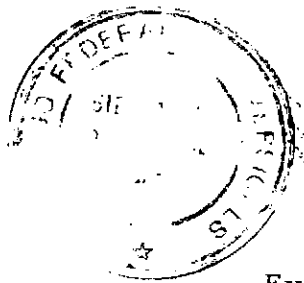


35731



Contrato de Obra

Expte. 1554

Experto: Doctor en Geología LUIS EDUARDO SUAYTER

Proyecto:

"ORIGEN Y DESARROLLO DEL SISTEMA URBANO DE  
LA PROVINCIA DE TUCUMAN"

Subproyecto 1:

"USO DEL SUELO. FACTORES DE RIESGOS GEOLOGICOS  
Y DETERMINACION DE CUENCAS Y SUBCUENCAS"

TOMO 1

OX 12  
532  
11

San Miguel de Tucumán, 25 de Septiembre de 1990.-

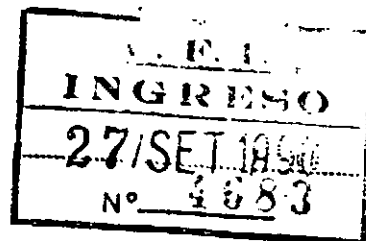
Señor

Secretario del Consejo Federal de Inversiones

Ing. JUAN JOSE CIACERA

San Martín Nº 871

1004-Buenos Aires



Tengo el agrado de dirigirme a Vd. a los efectos de remitirle la Segunda Parte del Subproyecto Nº 1, "Uso del Suelo. Factores de Riesgo Geológico y Determinación de Cuencas y Subcuencas de la Provincia de Tucumán".

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para saludar a Vd. muy atentamente.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Luis Suárez', written over a horizontal line.

LUIS SUÁREZ

## PLAN DE TRABAJO - 2 da. ETAPA

2. Análisis de la aptitud física y problemática ecológica de los Departamentos de La Cocha y Tafí Viejo.-
  - 2.1. Levantamiento del riesgo geológico vinculado a potencialidad económica de los Departamentos citados.-
  - 2.2. Estudios hidrogeológicos: problemática aluvional e inundaciones. Caracterización de cuencas, microcuencas y dinámica relacionada con la meteorología.-
  - 2.3. Zonificación según requerimientos de irrigación. Aguas subterráneas.-
  - 2.4. Estudios geológicos y geomorfológicas exploratorios a nivel provincial y de las áreas específicas de trabajo.-

### Colaboradores

Lic. Juan Pedro Moreno (Geólogo)

Sr. Fernando Lacosegliaz (Dibujante)

## I N D I C E

### Página

1	Introducción.-
3	Departamento Tafí Viejo. Geología.-
8	Informe Geomorfológico.-
13	Riesgo Geológico. Características mecánicas e hidrogeológicas de los terrenos de la vertiente oriental de las Cumbres de Taficillo y llanura aledaña.-
21	Las inundaciones y la erosión hídrica en la vertiente oriental de las Cumbres de San Javier y Cumbres de Taficillo.-
29	Tafí Viejo: Características Agrológicas.-
35	Departamento La Cocha. Geología.-
48	Informe Geomorfológico de la zona Sur de Tucumán.-
54	Riesgo Geológico. Región de alta Montaña y Media Cuenca. Región del Piedemonte.-
60	Hidrogeología.-
72	Hidrología.-
77	Río San Ignacio.-
81	Río San Francisco o Huacra.-
84	Pequeños Arroyos de Régimen Estacional.-
87	Conclusiones.-
90	Bibliografía.-

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

El fin de este trabajo es reconocer las características geomórficas - hidrológicas de los terrenos de los Departamentos Tafí Viejo y La Cocha y evaluar los procesos que provocan el deterioro de las cuencas con el fin de proponer, en una posterior etapa, las medidas de corrección que estimamos necesarias.-

El uso de las aguas subterráneas en el Departamento de La Cocha es primordial para la provisión a las poblaciones y a las numerosas fincas agrícolas, ya que solo se dispone de aguas superficiales en las inmediaciones de los ríos Marapa, San Ignacio y en mucha menor escala, en el San Francisco - Huacra.-

La ciudad de La Cocha debe usar este recurso.-

Es muy diferente la situación en Tafí Viejo, en donde hay numerosos ríos de régimen permanente y con caudales, que sin ser extraordinarios, satisfacen las necesidades de la población y permiten el riego de los campos.-

Debe mencionarse que en este Departamento no se ha sistematizado aún el riego de las fincas. La Dirección Provincial de Irrigación recién está empezando a trabajar en la zona.-

En el área serrana existen pocas explotaciones agropecuarias de importancia, que usan rudimentarias obras de captación y conducción de las aguas, o practican agricultura de secano.-

El uso de los arroyos de la vertiente oriental de las Cumbres de Taficillo como fuente de provisión de agua a la ciudad de San Miguel de Tucumán se inició en 1898, con obras de captación en los arroyos Tafí, Cainzo, Inta Yacu, Víboras, Cedro, La Cañas y Las Piedras. Las siete tomas suministraban durante un período anual de diez meses un caudal de doscientos litros por segundo, que se reducía durante los meses más secos a cincuenta litros.-

La deforestación de las vertientes serranas provocó la disminución de los caudales disponibles. En 1946 se llegaba a captar doscientos litros en contadas ocasiones.

nes; dos o tres veces al año como máximo; volumen que en épocas de sequías intensas disminuía a treinta litros por segundo.-

Antiguamente las aguas eran cristalinas casi todo el año, en cambio en 1946 se enturbiaban frecuentemente, obligando a una limpieza continua de las galerías filtrantes, lo que incrementaba los costos de explotación.-

Actualmente la Toma del Arroyo Tafí abastece a Tafí Viejo; las que aún están en servicio en las otras quebradas alimentan la planta potabilizadora y distribuidora de DIPOS, en Muñecas.-

Numerosas galerías filtrantes ubicadas en los arroyos que se mencionó y las tomas de los arroyos Frontino, El Naranjo, Río Muerto, Hortensia, El Paraíso, El Portezuelo y La Cordobesa, de la Sierra de San Javier, producen  $643 \text{ m}^3/\text{hora}$ , que equivale al 5.17% del abastecimiento al Gran San Miguel de Tucumán.-

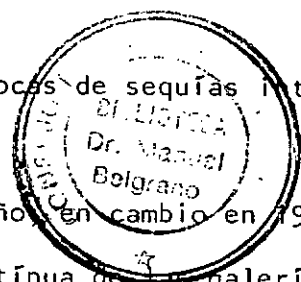
La provisión de agua se complementa con numerosos pozos semisurgentes.-

El sector Tafí Viejo - Villa Carmela - Cebil Redondo - San José, con una población de 51.000 habitantes y un consumo anual de 4.327,883 metros cúbicos, se abastece de las tomas de la Sierra y de diez pozos.-

Las crecidas de los torrentes con su secuela de erosión y acumulación de aluviones, es un problema de vieja data en el pie de monte y la llanura taficeña. Son una consecuencia de la deforestación y las malas prácticas agrícolas que se realizan en el sector serrano.-

La susceptibilidad de La Cocha y Tafí Viejo a movimientos sísmicos y catástrofes geológicas depende de las condiciones estructurales, geotécnicas y del tipo de suelo de dichos Departamentos. Ambos se encuentran ubicados en la llanura pedemontana: Tafí Viejo en el pedemonte húmedo y perhumedo y La Cocha en el pedemonte subhúmedo seco, lo que le confiere diferentes características y posibilidades en lo referente al uso del suelo.-

En los mapas que acompañan al trabajo se ha volcado las observaciones de campo y de toda la información resultantes de nuestra tarea de investigación y reconocimiento.-



DEPARTAMENTO TAFI VIEJO

## DEPARTAMENTO TAFÍ VIEJO

### GEOLOGIA

#### Introducción

Los núcleos de los cordones montañosos del Departamento Taffí Viejo están formados por rocas metamórficas que evolucionaron a partir de sedimentos marinos, depositados durante el Precámbrico-Cámbrico y que luego sufrieron los efectos de los agentes del metamorfismo y tectonismo que lo llevaron a las condiciones actuales.-

Apoyados en este complejo metamórfico, encontramos una cubierta sedimentaria que se adosa a las bases de las sierras y se extiende ampliamente hacia los niveles inferiores de los valles.-

#### Basamentos Metamórficos (Formación Medina)

Las rocas que integran la Formación Medina son pizarras, filitas, metagrauvascas y cuarcitas, observándose en algunos lugares una marcada interestratificación rítmica de niveles psamíticos y pelíticos.-

En el extremo Norte de la sierra de San Javier, que recibe el nombre de Cumbres del Taficillo, la roca predominante es una filita pizarrosa de color gris, constituida principalmente por un agregado microgranular de cuarzo y sericita.-

Kousal, Malizzia y Suayter, (1984) mediante un estudio de microtectónica determinaron tres juegos de clivajes en la sierra de San Javier, factor predominante de los derrumbes y deslizamientos ya que constituyen direcciones privilegiadas de movimientos en épocas de fuertes lluvias.-

Suayter (1988), en base a la característica geotécnica, define a este macizo como frágil, teniendo en cuenta principalmente su microestructura, espaciamiento de las fracturas, resistencia a la compresión simple y ángulo de fricción interna, en base a ensayos realizados.-

Esta situación reviste un carácter de particular gravedad en la estabilidad de taludes, ya que los esfuerzos cortantes se ven facilitados por el alivio o re-



moción del paquete lateral rocoso. En el caso particular del flanco oriental de la sierra de San Javier, la roca, en algunos lugares está verticalizada y replegada por la acción de una gran falla regional que corre a lo largo de la base de la misma.-

Los derrumbes y deslizamientos se dan con mayor frecuencia en la dirección noroeste, puesto que esta es la dirección predominante de dos juegos de clivajes ( $S_1$  y  $S_2$ ).-

