec. Hidrológica	Índice
V1	máxima	1,0
V2	considerable	0,8 - 0,99
V3	moderada	0,6 - 0,79
V4	insuficiente	0,4 - 0,59
V5	débil	0,2 - 0,39
V6	mínima	0,0 - 0,19
V7	nula	0,0

	Sup. (has)	Indice Prot. Hidr.	Superficie reducida
Alta cuenca			
(1b+4) Bósque claro c/substrato denso (40%) . Roca desnuda (60%)	1675	0,4	670
(3a+4) Pastizales sin erosión /60%) Roca desnuda (40%)	1200	0,5	600
(4) Terrenos totalmente desnudos	<u>2450</u>	0,0	<u>---</u>
	5325		1270
Baja cuenca			
(3c+4) Pastizales anuales c/erosión (70%) Suelo desnudo (30%)	1400	0,4	560
(2a+4) Matorral s/erosión (80%) suelo desnudo 20%	1825	0,5	912
(2b) Matorral degradado c/erosión	1125	0,4	450
(5b) Cultivos anuales sin terrazas	487	0,6	292
(5a) Cultivos anuales sobre terrazas	<u>238</u>	0,8	<u>190</u>
	5075		2404

$$\text{INDICE DE PROTECCION ALTA CUENCA} = \frac{1270}{5325} = 0,238$$

$$\text{INDICE DE PROTECCION BAJA CUENCA} = \frac{2404}{5075} = 0,474$$

De acuerdo al Cuadro VI la alta cuenca presenta un grado de protección hidrológica *débil* y la baja *insuficiente*.

Fórmulas de clasificación

En la fórmula general aplicada en este sistema de clasificación se muestra la dependencia entre el fenómeno torrencial y los principales factores que en este intervienen, lo cual puede expresarse con la siguiente relación:

$$\frac{C \times P}{L \times V} \quad \text{en la que:} \quad \begin{array}{l} C = \text{CLIMA} \\ P = \text{RELIEVE} \\ L = \text{LITOLOGIA} \\ V = \text{VEGETACION} \end{array}$$

Las combinaciones posibles que surgen del análisis de las características de esta cuenca son cuatro:

- I) Clima de la alta cuenca moderadamente susceptible a la degradación; relieve fuerte; litología granítica con suelos erosionables; débil protección hidrológica de la vegetación.

$$I = \frac{d3}{L12} \cdot \frac{p5}{V5}$$

- II) Clima de la baja cuenca débilmente susceptible a la degradación; relieve mediano; litología granítica con suelos erosionables; insuficiente protección hidrológica de la vegetación.

$$II = \frac{d2}{L12} \cdot \frac{p3}{V4}$$

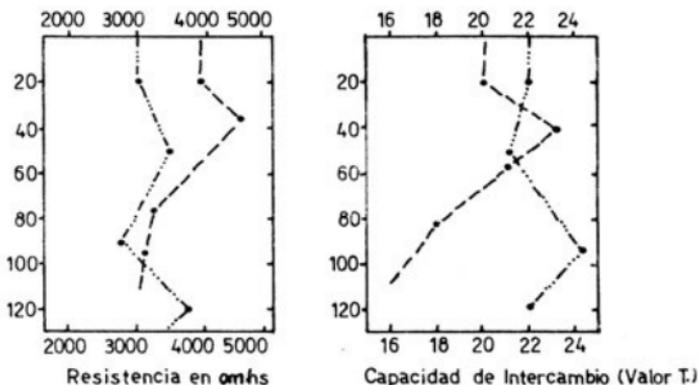
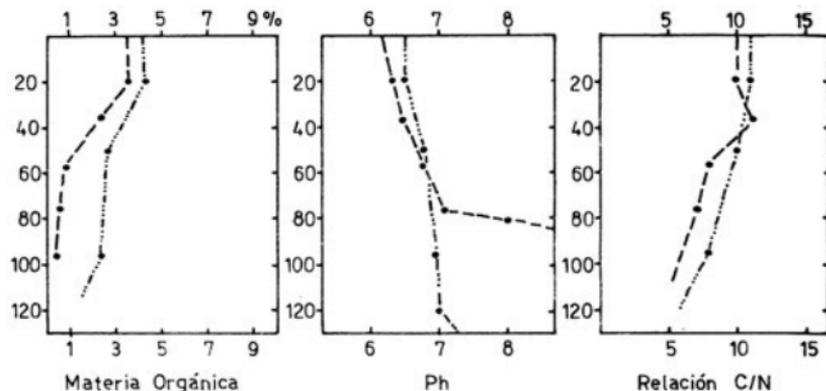
- III) Clima de la baja cuenca débilmente susceptible a la degradación relieve mediano; litología de sedimentos fanglomerádicos con suelos erosionables; insuficiente protección hidrológica de la vegetación.

