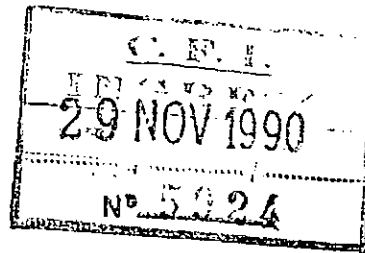


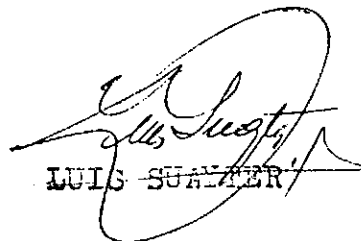
San Miguel de Tucumán, Noviembre 27 de 1990.-

Al Señor Secretario del  
Consejo Federal de Inversiones  
Ing. JUAN JOSE CIACERA  
San Martín N° 871  
1.004 - Buenos Aires.-



Tengo el agrado de dirigirme a Ud., a los efectos de remitirle la Tercera Parte del SUBPROYECTO N° 1 "USO DEL SUELO FACTORES DE RIESGO GEOLOGICOS Y DETERMINACION DE CUENCAS Y MICROCUENCAS DE LA PROVINCIA DE TUCUMAN".

Sin otro particular, me despido de Ud., con las expresiones de su especial distinción.

  
LUIS SUAREZ

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

P R O Y E C T O

ORIGEN Y DESARROLLO DEL SISTEMA URBANO DE LA PROVINCIA DE TUCUMAN

Subproyecto n° 1:

"USO DEL SUELO - FACTORES DE RIESGO GEOLOGICO Y  
DETERMINACION DE CUENCAS Y MICROCUENCAS"

Experto: Dr. Luis Eduardo SUAYTER

Tercera Etapa - Proyectos

## I N D I C E

### Introducción

- Pág. 1 Zonificación Sísmica de la Provincia de Tucumán. Introducción.-
- Pág. 11 Zonificación Sísmica. Antecedentes históricos para Tucumán.-
- Pág. 15 La Planificación vinculada al desarrollo físico para asentamientos humanos en las regiones propensas a terremotos. Introducción.-
- Pág. 28 Riesgo Geológico. Departamento Tafí Viejo y La Cocha.-
- Pág. 41 Zonificación General de Riesgo Geológico. Introducción.-
- Pág. 48 Degradación de los suelos por causas naturales o provocadas. Acciones a desarrollar para atenuar sus consecuencias. Introducción.-
- Pág. 53 Las inundaciones y la erosión hídrica en los Departamentos Tafí Viejo y La Cocha. Provincia de Tucumán. Características general de los procesos. Introducción.-
- Pág. 77 Las aguas superficiales en el Departamento La Cocha. Caracterización y Protección del Recurso. Río Marapa.-
- Pág. 83 Los Meandros.-
- Pág. 87 Diques de Escollera.-
- Pág. 89 Características climáticas del Departamento Tafí Viejo. Clima.-
- Pág. 94 Hidrogeología del Borde Oriental de la Sierra de San Javier y Cumbres Calchaquies. Introducción.-
- Pág. 96 El recurso agua en el Departamento Tafí Viejo. Introducción.-
- Pág. 103 Departamento Tafí Viejo. Proyecto. Obras de corrección de la cuenca del Arroyo El Tala.-
- Pág. 107 Cuenca del Río de Las Piedras: características hidrológicas. Inundaciones y Erosión. Introducción.-
- Pág. 116 Departamento Tafí Viejo. Proyecto. Sistematización de la cuenca. Río Las Piedras. Introducción.-

- Pág. 119 Departamento de Tafí Viejo. Proyecto. Proyecto de reforestación y recuperación de cuencas con bosques de Aliso en el Departamento de Tafí Viejo. Introducción.-
- Pág. 121 Departamento de Tafí Viejo. Proyecto. Aprovechamiento de recurso pétreos no tradicionales. Objetivos.-
- Pág. 123 Departamento Tafí Viejo. Proyecto. Rehabilitación o aprovechamiento de antiguas y recientes canteras en el área de San Miguel de Tucumán y zonas aledañas (Municipios de Yerba Buena, Tafí Viejo y Banda del Río Salí). Introducción.-
- Pág. 128 Departamento Tafí Viejo. Proyecto. Proyecto minero-industrial para la instalación de una planta elaboradora de Cal Química en el Departamento de Tafí Viejo, Provincia de Tucumán. Introducción.-
- Pág. 132 Proyecto: Caminos. Vías de comunicación en el sector occidental del Departamento Tafí Viejo. Introducción.-
- Pág. 135 Departamento La Cocha. Proyecto. Evaluación de factibilidad de aprovechamiento integral de las pegmatitas de las Cumbres de Potrerillos y Los Llanos y Cuarzo de Cerro Quico. Introducción.-
- Pág. 138 Departamento de La Cocha. Proyecto. Aprovechamiento integral del Granito de San Ignacio y Los Pinos. Departamento de La Cocha. Provincia de Tucumán. Introducción.-
- Pág. 142 Departamento La Cocha. Proyecto. Aprovechamiento del agua subterránea para riego en la zona tabacalera de Tucumán. Antecedentes. Introducción
- Pág. 150 Bibliografía.-

## I N T R O D U C C I O N

En el presente informe se exponen las conclusiones de los trabajos de investigación realizados en el marco de la 3a. etapa del Subproyecto n° 1: "Uso del suelo - Factores de riesgo geológico y determinación de cuencas y microcuencas", correspondiente al estudio "Origen y desarrollo del sistema urbano de la provincia de Tucumán".-

En esta etapa se evaluaron las características de los Departamento La Cocha, el más austral de la provincia, y Tafí Viejo, que ocupa una extensa área del centro-oeste tucumano, desde el punto de vista de sus sismicidad y de su vulnerabilidad a los distintos riesgos geológicos que pueden interrumpir su desarrollo.-

Las características físicas y climáticas de dichos sectores son muy diferentes, aunque tienen en común una gran potencialidad agrícola-ganadera que ya ha convertido a Tafí Viejo en uno de los principales centros citrícolas del mundo y está cambiando las bases económicas y la fisonomía de La Cocha, donde ahora se realiza agricultura y ganadería de alto nivel.-

En Tafí Viejo contrasta notablemente el acelerado desarrollo del sector oriental del Departamento, estrechamente vinculado a la capital, con la paz bucólica de la mitad oriental, donde la carencia de medios de comunicación produce aislamiento y estancamiento.-

En ambos Departamentos son un problema de vieja data los desbordes de los torrentes serranos, con su secuela de degradación de los suelos y de acumulación de aluviones en la llanura, dañando sectores urbanos y fincas agrícolas. Hasta ahora esta situación no ha sido encarada en forma sistemática, intentándose soluciones parciales de poca efectividad y corta duración.-

Este problema es tan antiguo que el abandono de la primitiva ciudad de San Miguel de Tucumán, en Ibatín, se debió, entre otras causas, a las inundaciones del río junto al que se encontraba.-

La actividad sísmica en Tucumán, sin alcanzar la magnitud que tiene en Cuyo, por ejemplo, ha causado serios daños a poblaciones tucumanas, completamente indefensas ante este tipo de contingencias.-

En este trabajo se analizan las causas y las consecuencias de estos procesos destructivos y se proponen medidas de índole preventiva y correctiva, porque interpretamos que además de diagnosticar situaciones debemos señalar soluciones.-

Por el progreso de Tucumán esperamos que se concrete alguna de las obras proyectadas.-

Juan Pedro MORENO (Lic. en Cs. Geológicas)

Luis Eduardo SUAYTER (Dr. en Geología)

## ZONIFICACION SISMICA DE LA PROVINCIA DE TUCUMAN

### Introducción

La clasificación del territorio de la provincia de Tucumán según su grado de actividad sísmica se basó en un pormenorizado trabajo de recopilación histórica y de datos aportados por instituciones nacionales e internacionales con el objeto de realizar un mapa de epicentros y contribuir de esta manera al conocimiento sísmico de la región, delimitando áreas críticas, donde la aplicación de normas anti sísmicas en los códigos de construcción se torna indispensable.-

Si bien consideramos que esta información es incompleta, ya que en los lugares de poca actividad sísmica los datos disponibles suelen ser insuficientes para definir la probabilidad de ocurrencia de un sismo de determinada magnitud, no por ello carece de rigor científico, puesto que los fenómenos son descriptos objetivamente, aún teniendo en cuenta que a veces acontecen numerosos registros en zonas donde no existen accidentes morfológicos de importancia o por el contrario, en lugares donde el diastrofismo dejó rasgos bien marcados hay silencio sísmico, que son conocidos únicamente por la estadística de temblores.-

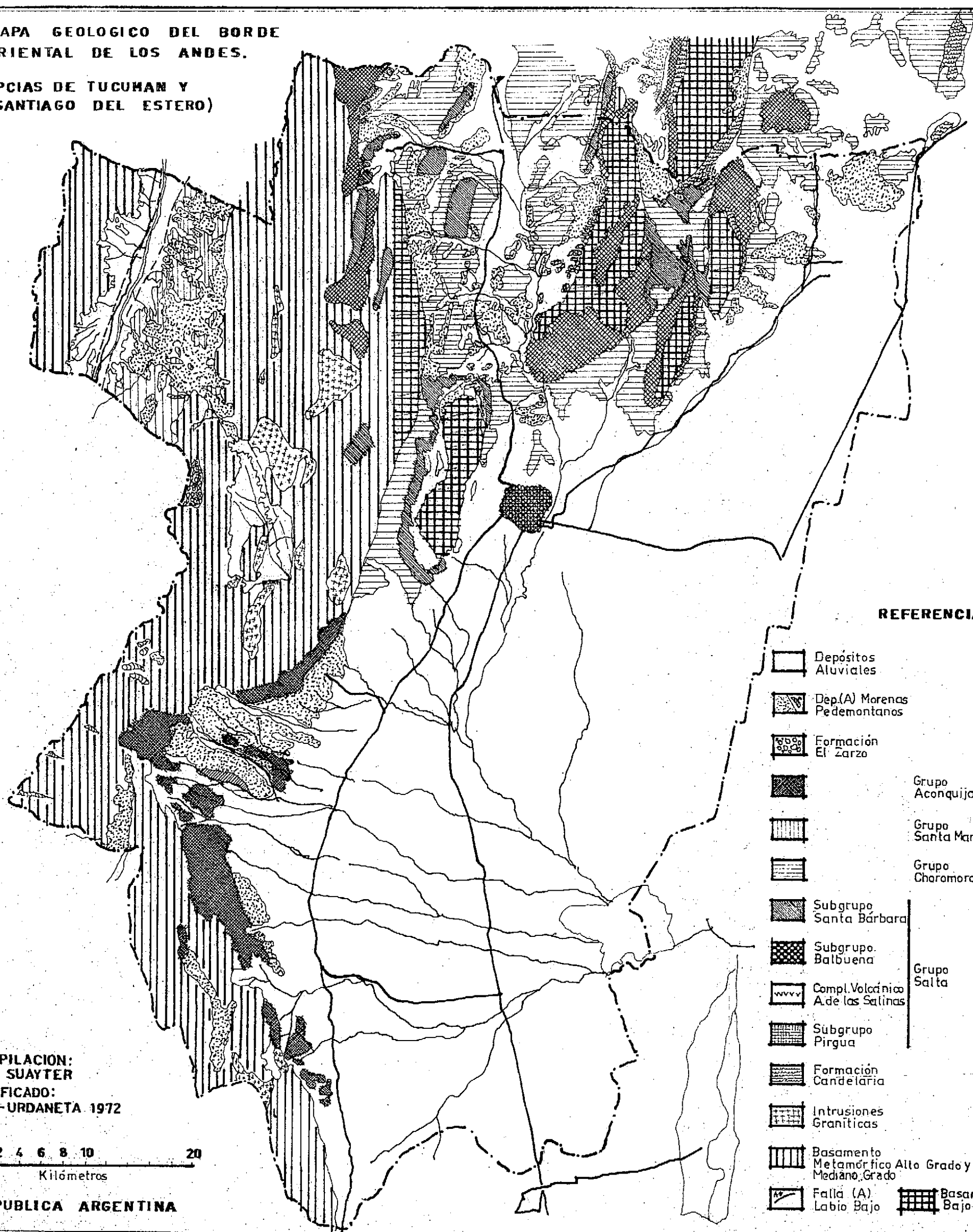
En otras palabras, la instantánea de la actividad sísmica actual tiene que concordar, aproximadamente, con la neotectónica visible, con la geología y las condiciones físicas y estructurales del suelo.

El factor tiempo indica que esta actividad no es constante ni continua, en cierto grado, ni es un fenómeno estático ni estacionario en las diversas regiones continentales.-

Es bien conocido que la respuesta o comportamiento de una estructura a un movimiento sísmico es función de sus características dinámicas, distribución de masas y rigideces, amortiguamiento y ductilidad, y lo que es de suma importancia, de las características dinámicas del movimiento del suelo en el lugar de emplazamiento de la misma.-

**MAPA GEOLOGICO DEL BORDE  
ORIENTAL DE LOS ANDES.**

**(PCIAS DE TUCUMAN Y  
SANTIAGO DEL ESTERO)**



**REFERENCIAS**

	Depósitos Aluviales		
	Dep.(A) Morenas Pedemontanos		CUATERNARIO
	Formación El Zarzo		
	Grupo Aconquija		TERCIARIO SUPERIOR
	Grupo Santa María		
	Grupo Choromoro		TERCIARIO INDEFINIDO
	Subgrupo Santa Bárbara		
	Subgrupo Balbuena		
	Compl. Volcánico A de las Salinas		
	Subgrupo Pirgua		
	Grupo Salta		CRETACICO SUPERIOR
	Formación Candelaria		CAMBRICO
	Intrusiones Graníticas		PALEOZOICO SUPERIOR
	Basamento Metamórfico Alto Grado y Mediano Grado		PALEOZOICO INF. Y/O. PRECAMBRICO
	Falla (A) Labio Bajo		Basam. Metam. Bajo Grado

RECOPILACION:  
LUIS SUAYTER  
MODIFICADO:  
MON-URDANETA 1972

0 2 4 6 8 10 20  
Kilómetros

REPUBLICA ARGENTINA



Teniendo en cuenta todos éstos factores se ha intentado una zonificación sísmica del territorio de la provincia de Tucumán, lo más objetiva posible.-

### Antecedentes

En base a los trabajos realizados por Zossi (1979), Eremchuk, Mon, Suayter y Zossi (1981), Suayter (1984) y Volponi (1982) y los datos estadísticos aportados por el IMPRES, IDIA, OBSERVATORIO NACIONAL DE LA PLATA y UNITED STATES COAST AND GEODETIC SURVEY, juntamente con observaciones y estudio de campo realizados por Suayter y Linares (1986) en el período 1981-86, se puede llegar a definir zonas sísmicas en el territorio de la provincia, concretando un mapa de epicentros y de zonificación sísmica.-

### Geología y Propiedades Geomecánicas de las Rocas (lámina 1)

La provincia de Tucumán, desde el punto de vista geomorfológico, puede dividirse en tres grandes regiones: llanuras, montañas y cuencas intermontanas. Sayago (1982).-

Existen tres categorías de llanuras: pedemontana, aluvial y ondulada.-

La clasificación de las montañas se basa en:

a) Relieve de plataforma en rocas cristalinas basculadas y disectadas (Cumbres de los Llanos y Potrerillo); b) Relieve de plataforma en rocas metamórficas (mediano a alto metamorfismo) y rocas sedimentarias moderadamente plegadas y fracturadas (Sa. del Aconquija, Cumbres Calchaquies y Sa. de Quilmes); c) Relieve de plegamiento en rocas sedimentarias fracturadas con núcleos metamórficos de bajo grado exhumados (Sa. de San Javier, Alto de Vipos, Alto de la Totorá, Cumbres de Raco, Sa. de Medina, Sa. de Nogalito, Sa. de la Ramada y Sa. de El Cajón).-

Las cuencas intermontanas pueden dividirse en:

- a) Relieve de cuevas y mesas sobre rocas sedimentarias moderadamente plegadas (Trancas-Tapia).-
- b) Relieve poligénico sobre rocas sedimentarias fracturadas y basculadas (Santa

María-Valle de Gonzalo).-

En el mapa de la provincia de Tucumán elaborado por Sarudiansky, Suayter et al (1985), es posible distinguir dos unidades morfoestructurales.-

- 1.- Las Sierras pampeanas con un núcleo de rocas metamórficas de mediano a alto grado (Sa. de Aconquija y borde occidental y central de las Cumbres Calchaquies).-
- 2.- El "Sistema Burruyaquense", con un núcleo de rocas metamórficas de bajo grado exhumado y cuyo basculamiento plegó la cobertura Cretácico-Terciaria.-

En este sistema se agrupan las sierras de San Javier, Alto de Vipos, Alto de la Totorá, Cumbres de Raco, Medina, Nogalito, La Ramada y El Campo. Es decir las sierras del borde oriental de las cumbres Calchaquies y las sierras del NE de la provincia de Tucumán.-

En base a los estudios realizados por Suayter y Linares (1986), por el Laboratorio Central de Agua y Energía Eléctrica, Vendramini y Fabre, (1982) se puede inferir que las dos unidades descriptas anteriormente tienen propiedades lito-estructurales disímiles.-

En las Sierras Pampeanas, en los gneis macizos, es posible asignar valores de módulos de deformación de  $70.000 \text{ kg/cm}^2$  y tensiones de  $150 \text{ kg/cm}^2$  a las rocas intactas. Cuando éstas presentan fisuras se reducen considerablemente los valores del módulo de deformación, a cifras que oscilan entre  $9.000$  a  $20.000 \text{ kg/cm}^2$ .-

En las rocas que componen el núcleo metamórfico de bajo grado del Sistema Burruyaquense, compuesto por pizarras y filitas, se puede inferir que el módulo de deformación será muy bajo en relación a los de los gneis macizos, a causa de las discontinuidades estructurales -planos S- propios de estas rocas.-

Aunque no se realizaron ensayos "in situ" y sí de laboratorio con las rocas del Sistema Burruyaquense, el módulo de deformación, de acuerdo a datos teóricos y empíricos, oscilaría entre  $15.000$  a  $30.000 \text{ kg/cm}^2$  para rocas inalteradas de acuerdo a la orientación de la muestra sometida a esfuerzo de carga. Estos valores dis

minuyen sensiblemente cuando la roca se encuentra meteorizada.-

En la cubierta sedimentaria, Cretácico-Terciaria se comprobó que aunque estas rocas constituyen macizos generalmente homogéneos y con discontinuidades, la deformabilidad es elevada, con módulos de deformación de  $1.000 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que la resistencia al corte tiene un bajo valor de cohesión de 0,1 a  $2 \text{ kg/cm}^2$ , con ángulos de fricción entre 11 a 24 grados. Estas rocas del "Terciario Subandino" son el asiento de una elongada área de inestabilidad cortical comprendida entre los meridianos  $64^\circ$  y  $66^\circ$  de longitud Oeste (Suayter 1984) y  $22^\circ$  a  $30^\circ$  de latitud Sur donde predominan los terremotos de intraplaca superficiales, encontrándose sus áreas epicentrales sobre o cerca de las trazas de las grandes fracturas regionales de rumbo ándico (N-S) como también de las grandes fallas transcurrentes, que se disponen transversales o diagonales a las primeras.-

De allí la importancia de una zonificación sísmica que no sólo registre estadísticamente los eventos sísmicos, sino también el comportamiento "suelo-estructura".-

En Tucumán a priori es dable estimar que la franja de rocas cristalinas de alto a mediano metamorfismo será la más estable con relación a la actividad sísmica, siguiéndole la banda de rocas metamórfica de bajo grado que la bordea. Finalmente las zonas más inestables serán las compuestas por las formaciones sedimentarias con una historia geológica y tectónica mucho mas reciente que las rocas que sufrieron fenómenos de metamorfismo y granitización.-

En líneas generales esto se cumple, con algunas excepciones particulares, como se verá a continuación.-

Tratándose de actividad sísmica se debe considerar de manera especial a la zona de la llanura aluvial, asiento del mayor desarrollo poblacional, agrícola e industrial de la provincia.-

Tanto la región montañosa como la llanura estarían dentro del denominado Triángulo Calchaquí, según Baldis et al (1982). Estos autores afirman que el área presenta inactividad sísmica, comportamiento que consideran anómalo, ocurriendo además numerosas manifestaciones geotérmicas. Es el caso de la cuenca Terciaria del SE de Tucumán y el área vecina de Río Hondo descripta por Mendez y Miró (1977), en donde la existencia de acuíferos confinados hipertermales sobre una extensión de mas de 26.000 km<sup>2</sup> solo puede explicarse por la existencia de un gradiente Geotérmico anormal en un área de extensión similar (Febrer et al 1982).-

Mon (1987) confirma la existencia de esta importante área termal, señalando que no hay vulcanismo. Estas manifestaciones, según el autor están relacionadas con una actividad tectónica y magmática profunda. Los estudios geotermales se enmarcaron entre los 26°-28° Latitud Sur en Tucumán e indicaron temperaturas profundas, superiores a los 200 grados, en varios puntos.-

Moreno Espelta et al (1975) al estudiar el área termal de Rosario de la Frontera consideran que el termalismo del área no está vinculado a un fenómeno volcánico, ya que para los autores la última actividad de este tipo detectada en la región fue de escasa magnitud y se produjo en el Terciario inferior y medio (vulcanitas de Antilla y San Lorenzo), sino que el calentamiento se debe a la presencia de un domo de calor que localmente origina un gradiente geotérmico anómalo.-

El Triángulo Calchaquí que abarcaría aproximadamente toda la provincia de Tucumán, Catamarca y Norte de Santiago del Estero, considerado por Baldis et al (1982), como zona de relativo silencio sísmico, fue confirmado por Suayter (1984) de manera parcial, y por Eremchuk et al (1981) quienes demostraron la existencia de una zona de gran actividad sísmica circunscripta al Salar de Pipanaco, dentro de dicho Triángulo, lo cual confirma la complejidad del problema sísmico, debido a las heterogeneidades litológicas, tectónicas y geoquímicas de la corteza.-

Por otra parte se hace necesario aclarar que Suayter (1984) mediante perfi-

les sismotectónicos confirmó la existencia de sismos profundos, de 500 a 600 km de profundidad, entre los 22° y 28° de latitud Sur y los 64° a 63° de longitud Oeste.-

Tanto Baldis et al (1982) como Suayter (1984), aplicando la teoría de placas, consideran que la placa de Nazca es una lámina horizontal en su zona oceánica, que luego subduce o consunciona en dos sectores próximos con distintas inclinaciones, dejando una zona intermedia de virtual extensión de liberación de energía sísmica.-

Baldis et al (op.cit.) sitúan a la zona de silencio sísmico a la altura de los 27° de latitud Sur, mientras que Suayter (1984) la ubica a la altura de los 25° 50' a 26° 50', truncándose el "plano de Benioff", a los 68° de longitud Oeste, pero registrándose sismos de intraplaca superficiales entre los 66° y 64° de longitud Oeste en la franja latitudinal mencionada.-

Todos estos autores opinan que la ausencia de sismos de interplaca (los comprendidos dentro de la zona de Benioff), se debe a un desprendimiento de un bloque de la placa oceánica que se hunde en el manto entre los 25° y 27° de latitud Sur, en líneas generales, hipótesis que puede tenerse en cuenta al registrarse sismos de interplaca profundos entre los 64° a 63° de longitud Oeste.-

Por otra parte basándose en sondajes magnetotelúricos (MT) profundos, Baldis et al (op.cit.) establecieron la existencia de un cuerpo intrusivo de composición basáltica en el casquete superior y máfico en el núcleo, alcanzando los 6.000 metros de espesor la cuenca al SE de Tucumán, estimando un gradiente geotérmico para dicha zona de 10 grados cada 100 metros, valor que significa que a 1.500 metros de profundidad la temperatura puede exceder los 150 grados centígrados y entre los 3.000 a 4.000 metros el fluido superaría la temperatura crítica de T-375 grados C. ingresando en la zona de convección del fluido supercrítico.-

Si bien Baldis et al (op.cit.) explican la zona de silencios sísmicos en

base al comportamiento tectónico de las placas, lo mismo que Suayter (1984), puede ensayarse otra explicación en base a estudios de laboratorio sobre el comportamiento de los materiales rocosos a alta temperatura, Grigg (1972). En esas condiciones cuando se produce una fractura no hay "saltos bruscos" en la falla o desplazamiento friccional de los cuerpos rocosos, deslizándose los bloques sin generar ondas sísmicas detectables. De acuerdo a Grigg (1972) el deslizamiento se produciría sin disminución de esfuerzo, llamando a este comportamiento "deslizamiento estable". Mon (1987) opina que el subsuelo de la llanura tucumana estaría en un estado de "plasticidad" debido a la existencia de "Focos o puntos Calientes" que ha reblandecido las capas corticales superiores, lo que suma otro argumento a la hipótesis del silencio sísmico.-

Resulta curioso que no haya silencio sísmico en el área de Rosario de la Frontera, donde existe también un cuerpo intrusivo asociado al hidrotermalismo, Moreno Espelta et al (1975) y Suayter (1984), lo que lleva a sugerir que las inhomogeneidades locales de la corteza juegan un papel preponderante, invalidando en muchos casos conclusiones generales. Probablemente la megatrayectoria o Lineamiento del Brete, Mon (1976), que atraviesa la estructura regional en dicha zona, controla los terremotos someros de intraplaca, cuyos epicentros se encuentran a lo largo del citado lineamiento.-

En base a todas estas consideraciones se realizó una zonificación sísmica de la provincia de Tucumán, que complementa la ya ensayada por Suayter (1984). En ella se dividió la provincia en cuatro áreas de diferentes coeficientes sísmicos, en base a la estadística de terremotos de magnitudes (M) mayores a cinco (5), control estructural y litológico, neotectónica activa y efecto roca-suelo (Suayter y Linares 1986).-

El sector con coeficiente sísmico 0,05 es el más importante, ya que allí las

intensidades y estadísticas sísmicas, juntamente con efecto suelo (terreno sedimentario en parte, con muy bajo módulo de elasticidad), la neotectónica activa y el control estructural de dos grandes lineamientos de Tucumán (Mon 1976) y Salar del Hombre Muerto-Tafí-Monteros, Baldi et al (1976) y Suayter (1984), se asocian para poner de manifiesto el sector de mayor riesgo sísmico de la provincia. Por otra parte la franja de rocas metamórficas que rodea al núcleo sedimentario correspondería a un macizo rocoso de grado IV, según la clasificación de Bienniauski, es decir roca poco competente, con un índice de calidad de Deer, entre 10% y 45%, una cohesión entre 10 a 15 kg/cm<sup>2</sup> y una fricción entre 30 a 35 grados, estando su cubierta superior profundamente meteorizada, además de existir 4 juegos de clivajes que controlan la rotura.-

Segundo en importancia es el sector con coeficiente 0,04, en donde el efecto suelo atenúa la velocidad de los movimientos corticales, constituidos por terrenos metamórficos con alto módulo de deformación, ya que este sector sufre la influencia del Salar de Pipanaco, que es una región de intensa actividad sísmica. Eremchuk et al (1981) y Suayter (1984).-

El sector con coeficiente 0,03 situado en la llanura aluvial deprimida, sería una zona de relativo silencio sísmico, donde lo expuesto precedentemente sobre las anomalías geotérmica y/o "puntos calientes", como también la ausencia de los sismos intermedios influirían en esta situación.-

Pero se debe tener cuidado con el efecto suelo, puesto que temblores de baja intensidad pueden activar la violencia sísmica a causa de la muy elevada deformabilidad y mínima capacidad portante de estos terrenos, en donde la napa freática se encuentra prácticamente aflorando o a escasa profundidad (1 a 5 metros).-

Por último el sector con coeficiente sísmico 0,02, se ubicaría en la llanura ondulada o Chaco-pampeana. El efecto suelo juntamente con las intensidades y estadísticas sísmicas hacen suponer que es la zona de mayor estabilidad de la provincia.-

. Todo esto lleva a plantear la hipótesis de divergencia versus convergencia. De acuerdo a los estudios realizados, al Este de la Sa. del Aconquija y Cumbres Calchaquies, en el territorio Tucumano, se sitúa un eje de divergencia que parte de la Sa. de Guasayán hacia el Norte, siguiendo la traza de la "Falla de Linares". Suayter (1984).-

A lo largo de este eje, se producen manifestaciones de volcanes de aguas ter-  
minerales (Río Hondo, Rosario de la Frontera, Termas de Reyes, etc), como tam-  
bién de vulcanismo alcalino (Cerro Negro, Cerro de la Cantera, etc.) situados al  
oeste de Antilla-Salta, aproximadamente a los  $64^{\circ} 50'$  de longitud Oeste y  $26^{\circ}$  de  
latitud Sur, en la cercanía del límite entre Tucumán y Salta. También rocas con  
afinidades alcalinas se encuentran en las Sierras de La Ramada y Medina, al NE de  
la provincia de Tucumán, sobre la misma línea de meridiano.-

Estos hechos juntamente con la disposición estructural de los bloques serra-  
nos conduce a suponer que se está en una franja de deformación elongada N-S, don-  
de predominan esfuerzos distensivos o traccionables (Stappenbeck, 1921; Peirano,  
1939; Suayter, 1984).-

Por lo tanto los sismos de intraplaca superficiales comprendidos en esta fran-  
ja de inestabilidad cortical, no tienen, por lo general, la capacidad destructiva  
atribuida empírica y teóricamente a los sismos de interplaca (los ubicados dentro  
de la zona de Benioff), situados al Oeste de las Sa. de Aconquija y Cumbres Calcha-  
quies, causados por esfuerzos convergentes regionales al colasionar la placa oceá-  
nica de Nazca y subductar por debajo de la placa continental americana.-

Se conoce que la liberación de energía elástica almacenada en las rocas, por  
una caída de esfuerzo, se produce con más violencia ante esfuerzos convergentes  
que divergentes, puesto que se requieren mayores tensiones para llegar a la frac-  
tura de los bloques o rocas sometidos a este tipo de esfuerzos.-



## Conclusiones

Esta zonificación debe ser perfeccionada, para lo cual se hace imprescindible contar con una densa red de aparatos registradores de alta sensibilidad. Además, de un mapa geotécnico y de riesgo geológico de la provincia a escala 1:100.000, a los efectos que se puedan señalar los terrenos que pueden influir en la violencia sísmica ampliándola o atenuándola.-

## ZONIFICACION SISMICA

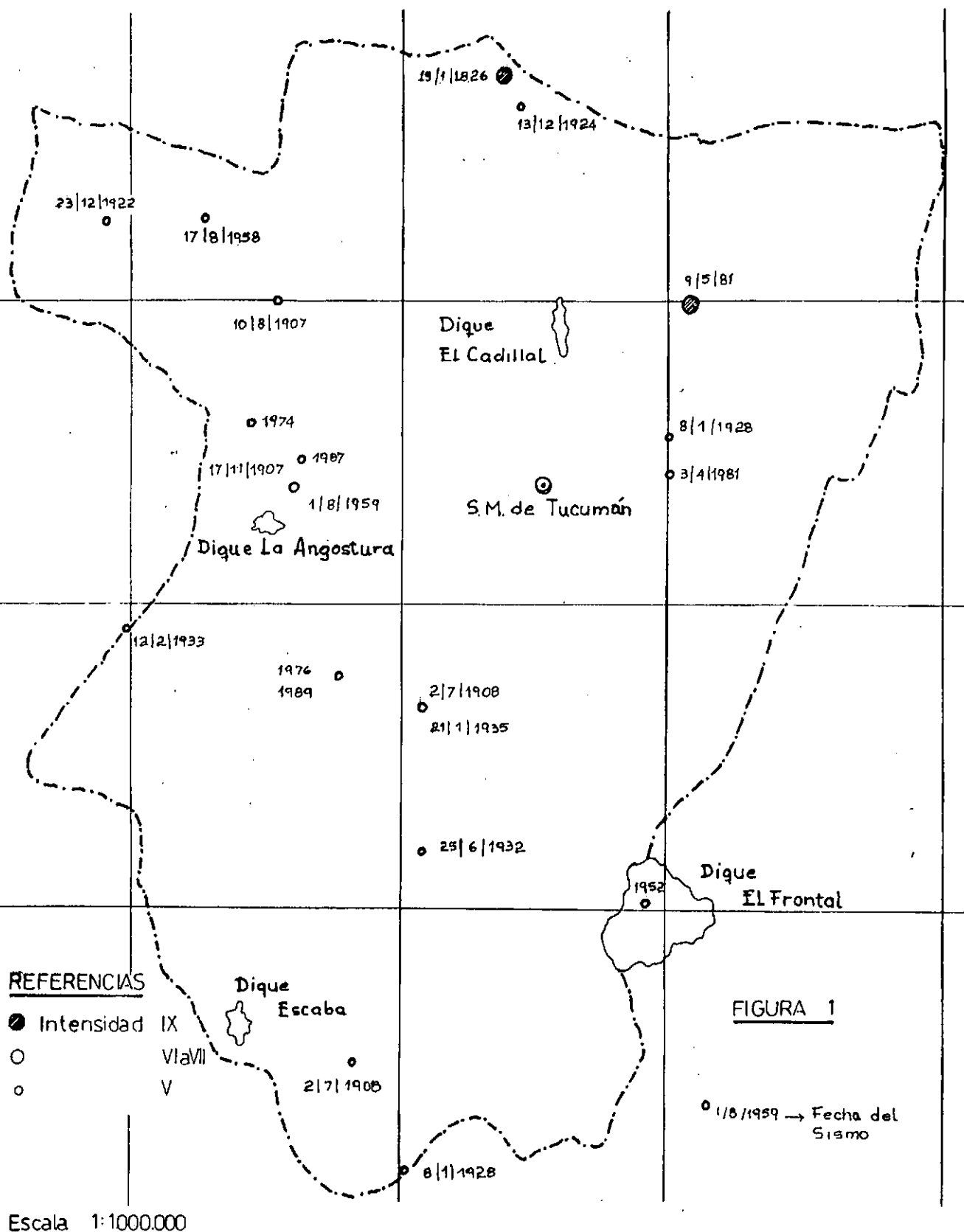
### Antecedentes históricos para Tucumán

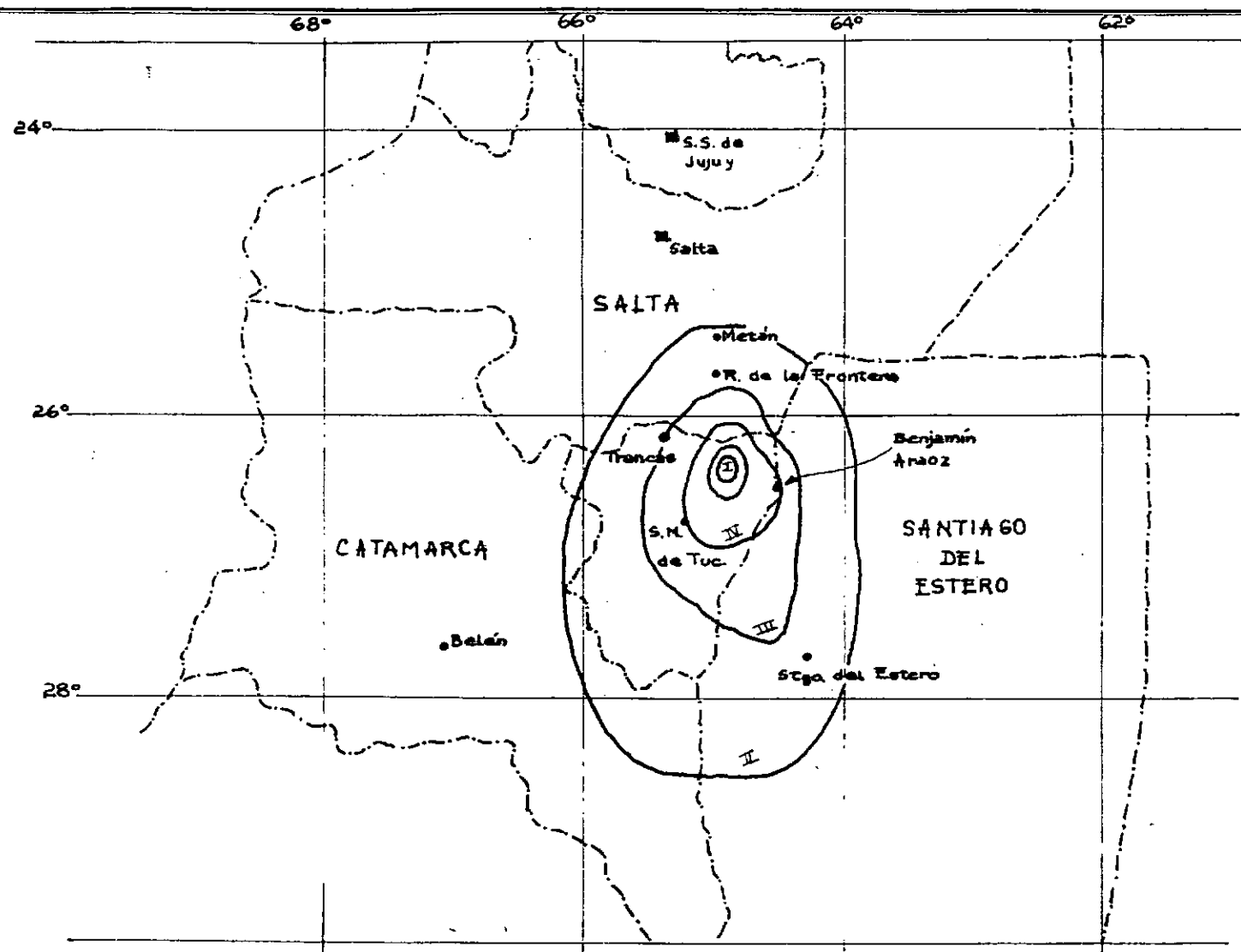
En comparación a otras provincias del norte, los antecedentes de sismos destructivos en la Provincia de Tucumán son pocos y se han logrado los siguientes datos de (Zossi 1979; Linares 1982; Observatorio Nacional de La Plata; INPRES; Centro Regional de Sismología para la América del Sud; United States Coast and Geodetic Survey; International Sismological Summary).-

Fecha	Localidad	lat. sur	long. oeste	Prof.o co en Km.	Fo- Magnitud Richter.	Intensidad M.M.
19/01/1826	Trancas	26,1	65,4	-.-	6,0	IX
17/11/1906	Tafí del Valle	26,8	65,6	-.-	6,1	VII
10/08/1907	Fronterita	26,5	65,7	-.-	6,0	VI
02/07/1908	Monteros-La Cocha	27,2 27,8	65,4 65,6	-.-	7,0	VI
23/12/1922	El Bañado (O Tucumán)	26,5	66	-.-	5,8	VII
13/02/1924	Trancas	26,4	65	-.-	5,12	VI
08/01/1928	Sur de Tucumán	27,8	65,5	-.-	5,5	V
03/04/1931	El Naranjo y El Sunchal	26,8 26,7	65 65	180	6,2	VII
25/06/1932	Santa Bárbara	27,8	65,4	-.-	6,0	VII
12/02/1933	Aconquija	27,1	66	-.-	5,5	VI
21/01/1935	Monteros	27,2	65,4	65	6,1	VII
17/08/1958	Colalao del Valle	26,4	65,8	150	6	VII
01/08/1959	Tafí del Valle	26,8	65,6	200	5,5	VI
09/05/1981	El Cajón-Villa Padre Monti	26,5	64,9	40	5,5	IX

Hay además una serie de informaciones de movimientos, entre los 26° a 28° de latitud sur y los 64.50 a 66.50 de longitud oeste, que corresponden a la Provincia de Tucumán de 6 movimientos sísmicos entre los años 1920 a 1982, con valor promedio de magnitud 4,95 y de intensidad estimada VI MM en función de las relaciones empíricas entre magnitud e intensidad.-

# Sismos Destructivos en Tucumán





**FIGURA 2**

FOCO : I

CURVAS ISOSISTAS

TERREMOTO VILLA BENJAMIN

ARAOZ 9/5/81

PROVINCIA DE TUCUMAN

SEGUN LINARES et. al. 1982

ESC. 1:5.000.000

En la fig. 1 se grafican los sismos destructivos más importantes de la Provincia de Tucumán.-

Por otra parte se han estimado durante el período de 1830 a 1940, con datos del Observatorio Meteorológico Nacional, la cantidad de 157 temblores, o sea casi 2,1 temblores por año.-

Desde 1886 hasta 1975 hay además datos de 89 temblores menores, o sea que hubo 320 temblores en total, a razón de casi 3 temblores por año, pero hay un sinnúmero de temblores no registrados por falta de instrumental adecuado en las localidades tucumanas y lo mismo acontece en las otras provincias del Norte Argentino.-

En la fig. 2 se han trazado líneas isosistas del terremoto del 9/5/81, de acuerdo a los estudios realizados por Linares et al (1982), la que considerando como zona donde se lo ha sentido (la isosista III), se llega a un área de unos 20.000 km<sup>2</sup>, con un foco que en su epicentro tuvo una intensidad IX MM.-

Con posterioridad al 9/5/81, se volvieron a sentir réplicas tales como las del 23/5/81 y 6/6/81.-

Los daños en las construcciones en la localidad de Benjamín Aráoz, fueron elevados, ya que el 60% de ellas sufrieron las consecuencias del movimiento telúrico.-

Como ejemplo Linares et al (1981), en un estudio de los daños ocasionados, estimaron en Obras Públicas que el monto de las reparaciones alcanzaría a los 83.000 dólares y en obras particulares a los 180.000 dólares.-

Se debe destacar que una amplia extensión entre Benjamín Aráoz y el Tajamar,, desde el mes de mayo de 1981 en adelante, crecieron los manantiales, que ahora son dignos de preocupación. A título de ejemplo, un agricultor dejó en pie más de 3.000.000 de kilos de caña, pues las vertientes inundaron su finca hasta hacerla intransitable. Este predio recibe casi 200 lts./seg. de agua que fluye de los manantiales.-

Los afloramientos de agua son tanto fríos como calientes, lo que da la sensación de que se estarían dando las condiciones de un fenómeno volcánico, no solamente en ese lugar, ya que posteriormente se detectó otros focos en terrenos vecinos.-

Mon (1976), graficó una serie de ejes de convergencias y divergencias del borde oriental de los Andes, que abarcan las provincias de Salta y Tucumán y cuya figura modificada se reproduce (fig. 3).-

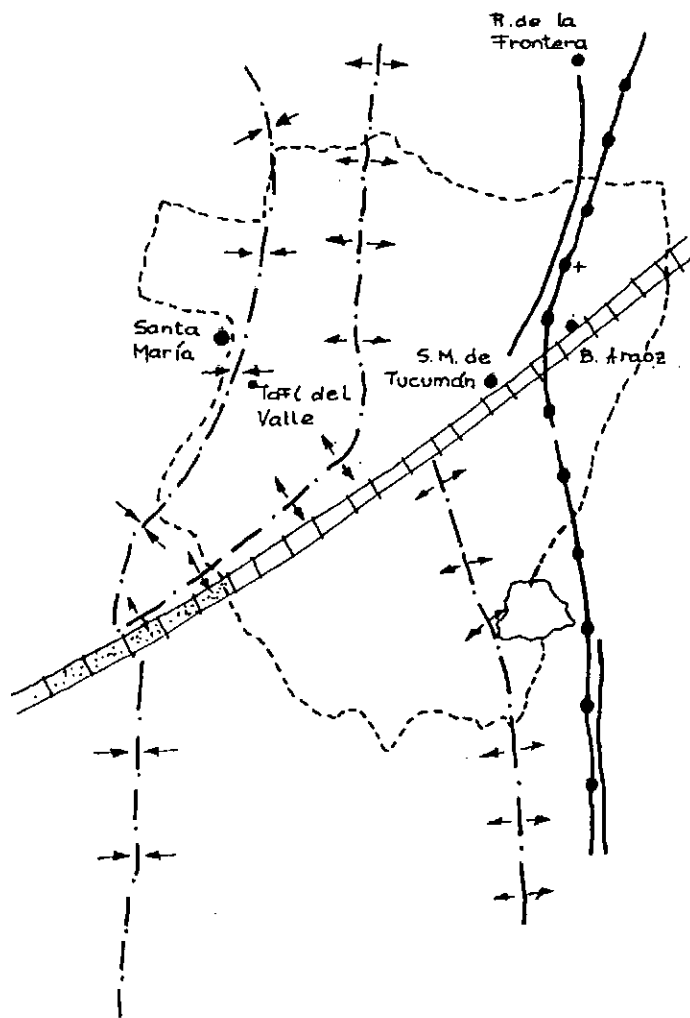
De la observación de esta figura surge que los epicentros de los mismos de El Sunchal, El Naranjo, Villa Padre Monti y El Cajón, están próximos a una gran falla regional que se origina próxima a Rosario de la Frontera y que en el sector tucumano estaría representada morfológicamente por la cuenca de río Calera, pasando la misma inmediatamente al sur del dique El Cadillal y se dirige claramente hacia el sector NE de la ciudad de San Miguel de Tucumán, donde la mayoría de las casas no tienen resguardo antisísmico y existe una población de casi medio millón de habitantes.-

Al sur de Tucumán, en el camino que une la ciudad de La Cocha con la población de Taco Ralo, se ha observado el hundimiento de una vivienda de material, de un agricultor de la zona.-

Se supone que este hundimiento se debe al fenómeno denominado licuefacción de suelos relacionados con fenómenos sísmicos de origen tixotrópico. Puesto que en esa comarca de acuerdo a las encuestas realizadas a pobladores de la zona, se han producido ultimamente temblores, de manera frecuente.-







Se debe destacar que dicha comarca, está limitada por dos grandes lineamientos. El Lineamiento de Tucumán al norte (Mon 1976), y el de Ambato (Baldís et al 1975), al sur, constituyendo una comarca deprimida.-

Esta anomalía es observada también a lo largo del camino que une las dos localidades mencionadas precedentemente, observándose fracturas tensionales sobre la



**FIGURA 3**

**REFERENCIAS:**

-  Lineamiento de Tucumán
-  Ejes de divergencias
-  Ejes de convergencias
-  Fallas
-  Falla de Linares
-  Foco

Modificado de Mon (1976)

ESC. 1:3.000.000

capa asfáltica y reptación de suelo en el terraplén.-

Se conoce que la licuefacción de suelos por sismos se produce en las arenas finas, arenas finas limosas y limos arenosos, cuando están saturados de agua y su densidad relativa es baja.-



LA PLANIFICACION VINCULADA AL DESARROLLO FISICO PARA  
ASENTAMIENTOS HUMANOS EN LAS REGIONES PROPENSAS A  
TERREMOTOS

Introducción

Este capítulo está basado en trabajos realizados en la sede de la UNESCO, en febrero de 1976, en los que participaron especialistas calificados en Sismología.