### Cubierta Sedimentaria

#### Estratigrafía del Grupo Salta

##### Sub-Grupo Pirgua (mesozoico)

Este sub-grupo integrado por la formación La Yesera (Reyes y Salfity, 1973), presenta en su nivel basal una brecha rojiza de poca compactación con predominio de clastos del basamento metamórfico, dentro de una matriz areno-limosa-ferruginosa.-

Su espesor es variable, de alrededor de unos 6 metros, en los niveles cumbreles de la sierra de San Javier, mientras que en El Cadillal, supera esa potencia.-

En nuestra zona de estudio la secuencia se continúa con una sucesión ligeramente superior al centenar de metros de una arenisca fina a mediana, con acentuada cementación carbonática, que le imprime un carácter casi marmóreo, de fácil y buen pulimiento, que agregado a sus rasgos de colores y listamientos o bandeados y puntamiento de contraste, las hace aceptables como rocas de aplicación ornamental.-

##### Formación Las Curtiembres (Reyes y Salfity, 1973)

Es la menos extensa del Sub-grupo Pirgua, habiendo sido señalada en una reducida porción del sector noroccidental del Departamento Taíí Viejo.-

Se adosa en discordancia sobre el basamento, al pie de la ladera oriental de las Cumbres Calchaquies, y se caracteriza por las formas piramidales causadas por la erosión; en su composición alternan areniscas de grado medio a grueso con conglomerados, en camadas de variable espesor, y conglomerados cuya potencia supera

la decena de metros.-

#### Formación Los Blanquitos (Reyes y Salfity, 1973)

Le sucede concordantemente a la entidad anterior, o en hiato a la formación La Yesera, y en algunos casos apoyada discordantemente sobre el basamento.-

Su base está constituida por un conglomerado polimíctico que incluye clastos de la formación La Yesera, y cuarcitas del Paleozoico Inferior. En sucesión continúan areniscas gruesas conglomerádicas intercaladas con niveles conglomerádicos. Su color es rosado con tonalidades rojizas a blanquecinas, con una sedimentación carbonática muy localmente concentradas.-

#### Espesor del Sub-Grupo Pírgua

En el área de estudio el espesor de este Sub-Grupo varía entre los 220 m. a 250 m.-

#### Edad del Sub-Grupo Pírgua

En base a dataciones radimétricas, la edad se sitúa entre Cretácico Medio a Superior.-

#### Terciario Subandino

#### Formación Río Nío (Mon y Suayter, 1973)

Aflora en una pequeña faja inmediatamente al sur del Río Vipos, en el rincón N.O. de la zona estudiada; también sobre su borde occidental y en el sector austral, formando una cuña cuyo límite oriental está marcado por una falla.-

Está constituida por un miembro inferior de areniscas gruesas y microconglomerádicas, sumamente friables, en las cuales predominan los colores rosados y blanquecinos, a veces con manchas verdes. La estratificación es poco visible, presentándose en bancos que alcanzan o sobrepasan el metro. El miembro superior se caracteriza por una sucesión de lutitas verdes, margas amarillentas y areniscas finas blanquecinas intercaladas, con estratificación bien marcada en banquitos delgados de 2 a 10 cm. de espesor.-

Espesor: Aproximadamente 300 metros.-

Edad: Terciario Inferior.-

Formación Río Salí (Ruiz Huidobro, 1970)

Es la unidad de mayor distribución areal en la zona de estudio, en especial su miembro inferior. Dada la gran extensión de los afloramientos de este miembro, rico en yeso, las manifestaciones de este mineral son abundantes y llamativas en toda el área, ubicándose en la localidad de Tapia los lugares donde puede realizarse una explotación económica en las actuales condiciones del mercado.-

En esta formación los materiales predominantes son limolitas rojas, arcillo-arenosas.-

Porto (1970) distinguió dos miembros: El inferior, denominado El Ojo, está constituido por limolitas rojas con abundantes intercalaciones de evaporitas, especialmente yeso y calizas oolíticas, y el superior, denominado La Aguadita, formada por limolitas rojas, con intercalaciones de bancos de tobas grises y de lutitas verdes.-

Los bancos de yeso intercalados presentan espesores que varía entre pocos centímetros a los dos metros.-

La formación Río Salí se superpone en concordancia a la Formación Río Nío, y está cubierta también en concordancia, por la Formación India Muerta.-

Espesor: En el área estudiada presenta un espesor aproximado de 750 m.-

Edad: Se le atribuye una Edad Miocena-Pliocena (Ruiz Huidobro, 1970).-

Formación India Muerta (Bossi, 1979)

Se encuentra solo en el sector nororiental de nuestra zona de estudio.-

Está representada por limolitas pardas y areniscas grises, algo conglomerádicas, con intercalaciones de lutitas verdes. Tiene una estratificación poco marcada en bancos de espesor superior a un metros. En los bancos arenosos se observa estratificación cruzada bien desarrollada.-

Espesor: Bossi (1979), midió un espesor de 700 m.-

Edad: Se le atribuye Edad Pliocena.-

Cuaternario

Los depósitos cuaternarios responden a distintos elementos geomorfológicos: terrazas de río, depósitos de glaciares que se asientan sobre superficie tabulares previamente talladas sobre las rocas preexistentes, y grandes conos de deyección.-

Estos elementos alcanzan mayor desarrollo en el borde occidental del área, que forma parte del pie de monte de las Cumbres Calchaquíes y Sierra de San Javier.-

Son sedimentos conglomerádicos con selección pobre, la mayor parte de los rodados están constituidos por ectinitas del basamento, cuarzo y aisladamente, rocas graníticas. Son el producto de una intensa reactivación tectónica ocurrida en el Pleistoceno. Cubre discordantemente a todas las unidades anteriores.-

## INFORME GEOMORFOLOGICO

MATERIALES Y METODOS: Se interpretaron cuatro imágenes satelitarias SPOT, falso color a escala 1:100.000 de Setiembre de 1986. Se consultó la siguiente bibliografía:

- Camino, M., 1988: "Estratigrafía y evaluación paleoambiental durante el período Cuaternario del valle de La Sala, provincia de Tucumán". Seminario, inédito, Fac. Cs.Nat. e I.M.L., UNT.-
- Raimondi, D., 1988: "Geología del Cuaternario y paleogeomorfología del sector nor-oriental de la Sierra de San Javier". Seminario, inédito, Fac.Cs.Nat.e I.M.L.,UNT.
- Sayago, J., 1984: "Suelos". Capítulo del libro Geología de Tucumán. Publ.esp. Colegio de Geólogos de Tucumán.-
- Sayago, J., Ratto, L. y Collantes, M., 1984: "Geomorfología". Capítulo del libro de Geología de Tucumán. Publ.esp. del Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán.-
- Zuccardi, R. y Fadda, G., 1985: "Bosquejo agrológico de la Provincia de Tucumán". Miscelanea n° 86, Publ. de la Fac. de Agronomía y Zootecnia de la U.N.T.-

### Geomorfología

En el área de estudio, que corresponde a la vertiente oriental de las Cumbres del Taficillo-Sierra de San Javier y la zona montañosa del oeste, se encuentran las siguientes regiones geomorfológicas:

- I.- Región montañosa
- II.- Región pedemontana
- I.- Región montañosa

Corresponde al límite occidental del área de estudio, constituyendo las últimas estribaciones meridionales de las Cumbres Calchaquies. Se destacan entre los cordones orográficos: Cumbres del Taficillo, Sierra de San Javier, Lomas Montuosas, Cumbres del Periquillo, Filo de Mala-Mala, entre otros.-

Presenta una litología muy variada que va desde el basamento metamórfico, sedi

mentos cretácicos, terciarios hasta sedimentos de edad cuaternaria. El basamento se encuentra afectado por numerosos juegos de fallas presentando por esto, los ríos un marcado control estructural, en general tienen un diseño de drenaje subdenudático a subparalelo.-

Entre los ríos se destacan: río San Javier, río de la Hoyada, río de la Ciénaga y río de la Tabla, que al confluir conforman el río Lules, que atraviesa el piedemonte y la llanura tucumana hasta confluir con el Río Salí.-

## 11.- Región Pedemontana

Se encuentra al oriente del área de estudio. Sus alturas varían desde los 450 m. hasta los 600 m.s.n.m. y se trata de una superficie plana a suavemente ondulada inclinada hacia el SE. Sobresalen en este relieve elevaciones erosionadas, que constituyen un relieve de cuesta y que son producto de la disección del sustrato terciario. Este remanente terciario se encuentra afectado por la dinámica fluvial, que origina valles de fondo plano.-

### Unidades geomorfológicas

En el área de estudio se reconocen las siguientes geoformas:

- Formas de origen estructural-denudativo: Dentro de estas formas se destacan las superficies cumbrales degradadas y las vertientes denudacionales. Las primeras se encuentran en las áreas cumbrales y están afectadas por procesos de erosión hídrica. Por razones de escala no se las indica en el correspondiente mapa. Las vertientes denudacionales desarrolladas, tanto sobre el basamento como sobre sedimentos cretácicos y terciarios, constituyen la mayor parte del área de estudio. Están afectadas por importantes procesos de erosión hídrica y de remoción en masa.-
- Formas de origen fluvial
- Abanicos aluviales: Son formas que se ubican inmediatamente a la salida de los ríos que bajan de las Cumbres del Taficillo-Sierra de San Javier. Litológicamente están constituidos por fanglomerados compuestos en su mayor parte por metamorfitas, provenientes de las zonas montañosas.-

Las dimensiones de los abanicos son variadas y están en función del tamaño de la cuenca de aporte, y de las características de los torrentes. La mayoría de los abanicos están en la actualidad inactivos, lo que se evidencia por el desarrollo pedogenético de sus superficies con la consiguiente actividad agropecuaria. Se encuentran afectados por procesos de carcavamiento y por barrancos y por erosión laminar. Algunos abanicos coalescen entre sí.-

Si bien sólo se han indicado en el mapa los abanicos adosados al cordón montañoso, Tineo y Galindo (1987) indican que las ciudades de San Miguel de Tucumán y de Tafí Viejo se encontrarían sobre un gran abanico aluvial. Por falta de mayor información se prefirió no indicar tal aspecto en el mapa.-