$$III = \frac{d2}{L32} \cdot \frac{p3}{V4}$$

- IV) Clima de la baja cuenca débilmente susceptible a la degradación; relieve mediano; litología de sedimentos fluviales, con suelos poco erosionables; insuficiente protección hidrológica de la vegetación.

$$IV = \frac{d2}{L42} \cdot \frac{p3}{V4}$$

Relación entre características de un suelo bajo riego
(Serie Los Sauces) y otro sin riego (Serie Brochero).



-----●----- Serie BROCHERO
 - - - - -●- - - - - Serie LOS SAUCES

Serie San Alberto

Se encuentra sobre las superficies tabulares, suavemente inclinadas, que ya sea como formas aterrazadas o glacés de inundación, se

disponen a ambos lados del río Los Sauces. La parte superior es arenosa, de color pardo oscuro y estructura en bloques. A los 20 cm, pasa a un estrato de textura franco arenosa, color pardo oscuro, estructura en bloques y

abundantes concreciones calcáreas. Aproximadamente a los 35 cm, pasa discontinuamente a otra capa de textura franca a franco limosa, color pardo oscuro, estructura masiva y abundantes carbonatos en la masa.

Serie Los Sauces

Ocupa las terrazas del sistema fluvial actual del río Los Sauces. Es un suelo poco profundo, ligeramente ácido en superficie y alcalino en profundidad, bien drenado, que se ha desarrollado a partir de un sedimento fluvial de textura franco arenosa. La parte superior (A1) es de color pardo oscuro, textura franca y estructura en bloques. A los 20 cm, pasa a un horizonte más arcilloso (B2) de color pardo oscuro, textura franco arcillosa, estructura en prismas y abundantes barnices. A los 75 cm pasa al sustrato (C) de color pardo, textura franca a franco arenosa, estructura masiva y abundantes concreciones de carbonatos.

Serie San Salvador

Se desarrolla sobre los depósitos aluviales y eólicos que cubren diversas formas de la región. Es un suelo somero, alcalino, bien drenado, que se ha formado a partir de un material originario loésico retransportado. La parte superior (A1) es de color pardo grisáceo oscuro, textura franco arenosa, y estructura en bloques moderados. A los 15 cm pasa transicionalmente a un horizonte de textura más fina (AC) y a los 40 cm, pasa bruscamente al sustrato (C) de color pardo oscuro textura franca, estructura masiva y abundantes carbonatos en la masa.

Serie Nono

Comprende gran parte del área ocupada por el antiguo cono de deyección del río Nono, cubierto por una capa de materiales loésicos. Es un suelo somero, bien drenado, ligeramente alcalino en superficie y moderada a

fuertemente en profundidad, que se ha desarrollado a partir de un material loésico de textura franco limosa. La parte superior, (A1) es friable, color pardo oscuro, textura franca y estructura en bloques. A los 18 cm, pasa a un horizonte más arcilloso (B2) de color pardo grisáceo oscuro, textura franco arcillo limosa, estructura en prismas irregulares y barnices abundantes. Aproximadamente a los 67 cm, pasa al sustrato (C) de color pardo amarillento oscuro, textura franco limosa, estructura masiva y abundantes carbonatos diseminados en la masa.