Se reconoció que la planificación física es necesaria para que los asentamientos humanos sean menos vulnerables a los desastres causados por los terremotos y a la cadena de acontecimientos que los acompañan.-

Se deben tomar medidas, a nivel nacional, regional y local cuando se programa el desarrollo de asentamientos existentes o se selecciona lugares para nuevos asentamientos humanos. Son importantes también las medidas relacionadas con los patrones de uso de la tierra, distribución funcional y organización espacial.-

Cadenas de Acontecimientos

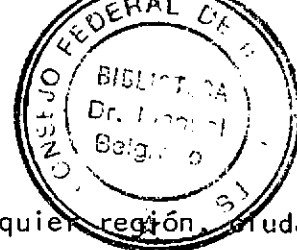
Es raro que un sólo tipo de desastre natural azote a una población. En la mayoría de los casos se desarrolla una cadena de acontecimientos y el desastre final es una sumatoria de fenómenos y fuerzas secuenciales. Además, cuando una catástrofe resulta de una combinación de distintas fuerzas y elementos naturales, un acontecimiento no sólo puede "abrir la puerta" al siguiente, sino que puede hacerlo más destructivo.-

Algunos ejemplos de las cadenas más comunes de acontecimientos desastrosos originados por un sismo son las siguientes:

Terremoto - Avalancha - Inundación

Terremoto - Fuego - Conflagración

Terremoto - Contaminación de agua potable - Epidemia de enfermedades



## Propósitos Generales y Objetivos de Planificación

La tarea general de la planificación física de cualquier región, ciudad o pueblo es trasladar los objetivos sociales y económicos del desarrollo a patrones físicos de uso de la tierra, logrando una calidad del ambiente apropiada para la actividad humana, bienestar y satisfacción de la población.-

Un planificador físico debe incorporar a los esquemas de planificación para el desarrollo de una zona propensa a sufrir terremotos todas las medidas que sean necesarias y estén a su disposición para que las poblaciones sean sismorresistentes y seguras para la vida humana.-

Esta tarea no es sencilla, ya que muchas veces se contraponen intereses, tanto de índole económica como política.-

## Prevención y Mitigación

En las zonas sísmicamente activas todavía no se puede predecir los terremotos. Podemos, sin embargo, proteger los edificios contra su destrucción, aunque frecuentemente a un alto costo.-

Teóricamente podemos construir ciudades a prueba de terremotos, pero la experiencia ha demostrado que esta solución, aunque posible, no es económicamente factible. En la práctica, sólo algunos de los edificios mas importantes son construídos para ser absolutamente sismoresistentes.-

Las principales acciones, por lo tanto, son enfocadas a disminuir el nivel de riesgo y reducir las consecuencias secundarias de la catástrofe inicial.-

## Objetivos Directos

Los objetivos directos de la planificación física como herramienta de prevención contra la destrucción causada por terremotos deben ser:

- Disminuir el nivel del riesgo potencial.-
- Mitigar las consecuencias de eventos destructivos.-
- Mitigar o evitar el desarrollo de una cadena de eventos desastrosos.-

- Localizar y limitar el ámbito de las catástrofes.-
- Facilitar las operaciones de rescate.-
- Facilitar la organización de la vida durante el primer período post-desastre.-
- Facilitar y acelerar la rehabilitación y la reconstrucción.-

#### Objetos que deben ser Protegidos y su jerarquía

La definición adecuada de lo que debe ser protegido por medidas de planificación física y la definición de su nivel de importancia debe servir como guía para toda decisión de planificación y para la selección de las concesiones mutuas entre las varias soluciones costo-beneficio posibles. La jerarquía sugerida y la lista de los más importantes objetos a ser protegidos podría ser la siguiente:

- a.- La vida humana.-
- b.- Actividades económicas (instalaciones y equipamiento) para:
  - la industria y el manufacturado.-
  - el almacenamiento de abastecimientos básicos.-
- c.- La capacidad operacional de la ciudad y de la región.-
 

Redes de infraestructura de:

  - Transporte y comunicación.-
  - suministro de energía.-
  - abastecimiento de agua.-
  - desagüe y drenaje.-
- d.- Servicios e instalaciones sanitarias.-
- e.- Servicios de vivienda.-
- f.- Servicios sociales y culturales:
  - instalaciones educativas.-
  - instalaciones culturales.-

(Nótese que algunos de éstas instalaciones, cuando están bien protegidas, pueden ser utilizados como albergues temporales o para otras funciones de emergencia)

g.- Objetivos especiales:

- lugares de referencia.-
- monumentos históricos.-

h.- Bienes muebles personales.-

#### Medidas Generales a Nivel de Planificación Física para Evitar y/o Mitigar los efectos de una Catástrofe

El objetivo de la planificación física es el Espacio. Por lo tanto, las principales medidas protectoras están relacionadas con el uso adecuado del espacio y con la organización espacial.-

Las medidas más importantes en la planificación física de las ciudades para que sean resistentes a los terremotos y a sus consecuencias, es la selección adecuada de los lugares para su emplazamiento. Es fundamental, por lo tanto, evaluar cuidadosamente las condiciones naturales existentes. En segundo término se debe definir zonas con distintos grados de riesgo. Luego hay que definir los patrones de uso de la tierra (la ubicación de los diversos programas de desarrollo), seleccionando las áreas de más bajo riesgo disponibles para ubicar los componentes más importantes de la ciudad. Generalmente estas serán las zonas residenciales e industriales.-

Los puntos principales a considerar en la planificación física son:

- Elección del lugar.-
- Distribución de actividades y de población.-
- Patrones para el uso de la tierra.-
- Distribución funcional.-
- Sistema de comunicaciones.-
- Diseño general de sistema de abastecimiento.-
- Plan urbanístico detallado a nivel de diseño de componentes del asentamiento (formas de edificio, distribución de calles, modificación del paisaje, etc).

### Acción a Nivel Nacional-Regional

Los planes para desarrollo físico tanto nacionales como regionales se prepararán sobre mapas a escala de: 1:1.000.000; 1:500.000; 1:200.000.-

Dentro de las regiones de alto riesgo o de riesgo uniformemente distribuido, es imperativo evitar la concentración de población y de actividades económicas en uno o en muy pocos sitios. Si un terremoto ocurriese en tales lugares las consecuencias podrían ser desastrosas para la vida y la economía de la región o de todo el país.-

A continuación enumeraremos algunos conceptos básicos:

- 1.- Se debe implementar una política provincial de urbanización que considere los siguientes temas:
  - a.- Ubicación de nuevas ciudades y poblaciones en áreas con el menor riesgo posible, tanto sísmico como de otros tipos (deslizamientos, inundaciones, etc).-
  - b.- Limitación de la expansión de los asentamientos existentes ubicados en zonas de alto riesgo geológico.-
  - c.- Evitar construir nuevas plantas manufactureras y almacenes en zonas reconocidas como sísmicamente activas.-
- 2.- Toda región propensa a terremotos deberá estar equipada con un número suficiente de centros de emergencia. La función de tales centros sería mantener en funcionamiento los abastecimientos de emergencias, incluyendo: alimentos y medicinas, materiales de construcción y herramientas sencillas para la construcción y elementos prefabricados para la construcción de viviendas temporales.-

### Acción a Nivel Local y/o Departamental

Un plan maestro para el desarrollo urbanístico consiste en una combinación de programas sociales y económicos y define el modelo de dicho desarrollo.-

## 1.- Definición de zonas de gran riesgo

Para definir zonas de riesgos sísmicos potencial dentro de una región más amplia (cuando se está seleccionando el lugar adecuado para el asiento de una población, preparando planes regionales, etc), debe confeccionarse un mapa de zonificación sísmica elaborado en base a la información de sismos del pasado y como resultados de estudios geológicos y sismo-tectónicos.- Posteriormente debe realizarse un mapa de micro-zonificación sísmica que permita seleccionar los lugares más seguros y más importantes para el desarrollo urbano.-

Este mapa deberá indicar la intensidad sísmica probable, tomando en consideración las condiciones locales y su diversidad en zonas limitadas y en los lugares de desarrollo potencial. Dicho mapa debe considerar los registros de un acelerógrafo (si es que existe) y debe reflejar la geología del sitio, la estructura del suelo, su capacidad de soportar cargas, el régimen de agua subterránea y los posibles cambios de nivel de la capa freática, y debe presentar conclusiones con respecto a la probabilidad y nivel del riesgo y/o recomendaciones acerca del diseño de edificios.-

El Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile informa que luego de investigaciones realizadas en el sur del país, en un grupo de ciudades y pueblos severamente afectados por terremotos y maremotos, se estableció que en muchos lugares hubo una indudable relación entre los daños producidos por los terremotos y las condiciones geológicas.-

## 2.- Areas Construídas en Zona de Alto Riesgo Social y/o Económico

Hay algunas zonas especiales, dentro de la mayoría de las ciudades existentes, que son altamente vulnerables a cualquier tipo de catástrofe. Debido a que su vulnerabilidad es no sólo de tipo puramente técnico o económico, sino más frecuentemente, de naturaleza social, tales zonas repre-

sentan un importante problema político para las autoridades locales. Dos de los tipos de zonas sensibles son:

#### 2.a.- Zonas Residenciales de Bajos Ingresos

En su mayor parte están ocupadas por villas de emergencias, frecuentemente asentadas en forma ilegal, construídas pobremente y con una alta concentración de viviendas.-

Por regla general, los grupos residenciales más pobres ocupan las zonas del más alto riesgo geológico (llanos fluviales sujetos a inundaciones, laderas peligrosas, basurales y acumulaciones de desechos industriales). Es alta la probabilidad, por lo tanto, de que estas zonas sean las más afectadas por los cataclismos.-

Las probables consecuencias de una catástrofe en esta zona serán:

- Un alto número de víctimas.-
- Propagación de enfermedades epidémicas y hambre.-
- Destrucción de gran número de viviendas.-
- Miseria Humana.-
- Posibilidad de estallido social.-
- Carencia de recursos propios para la reconstrucción, y por lo tanto una inmediata carga pesada sobre la economía local.-
- La creencia de algunas autoridades locales de que una catástrofe local ayudará a solucionar el problema de las barriadas o villas de emergencia destruyéndolas o forzando a la gente a regresar a las zonas rurales, no puede ser más equívoca. Es una falsa y peligrosa concepción. La gente permanecerá en el lugar y pueden estallar problemas sociales y políticos.-

Por lo tanto, es imperativo el desarrollo de programas de reconstrucción para tales zonas, incluyendo la reubicación de los habitan

tes en zonas más seguras, preferiblemente dentro de la misma ciudad, como una de las más altas prioridades de los programas para una "ciudad más segura".-

#### 2.b.- Antiguas Zonas Industriales

Representan un problema muy complejo. Como consecuencia de la acción combinada de un sismo severo y sus efectos secundarios fácilmente pueden sufrir una destrucción total.-

Las consecuencias serían:

- Daños a la economía.-
- Desempleo.-
- Interrupción del abastecimiento de bienes manufacturados.-
- Proceso largo y costoso de reconstrucción.-

#### 3.- Patrones para el uso de la Tierra

Los patrones para el uso de la tierra a nivel de un plan maestro urbano definen la asignación de distintas zonas con fines residenciales, industriales, mixtos, recreacionales, de transporte y otros tipos de desarrollo. En otras palabras, el mapa de uso de la tierra debe definir el tipo y la densidad de uso para cada pedazo de terreno dentro de la zona planificada.-

Por lo tanto, las principales medidas protectoras a este nivel de planificación son:

- Coordinación de los usos de la tierra propuestos con los patrones de riesgo para un desarrollo agrícola generalizado, como espacios libres de zonas verdes intraurbanas, etc. y ubicar los programas de desarrollo más sensibles dentro de las zonas de menor riesgo.-
- Segregación funcional de usos de la tierra (para evitar tipos mixtos de desarrollo, que representan riesgos adicionales en caso de catástrofe.



- Aislamiento, por medio de espacios libres, de las zonas industriales y las zonas residenciales y subdivisión de los distritos residenciales en sistemas de espacios libres y franjas verdes. Tales franjas pueden servir para limitar los incendios que frecuentemente son consecuencia de un sismo, y también son las primeras zonas a utilizar en una evacuación de emergencia de la población.-
- Descentralización de los servicios administrativos y económicos claves dentro de una ciudad.-
- Formulación de reglamentos de zonificación relativos a la calidad de los materiales de construcción y a las estructuras.-

#### 4.- Densidad de Desarrollo

Una recomendación muy importante es mantener la densidad del desarrollo en un nivel bajo, lo cual dependerá de las condiciones locales y de concepciones de naturaleza económica, técnica y social.-

#### 5.- Redes de Infraestructura

El diseño de las vías de comunicación debe asegurar su funcionamiento efectivo en una situación de emergencia, durante la catástrofe y durante el período inmediatamente posterior. El acceso libre a cualquier lugar de la ciudad es una condición indispensable para las operaciones de rescate y para la evacuación de la población. Vías principales suficientemente anchas, pueden servir además, de "cortafuegos". Se debe destacar que el microcentro de la ciudad de San Miguel de Tucumán no reúne en absoluto estas condiciones, lo cual la transforma en una potencial "bomba de tiempo" en caso de terremoto.-

Lo ideal sería al planificar o desarrollar una ciudad, en zona sísmica que:

- ã.- Cada distrito urbano o parte de una zona urbanizada tenga no menos de dos caminos de acceso.-

- b.- Los principales caminos y calles estén integrados en un sistema que ofrezca vías alternas de acceso a los puntos focales principales de la ciudad y empalmes con las carreteras regionales y nacionales.-
- c.- Las calles principales sean suficientemente anchas para evitar un bloqueo de los canales de tráfico a causa de edificios desplomados.-
- d.- Cuando sea posible hay que evitar que las avenidas principales atraviesen zonas de gran riesgo.-
- e.- Las vías de evacuación y de emergencia deben estar especialmente marcadas y protegidas contra cualquier bloqueo accidental.-
- f.- Todos los cuellos de botellas potenciales deben ser suplementados con desvíos de emergencia y rutas alternas.-

Otra principal es la de asegurar el abastecimiento de agua durante una situación de emergencia y posteriormente, no solo para bebida de la población, sino también para combatir los incendios.-

Las líneas de alta tensión de energía eléctrica deben seguir un trazado seguro, con una franja de terreno libre de construcción.-

Los edificios públicos, hospitales y otros elementos importantes de la ciudad deberían tener sus propias fuentes de energía eléctrica para casos de emergencia.-

#### 6.- Adquisición del terreno

La disponibilidad pública de los terrenos o el control público del mercado de los mismos y de su valor, es un requisito indispensable para:

- El diseño de patrones adecuados de uso de la tierra y la adopción de medidas protectoras que integran la planificación física.-
- La concreción efectiva de los planes.-

Los medios y la manera de adquisición del terreno dependen de los sistemas locales sociopolíticos y económicos. Las posibles maneras de adquirir terrenos son:

- la adquisición a precios controlados o del mercado, Pagados en bonos o en efectivo, para reventa o alquilar a largo plazo después de que se diseñe un nuevo plan de desarrollo.-
- la expropiación bajo una reglamentación de emergencia.-
- la toma para efectos públicos de una determinada parte de la tierra disponible, de propiedad particular.-
- derechos de pre-compra.-

A este nivel de planificación de una población, todas las reglas y recomendaciones indicadas en las secciones anteriores son válidas. Además, debido a la naturaleza misma de un plan detallado de inversión se pueden dar algunas de las directrices referidas a la forma de los edificios, al paisaje y el diseño de las calles de acceso.-

#### 7.- Reglas básicas

La reglas fundamentales para el diseño detallado de cualquier componente de estructura urbana son:

- Ubicar edificios y otras estructuras de ingeniería en aquellas áreas y en aquellos terrenos que ofrecen el menor riesgo sísmico.-
- Evitar situaciones en las cuales el derrumbamiento de una estructura puede dañar o paralizar otra estructura o elementos vitales de los sistemas de servicios urbanos.-

#### 8.- Forma de los edificios

La primera regla sería que la forma de los edificios fuese lo más sencilla posible y mantengan homogeneidad, tanto de forma como de diseño estructural. La forma horizontal apropiada de un edificio puede ser de crucial importancia para su resistencia a un sismo. Edificios muy largos, en forma de L o en zigzag, alas añadidas al cuerpo principal y patios internos deben evitarse, ya que pueden provocar la acumulación de fuerzas

destructivas en algunos puntos críticos de la estructura. En la dimensión vertical la regla de simplicidad es tan importante como en la horizontal. La distancia entre edificios debe ser determinada para evitar el impacto de un edificio al caer sobre otro. Además, debe garantizarse que el espacio libre entre edificios no quede totalmente cubierto si se desploman las estructuras.-

Las salidas de los edificios residenciales y públicos deben facilitar la evacuación en casos de emergencia. Por ejemplo, las salidas de las escaleras en edificios de departamentos deben conducir a ambos lados del edificio. Las salidas únicas hacia patios cerrados o semicerrados deben ser absolutamente evitadas.-

#### 9.- Red de Calles

Como regla general, el plano de los principales caminos troncales debe ofrecer completa seguridad ante la posibilidad de que estos caminos queden bloqueados por edificios y otras estructuras colapsadas por inundación accidental, por alambres aéreos o por árboles que hubiesen caído, o por congestionamiento accidental de tráfico.-

Los cruces de las principales calles que van a ser usadas para acceso de emergencia y de evacuación pueden ser diseñados siguiendo los siguientes modelos:

- La distancia de los edificios a las vías de tráfico debe ser igual o mayor que la altura de los mismos.-
- Se recomienda que haya dos vías de tráfico separadas.-
- El ancho de la franja verde entre vías de tráfico debe posibilitar su uso en caso de emergencia como vía adicional de tráfico, para uso peatonal (evacuación), o como una zona de almacenamiento de emergencia.-

- Las tuberías de agua y otros elementos de infraestructura deben ser colocadas debajo de la franja verde del medio y no de las vías de tráfico.
- Los árboles a lo largo de caminos principales deben ser plantados a una distancia de las vías de tráfico suficiente para evitar que causen bloqueos en caso de que caigan.-

Departamento Tafí Viejo y La Cocha

Como ambos departamentos se encuentra emplazados en la llanura pedemontana, Tafí Viejo en la región pedemontana perhúmeda y La Cocha en la subhúmeda, afrontan riesgos geológicos naturales y antrópicos similares, por ello y por razones de síntesis, el tema es tratado en conjunto.-

Los riesgos geológicos naturales están siendo excesivamente incrementados por el hombre. Por ejemplo, los incendios forestales producidos de forma natural actúan como mecanismos de control y regulación de los bosques, pero los producidos intencionalmente por el hombre constituyen un verdadero atentado ecológico. La cubierta vegetal del planeta y más concretamente, las selvas y bosques que ocupan más del 50 % de los Departamentos estudiados, cumplen una importante misión respecto a la regulación del régimen de lluvias y el clima. También mantienen los suelos oxigenados y provistos de nutrientes favoreciendo el escurrimiento de las aguas y controlando la erosión, gran enemiga de estos sistemas. Este equilibrio se rompe con la deforestación incontrolada y con los incendios provocados por negligencia o por ignorancia; los suelos se desnudan, tornándose frágiles y vulnerables.-

La actividad humana incontrolada puede modificar el antiguo ambiente húmedo del bosque que se convertirá en tórrido y árido. Las lluvias se harán menos frecuentes y avanzará el desierto.-

Un hecho significativo en lo referente a los desastres naturales es que cada vez suponen una mayor amenaza para la población y los bienes materiales, circunstancia que encuentra fácil explicación en la creciente expansión demográfica.-

A continuación señalaremos los riesgos naturales más importantes que predominan en las zonas estudiadas:

- 1.- Asentamientos de terrenos: La Cocha.-
- 2.- Deslizamientos de suelos y rocas: Tafí Viejo y La Cocha.-
- 3.- Erosión y sedimentación: La Cocha y Tafí Viejo (Atarquinamiento dique Escaba-La Cocha).-
- 4.- Erosión hídrica: Tafí Viejo y La Cocha.-
- 5.- Inundaciones y corrientes terrosas: Tafí Viejo y La Cocha.-
- 6.- Salinización: La Cocha (Límite con la llanura deprimida).-
- 7.- Terremotos: La Cocha y Tafí Viejo.-
- 8.- Tornados: La Cocha.-

#### Riesgos Antrópicos

- 1.- Deforestación Incontrolada: Tafí Viejo y La Cocha.-
  - 2.- Mal manejo agrológico del suelo: Tafí Viejo y La Cocha.-
- Breves comentarios de algunos riesgos señalados precedentemente.-

#### Asentamiento del Terreno

La corteza terrestre no es un estrato rígido e indeformable. Consiste en materiales que tienen propiedades similares a los de todos los otros materiales sólidos o líquidos, que reaccionan a los esfuerzos y sufren deformaciones.-

Por regla general, los desplazamientos verticales de suelos siguen a un terremoto.-

En el sur de la provincia de Tucumán se han registrado terremotos de mediana intensidad, estando próximo el departamento La Cocha, a una zona considerada como de gran actividad sísmica: El Salar de Pipanaco (Zossi 1980; Eremchuk, Mon, Suayter y Zossi 1981; Suayter 1984).-

En La Cocha se observan algunos ejemplos muy visibles de asentamientos, en particular a lo largo de la ruta que une esta ciudad con la localidad de Taco Rallo, en viviendas y campos de cultivos. Aún es discutible el origen de estos hundimientos, que pueden deberse a otras causas que no estén relacionadas directamente

con la actividad sísmica y que son:

- 1.- Al bajo valor soporte del suelo en los niveles superiores. (Cocha en quichua, significa laguna), lo que permite suponer que son terrenos de relleno.-
- 2.- A la erosión hídrica que reblandeció las capas superiores de suelo al saturarlas de agua.-
- 3.- Asentamientos debido al bombeo de agua subterránea.-

Se puede observar en el mapa de la cuenca imbrífera de los ríos Marapa, San Ignacio y San Francisco (Tomo II de la Segunda entrega) una gran concentración de pozos de agua subterránea en la zona donde se producen los asentamientos descriptos.-

El mecanismo de este proceso es que hay fluídos libres en el suelo mantenidos a presión, que son liberados por un pozo, lo que causa movimientos subterráneos. El suelo tenderá a ajustarse a estos cambios de presión, como lo hará ante cualquier otro cambio en los esfuerzos que se apliquen.-

Si además de esta presión subterránea, ha estado soportando capas de suelos arcillosos, su disminución permitirá la redistribución de esfuerzos subterráneos, y la arcilla empezará a consolidarse, con la consiguiente disminución de volumen.-

#### Deslizamiento de Tierra

Aunque no son tan espectaculares o destructivos como los terremotos, las grandes crecidas y otras catástrofes naturales, son en cambio más frecuentes y con los años pueden causar mayores pérdidas materiales que cualquier otro accidente geológico. Además gran parte del daño, y a veces, una proporción considerable de las pérdidas de vida atribuidas a los terremotos se deben, en realidad, a deslizamientos de tierra. En el terremoto de Mayo de 1970 en Perú, por ejemplo, que costó unas 70.000 vidas humanas, alrededor de 20.000 perecieron por causas de los escombros desprendidos de la cima norte del nevado Huascarán. Aún está fresco el recuerdo de los deslizamientos de las laderas del Nevado de Ruiz, en Colombia, que causó



más de 25.000 muertos.-

En el mapa geomorfológico de ambas regiones, se han señalado distintos tipos de movimientos de remoción en masa. Uno de ellos son los deslizamientos producidos en la cuenca media y alta de los ríos que desembocan en las llanuras pedemontana de estos departamentos.-

De acuerdo a Stewart Sharpe (1938) tenemos la siguiente clasificación: (ver cuadro).-

#### Causa de los deslizamientos

Cuando los deslizamientos se producen como resultado combinado de factores artificiales y de las denominadas propiedades latentes de la localidad, es extremadamente difícil atribuir responsabilidades precisas a cada uno de los elementos causantes.-

- 1.- Uno de los factores casi invariables es la presencia o ausencia de agua.-
- 2.- Muchos de los taludes naturales se encuentran en una condición inestable, de manera que su falla se puede iniciar con facilidad.-

Las ondas sísmicas son una causa potente de movimiento y los procesos de erosión son otra causa común que pueden actuar en diversa forma:

- A.- Erosión diferencial entre los estratos.-
- B.- Erosión al pie de un talud de material no consolidado.-
- C.- Plano de fallas, diaclasas y otras discontinuidades en el macizo rocoso.-
- D.- Laderas en terrenos poco consolidados.-

Probablemente el factor más importante de todos sea un cambio en las condiciones del agua del subsuelo, lo que puede ser provocado por interferencias en las condiciones naturales de drenaje, evaporación excesiva de suelos que normalmente están húmedos o a un incremento en el agua del subsuelo producidos por abundantes lluvias.-

Clasificación de deslizamientos de tierras: tipos de movimientos experimentados por diversas clases de material

Material consolidado	Derrumbes	Deslizamientos	
		Pocas unidades	Muchas unidades
Roca basal	Derrumbe de rocas	Colapso rotacional Deslizamiento planar en bloque	Derrumbe de rocas
Suelo	Deslizamiento del suelo	Hundimiento rotacional	Deslizamiento de detritus Falla por extensión lateral
Material no consolidado	(Movimiento) Flujo, Derrame		
	Secos		Húmedos
Fragmentos de rocas	Derrame de fragmentos de roca		
Arena y limo	Corriente de arena Derrame de loess		Deslizamientos rápidos de tierras
Mixto	Avalancha de detritus, fragmentos		Derrumbe de detritus, fragmentos
Sobre todo plástico			Deslizamiento lento de tierra Corriente de lodo
Material complejo	Formas combinadas de movimiento		

La presencia del agua en este lugar tiene tres efectos principales:

- a.- El agua incrementa el peso efectivo del material que satura
- b.- crea una presión de poros apreciable
- c.- y tenderá a debilitar muchos materiales, incluyendo los tipos de rocas más débiles y los materiales no consolidados con algún contenido de arcilla.-

La deforestación incontrolada en la zona montañosa de ambos departamentos ha acelerado e incrementado los deslizamientos de tierra en la mediana y alta cuenca. Para revertir estos procesos debe realizarse un saneamiento en las laderas afectadas, lo cual será explicitado en el capítulo de Corrección de torrentes.-

### Erosión y Sedimentación

Atarquinamiento Embalse de Escaba (V. Toscano y L. Suayter, 1989).- (lámina 2)

### Ubicación y vías de acceso

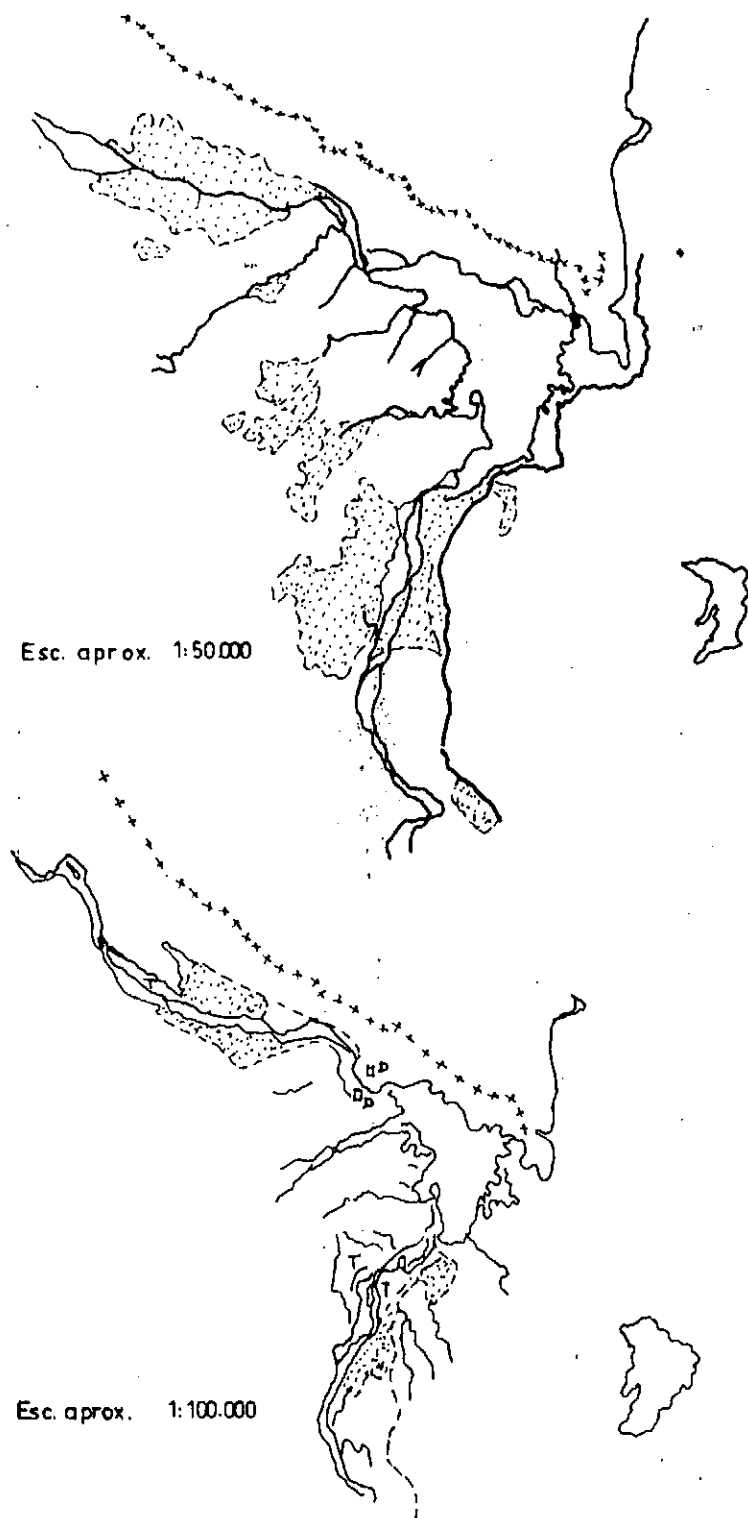
El dique de Escaba se ubica en el Suroeste de la Provincia de Tucumán, a los 27° 40' de latitud Sud y 65° 45' de longitud Oeste; entre las cumbres de Narváez y Santa Ana-Silleta de Escaba, abarcando parte de los departamentos de La Cocha y Juan B. Alberdi.-

### Geología

La presa está fundada sobre un terreno compuesto por un complejo cristalino que constituye el basamento metamórfico, donde las rocas dominantes son gneises y esquistos, de metamorfismo bajo a medianamente alto.-

Acompañan a este complejo metamórfico cuerpos intrusivos graníticos, rocas de mezcla, migmatitas, aplitas y filones pegmatíticos. Le siguen depósitos de materiales cuaternarios de origen aluvial, gruesos (conglomerados, rodados, arenas) poco consolidados y desplegados al pie de las elevaciones montañosas en forma de abanicos y niveles de terrazas, con rodados del basamento cristalino como principal componente.-

# CONTORNO ESPEJO DE AGUA DIQUE ESCABA



CONTORNO DEL EMBALSE  
AÑO 1969

## REFERENCIAS

	Divisoria de aguas
	Rios Principales
	Camino principal
	Area ocupación humana
	Terrazas fluviales
	Deltas

CONTORNO DEL EMBALSE  
AÑO 1986

## Análisis del problema

El embalse de Escaba se halla sobre el río Marapa, de la cuenca del río Dulce; y son sus afluentes principales los ríos Singuil, Chavarría y los arroyos El Chorro y Mora.-

La cuenca ímbrifera del río Marapa abarca un área de  $900 \text{ km}^2$ , y el módulo del río es de  $5,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , con un máximo instantáneo de  $750 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y un mínimo de  $0,4 \text{ m}^3/\text{seg.}$ .-

La presencia de una presa determina la formación de un embalse, el agua que ingresa a él arrastra consigo sedimentos que se depositan en su interior; este depósito a lo largo del tiempo conducirá a la inutilidad de la presa cuando ésta se haya tarquinado.-

Mientras tanto disminuye la capacidad útil del embalse y dificulta su manejo.-

La importancia de estudiar la acumulación de sedimentos de un embalse reside en el hecho de que su conocimiento ilustra sobre la velocidad de denudación de las cuencas de los ríos que aportan a la presa, por otra parte los tamaños de las partículas que probablemente aparecerán en el sedimento, pueden determinarse de antemano conociendo el tipo de roca y la forma de unión de sus componentes. El buzamiento o inclinación de las formaciones que conforman las cuencas, tiene también particular importancia.-

El atarquinamiento progresivo de esta presa, ha modificado notablemente la capacidad total del embalse (la capacidad total y utilizable del embalse es de  $142,5 \text{ Hm}^3$  a cota 629,7 m y de  $126,1 \text{ Hm}^3$  a cota 626,50 m = umbral de vertedero) toda vez que aumenta el aporte de sedimentos que hacen los dos grandes colectores que vierten en él: El Chavarría y el Singuil.-

Acompañan a este trabajo dos gráficos que muestran el cambio operado en el trazado del contorno de dicho embalse.-

El primero está basado en la interpretación de fotografías aéreas del citado

dique, obtenidas en el año 1969; el segundo se realizó sobre la imagen satelitaria Spot año 1986.-

La comparación señala los cambios operados en su contorno en el término de 17 años. Un estudio en detalle revela datos inquietantes sobre esta presa, a la cual originalmente los técnicos de Agua y Energía Eléctrica de la Nación le daban un plazo de vida útil de 315 años.-

De acuerdo al informe proporcionado por Agua y Energía Eléctrica de la Nación, en agosto de 1979 y en mayo de 1988, se efectuaron sendos trabajos de control y evaluación de la colmatación de esta presa, la metodología empleada consistió en cuantificar el volumen de sedimentos depositados en el mismo, desde su cierre hasta la actualidad. Con este fin se procedió al relevamiento de doce perfiles transversales de los valles de los ríos Singuil y Chavarría, mediante una ecosonda de registro continuo.-

Usando como base una planimetría a escala 1:50.000 con equidistancia de 5 m entre curvas de nivel, se analizaron los perfiles originales del vaso, y a estos se superpusieron los obtenidos por sondeo.-

El volumen de depósitos se calculó empleando un programa cuyos datos de entrada son las coordenadas de los extremos de cada perfil y los espesores registrados en los mismos a intervalos regulares. Conocidas las distancias entre perfiles y el espesor promedio, se calculó el volumen del cuerpo geométrico comprendido entre dos trazas sucesivas:

- En el primer estudio los resultados fueron los siguientes:

Pérdida de volumen = 8,01% para un período de 29 años 11 meses; con 10,1 Hm<sup>3</sup> de sedimentos depositados, que significan una tasa de sedimentación anual igual a 0,337 Hm<sup>3</sup>/año.-

- En el segundo estudio los resultados son estos:

Para un período de 37 años 8 meses, la pérdida de volumen es del 11,9% que signi-

fican  $15 \text{ Hm}^3$  de sedimentos depositados, elevando la tasa de sedimentación anual a  $0,4 \text{ Hm}^3/\text{año}$ .-

En base a nuestro estudio, podemos afirmar que la reducción del área del espejo de agua del embalse de Escaba es de un 25%.-

El crecimiento de los deltas del Singuil y del Chavarría, ha reducido el perímetro del embalse en aproximadamente el 25% de su contorno original, efecto que debe sumarse al brusco cambio de pendiente que se produjo como resultado de la diferencia de nivel entre las distintas superficies de sedimentación que se registra en las inmediaciones de los bordes de los mencionados deltas, cuyos valores oscilan entre los 15 y 20 metros.-

El desarrollo de los deltas de estos ríos ha reducido el embalse, porque si bien un delta es la expresión contundente del poder de transporte que tiene un río y es, en esencia, una formación o estructura geológica subacuática, sus efectos no sólo se verifican en el fondo del embalse que va modificando su forma y capacidad, sino que se traduce en superficie, con la reducción del perímetro del mismo, y una marcada disminución y suavizamiento de las sinuosidades primigenias de sus orillas.-

Los autores citados dividen así el embalse de Escaba entre zonas determinadas: 1.- El delta del Chavarría, donde se depositó el 17% del depósito; 2.- el delta del Singuil, donde se acumula el 26% y la 3.- zona intermedia, de área mayor, donde se concentra el 57% restante, quedando sin dilucidar la presencia de materia orgánica, de la que no se conoce con precisión si fué transportada y depositada en el embalse por los tributarios, o provienen del fito y zooplancton bentónico.-

Por otro lado, el análisis de la composición granulométrica de las muestras del sedimento de fondo no se ha alejado de lo normal y esperado en la sedimentación del embalse: concentración mayor de arena y limo en los deltas, y mayor contenido de arcilla en las muestras de la zona intermedia.-

## Soluciones Propuestas

Proponemos soluciones integrales y de fondo que son:

- 1.- Sistematización de los ríos Singuil y Chavarría, mediante pequeñas presas transversales en los cauces, que retengan los materiales de arrastre y contribuyan a estabilizar las vertientes.-
- 2.- Reforestación de las cuencas de los principales afluentes y estabilización de los sectores de mayor inestabilidad con obras de arte menores, (muros de contención, bermas, mallas metálicas desplegadas, empalizadas, etc.):-
- 3.- Diques longitudinales al flujo de la corriente, en donde las condiciones de inestabilidad sean críticas.-

Estas soluciones sirven únicamente para retardar el proceso de colmatación del dique, ya que este tipo de obra tiene una vida útil limitada.-

## Otras soluciones

"Las operaciones de suelta de agua" (desagüe), donde la corriente de alta velocidad lleve el sedimento aguas abajo; pero se debe destacar que únicamente el "fango de almacenaje vivo", que se localiza en los niveles superiores, puede ser removido completamente, no así el "fango de almacenaje muerto" de los niveles inferiores, que es complicado remover.-

La solución mas costosa y efectiva es el dragado del dique y de los ríos principales, aunque se debe señalar que ésta no es una solución de fondo y si de carácter temporario si no se realiza la sistematización de los ríos que aportan al embalse.-

## CONCLUSIONES

Los estudios efectuados permiten afirmar que el espejo de agua del dique Escaba ha sufrido una retracción del 25% en 37 años desde su puesta en funcionamiento, lo que lleva a predecir que de mantenerse el ritmo de sedimentación actual el período de vida útil de la presa no superaría los 110 años.-



Este vaticinio es alarmante para la economía provincial y en especial para el hombre afincado en sus aledaños, que es el beneficiario directo de las utilidades que brinda esta obra, como ser posibilidad de riego y el aprovechamiento hidroeléctrico ; máxime si se tiene en cuenta que los lugares adecuados para emplazar una presa no abundan y que, por otro lado, es casi imposible reemplazar un sitio obstruído.-

Debe destacarse que dentro de unos 30 años, una reducción de un 50% de la capacidad total del embalse, causaría un problema grave, tanto en la generación de energía eléctrica como en el regadío de unas 20.000 has. cultivadas aguas abajo de la citada presa.-

### Inundaciones

Las ciudades de Tafí Viejo y La Cocha sufren periódicas inundaciones en la época de fuertes lluvias.-

### Origen de las Inundaciones

Resultan de la combinación de varios factores; los principales son:

- 1.- Intensas precipitaciones en variados períodos de tiempo.-
- 2.- Terrenos de las cuencas alta y media carentes de cubierta vegetal, o cuando esta existe, es discontinua.-

Algunos ambientalistas suelen afirmar que la actividad humana es la única responsable de las inundaciones modernas. Sin embargo, los registros históricos de ambos departamentos demuestran que a lo largo de la historia siempre sufrieron el flagelo de las inundaciones, aunque no existe duda de que la actividad humana ha intensificado este problema.-

### Protección contra las Inundaciones

- 1.- Se debe tener cuidado con la rectificación de los cauces sujetos a desbordamiento; pueden dar algún alivio a las áreas adyacentes, aunque también pueden incrementar los desbordes en los lugares aguas abajo.-

2.- Las construcciones de diques de protección, longitudinales, para confinar las corrientes dentro de ciertos límites, son eficaces si se diseñan bien, manteniendo el ancho del río, de lo contrario es probable que causen daño en los sitios encauzados y aguas arriba.-

3.- La construcción de represas pequeñas o azudes para retener el agua y los sedimentos antes de llegar a las áreas habitadas, en las épocas de inundación, es una medida lógica y adecuada, si esas presas están bien construídas, correctamente distanciadas y se las repara periódicamente y luego de cada crecida, pues de lo contrario causan más daño que beneficios.-

4.- La reforestación y el saneamiento de las vertientes o laderas de las cuencas media y alta de los torrentes es imprescindible. La misma debe realizarse con árboles de crecimiento rápido, raíces profundas para retener el suelo y hojas anchas, para una correcta evapo-transpiración con el objeto de mantener el terreno en seco.-

5.- Las obras deben realizarse en toda la cuenca, en vertientes y cauces. Trabajos parciales significan un erogación inútil, por su corta vida. Lo concreto es que deben realizarse estudios puntuales y dar soluciones integrales, apropiadas al problema de cada cuenca, como se señalará en el capítulo referido a la corrección de torrentes.-

#### Tornados (Erosión eólica)

En la zona sur de la provincia de Tucumán, por efecto del contacto de dos masas de aire que se encuentran a temperaturas diferentes, se genera un intenso núcleo con fuerte presión que da lugar a tornados y ciclones cada 15 años aproximadamente, que provocan múltiples pérdidas en las viviendas y campos de cultivo.-

La erosión eólica en el sur de la provincia, es ocasionada por ráfagas de viento, que soplan en las épocas de preparación de cultivos, cuando los campos están desnudos y removidos, es realmente importante, sumándose a ello las consecuencias de los ciclos de sequías periódicas, de aproximadamente cada tres años que, tienen lu-

gar en la provincia de Tucumán.-

El conjunto de estos procesos interacciona con la salinización de los suelos, constituyendo un peligro potencial de desertización de la zona.-

Las sequías, por otra parte, promueven la aparición y desencadenamiento de uno de los desastres naturales más temidos por el hombre: las plagas de insectos y, más concretamente la invasión de las langostas, que hasta no hace más de 20 años ~~se~~ asolaban el sur y el este de la provincia de Tucumán.-

### Conclusiones

La lluvias torrenciales y prolongadas, los cortes del pie de las laderas de las montañas, las extracciones de aguas subterráneas, los terremotos y temblores, pueden producir hundimiento o desplazamiento del terreno. La inestabilidad depende de factores como el tipo de roca o suelo, la pendiente de la ladera o la humedad del terreno, pero puede también ser favorecida por la deforestación, y los daños causados a la cubierta vegetal por la actividad económica desarrollada en la zona.-

Por lo tanto, a fin de mitigar las consecuencias de estos fenómenos, se hace imprescindible el reconocimiento y planificación del uso del suelo, como se realiza en países de tecnología avanzada.-

## ZONIFICACION GENERAL DE RIESGO GEOLOGICO

### Introducción

Los riesgos geológicos resultan de procesos naturales y también artificiales, provocados por el hombre, que representan un peligro inmediato o futuro para la vida, la salud y las propiedades de los habitantes de una región.-

Al planificar el desarrollo de una determinada área es condición primordial conocer y estudiar todos los riesgos geológicos a fin de poder evaluar los impactos potenciales que pueda sufrir esa área, tanto en su ambiente natural como el uso que se le desea dar a esa tierra.-

A los efectos de tener una idea global del problema, el presente informe sintetiza una depurada recopilación de trabajos, cuyas conclusiones fueron volcadas en el bosquejo Geotécnico y de Riesgo Geológico realizado a pequeña escala (1:1.000.000).