- Depresión entre abanicos aluviales: Son superficies cerradas que se forman cuando dos abanicos se unen lateralmente, desarrollando superficies más bajas que los abanicos que las constituyen y en general presentan una forma triangular. Se ubican en el piedemonte de las Cumbres del Taficillo y Sierra de San Javier.-

- Terrazas fluviales: Dada la escala y las características del área montañosa, los niveles de terraza son difíciles de visualizar. Camino (1988) indica un nivel de terraza en el valle de La Sala y en el río Potrerillo, pero su identificación es dificultosa, razón por la cual no se las indica en el mapa.-

En la salida del río Muerto en la zona pedemontana, se observa un nivel de terraza bastante limitado en su desarrollo.-

Otros niveles se observan en el Río Salí. Se indican tres niveles bien diferenciados (T1: más viejo y T3: más reciente) y cuarto (T1a) que correspondería a un nivel anterior al T1. Son terrazas simétricas, producto de un río meandriforme y con procesos de erosión lateral de cauce y de carcavamiento.-

- Formas de origen denudativos

- Glacís de erosión: Se identificaron dos niveles, uno superior y más antiguo y otro inferior y mas reciente. El glacís de erosión superior se encuentra en el área montañosa (piedemonte oriental de las Cumbres del Periquillo-Lomas Montuosas, piede

monte del cordón montañoso de la localidad del Siambón y en el piedemonte oriental del Filo de Mala-Mala).-

Se desarrollan sobre sedimentos cretácicos y terciarios y están afectados por procesos de erosión en cárcavas, principalmente.-

El segundo nivel de glacís de erosión se ubica en el área pedemontana. Cubren una extensa superficie y se han desarrollado sobre sedimentos terciarios-cuaternarios. También están afectados por erosión en cárcavas y por erosión laminar.-

- Glacís cubierto: Son remanentes aplanados de un antiguo nivel desarrollado sobre sedimentos terciarios. Litológicamente están compuestos por material cenoglomerádico de tipo filítico-pizarroso. Se los encuentra en el piedemonte nor-oriental del área de estudio. Los procesos de erosión que predominan son la erosión laminar y en cárcavas/barrancos.-

- Glacís de acumulación: Son paleoformas cuaternarias desarrolladas exclusivamente en la región montañosa. Se los encuentra a ambos márgenes de los ríos San Javier y Potrerillo. Según Camino (1988) su espesor sobrepasa los 10 metros y se han desarrollado sobre una cubierta de materiales cuaternarios integrada por depósitos interestratificados con sedimentos fluvio-aluviales (arenas y fanglomerados).-

- Forma de los valles: La forma de los valles está en directa relación con la litología que atraviesan. Formas en V se observa sobre el basamento en donde predomina el escurrimiento a la infiltración; paulatinamente pasan a valles en U. Valles de fondo plano se desarrollan sobre sedimentos terciarios y cuaternarios.-

- Formas de origen estructural:

- Facetas de fallas: Estas geoformas son remanentes del escarpe que produce el fallamiento del bloque montañoso, erodadas luego perpendicularmente por corrientes estacionales.-

### Morfodinámica

Entre los procesos morfodinámicos que afectan al área de estudio se destacan



la erosión laminar, en cárcavas/barrancos y los procesos de remoción en masa, sumados a la presencia de zonas de anegamiento.-

La erosión laminar y de cárcavas/barrancos afecta a la mayoría de las unidades morfogénicas del área. Respecto de los procesos de remoción en masa, se destaca la existencia de nichos de deslizamientos, la mayoría inactivos. Se los observa exclusivamente en las vertientes denudacionales, sobre rocas metamórficas y cretácicas-terciarias.-

Las zonas de anegamiento se encuentran en el pie de monte correspondiente a depresiones carentes de drenaje donde el agua se estanca.-

También se observan procesos de erosión lateral de cauce en las terrazas fluviales, producto de la dinámica fluvial. En las cercanías de las corrientes de agua, se observan posibles zonas de desborde, ocupados por el agua en épocas de grandes precipitaciones.-

#### SUELOS

Zona montañosa: Eutrochrepts, desarrollados sobre materiales poco alterados, de textura media a fina.-

Zona pedemontana: Pedemonte húmedo y prehúmedo:

Suelos automorfos: Hapludoles fluvénticos

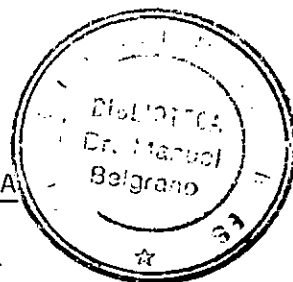
Hapludoles cumúlicos

Argiudoles típicos

Hapludoles típicos taptoárgicos

Fuente: Zuccardi y Fadda (1985)

Sayago (1984)

R I E S G O      G E O L O G I C OCARACTERISTICAS MECANICAS E HIDROGEOLOGICAS DE LOS TERRENOS DE LA  
VERTIENTE ORIENTAL DE LAS CUMBRES DE TAFICILLO Y LLANURA ALEDANAIntroducción

En este tema se definen las características mecánicas e hidrogeológicas de los terrenos del sector serrano, lomadas de pie de monte y llanura aledaña a los mismos y se considera su aptitud para futuras urbanizaciones en la ciudad de Tafí Viejo.-

El análisis de este tópico se presta preferentemente atención a la existencia de las tomas de DIPOS que captan las aguas de escorrentía superficial en algunas quebradas y al hecho de que en gran parte del sector, que constituyen el área de recarga de los acuíferos subterráneos que son alumbrados por numerosas perforaciones en la llanura tucumana.-

La imposibilidad actual de evacuar los efluentes sin contaminar las fuentes de provisión de agua, limita seriamente la posibilidad de permitir asentamientos humanos en el área.-

Consideramos también que las características físicas de las rocas del subsuelo y de las formaciones superficiales, la inclinación de los planos de estratificación de las rocas sedimentarias y la topografía de los terrenos, no son aptas para soportar estructuras de grandes porte, a menos que estén fundamentada su construcción en base a ensayos serios de mecánica de rocas y suelos.-

La frecuencia de las inundaciones en el sector urbano de Tafí Viejo se incrementaría muchísimo si se urbaniza el área de infiltración. La multiplicación de las superficies revestidas crearía un grave problema, pues las carreteras, área pavimentadas, empedradas y compactadas, las techumbres, etc., constituyen sectores en los cuales se produce una escorrentía total y una infiltración nula, y donde el agua de los chaparrones violentos se concentra con rapidez. En las aglomeraciones urbanas las condiciones de flujo se hallan completamente modificadas y los coeficientes de

esorrentía pueden triplicar los de los terrenos agrícolas vecinos; además su régimen es mucho más torrencial. Esto se observa sobre todo durante las tormentas, en que se producen lluvias violentas e intensas.-

No debemos repetir el frecuente error de permitir construir en emplazamientos peligrosos a causa de la actividad de las aguas corrientes por que cuando se advierte el peligro en que se encuentran las obras debe intervenir el Estado para realizar trabajos de protección. Como generalmente solo dispone de recursos limitados deben hacer obras de detalle, locales, que luego se anulan o resultan muy onerosas.-

Salvo casos excepcionales y bien fundamentados técnicamente podría autorizarse a construir en lugares de riesgos geológicos.-

## 11.- Características de las rocas aflorantes en el área

1.- Escombros de pendiente: Se acumulan al pie de las vertientes, generalmente en forma de taludes de escombros, en que se entremezclan grandes bloques (de más de un metro de diámetros) con sedimentos más finos. Su importancia es sobre todo hidrogeológico, porque pueden cubrir y deprimir los exutorios de las napas que cubren, siendo ellos mismos reservorios temporarios.-

2.- Aluviones antiguos: Se encuentran sobre todo en los niveles inferiores de las barrancas; en su composición predominan los bloques, las gravas y las arenas gruesas, con intercalación de arenas finas y limos y, ocasionalmente, arcillas.-

3.- Aluviones recientes: Tapizan casi todos los cauces, especialmente en las cuencas medias y bajas. Cuando los ríos abandonan el macizo serrano, saliendo a la llanura, estos aluviones construyen extensos conos de deyección. Su naturaleza es muy diversa, aunque predominan las gravas, bloques y las arenas permeables y porosas. Forman también extensas planicies de inundación que se extienden al pie de las lomas terciarias del pie de monte.-

Todos estos sedimentos cuaternarios son muy permeables y tienen, generalmente, muy baja dureza (especialmente los más recientes).-

4.- Sedimentos terciarios: En el tramo de la vertiente serrana comprendido entre costas 850 y 675 m.s.n.m., aproximadamente, afloran limolitas, areniscas, arcillitas, margas, lutitas, tobas y finas capas de yeso; integrantes de la Formación Río Salí. En el contacto entre serranía y llanura estas sedimentitas están cubiertas por los conos de deyección y por las llanuras aluviales que se acumularon entre ellos. Las divisorias de aguas entre las distintas cuencas y subcuencas que se extienden desde aproximadamente la mitad de la vertiente serrana hacia el pie de monte están formadas por estas rocas, que, al igual que las componentes del basamento están muy fracturadas y plegadas, por lo que adquieren una permeabilidad secundaria que posibilita que el agua penetre y se deslice por los planos de fractura y de estratificación. Como consecuencia de ese proceso los estratos situados sobre dichos planos pueden movilizarse cuesta abajo, lubricados por el agua que frecuentemente contiene arcilla en suspensión.-

5.- Areniscas conglomerádicas cretácicas: En la cuenca del Arroyo Tafí en un punto de cota 900 m.s.n.m., aproximadamente, existe un corto afloramiento de estas sedimentitas, adjudicada a la Formación Río Loro.-