Serie Los Hornillos

Se ubica sobre la superficie degradada del glacis de expansión superior, adosado a la cadena de Achala. Es un suelo incipiente, excesivamente drenado, alcalino en todo el perfil, que se ha desarrollado a partir de un material aluvial de textura arenosa.

La parte superior (A1) es de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa y estructura en bloques. Hacia abajo pasa gradualmente al sustrato paralítico (II R) de color pardo oscuro, textura guijonosa y estructura de grano suelto.

Serie Las Tapias

Ocupa el antiguo abanico aluvial del río Los Hornillos y los restantes conoides que se disponen sobre el piedemonte a la salida de las quebradas de la escarpa de Achala. Similar en los aspectos geomórficos a la serie Nono, difiere en los caracteres pedogenéticos debido a la inexistencia, en esta serie, de riego eventual. Es un suelo somero, bien drenado, alcalino en todo el perfil, que se ha desarrollado a partir de un material loésico secundario. La parte superior (A1) es de color pardo oscuro, textura franco arcillo limosa y estructura en prismas. A los 35 cm, pasa abruptamente al sustrato (C) de color pardo, textura franco limosa, estructura masiva y moderados carbonatos en la masa.

Suelos Litosólicos y Regosólicos

Ocupan las vertientes abruptas y superficies cumbrales de las sierras de Achala y Pocho, donde la desagregación granular y la fragmentación mecánica, sumado al arrastre por erosión mantiforme y remoción en masa, limitan la evolución edáfica. La presencia esporádica de suelos con mayor desarrollo genético ligado a la influencia local del micro y meso-relieve, no alcanza una extensión suficiente como para ser mapeada.

Relaciones relieve-suelo

Los suelos del valle de San Alberto se adaptan en general a las condiciones del relieve, coincidiendo las principales series con unidades geomórficas definidas. Sin embargo, las interrelaciones no siempre expresan identidad espacial o cronológica entre los procesos morfogénéticos y los que han dado origen a los suelos existentes sobre ciertas formas.

En tal sentido, en los depósitos aterrazados de la margen derecha del río Los Sauces, dos series (Brochero y San Alberto) son expresión de distintos procesos pedogenéticos definidamente condicionados por la morfodinámica. La primera, que ocupa los valles interiores de fondo plano, encuentra en el escurrimiento torrencial concentrado el factor predominante en su desarrollo. Por el contrario, la serie S. Alberto, ubicada sobre los remanentes de una antigua superficie de erosión que constituye los interfluvios locales, está fuertemente condicionada por la alternancia erosión-sedimentación del escurrimiento mantiforme.

CAPACIDAD DE USO DE LOS SUELOS

La capacidad de uso de un suelo, derivada de sus caracteres intrínsecos y extrínsecos, constituye una información valiosa para establecer las posibilidades productivas de una región desde el punto de vista agronómico.

Generalmente la clasificación de aptitud se efectúa a partir del perfil del suelo. Es evidente que si a dicha información se adicionan los aspectos morfogénéticos o morfodinámicos se alcanzaría una determinación más objetiva y realista de las posibilidades productivas de una región.

Sistema de clasificación

El sistema comprende tres grandes categorías: clase, sub-clase y unidad de capacidad de uso. Las clases indican el aumento progresivo de las limitaciones para el desarrollo de los cultivos. Existen ocho clases, incluyendo las cuatro primeras los suelos aptos para agricultura. La clase I, requiere poco o ningún tratamiento o manejo especial. Las clases II, III y IV, necesitan grados crecientes de cuidado y protección. Las clases V a VII, por lo general no son aptas para cultivos y precisan cuidados progresivamente más intensos, aún cuando se destinen a pasturas o forestación. Finalmente, la clase VIII no tiene aplicación agrícola o ganadera, solo sirve para recreación, para conservación de la fauna silvestre, provisión de agua y/o fines estéticos.