### Bosquejo de Riesgo

Los riesgos naturales a que está expuesta la provincia de Tucumán, son los siguientes:

- 1.- Temblores y terremotos de mediana intensidad en todo su territorio (ver Capítulo de Zonificación Sísmica).-
- 2.- Inundaciones: Llanura Deprimida y pedemontana y Cuencas intermontanas.-
- 3.- Procesos de remoción en masa. Flujos lentos y rápidos: Area montañosas, cuencas intermontanas y llanuras pedemontanas.-
- 4.- Suelos expansivos: Llanuras pedemontanas, deprimida y Chaco-pampeana.-
- 5.- Terrenos solubles: Cuenca Tapia-Trancas, cuenca Río Nño-Chorrillos y Departamento de La Cocha.-
- 6.- Disoluciones Salinas: Llanura deprimida, Ondulada o Chaco-pampeana y cuenca Tapia-Trancas y Valles de Santa María.-
- 7.- Erosión Fluvial: En todo el territorio provincial.-

8.- Erosión Eólica: Cuencas intermontanas y llanura pedemontana, Chaco-pampeanas y deprimida.-

9.- Erosión glacial: Areas montañosas por arriba de los 3.000 metros.-

10.- Colmatación de embalses.-

11.- Formas Kársticas (Dolinas y sumideros).-

En cuanto a los riesgos provocados por el hombre, podemos señalar:

1.- Canteras a cielo abierto de áridos y arcillas.-

2.- Extracción de áridos en los ríos y arroyos de la provincia.-

3.- Mal manejo del suelo agrícola y uso de la tierra.-

4.- Deforestación indiscriminada e irracional.-

5.- Contaminación de los ríos y arroyos de la provincia por desechos industriales

6.- Contaminación de la napa freática en núcleos urbanos por los pozos absorbentes.-

7.- Uso indiscriminado de plaguicidas.-

8.- Construcción de viviendas en zonas de potenciales riesgos geológicos (Laderas de montañas, terrenos inestables, antiguos lechos de ríos, etc.).-

Por último debemos dedicar especial atención a la existencia de aguas subterráneas contaminadas en la región de la llanura deprimida y Ondulada o Chaco-pampeana, con alto contenido de arsénico, que las convierte en tóxicas, haciendo desaconsejable su uso como bebida, y aún para higiene personal, por ser dicho metal un poderoso carcinógeno.-

El área que sufre esta situación, estimada en 7.000 kilómetros cuadrados, comprende una franja paralela al límite con la provincia de Santiago del Estero, donde según el Censo poblacional del año 1980, residen unos 100.000 habitantes en 30 pueblos.-

Los organismos argentinos que controlan la calidad del agua, admiten que el

tenor máximo de arsénico no debe superar los 0,010 mg/litro. En Tucumán se registraron valores de 0,1 mg/litro y 0,2 mg/litro.-

### Riesgos Geológicos Naturales

#### Terremotos

Suayter (1984), Suayter y Linares (1987), a y b: Linares, Suayter y Paolasso (1988), evaluaron el riesgo sísmico de la provincia teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) La existencia de un tiempo largo de observación sismológica y de estudios geológicos y tectónicos, ya que los terremotos se presentan de manera totalmente aleatoria en su magnitud e intensidad.-
- b) Las condiciones económico-sociales de la provincia, su situación geográfica, clima, geología económica, nivel industrial, técnico y social, como también las tradiciones regionales y valores culturales.-
- c) La zonificación sísmica (con miras a una futura micro-zonificación) planos de epicentros, estadísticas de terremotos (históricos y actuales), conocimientos de la interacción suelo-estructura y de la neotectónica, datos geofísicos, realidad del parque edilicio existente y por último, desarrollo de las alternativas constructivas y del diseño antisísmico.-

En base a estas consideraciones, los autores arriba mencionados, elaboraron las normas sismorresistentes para la provincia de Tucumán (1986-1988).-

#### Remoción en Masa

Los procesos de remoción en masa se dan con frecuencia en las zonas montañosas de la provincia y en la región del piedemonte.-

La remoción en masa involucra el desplazamiento de grandes volúmenes de detritos, cuesta bajo, por influencia directa de la gravedad, auxiliada algunas veces por la presencia de agua. De acuerdo a la cantidad de agua existente se manifiesta este fenómeno de distinta manera.-

Se reconocen categorías en este proceso: Flujo lento, Flujo rápido, deslizamiento y hundimiento.-

#### Flujo lento

Reptación de suelos, de escombros de talud, de rocas y glaciares. Soliflucción.-

#### Flujo Rápido

Corrientes terrosas y de barro. Derrumbamientos.-

#### Deslizamiento

Desmoronamiento, deslizamiento de detritos, caída de detritos, deslizamiento de rocas y alud de rocas.-

#### Hundimiento

Desplazamiento hacia abajo de material terroso superficial, sin superficie libre y sin desplazamiento horizontal.-

Estos procesos afectan de manera importante a núcleos poblacionales, campos de cultivos y obras de arte.-

Cuantificando las consecuencias de estos procesos, Vialidad de la Nación en la provincia de Tucumán, debió invertir 1.000.000 de dólares en 1987 en reparación de puentes, alcantarillas y caminos, a causa de estos fenómenos, que se producen habitualmente en épocas de fuertes lluvias, a fines de primavera y durante todo el verano.-

Corrientes de barro o "volcanes" de gran magnitud afectan a poblaciones importantes de los Valles Calchaquies (Colalao del Valle 1968-1970); (Amaicha del Valle 1968); (Tafí del Valle 1987). Corrientes terrosas conocidas comunmente como aluviones, afectan frecuentemente a la ciudad de Tafí Viejo. Se debe señalar que esta ciudad está expuesta a sufrir cuantiosos daños materiales y, consecuentemente, pérdidas económicas. La misma se encuentra situada en el extremo norte del pie de monte de la Sierra de San Javier, macizo definido geotécnicamente como frágil (Suayter,

1988), agravándose la situación por la descontrolada deforestación de su cuenca media y alta.-

### Inundaciones

Afectan sensiblemente a las poblaciones, industrias, obras de arte y cultivos situados en la llanura deprimida y pedemontana, lugar de máxima concentración económica de la provincia.-

El régimen fluvial de tipo estacional, característico de torrentes tributarios de los ríos de la provincia, que conforman las altas cuencas de los macizos Cumbres Calchaquies y Aconquija, provocan frecuentes avenidas en épocas de fuertes lluvias, con fenómenos colaterales de remoción y acumulación de aluviones, erosión laminar de los suelos, salinización de los sitios deprimidos en que se concentran las aguas, etc.-

La sistematización de estas cuencas se hace prioritaria a fin de atenuar la erosión de los terrenos, posibilitando la evacuación de las aguas de crecidas sin que éstas y la carga sólida que transportan causen daño a las poblaciones y campos de cultivo del pie de monte y de las llanuras ribereñas.-

En la llanura deprimida y en el Departamento de La Cocha, los estudios geotécnicos señalaron suelos de bajo valor soporte y también mantos o capas de arcilla montmorillonítica, expuestas a sufrir el proceso de tixotropía (licuefacción de suelos por vibraciones).-

La distribución de estas arcillas expansivas es errática, encontrándose no sólo en la llanura deprimida, sino también en todo el territorio tucumano. (Llanura pedemontana, deprimida y chaco-pampeana).-

### Terrenos solubles

Se encuentran en la cuenca Tapia-Trancas, cuenca de Río Nío-Chorrillos y al sur de la llanura deprimida.-



El subsuelo de esta zona, de acuerdo a los perfiles geológicos de perforaciones efectuadas para la búsqueda de agua, como también de afloramientos superficiales, está constituido por terrenos terciarios, con capas de yeso y calcáreo. Estos materiales son susceptibles de solubilizarse en presencia de agua, causando asentamientos diferenciales de los terrenos y viviendas y fuga en los embalses (Dique El Cajón que no llegó a entrar en servicio por las grandes filtraciones que se producían en el terreno de su fundación).-

#### Disoluciones salinas

Estos procesos están estrechamente vinculados a las inundaciones, en particular en la llanura deprimida y en el subálveo del río Santa María, debido a la fluctuación de la napa freática, que provoca el ascenso de sales por capilaridad a la superficie, afectando a la agricultura de la zona.-

Se debe destacar que también el embalse de Río Hondo ha provocado la salinización de toda su zona de influencia, afectando de manera alarmante a poblaciones cercanas: Lamadrid, Taco Ralo, Villa de Chicligasta y Monteagudo.-

#### Erosión Fluvial, Eólica y Glacial

Las llanuras deprimida, pedemontana y Chaco-pampeana son las áreas que más expuestas están a la erosión fluvial y eólica. En las regiones montañosas tienen lugar los tres tipos mencionado en el título.-

#### Colmatación de embalses

El entarquinamiento de los embalses de la provincia de Tucumán es un riesgo grave que no solo afecta al regadío de los cultivos, sino también a la provisión de agua potable para bebida de los habitantes de las poblaciones.-

Estudios realizados por reparticiones oficiales y por profesionales del medio, como también evaluaciones propias, dan cuenta de un estado de situación alarmante, cuantificado por estos ejemplos:

1.- El embalse del dique El Cadillal, considerado con un período de vida útil de

100 años, se ve amenazado por un rápido proceso de colmatación, que reduciría a la tercera parte su tiempo de vida útil. Lo mismo está sucediendo con el embalse de Escaba, al sur de la provincia.-

2.- Los diques situados en el Valle Calchaquí (La Angostura, Cardones I y II y Los Zazos) sufren un proceso de acelerada colmatación debido a la erodabilidad de los terrenos circundantes, y a la torrencialidad de los ríos que los alimentan. Los diques Cardones I y II se encuentran totalmente colmatados y en los que respecta al dique La Angostura se calcula que el período de vida útil no superará los ocho años a partir de la fecha.-

Linares y Suayter (1986) publicaron un resumen de los estudios efectuados en el Dique El Cadillal, cuyas conclusiones son válidas para todos los diques de la provincia.-

#### Formas Kársticas. (Dolinas y Sumideros)

Si bien este tipo de relieve no es frecuente en la provincia de Tucumán, se han observado formas kársticas en los terrenos de caliza cristalina situados por arriba de los 3.000 metros sobre el nivel del mar, en las cumbres Calchaquenses.-

Estas formas cobrarán una particular importancia cuando estos terrenos sean atravesados por el camino que unirá las poblaciones de Hualinchay con Colalao del Valle, debiéndose tomar las debidas precauciones a fin de evitar hundimientos del camino.-

## DEGRADACION DE LOS SUELOS POR CAUSAS NATURALES O PROVOCADAS. ACCIONES A DESARROLLAR PARA ATENUAR SUS CONSECUENCIAS

### Introducción

Durante la década del 70 ocurrió la gran expansión de la frontera agropecuaria en la llanura Chaco-pampeana, que ocupa el 24,5% del área provincial. En esta zona predominan los ecosistemas frágiles e inestables, lo que convierte en riesgosa la explotación agrícola.-

Las tierras de la región fueron habilitadas con técnicas de desmonte inadecuadas. El brutal cambio ecológico que implicó el paso del monte chaco-pampeano a sistemas de labranza intensivo, sumado a la ausencia de rotaciones de los sistemas de producción, contribuyeron a la veloz disminución de los rindes, que no es otra cosa que el primer resultado de la degradación de los suelos.-

Ya en 1978 un grupo de profesionales de la Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres" advirtió sobre las consecuencias que traen aparejadas la habilitación de nuevas tierras para el cultivo sin una debida planificación y la aplicación de técnicas adecuadas para ese tipo de ecosistema. No se los escuchó y las consecuencias fueron: suelos degradados por la intensa erosión hídrica y eólica. Algunos campos están siendo abandonados porque sus rendimientos son tan bajos que no justifican inversiones ni trabajo.-

### Ubicación geográfica

La denominación "este tucumano" identifica al área llana de la provincia, ubicada al oriente de la zona cañera, hasta el límite con Santiago del Estero.-

### Clima

Esta área abarca los climas subhúmedo seco y semiárido de la clasificación de Thornthwaite.-

Para caracterizar la situación hídrica del este tucumano se analizó las precipitaciones y disponibilidades de agua en diversas localidades, consideradas re

presentativas.-

Quizás el elemento del clima más estudiado son las precipitaciones, debido al rol fundamental que juegan en la producción agropecuaria.-

Para el análisis se eligió el período estival, desde Diciembre a Marzo, por que en él se realiza casi la totalidad de los cultivos, en coincidencia con el período lluvioso y de disponibilidad térmica favorable y, además porque cualquiera sea la época de siembra o especie considerada, la parte más importante del ciclo vegetativo estará comprendida en este cuatrimestre.-

Se comparó los valores de precipitaciones en las localidades de La Ramada, Lolitas, Las Cejas, La Cocha, Graneros y Taco Ralo. Se obtuvo un panorama de la distribución de las lluvias en el tiempo y en el espacio.-

Se destaca Enero como el mes más lluvioso, seguido en orden de importancia por Febrero, Marzo y Diciembre. Se transcribe a continuación los milimetrajes promedio registrados en Enero en las localidades consideradas como representativas, que son:

La Ramada: 163; Lolitas: 149; Las Cejas: 116; La Cocha: 122  
Graneros: 107 y Taco Ralo: 99 mms.

Se observa el gradiente de disminución de las lluvias de oeste a este. También estos valores señalan el régimen monzónico de las lluvias en el área.-

La Ramada es la localidad más húmeda, con situaciones hídricas equilibradas en Diciembre y Enero, presentando excesos crecientes en Febrero y Marzo. Lolitas y La Cocha presentan condiciones intermedias de humedad, con deficiencias hídricas en Diciembre y Enero y equilibrio en Febrero y Marzo. La zona este (Las Cejas) y sudeste (Graneros y Taco Ralo) muestran las deficiencias hídricas más pronunciadas. En Las Cejas sólo se alcanza equilibrio en el mes de Marzo, mientras en Graneros y Taco Ralo el déficit hídrico se manifiesta en los cuatro meses, disminuyendo en intensidad hacia Marzo.-

De lo expuesto se deduce que gran parte del área presenta condiciones de deficiencias hídricas durante el verano. La frecuencia de los años con sequía se incrementa de oeste a este. La Ramada muestra los menores porcentajes de años secos, mientras que la mayor frecuencia se verifica en Taco Ralo, con ausencia de agua útil en todos los años considerados para los meses de Diciembre y Enero.-

#### Degradación de los suelos (lámina 3)

Las propiedades físicas del suelo tienen una marcada influencia sobre el desarrollo de los cultivos. Estas propiedades físicas están dadas fundamentalmente por la presencia de materia orgánica; su pérdida o disminución en sus porcentajes está marcando el mayor o menor grado de degradación. El uso agrícola continuo produce un aumento de la inestabilidad estructural como consecuencia de las pérdidas de materia orgánica. Los años de agricultura continua incrementan la resistencia del suelo a la penetración de agua en los primeros 30 centímetros de profundidad.-

Experiencias de campo muestran que el grado de porosidad y aereación del suelo disminuyeron luego de una agricultura continua durante 10 años en valores promedios de 65%; en el mismo lapso el mullido cayó un 70%. La disminución de materia orgánica fué significativa, disminuyendo entre el 10 y el 40%. De la misma manera y con distinta intensidad se modificaron, en forma desfavorable, la infiltración del agua, aumentando los riesgos de erosión por escorrentía superficial; el peso específico aparente aumentó; la resistencia del suelo a la penetración, en los primeros 0,30 m. de profundidad, se incrementó y con él la resistencia que el suelo opone a la penetración de las raíces de las plantas.-

Es evidente que los suelos del este de la provincia no toleran la labranza intensiva ni el manejo inadecuado con la misma capacidad que aquellos de las regiones templadas.-

# MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE LOS SUELOS DEL SECTOR OCCIDENTAL DEL DEPARTAMENTO LA COCHA - provincia de Tucumán.

## REFERENCIAS

### CLASES DE CAPACIDAD DE USO

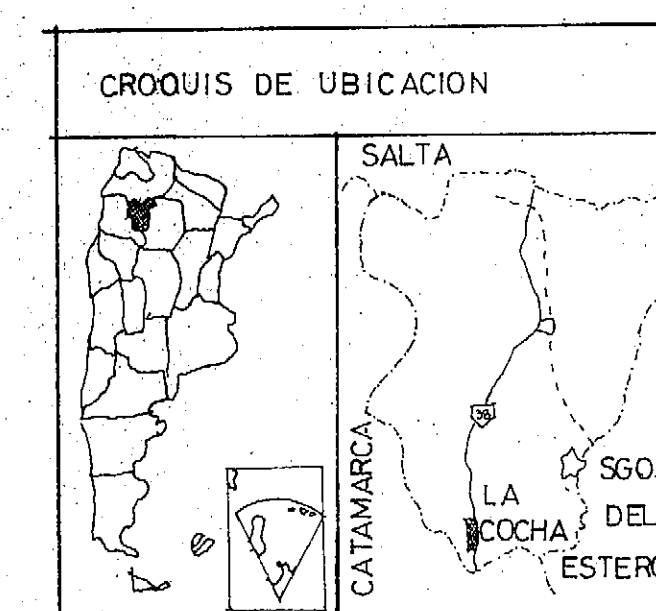
TIERRAS APTAS PARA TODO TIPO DE CULTIVO ADAPTADO CLIMATICAMENTE.	CLASE II	AGRICULTURA CON LIGERAS LIMITACIONES O LIGEROS RIESGOS PRACTICAS DE MANEJO SIMPLE.
	CLASE III	AGRICULTURA CON LIMITACIONES O RIESGOS MODERADOS PRACTICAS DE MANEJO MAS COMPLEJAS.
TIERRAS APTAS PARA CULTIVOS LIMITADOS.	CLASE IV	AGRICULTURA CON LIMITACIONES O RIESGOS SEVEROS. PRACTICAS DE MANEJO Y CONSERVACION AUN MAS DIFICILES Y COMPLEJAS.
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 FORESTALES.

### SUB CLASES Y UNIDADES DE CAPACIDAD DE USO

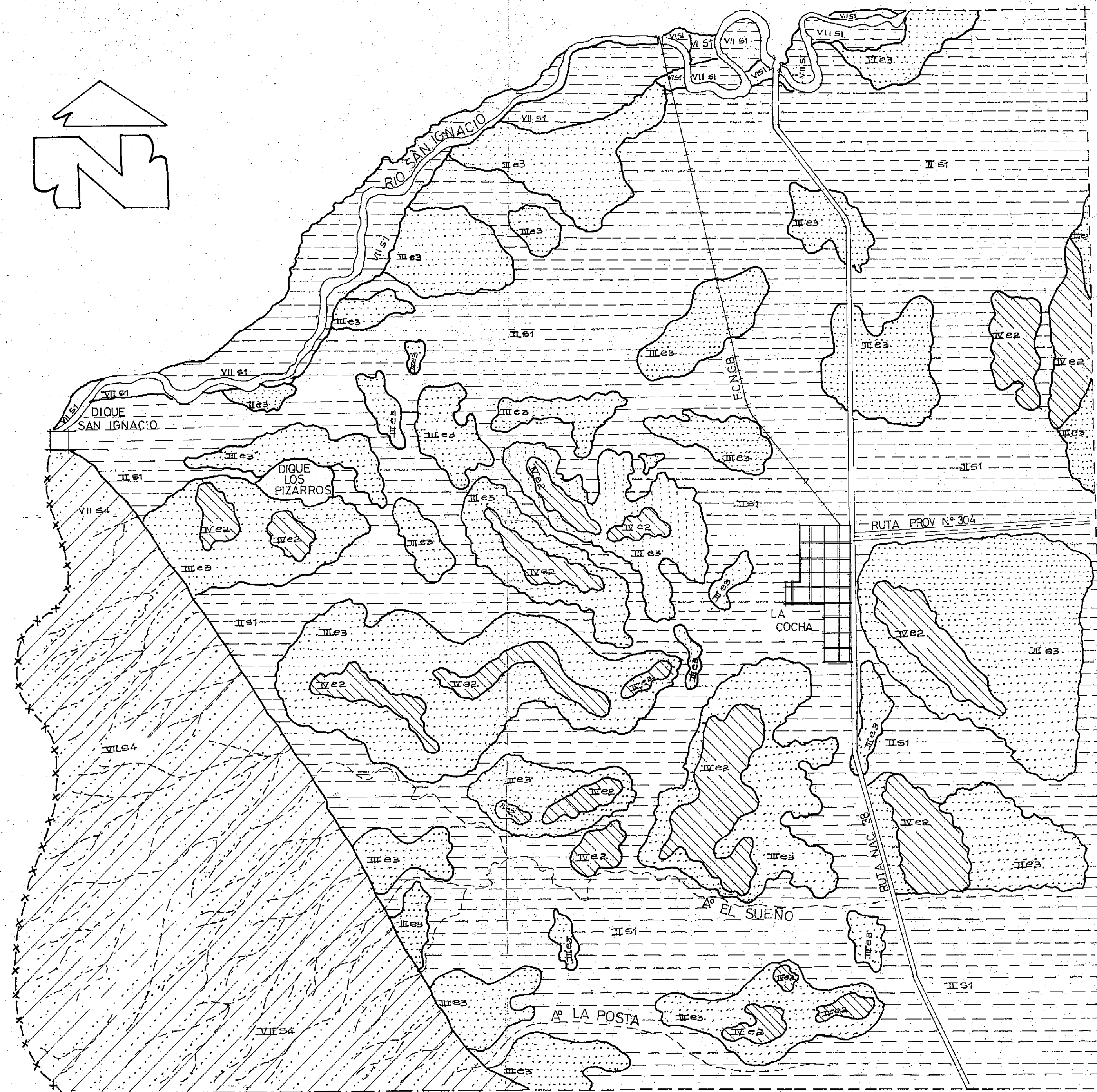
E EROSION	S LIMITACION DE LA ZONA RADICAL
e2 SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSION HIDRICA EN SUELOS CON SUB SUELO POCO DESARROLLADO	
e3 SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSION HIDRICA EN SUELOS CON PENDIENTES MODERADAS Y SUB SUELO POCO DESARROLLADO	
s1 BAJA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD CAUSADA POR CAPAS DE TEXTURAS GRUESAS.	
s4 TEXTURAS MUY GRUESAS Y PEDREGOSIDAD EXCESIVA QUE IMPIDE LA PENETRACION DE LAS RAICES Y EL DESARROLLO GENETICO.	

	RUTA NACIONAL
	RUTA PROVINCIAL
	CAMINO SECUNDARIO
	PUENTE
	VIAS DEL FERROCARRIL
	POBLACION

	RIO PERMANENTE
	RIO TEMPORARIO
	DIVISORIA DE AGUAS
	LIMITE DE UNIDADES DE CAPACIDAD DE USO
	LIMITE DEL AREA DE ESTUDIO



MARIA ELENA PUCHULU  
Fac. de Cienc. Nat e Inst.  
Miguel Lillo U.N.T. 1987



BASE PLANIMETRICA Fotografias aereas escala 1:50.000 relevadas por la Empresa Spartam Air Service año 1972 Fotografias Aereas escala 1:20.000 relevadas por Segunda Brigada aerea de Paraná año 1976

ESCALA GRAFICA  
0 2 km  
ESCALA APROXIMADA 1:28.000

### Consecuencias de la degradación: disminución de los rendimientos

La disminución en los rendimientos del cultivo de soja en un 32% de promedio durante la última década constituye la primera llamada de atención. Sin embargo, es apenas el principio de un rápido camino hacia la total improductividad de esas tierras. De allí a la desertización hay sólo un paso.-

En Monte Redondo se evaluaron las mermas de rendimiento en los cultivos de soja, sorgo y maíz durante tres campañas agrícolas (1985/86, 1986/87 y 1987/88) y en dos situaciones de fertilidad de suelos (menos de 5 y más de 10 años de cultivo). Los rendimientos de maíz disminuyeron un promedio de 61%. Para el cultivo de sorgo la pérdida de rendimiento promedio fué del 65%. La especie menos afectada fué la soja, disminuyendo en promedio solo el 32%.-

### Conservación

Esta situación preocupa al ámbito oficial desde hace algunos años, pero aún deja indiferentes a los productores. Además no hay presupuesto para obras de corrección del problema.-

Resulta paradójal que ningún campo con su vegetación natural sufra problemas de erosión. Esta se presenta con regularidad casi matemática a los 2 - 3 años del momento en que se empieza a usar el suelo para agricultura. Después de ese tiempo la resistencia de los suelos disminuye en forma más o menos brusca y se erosionan con facilidad creciente.-

Los resultados del análisis de muestras del suelo, coincidentes con los obtenidos en otras regiones del país y del mundo, muestran que la agricultura continúa, a través de varios años, aumenta en forma marcada la "inestabilidad estructural". La degradación es intensa en los primeros cuatro años, alcanzando promedios de 34% superior al valor original, disminuyendo luego.-

Se debe enfrentar esta grave situación no solo por afán ecologista, sino para tener suelos más productivos, con rendimientos más estables y con una rentabi-

lidad constante para la empresa agrícola.-

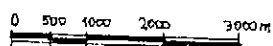
Cuando la degradación es muy grave, la implementación de pasturas de gramíneas y leguminosas permite recuperar los suelos entre los 4 y 10 años. En las labores deben emplearse técnicas conservacionistas: labranza superficial, rotación de cultivos (pasturas y ganado incluido) para balancear la materia orgánica y el manejo de los rastrojos o de sistemas de cobertura que permitan mantener el tenor de materia orgánica no inferior al 30%. Todas estas recomendaciones deben ser aplicadas en forma integral, ya que de otra manera no se impedirá que continúe la degradación de los suelos.- (lámina 4)



MAPA GEOMORFOLOGICO PROVINCIA  
DE TUCUMAN DPTO. GRANEROS

MARIA ESTELA D'URSO

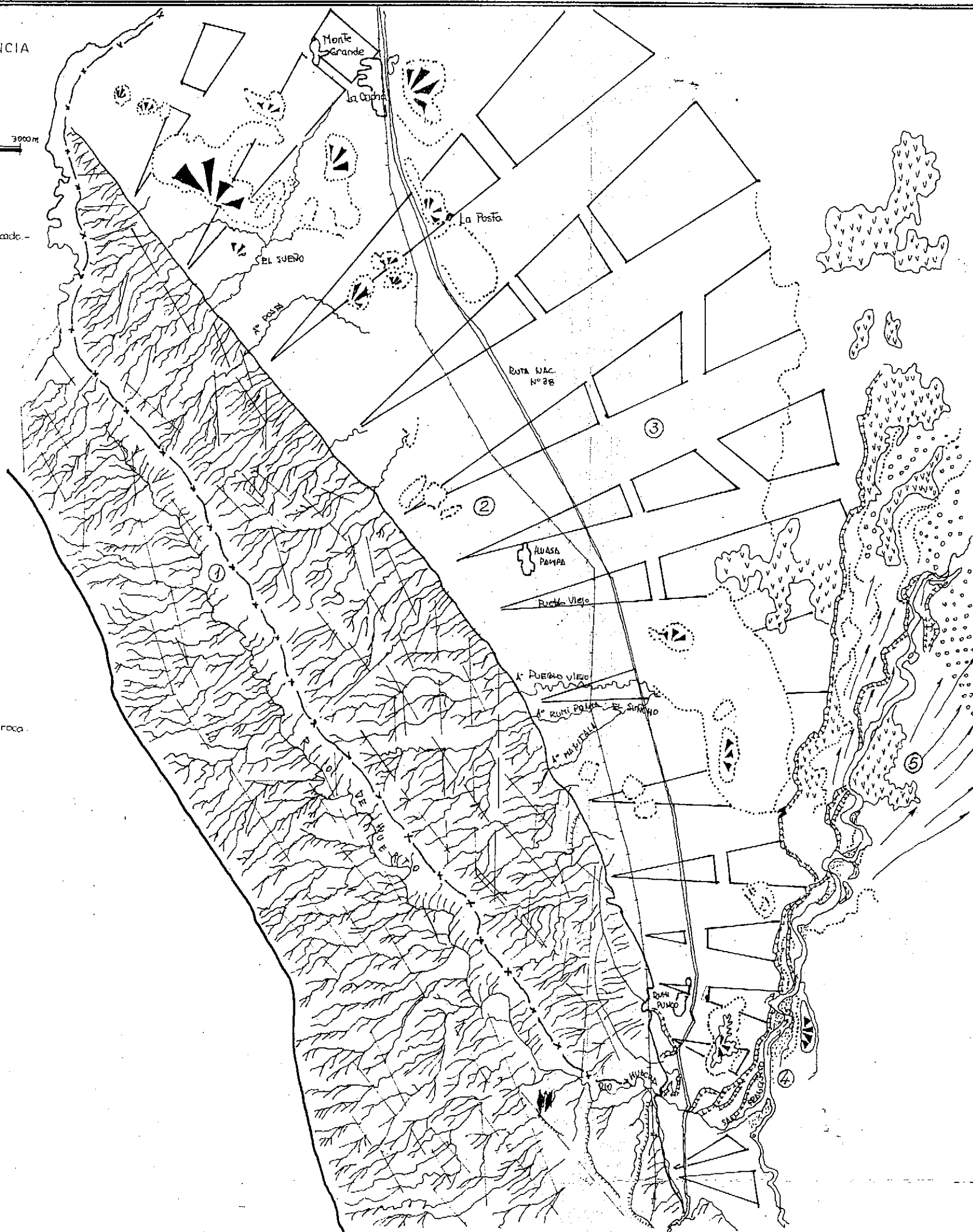
Escala 1:50.000



REFERENCIAS

Altiplano Geomorfologicos

- Pasamiento metamorfo peneplanado disecado.
- Glacia nivel inferior
- Glacia nivel superior
- Llanura
- a). Curso de H<sub>2</sub>O permanente.
- b). Curso de H<sub>2</sub>O transitorio.
- a). Curso abandonado
- b). Rio anastomosado
- a). Terrazas
- b). Zonas saturables de H<sub>2</sub>O
- Aluvionamiento
- a). Contacto litogeologico
- b). Divisoria de H<sub>2</sub>O
- a). Lomas convexas
- b). Borde suave de terrazas
- a). Erosion lateral
- b). Erosion vertical
- a). Valle asimetrico de fondo plano.
- b). Valle asimetrico de fondo en V
- a). Fracturas
- b). Captura
- Procesos Morfodinamicos.
- 1) Disgregacion mecanica y quimica de la roca.  
Iniciacion lineal - Remosion en masa
- 2) Carrausas.  
Erosion en surcos
- 3) Escurrimiento Mantiforme.  
Erosion laminar
- 4) Erosion torrencial.
- 5) Aluvionamiento  
Inundacion.



## LAS INUNDACIONES Y LA EROSION HIDRICA EN LOS DEPARTAMENTOS

### DE TAFI VIEJO Y LA COCHA. PROVINCIA DE TUCUMAN

#### Características generales de los procesos

##### Introducción

La degradación de los terrenos que conforman las serranías tucumanas ha alcanzado una intensidad alarmante. Ya en 1957 el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación estimaba en 11.186 kgs. por cada 1.000 metros cúbicos (promedio de un período de creciente) la cantidad de material que las aguas del río Salí transportaban en suspensión, sustraído a las vertientes serranas.-

En esa época la erosión hídrica afectaba en todo el país a más de 18 millones de hectáreas, cifra que en 1986 aumentó a 21.400.000.-

En nuestra provincia actualmente 110.000 hectáreas están siendo erodadas, 40.000 de ellas en forma severa y grave.-

Los ríos transportan los aluviones hasta las cuencas intramontanas y las llanuras, donde los abandonan; esta acumulación de aluviones causa serios inconvenientes, como la paulatina colmatación de los vasos de los diques El Cadillal y Escaba, que a menos de 30 años de su puesta en servicio han perdido el 25% de su capacidad original.-

##### Cuantificación de la intensidad del proceso erosivo

El volumen de la esorrentía anual de los continentes es del orden del 40.000 km<sup>3</sup>. Los ríos arrastran hacia los océanos unos 10.000 a 20.000 millones de toneladas anuales de materia sólida. A esta cifra debe añadirse alrededor de 4.000 millones de toneladas de materias en solución. Esto significa que por cada metro cúbico de agua que llega al mar, los continentes pierden un promedio de casi medio kilo de sedimentos.-

Las variaciones naturales de las concentraciones de sedimentos en suspensión

son amplias , y resultan, fundamentalmente, de la distinta naturaleza, de los terrenos en que los ríos desarrollan sus cauces.-

#### La velocidad de erosión en algunos ríos argentinos

La velocidad erosiva se define como la degradación uniforme de la superficie terrestre, en unidades de longitud (milímetros) por cada mil años. Esto no significa que dicha superficie sea uniformemente erodada de esta forma, pero permite expresar la erosión desde el punto de vista cuantitativo.-

Los valores que se consignan a continuación se refieren a la carga transportada en suspensión, que es la mayor parte de la carga total de los ríos, y que está sujeta a grandes variaciones anuales.-

La información sería más completa si se conociera la naturaleza y abundancia de las rocas erodadas, precipitaciones, temperatura, vegetación, etc.-

En esta evaluación se consideró un conjunto de ocho ríos con cuencas de tamaño intermedio, que son: Bermejo, San Francisco, Juramento, San Juan, Mendoza, Colorado, Neuquén y Negro. El río Bermejo es el de más alta intensidad erosiva. Tiene una cuenca de 25.000 km<sup>2</sup> y una velocidad de erosión de 962 mm/1000 años. Ejerce una gran influencia sobre la cuenca Paraná - Río de la Plata al proveer el 49% de los sólidos que el Río de la Plata transporta en suspensión.-

El análisis de los valores considerados arroja las siguientes conclusiones generales:

- a) la entrega potencial de sedimentos de una cuenca es inversamente proporcional al tamaño de la misma;
- b) la capacidad de entrega de sedimentos y la intensidad del proceso erosivo son función de la relación relieve/longitud. En cuencas con el mismo relieve, las de menor longitud entregarán mayor cantidad de sedimentos por unidad de superficie y la velocidad de erosión aumentará proporcionalmente.-

### La erosión: sus características

La erosión es el desprendimiento de fragmentos o partículas de roca y suelo de su lugar de yacimiento u origen, por acción del agua u otros agentes geológicos, como el viento y el hielo.-

En la erosión actúan procesos climáticos, mecánicos y químicos.-

La erosión es un proceso geológico natural, por lo que a menudo se la denomina erosión geológica. La actividad humana aprovechando los recursos naturales incrementa de manera extraordinaria la degradación de los suelos, originando lo que se conoce como erosión antrópica.-

El ritmo de erosión del suelo está estrechamente vinculado al uso de la tierra. Por esto es muy importante la ordenación territorial, que consiste en planificar el uso de la tierra con el fin de evitar la devastación de los suelos.-

Se considera que cuando se inician los cultivos en una pradera que había permanecido virgen, se incrementa la pérdida de suelos en un orden diez veces mayor y cuando esta conversión se realiza con bosques naturales esta pérdida es 20 veces mayor.-

Se estima que la erosión global de los suelos es ahora 5,5 veces mayor que la que se producía durante el período pre-agricultura y que puede incrementar 1,9 veces cuando las reservas de tierras laborables sean puestas en explotación. Muchas de esas reservas están en zonas tropicales y subtropicales, donde la erosión de los suelos puede aumentar al triple de los valores actuales, lo que elevaría el monto de los suelos erodados a cifras 24 veces superiores a las del período pre-agricultura.-

La degradación depende también de las especies cultivadas y del tipo de labranza.-

## Caudal sólido de los cursos de agua

Representa el volumen de materiales que pasan por una determinada sección transversal del cauce en la unidad de tiempo.-

Proviene de la degradación de los terrenos que conforman la cuenca y que son transportados, de distintas maneras, hasta el cauce.-

Como factor predominante de la provisión de material sólido a los torrentes se señala al fenómeno de erosión longitudinal.-

De una manera o de otra actúan, aislados o en conjunto, los factores enumerados en el siguiente cuadro.

### 1.- Detritos rocosos

- |                         |   |                   |   |  |
|-------------------------|---|-------------------|---|--|
| 2.- Erosión             | { | a) Transversal    | { | 1.- acción del viento                        |
|                         |   |                   |   | 2.- rotación terrestre                       |
|                         |   |                   |   | 3.- cambios de dirección de las corrientes   |
|                         | { | b) Longitudinal   | { | 1.- de fondo                                 |
|                         |   |                   |   | 2.- socavación de material detrítico         |
|                         |   |                   |   | 3.- bloques desprendidos de la alta montaña  |
| 3.- Movimientos de masa | { | a) Deslizamientos | { | 1.- superficial                              |
|                         |   |                   |   | 2.- de fondo                                 |
|                         |   |                   |   | 3.- material detrítico depositado y socavado |
|                         | { | b) Hundimientos   |   |  |

### 4.- Conos de aludes y de glaciares

## Meteorización

Definición: Es uno de los principales agentes de degradación de la superficie terrestre y de la consiguiente provisión de materiales sólidos a los cursos de agua.-

Puede ser definida como la fracturación mecánica o descomposición química de las rocas in situ, por agentes naturales que actúan en la superficie de la tierra

meteorizando las rocas y los suelos a fin de que los detritos resultantes puedan ser transportados a sectores bajos de las vertientes.-

Es improbable que la meteorización y la química actúen en forma independiente, porque la presencia de una cierta cantidad de vapor de agua en la atmósfera de la tierra es causa de que la meteorización química ocurra en todas partes.-

Debido a que en diferentes climas la importancia relativa de los dos procesos puede ser diferente, conviene caracterizar a la meteorización según el proceso dominante.-

La meteorización física se atribuye principalmente a las variaciones de temperatura actuando sobre minerales de distinto índice de dilatación y/o contracción.-

También es importante la acción de las plantas y los animales. Las raíces pueden penetrar profundamente en grietas y los animales pueden excavar fragmentos rocosos parcialmente meteorizados.-

La meteorización química involucra un gran número de procesos, como ser: hidratación, oxidación, hidrólisis, disolución, carbonatación, etc.-

#### Los problemas de sedimentación en los ríos

Los procesos de sedimentación modifican la forma del cauce, provocan la migración lateral de los canales, el recorte de las sinuosidades de los meandros, la acumulación de barras de aluviones, el desarrollo de nuevos canales y muchas otras transformaciones similares. Cuando disminuye la provisión de sedimentos, por ejemplo, aguas abajo de una presa, se produce una degradación general de los cauces de los ríos. En cambio, un incremento en la producción de sedimentos puede generalizar el aluvionamiento.-

Las obras ingenieriles que se constituyen en los ríos generalmente alteran los procesos naturales de sedimentación. Las construcciones que se realizan para proteger las márgenes y dirigir las corrientes pueden reducir la anchura de la

sección del cauce, modificar el relieve de las orillas y producir socavaciones locales.-

Las grandes obras de ingeniería, como embalses y presas, producen efectos muy amplios y generales. Los sedimentos se depositan en el propio embalse y aguas arriba, en sus inmediaciones, provocando el aumento de la erosión y degradación aguas abajo.-

Los ríos que desembocan en un lago o en un embalse sufren la excavación de su lecho cuando disminuye el nivel de base y, en caso contrario, se incrementa la deposición de aluviones con el fin de levantar el nivel del lecho.-

La sedimentación puede alterar u obstruir los canales de riego.-

#### Transporte de los materiales. Su mecanismo

El movimiento del material sólido de un torrente se produce de tres maneras: a) algunas partículas (limo y arcilla) son suficientemente pequeñas para ser mantenidas en suspensión por el flujo de agua turbulenta; estas partículas constituyen la carga de sedimentos en suspensión; b) fragmentos más grandes (del tamaño de arena, grava y bloques) ruedan, se deslizan o saltan a lo largo del cauce, forman la carga del lecho de la corriente; c) los componentes meteorizados de las rocas que son llevados en disolución química, constituyen la carga disuelta.-

De los diversos componentes de la carga sólida sólo la de sedimentos en suspensión puede ser bien conocida. En cambio no hay ningún método satisfactorio para medir la carga del lecho, que se supone que es alrededor del 10% de la carga en suspensión, aunque en algunos ríos es más de la mitad de la carga total.-

En general, cuando aumenta el caudal en una sección del río aumenta correlativamente la carga de sedimentos en suspensión. Cuando aumenta diez veces el caudal, dicha carga puede aumentar de cien a mil veces.-

Según la velocidad de las aguas, o sea de la pendiente del cauce, partículas de un tamaño determinado pueden hallarse en suspensión o ser arrastradas por el

fondo. De aquí se deduce que no hay un límite preciso entre los sedimentos en suspensión y los constituyentes de la carga del fondo.-

#### Deslizamientos en cursos de agua y en embalses

Frecuentemente se producen deslizamientos de tierra y/o rocas sobre ríos, lagos o embalses. Si la velocidad de flujo de la masa es lenta, solo se erosionará la porción que cayó al agua, pero si su velocidad es alta puede provocar la formación de una gran ola.-

En la presa Viont, de Italia, una masa de tierra que cayó, con movimiento rápido en el embalse, causó la formación de una enorme ola que sobrepasando el muro se precipitó aguas abajo, en una sucesión de olas escalonadas, que dañaron severamente las márgenes del río.-

Cuando un importante volumen de sedimentos se acumula en un embalse desplaza gran cantidad de agua y reduce de igual manera la capacidad de almacenamiento de la obra.-

#### La crecida de los ríos

Crecida de los ríos es la situación que se produce cuando la descarga desborda los márgenes de los cauces normales, por lo que el agua cubre los terrenos circundantes.-

Para cuantificar correctamente el incremento de la capacidad de transporte de un río es necesario conocer el clima y la hidrología de la cuenca alta. Factores tales como la cuantía de las lluvias, la relación entre lluvia y escurrimiento superficial, que depende fundamentalmente de la permeabilidad de las rocas y del suelo, y del tipo de vegetación, la fusión primaveral de las nieves, etc., son factores que definen la descarga que los ríos pueden tener durante las crecidas.-

En crecientes el enorme incremento de la descarga sobre un mismo gradiente produce un fuerte aumento de la velocidad y, correlativamente, de la competencia



del río. La razón entre la descarga en aguas bajas y la descarga durante las crecientes puede ser muy grande. Por ejemplo, el río Loira, a corta distancia aguas arriba de Orleans, llega a tener durante las grandes avenidas una descarga 261 veces superior a la habitual en estiaje.-

#### Avance de la crecida río abajo

A la elevación del nivel del río hasta su altura máxima, también llamada : cresta o pico de crecida, seguida de un descenso gradual, se la denomina ola de crecida.-

En cuencas muy extensas la crecida no se produce simultáneamente en toda su longitud. Frecuentemente media un período variable de tiempo entre el inicio del fenómeno en las cabeceras del río y su manifestación en otros sectores de la cuenca. A este respecto se estableció que:

- a) el retraso del tiempo que media entre los máximos se incrementa río abajo;
- b) el período de incremento y descenso de la ola de crecida aumenta río abajo;
- c) la descarga se incrementa en gran manera río abajo, a medida que aumenta el área de la cuenca.-

#### Hidráulica torrencial

Según el ingeniero García Nájera existen dos clases de corrientes de aguas naturales: los ríos y los torrentes, amén de una categoría intermedia, los ríos torrenciales.-

Se da el nombre de río en forma genérica a toda corriente de agua natural, considerada desde su nacimiento hasta su desembocadura.-

El perfil longitudinal de los ríos evidencia fuertes erosiones en la zona alta (descenso del fondo o degradación), equilibrio relativo en la zona media y ascenso del fondo o agradación en la baja.-

El reconocimiento en planta revela depósito de sedimentos en los conos de deyección, serpenteo desde la cuenca media en continuo aumento hacia la desembocadura.-

cadura y tendencia a grandes movimientos de sus curvas durante las grandes avenidas.-

En los perfiles transversales se reconoce gran erosión en las altas cuencas. En los meandros se produce erosión en las márgenes cóncavas y acumulación de aluviones en las convexas. Este sistema de drenaje se desarrolla a partir de las cuencas medias de los ríos. En las bajas cuencas se verifica una pronunciada tendencia a modificar el rumbo de los cauces, especialmente cuando éstos drenan suelos aluvionales, de poca consistencia.-

Los cambios que se producen en las zonas altas de las vertientes son, por lo general, muy rápidos. Las aguas corren por valles estrechos, de fuerte pendiente, arrastrando mucho material. Lluvias locales, de relativa intensidad, producen crecidas considerables, repentinas y de corta duración.-

En esta zona los caudales de estiaje son pequeños, frecuentemente nulos.-

En el tramo medio e inferior del río aumenta considerablemente el caudal y las modificaciones del cauce y de la cuenca son mucho más lentos; el río corre por valles anchos, con pendientes moderadas. La proporción de material de arrastre con relación al caudal es menor; las crecidas son de menor duración y no las producen lluvias locales.-

Cada uno de los sectores en que se dividió la cuenca tiene características geomórficas e hidrológicas propias y distintivas, como también son distintos los efectos y proyecciones de sus modificaciones. Esto ha promovido el desarrollo de una ciencia particular, la corrección de torrentes o consolidación de torrentes, uno de cuyos impulsores es el ingeniero García Nájera.-

### Torrentes

Definición: Los torrentes son corrientes de agua naturales, relativamente pequeñas, con cuencas receptoras de montaña, que tienen las siguientes características:

- a) pendiente muy elevada y muy variable, que disminuye en el sector inferior (cono de deyección).-
- b) fuerte erosión en el fondo, riberas y vertientes. Erosión de suelos de la zona alta y transporte de grandes cantidades de materiales sólidos durante las grandes avenidas.-
- c) escurrimiento muy variable: generalmente  $Q_{\max} / Q_{\min} = \text{infinito}$ .-
- d) depósito de cantidades considerables de material sólido en las zonas de menor pendiente, causando grandes daños.-

### Partes constitutivas

La cuenca de un torrente tiene sectores característicos, que se diferencian entre sí por los distintos procesos que tienen lugar en ellos.-

El primer sector es la cuenca alta, donde predominan fenómenos de erosión. Aporta la mayor parte del material sólido y casi todo el caudal líquido del torrente. García Nájera lo denomina "cuenca de recepción", otros autores "sector de erosión".-

El segundo tramo es un sector de transición. No tiene ubicación permanente, desplazándose hacia arriba cuando aumenta la erosión en la cuenca de recepción, o hacia abajo, cuando esta disminuye. Sus laderas son abruptas, su lecho estrecho y con pendientes irregulares y pronunciadas. En este sector, llamado "garganta" o "canal de desagüe", predomina el transporte de los materiales provenientes de la cuenca de recepción.-

La tercera parte se denomina "lecho de deyección". Es aquí donde se deposita la mayor parte de los materiales de arrastre; en consecuencia predominan fenómenos de sedimentación y el propio curso de agua debe excavar su lecho en terrenos aluviales.-

Por lo general la acumulación de aluviones adquiere la forma de una pirámide triangular, con base hacia la montaña. Frecuentemente el lecho del torrente se es-

tablece sobre la divisoria de las aguas.-

Un cuarto sector estaría constituido por la transición entre el lecho de deyección la desembocadura del torrente, que puede ser en otro torrente o en un río. Se caracteriza por la limpieza de sus aguas, sin material sólido de arrastre, que en su mayor parte se ha depositado en el tramo anterior. Los procesos que se desarrollan aquí son específicos de los ríos.-

#### Actividad torrencial en la Argentina

Más de 21.400.000 hectáreas de tierras del país están siendo afectadas en distinto grado por los cursos de agua de características torrenciales, que son predominantes en las Sierras Pampeanas y precordillera de los Andes.-

El ingeniero García Nájera considera que en el país existen cinco regiones torrenciales, cuyo detalle es el siguiente:

Región I: grandes torrentes de glaciares. Sistema del Río Desaguadero (Mendoza, San Juan).-

Región II: torrentes de erosión y ramblas: La Rioja, Catamarca, Córdoba, Neuquén y Río Negro.-

Región III: pequeños torrentes y ramblas: localizados en las provincias de San Luis y Buenos Aires.-

Región IV: torrentes y ramblas subtropicales, de Salta, Jujuy y Tucumán. En nuestra provincia los ríos más torrenciales son los que drenan las Cumbres Calchaquies y la Sierra de Medina;

Región V: ríos torrenciales: se encuentran en casi todo el país, mereciendo especial consideración por su magnitud las cuencas de los ríos Bermejo, Pilcomayo y Dulce.-

#### Daños causados por los torrentes

En la cuenca de recepción la actividad del torrente causa, fundamentalmente, la degradación de los torrentes, que es más intensa cuando no existe protección ve

getal. Las laderas de las altas cuencas se tornan inestables, quedando cada vez más expuestas a la acción erosiva de las aguas.-

Algo similar ocurre en la garganta, donde el problema se agrava a consecuencia de las mayores pendientes y velocidades. Si bien los procesos que predominan en estos sectores, ubicados en la alta montaña, difieren, en ambos se produce la paulatina desaparición de los suelos y la consiguiente pérdida de aptitud agrícola.-

Son más visibles los daños que se producen en el lecho de deyección. Como consecuencia de la acumulación de sedimentos, el nivel del lecho aumenta gradualmente hasta superar frecuentemente a las márgenes; esto provoca desbordes y también la migración del río hacia sectores deprimidos, donde establece el cauce y reanuda el proceso.-

Frecuentemente el material sólido llega al colector y al no tener éste energía suficiente para movilizarlo se producen endicamientos muy inestables en secciones estrechas y tortuosas del río o donde un obstáculo cualquiera aminora la velocidad de la corriente. El agua queda retenida hasta que tiene energía suficiente para romper la presa; cuando esto se produce se libera súbitamente una gran masa de agua y detritos sólidos que se movilizan aguas abajo, pudiendo causar grandes daños en el río y en las riberas.-

El observador común tiene oportunidad de apreciar los daños que ocasionan los torrentes en el lecho de deyección y en la llanura inmediata. Uno de los más significativos desde el punto de vista económico es la colmatación acelerada de las presas.-

#### Corrección de torrentes. Definición y principios

Introducción: A fines del siglo pasado se empezó a desarrollar en Europa la técnica de corrección de torrentes de zonas montañosas, inestables y de gran pendiente, que comprendía: defensa contra las inundaciones mediante la construcción de pre-

sas, diques protectores y obras análogas y la repoblación forestal, con el fin de regular el régimen de las aguas, mejorar el clima y reducir la erosión.-

La torrencialidad de una cuenca es directamente proporcional a los factores climáticos y al relieve e inversamente proporcional a las propiedades físico-químicas del suelo y a las características de la cubierta vegetal.-

La corrección de un torrente tiene como objetivo la supresión de su caudal sólido mediante la aplicación de técnicas de índole hidráulica y forestal.-

Se ha comprobado que en cuencas donde el deterioro de los terrenos avanza sin control, el período de recurrencia, o sea el tiempo que media entre dos crecidas excepcionales, tiende a disminuir. Lo contrario se produce cuando se realiza la corrección del proceso erosivo.-

Partiendo de la base de que los daños principales que ocasionan los torrentes se deben a la erosión de las altas cuencas y posterior transporte del material sólido a los sectores bajos del valle, las medidas de corrección deben orientarse a suprimir la degradación de la alta cuenca y a encauzar las aguas limpias, para ser aprovechadas en las bajas cuencas.-

De esta premisa surge la regla de que, cuando esto sea posible, los trabajos deben ser realizados desde las nacientes hacia la desembocadura y considerando que cualquier modificación que se realice en un sector del río altera, de un modo u otro, toda la cuenca.-

Los métodos empleados en la corrección deben tener en cuenta, fundamentalmente, las posibilidades de la zona, utilizando en forma preferencial materiales locales, que no exijan transporte, ya que éste es muy dificultoso en las altas montañas, donde por lo general no existen vías de comunicación. Los materiales de la zona pueden complementarse con elementos prefabricados, de fácil transporte.-

La regeneración de la cuenca exige el empleo de medidas biológicas y estructurales; tal vez las primeras en un grado mucho más amplio que las segundas. Es-

tas últimas son de efecto inmediato, no así las biológicas, fundamentalmente forestación, pero sin cuya implementación las medidas estructurales no pueden actuar correctamente.-

#### Condiciones de un eficaz proyecto de corrección

Debe existir una íntima coordinación entre las medidas biológicas y las estructurales.-

Hay que despertar el interés de los propietarios de los predios ubicados en la cuenca a corregir, comprometiendo su apoyo y participación. A este respecto consideramos digno de ser emulado el ejemplo de Nueva Zelanda, donde existen serios problemas de erosión, con cuencas extensas y ríos muy caudalosos. Allí se han constituido numerosos comités de cuencas, formados por técnicos estatales y productores agropecuarios. Ellos proyectan y realizan las obras de corrección, afrontando los costos de las mismas.-

#### Objetivos de la corrección de cuencas

La ordenación o corrección de una cuenca hídrica tiene tres objetivos, que son: rehabilitación, protección y mejoramiento del régimen hidrológico de la misma.