6.- Basamento cristalino: El zócalo cristalino está formado por rocas de bajo grado de metamorfismo: pizarras y filitas. Afloran extensamente en el área montañosa: en las altas cuencas y en gran parte de las cuencas medias. Como consecuencia de los numerosos ciclos tectónicos que se sucedieron desde la consolidación del macizo montañoso, las rocas quedaron muy fracturadas y plegadas. El basamento tiene elevada dureza y es impermeable, pero como consecuencia de los esfuerzos tectónicos extensos sectores del mismo perdieron la primitiva dureza y adquirieron permeabilidad secundaria.-

### III.- Hidrología

Las corrientes de aguas se clasifican, generalmente, en dos grandes categorías: influyentes y efluyentes. Nos ocuparemos de estas últimas porque los arroyos que

drenan el área considerada en este trabajo pertenecen a esta categoría. En ellas el pelo de agua está por debajo del nivel freático, por lo que reciben aportaciones de agua subterránea de los mantos de agua de las laderas. La recarga de estos acuíferos libres se produce por la infiltración del agua de lluvia en la zona existente entre los arroyos; de este modo los cursos de agua actúan como canales de drenaje natural, descargando el exceso de caudal de los almacenes subterráneos de la misma.-

Distinguimos en los cursos de agua de la zona tres elementos geomórficos diferentes:

- a) lecho menor: ocupado permanentemente por las aguas en los ríos de régimen permanente; conocidos también como canal de estiaje;
- b) lecho mayor estacionario: ocupado casi todos los años por las aguas en sus períodos de crecida; limitado por barrancas bajas;
- c) lecho mayor excepcional: ocupado por las aguas solo en las grandes crecidas, que ocurren muy raramente.-

La diferencia de los tres elementos del lecho está en función de la frecuencia de ciertos caudales, vinculada a las características de cada cuenca y es susceptible de modificarse con los cambios climáticos y por la acción del hombre en la cuenca.-

#### IV.- Infiltración del agua en los distintos tipos de terrenos

##### a) Permeabilidad:

Definición: la capacidad de un terreno de permitir el paso del agua a través de él se llama coeficiente de permeabilidad o permeabilidad.-

Se define como el caudal de agua que se filtra a través de una sección unitaria de terreno, bajo la carga producida por un gradiente hidráulico unidad, estando el agua a una temperatura fija determinada.-

Unidad empleada: metros cúbicos de agua que pasan por día por un metro cuadrado de terreno, a 10 grados C. de temperatura, bajo de un gradiente de un metro por

metro.-

b) Transmisibilidad:

Definición: se define como el caudal que se filtra a través de una faja vertical de terreno, de ancho unidad y de altura igual a la del manto permeable saturado, bajo un gradiente hidráulico unidad, a una temperatura fija determinada.-

Cuantificación: a título de ejemplo, ya que no es posible establecer normas simplistas en el coeficiente de infiltración, que está sujeto a la influencia de factores muy diversos y complejos, transcribimos los valores establecidos por Dardier Pericás (1932) en una tabla de distribución del agua llovida, en función de las características del terreno:

Naturaleza del terreno	Evapor %	Escorrent. %	Infiltrac. %
1. Terreno arcilloso-silíceo con algo de caliza, (tierra de labor), de suave pendiente	45	20	35
2. Terrenos pizarrosos no descompuestos	50	25	25
3. Terrenos pizarrosos descompuestos o con predominio de pizarras arcillosas	50	40	10
4. Aluviones, dominando el cascajo en la superficie del terreno, con poca arcilla	37	5	65

Orden de magnitud de las permeabilidades de los terrenos del área

- 1.- Grava limpia: Permeabilidad en metros por día: 1.000 a 10.000; buen drenaje;
- 2.- Arena limpia, mezcla de grava y arena: Permeabilidad: 1 a 1.000 m/día buen drenaje;
- 3.- Arenas finas, arena arcillosa, mezcla de arena, limo y arcilla:  
arcillas estratiformes: Permeabilidad: 0,0001 a 1 m/día; drenaje mediocre a malo;
- 4.- Arcilla no meteorizada: (características similares al basamento)  
Permeabilidad: 0,0001 a 0,000001 m/día; no drenan.

## V.- Riesgo que entraña la urbanización de la vertiente serrana

1.- Contaminación de las fuentes de provisión de agua: Casi todos los arroyos serranos tienen cauces en planos de fractura de las rocas del basamento o de la cubierta sedimentaria. Si estos no se encuentran cementados, de lo que no existe información, las aguas de los arroyos alimentarían directamente a los reservorios profundos. En consecuencia, la existencia de pozos negros, corrales de animales, efusión de desechos domésticos e industriales, etc., contaminaría el agua de los arroyos, y a la vez, el valioso recurso que son las aguas subterráneas.-

2.- Procesos de remoción en masa de los suelos de las vertientes: Los deslizamientos de tierra se producen cuando una masa de suelo o de roca se desliza por una pendiente por influencia de la gravedad. La velocidad del movimiento varía ampliamente desde un lento movimiento de un centímetro por año hasta un avance de varios metros al día. La velocidad puede variar en el transcurso del tiempo.-

Los suelos arcillosos, como los existentes en amplios sectores del área estudiada, tienen un límite de plasticidad muy bajo, pero pueden soportar construcciones importantes, convenientemente realizadas, cuando están emplazadas sobre superficies planas o poco inclinadas. En cambio cuando forman parte de una vertiente serrana pueden hacerse inestables en ciertas condiciones que se cumplen en determinadas oportunidades. Si los terrenos son algo impermeables, después de lluvias prolongadas la infiltración del agua puede ser suficiente para hacerlos sobrepasar el límite de plasticidad, desencadenándose procesos de soliflucción, que se traducen en un creciente empuje o presión que abre grietas en el terreno; este mecanismo puede actuar en forma discontinua. Las situaciones más peligrosas se producen como consecuencia de fenómenos que no actúan permanentemente y que no son fácilmente discernibles. Por ejemplo, en Tafí del Valle en 1987 persistentes lluvias copiosas provocaron que se rebasara el límite de liquidez de los terrenos y se formaran corrientes fangosas rápidas en los flancos de las colinas de elevado gradiente en la quebrada

del río Blanquito. Varias casas fueron arrastradas. El riesgo que estos fenómenos entrañan es previsible; lo que se ignora es cuando ocurrirá la catástrofe.-

Otro ejemplo a considerar es el de la Ciudad Universitaria de San Javier. Fué construída en terrenos relativamente planos de la divisoria de aguas del cerro; luego de pocos años de habitada se produjeron asentamientos diferenciales del terreno, como consecuencia de deslizamientos en las vertientes serranas. Varias viviendas y "quonset" resultaron seriamente afectados por estos movimientos. También en la zona de Raco y Simabón, varias casas fueron afectadas por la remoción en masa, como también los muros de contención del camino que une Potrero de las Tablas con la primera localidad.-

La lenta reptación de los suelos inclinados de las vertientes es otro mecanismo de remoción en masa que debemos considerar. Su manifestación visible es la inclinación de árboles y postes y el empuje ejercido sobre muros de contención que bordean los caminos. Estas construcciones resultaron fracturadas y desplazadas de sus bases por este lento e insensible movimiento del suelo. Estos procesos de remoción lentos pueden acelerarse subitamente como consecuencia de precipitaciones excepcionales.-

3.- Movimientos sísmicos en el área montañosa, sus consecuencias: No podemos dejar de considerar que nos encontramos en un área del país considerada como de riesgo sísmico, lo que obliga a tomar determinados recaudos en la programación de las construcciones a realizar. Experiencias obtenidas luego de sismos que afectaron a la parte centromeridional de Chile indican que en determinados lugares se producen graves daños, mientras que en otros cercanos los daños son leves. En el primer caso se encuentran las obras fundadas sobre acumulaciones aluviales recientes, sobre todo en los antiguos lechos mayores de los cursos de agua incorporados al espacio urbano. Los aluviones que los componen estaban saturados de agua, lo que fué parcialmente expulsada por las sacudadas; como consecuencia se produjeron asentamientos diferenciales del terreno, haciendo bascular los edificios.-



Las laderas tapizadas de formaciones de vertiente, incluso las que se supone estabilizadas, son muy inestables. Su composición es heterogénea y a menudo está asentadas en los lechos de los cursos de agua. Como consecuencia de los movimientos sísmicos se han desplazado, incluso en vertientes poco empinadas, arrastrando a las construcciones. El efecto puede compararse al de una mesa cuyas oscilaciones provocan el deslizamiento de partículas sueltas.-

También los bordes de las terrazas sufrieron bruscas modificaciones, por razón de las excavaciones causadas por el deslizamiento de las formaciones de pendiente.-

#### 4.- Conclusiones

Se aconseja no construir en lugares que presenten riesgos de inestabilidad, reservándoles para espacios verdes.-

La cantidad y la calidad del agua que se infiltra a los acuíferos subterráneos en el área de recarga, así como la que escurre superficialmente en los numerosos arroyos que drenan la vertiente serrana, resultaría seriamente afectada por los asentamientos humanos en la zona.-

Por lo tanto se impone una planificación seria y responsable sobre el ordenamiento y uso de la tierra en el Departamento de Tafí Viejo.-

## LAS INUNDACIONES Y LA EROSION HIDRICA EN LA VERTIENTE ORIENTAL

### DE LAS CUMBRES DE SAN JAVIER Y CUMBRES DEL TAFICILLO

#### Introducción:

La intensidad que ha alcanzado la denudación de los terrenos de la vertiente serrana se debe a la interacción de una serie de factores que pueden agruparse en dos grandes categorías:

a) Factores intrínsecos

b) Factores extrínsecos

Los factores intrínsecos son:

- elevado promedio anual de las precipitaciones pluviales;
- topografía de los terrenos;
- características estructurales y petrográficas de las rocas.