Las sub-clases informan sobre los tipos principales de limitaciones de las clases. La sub-clase "e": *erosión*, está integrada por suelos en los cuales la susceptibilidad a la erosión es el problema o peligro dominante para su uso. La sub-clase "s": *limitaciones del suelo dentro de la zona radical*, incluye suelos cuyos problemas son: escasa profundidad, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o alcalinidad y bajo nivel de fertilidad. La sub-clase "h": *humedad*, está constituida por suelos en los cuales el exceso de humedad es el riesgo o la limitación permanente. La sub-clase "c", *limitación climática*, está compuesta por suelos en los cuales el clima es la mayor limitación.

La unidad de capacidad de uso provee información específica y detallada para la solución de los problemas agronómicos. Es decir, permite definir un conjunto de alternativas razonablemente uniformes para el manejo del

agua, el suelo y las plantas, dentro de la unidad.

Las unidades taxonómicas de suelo cartografiadas (mapa básico de suelos), se incluyen dentro de las clases, sub-clases y unidades de capacidad de uso (representadas en el mapa respectivo), que a continuación se describen. **CLASE II:** los suelos incluidos bajo esta clase tienen ligeras limitaciones que exigen prácticas simples de manejo y conservación, especialmente cuando se los cultiva. Son adecuados para la agricultura, pastura y forestación. Presentan las siguientes sub-clases y unidades:

- II s1: baja capacidad de retención de humedad causada por capas de textura gruesas.
Serie Los Sauces (fase por drenaje).

CLASE III: Los suelos incluidos bajo esta clase tienen limitaciones moderadas que reducen la elección de plantas o requieren prácticas especiales de conservación o ambas a la vez. Las limitaciones restringen la elección de cultivos, épocas de siembra, laboreo y cosecha. Presentan las siguientes sub-clases y unidades:

- III s1: baja capacidad de retención de humedad causada por capas de texturas gruesas.
Serie Brochero (fase por drenaje).
Serie Nono (fase por drenaje).
Serie San Salvador (fase por drenaje).

- III e2: susceptibilidad a la erosión hídrica en suelos con sub-suelo poco desarrollado.
Serie San Salvador (fase por erosión hídrica moderada).

CLASE IV: son suelos con limitaciones más severas que las de la clase III, cuando están cultivados requieren prácticas de manejo y conservación aún más difíciles y complejas. Generalmente son adecuados sólo para una estrecha gama de cultivos. No obstante, pueden ser utilizados para pasturas y otros usos de la

tierra. Presentan las siguientes sub-clases y unidades.

- IV e3: Susceptibilidad a la erosión hídrica en suelos con pendientes moderadas y sub-suelos poco desarrollados.
Serie San Alberto (fase por erosión hídrica severa);
Serie San Salvador (fase por erosión hídrica severa);
Serie Brochero (fase por erosión hídrica severa);
Serie Las Tapias (fase por erosión hídrica severa);
- IV s2: Alcalinidad suficiente para limitar el crecimiento de las plantas.
Serie San Salvador (fase por drenaje algo excesivo).

CLASE VI: son suelos con limitaciones severas y continuas para la producción de cultivos, aunque algunos pueden ser usados para tal fin a condición de que se efectúen prácticas de manejo muy poco comunes. Es conveniente aplicar ciertas medidas de mejoramiento para la producción de pasturas o forestales. Presentan las siguientes sub-clases y unidades:

- VI e4: Susceptibilidad a la erosión hídrica en suelos sin ningún desarrollo.
Serie San Alberto (fase por erosión hídrica grave);
Serie San Salvador (fase por erosión hídrica severa);
Serie Brochero (fase por erosión hídrica severa);
- VI s3: Texturas gruesas y muy gruesas que limitan la penetración de raíces y la fertilidad natural.
Serie Los Hornillos (fase por drenaje algo excesivo).