Para conseguir el primer fin se usan procedimientos destinados a detener la degradación y rehabilitar las áreas afectadas.-

El aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca, sin deterioro del medio ambiente es el fin de la protección.-

El mejoramiento del régimen hidrológico resulta de la aplicación de técnicas tendientes a aumentar el caudal de los ríos y evitar las inundaciones.-

#### Obras de corrección

Son de dos categorías: a) biológicas y b) estructurales.-

a.- Medidas de índole biológica: Consisten fundamentalmente en la reconstrucción de la cubierta vegetal, cuando ha sido degradada.-

La cobertura vegetal, arbórea, arbustiva o herbácea, es fundamental en cual-

quier proyecto de ordenación de cuencas porque la vegetación atenúa el impacto de las gotas de lluvia, evitando la disgregación de las partículas del suelo. También es importante la función que cumple obstaculizando el flujo de las aguas superficiales por las vertientes, atenuando su velocidad y, consecuentemente, su erosividad. Asimismo favorece la infiltración del agua a los horizontes inferiores del terreno.-

Los efectos de los montes sobre las crecidas y el arrastre de sedimentos pueden ser extraordinarios o nulos, según las características del suelo y de la propia masa forestal.-

Por si solo el bosque no puede corregir un torrente, aunque tiene una gran influencia en la reducción de la cantidad de materiales de arrastre porque la red que forman las raíces afianza y retiene las partículas del suelo. Reducen también a algo más de la cuarta parte la velocidad de flujo de las aguas.-

La preparación de los lugares a reforestar varía desde la formación de terrazas, más o menos sencillas, hasta trabajos más complicados de contención, como ser muros de piedras y postes. Su elección depende de las características del sector de trabajo y de las posibilidades económicas.-

El principio hidráulico de las terrazas es la intercepción del escurrimiento antes de que adquiera velocidad erosiva.-

Otro tratamiento interesante de las laderas es cavar trincheras en forma de media luna, con las puntas dirigidas hacia arriba de las vertientes.-

Cuando la pendiente del terreno no es muy elevada se pueden establecer fajas cultivadas en contorno, de 2 a 2,5 metros de ancho.-

Los pastizales influyen también en el comportamiento del agua en la cuenca, protegiendo los suelos de la erosión.-

El desarrollo adecuado de la vegetación en una cuenca depende de una serie de factores, entre los que se destacan el clima, suelo, población animal, el fuego



y el hombre.-

Un programa de restauración de la vegetación debe considerar primordialmente:

- a) reemplazo de la ganadería por otra más adecuada a las condiciones locales, no excediendo la receptividad de los terrenos;
- b) siembra o plantación: clausurando el área para impedir que los animales consuman las plantas jóvenes;
- c) realización de pequeñas medidas estructurales en la tierra, y
- d) control de las cárcavas.-

Con relación al punto d) cabe mencionar que existen especies herbáceas y arbustivas de bajo porte que pueden sembrarse en lugares muy deteriorados. Tienen gran vitalidad por lo que se desarrollan sobre suelos esqueléticos y/o muy lixiviados.-

Una última consideración debe hacerse sobre los árboles a usar en la reforestación. Es aconsejable el empleo de especies autóctonas aconsejándose las foráneas sólo cuando se conozca en forma fehaciente su adaptabilidad y se sepa que su desarrollo no se va hacer a expensas de las plantas locales.-

La Dirección de Conservación de Suelos de la Secretaría de Agricultura de la Provincia aconseja implantar aliso en suelos esqueléticos.-

Aunque el fin primordial de la forestación que se proyecta sea la protección de los suelos, debe considerarse un eventual aprovechamiento de la madera y de sus subproductos.-

b.- Medidas de índole estructural: El instrumento de mayor aplicación en la corrección de torrentes es el dique.-

En los ríos que están en fase de excavación de sus cauces, los diques al colmarse reducen la pendiente longitudinal, con la consiguiente disminución de la velocidad y de la energía cinética de la corriente. Además refuerzan las laderas, compensando la inestabilidad local y atenuando la inestabilidad general de la cuen

ca porque refuerzan la base de las vertientes o porque elevan el nivel de base de los afluentes, atenuando la erosión e incrementando la agradación. Estos diques que actúan sobre las causas inmediatas del desequilibrio se denominan diques de consolidación.-

Cuando los torrentes movilizan una gran carga de sedimentos los diques interceptan los materiales transportados, retirándolos de la circulación. De este modo evitan que obstruyan el cauce aguas abajo o que alcancen el valle principal, donde pueden dañar poblaciones, centros productivos y vías de comunicación.-

La retención de derrubios aguas arriba de los diques puede ser la única solución posible cuando el origen de esos materiales se encuentra en zonas inaccesibles de la cuenca o cuya corrección sea imposible por la gravedad del desequilibrio. También se la considera cuando se quiere evitar daños a zonas pobladas, hasta que las medidas de corrección adoptadas en el lugar de origen del proceso erosivo produzcan los efectos deseados. Los diques que actúan sobre los efectos del desequilibrio se denominan "diques de retención".-

Los diques pueden ser de distinto tipo, según la función que deban desempeñar, la naturaleza de las vertientes y del cauce y el presupuesto disponible.-

En general son obras de modesta ingeniería, salvo que superen los 10 metros de altura. Se caracterizan por el hecho de que las obras, sujeta primero al empuje hidrostático, se transforman, a medida que el vaso se va aterrando, en una obra de sostén de tierra.-

Es muy amplia la variedad de materiales que se puede emplear en su construcción. En la elección de los mismos es condición básica que se los pueda obtener lo más cerca posible de su lugar de utilización, o por lo menos que los que sea necesario traer de otras zonas sean de fácil transporte.-

Un principio rector en el diseño de las obras de corrección es el hecho de que, por lo general, deben cimentarse en suelos inestables, por lo que deberán

ser lo suficientemente elásticas como para que no se altere su ligazón con el terreno de fundación, ni entre sus elementos constitutivos.-

Perfil transversal: El perfil transversal que se asigne a un dique se refiere solamente a la parte aflorante de la estructura, dado que para la fundación el perfil se prolonga según una o dos salientes o aristas.-

Con el fin de minimizar los daños que las aguas y los materiales transportados por las corrientes provocan en el paramento de aguas abajo, se han sugerido valores límites para la pendiente de dicho talud, fijados con la intención de evitar que los filetes inferiores de la lámina vertiente golpeen la base del paramento y que las piedras, de dimensiones peligrosas para la conservación del talud, caigan sobre el mismo.-

Se considera que salvo en diques de menos de dos metros es conveniente construir los paramentos de aguas arriba verticales y los de aguas abajo, inclinados.-

Esta consideración no rige con los diques de tierra y de escollera, que tienen siempre un perfil trapezoidal.-

Evaluación económica: La estimación de costos de las obras no sólo debe decidir sobre el tipo de estructura y su dimensión; implica además evaluar el tiempo de vida útil de la obra, mantenimiento, maquinarias y mano de obra empleados en la construcción, control de la misma, etc.-

#### Pendiente de compensación

Al disminuir la velocidad y por consiguiente el empuje del agua sobre los materiales que están siendo arrastrados, una parte de éstos comenzará a depositarse. La pendiente correspondiente a dicha velocidad es denominada por García Nájera "pendiente de compensación". En ella la cantidad de arrastre es aproximadamente constante; si una parte se deposita otra equivalente se incorpora a la corriente. A su vez la velocidad depende del tirante "h" de dicha corriente, debiendo para una determinada velocidad aumentar la pendiente de compensación cuando "h" disminuye.-

El cálculo de la pendiente de compensación es laborioso y requiere el conocimiento de nueve variables interdependientes, la mayor parte desconocidas o muy difíciles de obtener, entre ellas: caudal del río, volumen de la carga sólida transportada, volumen medio de las partículas, etc.-

Habitualmente la pendiente de compensación es menor que el gradiente del cauce. La modificación de la pendiente natural del río, erosiva, a la pendiente de compensación se consigue, habitualmente, por medio de una serie de diques transversales, distanciados de manera que entre cada dos presas consecutivas el aterramiento paulatino, al elevar el nivel del lecho, conduzca a obtener la pendiente de compensación.-

Con el sistema funcionando a pleno el lecho adquiere la configuración de una escalera, formada por una serie de cortos tramos, cada uno de los cuales tiene la pendiente de compensación. De esta manera se convierte un curso de agua desequilibrado en la suma de pequeños tramos equilibrados.-

Habitualmente en los trabajos que las reparticiones oficiales han realizado en Tucumán han adjudicado, en forma arbitraria, valores entre 2,5% y 7% a esta pendiente. Como los resultados obtenidos son, en la generalidad de los casos, positivos, en este trabajo emplearemos dichos valores.-

Las dimensiones de los diques, su separación, la pendiente natural del torrente y la de compensación están relacionados por la siguiente expresión:

$$H = l ( J - j );$$

donde "H" es la altura de los diques; "l" la distancia entre ellos; "J" es el gradiente del cauce y "j" la pendiente de compensación.-

De la fórmula anterior se deduce  $l = H / ( J - j )$ .-

Aplicación a casos concretos de los principios y procesos descriptos precedentemente

La erosión hídrica - antrópica de la cuenca de El Tala, Departamento Taquí Viejo

Introducción: La erosión de origen hídrico, incrementada en muy alto grado por el manejo desacertado de los recursos suelo y agua, es el factor común a toda la vertiente oriental del cordón Sierra de San Javier - Cumbre de Taficillo.-

Sus consecuencias se manifiestan en el mismo cordón montañoso, en el pie de monte, en la llanura aledaña y en las poblaciones, como Taquí Viejo.-

La ubicación suburbana de la cuenca de El Tala, irrigada por cursos de agua que desembocan en un sector de la ciudad, justifica la prioridad que concedemos a su estudio.-

Ubicación: Esta cuenca se encuentra ubicada en el pie de monte del flanco oriental de la Cumbre de Taficillo; desemboca en la calle Utinger, 1.500 metros al oeste del Camino del Perú.-

Sus coordenadas geográficas aproximadas son: 65° 18' de longitud oeste de Greenwich y 26° 43' de latitud sur.-

Suelos: El suelo del área ha resultado de la edafización de pizarras y filitas, que constituyen el basamento cristalino de las sierras, así como de los sedimentos terciarios superpuestos (limolitas, arcilitas, margas y, en menor proporción, areniscas) y de sedimentos cuaternarios. Tiene textura fina, con gran contenido de limos loésicos.-

Este tipo de suelos es particularmente sensible a la acción erosiva de las aguas corrientes, que pueden excavar profundas cárcavas de paredes verticales.-

Vegetación: El monte que subsiste a lo largo de extensos tramos de las márgenes de los arroyos y ha invadido también sectores de los cauces, es relictos de la selva que cubría toda la montaña. A pesar de estar muy degradado por el ramoneo de la ganadería trashumante, aún protege, no con total eficacia, el suelo.-

En la mitad superior de la cuenca crece un pastizal muy descuidado y sobrepastoreado. El suelo que lo sustenta está sufriendo procesos de erosión laminar y de excavación de cárcavas.-

Las quintas cítricas ocupan una quinta parte del área de la cuenca; algunas ocupan terrenos de elevados gradientes, en que las labores agrícolas aumentan la degradación de los suelos.-

Red de drenaje: La red de drenaje de la cuenca está pobremente desarrollada. La componen tres arroyos, que atraviesan el área en forma independiente. Reciben el aporte de escasos afluentes, de muy poca importancia, que generalmente son cárcavas que colectan el agua que los terrenos vecinos, más elevados, les aportan durante las precipitaciones estivales.-

Las cuencas de recepción de los arroyos se han desarrollado en una planicie triangular, que tiene una suave pendiente hacia el centro, donde se concentran las aguas pluviales en cárcavas que rápidamente se profundizan. La erosión de estos sectores deprimidos es intensa.-

Los siguientes valores definen la cuenca y cuantifican su desarrollo:

- a) área de cuenca: 987.500 m<sup>2</sup>
- b) longitud de la red de drenaje: 5.500 m
- c) densidad de drenaje: 5,57 km/km<sup>2</sup>

Este valor indica baja densidad de drenaje; red hídrica de textura grosera.-

Los arroyos que drenan la cuenca tienen las siguientes longitudes:

- a) arroyo norte: afluente norte: 500 m.  
afluente sur: 650 m.  
colector: 1.500 m.  
total cauce: 2.600 m.

b) arroyo central: afluente norte: 1.200 m.

afluente sur: 700 m.

colector: 600 m.

total cauce: 2.500 m.

c) pequeño cauce sur: longitud total: 400 m.

Las divisorias de aguas de las tres subcuencas son lomas de poca altura.-

Estadio de desarrollo de la cuenca: El incipiente desarrollo de la red de drenaje se refleja en la baja jerarquía de los colectores, de tercer orden. Casi todos los torrentes de la misma vertiente serrana son de cuatro orden.-

El diseño de drenaje corresponde a la categoría de "elemental consecuente", en que los ríos descienden por la vertiente siguiendo cursos paralelos, adaptados a la pendiente regional. Este diseño es característico de cuencas jóvenes.-

Evaluación del grado de deterioro de la cuenca

Subcuenca norte: Es la más extensa y también la más degradada.-

La cuenca de recepción es pequeña; sus cauces elementales son depresiones del terreno y cárcavas poco desarrolladas.-

Entre cotas 820 - 810 m.s.n.m. se inicia el canal de desagüe o garganta, que tiene un cauce bien definido. Su lecho ordinario ocupa el centro de un valle relativamente amplio, en forma de "U" muy abierta. La socavación de las márgenes ha producido barrancas cuya altura promedio es de 2 - 2,50 m.-

El proceso erosivo predominante en los niveles superiores de las vertientes es la erosión laminar o arroyada en manto. La degradación de los suelos es lenta y solapada.-

La excavación de los cauces es resultado de la arroyada en surcos, que al intensificarse se convierte en arroyada en barrancos.-

Las cárcavas tienden a progresar por erosión retrógrada hacia las cabeceras. Este avance, que normalmente es lento, se acelera cuando se producen precipitacio-

nes pluviales muy intensas o de larga duración.-

En algunos sectores de las vertientes se están produciendo procesos de remoción en masa, en forma de deslizamientos y derrumbes de suelo y regolito, que forman taludes de escombros al pie de las laderas.-

Arboles y arbustos inclinados hacia los cauces evidencian la reptación de los suelos.-

En el sector de la subcuenca en que confluyen las dos ramales del arroyo, el gradiente de los terrenos de la parte superior de la vertiente es de 22%, valor que asciende a 28% en las cercanías del cauce.-

La erosión de los lechos de los arroyos es muy intensa, habiendo progresado en algunos sectores hasta el substrato terciario. El zapamiento de las bases de las barrancas ha ensanchado en algunos lugares el cauce hasta cinco metros.-

La cuenca de recepción del ramal norte del arroyo ocupa un sector de la planicie ya descrita, de cota 830 m.s.n.m., donde confluyen tres pequeñas cárcavas para formar un cauce de 1 - 1,50m. de ancho y de similar profundidad. Cien metros abajo el lecho se ensanchó a 3 m., con profundidad superior a los 2 metros.-

Ambos afluentes confluyen en un sector de cota 760 m.s.n.m., donde existe un corto afloramiento de brechas basales de sedimentitas terciarias. Aguas abajo del punto de confluencia, luego de atravesar el umbral mencionado, las aguas han erosionado activamente un corto tramo del cauce.-

En el canal de desagüe se reconocen hasta dos niveles de terrazas de erosión, que se interpretan como indicadoras de dos descensos, por lo menos, del nivel de base.-

En períodos de estiaje el escurrimiento en los cauces es predominantemente hipodérmico y/o subterráneo; la escorrentía superficial es muy escasa. El gran tamaño de los bloques dispersos en los cauces, que en algunos casos supera los 1,50 m. de diámetro, permite calificar de elevada la energía de las aguas en crecida.-



Los tramos inferiores del río, desde cota 710, se caracterizan por la discontinuidad del cauce; en el se alternan tramos de profundidad cercana a 3 m. con otros muy someros, de 0,20 - 0,20 m.-

Al sur de la Hosteria el río discurre por la planicie de inundación desarrollada al pie de las lomas, sin un cauce definido, llegando en algunas crecidas a ocupar todo el valle.-

El comportamiento del río en la baja cuenca se debe fundamentalmente a que el bajo gradiente del cauce dificulta el transporte de las cargas sólidas y a la existencia de numerosos escollos, como ser los troncos de los árboles, raíces superficiales que atraviesan el lecho, etc. Al chocar contra ellos las aguas en movimiento disipan parte de su energía, abandonando el material que transportaban, con lo que se levanta el nivel del cauce.-

Frecuentemente luego de estos obstáculos el canal está muy erodado, lo que indica que las aguas sin sedimentos han adquirido mayor competencia erosiva.-

La erosión de los terrenos en la zona terminal de la cuenca, al norte de la calle Uttinger, en la misma calle y en las fincas ubicadas al sur, es intensa, amenazando con el deterioro total de la calle. La magnitud que ha alcanzado el proceso erosivo se debe a la concentración de las aguas, con alta capacidad erosiva, y a que los suelos del área tienen un alto contenido de limos loéssicos, que las aguas corrientes excavan con facilidad.-

## LAS AGUAS SUPERFICIALES EN EL DEPARTAMENTO LA COCHA

### CARACTERIZACION Y PROTECCION DEL RECURSO

#### Río Marapa (lámina 5)

Es el más caudaloso del Departamento. Tiene una cuenca muy extensa, con su mayor desarrollo en la provincia de Catamarca, donde colecta las aguas de una zona muy amplia del sector oeste de la provincia, hasta ingresar a Tucumán donde se une al río Chavarría en el Embalse de Escaba. Luego atraviesa la Quebrada de Marapa, donde toma este nombre con el que recorre el extremo norte del Departamento La Cocha. En Graneros recibe dicho nombre y fluye hacia el este - noreste, hasta unirse con el Arroyo Matazambi, luego de lo cual vuelca sus aguas en el embalse de Río Hondo.-

Con anterioridad a la construcción de la presa de Escaba, este río tenía avenidas que cubrían grandes extensiones de ambas márgenes.-

El dique regula los caudales del río y genera energía eléctrica a razón de 94,336 GWh (año 1979). También alimenta una red de riego con capacidad para 22.000 hectáreas.-

#### Descripción del tramo que atraviesa La Cocha

En la zona de pie de monte el río tiene un cauce bien definido.-

En el segundo tramo, a la altura de Puerta de Marapa y Yanimas discurre por un valle muy amplio en el que ha migrado desde la margen norte a la sur, donde se encuentra actualmente. En la margen sur recibe el aporte del Arroyo Yanimas, de regular caudal.-

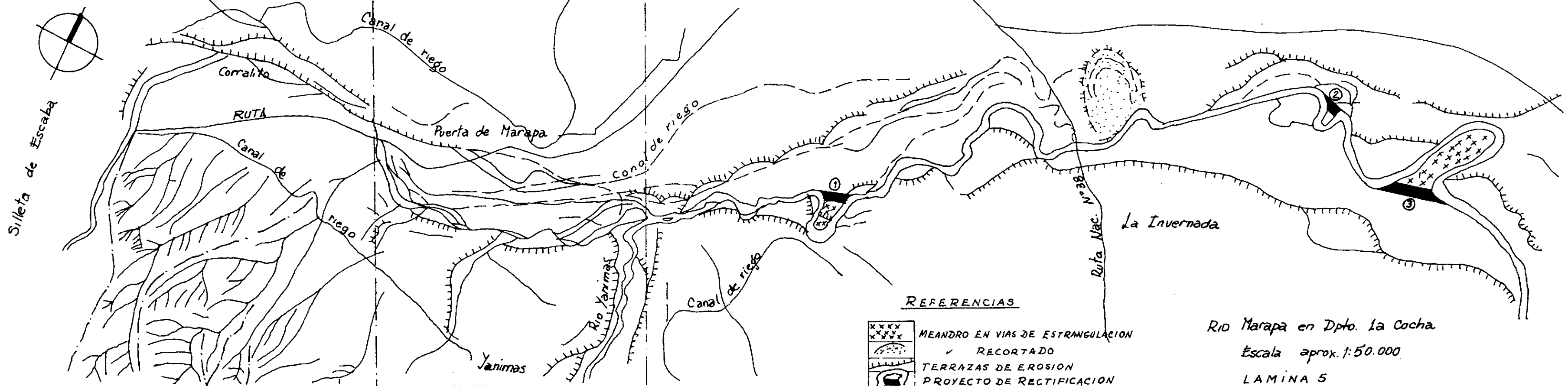
La tercera zona se caracteriza por el desarrollo de amplios meandros, que barren un extenso valle; en él se reconocen meandros abandonados y tramos en proceso de estrangulamiento. Esta característica es más marcada en Graneros.-

La actividad erosiva del río ha producido hasta tres niveles de terrazas.-

ZONA I: CAUCE DEFINIDO. ESTABLE

ZONA II: MIGRACION DEL RIO HACIA EL SUR

ZONA III: ENSANCHE DEL VALLE. MEANDROS RECORTADOS - EN PROCESO DE ESTRANGULACION -



## Diagnóstico de situación

Los aportes que el río recibe aguas abajo de Escaba son de regular cuantía, por lo que su caudal y su actividad erosiva deben ser considerados.



## Obras de corrección del tramo del Río Marapa. Proyecto n° 3

a.- Los meandros representan un problema por su tendencia a migrar hacia aguas abajo y hacia las márgenes del valle, estableciéndose a veces en campos de cultivo o en zonas habitadas.-

En distintos países, como USA, por ejemplo, se ha realizado la canalización de este tipo de ríos, con desigual resultado.-

Nosotros proponemos una rectificación parcial del cauce, recortando los meandros (1), (2) y (3). En el primero habría que excavar un canal de 750 metros de largo, con una profundidad similar a la actual y un ancho mayor. En el meandro (2) la longitud aproximada del canal es de 500 metros y en el (3) de 1 km.-

En el cuadro adjunto se exponen las ventajas y desventajas de la canalización de los ríos.-

b.- Aconsejamos proteger la base de las barrancas de la acción de zapa de las aguas crecidas, para impedir los derrumbes y el ensanche del cauce a expensas de los terrenos ribereños. Esto se hace acumulando bloques del mismo río contra los sectores en peligro.-

c.- Para prevenir derrumbes de las barrancas en terrenos inestables hay que modificar el talud, llevándolo a la relación 2:1 o superior, cuando sea posible. Se debe forestar la superficie suavemente inclinada que se ha creado.-

d.- Con el material resultante de la excavación de los canales se debe construir diques laterales que consoliden las márgenes, tanto de los nuevos cauces como de cualquier sector que se considere en peligro de erosión.-

e.- Se debe forestar la cima de los diques con el fin de dar solidez a dichas obras.-

### Río San Ignacio (lámina 6)

Este río aporta al Dique Frontal sólo en años excepcionales, siendo de bajo potencial hídrico.-

### Protección del Dique nivelador de San Ignacio de los aluviones. Proyecto n° 4

El dique nivelador alimenta a una extensa red de canales de riego que nacen en él y, por su posición en el cauce, retiene gran parte de la carga sólida del río, que en crecientes excepcionales dañan seriamente a la obra, cuya salida de servicio crea un grave problema a los agricultores que usan sus aguas.-

Dada la gran longitud del río, cuyas cuencas superior y media se ha desarrollado en la provincia de Catamarca y en sectores tucumanos ajenos al Departamento, no podemos pensar en corregir todo el cauce; ello sólo podría hacerse de común acuerdo con las autoridades catamarqueñas, y con una gran inversión.-

Proponemos la sistematización de un tramo de 600 metros de longitud, desde cota 700 a la cota 500, en que se encuentra el dique.-

Con este fin se debe construir diques de dos metros de alto, perpendiculares a la dirección del flujo del río. Entre ellos debe haber una separación de 75 metros, salvo entre los dos últimos. Entre el dique nivelador y el primer diquecito de aguas arriba el distanciamiento debe ser de 65 - 70 metros.-

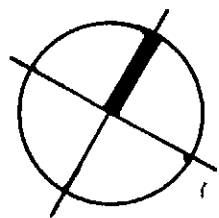
El fin de estas obras es modificar la pendiente erosiva del cauce, en el tramo considerado, obteniéndose la pendiente de compensación, en que el río no eroda sensiblemente.-

Las aguas que lleguen al dique nivelador estarán exentas, casi por completo, de materiales sólidos, con lo que se aumentaría la eficiencia y la vida de la obra.-

Aguas abajo del dique, el río tiene un caudal escaso, pues la presa que lo regula retiene casi el agua que escurre superficialmente.-

Rio San Ignacio  
en el departamento la Cocha  
Pie de monte y llanura

Escala: 1: 50.000



F.C. Gral Belgrano

Ruta Nacional N°38  
↑ A San M. de Tucumán

OROGRAFIA

TRAMO DEL RIO A SISTEMATIZAR  
Dique Derivador

I: SECTOR SERRANO  
RIGIDO CONTROL ESTRUCTURAL

Los Pizarros

San Ignacio

II: PIEDE MONTE  
CONTROL ESTRUCTURAL  
DESARROLLO MEANDROS

Huasa  
Pampa Est.

San Jose

III-LLANURA  
LIBRE DESARROLLO  
DE MEANDROS

IV ZONA DE ESCURRIMIENTO DIFUSO

REFERENCIAS



TERRAZAS DE EROSION  
MEANDROS EN VIA DE ESTRANGULAMIENTO  
MEANDROS RECORTADOS-ANTIGUOS CAUCES

Cumbres de  
Potrerillo

LAMINA 6

## Defensas en las bases de las barrancas

En el tramo inferior del río se debe proceder a efectuar las obras de corrección y protección de las bases de las barrancas aconsejadas para el Río Marapa.-

### Río San Francisco - Huacra (lámina 7)

Al igual que el río San Ignacio solo en crecidas excepcionales llega al Dique Frontal y tiene bajo potencial hídrico.-

En su tramo final en que recorre en dirección nor-noreste el sur del Departamento La Cocha, el río desarrolló continuos meandros de corta longitud de onda, barriendo una gran superficie, teniendo como eje de giro su extremo sur.-

Primitivamente corría recostado sobre la margen oeste de su ancho valle, en donde quedan terrazas de meandros en cursos abandonados, lagunas en media luna, casi borradas por la erosión y otras evidencias similares de su antigua ubicación.-

La inestabilidad del cauce afecta a las propiedades ribereñas, especialmente a las situadas sobre la margen oriental, que están perdiendo valiosos suelos agrícolas.-

A fin de estabilizar el río y modificar su sistema de drenaje, sumamente erosivo, se aconseja las siguientes obras de corrección.-

### Corrección del tramo final del río. Proyecto n° 5

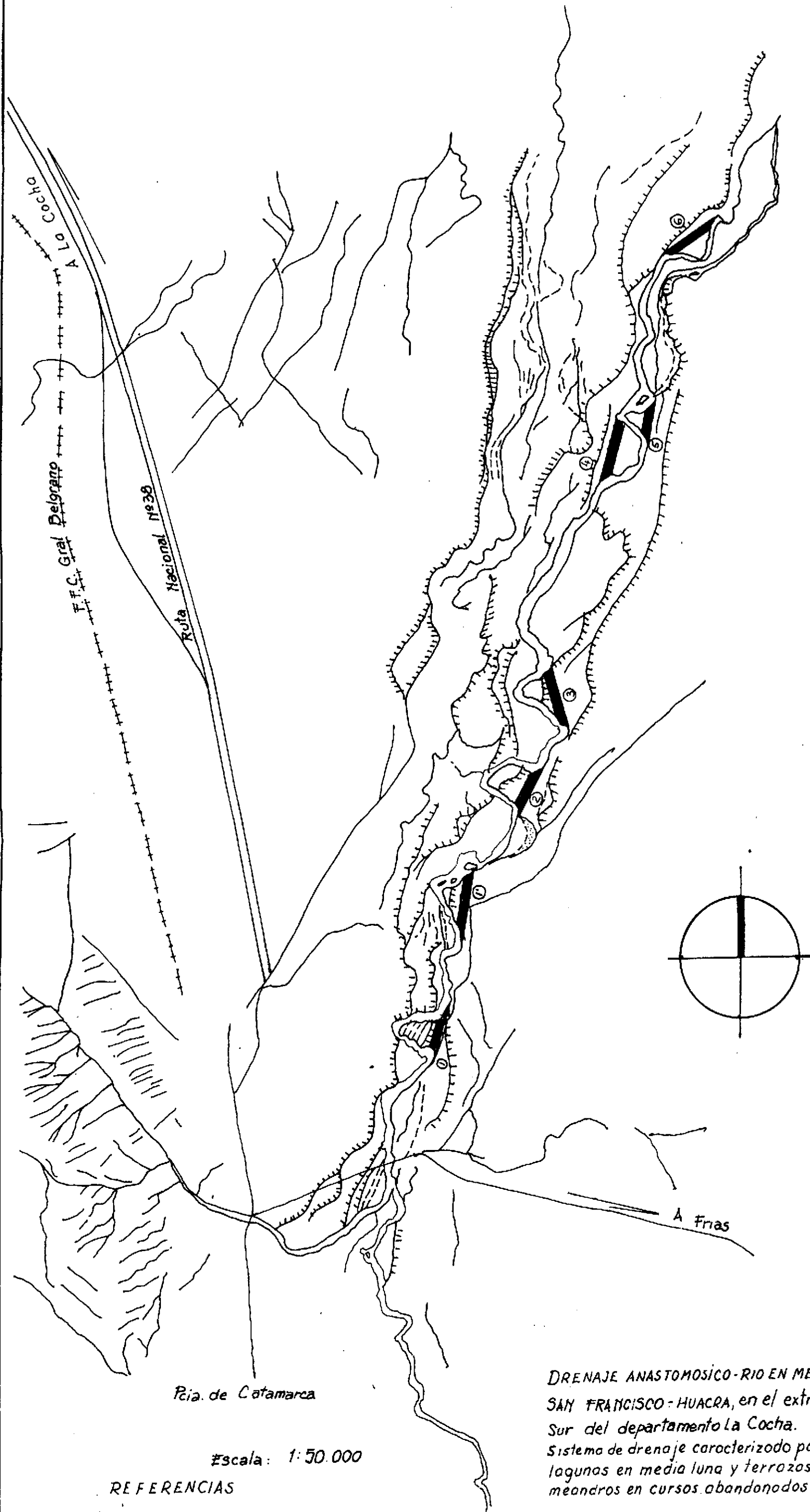
a.- Canalizar los meandros numerados (1), (1'), (2), (3), (4), (5) y (6), de acuerdo al sistema propuesto para el río Marapa.-

La longitud total del tramo a sistematizar es de 20 kilómetros, aproximadamente, y la de los canales a excavar está en el orden de lo 5.500 metros.-

b.- Reforzar las márgenes con diques longitudinales y forestarlas.-

### Arroyo El Sueño (lámina 7')

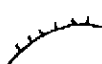


Entre los aportes al balance hídrico del Departamento mencionamos una serie de arroyos que tienen sus nacientes en la vertiente oriental de la Cumbre de los Llanos, formada por terrenos de muy escas permeabilidad y fuerte pendiente.-



Rio de Catamarca

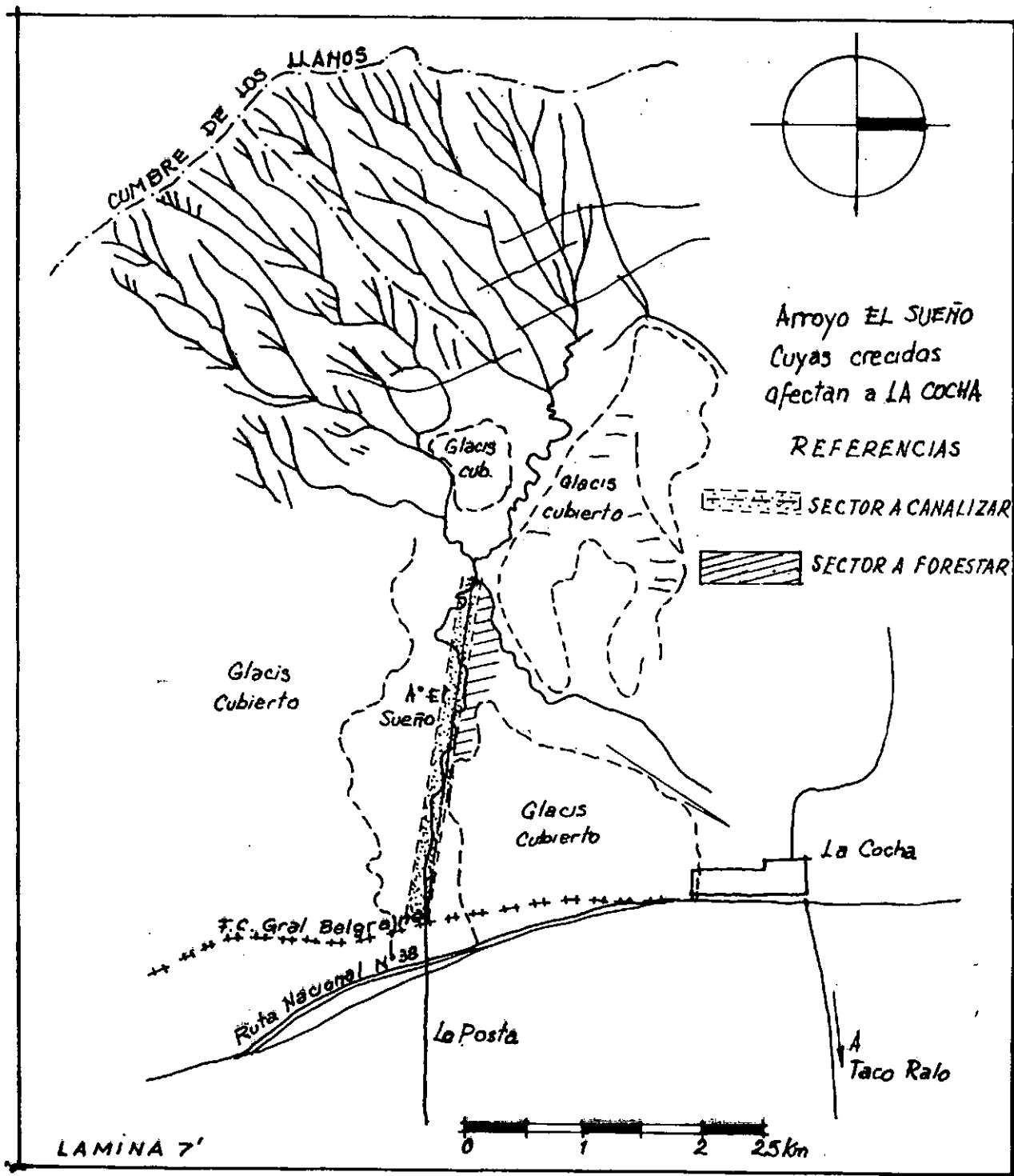
Escala: 1:50.000

REFERENCIAS

-  TERRAZAS DE EROSION
-  CANALIZACION PROYECTADA
-  ANTIGUOS CAUCES

DRENAJE ANASTOMOSICO-RIO EN MEANDROS  
 SAN FRANCISCO-HUACRA, en el extremo  
 Sur del departamento La Cocha.  
 Sistema de drenaje caracterizado por:  
 lagunas en media luna y terrozos de  
 meandros en cursos abandonados





Estos arroyos descienden a la llanura adoptando un diseño de drenaje consecuente, modificado frecuentemente por las fracturas que atraviesan el macizo.-

Muchos de estos arroyos se insumen en los aluviones del pie de monte, pero algunos, como el Arroyo El Sueño, atraviesan la llanura para volcar sus aguas en los campos al este de la Ruta Nacional n° 38.-

Este arroyo causa problema a los pobladores de la zona, porque sus crecidas estivales deterioran la Ruta Provincial n° 334 a Taco Ralo y, en algunas ocasiones, han provocado la inundación de la ciudad de La Cocha.-

#### Características del arroyo

Sus afluentes descienden de la vertiente serrana con rumbo noreste, que se modifican en el pie de monte donde se concentran en dos colectores que se dirigen hacia el este.-

Las lomas de núcleo terciario y cubierta cuartaria denominadas glacís cubiertos existentes en esta zona y en la llanura, conducen los dos colectores hasta formar un cauce único, que siguiendo el rumbo definido por los glacís atraviesa la llanura.-

La constitución de los terrenos permeables en que ha establecido su cuenca le permiten realizar un recorrido sinuoso, en que ha desarrollado cortos meandros abiertos. El tramo final es rectilíneo.-

Aproximadamente 2 kms. al oeste de la vía férrea existe un portillo de un ancho máximo de 1 km. entre la base de dos glacís. Esta abertura permite que los desbordes se expandan sobre la margen norte y luego, siguiendo la pendiente de los terrenos, se vuelquen sobre La Cocha.-

#### Obras de corrección. Proyecto n° 6

a.- Proponemos la canalización del arroyo en una longitud aproximada de 3 kms., siguiendo los lineamientos generales dados para el Río Marapa. Considerando la inclinación de los terrenos hacia el norte, debe incrementarse la altura

de la orilla norteña, especialmente, con el material resultante de la excavación del canal.-

- b.- Formar un cinturón forestal de protección en la margen norte del arroyo, en el bajo existente entre los glacés. Su función es retener los aluviones y afianzar los terrenos.-

#### Observación

Es de nuestro conocimiento que la Dirección Provincial del Agua ha elaborado un proyecto de canalización de los arroyos El Sueño y La Posta. Esta obra se iniciaría al este de la Ruta Nacional 38, y luego de un recorrido de aproximadamente 13 kilómetros se conectaría con el cauce del río San Francisco.-

Para que esta obra pueda actuar es necesario estabilizar el curso del río San Francisco. Estos dos proyectos se complementan.-

## LOS MEANDROS

La tendencia de los meandros a la migración lateral y hacia aguas abajos del valle se evidencia en la socavación de las bases de las barrancas y de las vertientes.-

Este proceso se explica por la naturaleza del flujo en los ríos con este sistema de drenaje. El filete de mayor profundidad del agua no sigue la línea del río, sino que es deflectado hacia ambos márgenes, cóncava y convexa (lámina nº 8).-

La tendencia del río a continuar su flujo en línea recta produce un leve incremento del nivel de la superficie sobre la margen externa de la curva. El agua tiene un movimiento transversal al eje del canal.-

Los meandros se desarrollan cuando un río cesa de profundizar su cauce, lo que involucra un gran alargamiento del río, la reducción de su gradiente y de su energía.-

La causa de la formación de los meandros no es bien conocida todavía, pero el fenómeno ha sido observado aún en corrientes oceánicas, como la del Golfo. Canales que han sido completamente rectificadas tienden a reconstruir sus meandros.-

### Rectificación de los canales

Estas obras se hacen habitualmente por alguna de estas tres razones: a) reducir el nivel de las inundaciones; b) proveer una trayectoria más corta y menos tortuosa para la navegación y c) permitir el desarrollo estructural (como el cruce de una autopista o la construcción de un puente).-

La rectificación de los meandros reduce la altura y la duración de las inundaciones en el tramo rectificado, en que es menor la resistencia al flujo, con lo que las velocidades se incrementan.-

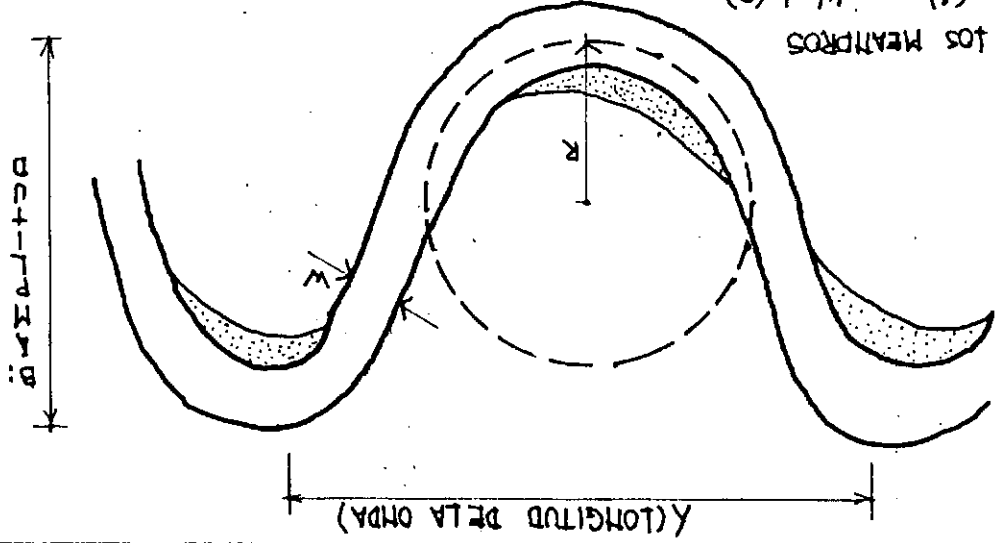
Las tareas de excavación varían desde la remoción de unos pocos bancos de arena a la extracción de grandes masas de materiales, incrementando de manera sensible el ancho y la profundidad.-

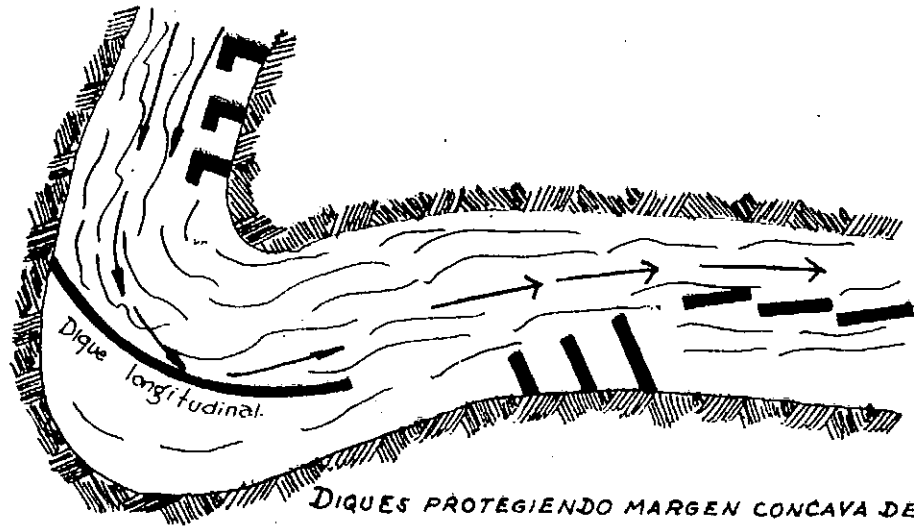
# GEOMETRIA DE LOS MEATPROS

Longitud de onda ( $\lambda$ ), amplitud ( $B$ )

radio de curvatura ( $R$ ), ancho del canal ( $w$ )

LAMINA B





DIQUES PROTEGIENDO MARGEN CONCAVA DE UN MEANDRO  
DEFLECTANDO LA CORRIENTE

LAMINA 8

Habitualmente el nuevo canal se construye con una sección transversal trapezoidal. El ancho del piso depende de la velocidad de flujo y las características del transporte de sedimentos. El valor de la pendiente de las paredes laterales es función de la estabilidad del material de las márgenes. Varía de 4:1 en roca firme a 4:3, o más llano, para limo o arcilla. Estas pendientes pueden ser allanadas a propósito para acomodar equipos de labranza o movilizar maquinarias.-

Como para construir pendientes laterales menores se debe realizar un movimiento de tierra mayor, se puede estabilizar pendientes empinadas con riprap u otro revestimiento que esté de acuerdo con el valor de la obra.-

En terrenos de precio elevado se puede construir canales de paredes verticales, de hormigón armado.-

Pequeños canales pueden ser construídos con dragalinas o palas mecánicas operando desde las orillas. Si el fondo es suficientemente firme los equipos de movimiento de tierra pueden trabajar en el mismo canal.-

Se puede excavar un canal temporario en uno de los lados y dirigir a él la corriente, de modo que el cauce quede en seco y pueda ser trabajado.-

El material excavado de un canal puede ser utilizado para rellenar lugares bajos cercanos o para construir diques longitudinales, reforzando las orillas.-

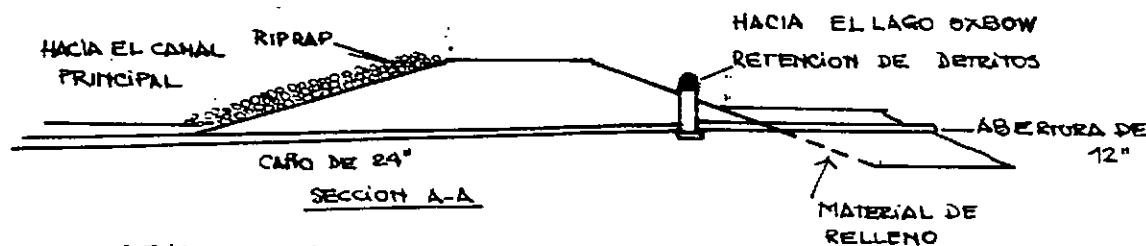
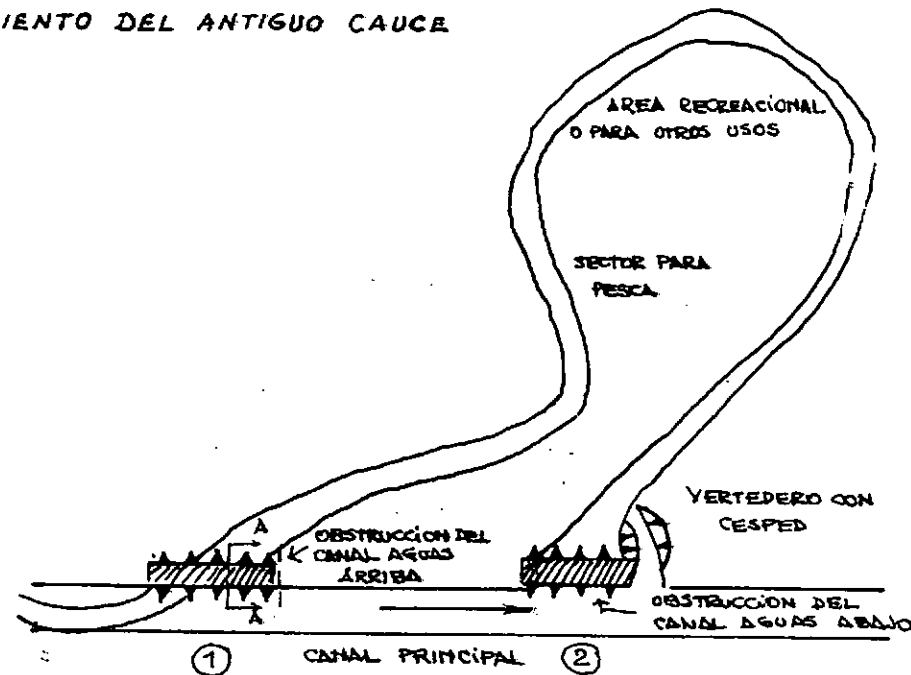
El ensanche del canal y subsecuente disposición del material excavado, generalmente obliga a eliminar significativamente masa de vegetación ribereña. La práctica aconseja desmontar varios metros en ambas márgenes con el fin de dejar espacio para el libre movimiento del equipo pesado y la disposición del material excavado.-

Para incrementar la eficiencia hídrica el canal debe tener suficiente vegetación en sus márgenes como para estabilizar las orillas, pero no debe proyectarse al mismo canal.-

La vegetación de gran desarrollo tiene una acción positiva al aumentar la ru-

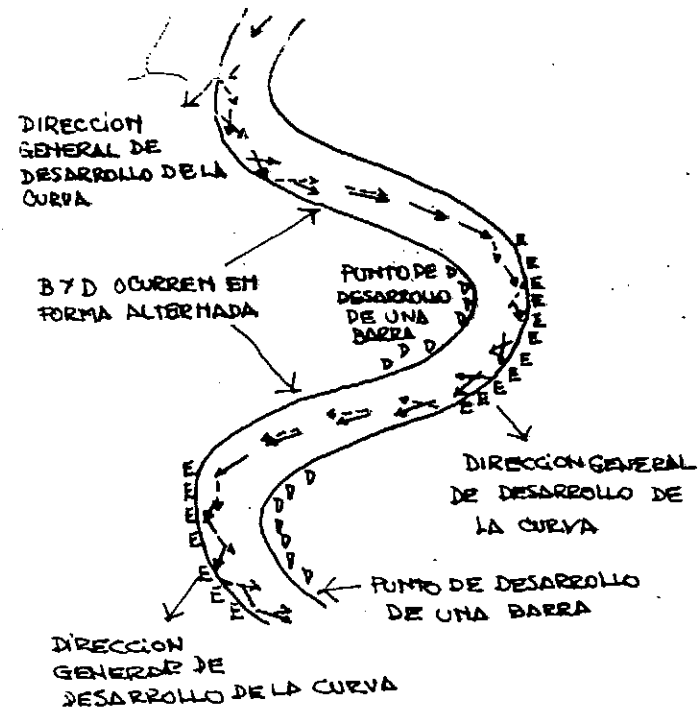
# PROYECTO PARA LITTLE BLUE RIVER .U.S.A.