El único factor extrínseco que se considera en este trabajo es el hombre, responsable de la erosión antrópica, primordial agente de la destrucción de los terrenos.-

#### a) Factores intrínsecos

##### a.1.- Elevado promedio anual de las precipitaciones pluviales:

La estación de Anta Muerta, ubicada en las cercanías de las cumbres de San Javier, registra un promedio de 1.429,9 mm. anuales; Hórco Molle, en el pie de monte de Cumbres de Taficillo, 1.088 mm. El promedio para la vertiente de la sierra es de 1.260 mm. anuales por unidad de superficie. El monto anual para Tafí Viejo, en la llanura, varía entre 900 y 1.200 mm.-

La distribución de las lluvias es muy desigual durante el año, lo que es característica de los climas monzónicos. La discontinuidad influye poderosamente en la conservación de la cubierta vegetal. La precipitación media en el trimestre más caluroso, que comprende los meses de Diciembre, Enero y Febrero, es de 350 a 500 mm., valor que desciende a 25 - 50 mm. en el trimestre más frío, Junio, Julio y

Agosto.-

Los picos de descarga se producen en Diciembre y los mínimos se ubican en el período Junio/Octubre.-

Largos períodos lluviosos, como el estival 1984/85, saturan los suelos, colmando la capacidad de almacenamiento, por lo que las últimas precipitaciones del período húmedo anual producen habitualmente grandes escorrentías superficiales. Cabe mencionar como ejemplo de ésto que las lluvias producidas en Abril de 1985 en Tafí Viejo, cuyo monto superó los 250 mm. fueron muy destructivas.-

#### a.2.-Topografía de los terrenos:

La intensidad con que actúan los procesos erosivos en una cuenca y los caudales máximos de sus ríos dependen esencialmente de la configuración de la misma, es decir de los gradientes de los terrenos.-

Las pendientes longitudinales de los cauces no son elevadas, salvo en las cuencas de recepción de los arroyos. Allí los valles presentan resaltos, que en algunos casos superan los tres metros, causados por desplazamientos diferenciales de los bloques fallados.-

El canal de desagüe concentra los aportes de numerosos afluentes; en él la pendiente es algo menor. En la baja cuenca una brusca disminución del gradiente del lecho provoca el abandono y la consiguiente acumulación de los aluviones de conos aluviales, de cuya coalescencia lateral resultan amplias planicies.-

Las vertientes laterales de las quebradas son mucho más empinadas que sus homólogas longitudinales, superando en algunos sectores el 70%.-

#### a.3.-Características estructurales y petrográficas de las rocas:

El basamento cristalino está formado por rocas de bajo grado de metamorfismo, esencialmente pizarras y filitas.-

Cubierta sedimentaria; entre las sedimentitas que la integran predominan limolitas y areniscas. Los sedimentos cuaternarios más abundantes son gravas y gravillas.

En el pie de monte aumenta la proporción de sedimentos finos, que predominan en la llanura.-

Estos dos grandes grupos de rocas son muy lábiles ante la acción de los agentes de la meteorización. Las rocas del basamento han sufrido tensiones y compresiones de origen tectónico que las fracturaron y plegaron intensamente. Esto posibilita el ingreso de las aguas pluviales al seno de las masas rocosas, que resultan así íntimamente descompuestas. También el agua se introduce en planos de estratificación y/o de fracturación, lubricándolos y facilitando el deslizamiento de los bloques.-

Otra acción importante del agua es la oxidación de los minerales férricos componentes de las rocas, que se transforman en minerales secundarios como la limonita, más frágiles.-

Los gránulos y partículas de las sedimentitas están unidos frecuentemente por cementos calcáreos y arcillosos, que el agua lixivia con relativa facilidad.-

Los procesos de remoción en masa de los sedimentos cuaternarios están también vinculados a la presencia de agua.-

Los suelos que tapizan las bajas cuencas y el pie de monte están compuesto primordialmente por limos arenosos loésicos. Se han desarrollado sobre acumulaciones cuaternarias de origen fluvial.-

La composición y estructura de los suelos los hace propensos a la erosión causada por las aguas corrientes. La pendiente de los terrenos facilita el escurrimiento de las aguas de origen pluvial que, al concentrarse en sectores deprimidos han excavado cárcavas hasta el substrato aluvional y en algunos casos hasta las rocas del basamento. Las cárcavas están en proceso de profundización, ensanche y retroceso hacia las cabeceras. La excavación de los suelos loésicos ha dejado en las orillas de las cárcavas barrancas verticales, cuya altura llega a los cinco metros.-

La erosión laminar de los terrenos más llanos es un proceso insidioso de deca

pitación de los horizontes superiores, que son los aptos para ser cultivados. Sus primeras manifestaciones son la disminución de la fertilidad de los suelos y, por consiguiente, del rendimiento de los cultivos. En casos extremos produce el aflojamiento del substrato rocoso.-

b) Factores extrínsecos

b.1.- Erosión antrópica:

La actividad humana en el área es la causa principal de la intensificación de los procesos erosivos. En gran parte de la serranía se ha eliminado la cubierta vegetal primitiva, reemplazándola por montes cítricos y cultivos similares. El bosque primigenio brindaba a los terrenos una protección hidrológica a la que podemos asignar un valor "1".-

El índice que por comparación aplicamos a los cultivos cítricos y similares es de "0,6-0,7".-

En numerosas fincas privadas ubicadas en sectores montañosos cercanos al pie de monte, se está deforestando en forma intensa e irracional. En la vertiente norte de la Quebrada de Nueva Esperanza se encuentran áreas totalmente desmontadas. Esos terrenos desprotegidos están expuestos a ser volados por los vientos o arrastrados por las lluvias.-

Los terrenos de pendiente elevada deben conservar intacta la cubierta vegetal primitiva. Las consecuencias de no observar esta premisa se manifiesta en forma de cárcavas que atraviesan las fincas, en flujos de barro, disminución del llamado "período de recurrencia" de los arroyos que drenan el sector, o sea del intervalo de tiempo transcurrido entre dos crecidas excepcionales, que tienden a acortarse a medida que se deterioran las cuencas, etc.-

El aumento de la escorrentía superficial sobre los suelos cuya vegetación ha sido esquilada, disminuye correlativamente la infiltración del agua a los acuíferos subterráneos. La montaña tucumana es un área de alimentación de este recurso que luego se capta en la llanura; su deforestación causa la disminución de los cau-

dales y la depresión de los niveles de los acuíferos.-

El deterioro de los suelos serranos al aumentar el volúmen de agua que se concentra en los cauces de los arroyos es la causa de los desbordes de éstos; los aluviones se vuelcan sobre los campos y las poblaciones, erodando los suelos y depositando gruesas capas de escombros. Esta situación fué observada en fincas cítricas del oeste de Villa Carmela, en Nueva Esperanza, al oeste de Taffí Viejo y en pleno radio urbano y en el Camino del Perú, al sudoeste de la ciudad.-

No podemos dejar de mencionar la depredación que causa la hacienda que se desplaza sobre un extenso territorio, alimentándose de vegetación herbácea, hojas de los árboles y sus renuevos. El pisoteo del ganado compacta el suelo y provoca su desplazamiento en las pendientes empinadas.-

El trajinar de hombres y animales ha abierto numerosas picadas; las orientadas en el sentido de la pendiente se han transformado en cauces temporarios, con lechos fuertemente erodados, en algunos casos hasta el substrato terciario.-

#### Red de drenaje

##### Características generales

La red de drenaje de la vertiente oriental de Cumbres de Taficillo está compuesta por una serie de arroyos de régimen permanente y de características torrenciales. Son de corto recorrido, drenan cuencas de exiguas superficies en las que con sus afluentes conforman una red de elevada densidad. Los cauces están establecidos, en la generalidad de los casos, en planos de fallas, lo que lleva a calificarlos de ríos consecuentes. El hecho de que reciban aportes del agua freática agrega la denominación de efluentes.-

Las numerosas fallas que fragmentan el basamento producen continuos resaltos en el lecho, junto a los que se encuentra habitualmente un remanso y una acumulación de aluviones.-

En los cauces y márgenes de las altas cuencas aflora el basamento cristalino,

que está cubierto en muchos lugares por taludes de escombros formados por la acumulación de derrubios desprendidos de los sectores altos de las vertientes. Estos escombros son luego removidos por las aguas crecidas, que los conducen al pie de monte.-

El canal de desagüe se desarrolla en el tramo medio del torrente. Recibe los aportes de los cauces elementales que colectan el agua de la cuenca de recepción. Allí el río adquiere mayor amplitud por erosión de sus márgenes; está limitado, generalmente, por barrancas cuya altura no supera los cinco metros y cuyas bases son zapadas activamente por las aguas crecidas. El proceso de socavamiento continúa hasta que sectores de la barranca carentes de apoyo se desploman al cauce. El arroyo de la Toma o Taffí está desarrollando activamente este proceso.-

El valor de las pendientes transversales de las quebradas disminuye en este sector del río, hasta posibilitar el cultivo de los tramos finales del canal. También aquí se empieza una cubierta continua de aluviones tapizando el cauce, cuya potencia aumenta hacia aguas abajo.-

Cuando el espesor del manto aluvional adquiere importancia también se incrementa, correlativamente, el volumen de agua que escurre por el subálveo o en forma subsuperficial, que en determinados períodos del año supera el escurrimiento superficial.-

En este sector y en el pie de monte se observó que las aguas que se infiltraban en los aluviones depositaban una capa de color blanco sobre los rodados. El análisis químico de la misma estableció que la componían precipitados silíceos y alcalinos.-

En el cauce se reconoce un canal de estiaje, limitado por acumulaciones de aluviones de poca altura y un lecho mayor o de inundación, que en algunos arroyos supera los cincuenta metros.-

Los ríos abandonan la sierra para continuar sus cursos al pie de las lomadas

de núcleo terciario y cubierta cuartaria que la tectónica y los procesos erosivos han labrado en el pie de monte.-

Casi todos estos arroyos han construido conos de deyección sobre los que discurre el tramo final de los mismos.-

Se ha observado que cuando deja de manifestarse el control estructural sobre los cursos de agua, éstos tienden a dirigirse hacia el sud-sudeste, siguiendo la pendiente de la llanura.-