CLASE VII: suelos con muy graves limitaciones, resultando totalmente ineptos para los cultivos. Su uso queda reducido exclusivamente a pasturas naturales y/o forestación. Presentan las siguientes sub-clases y unidades:

VII s4: Texturas muy gruesas y pedregosidad excesiva que impide el desarrollo pedogenético y la penetración de raíces.

Serie Los Hornillos (fase por drenaje excesivo);
Suelos regosólicos.

CLASE VIII: Suelos con limitaciones muy severas cuya única utilidad es conservación de la flora y fauna silvestre o recreación. Presentan las siguientes sub-classes y unidades:

VIII s5: Roccosidad excesiva que impide la penetración de raíces y el desarrollo pedogenético.
Suelos litosólicos y regosólicos.

Agradecimientos

Entre las personas que posibilitaron la ejecución del presente trabajo deseo destacar el permanente estímulo brindado por el Dr. Ricardo Capitanelli, las sugerencias y observaciones sobre aspectos litoestratigráficos aportadas por el Dr. Florencio G. Aceñolaza y la lectura crítica del capítulo referido a Suelos, efectuada por el Dr. Jorge Sanabria.

BIBLIOGRAFIA

- ARENS, P., 1969. Algunos paisajes geoquímicos de la región pampeana. Actas 5a. Reunión Arg. de la Ciencia del Suelo.
- BIROT, P., 1970. Esquisse comparative des différents types du modelé en roches cristallines dans la zone tempérée chaude de l'Amérique du Sud. Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, 12, 4.
- BORDAS, A., 1957. Argumentos paleontológicos y climáticos para establecer relaciones estratigráficas del Pleistoceno-Holoceno de Argentina.- Ameghiniana, 1, 1-2.
- CAPITANELLI, R., 1970. Clima de la Provincia de Córdoba (Inédito).
- CASTELLANOS, A., 1942. Los sedimentos prepampeanos del valle de Nono (sierras de Córdoba). Public. del Instituto de Fisiografía y Geología de la Universidad Nacional del Litoral 13.
- GALLO, F., y KOZARIK, J., 1968. Clasificación cualitativa de la cuenca del arroyo Belisario.- Revta Ing. Forestal, 2.
- GONZALEZ BONORINO, F., 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Revta Asoc. Geol. argent. 20, 1.
- GORDILLO C., y LENCINAS A., 1972. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. En Geología regional de la República Argentina. Academia Nacional de Ciencias.
- GROSS W., 1948. Cuadro tectónico del valle de Puzilla. Revta Asoc. geol. argent. 3, 2.
- LEOPOLD, L., WOLMAN, M., MILLER, J., 1964. Fluvial processes in Geomorphology. Freeman and Co.
- MAZZA, C. y GRAZAN, A., 1971. Contribución al conocimiento de las costras y encostramientos calcáreos del sur de la provincia de Buenos Aires, Rep. Argentina. Revta Asoc. geológica argen 26, 4.
- NICOLI, H., LUCERO, H., y GAMBA, M., 1972. Observaciones geológico-tectónicas y consideraciones sobre la geoquímica del uranio en las plutonitas de las sierras Los Gigantes. Actas 5to Congreso Geológico Argentino, Tomo II.
- POLANSKI, J., 1966. Flujos rápidos de escombros rocosos en zonas áridas y volcánicas. EUDEBA.
- OLSACHER, J., 1972. Descripción geológica de la hoja 21h Cerro Champaquí. Dirección Nacional de Geología y Minería.
- SCHMIEDER, O., 1921. Apuntes geomorfológicos de la Sierra Grande de Córdoba. Boln Nac. de Cienc., Córdoba, 25.
- WILSON, L., 1969. Les relations dans les processus geomorphologiques et le climat moderne comme méthode de paleoclimatologie. Rev. de Geogr. Physique et de Géol. Dynamique, 21, 3.

J. M. SAYAGO

Fundación Miguel Lillo

Miguel Lillo 251

4000 San Miguel de Tucumán

República Argentina