## RECTIFICACION DE UN MEANDRO Y APROVECHAMIENTO DEL ANTIGUO CAUCE



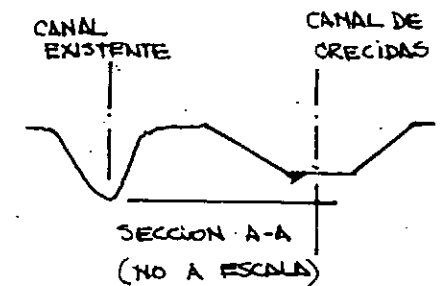
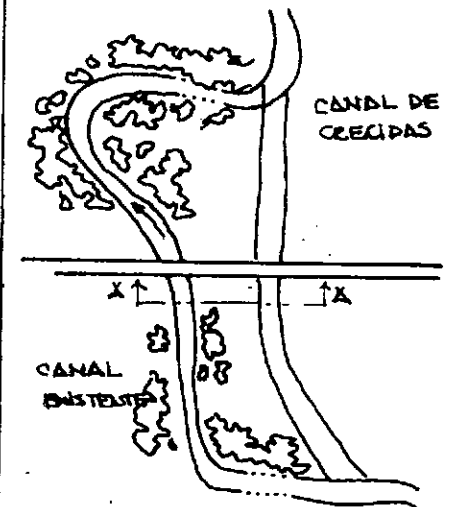
APROVECHAMIENTO DE UN RIZO ABANDONADO DE UN MEANDRO  
EL DIQUE QUE CIERRA LA COMUNICACION EN ① TIENE UN CONDUCTO QUE PERMITE EL INGRESO DEL AGUA AL DIQUE ② A SU VEZ INCLUYE UN VERTEDERO PARA EMERGENCIAS.

## MIGRACION Y RECORTE DE LA CURVA DE UN MEANDRO



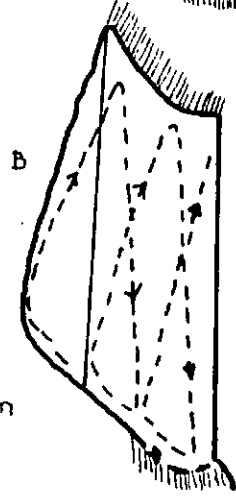
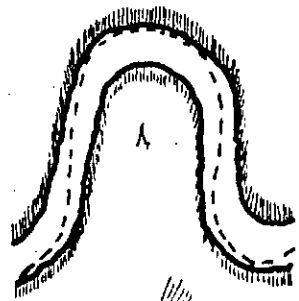
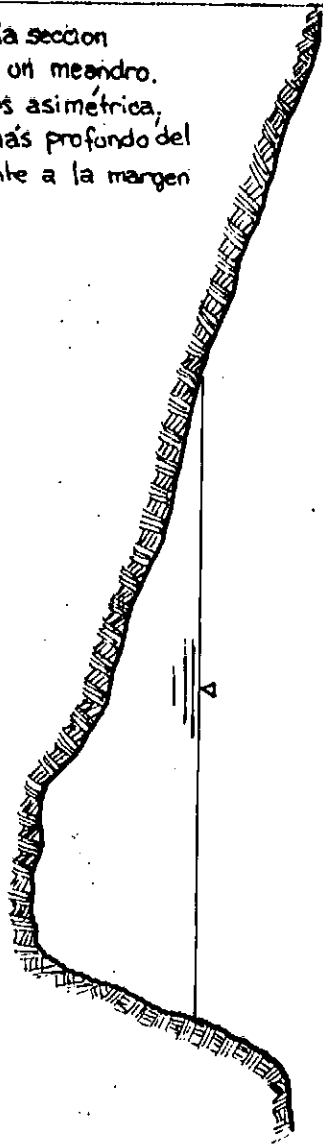
- E = SECTOR ERODIDO
- D = SECTOR DE ACUMULACION
- ↑ = DIRECCION DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL
- ↗ = DIRECCION DE LA CORRIENTE DEL FONDO

## PROYECTO DE CANAL DE CRECIDAS RECTIFICANDO TRAMOS SINUOSOS DE UN MEANDRO





Geometria de la seccion transversal de un meandro. Esta seccion es asimétrica, con el sector más profundo del cauce adyacente a la margen cóncava.-

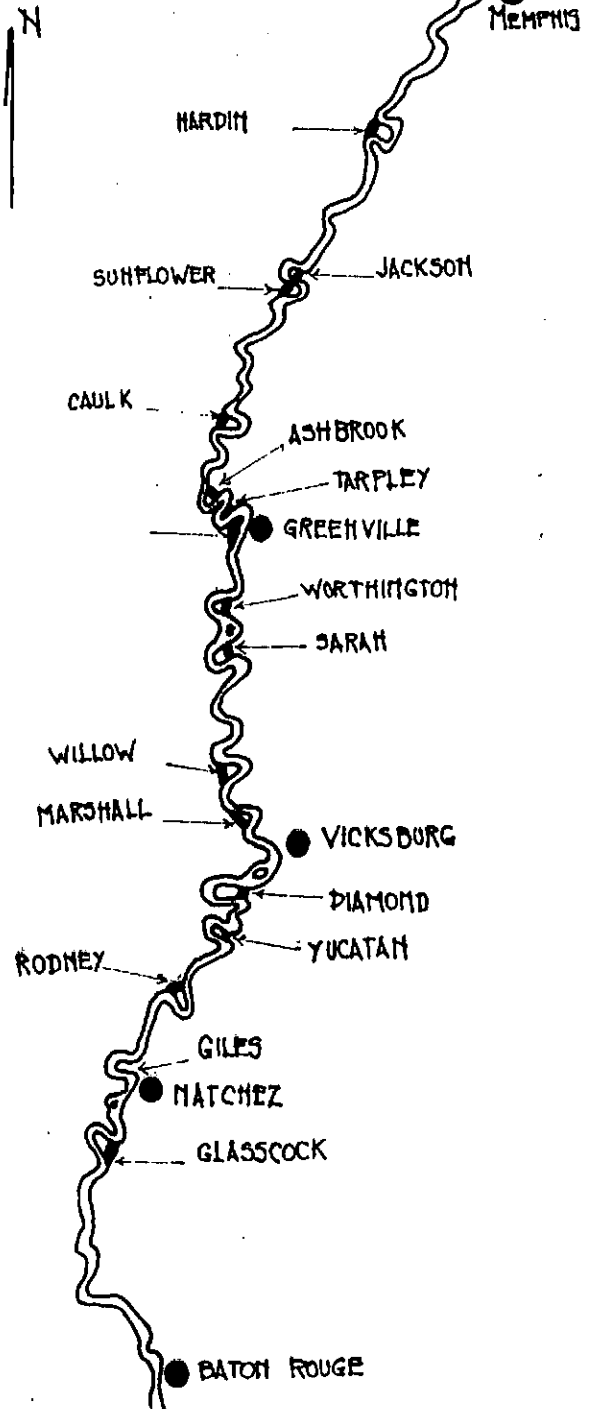


Movimiento del Agua en los meandros.-

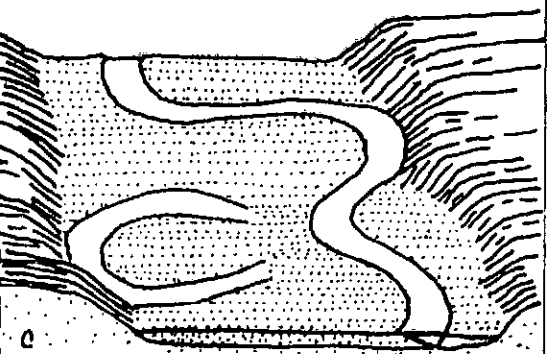
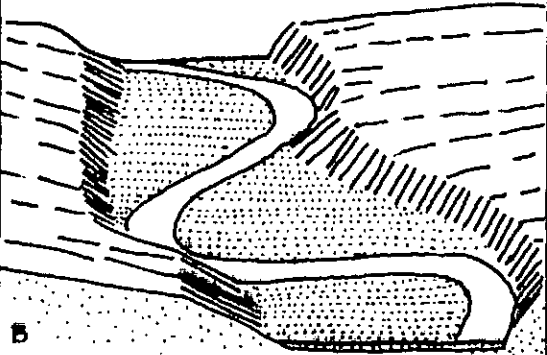
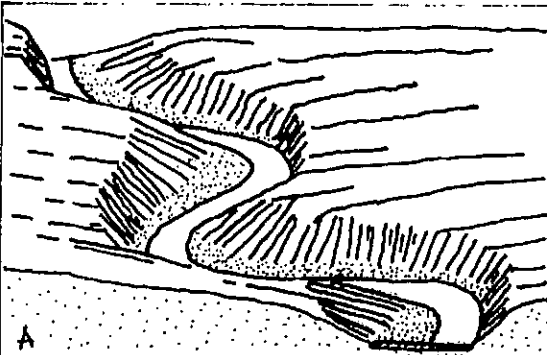
A.- Direccion de las corrientes mayor velocidad.

B.- Flujo helicoidal en un meandro.-

RECTIFICACION DE TRAMOS DEL RIO MISSISSIPPI



DATOS PROVISTOS POR CUERPO DE INGENIEROS U.S. ARMY.



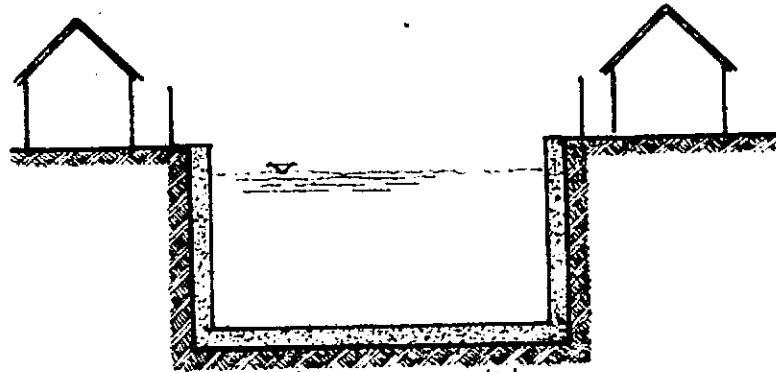
La ampliacion del valle por erosion lateral de una corriente nivelada permite el libre crecimiento y la estrangulacion de los meandros

gosidad del canal. Los árboles colgantes sobre el cauce deben ser eliminados, pues las crecidas los pueden desarraigar y conducir corrientes abajo hasta los estribos de los puentes u otras construcciones del cauce, donde restringirían severamente el flujo.-

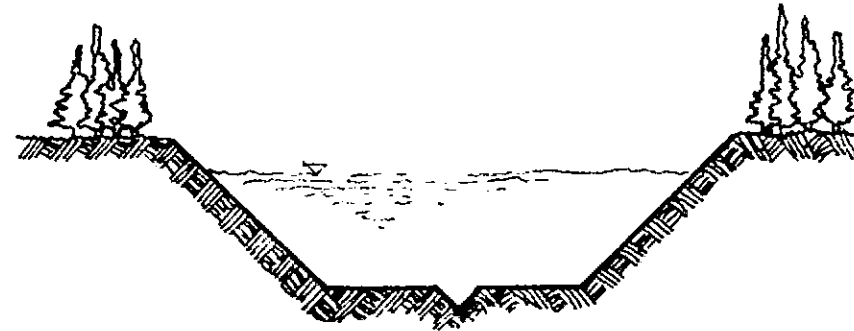
La época del año más indicada para realizar estos trabajos es el período en que las precipitaciones pluviales son casi nulas y el caudal de los ríos muy escaso y concentrado en el canal de estiaje.-

Las rectificaciones parciales, como las proyectadas en este trabajo, se realizan dragando un canal a través del cuello del rizo del meandro. Su tamaño, pendiente y dirección son proyectados de manera que capte todo el flujo del río.-

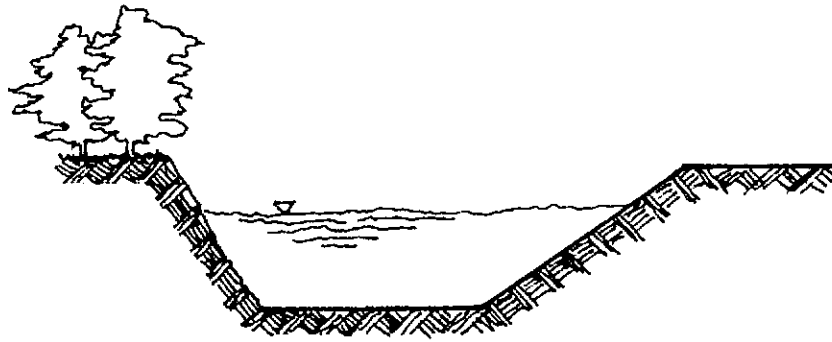
# DIVERSOS TIPOS DE CANALES ARTIFICIALES



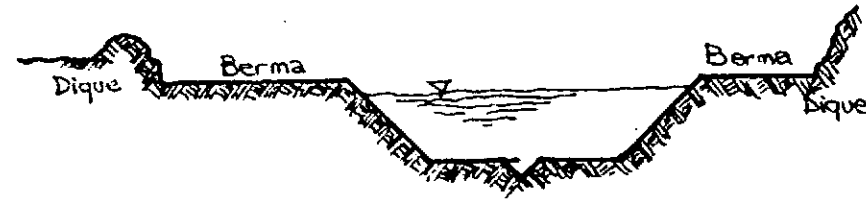
Canal rectangular revestido



Canal trapezoidal de tierra con entalladura para flujos bajos.

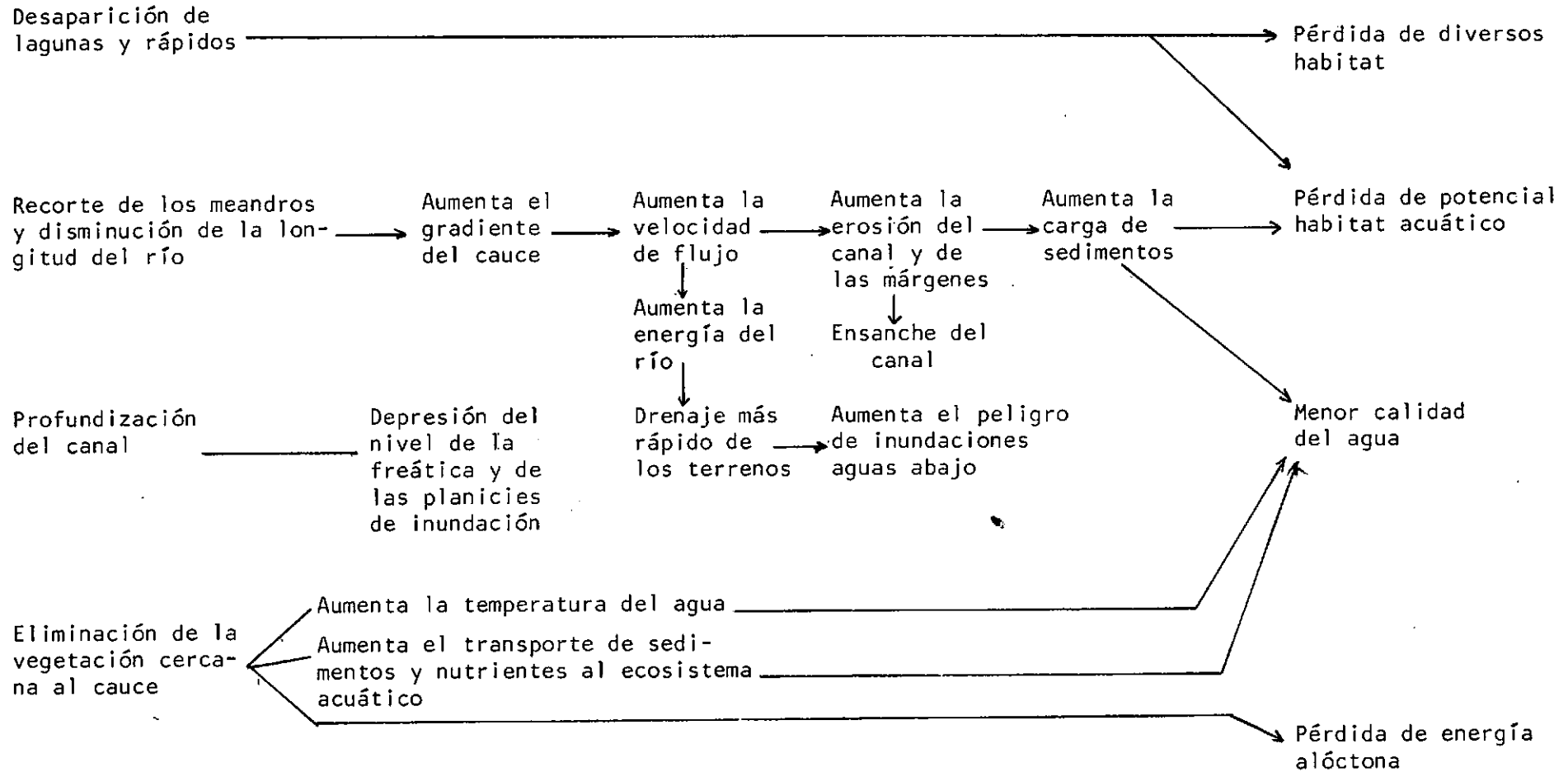


Canal de tierra con una margen excavada



Canal trapezoidal de tierra con bermas y diques longitudinales.

# CANALIZACION DEL RIO (lámina 9)



Combinación de impactos físicos resultantes del desmonte, ensanche y rectificación del canal (según Darmell er al (1976), de Karr y Schlosser 1978)

## D I Q U E S   D E   E S C O L L E R A (lámina 10)

Son estructuras formadas por fragmentos de rocas graduados uniformemente y colocados en obra por medio de maquinas.-

La elección de este tipo de diques está condicionada principalmente por la disponibilidad en el lugar de los materiales de construcción adecuados.-

Los bloques se obtienen directamente del álveo en los torrentes de gran arrastre de fondo o de excavaciones efectuadas en las cercanías del emplazamiento de la obra.-

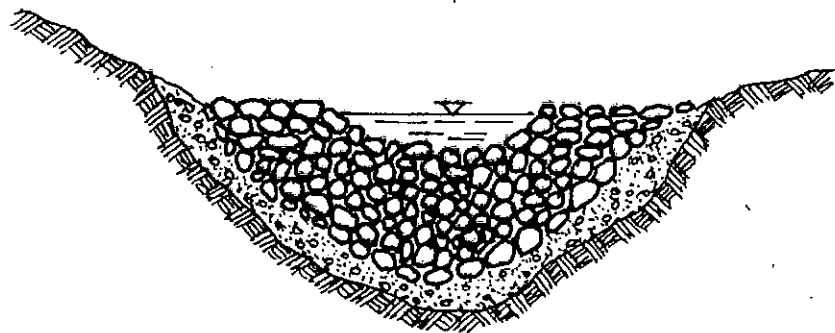
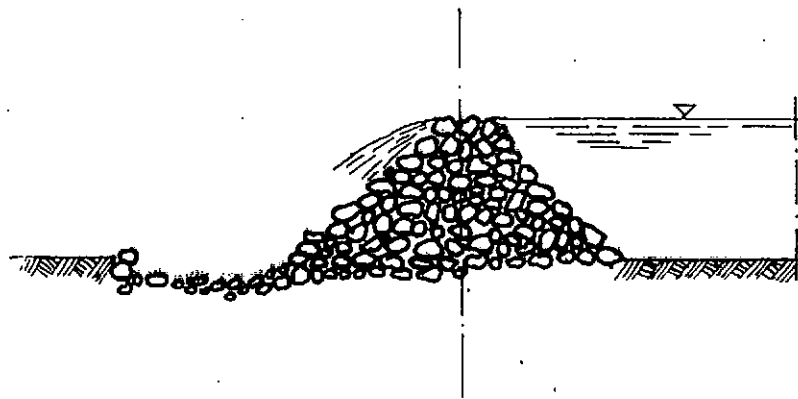
Estos diques tienen gran permeabilidad, requieren técnicas de construcción sencillas y menor dotación de partes accesorias.-

Terrenos de cimentación de mala calidad, como los arcillosos de baja consistencia, son los menos adecuados para este tipo de obras a causa de las elevadas características de compresibilidad y la baja resistencia sin drenaje. Mas convenientes son los terrenos granulares, porque los asentamientos se produce en el momento mismo de la construcción y siendo limitados no ocasionan inconvenientes a una estructura flexible. Tampoco provocan inconvenientes los terrenos formados por roca intacta o moderadamente fracturada.-

Los problemas más serios resultan del mantenimiento de la resistencia necesaria en la superficie de contacto entre la base del dique y el terreno de fundación. Cuando la cimentación contiene agregados finos es probable que en la superficie de contacto con la estructura el régimen de filtración puede originar fenómenos erosivos. Esto priva al terraplén del necesario soporte y origina fenómenos que pueden afectar la estabilidad del paramento de aguas abajo.-

Esta situación puede presentarse también en la zona de contacto con las laderas, particularmente cuando están formadas por material estructuralmente heterogéneo, en lo referente a granulometría y resistencia a la erosión.-

El único tratamiento que requiere la fundación es crear debajo del dique y a



LAMINA 10

DIQUES DE ESCOLLERA EMPLEADOS PARA CORREGIR TORRENTES

después del escarabajo

Dr. ...  
Belgic o

que debe rellenarse

★

15. -

El diseño de la trinchera está condicionado por las dimensiones de las máquinas a usar en la construcción. Tiene la función de proteger la platea, aguas abajo del dique, de subpresiones excesivas y de fenómenos erosivos. La platea es la parte terminal del vertedero central no revestido, formado con grandes piedras, y contiene un resalto final a los fines de evitar la socavación del pie del dique.-

## CARACTERISTICAS CLIMATICAS DEL DEPARTAMENTO TAFI VIEJO

### CLIMA

Introducción: El clima determina el tipo de suelos y de vegetación propios de cada región e influye, por lo tanto, juntamente con la topografía de los terrenos, en la utilización de la tierra.-

Las precipitaciones pluviales y nivales son un factor decisivo en el desarrollo de la vegetación, de los sistemas de drenaje, de la humedad de los suelos y de la degradación de los mismos.-

### Clima del Departamento Tafí Viejo

Tan variado como el relieve del Departamento, que comprende elevaciones superiores a los 4.500 metros, en la divisoria de aguas de las Cumbres Calchaquies, en los cerros El Negrito y Morado, hasta el valle del río Salí, en el Cadillal, es el clima de esta área.-

Galván (hoja 10e Cafayate), define como clima de China el del borde oriental de las Cumbres Calchaquies; moderadamente cálido, seco en invierno, con las precipitaciones del mes más lluvioso de una cuantía por lo menos diez veces superior al mes más seco.-

El elevado cordón montañoso de las Cumbres Calchaquies actúa como una barrera orográfica interpuesta a la circulación general de los vientos del continente.-

Los vientos cálidos y húmedos que vienen del noroeste ascienden por la laderas serranas, perdiendo gradualmente su humedad durante el ascenso. Como consecuencia se crea un gradiente de precipitaciones, desde el pie hacia las cimas, con sus valores mayores en el tercio inferior. Entre 1.000 y 1.500 metros la intensidad de las mismas disminuye, pero aumenta su frecuencia, es decir, predominan las lloviznas persistentes sobre las lluvias torrenciales, lo que es el carácter dominante de la selva basal. Entre 1.500 y 2.000 metros este carácter se acentúa, produciéndose persistentes garúas y neblinas que a veces duran hasta un mes. Desde 2.500 me



tros hacia arriba la cuantía de las precipitaciones disminuye considerablemente y estas se producen en forma de nieve, garrotillo o granizo.-

En las altas cuencas (4.500 - 5.000 metros), soplan en determinadas épocas vientos del noroeste y oeste, caracterizados como zonda.-

Los vientos dominantes provienen de los cuadrantes norte y sur.-

Pluviometría: Disponemos de registros efectuados por distintas estaciones meteorológicas dispersas en el Departamento. Sus valores son los siguientes:

a) Anca Juli: registros desde 1960 a 1981, inclusive, 22 años.

Promedio del período: 700,2 mms.

Año más lluvioso: 1979, con 1.001 mms.

Año menos lluvioso: 1960, con 357 mms.

Mes más lluvioso: Enero, con 164,4 mms. de promedio.

Mes menos lluvioso: Julio, con 1,9 mms.

b) El Siambón: (1.150 m.s.n.m.): registros desde 1967 a 1977: 11 años.

Promedio del período: 1.199,8 mms.

Año más lluvioso: 1973, con 1.320,5 mms.

Año menos lluvioso: 1972, con 801,5 mms.

Mes más lluvioso: Marzo, con 195,9 mms.

Mes menos lluvioso: Agosto, con 22,3 mms.

c) Las Salas: registros desde 1977 hasta Julio de 1990: 14 años

Promedio del período: 981,4 mm.

Promedio del período: 1921/1950: 952,0 mm.

Diferencia de más: 29,4 mms.

Año más lluvioso: 1981, con 1.219,5 mms.

Año menos lluvioso: 1989, con 701,7 mms.

Mes más lluvioso: Diciembre, con 206,3 mms.

Mes menos lluvioso: Julio, con 11,2 mms.

d) Las Tipas: registros desde 1975 a Julio de 1990: 16 años

Promedio del período: 834,7 mms.

Promedio del período: 1921/1959: 655,0 mms.

Diferencia en más: 182,4 mms.

Año más lluvioso: 1984, con 1.213,1 mms.

Año menos lluvioso: 1986, con 501,7 mms.

Mes más lluvioso: Enero, con 197,9 mms.

Mes menos lluvioso: Julio, con 4,7 mms.

e) El Cadillal: registros desde 1975 a Julio de 1990: 16 años

Promedio del período: 744,8 mms.

Promedio del período: 1921/1950: 857,0 mms.

Diferencia en más: 112,2 mms.

Año más lluvioso: 1981, con 1.116,0 mms.

Año menos lluvioso: 1989, con 428,0 mms.

Mes más lluvioso: Diciembre, con 148,1 mms.

Mes menos lluvioso: Julio, con 6,0 mms.

f) Tafí Viejo: registros desde 1940 hasta Mayo de 1990: 50 años

Promedio del período: 1.037,1 mms.

Promedio del período: 1921/1950: 907,0 mms.

Año más lluvioso: 1958, con 1.689,0 mms.

Año menos lluvioso: 1989, con 641,0 mms.

Mes más lluvioso: Enero, con 198,5 mms.

Mes menos lluvioso: Agosto, con 12,0 mms.

Observación: No se dispone de información del año 1955.-

La Estación Agroindustrial Obispo Colombres nos proporcionó promedios mensuales del período 1921/1950, que podríamos considerar históricos. La comparación con las cifras de los últimos años nos indica que, salvo en El Cadillal, ha aumentado

la pluviosidad del Departamento, con diferencias positivas que van desde 182,4 mms. en Las Tipas a 29,4 mms. en Las Salas.-

En El Cadillal la disminución fué 112,2 mms.-

El cuadro n° 1 informa sobre los promedios mensuales de las distintas localidades.-

Temperatura: La Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres" nos proporcionó información de las temperaturas medias normales del período 1901/1950 en las siguientes localidades:

a) Las Salas: mes de mayor temperatura: Diciembre, con 23,1° C.-

mes de menor temperatura: Junio, con 11,7° C.-

b) Tafí Viejo: mes de mayor temperatura: Enero, con 24,1° C.-

mes de menor temperatura: Julio, con 12,4° C.-

c) El Cadillal: mes de mayor temperatura: Enero, con 23,8° C.-

mes de menor temperatura: Julio, con 12,4° C.-

d) Las Tipas: mes de mayor temperatura: Enero, con 20,8° C.-

mes de menor temperatura: Julio, con 10,0° C.-

C U A D R O   N°   1

Localidad	Anca Juli	El Siambón	El Cadillal	Tafí Viejo	Las Salas	Las Tipas
Enero	164,4	195,3	140,1	198,5	174,03	197,9
Febrero	129,4	157,13	98,2	160,6	154,2	136,0
Marzo	109,5	195,9	128,4	183,0	169,1	126,3
Abril	39,3	112,7	69,6	145,5	68,8	42,6
Mayo	9,6	46,1	17,7	40,1	15,6	13,2
Junio	2,1	23,2	8,8	20,6	15,8	7,1
Julio	1,9	23,1	6,0	15,3	11,2	4,7
Agosto	2,6	22,3	8,2	12,0	14,91	8,5
Setiembre	11,7	39,0	14,9	21,7	14,96	19,5
Octubre	35,2	72,5	39,5	72,4	52,7	35,7
Noviembre	66,3	92,8	73,2	115,1	94,55	76,2
Diciembre	123,6	145,2	148,1	158,9	206,3	128,1

## HIDROGEOLOGIA DEL BORDE ORIENTAL DE LA SIERRA DE SAN JAVIER

### Y CUMBRES CALCHAQUIES

#### Introducción

Los abanicos aluviales del borde del cordón serrano del título son una importante acumulación de sedimentos permeables y un rico reservorio de aguas subterráneas en las cercanías del pie de monte.-

Las abundantes precipitaciones pluviales y las fuertes pendientes de las vertientes serranas han producido siempre importantes escurrimientos superficiales, que se han visto incrementados por la tala indiscriminada de especies forestales y los cultivos en forma irracional en terrenos de elevado gradiente.-

#### Características hidrológicas del subsuelo de Tañi Viejo

Las características generales de la zona son similares a las del subsuelo de Yerba Buena. Existe información hasta la profundidad de 261 metros, máximo valor alcanzado por las perforaciones, cuyos perfiles geológicos pueden consultarse actualmente.-

En el subsuelo existen espesos bancos de material semipermeable: areniscas finas arcillosas, con intercalación de grava y gravilla e inclusiones de areniscas arcillosas, con rodaditos.-

Los acuíferos están formados por arenas medianas, gravas y gravilla, rodados de esquistos y cuarzo, material típico de acarreo de conos.-

Hay muy pocos estratos de arcilla.-

En general, en los cien metros superiores de los perfiles predominan los niveles arenosos finos y arcillosos, con intercalación de rodados y gravas. Por debajo se incrementa la proporción de sedimentos arcillosos, con escasos niveles permeables.-

Las características litológicas indican que el aporte se produce desde la cercana vertiente serrana.-

La Dirección Provincial del Agua tiene información de 17 perforaciones realizadas en el radio municipal de Tafí Viejo y en las inmediaciones. Se destaca un pozo ubicado en los talleres ferroviarios, de 519,10 metros de profundidad. Es surgente, con un nivel estático positivo de 8,90 y un caudal de 0,30 m<sup>3</sup>/hora. Fué perforado entre los años 1913/14.-

Cuatro pozos superan los 200 metros. El que proporciona mayor caudal está en el local de la Cooperativa Citrícola Tafí Viejo. Tiene 261 metros de profundidad; -10,40 m. de nivel estático y -96 de nivel dinámico. Su rendimiento es de 140 m<sup>3</sup>/hora.-

El resto de las perforaciones produce caudales que varían entre 5 y 77 metros cúbicos por hora.-

La dirección de circulación de las aguas subterráneas es, aparentemente, en sentido NO-SE y NE-So.-

#### Características químicas del agua alumbrada

Los valores de residuo seco tienen un promedio de 400 mg/l, con tenores bajos y excepcionalmente medianos de sulfatos.-

Son aguas de buena calidad, aptas para el consumo.-

## EL RECURSO AGUA EN EL DEPARTAMENTO TAFÍ VIEJO

### Introducción

Las Cumbres Calchaquies, actuando como barrera climática han determinado el desarrollo de una extensa red de cursos de agua superficiales, que pertenecen al gran sistema hidrográfico del río Salí.-

Los recursos de agua del Departamento son cuantiosos.-

### Aguas superficiales

No se aprovecha racionalmente los grandes volúmenes de aguas superficiales del Departamento Tafí Viejo, salvo en la vertiente oriental de las Cumbres de Taficillo y San Javier. No existe un sistema organizado de riego y las obras de captación y de distribución de las aguas son rudimentarias.-

Estimamos que esta situación se debe a que el relieve accidentado y el carácter esquelético de los suelos de gran parte del Departamento no favorecen asentamientos humanos de cierta importancia ni emprendimientos agrícolas intensivos, y también a la abundancia del recurso agua y su fácil disponibilidad.-

En el momento de redactarse este informe, último tercio del año 1990, la Dirección Provincial de Irrigación iniciaba los primeros estudios del Departamento.-

Como ya se señaló en una entrega anterior de este trabajo, los torrentes que drenan la vertiente oriental de la Sierra de San Javier y Cumbres de Taficillo son explotados desde hace mucho tiempo para proveer de agua a San Miguel de Tucumán, Tafí Viejo y otras poblaciones menores. Con este fin se construyeron galerías filtrantes y tomas de diversa capacidad.-

La gran concentración de habitantes y la intensa actividad agrícola e industrial que se realiza en este sector del Departamento, que tiene por epicentro el municipio de Tafí Viejo, demanda la provisión regular de grandes volúmenes de agua. El carácter estacional y las grandes avenidas de los torrentes obligó a acudir al recurso del agua subterránea, de gran regularidad. Por este motivo se

han perforado en el pie de monte y en la llanura vecina numerosos pozos, que brindan un abundante caudal.-

### Red de drenaje

La vertiente oriental de las Cumbres Calchaquies y los cordones montañosos menores, desprendimientos del macizo serrano, que se levantan en distintos sectores del Departamento, intersectan la circulación de vientos húmedos, provocando su condensación en forma de copiosas precipitaciones sobre sus laderas.-

En los sectores montañosos más elevados se producen nevadas invernales, cuyo derretimiento durante la primavera incrementa los caudales de los ríos, cuyo régimen, en consecuencia, no depende solamente de las lluvias estivales, caracterizándose por un período más amplio de grandes derrames.-

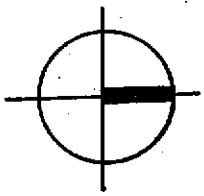
Los colectores y los principales afluentes de los ríos son de régimen permanente. Debe destacarse que las copiosas precipitaciones estivales producen rápidas crecidas, que ceden luego de un par de horas de cesar la precipitación.-

La cima de las Cumbres Calchaquies tiene la configuración de una plataforma suavemente ondulada, en cuyas depresiones se concentró agua de origen pluvial, dando origen a varias lagunas. Es de nuestro interés la de Vaca Huasi, Huancagua-si o Real de los Tabinistas, que desagua en el río Matadero, afluente del Liquimayo o Duraznillo, que es uno de los ríos más importantes del Departamento.-

Las condiciones climáticas, geológicas y topográficas del área han desarrollado una extensa y apretada red de drenaje, salvo en el sector más elevado de la vertiente serrana, en que los cauces son someros, escasamente ramificados y están muy distanciados. Esto se debe a la ausencia casi total de suelos, por lo que afloran las rocas del basamento cristalino, resistentes a la erosión de las aguas corrientes, que por otra parte son muy escasas.-

La red de avenamiento de la mitad oeste del Departamento pertenece a dos sistemas fluviales, a saber: el sistema del río Lules, al sur, y el del río Vicos, al





DEPARTAMENTO TAFI DEL VALLE

CUMBRES CALCHAQUIES

Cº El Negro  
4660

SISTEMA FLUVIAL DEL RIO VIPPOS

DEPARTAMENTO LULES

CUMBRES DE  
MALA MALA

LA RAMADITA

Anfama

Eol

Mojon

Alto del

Las Juntas

CUMBRES DEL SIAMON

TERCER SISTEMA FLUVIAL - RIO TAPIA

CUMBRES DEL PERIQUILLO

CUMBRES DE TAPICILLO

A río Lules

- REFERENCIAS
- 1 Río de la Ciénaga
  - 2 Río de la Ramadita
  - 3 Río de San José
  - 4 Río Liquimayo o Doraznito
  - 5 Río de las Hoyadas
  - 6 Arroyo La Mota
  - 7 Qda. de la Bolsas
  - 8 Qda. Honda
  - 9 Lagunas de Yaca Huasi
  - 10 Qda del Matadero
  - 11 Río de los Sacos o Saucos
  - 12 Río San Javier
  - 13 Río de la Hoyada
  - 14 Río Matadero
  - 15 Río de las Juntas
  - 16 Río Queñoal

RED DE DRENAJE DEL DEPARTAMENTO  
TAFI VIEJO  
SISTEMA FLUVIAL DEL RIO LULES

ESCALA: 1: 100.000

norte. Ambos siguen direcciones paralelas hasta Chaquivil, donde divergen. Las estribaciones occidentales, del suroeste y noroeste de los cerros Cabrahorco, de la Lagunita y San Miguel separan los dos sistemas fluviales.-

#### Sistema fluvial del río Lules (lámina 11)

Lo componen los siguientes ríos:

- a) de la Ciénaga: colector de las Quebradas Bolsas y Honda, que nacen al pie del Cerro Pabellón y Morro de la Horqueta, a los 3.400 m.s.n.m., aproximadamente. Luego confluyen con el río Queñoal para formar el río de la Ciénaga, que es el límite sur de esta mitad del Departamento.-
- b) de la Ramadita.-
- c) Río San José, que ha desarrollado un amplio cauce en el que el sistema de drenaje es anastomosado, con grandes acumulaciones de sedimentos. Afluente es el Arroyo La Mota.-
- d) Río de la Hoyada: con su cuenca de recepción en las estribaciones del Cerro El Negrito, a más de 4.600 m. de altura.-
- e) Río Liquimayo o Duraznillo, colector de la Quebrada del Matadero: es el más importante de este sistema fluvial.-

El colector que recibe los aportes de todos los integrantes de esta red tiene su cauce en la profunda y estrecha depresión estructural de la Hoyada, cuyo nombre toma. Luego de atravesar el valle, al pie del Alto del Mojón y Altos de Anfama, llega a Las Juntas, donde colecta las aguas del río de la Ciénaga o Anfama y de los cursos que descienden del filo de Mala Mala. En este tramo se lo conoce como río de las Juntas. Luego de la confluencia con el río de Potrero de las Tablas, que nace en Mala Mala, cruza el cordón montañoso de la Sierra de San Javier en La Puerta. Desde allí empieza a llamarse Río Lules.-

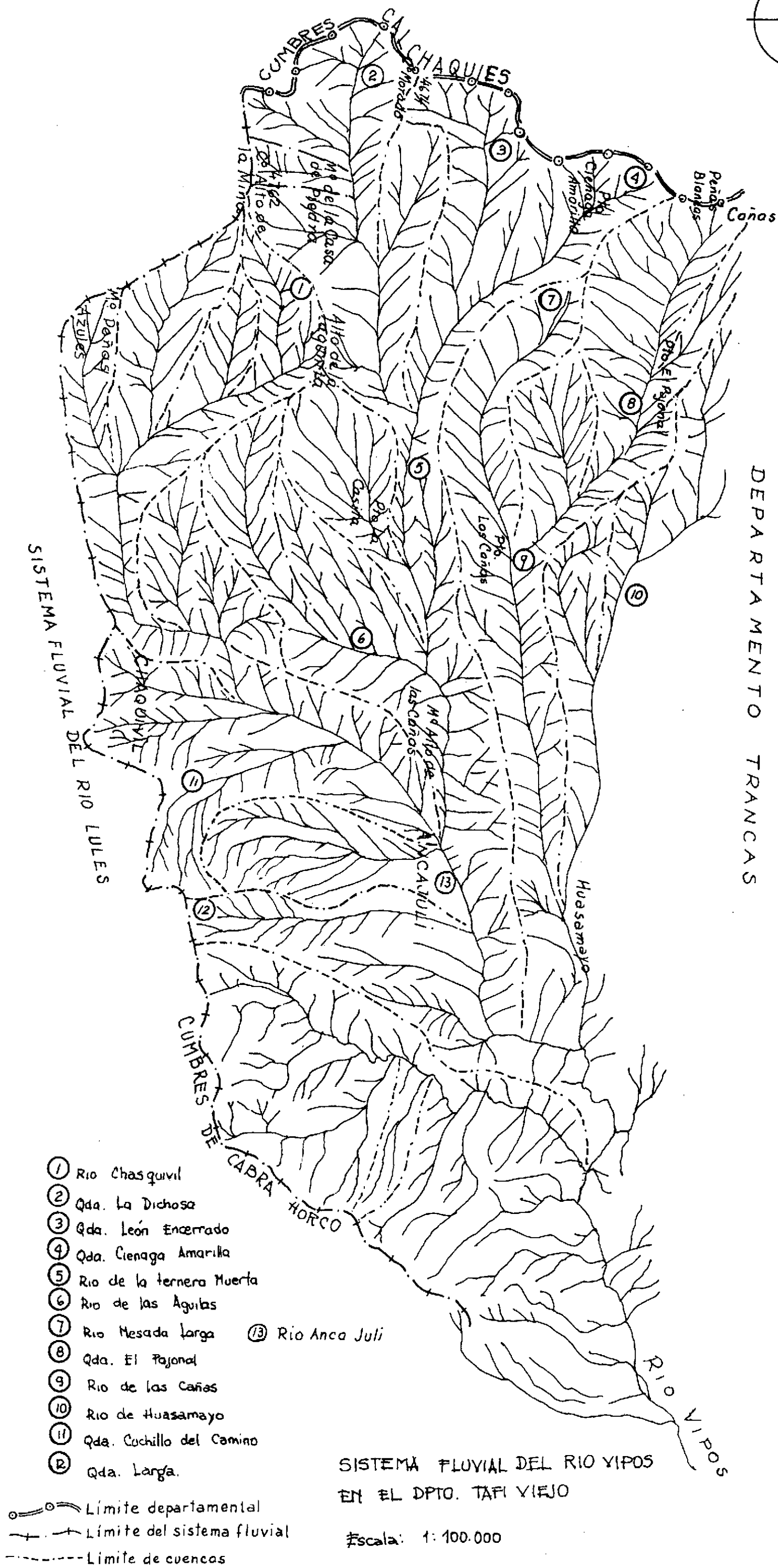
El río San Javier, colector de los derrames del valle de La Sala o de San Javier y el río que drena las Cumbres de Periquillo, también aportan al caudal del colector principal.-

### Sistema fluvial del Río Vipos. (lámina 12)

Cubre, aproximadamente, una cuarta parte de la superficie del Departamento.

Los ríos más importantes que lo integran son:

- a) Río Chaquivil: tiene una extensa cuenca de recepción que comprende las vertientes occidentales del Morro de Peñas Azules, Alto de la Mina y Morro de la Casa de Piedra; en alturas que oscilan entre 3.500 y 5.000 metros. Es el más importante de este sistema fluvial; tiene numerosos afluentes, como la Quebrada Cuchillo del Camino, de regular extensión.-
- b) Río de las Águilas: subparalelo al Chaquivil, aunque mucho más corto; nace en la vertiente sur del Alto de la Lagunita, de 3.563 metros de altura. Aproximadamente en una cuarta parte de su recorrido es controlado por una falla de rumbo submeridional, de gran rechazo vertical, cuyo plano de falla es conocido localmente como la "Pared quemada".-
- c) Río de la Ternera Muerta: cuya amplia cuenca de recepción se desarrolla en las estribaciones sur, este y norte del Cerro Morado, de 4.674 metros, donde nacen las quebradas La Dichosa, León Encerrado y Ciénaga Amarilla; ésta última al oeste del puesto homónimo. Confluyen al norte del Alto de la Lagunita y el colector único recibe desde allí el nombre de río de la Ternera Muerta. En un extenso tramo de su recorrido hacia el este, hasta Ancajuli, el cauce ocupa el plano de una extensa falla de rumbo este-oeste. En general el rumbo de este río es subparalelo al del río de Las Cañas, ubicado al norte.-
- d) Río Ancajuli: resulta de la confluencia de los ríos Chaquivil y de la Ternera Muerta. El único afluente importante es la Quebrada Larga. Luego de un trayecto relativamente corto con rumbo este, vira bruscamente hacia el norte para unirse al colector de Río de las Cañas y Huasamayo.-
- e) Río de las Cañas: su cauce constituye el límite norte del Departamento. Se inicia a menor altura que los precedentes, colectando las aguas de los ríos Mesada Larga y Pajonal que a la altura del Puesto Las Cañas confluyen para origi-



nar el río de las Cañas. En gran parte de su recorrido atraviesa terrenos sedimentarios, lo que le permitió erodar un valle de cierta anchura, en que se establecieron algunos pobladores. En Huasamayo se une al río de dicho nombre y aguas abajo recibe las aguas del río Ancajuli. En su recorrido hacia el este el colector recoge los derrames de la vertiente noroeste de Cumbres de Cabra Horco. Luego toma el nombre de Vapos con el que desagua en el río Salí, al este de Ticucho.-

### Tercer sistema fluvial o del Río Tapia (lámina 13)

Una serie de ríos relativamente cortos, que nacen en las vertientes orientales de las Cumbres de Raco y de Cabra Horco, a alturas cercanas a los 2.000 metros, descienden hacia el pie de monte siguiendo rumbos predominantemente este y este noreste, hasta volcar sus aguas en el río Tapia, que es el principal colector.-

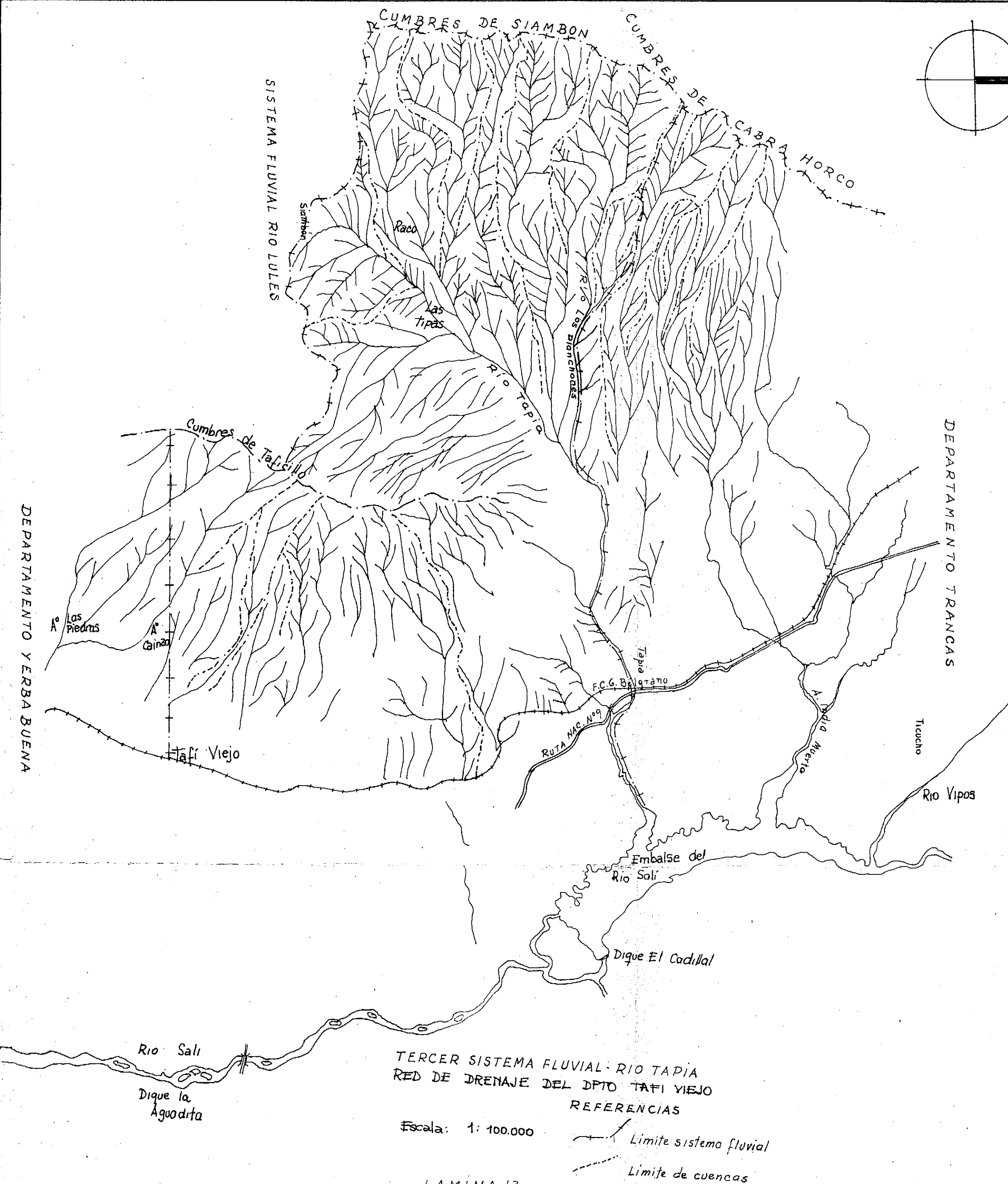
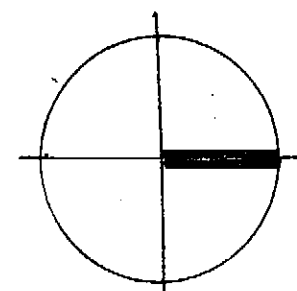
El río atraviesa Raco y Las Tipas, paralelamente a la ruta provincial n° 341; algo al norte de la culminación de las Cumbres de Taficillo se une al río de los Planchones, para luego atravesar la llanura hasta volcar sus aguas en el embalse de El Cadillal.-

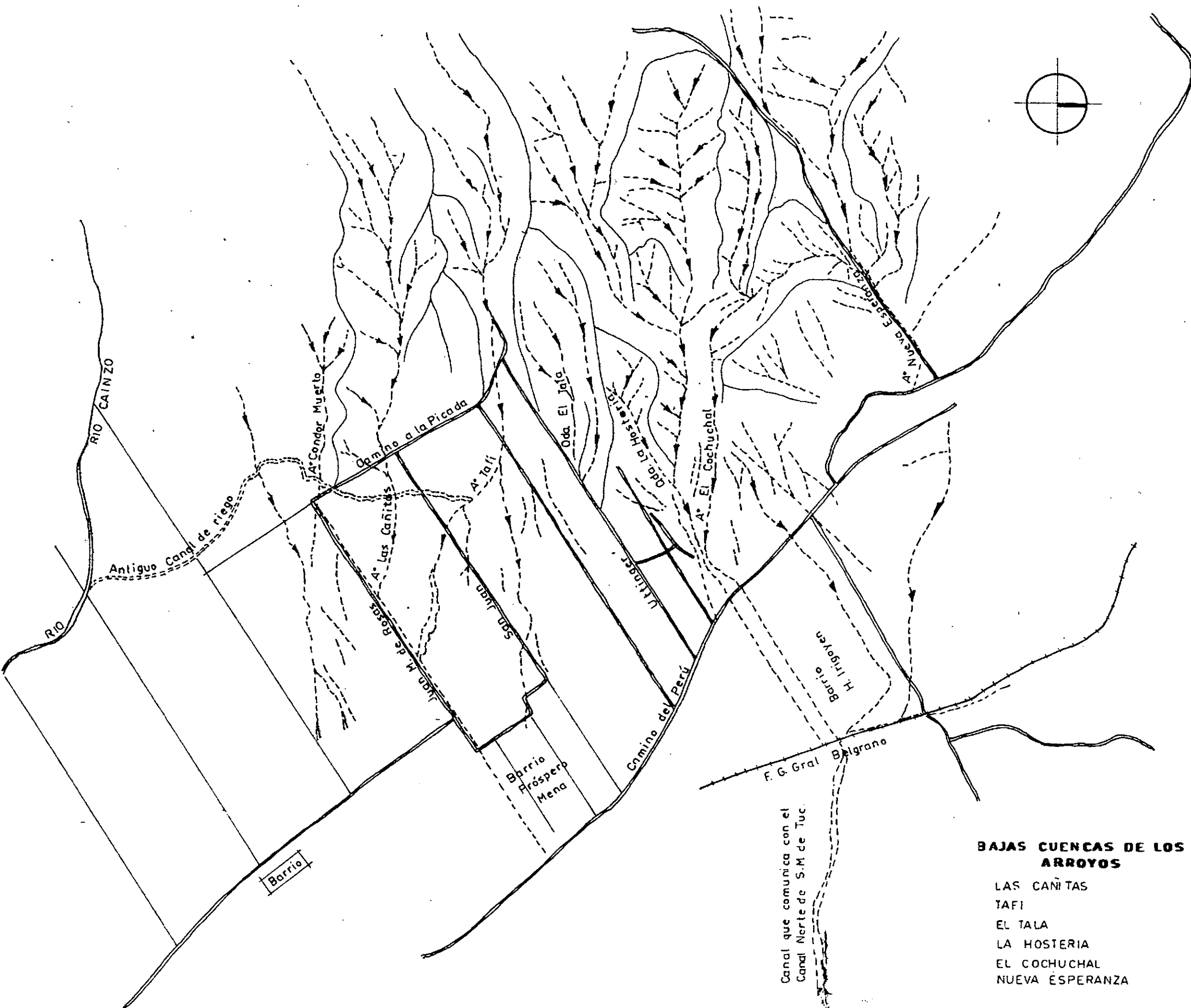
Numerosos arroyos de corto recorrido y escasa importancia descienden desde la vertiente norteña de Cumbres de Taficillo para confluir en el valle de Tapia con el colector.-

El subsistema compuesto por los torrentes que drenan la vertiente oriental de Cumbres de Taficillo también integra este sistema fluvial.- (lámina 13')

### Características geomórficas de la red de drenaje

a) La estructura de bloques de las Cumbres Calchaquies, típica de las Sierras Pampeanas, determina una morfología caracterizada por el perfil asimétrico de la montaña, con una vertiente abrupta y otra, la oriental, más tendida. Esto se refleja en la configuración de la red de drenaje.-





ESC. 1:25,000

LAMINA 13'

# **BAJAS CUENCAS DE LOS ARROYOS**

LAS CAÑITAS  
TAFI  
EL TALA  
LA HOSTERIA  
EL COCHUCHAL  
NUEVA ESPERANZA

En el radio Municipal de Tati Viejo.