#### Breve descripción de los arroyos:

Los arroyos que afectan con sus desbordes al municipio de Tafí Viejo y a sus alrededores son, de sur a norte: Las Cañitas, Tafí o de la Toma, El Tala, El Cochuchal y Nueva Esperanza.-

Arroyo Las Cañitas: Es relativamente corto, finaliza en pleno radio urbano, sobre la calle San Juan, a corta distancia al este del Camino a la Picada. Sus desbordes dañan a las fincas vecinas al cauce y han excavado la calle San Juan. Todas las calles no pavimentadas orientadas en sentido oeste-este de la ciudad están erodadas por las aguas pluviales que se concentran en ellas.-

Arroyo Tafí o de la Toma: Este curso de agua es el más caudaloso de los que aquí se considera. En él se encuentran importantes obras de captación y rudimentarias instalaciones de potabilización del agua que son manejadas por DIPOS. En repetidas oportunidades las crecientes las han destruido o dejado fuera de servicio.-

Es un torrente muy activo que está ensanchando su cauce, que es más amplio y profundo que las otras quebradas. A pesar de esto, no representa un peligro para la ciudad, salvo crecidas excepcionales.-

Quebrada el Tala: A pesar de su corta extensión y de la pequeñez de la cuenca que drena este río es muy activo. Ha excavado un profundo cauce y sus aluviones han destruido gran parte de la calle Uttinger. Luego de las crecientes de Diciembre de 1968 se revistió 600 metros de la cárcava del lado norte de la calle con losas de



hormigón, transformándola en un angosto canal, que es completamente insuficiente para contener las aguas crecidas.-

La Quebrada El Cochuchal: Sus crecientes resultaban catastróficas para un sector de Villa H. Yrigoyen en cuyas inmediaciones termina la quebrada. Grandes masas de agua entraban al sector urbano, con gran energía y con una gran carga de escombros. La elevada pendiente de las calles favorecía el desplazamiento de los aluviones hasta el terraplén del ferrocarril, donde se embalsaban. La alcantarilla existente en el lugar era de poco diámetro.-

Actualmente se estima que esta situación ha sido superada. Interrumpiendo el curso inferior del arroyo se ha excavado el Canal de Cintura Norte, con el fin de alejar del radio urbano las aguas. Además el ferrocarril Belgrano ensanchó, a requerimiento de la Municipalidad local la alcantarrilla.-

Quebrada de Nueva Esperanza: Los desbordes de este arroyo llegan a Villa H. Yrigoyen luego de inundar una amplia zona montañosa. Las crecientes son relativamente frecuentes y causan graves daños en la población, llegando a incomunicar durante largos períodos a todo el sector.-

Análisis químico del agua: Se realizó el análisis químico de una muestra extraída del Río de las Piedras, ubicado en la misma vertiente serrana y a corta distancia al norte de los arroyos descriptos en los párrafos precedentes.-

Las conclusiones son: agua de buena calidad, blanda, aunque muy alcalina, con un alto tenor de bicarbonatos; pH 8,66. Este informe consideraba al agua apta para consumo humano.-

La epidemia de hepatitis que afligió este año a Tucumán permitió conocer que las aguas del Arroyo La Toma, de las que se surte a Tafí Viejo, están contaminadas en grado variable con distintos tipos de agentes patógenos.-

## TAFÍ VIEJO: CARACTERÍSTICAS AGROLOGICAS

La ciudad de Tafí Viejo y zonas aledañas se situa en la región de Pedemonte.-

### REGION DEL PEDEMONTTE

Ubicación: Se extiende en una faja más o menos estrecha a lo largo de las Sierras de San Javier y del Aconquija al oeste de la Provincia y de las Sierras de La Ramada-Medina y del Campo al noreste. Esta región abarca aproximadamente el 7,80 % del área Provincial.-

Fisiografía: Corresponde a una unidad fisiográfica cuyo carácter dominante está determinado por su relación con las Sierras vecinas.-

Está constituida en su mayor extensión por depósitos cuaternarios formados por amplios abanicos aluviales que se encuentran fuertemente disectados por los numerosos ríos, arroyos y torrentes que descienden del área montañosa.-

Las pendientes varían entre el 1 y el 5% con una dirección general NO-SE, perdiendo intensidad al entrar en contacto con la llanura de sedimentación hacia el este de la región.-

Se localizan igualmente en áreas discontinuas, colinas de formas maduras, redondeadas, con fuertes pendientes y planos inclinados de pendientes algo menores, constituidos por materiales arcilloso-limosos, recubiertos en parte por depósitos recientes de espesor variable.-

Clima: La temperatura media anual de la región es de 19° C. La temperatura media del mes más caliente (enero) es de 25° C y la del mes más frío (julio) de 12° C.-

Es una región libre de heladas, aunque éstas pueden producirse en algunos años en forma excepcional.-

Según las precipitaciones, esta región puede dividirse en tres subregiones:

- 1.- Pedemonte húmedo y prehúmedo
- 2.- Pedemonte subhúmedo-húmedo
- 3.- Pedemonte subhúmedo seco

### Pedemonte húmedo y perhúmedo

Se extiende desde el Norte de Tafí Viejo hasta el Sud de Santa Ana a lo largo del faldeo serrano, ocupando el 4,80% aproximadamente del territorio provincial.-

Según los estudios realizados por Torres, el mesoclima de esta subregión es húmedo y perhúmedo cálido, con precipitaciones anuales superiores a los 1.000 mm.-  
R.B. Zuccardi y G.S. Fadda. Bosquejo agrológico de la provincia..

La evapotranspiración potencial es de 900 mm aproximadamente, de tal manera que el balance hídrico es positivo.-

Las lluvias están concentradas en el período estival-otoñal desde el mes de octubre hasta abril.-

Hay períodos invernal-primaveral, de dos a cuatro meses de duración de escasas precipitaciones, pero la deficiencia hídrica en el suelo es nula o casi nula.-

Suelos: Según las condiciones edáficas, puede dividirse a esta subregión en dos microregiones:

- 1.- Pedemonte húmedo y perhúmedo de suelos automorfos
- 2.- Pedemonte húmedo y perhúmedo de suelos hidromorfos

#### Pedemonte húmedo y perhúmedo de suelos automorfos

Por sus características genéticas y morfológicas, los suelos de este microregión pertenecen a los siguientes subgrupos:

- a) Hapludoles fluvénticos y cumúlicos: constituyen los suelos dominantes del área y se originan en sedimentos aluviales y/o coluviales.-

Desde el punto de vista morfológico presentan un perfil de tipo AC, donde el horizonte A, profundo, de color oscuro y bien provisto de materia orgánica, constituye un epipedón mólico. Este horizonte reposa directamente sobre el material original.-

Son suelos heterogéneos en sus propiedades físicas, especialmente en sus características texturales. Predominan las texturas medias y gruesas, desde franco limoso

hasta arenas francas, pudiendo presentar una fuerte carga de gravas y guijarros en perfil, especialmente en las áreas cercanas a las serranías.-

El perfil puede estar constituido por la superposición de capas sedimentarias de texturas diversas.-

En general, son suelos bien drenados y por las características climáticas del ambiente, se encuentran húmedos casi todo el año. Pero los suelos de texturas gruesas o con fuerte carga de gravas y guijarros son algo excesivamente drenados y pueden plantear problemas por su escasa capacidad de retención de agua útil.-

La reacción química es medianamente ácida con valores de pH entre 5,5 y 6,5.-

Son suelos bien provistos en Potasio y de bajo contenido de Fósforo total.-

b) Argiudoles típicos y Hapludoles típicos taptoárgicos: estos suelos se localizan sobre los materiales arcillo-limosos, caracterizándose los primeros por un perfil bien desarrollado de tipo AB<sub>t</sub>C y los segundos por perfiles AC que sepultan horizontes B texturales a profundidades menores de 1 metro.-

El horizonte A corresponde a un epipedón mólico y el horizonte B constituye un horizonte argílico.-

Estos suelos son más uniformes que los anteriores en sus propiedades y en su morfología.-

Presentan texturas franco a franco limosas en superficie y franco limosa fina a arcillo-limosa en el subsuelo.-

Son suelos bien drenados en posición de relieve normal y algo excesivamente drenados en situación de relieve excesivo debido a la permeabilidad moderadamente lenta a lenta del horizonte Bt y al predominio del escurrimiento sobre la infiltración.-

Son, suelos bien provistos en Potasio y de bajo contenido en Fósforo total.-

La reacción química es medianamente ácida a neutra (pH 5.8-7.1) en superficie y desde ligeramente ácida a moderadamente alcalina en profundidad.-

### LIMITACIONES

Las principales limitaciones en esta microregión están dadas por factores topográficos, climáticos y edáficos, los que se encuentran estrechamente interrelacionados.-

El relieve es de normal a excesivo con escurrimiento rápido a muy rápido. Las pendientes pueden ser largas y simples o bien cortas y complejas. El riesgo principal es la pérdida de suelo por erosión.-

Esta situación es agravada por el régimen torrencial de las precipitaciones estivales, por las características texturales de los suelos y por el mal manejo a que son sometidos.-

De esta manera, relieve, lluvias, suelos y hombre, constituyen un sistema integrado de cuyo equilibrio dependerá el uso adecuado y la conservación o la degradación del área.-

Debe señalarse, además, que los suelos con horizontes Bt muy desarrollados presentan limitaciones de carácter físico para el buen desarrollo de especies de sistema radicular profundos como los citrus.-

### APTITUD Y USO ACTUAL

Por sus características climáticas y edáficas, la aptitud de esta microregión es agrícola y forestal.-

La principal actividad agrícola actual es el cultivo de la caña de azúcar y de los citrus. Se realizan, asimismo, con éxito plantaciones de papa y hortalizas de primicia.-

Por ser un área libre de heladas es una zona óptima para frutales subtropicales, especialmente paltas y chirimoyas, cuyo cultivo se encuentra en expansión.-

Es igualmente apta para diversos cultivos como hortalizas y frutales como el ciruelo.-

## MANEJO

En esta microregión, los problemas de manejo surgen de la susceptibilidad a erosión hídrica acelerada de los suelos. Los factores desencadenantes del proceso han sido analizados por Zuccardi et al para una zona limitada del pedemonte, pero que en general son válidos para toda la extensión del mismo.-

La erosión se manifiesta en diversas formas y grados, siendo especialmente visibles sus efectos en las laderas del faldeo serrano, donde los estratos arcillosos y arcillo-arenosos han aflorado a la superficie por la eliminación de la capa superficial del suelo.-

El mismo efecto se observa en los suelos con horizontes B textural, el que ha quedado expuesto en superficie o solo recubierto por un horizonte A somero.-

Las cárcavas y zanjones de erosión forman asimismo elementos típicos de paisaje pedemontano.-

Este proceso de erosión ha originado la degradación y pérdida de valor de importantes extensiones del área, las que en unos pocos casos han sido reforestadas.-

El control de la erosión hídrica debe basarse en esta microregión en una serie de medidas que deberán aplicarse en dos niveles:

1. A nivel regional

2. A nivel de explotación

1.- A nivel regional: debe encararse la conservación y corrección de las cuencas y subcuencas de recepción. Para ello es necesario el control, estabilización y encauzamiento de los torrentes y, en algunas áreas, la ejecución de canales de desviación de las aguas que descienden del faldeo serrano. Igualmente, la reforestación de las áreas degradadas y la conservación del bosque natural es de suma importancia.-

2.- A nivel de explotación: debe encararse el control de cárcavas y zanjones de erosión y la aplicación de técnicas agronómicas adecuadas a las distintas capaci-

dades de uso de los suelos del área. Estas técnicas tienden a controlar la velocidad del agua o evitar la creación de condiciones favorables al proceso erosivo. Entre las primeras, en orden creciente de dificultades, tenemos:

- a) Siembra y labranza en curvas de nivel
- b) Cultivos en franjas en curvas de nivel
- c) Terrazas

Es necesario, en todos los casos, una cuidadosa planificación de los trabajos, incluyendo la sistematización de los caminos y canales colectores.-

Entre las prácticas que tienden a evitar la creación de condiciones favorables al proceso erosivo, se debe dar una importancia de primer orden a la oportunidad y tipo de laboreo.-

Debe evitarse la labranza de los suelos en el período estival, así como el desmenuzamiento excesivo del mismo. En este sentido, los cultivos de escarda deben ubicarse sólo en los suelos más favorables. Como prácticas anuales complementaria para el control de la erosión en los cultivos de caña de azúcar, es recomendable la incorporación de la malhoja por el doble rol que la misma cumple: como enmienda orgánica para mejorar las condiciones de productividad y como protección del suelo contra la erosión.-

En las plantaciones cítricas y frutícolas es importante realizar cultivos de cobertura durante los meses estivales a fin de disminuir los riesgos de erosión.

Entre las prácticas permanentes para mejorar las condiciones de productividad, debe realizarse una fertilización nitrogenada en caña de azúcar y citrus. En hortalizas de primicia es necesario, además de la fertilización nitrogenada-fosfatada, el riego complementario.-

DEPARTAMENTO LA COCHA



Departamento La CochaGEOLOGIA

En el ambiente geográfico definido por las serranías Cumbres de los Llanos, Cerro Quico y Cumbres de Potrerillo en que se desarrollan las cuencas imbríferas de los ríos que irrigan al Dpto. de La Cocha, la Geología, es la característica de las Sierras Pampeanas; la componen el Basamento Cristalino, fracturado en bloques alargados de norte a sud, con restos de sedimentitas terciarias cubiertas estas por depósitos cuaternarios (González Bonorino, 1950; Mon y Urdaneta, 1972).-

El Basamento está formado por esquistos filíticos y micacíticos, cuarzosos, en gran parte migmatizados, y por granitos. Estos últimos se presentan en tres tipos de Cuerpos tectónicos: pretectónicos, sintectónicos y postectónicos.-

Esquistos sin inyección forman el borde occidental de las Sierras. La esquistosidad es mas o menos paralela a la estratificación, tiene dirección N-S e inclina en general hacia el este, unos 45 grados.-

La parte basal del complejo consiste en micacitas biotítico-muscovíticas, algo cuarzosas, de grano fino.-

Hacia arriba de la secuencia, en dirección este, se pasa a filitas verdes oscuras y después a filitas cuarzosas bandeadas. Estas últimas, que constituyen la mayor parte del complejo, han sido profusamente inyectadas (González Bonorino, op. cit.).-

En las zonas inyectadas, que abarcan tres cuartas partes del complejo, la esquistosidad transversal ha borrado la estratificación y se presenta casi vertical. Los planos de clivaje han sido aprovechados por las soluciones graníticas para introducirse en los macizos rocosos.-

Las migmatitas son en su mayor parte de tipo venoso (arteritas); cuarzo y plagioclasa forman casi la totalidad de las venas.-

Dos cuerpos graníticos interesan por su proximidad a la ciudad de La Cocha,

son los de San Ignacio y Los Pinos, que podríamos tipificarlos como granitos sintectónico y postectónico respectivamente, pues sus contactos son en parte concordante y en parte discordante.-

### ROCAS GRANITICAS

El granito de San Ignacio-Los Pinos tiene su mayor elongación en la dirección NE-SO. Se extiende sin interrupciones desde el sector sur del Cerro Quico hasta la Cumbre de Balcozna. Sus dimensiones aproximadas son: 18 Km. de largo por 5 Km. de ancho promedio (Indri, 1987). Según este autor, con el que concuerdan nuestras observaciones, al norte del Dique San Ignacio predominan los granitos equigranulares de grano mediano, con pasajes a variedades de grano grueso. Localmente está representada la fase porfídica, especialmente en el borde septentrional.-

Los granitos del área mencionada son rocas de color gris-rosado compuestas por feldespato alcalino, plagioclasas, cuarzo, muscovita y biotita.-

En las variedades porfídicas los fenocristales corresponden a feldespato alcalino, representados por individuos subhedrales de hasta 2 cm. de longitud.-

### Características físico-químicas y mecánicas

Las propiedades físico-químicas de las rocas de aplicación son muy diversas, dependiendo del origen, textura, composición, tamaño y forma del grano, siempre que no se encuentren meteorizadas y/o alteradas.-

Las propiedades físicas pueden ser más importantes que las químicas, pero es preciso determinar la composición química para detectar agentes nocivos, principalmente oxidantes, que pueden conducir a la desintegración de las rocas.-

Características físicas de las rocas son: estructura, densidad, porosidad y dureza. Las químicas son: composición, durabilidad y resistencia a los agentes atmosféricos.-

A continuación daremos algunas propiedades físicas de las rocas graníticas, en las que incluimos al Granito de San Ignacio.-

### Textura y estructura mineral

Textura: Fanerítica (los granos se observan a simple vista).-

Estructura: Holocristalina (granos totalmente cristalizados).-

### Fractura

Irregular a plana: según partición conforme a planos de diaclasas, observándose se cuatro juegos de fracturas.-

### Densidad aparente

Como es una roca consolidada (coherente), la misma oscila entre 2,6 y 2,7 gr./cm<sup>3</sup>.-

### Dureza

Se define como dureza a la resistencia que opone una roca a ser rayada, aunque se puede cuantificar también. De acuerdo a esto podemos clasificar al granito de San Ignacio de duro a muy duro.-

### Resistencia al desgaste por cm<sup>2</sup>

En un granito de esta naturaleza oscila entre 5 a 8.-

### Resistencia al choque (nro. de golpes hasta la rotura)

10 - 12

### Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión revela la aptitud de una roca para soportar cargas sin desintegrarse. En este caso puede variar en roca fresca entre 1.800 a 2.800 Kg./cm<sup>2</sup>.-

### Resistencia a la elaboración

Esta propiedad mide la aptitud de la piedra a dejarse trabajar según formas y métodos.-

#### 1. Aserrado

El poder aserrar una roca depende de la dureza, estado de agregación, cohesión y cementación de las partículas que la componen.-

Podemos resumir el concepto de la manera siguiente:

A mayor dureza de roca, mayor dureza y resistencia de herramientas de corte, menor rapidez de corte.-

A mayor abrasividad de roca, mayor desgaste de herramienta de corte.-

## 2. Pulimento

Las rocas compactas y de composición homogénea tienen la facultad de ofrecer superficies pulidas y brillantes. El granito de San Ignacio reúne esas condiciones.-

## 3. Esculpido

Es el trabajo que se realiza manualmente con las herramientas de esculpir, tal como el cincel, escoplo y puntero.-

En este caso la variedad equigranular es más esculpible que la variedad porfídica, debido a la uniformidad y finura de su grano.-

## Intersección de Fracturas

Se procedió a medir la inclinación y rumbo de los juegos de diaclasas, como así también su espaciamento, con el objeto de tener una idea concreta de la potencial partición en bloques del granito, su tamaño y dimensionamiento.-

## Rumbo e inclinación dominantes de las diaclasas

Los valores promedios obtenidos mediante un estudio estadístico de los afloramientos más conspicuos arrojan como resultado cuatro (4) juegos de diaclasas dominantes:

- 1.- Rumbo 15 grados NE-inclinación 60 grados Oeste
- 2.- Rumbo 130 grados SE-inclinación 63 grados Este
- 3.- Rumbo 85 grados NE-inclinación 73 grados Norte
- 4.- Diaclasas horizontales

## Espaciamento de las diaclasas (valores promedio)

Primer juego de diaclasas: 0,25 a 0,55 m.

Segundo juego de diaclasas: 0,50 a 1,30 m.

Tercer juego de diaclasas: 0,50 a 2,70 m.

Cuarto juego de diaclasas: 0,10 a 0,50 m.