- b) La estructura ha determinado el desarrollo de una red de drenaje consecuente, que en gran parte coincide con la pendiente regional. En conjunto las corrientes consecuentes tienen un diseño dendrítico, desarrollado sobre rocas cristalinas, que pasa a rectangular en las zonas donde los lineamientos estructurales modifican la dirección original. Por esta causa los ríos Chaquivil y de la Quebrada Larga se dirigen hacia el norte y el río de La Hoyada hacia el sur.-
- c) Los cerros de tipo "monadnock", como el Cabrahorco, han desarrollado un drenaje de tipo radial, que luego se hace rectangular.-
- d) Las cuencas de los ríos que atraviesan la vertiente serrana tienen divisorias de aguas que en las altas cuencas son suavemente redondeadas, con configuración de mesadas y en los sectores medios y bajos toman el aspecto de cuchillas agudas; especialmente en las cercanías de la selva basal.-
- e) El ciclo fluvial posterciario produjo la acumulación de niveles pedemontanos, en forma de terrazas fluviales, algunas de gran desarrollo, como la de Anca Juli.-

#### Cuantificación del recurso

Los ríos descriptos en el capítulo precedente son de régimen permanente.-

La cuenca hidrográfica del río Las Juntas (después Nogalito y Lules) abarca una superficie de unos 435 km<sup>2</sup>. Los afluentes más importantes son los ríos Liquimayo, San José y de La Ciénaga.-

Se puede estimar que el caudal de estos ríos es algo inferior al del río Lules, de 4.673 metros por segundo (caudal aforado durante el período 1949-1958). Los valores máximo y mínimo de este período son 94,56 y 0,80 m<sup>3</sup>/s., respectivamente.-

En el río La Ciénaga, próximo a Anfama, está la toma que alimenta el acueducto que va hasta la Ciudad Universitaria.-

El sistema hidrográfico del río Ancajuli, después Vipos, está formado por



los ríos Chaquivil, Ternera Muerta, Las Cañas y Huasamayo. La red de avenamiento abarca una superficie de 360 km<sup>2</sup>, aproximadamente. No hay datos de aforos en Ancajuli, pero se puede estimar el aporte hídrico de esta cuenca en algo menos de 1.200 l/s., que es el caudal del río Vipos, próximo a la toma de DIPOS. El río Huasamayo tiene un caudal de 400 l/s. y el de la Ternera Muerta 120 l/s.-

#### Calidad del recurso

Las aguas superficiales de esta zona son de buena calidad, aptas para el consumo y para riego. Esto se debe a la abundancia de las precipitaciones pluviales y a la composición de los suelos sobre los que escurren, formados, primordialmente, por rocas insolubles.-

#### Aguas subterráneas

Este recurso es explotado desde fines del siglo pasado en que se construyeron galerías filtrantes en las bajas cuencas de algunos torrentes de las Sierras de San Javier y Cumbres de Taficillo. Estas obras captan aguas freáticas, que circulan por el subálveo.-

El rendimiento de estas fuentes puede evaluarse en medio litro por segundo y por metro de galería, aproximadamente, variando desde 0,2 hasta 1.000 litro.-

DEPARTAMENTO TAFI VIEJO

PROYECTO

Obras de corrección de la cuenca del Arroyo El Tala (lámina 14)



La erosión que está eliminando lenta, pero continuamente, los fértiles horizontes superiores de los suelos, puede incrementarse como consecuencia de fenómenos climáticos particularmente severos, como la copiosa precipitación de principios de otoño del año 1985, o por la intensificación de la actividad humana en el área, que ya se está produciendo. La consecuencia sería el aumento del número y del desarrollo de las cárcavas; ensanchamiento y profundización los cauces de los torrentes, cuyas crecidas serían más frecuentes y severas, la decapitación total de los suelos agrícolas, la acumulación de aluviones en las fincas y sectores de la ciudad vecinos a la cuenca, entre otras contingencias.-

Las obras de corrección aconsejadas para esta cuenca son:

a.- Tramo superior (entre cotas 850-830, aproximadamente).

Con el fin de atenuar la erosión laminar de los terrenos de este sector se debe cultivarlos según curvas de nivel. Los terrenos bajos, en que se concentran las aguas pueden ser protegidos de la erosión con caballones de tierra, cubiertos de pasto, o con obras similares, dispuestos perpendicularmente al eje mayor de los cauces.-

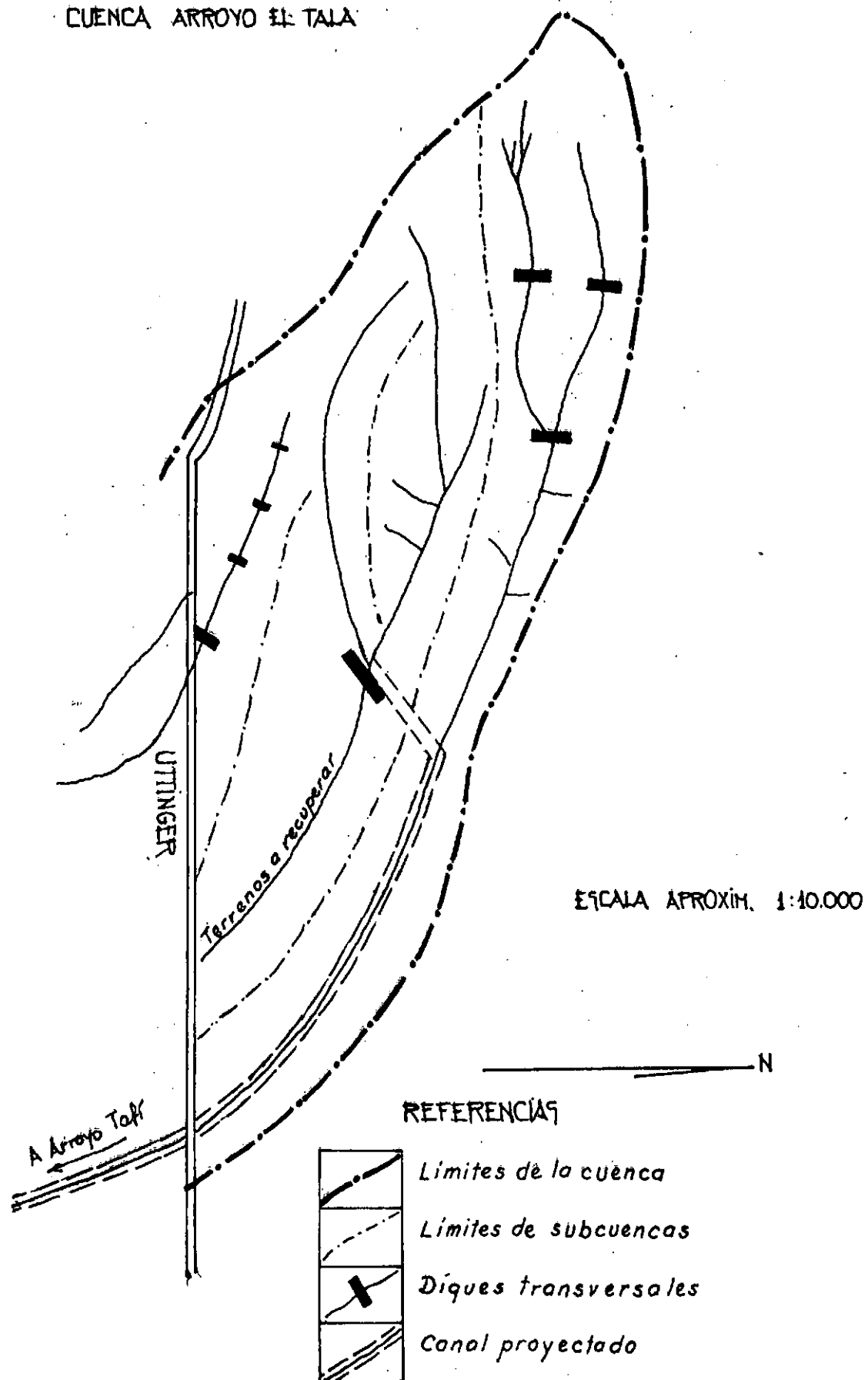
Tienen por fin disminuir la velocidad de desplazamiento de las aguas y, por consiguiente, su erosividad, provocando la depositación de los sólidos transportados.- (fig. 15)

b.- Tramo medio. Comprendido entre cotas 830-700, aproximadamente

Se debe reforestar las vertientes hasta las inmediaciones de los cauces, impidiendo el crecimiento de árboles en los mismos, pues estos obstaculizan el flujo y dan lugar a desbordes y endicamientos temporarios.-

En los sectores en que el monte está muy raleado debe plantarse especies ar-

PROYECTO DE SISTEMATIZACION  
CUENCA ARROYO EL TALA



bóreas autóctonas, rústicas, de fácil arraigo y de buen desarrollo radicular. En el caso de recurrirse a árboles foráneos hay que preferir aquellos de que se tengan información de buena adaptación a ambientes similares al que nos ocupa.-

Hay que restringir o impedir totalmente, cuando esto sea posible, el acceso de ganado, con el fin de preservar la vegetación en sus primeras etapas de desarrollo.-

Numerosas sendas que atraviesan el área, orientadas en el mismo sentido de la pendiente, están convirtiéndose en cárcavas. Aconsejamos reducir su número a lo indispensable y modificar su rumbo.-

En los cauces, sede de la erosión concentrada, todavía la situación puede revertirse sin grandes erogaciones. Las obras de corrección, perpendiculares al sentido de la corriente, tienen por fin promover el aterramiento del cauce, modificando la pendiente erosiva hasta conseguir la de compensación. Estimamos el valor de la misma en 7%.-

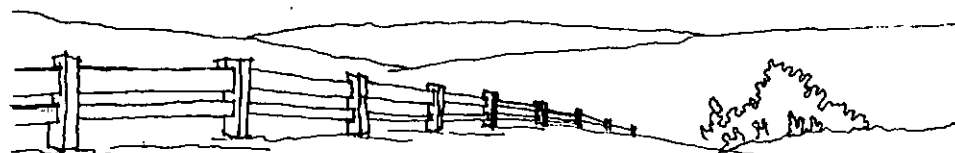
En los sectores de las márgenes que denoten inestabilidad, debe modificarse la pendiente del talud, que de vertical o subvertical debe llevarse a un valor de 2 : 1, por lo menos.-

Hay que proteger la base de estos taludes de la acción erosiva de las aguas, que las socavan, provocando el retroceso de las márgenes. Con este fin pueden emplearse rodados del tamaño de bloques, que se acumularán al pie de las vertientes (ver figura 16).-

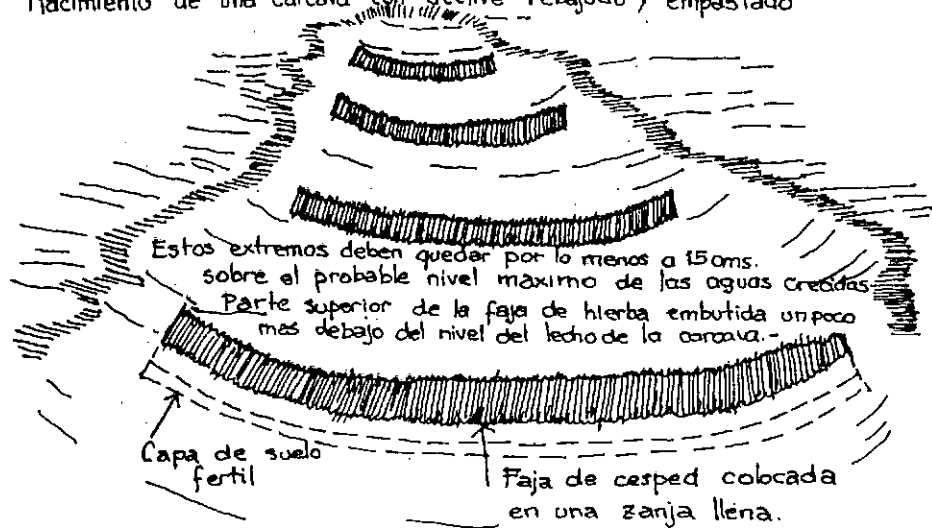
#### c.- Tramo inferior. Entre cotas 700-678, aproximadamente

En este sector de la cuenca los arroyos carecen en largos tramos de cauces definidos y, cuando estos existen, son muy someros.-

La obra de corrección que proponemos para este sector es la excavación de un canal que iniciándose en un punto de cota aproximada 720 m.s.n.m., capte las aguas de los arroyos central y norte y luego de un recorrido de 810 m en la cuenca y de



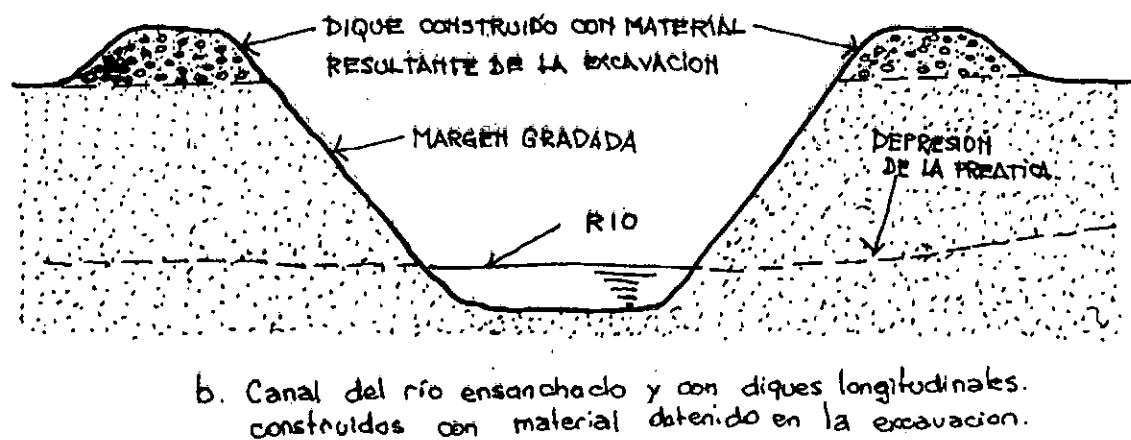
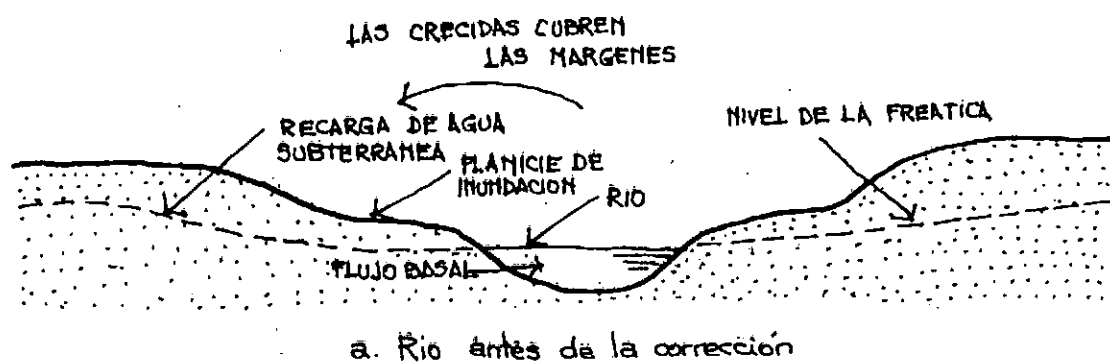
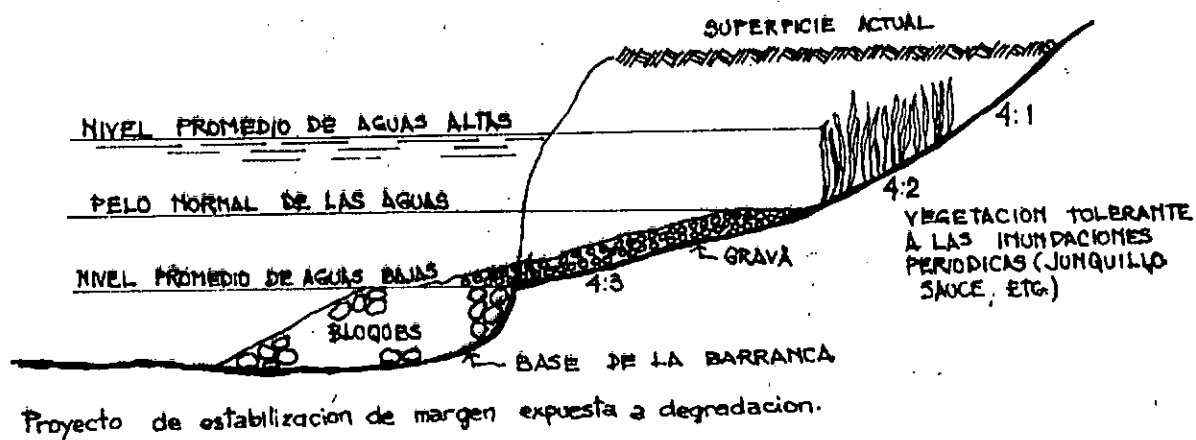
Nacimiento de una cárcava con declive rebajado y empastado



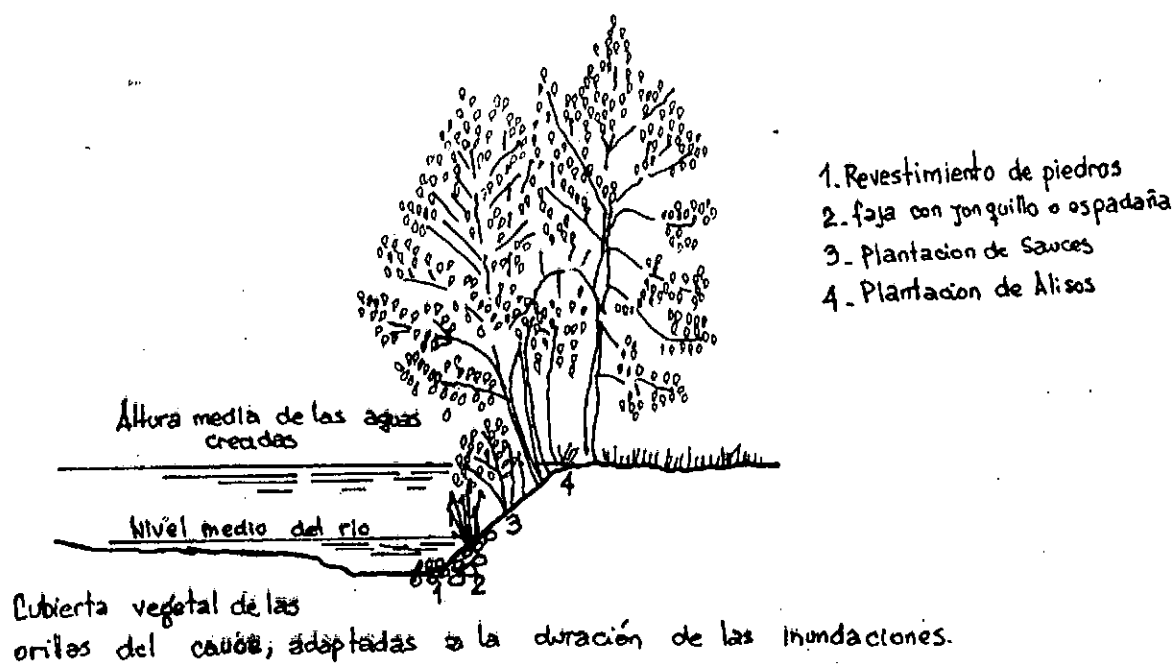
## LAMINA 15

Una serie de vallas de césped en una cárcava pequeña. Estas vallas no pueden usarse cuando las paredes son escarpadas.-

# FIGURA 16 OBRAS DE CORRECCION PROPUESTAS



IMPACTO DE LA MODIFICACION DEL CANAL DEL RIO SOBRE LAS CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS.



atravesar las fincas cítricas situadas al sur de la calle Uttinger desemboque en el Arroyo Taffí. Esta obra debe iniciarse aguas arribas de la cota 730, empalmendo con el canal del arroyo norte, y recibiendo por medio de un canal secundario, de aproximadamente 170 metros de longitud, los caudales de crecida del arroyo central.-

En el diseño de esta obra, cuyos principales rasgos se grafican en lámina n° se ha considerado los caudales máximos probables para un período de recurrencia de 10 años, estimados en valores que varían entre 4 y 6 metros cúbicos por segundo, de acuerdo al método de Rhule o método racional generalizado y confirmado por fórmulas que permiten deducir el caudal máximo por métodos empíricos.-

El ancho del canal proyectado es similar a la amplitud del canal de desagüe del arroyo en sectores donde no parecen haberse producido desbordes, o sea 5 metros en la base.-

## RESUMEN

### Obras proyectadas en los cauces de la cuenca de El Tala

Cauce	Longitud	Cota	Gradiente	Obras proyectadas
<u>Norte</u> Afluente norte	500 m.	830-762	13,6%	Dos diques de 2 metros de alto, Separación 250 metros.
Afluente sur	650 m.	848-762	13,2%	Dos diques de 2 metros de alto. Separación 322 metros.
<u>Central</u> Afluente norte	900 m.	795-722	8%	Un dique de 2 metros de alto, en cota 722m., aproximadamente
Afluente sur	700 m.	787-722	9,3%	Un dique de 2 metros de alto.
Colector	600 m.	722-695	6,17%	Un canal de rumbo nor-noreste lo reemplaza.
<u>Sur</u>	400 m.	755-728	6,75%	Algunos diques de poca altura, de piedras y troncos.

## Conclusiones

Las obras de corrección indicadas en este trabajo tiene por fin modificar la

actual situación de creciente deterioro. Si no se realiza la sistematización de la cuenca la erosión puede hacerse incontrolable, y el costo de los trabajos prohibitivo.-

Debe crearse conciencia en los agricultores de que el buen manejo de los recursos agua y suelo redunda en su beneficio y en el de la sociedad, pues los terrenos erodados pierden su aptitud agrícola.-



## CUENCA DEL RIO DE LAS PIEDRAS: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS

### INUNDACIONES Y EROSION HIDRICA

#### Introducción (lámina 17)

Este trabajo tiene por fin reconocer las características geomorfológicas - hidrológicas de la cuenca del título, ubicada en el falda oriental de la Sierra de San Javier, en el Departamento Tafí Viejo y proyectar su sistematización.-

Los terrenos de esta cuenca están siendo intensamente erodados por las aguas de origen pluvial que se concentran en ella y que al descender al pie de monte han causado severos deterioros al canal revestido Cainzo - Las Piedras.-

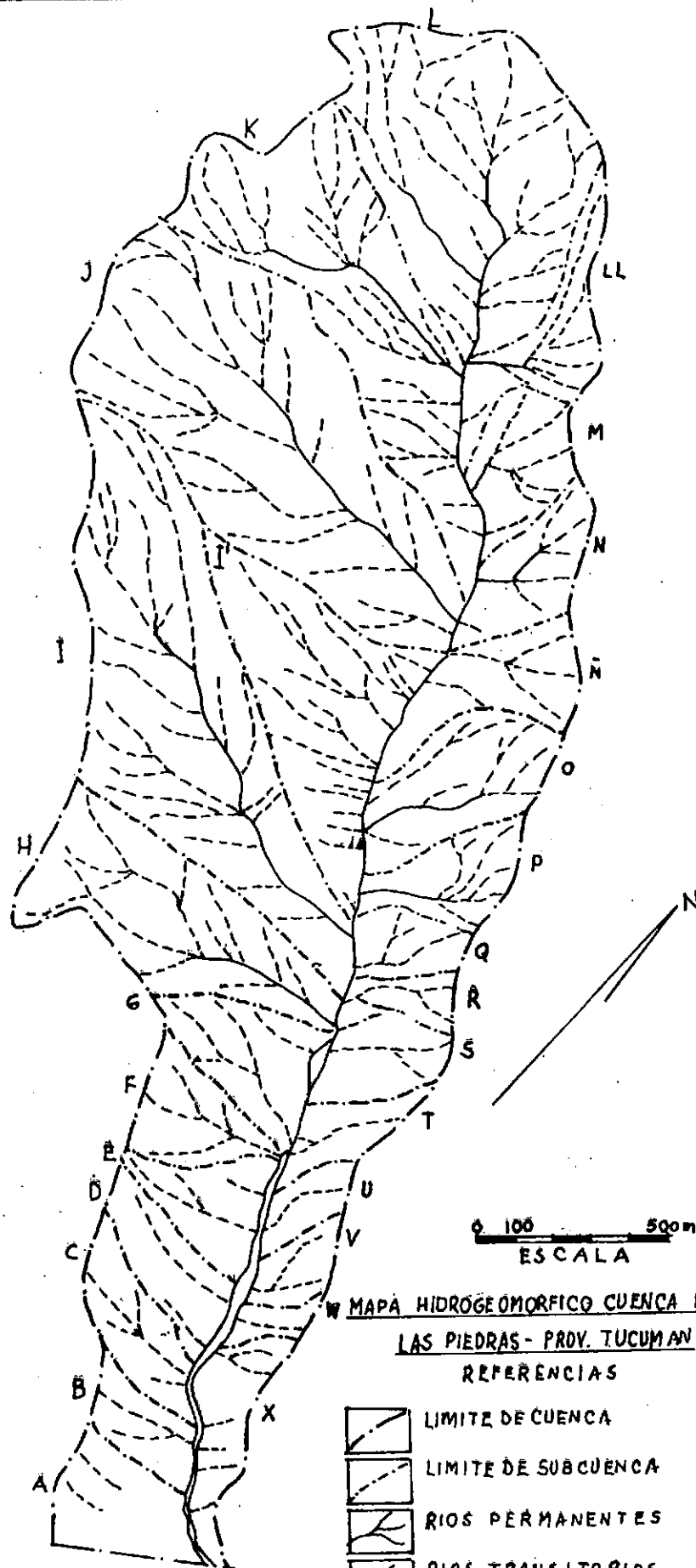
Clima: De acuerdo al sistema de clasificación climática de Koppen, la zona serrana en que se encuentra la cuenca tiene un clima templado, moderado, lluvioso, con lluvias periódicas e inviernos secos, no rigurosos, (de pradera). Las lluvias del mes de mayores precipitaciones del verano son diez veces o más superiores a las del mes más seco.-

La temperatura es caliente, con media mensual superior a 18° C. y la media del mes más frío inferior a 18°C. La temperatura del mes más cálido supera los 22°C.-

La distribución de las lluvias durante el año es muy desigual; en el semestre húmedo, de noviembre a abril, las precipitaciones superan el 80% del total, lo que caracteriza a los climas monzónicos.-

Existe registros de lluvias en Anta Muerta y en Horco Molle, con promedios anuales de 1.429,9 mm. y 1.083,0 mm., respectivamente. Consideramos que valores similares deben registrarse en la cuenca alta y baja del Río de las Piedras, donde no existen estaciones meteorológicas.-

Vegetación: Las condiciones climáticas y edafológicas han posibilitado el desarrollo de una frondosa vegetación en gran parte de las vertientes serranas y del lecho de inundación del torrente, extendiéndose en muchos sectores al lecho ordinario.



Los únicos lugares desprovistos de vegetación son el canal de estiaje y algunas vertientes muy empinadas.-

Bosquejo geológico: El basamento cristalino de la sierra está formado por rocas metamórficas de bajo grado (pizarras y filitas), integrantes de la formación Medina (Bossi, 1969). Sobre este núcleo se apoyan en forma discordante distintos tipos de rocas sedimentarias, de edad cretácica a cuartaria.-

Potentes depósitos de sedimentos cuartarios cubren en gran parte de la quebrada a las rocas más antiguas. En ellos hacemos una distinción entre aluviones del cauce y suelo y detritos que tapizan las vertientes.-

La erosión de las aguas del río ha excavado el valle, formando barrancas de variada altura.-

La acumulación de aluviones en el cauce se incrementa desde la cota 800, aproximadamente, hacia abajo. En dicho punto se produce un brusco quiebre de la pendiente longitudinal.-

En el pie de monte existe un amplio cono de deyección, que se extiende a la llanura, coalesciendo con acumulaciones similares originadas en las quebradas vecinas.-

Suelos: Las vertientes de la quebrada están cubiertas por un suelo inmaduro, limo-arenoso, que alcanza mayor potencia en el flanco sur, en que es escaso el valor de la pendiente.-

A muy pocos centímetros por debajo de la superficie se encuentran bloques angulosos, muy alterados, de rocas del basamento.-

Estructura: En líneas generales la Sierra de San Javier está formada por un anticlinal asimétrico, fallado en su flanco oriental.-

Los acontecimientos tectónicos que se sucedieron en la zona plegaron y fracturaron repetidas veces al basamento cristalino; las sedimentitas se adaptaron pasivamente a dichas deformaciones.-

Geomorfología: El cauce del Río de las Piedras se ha desarrollado en el plano de una falla de rumbo noroeste - sudeste, por lo que la tectónica del área controla su rumbo.-

El área de la cuenca es de  $9.733.000 \text{ m}^2$ ; la longitud del colector es de 6.600 m. y la sumatoria de los tributarios arroja un valor de 43.348 m. La densidad de drenaje, que cuantifica el grado de desarrollo de la cuenca, es de 4,45  $\text{km}/\text{km}^2$ .-

El estudio de la quebrada consideró el tramo comprendido entre la cuenca de recepción y la galería filtrante y obras de toma en cota 700.-

El gradiente de este tramo es de 17,12%. En los diferentes sectores del cauce se midió las siguientes pendientes:

- a) cuenca de recepción: entre cotas 1.700 y 1.200, pendiente de 38%.
- b) Tramo superior del canal de desagüe: entre cotas 1.200 y 1.000, donde una importante falla, de rumbo oblicuo a la dirección del cauce, atraviesa la cuenca. Gradiente 15%.
- c) Tramo medio e inferior del canal de desagüe: entre cotas 1.000 y 800, donde hay una discontinuidad de la pendiente longitudinal. Gradiente 10%.
- d) Zona de agradación dentro de la quebrada: entre cotas 800 y 700 m. Valor de la pendiente 5,5%.

El gradiente promedio de las 13 subcuencas de la vertiente sur es de 32,8%; el de las 14 subcuencas que constituyen la vertiente norte es de 38,6%. Estos valores cuantifican la asimetría del perfil transversal de la quebrada.-

El río corre recostado sobre la margen norte. En un punto situado 650 metros aguas arriba de la picada de DIPÓS, el río describe un ángulo cerrado, desviándose hacia el norte, abandonando el plano de falla que lo controlaba y siguiendo la pendiente regional hasta que, luego de 650 metros de recorrido, confluye con el río Cainzo.-

El cauce único que resulta de la unión de los dos ríos fué canalizado hace pocos años, teniendo ya destruídos extensos tramos de su revestimiento y habiendo perdido una gran parte de su capacidad de transporte por el grueso depósito de aluviones que se ha producido en el mismo.-

Red de drenaje: La actividad espasmódica del Río de las Piedras posibilita calificarlo de torrente, de acuerdo a la definición dada por Derruau (1970), "los torrentes son corrientes de agua con régimen ocasional, pendiente fuerte y que trabajan en materiales fáciles de excavar".-

La red de drenaje está compuesta por el colector y un gran número de afluentes, de variada importancia. En alguno de estos se están produciendo procesos de retroceso de las cabeceras, que pueden causar la captura de cursos de agua vecinos.-

El diseño de drenaje predominante es paralelo y en general los arroyos son consecuentes.-

El canal de desagüe tiene numerosos resaltos en forma de umbrales; su altura varía entre 0,40 m a 2,50 m, aunque en la alta cuenca hay mayores discontinuidades, resultado de la actividad tectónica.-

La granulometría de los aluviones varía desde bloques hasta arena, con neto predominio de gravas y gravillas. Son numerosos los bloques, algunos de los cuales superan 1,50 m. de diámetro.-

Como consecuencia de la elevada permeabilidad de los aluviones la mayor parte del escurrimiento es subterráneo o hipodérmico.-

A la altura de la cámara filtrante el lecho ordinario tiene 19 metros de ancho; en la margen sur lo delimitan barrancas de 4 metros de altura, aproximadamente. El canal de estiaje tiene 3,70 m. de ancho.-

El gradiente de la mayoría de los torrentes afluentes es elevado. El agua de estos cursos secundarios se insume en los aluviones antes de la confluencia con

el colector, algunos han desarrollado playas de esparcimiento de aluviones al llegar al nivel de base, que es el colector.-

Abundan los taludes de escombros apoyados contra las barrancas, como también los sectores zapados por las aguas, que provocan el ensanche del cauce.-

Desde la cota 800, aproximadamente, el flujo superficial se realiza por canales anastomosados. Este diseño de drenaje corresponde a ríos con una gran carga sólida.-

En numerosos sectores del río se ha observado el afloramiento de aguas freáticas, desde las barrancas. Este proceso permite calificar al río de efluente.-

#### Clasificación cualitativa de la cuenca del Río Las Piedras

En este párrafo consideraremos algunos factores definidos en el "Ensayo de clasificación de cuencas torrenciales" del ingeniero F. López Cadenas de Llano.-

##### 1.- Factor litológico y edáfico

La estructura litológica influye directamente sobre el caudal líquido y sólido y, por lo tanto, en la degradación de la cuenca.-

En el área en estudio diferenciamos tres tipos de terrenos:

a) Un extenso afloramiento de metamorfitas de bajo grado, el Basamento Cristalino.

Son las rocas que más abundan en la cuenca.-

b) Un corto afloramiento de sedimentitas cretácicas.-

c) Extensos depósitos de sedimentos cuaternarios.-

El factor edáfico, llamado "grado de erosión" de Middleton, proporciona una idea aproximada de la erosibilidad de las capas superiores del suelo. Su aplicación a los suelos de la cuenca hace calificarles de erosionables.-

##### 2.- Factor climático

Cálculo del índice de degradación: Se obtiene de la relación; máxima precipitación media mensual / precipitación media anual.-

Con los valores obtenidos se entra al gráfico de Fournier, que correlaciona

la degradación específica con el coeficiente resultante de dicha razón.-

Los resultados obtenidos son:

- a) Alta cuenca: Fuerte erosión con pérdida de suelos de  $2.536 \text{ m}^3$  por  $\text{km}^2$  y por año calendario.-
- b) Baja cuenca: Erosión débil, del orden de  $371 \text{ m}^3$  por  $\text{km}^2$  por año.-

### 3.- Factor topográfico

La intensidad de los procesos erosivos que actúan en la cuenca depende, en mayor o menor grado, de la pendiente de los terrenos.-

Considerando el gradiente, la cuenca fué dividida en cuatro sectores, que son:

- 1.- Cuenca de recepción: gradiente medio 38%; muy fuerte.
- 2.- Canal de desagüe  
tramo superior: gradiente medio 15%; accidentado.
- 3.- Canal de desagüe  
tramo medio: gradiente medio 10%; mediano.
- 4.- Canal de desagüe  
tramo inferior: gradiente medio 5,5%; suave.

### 4.- Factor de protección hidrológica (lámina 17' y 17'')

Considera la protección que la vegetación realiza de las vertientes.-

La vegetación arbórea de la cuenca puede agruparse en las tres categorías siguientes:

- a.- Bosques densos: sin erosión del suelo o con erosión incipiente. Ubicados en sectores altos de las vertientes. Índice de protección hidrológica 1,0.-
- b.- Bosques claros: con substrato herbáceo denso. Es el tipo más desarrollado en la zona. Índice de protección 0,8 - 0,9.-
- c.- Bosques claros, con substrato herbáceo degradado y erosión importante. Predomina en los niveles inferiores de las vertientes y en lecho de inundación. Índice de protección 0,4 - 0,6.-
- d.- Terrenos totalmente erosionados y desnudos. Se encuentran en algunos sectores altos de las vertientes y de la divisoria de aguas con el río Cainzo. Índice

# ESQUEMA TIPOLOGICO DE LOS REVESTIMIENTOS

Paredes rocosas

- 3/1 Anclajes en la cumbre para roca compacta
- 3/2 Anclaje tipo para pared hendida.
- 3/3 Anclaje para roca compacta.

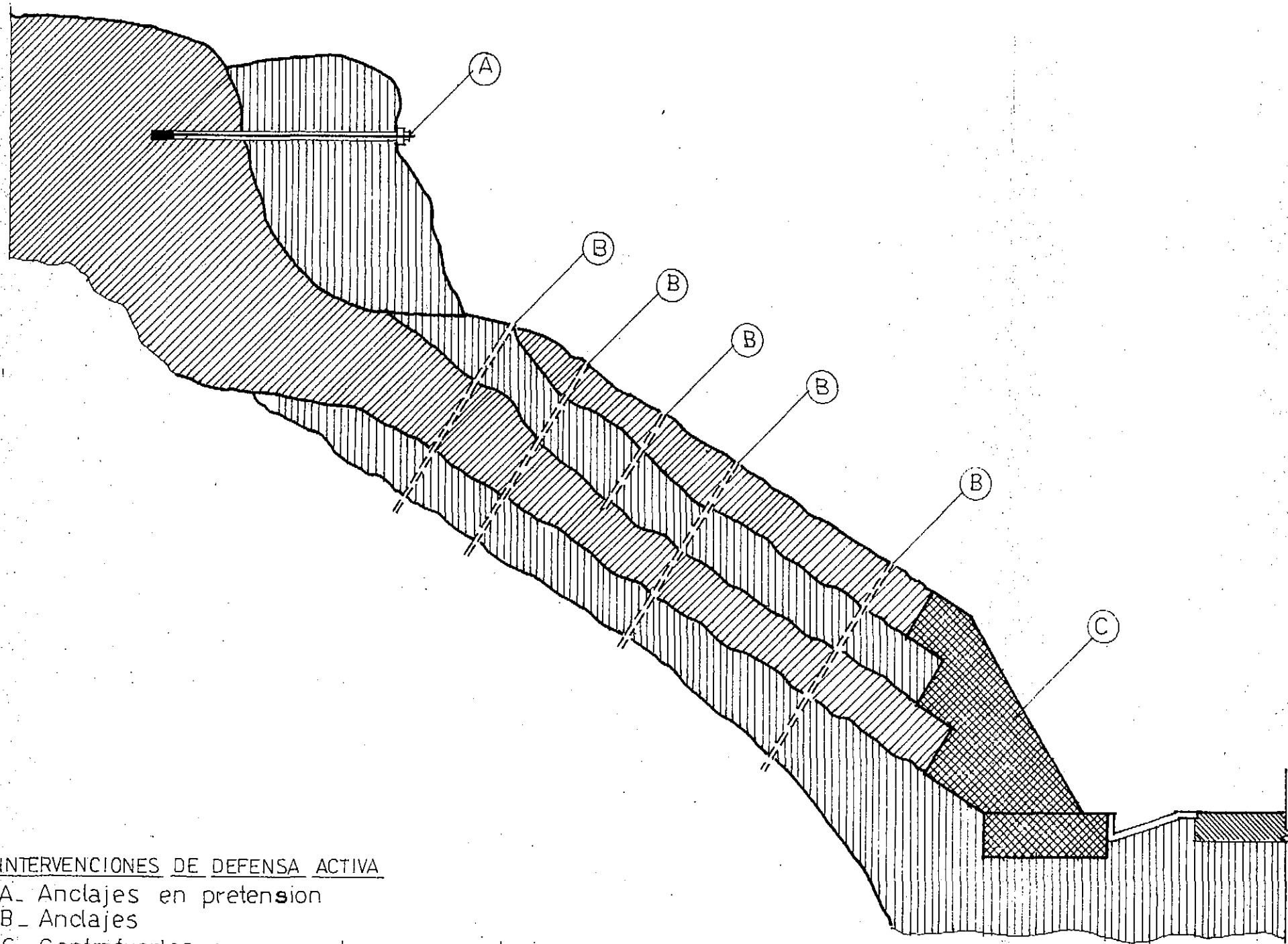
TERRENOS SUELTOS

A- Anclaje con jalones

*Sistemas empleados para consolidar vertientes de elevado gradiente*



ESTABILIZACION DE VERTIENTES INESTABLES EMPLEANDO MEDIDAS  
DE INDOLE ESTRUCTURAL

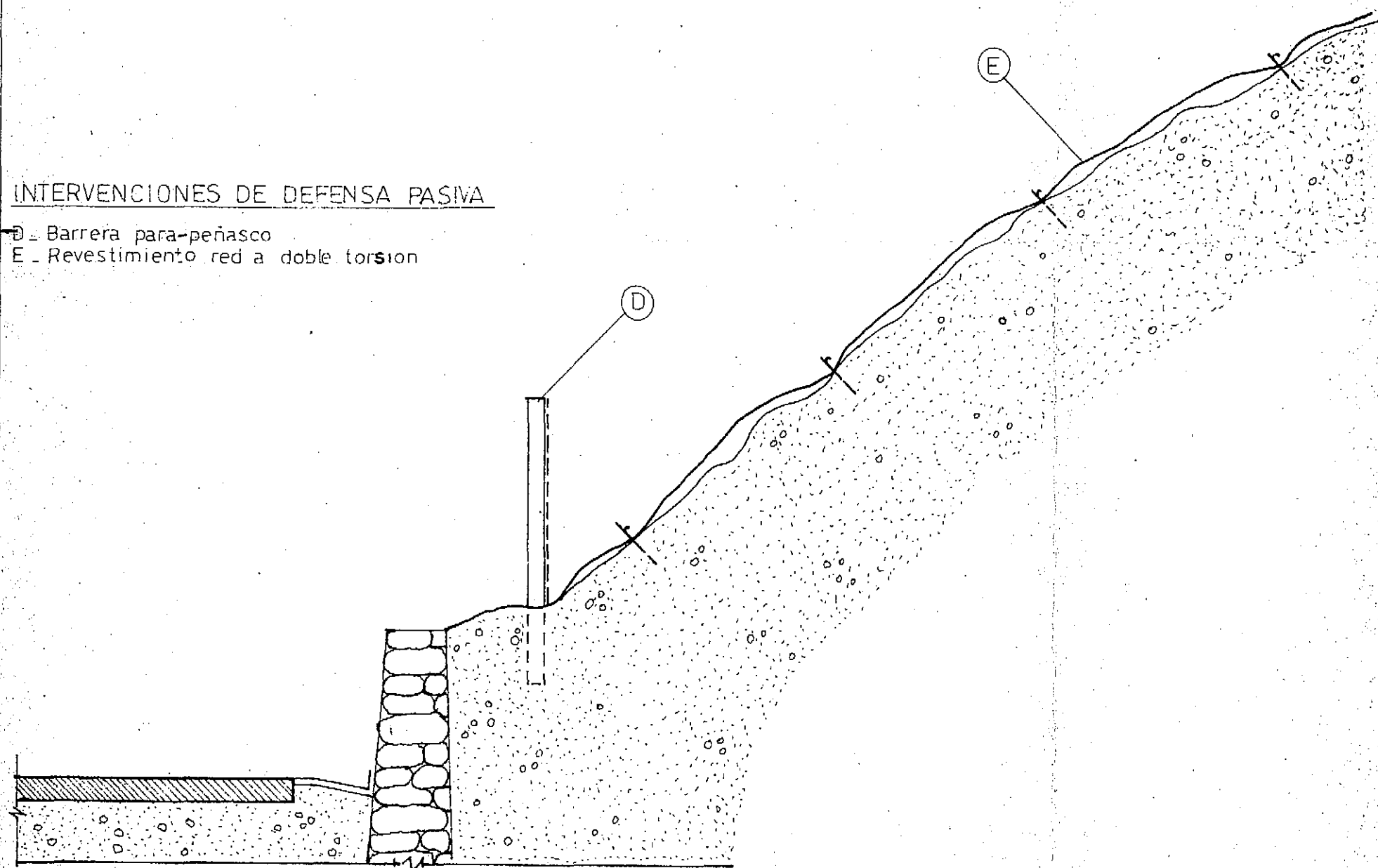


INTERVENCIONES DE DEFENSA ACTIVA

- A. Anclajes en pretension
- B. Anclajes
- C. Contrafuertes en concreto o mamposteria.

INTERVENCIONES DE DEFENSA PASIVA

- D. Barrera para-peñasco
- E. Revestimiento red a doble torsion



de protección hidrológica 0,0.-

e.- Tierras cultivadas. En la baja cuenca y en el pie de monte hay huertos cítricos abandonados, con abundancia de vegetación arbustiva y herbácea, que tiende a ahogar los cítricos. El índice de protección que brinda a los suelos es de 0,8 - 0,9.-

Características físicas de la cuenca hidrográfica: Bajo este título se analizan una serie de parámetros que influyen en múltiples procesos.-

1.- Número de orden de los ríos: Expresa el grado de ramificación y de desarrollo del río. En general, cuando mayor es la longitud del colector mayores serán las bifurcaciones de la red.-

El río colector de la cuenca estudiada es de orden cuatro, lo que indica que el sistema se encuentra en un grado no muy avanzado de desarrollo.-

2.- Forma de la cuenca: Regula la concentración de las aguas. A igualdad de otros factores, una cuenca alargada, de forma aproximadamente rectangular, con un colector mucho más largo que los tributarios, estará sujeto a crecientes menores que una cuenca triangular, donde los afluentes tengan una longitud similar y un sincronismo en la llegada de las aguas a la desembocadura.-

La conformación de la cuenca estudiada semeja un rectángulo irregular, con la vertiente sur mucho más amplia que el flanco norte.-

3.- Densidad de drenaje: Este índice cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico, su valor resulta de la relación entre la longitud total de los cursos de agua y el área de la cuenca.-

El valor obtenido, de 4,45 km/km<sup>2</sup> es muy alto, indicando que gran longitud de cauces por unidad de área.-

4.- Relieve: El relieve de la cuenca es de primordial importancia para conocer el comportamiento del agua que cae en ella, ya que el tiempo de concentración del agua y la escorrentía son función del valor de las pendientes, dado que la veloci-

dad del agua con el valor de la raíz cuadrada del gradiente.-

5.- Características hidrológicas de la cuenca: Para poder definir las características hidrológicas de una cuenca se requiere un prolongado tiempo de estudio, con observaciones en distintas épocas del año. El trabajo de campo correspondiente a este trabajo se realizó en época de estiaje; en consecuencia los resultados obtenidos sólo permiten estimar el potencial hidrológico de la cuenca y su torrencial estival.-

Alimentación de la cuenca: La mitad superior recibe un promedio de 1.429,9 mms. anuales de precipitación pluvial por unidad de superficie, en tanto que en el mismo período, en la mitad inferior se registra un total de 1.088 mm. Estos valores multiplicados por las respectivas áreas arrojan un volumen de 12.222.027,85 metros cúbicos de agua que ingresa a la cuenca. De este total solo el 10 - 15% escurre por los cauces hasta la desembocadura de la quebrada; el resto abandona la cuenca en forma de evapotranspiración, es corriente subterránea y procesos conexos. En consecuencia, el caudal que se podría captar del río en años de precipitaciones normales se estima en 1.222.020,70 - 1.833.304,12 metros cúbicos, aproximadamente.-

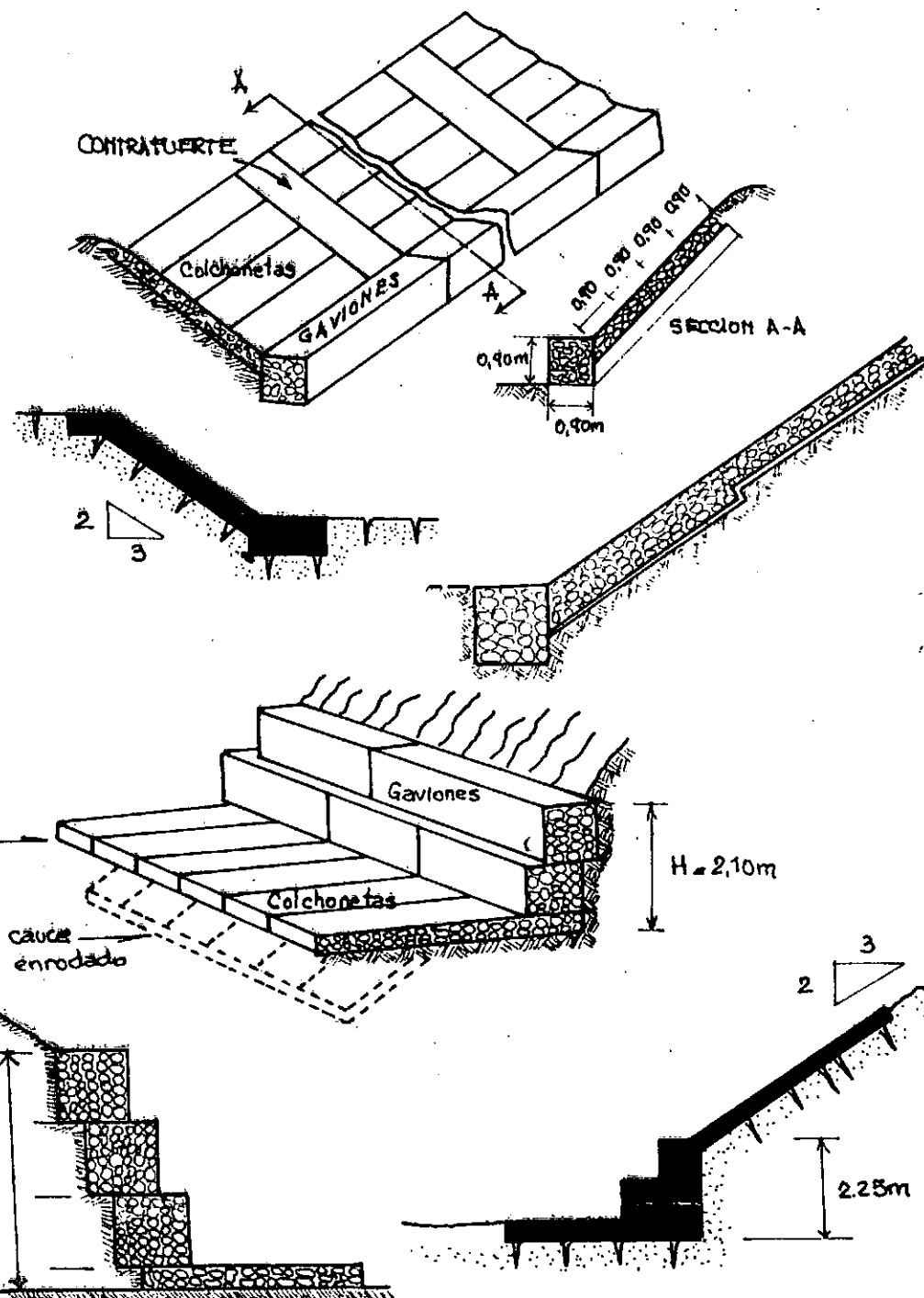
Es importante destacar que el 84% de las precipitaciones anuales se producen en el período Noviembre-Abril, causando crecidas de los ríos de la zona con la consiguiente acumulación de aluviones que dejan fuera de servicio las obras de captación por períodos de tiempo prolongados.-

Calidad del agua: Muestras de agua del río fueron analizadas en un laboratorio especializado. El informe se encuentra en el anexo correspondiente. Las conclusiones obtenidas son que se trata de agua de buena calidad, muy blanda, pero también muy alcalina; con pH = 8,66, por un alto tenor de bicarbonatos.-

Características de la llanura aluvial de pie de monte: Se reconoció esta zona por ser posible asentamiento de las obras de conducción que transportarían las aguas desde la toma hasta la cisterna de las Lomas de Imbaud.-

Los terrenos de la llanura son, predominantemente, de origen aluvial. El ta-

# TIPOS DE DEFENSAS FORMADAS POR GAVIONES Y COLCHONETAS

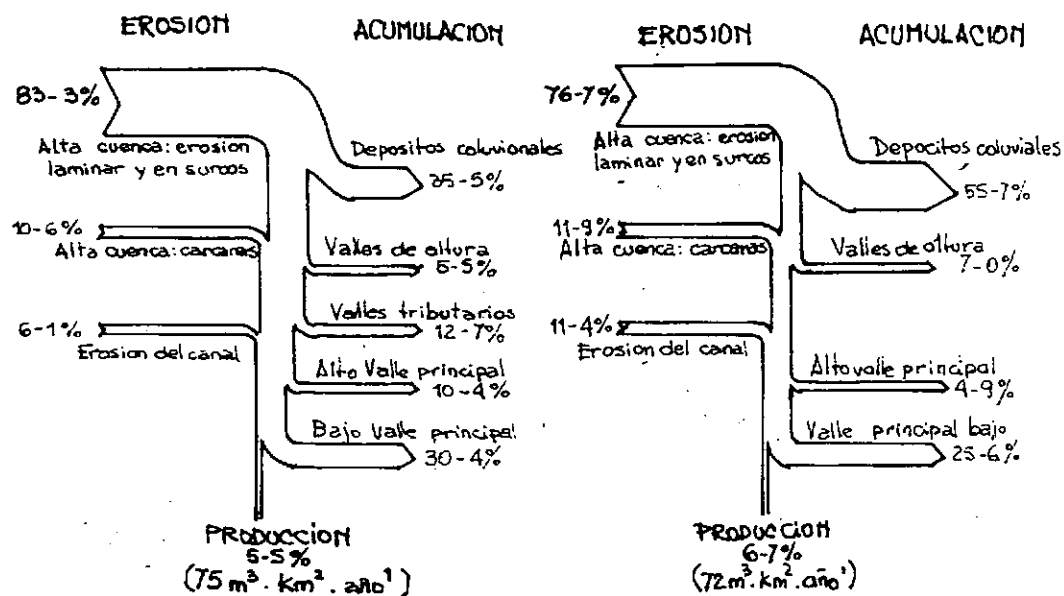


LAMINA 17"

# ARROYO COON WISCONSIN, USA

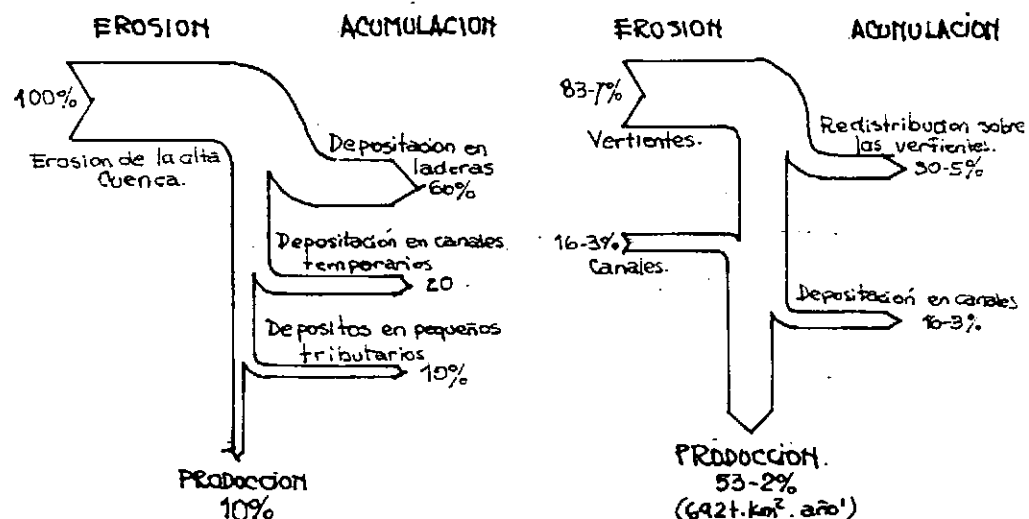
1853 - 1938

1938 - 1975



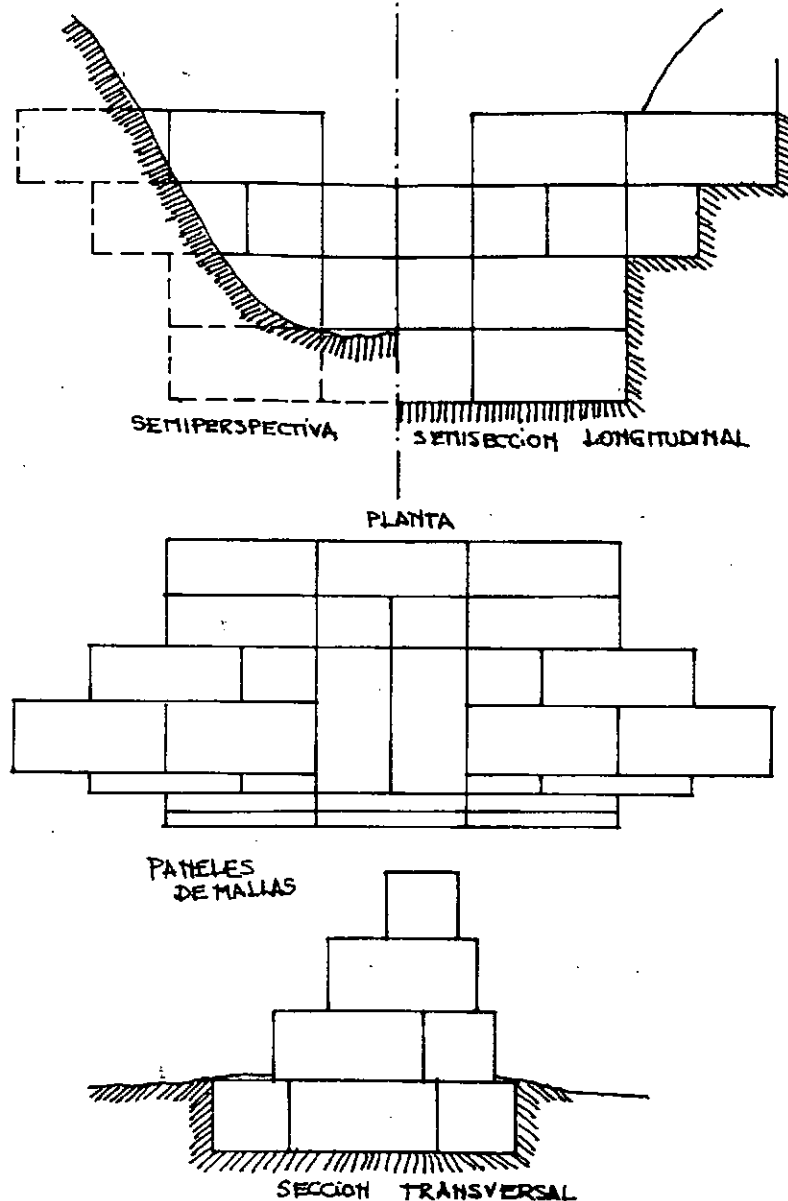
CUENCA DEL RIO OKA, Central EUROPA . U.R.S.S.

ARROYO LONE TREE California, USA 1971- 1974



Evaluación tentativa de la producción de sedimentos en el Arroyo Coon Wisconsin (360 km²) en los periodos 1853-1938 y 1938-1975 . Arroyo Lone tree, California (474 km²) y el Rio OKA U.R.S.S (basados en datos del Trimble (1981), Lebre 1982 y Zavilavsky (1979))

## DIQUES DE GAVIONES



LAMINA 17'''

maño de los componentes varía desde bloques y grava en la inmediata vecindad de la sierra, hasta arenas gruesas con intercalación de gravas y bloques de tamaño mediano y, en forma subordinada, limos, en las cercanías de las Lomas.-

Existen también en el área conos de deyección, alguno de los cuales coalescen, formando una amplia planicie aluvial de gran permeabilidad.-

Los niveles superficiales están formados por suelos limo-arenosos que contienen en forma dispersa bloques de basamento, de distintos tamaños.-

El substrato está formado por sedimentitas terciarias, componentes de la Formación Río Salí.-

La pendiente de los terrenos situados entre la cámara n° 10 y el pie de la loma de Imbaud es uniforme, con variaciones de escasa importancia en el cauce del Arroyo Anta Yacu. El gradiente, hacia el sur, es de 8,4%. La distancia entre los puntos extremos es de 3.800 metros.-(lámina 17''' y 17!''')

## DEPARTAMENTO TAFI VIEJO

### PROYECTO

#### Sistematización de la cuenca. Río Las Piedras

##### Introducción.

El río de Las Piedras es un torrente muy activo, que está degradando con mucha intensidad su cuenca. Tan erosivos como el colector son sus extensos y empinados afluentes. La evidencia de esta actividad es el estado en que se encuentra el canal Cainzo-Las Piedras, previo a cuya construcción tendrían que haber sido sistematizados ambos ríos. También los daños a las obras de captación ponen de manifiesto la intensidad del proceso erosivo.-

Medidas de índole biológica: Reconstruir la cubierta vegetal. Forestar, especialmente, los sectores erosionados y desnudos de la divisoria de aguas con el río Cainzo.-

Medidas de índole estructural: Modificar la pendiente erosiva, natural, del cauce, hasta obtener la pendiente de compensación, por medio de una serie de diques de baja altura, perpendiculares a la dirección de flujo de las aguas. Conviene emplear numerosos diques bajos y no pocos altos, porque en caso de rotura de uno de ellos es menor el deterioro que se produce en el cauce, al ser menor la distancia entre dos de esas obras.-

La pendiente de compensación que se desea alcanzar es del 7%.-

Construyendo diques de dos metros de altura, la distancia, que debe existir entre ellos es la siguiente:

Colector: Entre cotas 1700 y 1200 m.s.n.m. Gradiente 38%

Veinte diques de dos metros de alto, distanciados 65 metros.-

Entre cotas 1200 a 1000. Gradiente 15%.

Seis diques de dos metros, distanciados 217 metros.-

Entre cotas 1000 y 800 metros. Gradiente 10%.

Tres diques de dos metros, distanciados 667 metros.-

Entre cotas 800 y 700 metros. Gradiente 5,5%.

Construir un solo dique de 1,50 m. de alto a corta distancia aguas arriba de la toma y galería filtrante Las Piedras, en cota 738,3 metros. Tiene por fin preservar esta obra de los aluviones del río.-

#### Afluentes:

Subcuenca	A.	4	diques	de	2	m.	Distancia	130	m.
"	B.	6	"	"	"	"	"	69	m.
"	C.	8	"	"	"	"	"	75	m.
"	D.	10	"	"	"	"	"	65	m.
"	E.	6	"	"	"	"	"	69	m.
"	F.	10	"	"	"	"	"	66	m.
"	G.	10	"	"	"	"	"	90	m.
"	H.	13	"	"	"	"	"	112	m.
"	I.	24	"	"	"	"	"	106	m.
"	I.	17	"	"	"	"	"	64,50	m.
"	J.	20	"	"	"	"	"	99	m.
"	K.	26	"	"	"	"	"	48	m.
"	L.	20	"	"	"	"	"	65	m.
"	LL.	19	"	"	"	"	"	58	m.
"	M.	14	"	"	"	"	"	36	m.
"	N.	10	"	"	"	"	"	62	m.
"	N.	10	"	"	"	"	"	52	m.
"	O.	10	"	"	"	"	"	87	m.
"	P.	14	"	"	"	"	"	53,50	m.
"	Q.	6	"	"	"	"	"	95	m.
"	R.	6	"	"	"	"	"	83	m.
"	S.	6	"	"	"	"	"	83	m.
"	T.	8	"	"	"	"	"	85	m.
"	U.	4	"	"	"	"	"	92,50	m.
"	V.	4	"	"	"	"	"	75	m.
"	W.	7	"	"	"	"	"	31,40	m.
"	X.	4	"	"	"	"	"	62,50	m.

Observaciones: Estos diques deben estar profundamente amurados en las márgenes del río, de otra manera las aguas socavarán las barrancas y dejarán a la obra aislada e inútil en medio del cauce.-

#### Conclusiones

1.- La forma de la cuenca, originalmente rectangular, fué modificada por la tectónica, que causó empujes hacia el noroeste y también perpendicularmente a esta



- dirección. Como consecuencia de ésto se produjeron estrangulaciones, principalmente en la vertiente sur.-
- 2.- El gradiente del lecho del colector es de 17,12%, en la categoría de pendiente accidentada. Su perfil longitudinal es levemente cóncavo; los perfiles transversales son asimétricos, con la vertiente sur suave y la ladera norte empinada.-
  - 3.- El régimen hidráulico del río corresponde a los torrentes de montaña.-
  - 4.- Desde la cota 800 m. hacia abajo se ha depositado en el cauce un potente manto de aluviones, cuyo espesor se incrementa hacia aguas abajo. Su elevada permeabilidad condiciona las características del escurrimiento.-
  - 5.- La erosividad de las aguas en avenida es muy grande, así como su capacidad de transporte de cargas sólidas. El flujo laminar de las aguas pluviales sobre las vertientes, especialmente la del norte del río, origina procesos de reptación y solifluxión de los materiales cuaternarios.-
  - 6.- Los caudales aforados en épocas de estiaje son de poca importancia, sin embargo el análisis de las características del río permite estimar que los caudales en épocas estivales deben ser significativos.-
  - 7.- Se puede incrementar el volumen que capta la obra de toma construyendo pantallas que obliguen a aflorar a las aguas que escurren por el subálveo.-
  - 8.- Las obras de corrección proyectadas tienen por fin aminorar el deterioro de la cuenca y el consiguiente arrastre de sedimentos por las aguas. También disminuirían la intensidad, frecuencia y duración de las crecidas y se prolongaría el período de recurrencia, o sea el intervalo de tiempo que media entre dos grandes crecidas.-

## DEPARTAMENTO DE TAFI VIEJO

### PROYECTO

#### PROYECTO DE REFORESTACION Y RECUPERACION DE CUENCAS CON BOSQUE

#### DE ALISO EN EL DEPARTAMENTO DE TAFI VIEJO

##### Introducción

Bell y Moyano (1987), han postulado que el aliso (*Alnus Acuminata*) es una especie holártica de reciente establecimiento en el hemisferio sur que aún podría estar en proceso de avance y conquista de nuevos ambientes, relacionándose también esta expansión de su área de distribución con situaciones de deterioro en los pastizales de cumbre (Grau, 1985).-

##### Objetivos

Se propone aquí, promover la reforestación y saneamiento de las laderas con plantas de alisos por las condiciones naturales que guarda la misma en el ecosistema serrano, con el fin de que sirva como control de la erosión y conservación de cuencas.-

##### Justificación

Los bosques de alisos de la provincia de Tucumán se distribuyen principalmente en el sistema de las sierras pampeanas, en las cumbres Calchaquies, Sierra del Aconquija, sierras centrales y áreas serranas del sudoeste. Los cordones montañosos del departamento de Tafi Viejo se integran en el sistema de las cumbres Calchaquies y de las sierras centrales.-

Estos bosques poseen una ubicación topográfica característica; se desarrollan en lugares con pendientes moderadas a abruptas, aproximadamente entre los 1.200 a 2.900 metros de altura sobre el nivel del mar, descendiendo a veces por los cauces de los ríos hasta los 800 metros.-

Presentan interesantes particularidades desde una perspectiva fitogeográfica, ecológica y de manejo y utilización de los ecosistemas montañosos.-

El aliso es una especie colonizadora, de rápido establecimiento y crecimiento por lo cual podría contribuir al desarrollo económico de algunas zonas montañosas de la provincia, evitando el deterioro y erosión de los sistemas cumbrales por un desplazamiento de la actividad pastoril frecuentemente asociada al sobrepastoreo.-

En estado natural, la densidad de los árboles oscila entre 2 y 6 ejemplares por 100 m<sup>2</sup>, dominando sobre las demás especies, lo que le da al bosque de aliso, un aspecto homogéneo.-

### Implementación

De los estudios efectuados surge que este árbol es una especie provechosa y autóctona para efectuar una reforestación sistemática en las cuencas media y alta de los torrentes que afectan a la población de Tafí Viejo.-

A su vez si esta reforestación, se realiza de una manera sistemática e integral, permitirá la disminución de obras de arte, referidas al control de torrentes, como ser: gaviones, defensas transversales y longitudinales, bermas y mallas de alambre en las vertientes, empalizadas, etc., con el consiguiente ahorro en las inversiones previstas para estos tipos de obras, ya que la vegetación actuará como una defensa natural en el control y estabilidad de las vertientes de manera tal de atenuar el arrastre de sedimentos (suelo y roca) en épocas de lluvias torrenciales.-

El aliso presenta otras cualidades: raíces profundas y hojas anchas que permiten un adecuado proceso de evapo-transpiración, lo que facilita que el suelo se mantenga seco, sin concentración de agua no permitiendo, por lo tanto, su reblandecimiento.-

## DEPARTAMENTO DE TAFÍ VIEJO

### PROYECTO

#### APROVECHAMIENTO DE RECURSOS PETREOS NO TRADICIONALES

##### Objetivos

Se propone aquí promover la explotación de materiales pétreos, en particular pizarras y filitas (lajas) de directa utilización en la industria de la construcción, a fin de abaratar costo y utilizar materiales no tradicionales en esta industria.-

##### Justificación

La provincia de Tucumán es una de las más densamente pobladas de la región del NOA y del país y registra un importante déficit habitacional agravado por la existencia de un 12% de viviendas precarias y un 7% de ranchos. Gran parte de las viviendas están construídas con materiales de rápido deterioro mientras otras son de antigua data.-

Estos hechos hacen que sea lógico prever para la región la implementación en el corto y mediano plazo de planes para la construcción de viviendas.-

Los estudios geológicos indican que existen abundantes afloramientos de pizarras y filitas en la zona oeste del Departamento de Tafí Viejo, en las Cumbres Calchaquenses como también en Raco y Siambón.-

En algunos casos estos materiales han sido utilizados en viviendas con buenos resultados, pero fueron explotados precariamente.-

Las inversiones para este tipo de explotación, en una primera etapa no superan los 40.000 dólares de acuerdo al estudio de costo realizado por la Dirección Provincial de Minería.-

##### Acciones a Desarrollar

###### a) Selección de afloramientos:

En la comarca delimitada y en base a los antecedentes geológicos existen-

tes, deberán reconocerse los afloramientos de pizarras y filitas, obteniéndose en forma expeditiva el siguiente tipo de información preliminar:

- Potencia (dimensiones aproximadas del cuerpo).-
- Aptitud del material (grado de consolidación, composición, muestreo orientativo).-
- Viabilidad de explotación (encape, estructura, accesos, etc.).-

En base a esta información expeditiva se seleccionará el o los depósitos a explotar.-

b) Exploración de afloramientos y anteproyecto preliminar:

El plan de exploración a aplicar dependerá de las características del depósito seleccionado (destapes, pozos, perforaciones, etc.), procediendo a un muestreo sistemático que evidencie la aptitud del material para los fines previstos.-

La información a obtener habrá de permitir la evaluación de la viabilidad económica del aprovechamiento y el diseño de la explotación.-

c) Anteproyecto definitivo y su implementación.-

d) Acciones institucionales:

Paralelamente con las acciones descriptas precedentemente se recomienda la integración de una comisión interdisciplinaria con la participación de organismos e instituciones relacionadas con los recursos mineros y la construcción (Dirección Provincial de Minería, Instituto Provincial de la Vivienda y Municipalidad) a fin de aprovechar los recursos pétreos de la región. Esta comisión deberá por un lado, indicar las necesidades en cuanto a materiales de construcción, fomentando la utilización de aquellos existentes en el departamento si los costos de producción y las especificaciones técnicas lo justifican.-

### Advertencia

Todo proyecto minero se deberá realizar tratando de atenuar en lo posible la distorsión que puede causar en el ambiente y/o entorno geológico.-

## DEPARTAMENTO TAFI VIEJO

### PROYECTO

#### REHABILITACION O APROVECHAMIENTO DE ANTIGUAS Y RECIENTES CANTERAS EN EL AREA DE SAN MIGUEL DE TUCUMAN Y ZONAS ALEDAÑAS (MUNICIPIOS DE YERBA BUENA, TAFI VIEJO Y BANDA DEL RIO SALI)

##### Introducción

En el gran plan de trabajo sobre riesgo geológico, se tomará de manera puntual la rehabilitación al medio natural de antiguas y recientes canteras de áridos, de cerámica roja y cortadera de ladrillos, ubicados en el Departamento de Tafí Viejo.-

En la práctica, de manera empírica, sin estudio y ordenamiento territorial previo, y menos aún sin nivelación, relleno, drenaje adecuado, en la ciudad de San Miguel de Tucumán y en los municipios aledaños, se han ocupado viejas canteras destinadas a la explotación de cerámica roja, cortada de ladrillos y áridos, para loteos y urbanización.-

Esto trajo como consecuencia una serie de anomalías paisajísticas, de desagüe pluvial y cloacal y de afloramiento de la napa freática, que sólo puede solucionarse a un alto costo por parte de los propietarios y locatarios de dichos terrenos.-

##### Objetivos

Integrar antiguas y recientes canteras al paisaje urbano y al medio natural.-

##### Proyecto - (Plan de Trabajo)

En el presente proyecto se pretende dar un lineamiento general para:

- 1.- LA UTILIZACION DE VIEJAS CANTERAS PARA PRACTICAS DE CIERTOS DEPORTES Y/  
ZONAS DE ESPARCIMIENTO.-
- 2.- LA RESTITUCION DE LA MISMA AL MEDIO NATURAL O ECOSISTEMA REGIONAL.-
- 3.- TRANSFORMACION DE ESTAS ZONAS AGRICOLAS PARA CIERTOS TIPOS DE CULTIVOS.-

#### 4.- EL RELLENO Y NIVELACION DE LAS MISMAS PARA URBANIZACION.-

### 1.- UTILIZACION DE VIEJAS CANTERAS PARA PRACTICAS DE CIERTOS DEPORTES Y/O ZONAS DE ESPARCIMIENTO

Para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

#### a) Análisis del medio social

Potenciales deportistas o excursionistas.-

#### b) Conocimiento del lugar

Verificación de la factibilidad de la operación de acuerdo a las características del lugar: parámetros morfológicos, hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos, climáticos y accesibilidad, como también proximidad a los centros urbanos.-

#### c) Medios Económicos

El lugar seleccionado podría ser administrado por los municipios o empresas privadas, como también por instituciones deportivas.-

#### 1.2.- Condiciones técnicas para la realización

Los trabajos de acondicionamiento se harán de acuerdo a la morfología del lugar, como también a los fines a que se destinará la cantera, ya sean deportivos o recreativos. Por ejemplo, para ser utilizada como centro de motocross o autocross, lago, parque, etc.-

Por lo tanto el movimiento de tierra, el drenaje, la parquización y la infraestructura correspondiente, deben ser previamente planificadas de acuerdo a los fines utilitarios y a las disponibilidades financieras.-

### 2.- LA RESTITUCION DE LA MISMA AL MEDIO NATURAL

Toda cantera destruye al medio natural, por más que su explotación se haya realizado de manera racional.-

Algunas veces, cuando se ha abandonado la explotación, se recupera la misma o se la integra al medio natural, de manera espontánea.-

Aquí el factor climático juega un papel fundamental. Pero necesita de la ayuda del hombre para la recuperación de la misma.-

El hombre puede crear una zona ecológica ya sea con la fauna y la flora natural, o la incorporación de nuevas especies animales o vegetales que respondan a las características regionales.-

Esta decisión supone, que debe realizarse un estudio previo sobre las condiciones ecológicas locales y regionales, por lo cual se hace indispensable la constitución de un equipo científico destinado a estudiar y controlar la realización del proyecto y a participar en todas las gestiones posteriores.-

El estudio consistirá en un inventario de los ecosistemas en juego, tanto de la fauna y de la flora, su rehabilitación y las exigencias biológicas de la misma, dada las características geomorfológicas y climáticas de la región.-

Para ello se deberá tener en cuenta ciertos parámetros que a continuación se detallan:

1.- Dimensión y variedad de especies

Tanto hidrófilas como terrestres.-

2.- Tranquilidad o Quietud

Este es un factor importante para una fauna que soporta difícilmente la presencia humana (Ej.:peces).-

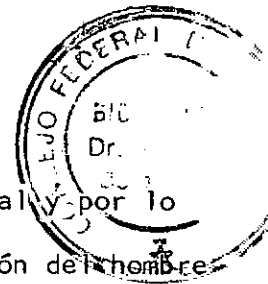
3.- Alimentación

Es necesario asegurar la misma en el perímetro de la cantera.-

4.- Planificación

- a) Crear zonas especiales para el abrigo y la reproducción (viento, ruidos, visitantes indeseables).-
- b) Crear fuentes de alimentos, reconstruir la franja vegetal, proteger los taludes contra la erosión, etc.-
- c) Crear condiciones adecuadas para los pájaros.-





#### 5.- Dispositivos de protección

La protección de la fauna y de la flora es el fin primordial y por lo tanto, debe realizarse un estricto control de la penetración del hombre y animales durante el período de reproducción, lo mismo que la circulación de vehículos. Por supuesto que la caza y la pesca, obviamente, deben ser prohibidas.-

#### 3.- RECUPERACION PARA FINES AGRICOLAS

En algunos casos es necesario recuperar la cantera para la agricultura, con el objeto de mantener un equilibrio entre los terrenos agrícolas adyacentes.- Por otra parte, la reconstrucción de parcelas cultivadas se justifica plenamente, cuando se trata de canteras de grandes extensiones. Par tal fin deben respetarse ciertas condiciones técnicas:

- a) Durante la operación de destape de la cantera, se tratará de preservar la capa arable, para ser utilizada más tarde, depositándola en un lugar donde no sea contaminada ni transportada por los agentes de la erosión: viento, agua, etc.-
- b) Para la reconstrucción de la superficie de suelo apta para la agricultura, se respetarán las reglas que los expertos en edafología indiquen, teniendo un particular cuidado en la fluctuación de la napa freática, para evitar inundaciones y lavado de suelo, planificando un buen sistema de drenaje. También se debe tener cuidado con los materiales demasiado arcillosos, que no permiten la percolación vertical del agua.-

#### 4.- RELLENO Y NIVELACION PARA FUTURAS ZONAS URBANAS

En la introducción del presente plan de trabajo se hace mención a una serie de anomalías como consecuencia de la ocupación de viejas canteras sin el apoyo de estudios de previos.-

Estas anomalías pueden observarse a lo largo de la Avda. Belgrano a partir

de la numeración 3.000 en adelante, y en los barrios adyacentes, en un gran perímetro que encierra grandes núcleos poblacionales como Bo. Kennedy, Bo. Oeste, Santillán y particularmente en Los Pocitos y Villa Carmela (Departamento Taíí Viejo) en donde los problemas anteriormente mencionados se agudizan día a día.-

Se deberá estudiar lo siguiente:

- a) La cota máxima de crecientes del agua superficial y subterránea.-
- b) El volumen y calidad de los materiales disponibles para realizar el relleno.-
- c) La distribución anterior de la red de avenamiento, si existe.-
- d) El volumen y calidad de los limos y de la tierra arable, y la posibilidad de drenaje de los mismos.-

### Conclusiones

La rehabilitación de canteras es importante, ya que cumple con un triple objetivo:

- 1.- Permite la reinserción de la antigua cantera a su medio ambiente, evitando de esta manera lo que por negligencia ocurre hasta el presente, que estos lugares se transformen en fuentes de polución y estancamiento de aguas servidas.-
- 2.- Recuperar zonas perdidas para la ocupación y esparcimiento humano, cada día más limitado.-
- 3.- Este proyecto ofrece la posibilidad de ejecutar cuatro (4) programas y/o emprendimientos en el Departamento de Taíí Viejo, a corto, mediano y largo plazo según dimensiones de las canteras o zonas a recuperar.-

## DEPARTAMENTO TAFI VIEJO

### PROYECTO

#### PROYECTO MINERO-INDUSTRIAL PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA ELABORADORA DE CAL QUIMICA EN EL DEPARTAMENTO DE TAFI VIEJO, PROVINCIA DE TUCUMAN

##### Introducción

El presente proyecto tiene como último objetivo, interesar a la actividad privada en la producción de "cal química" en la provincia de Tucumán, para abastecer, en principio, al mercado local y eventualmente a las provincias del NOA.-

Tucumán consume 100 toneladas por día y 30.000 toneladas al año, aproximadamente, de cal química en las industrias azucareras, papelera y en el tratamiento del agua por DIPOS, que actualmente cubre con cal de la provincia de San Juan.-

Calizas que al menos químicamente cumplen con los requisitos fueron detectadas en Tucumán, en los departamentos Tafi Viejo (Peñas Azules y Alto de la Mina, caliza cristalina) y en Trancas y Burruyacu (calizas sedimentarias).-

##### Reservas

Estudios efectuados por la Dirección Provincial de Minería en Peñas Azules y en Alto de la Mina, arrojaron un cálculo de reserva real a partir de datos obtenidos por medios de perforaciones de 16.000.000 de toneladas y de 1.000.000 de toneladas respectivamente de caliza, de las cuales se estiman que por lo menos 2.000.000 de toneladas serían aptas para usos químicos.-

También se encuentran cubicadas canteras puntuales en las Sierras de la Ramada y en el departamento de Trancas, que pueden aportar materiales de menor calidad que las citadas en primer término.-

En ambos casos se tienen análisis químicos de sectores que arrojan resultados positivos..Faltaría determinar si estas calizas cumplen con los otros requisitos especificados en las Normas IRAM correspondientes (1645;3200).-

## Economía Argentina y del Sector

En el país la industria azucarera, una de las principales consumidoras de cales químicas, está concentrada en la región NW, en las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy. También dos de las más grandes industrias papeleras: "Papel del Tucumán S.A." y "Ledesma S.A." están en las provincias de Tucumán y Jujuy respectivamente. A esto, sumado el consumo de DIPÓS (15gr/habitante/día), hace de esta región la principal consumidora de cales químicas. En la actualidad no se produce cal química en la misma, y todo el consumo es abastecido por la provincia de San Juan.-

Con la puesta en marcha de este proyecto se lograría en principio un abastecimiento del 50% al 160% en la provincia de Tucumán, y habría que estudiar las posibilidades de expandir el mercado a toda la región, de acuerdo a los resultados que se obtenga.-

### Mercado

Entre las principales industrias consumidoras de "cales químicas" están la industria azucarera y la papelería.-

En la región NW del País, la industria azucarera es una de las actividades fundamentales de la economía, sobre todo en Tucumán, Salta y Jujuy.-

También la industria papelería es importante en la zona, estando instalada en Tucumán la empresa "Papel del Tucumán S.A." una de las más grandes a nivel nacional.-

Esto hace que Tucumán sea, entre las provincias del norte, probablemente la mayor consumidora de "Cales Químicas", según el siguiente detalle:

- Industria Azucarera	40 Tn/día	
- Papel del Tucumán	40 Tn/día	Norma IRAM 3200
- DIPÓS	15 Tn/día	Norma IRAM 1645
<u>TOTAL</u>	<u>95 Tn/día</u>	

### Empresa u Organismo

El estudio preliminar, y eventualmente de prefactibilidad, estarían a cargo

del gobierno de la provincia de Tucumán y/o de la Municipalidad de Tafí Viejo, a través de la Dirección Provincial de Minería, con el apoyo de la Secretaría de Minería de la Nación, tendiendo siempre a interesar a la actividad privada para que lleve a cabo el proyecto.-

### Descripción

#### Alcance

Se espera con este proyecto abastecer a "Papel del Tucumán" (40 Tn/día) y cubrir aproximadamente el 30% del resto del consumo en la industria azucarera y DIPÓS.

Papel del Tucumán cuenta con un moderno horno rotativo a gas que no utiliza. Lo ideal sería aprovechar esa infraestructura ya montada para la calcinación de la caliza, por lo que habría que interesar a la empresa o bien pactar con ella, las condiciones para su aprovechamiento.-

#### Localización Supuesta o Aproximada

La localización óptima sería en la cercanía de la infraestructura existente en el Departamento Tafí Viejo (camino pavimentado, energía eléctrica y gas).-

#### Recursos Geológicos a Evaluar

La Dirección Provincial de Minería cuenta con todos los estudios necesarios desde el punto de vista geológico, tanto de las calizas cristalinas como de las sedimentarias.-

#### Dificultades en el Proyecto

Un punto fundamental aún no resuelto que actúa como un "cuello de botella" para el proyecto es el camino de acceso a las calizas cristalinas de Peñas Azules.-

De concretarse en camino que uniría la localidad de Hualinchay a Colalao del Valle atravesando el sector norte de las cumbres Calchaquies en la provincia, el acceso en línea recta entre el yacimiento de caliza cristalina de Peñas Azules a dicho camino no superaría los 20 kilómetros.-

Se debe destacar que el mismo se encuentra a la fecha en vía de realización.-

Una vez terminado, desaparecería el "cuello de botella" comentado, puesto que los yacimientos se encuentran a una altitud de 3.000 a 3.7000 m.s.n.m.-

Sucede lo contrario con los Yacimientos situados en Sierra de la Ramada y Trancas, cuyo acceso se efectúa sin dificultad, prácticamente en la cercanía de caminos bien consolidados.-

## PROYECTO: CAMINOS

### VIAS DE COMUNICACION EN EL SECTOR OCCIDENTAL DEL DEPARTAMENTO TAFI VIEJO

#### Introducción (lámina 18)

El desarrollo de la mitad occidental del Departamento se ve trabado por la carencia de vías de comunicación adecuadas para el tránsito vehicular. Solo existen sendas, aptas para el uso de jinetes o peatones, que recorren los filos serranos, costean las empinadas vertientes o los valles de los ríos. Generalmente tienen elevados gradientes y bruscos cambios de dirección.-

Agrava la situación la torrencialidad de los ríos que se atraviesan por vados que frecuentemente se tornan impasables, y las copiosas precipitaciones estivales, que convierten en toboganes de barro a las sendas, obligando a extremar las precauciones para no despeñarse a los valles.-

La fragosidad de los terrenos obliga al empleo habitual de la mula como animal de silla.-

#### Caminos existentes

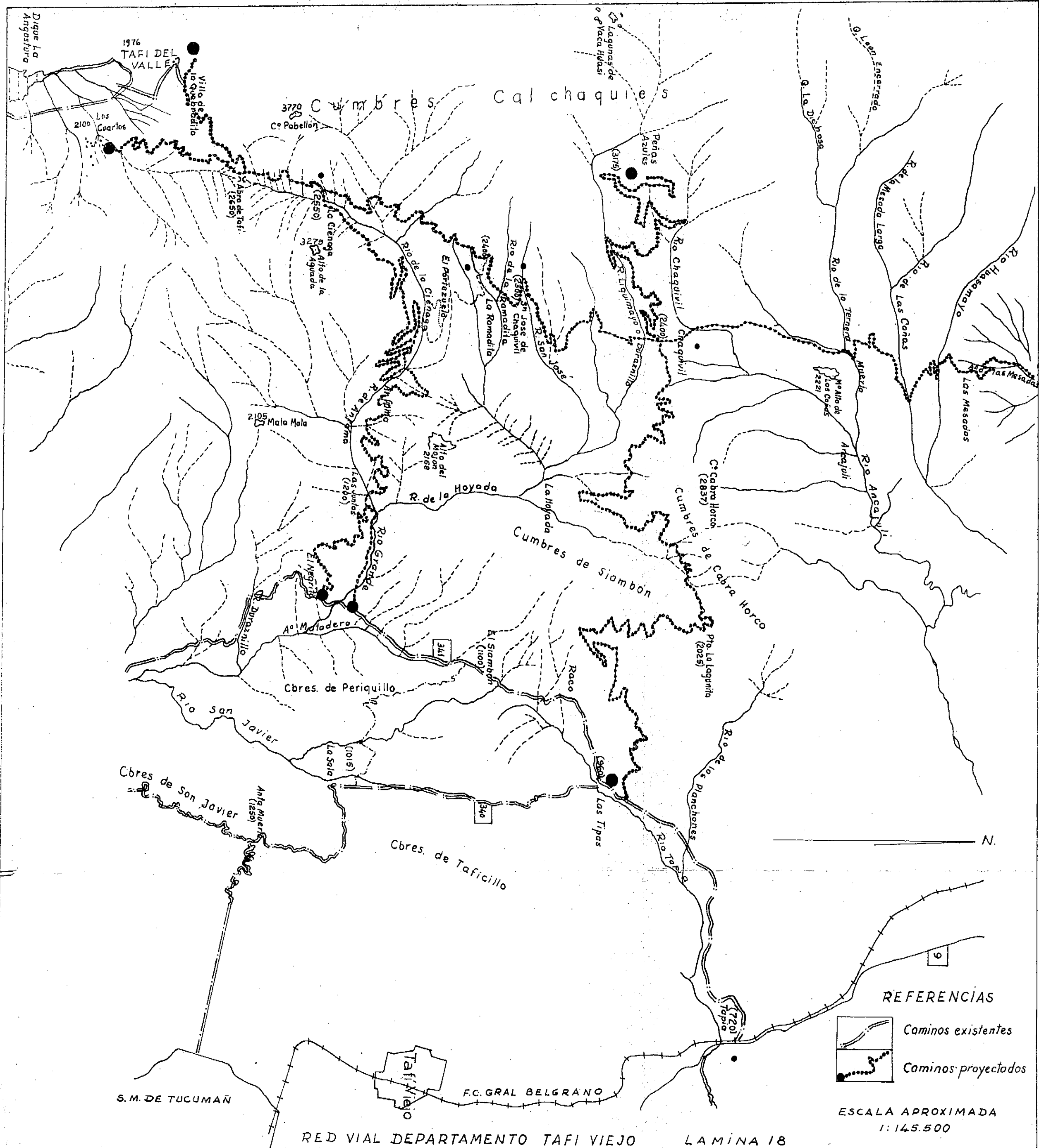
La Ruta Provincial n° 341 iniciándose en Tapia asciende hasta el pie de la vertiente oeste de las Cumbres de Periquillo, que contornea hasta salir del Departamento. En Las Tipas desprende un ramal, La Ruta Provincial 340, que asciende a las Cumbres de San Javier, abandonando el área en estudio.-

De Choromoro, en el Departamento Trancas, parte la ruta n° 312, que a la altura de Gonzalo se conecta con la 311, que finaliza en Rodeo Grande. Es de nuestro interés por la posibilidad de comunicarla con el área occidental de Tafí Viejo.-

En la Estancia Anca Juli existe una pista de aterrizaje para avionetas.-

#### Caminos proyectados por la Dirección Provincial de Vialidad

Existe el proyecto de vincular Rodeo Grande (1.700 m.s.n.m.) con Chaquivil (2.400 m) por medio de un camino de 26 kms. de longitud. En los estudios de campo,





que se hicieron en 1971, intervino uno de los autores de este informe.-

La traza atraviesa el Arroyo Las Mesadas y los ríos Huasamayo, de La Cañas, Ternera Muerta y Chaquivil, todos caudalosos cursos de agua.-

El informe geológico señalaba como zona conflictiva la brecha granítica del Alto de las Cañas y de la Pared Quemada, donde existía el peligro latente de derrumbes, que podrían deteriorar las obras.-

Posteriormente se proyectó una continuación de este camino, pasando por San José de Chaquivil y La Ciénaga, con 28,8 kms. de longitud. En inmediaciones del Abra de Tafí se bifurca en dos tramos, uno de los cuales termina en la Villa de la Quebradita, con 14 kms. de largo, y el otro en Los Cuartos.-

A mediados de la década pasada se construyó un camino que vinculaba Las Tierras con Peñas Azules (3.175 m), con un recorrido de 95 kms.-

Los deslizamientos del terraplén, los derrumbes desde las laderas y la falta de conservación han destruido casi por completo esta obra, que según el informe verbal del geólogo de la Dirección Provincial de Vialidad, aún permite acceder hasta el puesto La Lagunita, desde donde, por malas calzadas, se puede llegar a Anca Juli, a 15 kms. aproximadamente, y desde allí, con más comodidad, a Rodeo Grande, a una distancia similar.-

### Conclusiones

Las cuencas medias y bajas de los ríos del Departamento han construido terrazas de acumulación y desarrollado valles de relativa extensión, que son zonas de gran fecundidad, aptas para la agricultura y los asentamientos humanos.-

Lo mismo puede decirse de los sectores inferiores de muchas vertientes serranas, no así de los tramos superiores, que tienen suelos esqueléticos, donde sólo puede hacerse forestación con fines de protección.-

La carencia de caminos por los que pueda sacarse la producción hacia los lugares de consumo imposibilita el desarrollo del sector.-

Hay que considerar también las atracciones de índole turística que brinda el Departamento, como Chaquivil, por dar un ejemplo, actualmente inaccesible.. El camino hacia las mismas significaría una importante fuente de ingreso para los pobladores y la provincia.-

## DEPARTAMENTO LA COCHA

### PROYECTO

#### EVALUACION DE FACTIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LAS PEGMATITAS DE LAS CUMBRES DE POTRERILLOS Y LOS LLANOS Y CUARZO DE CERRO QUICO

##### Introducción

El proyecto apunta a la posibilidad de fabricación local de vidrios y opalinas, aprovechando materias primas (cuarzo y feldespato), distribuidos ampliamente en el territorio de ese departamento.-

##### Objetivos

Promover la explotación racional e integral de las pegmatitas existentes y el cuarzo del cerro Quico con el objeto de ofrecer nuevas perspectivas a los productores mineros, su acceso al mercado mediante la extracción de cuarzo y feldespato para la fabricación de vidrios planos y templados, aprovechando las reservas de alta calidad de la zona.-

##### MERCADO

Regional: Un estudio de mercado considera que en todas las provincias del NOA existe un sentido déficit en la producción de vidrios planos y opalinas, los cuales fueron, durante largo tiempo importados de Europa para ser utilizadas en la construcción en casas de familias, edificios públicos e iglesias, tendencia que vuelve a imponerse de acuerdo a los gustos y proyectos de los arquitectos.-

Provincial: La provincia de Tucumán, a pesar de la grave crisis económica sigue gravitando en el NOA como polo de desarrollo, por su densidad poblacional, industrias, comercio y centros educativos.-

Cuenta con las reservas suficientes de cuarzo y feldespato necesarios para impulsar un proyecto de desarrollo industrial.-

Algunos cuerpos de cuarzo fueron ya razonablemente estudiados y se puede asegurar al mercado entre 500.000 a 1.000.000 de toneladas.-

Acompañando a este mineral, encontramos gran cantidad de feldespato, en especial en las pégmatis, que si bien no fueron evaluados en su momento, la abundancia del mismo a simple vista asegura una reserva suficiente de materia prima.-

#### Empresa u Organismo

La Dirección Provincial de Minería estudió de manera exhaustiva el cuarzo del cerro Quico, faltaría realizar un estudio sistemático de las pégmatis y de los cuerpos graníticos para comprobar la factibilidad real de las reservas de feldespato, juntamente con un estudio de mercado que permita planificar la radicación de una industria a mediano plazo y su estabilidad mediante la provisión de materia prima a largo plazo.-

#### DESCRIPCION

Alcance: El proyecto tiende a promover la radicación de una industria no tradicional en el NOA con el consiguiente efecto multiplicador en la zona de instalación, con suficiente materia prima sin absorber en la actualidad, para abastecer una parte importante del mercado regional.-

Localización: A prima facie la localidad de La Cocha presente una infraestructura óptima para la localización de un establecimiento industrial (vías férreas, caminos pavimentados, energía eléctrica, gas y accesibilidad a los yacimientos).-

#### RECURSOS GEOLOGICOS

##### Cuarzo Cerro Quico

Se trata de un cuerpo de características discordantes, un gran dique emplazado en terrenos metamórficos e ígneos, situados al sureste de la provincia de Tucumán, en el borde oriental de la Sierra del Aconquija.-

Del estudio efectuado mediante un detallado levantamiento planialtimétrico, labores mineras, calicatas y trincheras, se pudo realizar una cubicación de mineral a la vista de 500.000 toneladas. Se infiere que las reservas geológicas duplicarían esa cantidad.-

La calidad del cuarzo es óptima, hialino en parte, presentando cristales de variados tamaños, combinándose en menor proporción con cuarzo lechoso.-

#### Fedespato Cumbre de Potrerillo y Los Llanos

Se conocen numerosos afloramientos de fedespato vinculados a las pégmatis existentes y a otros pequeños afloramientos de cuarzo, los cuales deberán ser mapeados sistemáticamente a fin de tener una idea real de las reservas existentes.-

#### Explotación

La explotación se realizará a cielo abierto, mecanizando al máximo la misma.-

#### Implementación y Financiación

Es conveniente que este emprendimiento lo realice la actividad privada ya que la provincia de Tucumán sólo puede aportar sus profesionales especializados en el tema, y los laboratorios y personal técnico del Servicio Minero Nacional, del Plan NOA 1 (mediante convenio).-

Por lo tanto es factible realizar un contrato a fin de que la parte empresarial apoye económicamente los estudios que sean necesarios, para concreción de este proyecto.-

#### Advertencia

Todo proyecto minero se deberá realizar tratando de atenuar, en lo posible, la distorsión que puede causar en el ambiente y/o entorno geológico.-

## DEPARTAMENTO DE LA COCHA

### PROYECTO

#### APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL GRANITO DE SAN IGNACIO Y LOS PINOS.

#### DEPARTAMENTO DE LA COCHA. PROVINCIA DE TUCUMAN

##### Introducción

El proyecto apunta a la posibilidad de explotación de granitos de color gris rosado, su posterior manufacturación y comercialización en el mercado interno y posible exportación.-

##### Objetivos

Ante el interés existente a nivel nacional en la explotación e industrialización de bloques graníticos y no tener el NOA al presente, una producción significativa en ese rubro, la provincia de Tucumán desea verificar algunas de sus perspectivas.-

El presente proyecto tiene por objetivo, estudiar la posibilidad de explotación de granitos en el territorio provincial, para la obtención de bloques, su manufacturación y comercialización. Se desea abastecer por lo menos parte (40%) de la demanda local y regional en granitos grises rosado.-

Existen en la provincia varios cuerpos graníticos de variadas dimensiones y fácil acceso, como es el de San Ignacio-Los Pinos, donde es factible lograr bloques de 3 a 4 m<sup>3</sup>.-

##### Mercado

Tucumán posee 1/3 de la población total de la región del NOA aproximadamente de tres millones de habitantes. En este contexto es interesante destacar que nuestra provincia cuenta con una industria de la construcción muy desarrollada, donde la demanda y consumo de granitos manufacturados alcanzan relieves importantes.-

Tucumán importa de otras provincias la totalidad del granito manufacturado que consume y en permanente expansión. Existen en la provincia varias marmolerías

que se dedican al corte y pulido de chapas y su comercialización, pero no existe actualmente una planta de aserrado de bloques.-

Por lo tanto la obtención de bloques de granito, para una vez industrializados, abarquen total o parcialmente el mercado local y eventualmente regional, pueden ser alternativas válidas, habida cuenta de las posibilidades que podrían existir además para la exportación, si las calidades del material son adecuadas.-

Las inversiones necesarias para un proyecto de extracción de bloques de granito de 100 m<sup>3</sup>/mes incluyendo la apertura de canteras, se estima en aproximadamente U\$S 300.000. Una cifra similar debería invertirse para instalar una planta productora de chapas, baldosas, zócalos y otros tipos de revestimientos. En definitiva, se desea abastecer por lo menos en los primeros años, una parte significativa (40%) de la demanda de granitos, que corresponden a los grises y gris rosado, con recursos locales.-

#### Empresa u Organismo

La Facultad de Ciencias Naturales, la Dirección Provincial de Minería y profesionales de la Geología han estudiado los cuerpos graníticos más importantes. Faltaría realizar algunos estudios específicos que hacen a su explotación y utilización.-

#### Descripción

El proyecto tiende a evaluar la posibilidad de explotación de algunos cuerpos graníticos de la provincia, para la obtención de bloques y su posterior manufacturación y comercialización.-

La planta manufacturera debiera localizarse en el municipio de La Cocha, Departamento homónimo, provincia de Tucumán, es decir en la misma región donde se encuentran los cuerpos graníticos más interesantes (San Ignacio-Los Pinos) distantes a 110 km al sur de la ciudad capital, San Miguel de Tucumán.-

La manufacturación del granito consistirá en el aserrado de los bloques pro-

venientes de canteras para la obtención de chapas estandarizadas de 2,5 a 3 cm de espesor, así como baldosas y zócalos con destino a la industria de la construcción.-

### Recursos Geológicos a Evaluar

Se trata de evaluar los cuerpos graníticos más interesantes como son los de San Ignacio y Los Pinos, ubicados en el sector sudoeste de la provincia de Tucumán, formando parte de un conjunto de sierras (cerro Quico y cumbres de Los Pinos), que constituyen pequeños cordones orográficos desprendidos de la Sierra del Aconquija. Se encuentran dentro de la Hoja Geológica Villa Alberdi (González Bonorino, 1950).-

Se accede a los mismos por la localidad de San Ignacio, Departamento La Cocha, tomando la Ruta n° 38.-

### Características Generales

El cuerpo San Ignacio-Los Pinos, con dimensiones batolíticas, presenta su mayor desarrollo en dirección NE-SW (18 km) con ancho promedio de 5 km. Posee una composición especialmente granítica, aunque se observa variaciones granodioríticas. Los cambios texturales definen dos fases principales: una equigranular de grano grueso y otra porfírica. La fase equigranular es la que tiene mayor extensión areal. Se observa una mayor o menor foliación secundaria. Presentan tres juegos de diaclasas, dos diagonales subverticales, y una horizontal que corta en escalón a las diaclasas mencionadas, produciendo bloques que normalmente darían dimensiones de hasta 2x2x1 metros.-

### Petrografía y Mineralogía

La roca en general es de grano fino y posee una proporción variable de biotita en agregados de escamitas pequeñas que marcan los planos de exfoliación.-

En algunos casos la mica es muy escasa. Es importante destacar, que la foliación secundaria afecta por lo general al cuerpo principal. En esta parte predomina una roca de color gris rosado en superficie de fractura fresca.-



El método de explotación será a cielo abierto, utilizando como elementos de corte el hilo diamantado, que permite la extracción de bloques que no han sido expuestos a las vibraciones y explosiones contundentes del tradicional método de arranque y emparejamiento por cargas de explosivos, a lo largo de perforaciones realizadas por barrenos, que también exponen el material a fatigas que pueden afectar su estructura íntima.-

### Infraestructura

Caminos: Se cuenta con camino de acceso enripiado y en buen estado de conservación hasta los cuerpos graníticos a evaluar, entroncado con la ruta provincial 380 y el Ferrocarril General Belgrano, con estación de cargas y pasajeros en la ciudad de La Cocha.-

Agua: La provisión de agua está asegurada, ya que se encuentran emplazados dos (2) diques de embalse en la zona, dique San Ignacio\* y Los Pizarros, que abastecen agua potable y para riego a localidades de La Cocha y áreas de influencia.-

Energía: Existe tendido de red de alta tensión y redes complementarias de servicios, que suministran energía eléctrica a la comarca, incluso hasta cerca de los cuerpos graníticos.-

### Implementación y Financiación

Se recomienda que la actividad privada intervenga puesto que los estudios fueron llevados a cabo con sus propios recursos por los organismos oficiales mencionados precedentemente.-

La Dirección Provincial de Minería ha realizado por su cuenta el levantamiento de los cuerpos graníticos, pero no cuenta con los elementos necesarios para verificar el comportamiento estructural y calidad de la roca en profundidad mediante perforaciones.-

Advertencia: Todo proyecto minero se deberá realizar tratando de atenuar en lo posible la distorsión que puede causar en el ambiente y/o entorno geológico.-

(\*) Dique de nivelación

## DEPARTAMENTO LA COCHA

### PROYECTO

#### APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO EN LA ZONA TABACALERA DE TUCUMAN

Antecedentes (láminas 18, 19 y 20)

El presente proyecto está fundamentado en el trabajo realizado por Alfredo Tineo, Jorge García y Carlos Falcón de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, titulado "El agua Subterránea: Una Fuente de Riego Alternativa para la Zona Tabacalera de Tucumán", presentado en el Congreso del Agua, en la ciudad de Córdoba, en abril de 1990.-

### INTRODUCCION

#### Cultivo del tabaco

El tabaco crece normalmente como una planta anual y por su origen tropical se adapta mejor a las zonas cálidas, siendo la temperatura óptima para su desarrollo entre 20 y 30 grados C..-

La humedad tiene marcada influencia en la calidad de la hoja producida, siendo desfavorable alta humedad atmosférica tanto durante el cultivo como en el proceso de curado.-

Debido a que el tabaco en Tucumán se siembra en período de secano, los almácigos se riegan artificialmente todos los días hasta que germinen, calculándose que por día un almácigo de 10 m<sup>2</sup> necesita entre 50 y 70 lts. de agua según el tipo de suelo (Fernández de U. y Benavent, 1978).-

Según datos obtenidos de la Dirección de Tabaco, de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Tucumán, la siembra se realiza en dos etapas, la primera en junio y la segunda en agosto y setiembre.-

Por otro lado la cosecha se hace en los meses de noviembre y diciembre, mientras que el proceso de curado abarca un lapso de 40 días aproximadamente dependiendo del tipo de secadero y de las condiciones climáticas principales.-

Durante la campaña agrícola 87/88 el área plantada fué de 7.637 has., la producción prevista de 9.100 Tn. (1,2 Tn/ha.), mientras que la real fué de 5.400 ton. (0,70 tn/ha.).-

#### Sistema de riego del tabaco en Tucumán

Este sector se ubica dentro del Distrito VI de Riego del Departamento de Irrigación de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Tucumán, caracterizado fundamentalmente por la escasez del recurso disponible y la elevada demanda del mismo, la cual pudo ser satisfecha en parte hasta hace algunos años en virtud de la construcción de obras de regulación.-

En la cuenca alta del río Marapa se emplaza el Dique Embalse de Escaba, de aprovechamiento múltiple con una capacidad de embalse de 138 Hm<sup>3</sup>. Aguas abajo se ubica el Dique Compensador de Batirua con 0,5 Hm<sup>3</sup>. de capacidad inicial de embalse que en la actualidad se encuentra prácticamente anulada.-

A partir de éste nace una importante red de riego que abastece a 4.500 has. exclusivamente de tabaco, entre las localidades de Juan Bautista Alberdi y La Invernada.-

El Dique Nivelador Marapa, también conocido como el Baden se ubica aguas abajo del anterior y se utiliza para la derivación de aguas para riego, bebida animal y uso industrial. De él se derivan el Canal Matriz y la Acequia Graneros; el caudal de ésta última era reforzado por una batería de perforaciones con un caudal estimado de 360 m<sup>3</sup>/h cada una, actualmente no utilizadas.-

El sistema de riego de Escaba se encuentra actualmente muy deteriorado, tanto los numerosos puentes-canales que atraviesan arroyos y cauces naturales como así también la rejilla de toma del Dique Batirua que está totalmente obstruída.-

Otra obra de riego de este distrito se ubica aguas abajo del río Balcozna, afluente principal del río San Ignacio, es el Dique Nivelador San Ignacio ubicado al oeste de la localidad de los Pizarros, con capacidad inicial de 3,27 Hm<sup>3</sup>.-

Desde aquí parte una red de canales que sirve aproximadamente a 2.500 has. fundamentalmente cultivadas con tabaco. Estos caudales son reforzados a la altura de la Ruta Provincial 38 con una serie de perforaciones.-

La tercera obra de riego es un sistema de diques que se ubica sobre el río Huacra o San Francisco en la localidad de Rumi Punco desde el cual se abastece de agua para riego y bebida a la localidad homónima.-

## HIDROGEOLOGIA

### Climatología

La zona tabacalera de Tucumán está surcada por una densa red de ríos y arroyos permanentes que descienden de las Sierras del Aconquija hacia el este drenando en el Dique de Embalse de Termas de Río Hondo.-

Las precipitaciones en el borde occidental de la cuenca superan los 1.200 mm. anuales determinando un exceso de agua durante los meses de enero, febrero y marzo.-

Con pequeñas variaciones se observa la característica principal de un régimen de marcada estacionalidad en las precipitaciones, originando un período húmedo en los meses de verano y un período seco en los meses de invierno.-

En base al análisis de las características aportadas por las estaciones meteorológicas, esta zona puede ser calificada en dos tipos de climas, según Köppen. La primera con clima Cwah se extiende desde la zona serrana hasta el este de la Ruta provincial 38, incluyendo las ciudades de Aguilares, Alberdi y La Cocha. Se caracteriza por ser un clima templado moderado lluvioso, de invierno seco no rigurosos y lluvias periódicas.-

La segunda presenta un clima Bshwa y se ubica desde el este de la Ruta Nacional 38 hasta la ruta provincial 157 aproximadamente, incluyendo las ciudades de Monteagudo y Lamadrid, extendiéndose fuera del área de estudio hasta el este. Es un clima seco de etapa de vegetación xerófila, caliente con temperatura media anual superior a 18 grados C. la lluvia es periódica y el invierno es seco.-

En cuanto a las precipitaciones varía de 700 mm anuales con seis meses de escasas precipitaciones, en la llanura oriental, a 1.200 mm anuales con menos de cinco meses con escasas precipitaciones, en el faldeo oriental de la Sierra de Aconquiya.-

### Tipos de Acuíferos

En base al análisis de perforaciones existentes para la captación de aguas subterráneas, con profundidades entre 150 y 400 metros bajo boca de pozo (m.b.b.p.), se pudo bosquejar un modelo de cuenca sedimentaria para esta zona que incluye tres tipos de acuíferos a diferentes presiones de carga.-

El más superficial es el acuífero libre o freático, sujeto frecuentemente a contaminación química y bacteriológica. Se ubica a una profundidad variable entre 1 m.b.b.p. en el Balneario del Río Marapa y 30 m.b.b.p. en La Cocha, adelgazándose hacia el este.-

Otro acuífero es el semi-confinado que incluye varias capas a diferentes profundidades actualmente en explotación y se ubica entre el freático y los 150 m.b.b.p. aproximadamente.-

El más profundo es el acuífero confinado, constituido por un gran paquete sedimentario ubicado entre los 200 y los 400 m.b.b.p., con niveles de surgencia natural.-

### Flujo Subterráneo

En base a las perforaciones censadas y seleccionadas se hizo un mapa hidrogeológico que muestra los niveles piezométricos de los acuíferos por debajo de 200 m.b.b.p. y el sentido del escurrimiento subterráneo.-

El área de recarga hidrogeológica se ubica en la zona de pie de monte, donde los sedimentos cuaternarios son de granulometría gruesa, con gran desarrollo areal y elevada permeabilidad.-

El agua proveniente de las lluvias escurre por los ríos de la zona proporcio-

nando buena recarga a los acuíferos tanto subsuperficiales como profundos. En general el sentido del flujo subterráneo coincide con la pendiente regional, de oeste a este en el sector norte del área de estudio y de sud-oeste a nor-este en el sector sur.-

Las curvas de isopiezas describen una concavidad muy marcada hacia el oeste y sur, indicando que el área de recarga se ubica en las Sierras de Aconquija y Ancasti respectivamente.-

Por otro lado la zona de descarga se encuentra al Este de la curva de isopieza de valor cero, conformando el área de surgencia natural donde los niveles estáticos son positivos.-

Las diferencias entre los niveles de surgencia están dadas tanto por la topografía del terreno como por la variación de la presión de confinamiento de los acuíferos, ya que los pozos de gran profundidad, Talamuyo (454 m.b.b.p.). Aguilares (270 m.b.b.p.), Amumpa (375 m.b.b.p.) etc, que captan estos acuíferos son surgentes, mientras que otros situados en la misma zona tienen niveles estáticos negativos debido a su escasa profundidad, el Durazno (110 m.b.b.p.).-

#### Características de Perforaciones

En el sector de estudio se han realizado numerosas captaciones de aguas subterráneas con el fin de satisfacer las necesidades de la población, la industria y la actividad agropecuaria.-

Para la evaluación de los rasgos hidrogeológicos se escogieron 45 pozos de los archivos del Departamento de Perforaciones de la Dirección Provincial del Agua.

La interpretación de los datos ha permitido establecer que el 90% de las perforaciones ha sido destinada al consumo humano y solamente el 10% restante al riego y a la industria; siendo el 81% captaciones semisurgentes y el 19% surgentes.-

Los acuíferos surgentes se encuentran a profundidades superiores a los 200 m.b.b.p., Aguilares (268 m), Talamuyo (454 m.), Va. Graneros 2 (333 m.) etc.; sien

do la profundidad más frecuente menor de 200 m.b.b.p. con el 76% de las perforaciones.-

Los caudales específicos son variables entre 0,1 y 50 m<sup>3</sup>/h/m., mientras que el valor más frecuente varía entre 0,1 y 10 m<sup>3</sup>/h/m. Los pozos más productivos son, Monte Redondo 2 (50 m<sup>3</sup>/h/m.), Monte Redondo 3 (40 m<sup>3</sup>/h/m.) y Va. Graneros 1 (33 m<sup>3</sup>/h/m.). Por su parte los caudales de bombeo son variables entre 3 y 400 m<sup>3</sup>/h. de acuerdo a las necesidades de explotación, encontrándose entre los más explotados la, Finca Ottino-Graneros (400 m<sup>3</sup>/h), La Invernada 1 (350 m<sup>3</sup>/h) y Va. Graneros 1 (360 m<sup>3</sup>/h).-

#### Calidad del agua subterránea

Los análisis químicos de los pozos seleccionados han permitido realizar una caracterización de las aguas de la zona, que presentan una evolución química normal en el contexto de la circulación regional.-

Tomando como base la concentración de residuo seco se puede dividir el área en cuestión en tres zonas a saber: Zona A: con valores de residuo seco mayores de 500 mg/l. Incluye la zona pedemontana con los pozos Colonia 10 - Santa Ana, Alberdi, La Cocha, Rumi Punco, etc., cuya salinidad se debe a la proximidad de las sedimentitas terciarias.-

Zona B: con valores normales de residuo seco, entre 150 y 400 mg/l. Incluye la zona de El Sacrificio, Villa Belgrano, Puesto Nuevo y Pueblo Viejo, donde las aguas son de buena calidad con valores normales de salinidad debido a que circulan por sedimentos cuaternarios arenosos, permeables y no salinos.-

Zona C: Con valores de residuo seco mayores de 400 mg/l. Se ubica al este de la anterior incluyendo los pozos de Campo Grande, Talamuyo, Graneros, etc. El incremento de salinidad se debe a que las aguas circulan por sedimentos cuaternarios limo-arcillosos.-

### CONCLUSIONES

- 1.- Analizando el ambiente hidrogeológico de la zona tabacalera de Tucumán, observamos que de acuerdo a las características litológicas del Cuaternario se encuentran formaciones en el subsuelo aptas para el almacenamiento de aguas subterráneas.-
- 2.- La precipitaciones del área montañosa en el orden de los 1.200 mm. anuales permiten la formación de importantes cauces superficiales permanentes y aseguran una recarga adecuada a los acuíferos profundos.-
- 3.- El agua subterránea es químicamente apta para ser utilizada para riego; son particularmente de muy buena calidad las aguas de la zona B del mapa hidrogeológico, que incluye las localidades de Villa Belgrano, El Sacrificio, Pueblo Viejo, etc.-

### RECOMENDACIONES

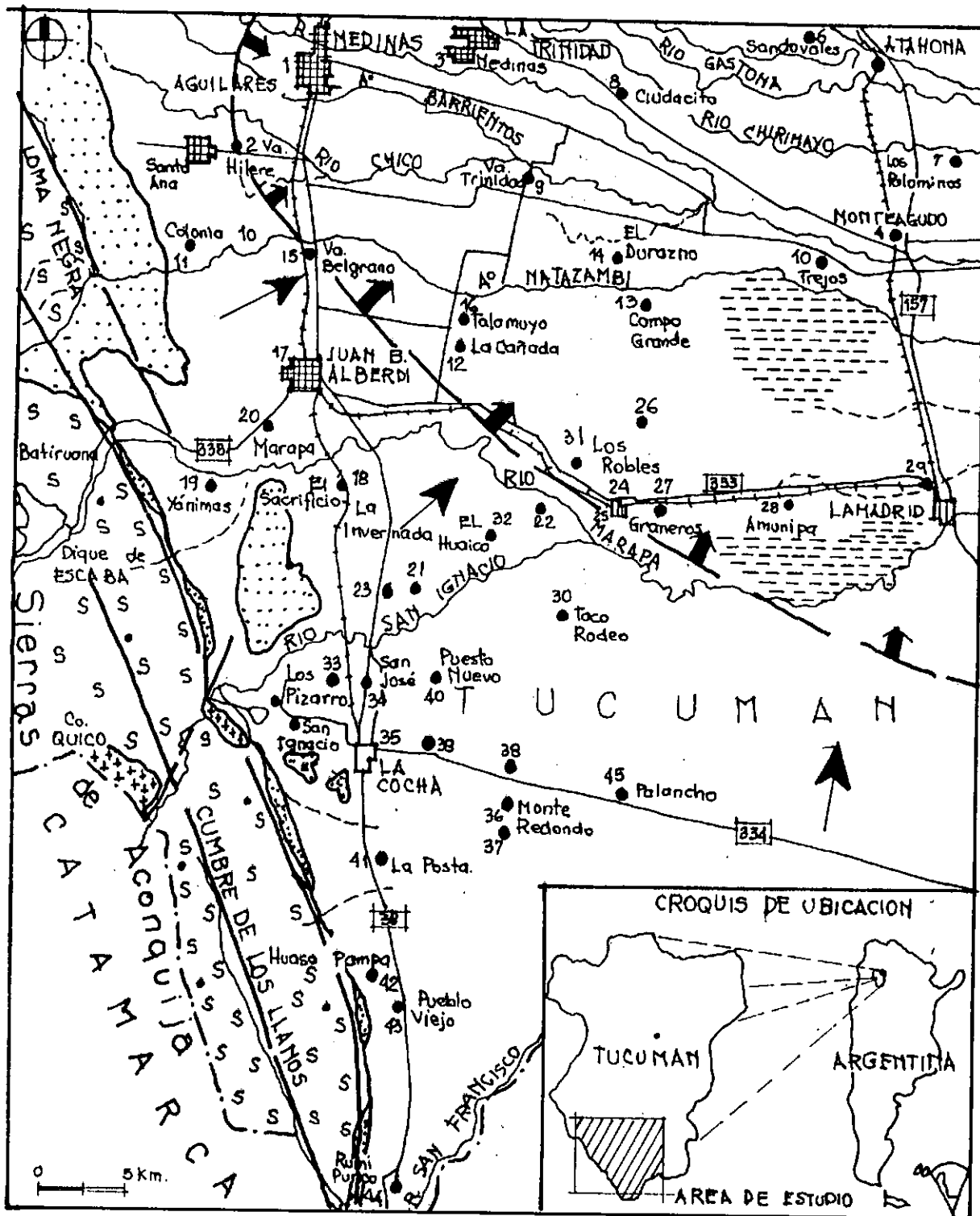
El área estudiada, donde se desarrolla la mayor extensión del cultivo de tabaco de Tucumán, se encuentra cubriendo una importante superficie de la cuenca hidrogeológica de la llanura tucumana; por ello consideramos de gran interés la ejecución de perforaciones para la explotación de aguas subterráneas, como fuente alternativa para riego, para ello recomendamos:

- 1.- La ejecución de perforaciones del orden de los 200 m de profundidad y un diámetro no menor de 8 a 10" para colocación de equipo de bombeo de gran caudal.-
- 2.- Proveer de un buen aislamiento en las secciones superiores de los pozos que se realicen, mediante la cementación de los mismos a fin de evitar la contaminación superficial; también se debe utilizar el engravado y/o estabilizadores de paredes para los niveles acuíferos.-
- 3.- Después de una limpieza y desarrollo adecuado se debe realizar una prueba de bombeo de por lo menos 72 hs. continuas, con equipos de prueba que permita bajar la sonda del piezómetro para un buen control de los niveles dinámicos y con caudales que permitan determinar el diseño de bombeo definitivo.-















4.- Además se recomienda el control geológico permanente de la perforación, la testificación eléctrica de la misma y el análisis adecuado de las muestras del terreno.-

# MAPA HIDROGEOLOGICO



## REFERENCIAS

-  ciudad  
 12 ● localidad %/pozo n°  
 ruta pavimentada  
 vías ferrocarril  
 río permanente  
 dique  
 bajo salino  
 límite interprovincial.  
 área de surgencia  
 dirección de escurrimiento  
 subterráneo  
 falla  
 contacto  
 LAMINA

## PERFIL GEOLOGICO

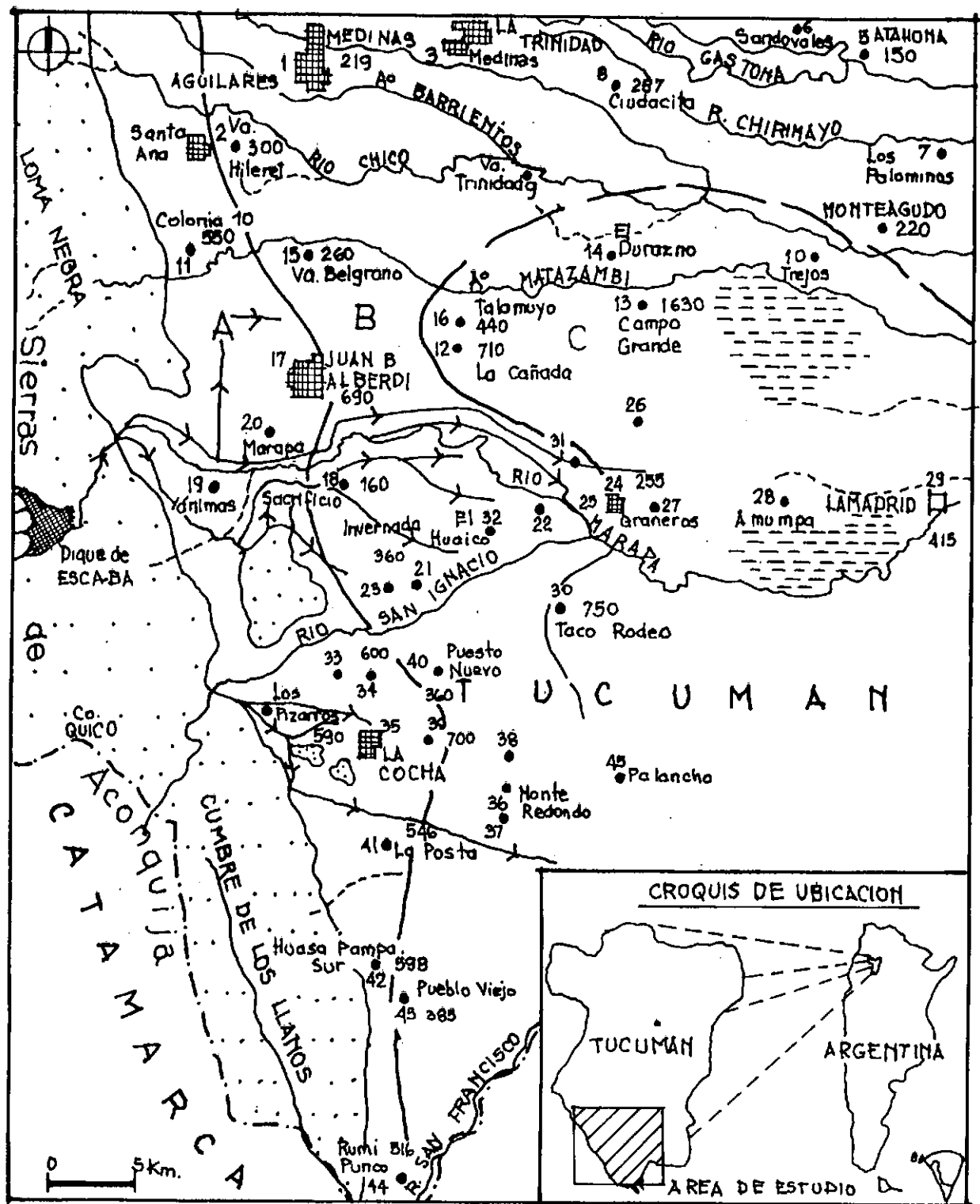
- ☐ CUATERNARIO: arenas, gravas y limos.
- ☐ Terciario: areniscas y interc. de margas, tobas y yeso.
- ☐ CARBONICO MED-SUP: inyecciones acidas.
- ☐ PALEOZOICO INF: cuerpos intrusivos graniticos.
- ☐ s PRECAMBRICO SUP-PALEOZ. INF- metamorf. de mediano a alto grado

## PERMEABILIDAD




- Alta (Primaria)  
Baja ( " )  
Baja ( Second. )

LAMINA 18



# MAPA HIDROGEOQUIMICO



## REFERENCIAS

-  ciudad  
 12.  localidad c/pozo n°  
 • 254 valor de residuo seco(mg/l)  
 - - - - - río temporario  
 ~~~~~ río permanente  
 dique  
 = = = = = bajo salino  
 - . - . - . Limite interprovincial  
 → → → canales de riego

## CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS

- |                                                                                     |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|  | Rocos con permeabilidad primaria elevada. |
|  | " " " secundaria baja.                    |

## Zonas Hidroquímicas

- A- c/valor de Res. Seco > 500  
B- " " " " 150-400  
C- " " " " >400

# MAPA GEOLOGICO DEL SECTOR OCCIDENTAL DEPARTAMENTO LA COCHA - Prov. de Tucumán

## REFERENCIAS

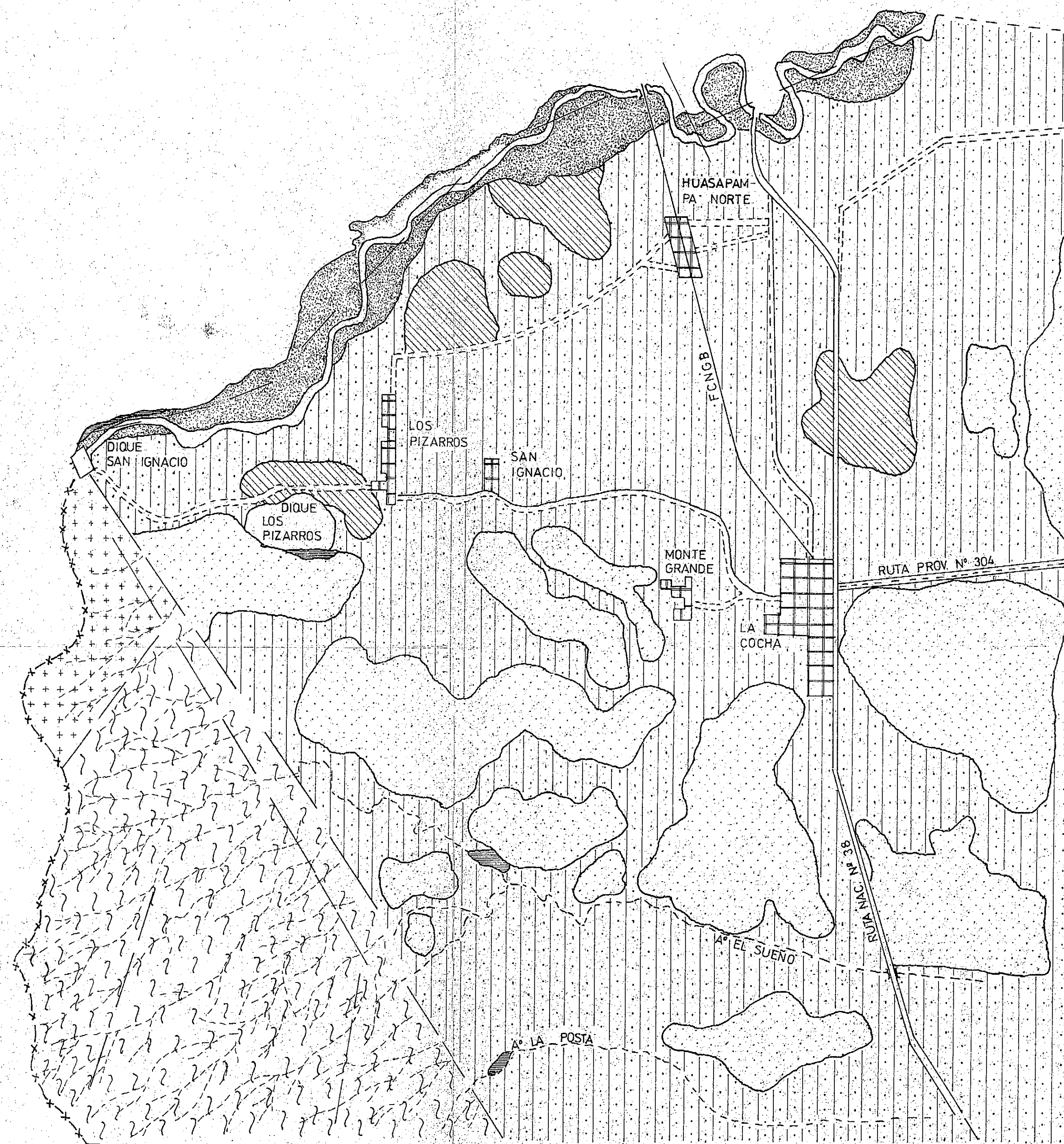
|  | LITOLOGIA                             | FORMAS PREDOMINANTES             | PERIODO               | ERA          |
|--|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------|
|  | GRAVAS Y ARENAS                       | TERRAZAS FLUVIALES               | CUATERNARIO           | CENOZOICO    |
|  | FLUVIALES                             | LLANURA DE INUNDAC.              |                       |              |
|  | LIMOS Y ARENAS                        | GLACIS LATERAL                   |                       |              |
|  | FLUVIOEOLICOS                         | GLACIS DE EROSION                |                       |              |
|  | LIMOS LOESICOS Y MAT. FANGLOMERADICO  | GLACIS CUBIERTO                  | TERCIARIO SUPERIOR    | PALEOZOICO   |
|  | ARENISCAS CONGLOMERADICAS             | ESCARPAS CUBIERTAS               |                       |              |
|  | GRANITOS GRANODIORITAS PEGMATITAS     | SUPERFICIE ESTRUCTURAL DEGRADADA | CARBONICO MEDIO SUP.  |              |
|  | ESQUISTOS CUARZO FELDSPATICO MICACEOS | VERTIENTE DENUDACIONALES         | CAMBRICO PRE-CAMBRICO | PROTEROZOICO |

## TOPOGRAFIA

|  |                      |  |                           |
|--|----------------------|--|---------------------------|
|  | RUTA NACIONAL        |  | POBLACION                 |
|  | RUTA PROVINCIAL      |  | RIO PERMANENTE            |
|  | CAMINO SECUNDARIO    |  | RIO TEMPORARIO            |
|  | CAMINO VECINAL       |  | LMITE DEL AREA DE ESTUDIO |
|  | PUENTE               |  | DIVISORIA DE AGUAS        |
|  | VIAS DEL FERROCARRIL |  | CONTACTO                  |

## TECTONICA

|  |                                |
|--|--------------------------------|
|  | FALLA INFERIDA: (a) LABIO BAJO |
|  | RUMBO Y BUZAMIENTO             |

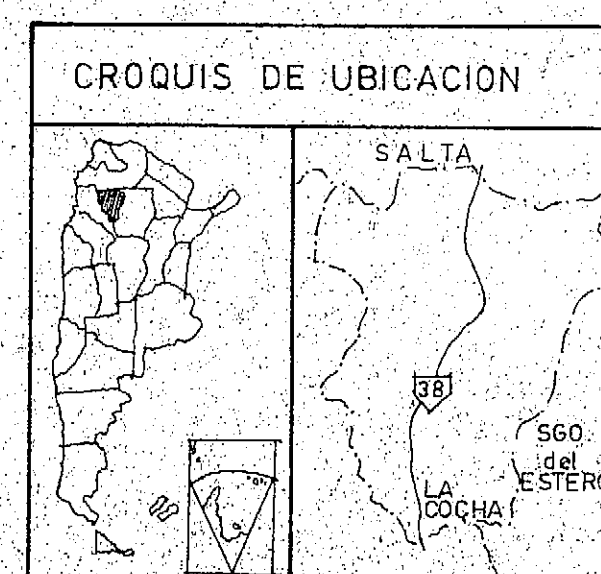


BASE PLANIMETRICA: Fotografias aereas a escala 1:50.000  
relevadas por la Empresa Spartan Air Service año 1972  
Hoja Geologica 13e (Villa Alberdi) año 1950

ESCALA APROXIMADA : 1: 28000

ESCALA GRAFICA

0 1 2 km



MARIA ELENA PUCHULU  
Fac. de Ciencias Nat. e Inst.  
Miguel Lillo U.N.T. 1987

## B I B L I O G R A F I A

- Associazione Italiana di idronomia, 1983. "Manual para el diseño de diques de corrección de torrentes".-
- Bloom, A.L., 1974. "La superficie de la tierra". Ediciones Omega.-
- Bossi, G., 1967. "Geología y estratigrafía del Valle de Choromoro (Tucumán)". Tesis Escuela Univ.de Ciencias Naturales del Instituto Miguel Lillo de la UNT. Acta Geol.Lilloana 10-2-17-64.-
- Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán, 1984. "Geología de Tucumán".-
- Depetris, P.J., 1968. "Algunas consideraciones sobre la velocidad de la erosión en la República Argentina". Revista de AGA.-
- Díaz Rueda, O., 1970. "Plan de Estudios integrados de la Cuenca Río Salí-Dulce". Comité de la cuenca ríos Dulce-Salí.-
- Eremchuk, J.D.; Mon, R., Suayter, L. y Zossi, M., 1981. "Sismicidad y Tectónica de los Andes del Norte Argentino". Asoc.Geol.Argentina. Rev. 36(2); 197-203.-
- Ferreiro, V.J., 1969. "Algunas observaciones sobre la tectónica cuaternaria de Tucumán". Inédito.-
- González Bonorino, J., 1950. "Descripción geológica de la Hoja 13e Villa Alberdi-Provincia de Tucumán". Bol. n° 74. Dirección Nac.de Minería.-
- González Bonorino, J., 1951. "Descripción geológica de la Hoja 12e Aconquija". Bol. n° 75. Dirección Gral. de Minas, Geol. e Hidrología.-
- Kousal, M.I.; Malizzia, D. y Suayter, L.E., 1984. "Estudio microtectónico del Basamento de la Sierra de San Javier-Provincia de Tucumán". Actas IX Congreso Geol. Argentino; 218-231, San Carlos de Bariloche. Bariloche.-
- Moreno, J.P., 1971. "Estudio geomorfológico y fotogeológico de las inundaciones en Tafí Viejo, Provincia de Tucumán". Seminario. Fac.Cs.Naturales de la UNT.-

- Moreno, J.P., 1974. "Un problema de geología aplicada: las inundaciones y la erosión hídrica en Tafí Viejo, Tucumán". Misceláneas n° 50. Fundación Miguel Lillo.-
- Moreno, J.P., 1978. "Reconocimiento geológico quebrada río de las Piedras". Inédito.-
- Moreno, J.P., 1986. "Erosión hídrica de los suelos de las serranías de San Javier y cumbres del Taficillo..Sus consecuencia". Inédito.-
- Moreno, J.P., 1986. "Reconocimiento geomórfico-hidrológico de la cuenca del río de Las Piedras (Dpto. Tafí Viejo, Provincia de Tucumán). Definición cualitativa y cuantitativa de sus características". Inédito.-
- Moreno, J.P., 1986. "Contribución al conocimiento de la geomorfología e hidrogeología de la vertiente oriental de la Sierra de San Javier: cuencas de los Arroyos. "Las Víboras" y "El Cedro", Dpto. Tafí Viejo. Provincia de Tucumán".-
- Mon, R. y Urdaneta, A., 1972. "Introducción a la Geología de Tucumán". Rev.Asoc. Geol. Argentina. XXVII,3, pág. 309-329.-
- Mon, R.; Suayter, L.E., 1973. "Geología de la Sierra de San Javier (Provincia de Tucumán)". Acta Geol. Lilloana 12,10:155-168. Tucumán.-
- Porto, J.C., 1965. "Geología del extremo norte de la Sierra de San Javier, Provincia de Tucumán". UBA. Inédito.-
- Porto, J.C., 1970. "Geología de las cumbres de Taficillo, Sierra de San Javier septentrional. Provincia de Tucumán". UBA. Inédito.-
- Porto, J.C., 1980. "Geología de las cumbres de Periquillo. Provincia de Tucumán". Fac.Cs.Naturales de la UNT. Inédito.-
- Rabsium, S., 1960. "Introducción a la hidrogeología de Tucumán". Fac.Cs.Exactas y Tecnología de la UNT. Pub. 821. Tucumán.-
- Reyes, F.C.; Salfity, J., 1973. "Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) del NW argentino". Actas V Congreso Geológico Ar-



- gentino, 3:355-385. Bs.As.-
- Ruiz Huidobro, O.J., 1966. "Contribución a la Geología de las cumbres calchaquies y Sierra del Anconquija (Tucumán-Catamarca)". Acta Geol.Lilloana 8:215.-
- Ruiz Huidobro, O.J., 1972. "Descripción geológica de la Hoja 11e Santa María". Bol. 134 Serv.Nac.Min.Geológico. Bs.As.-
- Stappenbeck, R., 1916. "El agua subterránea en el cono de deyección de Tucumán". Bol. Casa de Gobierno n° 5. Tucumán.-
- Stappenbeck, R., 1921. "Estudio geológico e hidrogeológico en la zona subandina de las provincias de Salta y Tucumán". An.Min.Agric.Sec.Geol.Minería, 14 n° 5:1-135.-
- Shields, F.D., 1987. "Environmental features for flood control channels. Department of the Army. US. Army Corps of Engineers.-
- Strahler, A.N., 1981. "Geografía física". Ediciones Omega.-
- Suayter, L.E., 1967. "Geomorfología estructural de la Sierra de San Javier". Fac. Cs.Naturales de la UNT. Inédito.-
- Suayter, L.E., 1984. "Relaciones entre la sismicidad y tectónica del Norte Argentino". Tesis Doctoral, Fac.Cs.Naturales UNT.-
- Suayter, L.E., 1986. "Interacción entre el medio ambiente geológico y las obras de Ingeniería". Rev. A y C n° 45:16-17.-
- Suayter, L.E.; Díaz Taddei, R.; Kousal, M.I.; Viruel, M., 1987. "Estructura del sector central de la sierra de Narvãez-Catamarca y Tucumán". Rev.Inst.Geol. y Min. de Jujuy, n° 7:11-20.-
- Suayter, L.E., 1988. "Mapa geotectónico de la Provincia de Tucumán". CONICET, D.P.M., Fac.Cs.Naturales UNT y ASAGAI. Inédito.-
- Urdaneta,,A. y Valoy, J.C., 1984. "Problemas de deslizamientos de Taludes en el camino San Miguel de Tucumán-San Javier". IX Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche. Río Negro.-

- Torres Bruchmann, E., 1978. "Las clasificaciones climáticas de Köppen y Thornawaite".  
Serie Didáctica n° 48. Fac.Agron. y Zootecnia UNT.-
- Zuccardi, R.; Fadda, G., 1972. "Mapa de reconocimiento de suelo de la Provincia de Tucumán". Rev.Agron. NW Argentino IX (2):329-345. Tucumán.-
- Zuccardi, R.; Fadda, G., 1985. "Bos quejo agrológico de la Provincia de Tucumán".  
Misc. n° 86. Rev.Agron. NW Argentino. Tucumán.-