### Tamaño de los bloques

Como se puede inferir el tamaño de los bloques es muy variable, pero cuando hay eficiencia en la técnica empleada en la extracción, calidad de las maquinarias y mano de obra, es posible obtener bloques cuya superficie supere los 2 m<sup>2</sup> por un metro de profundidad.-

Por otra parte no se recomienda el uso de dinamita pues la misma producirá bloques mucho menores debido a las diaclasas.-

Esta experiencia fue realizada en campaña.-

Debe utilizarse en cantera, sierras especiales para cortar los bloques, como se hace en la provincia de Córdoba, y en último caso pólvora en lugar de dinamita (menor liberación de energía).-

### Superficie del granito

No todos los bloques de granito tienen superficies sanas, observándose algunas caras con microfracturas, por lo que se deberá extremar las precauciones en su extracción y selección, a causa de estas superficies penetrativas.-

Estas microfracturas se observan en todos los juegos de diaclasas.-

### Reservas

No se realizó un cálculo de reservas en el sentido estricto, ya que las dimensiones del cuerpo lo eximen de esta exigencia y las empresas que realicen la explotación únicamente tendrían que seleccionar los lugares de extracción, que estarían suspen-  
didos a la calidad del material, encape (es muy pobre en todo el cuerpo), accesibilidad y distancia a la localidad de La Cocha y/o Villa Alberdi.-

### Explotación

El inconveniente principal que se debe vencer para iniciar la explotación es el gasto en la apertura de caminos para vehículos, con el objeto de vincular el ya-

cimiento con centros de consumo, ya que no se puede extraer de las barrancas del río San Ignacio por razones obvias: destrucción de las márgenes del río contaminación del agua potable, daños ecológicos, etc.-

Por lo tanto se debe en primer lugar realizar un estudio de trazas tentativas de caminos sobre el cuerpo granítico, previo desmonte, (picadas).-

Realizado este trabajo, puede seleccionarse los lugares de explotación, en base a los requerimientos del mercado interno y/o externo.-

### Conclusiones

- 1.- En base a las dimensiones batolíticas del cuerpo granítico, calidad del mismo y cercanía a los centros de consumo, se considera factible la explotación del mismo con un buen rendimiento económico.-
- 2.- Las diaclasas no son continuas en todo el cuerpo; en algunos lugares predominan el primer juego y en otros el tercer juego, el segundo y/o las diaclasas horizontales.-
- 3.- En la selección de los lugares de explotación se debe considerar prioritariamente la estructura del sector del macizo.-

### Sedimentos Terciarios (Formación Aconquija)

Afloran al pie de las sierras y en las depresiones tectónicas.-

El complejo comienza con un conglomerado brechoso que pasa hacia arriba a arenisca arcósica, la cual a su vez es reemplazada gradualmente por arenisca fina, tobácea, con abundante plagioclasa, la que constituye la mayor parte de la sección inferior.-

Estas areniscas inclinan hacia el este aproximadamente 15 grados.-

Tienen colores grises, con tintes rosados.-

En la barranca izquierda del río San Ignacio, cerca de la salida de la sierra, aparecen areniscas tobáceas grises rosadas inclinadas 15 a 20 grados al este.-

### Cuaternario

Los depósitos post-terciarios tienen potencia variable, que se incrementa en áreas de acumulación. Los únicos sectores que actualmente se hallan en tal situación son la de pie de monte.-

En los valles intermontanos predomina en general la erosión.-

En la llanura tucumana los ríos que descienden de las sierras depositan sus sedimentos a distancias variables de su desembocadura, según su caudal y su carga.-

Los depósitos así formados son capas alternantes de conglomerado y areniscas, disminuyendo el porcentaje de material grueso que se alejan de la sierra.-

Actualmente la deposición no tiene lugar en la proximidad inmediata de la sierra, sino a una cierta distancia, con excepción de algunos arroyos menores.-

Es de destacar que en los núcleos de las terrazas bajas de la llanura se encuentran sedimentos terciarios, lo que demuestra el grado de erosión alcanzado.-

En el pie de monte tucumano los sedimentos gruesos aportados por los ríos antecedentes que cruzan la sierra (Marapa, San Ignacio) se concentran en la llanura aluvial de los mismos mezclados con abundante material fino.-

### Estructura

El bloque de basamento que constituye la Silleta de Escaba y/o depresión de Escaba, obedece a una tectónica de levantamiento y basculamiento de bloque hacia el este, por una gran falla, inversa de alto ángulo de importancia regional, que corre por su borde occidental con un rumbo NNO-SSE.-

Hacia el suroeste del área de estudio se ha establecido la presencia de una gran falla que pone en contacto el basamento del extremo oriental del Cerro Quico, con las formaciones de ladera de pie de monte. El rumbo aproximado es NNO-SSE y se manifiesta por una notable alineación que se observa en las fotografías aéreas.-

Las capas de los sedimentos terciarios depositados en fuerte discordancia sobre el basamento han sido inclinadas hacia el este como consecuencia del basculamiento del bloque de basamento.-

### Estructura de la Llanura Deprimida

Es muy probable que el subsuelo de la llanura tucumana esté en un estado de "plasticidad" debido a la presencia de "focos o puntos" calientes, que han reblandido las capas corticales superiores y que tornan compleja una interpretación simplista de su estructura.-

### Estructura de la cuenca Geotérmica

La región montañosa, tanto del Oeste como del Este, que enmarcan la zona de estudio, responden a la estructura andina, es decir, fallas elongadas, separadas por bloques hundidos, que conforman estrechos valles intermontanos de dirección norte-sur.-

Se ha podido comprobar además la existencia de elementos tectónicos sumamente recientes, en particular en el pie de monte y la llanura de nuestra zona de estudio, que afectan a terrenos cuaternarios concordante con la estructura ándica.-

Otros fenómenos de neotectónica conspicuos están representados por fracturas de rumbo E-O que morfológicamente controlan el cauce de algunos ríos, como ser Río Seco, Medina, Chico y Matazambi y son las responsables de la brusca inflexión del Río Salí a la altura de Monteros.-

A nuestro entender son manifestaciones epidérmicas de movimientos verticales ocurridos en profundidad.-

A continuación se detallan las estructuras que controlan la cuenca geotérmica.-

### Lineamientos

Considerando la totalidad del área de estudio, los rumbos predominantes de los elementos estructurales ándicos, son aproximadamente N-S; sin embargo existen fallas con rumbos pronunciadamente oblicuos a los de la estructura regional que en realidad son grandes fracturas trasnversales.-

A estas estructuras o franjas de deformación se las ha designados como "lineamiento" (Mon, 1976).-



Estos lineamientos fueron corroborados por la notoria alineación de epicentros sísmicos, lo que no sólo ha sugerido la importancia de la actividad sísmica, sino también que estas grandes dislocaciones transversales antiguas han sido y son reactivadas en distintas épocas geológicas, hasta el presente (Eremchuk et al 1981).-

#### Lineamiento del Tucumán (Mon 1976)

De todos los elementos oblicuos el más importante en nuestra zona de estudio es el lineamiento de Tucumán, que coincide probablemente con una falla de magnitud continental que determina la terminación austral de la parte más ancha del edificio andino, que comienza al norte de la Latitud de Santa Cruz (Bolivia). Marca la terminación de la Cordillera Oriental y las Sierras Subandinas que se extienden de acuerdo al esquema de Aubouin (1973), desde la región del Caribe.-

Este lineamiento de rumbo NNE-SSO, sería el límite más significativo desde el punto de vista estructural de la cuenca geotérmica en su parte norte.-

#### Lineamiento Salar del Hombre Muerto-Tafí del Valle-Monteros-Río Hondo

Fue descripto por Allmendinger et al (1982), pero ya fue señalado un fragmento del mismo (Amaicha-Tafí del Valle) por Baldis et al (1975) y prolongado por Suayter (1983) hasta Río Hondo.-

En lugar de una sola falla que conforme todo el lineamiento, existen una serie de trazas de fallas pequeñas, en escalón, esporádicas y discontinuas.-

Este lineamiento continúa en la llanura tucumana, a lo largo del cauce del Río Salí, cuando éste gira bruscamente en un ángulo cercano a los 90, de norte a sur, a noroeste-sudeste, a la altura del Departamento de Monteros, para proseguir con este rumbo hasta el embalse de Río Hondo.-

El rumbo del mismo es NNO-SSE intersectándose a la altura de Acheral con el lineamiento de Tucumán.-

Probablemente las líneas de fracturas de rumbo este-oeste observadas en las imágenes satelitarias, algunas comprobadas además por gravimetría, geoelectrica y

observaciones de campo, con fracturas escalonadas que guardan concordancia con este lineamiento, sean fallas provocadas por efectos distensivos debido a una sensible disminución de esfuerzo de esta gran megafractura, como un efecto de réplica y reacomodación de las tensiones originadas en el mismo.-

#### Lineamiento de Ambato (Baldís et al 1975)

Este lineamiento marcaría el límite sur de la cuenca, como el de Tucumán lo haría en su parte norte. El carácter transcurrente de esta megafractura se hace visible en el fuerte desplazamiento hacia el Este del megabloque de Ancasti. La fuerte compresión en la zona límite de Sierra del Alto-Cuesta del Totoral generó un despegue vertical como área de alivio visible por fallas cruzadas y curvas entre Catamarca, Alijilán y Bañado de Ovanta (Baldís et al 1975).-

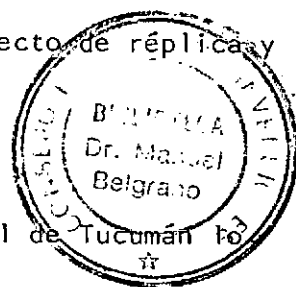
#### Fallas - Sistemas de Fracturas

Dentro de los límites dado por las megacizallas o lineamientos mencionados encontramos dos sistemas o juegos de fracturas bien diferenciados, que componen la trama estructural de la cuenca.-

Un sistema de fractura concordante con la estructura ándica (rumbo meridional) afecta los terrenos de pie de monte, de edad Terciaria y Cuartaria, es muy visible en las imágenes satelitarias y fué comprobado mediante sondeos geoelectricos.-

El otro sistema está constituido por fracturas diagonales a la estructura ándica, dispuestas radialmente formando un abanico cuyo vértice estaría en el área de emplazamiento de la presa de Río Hondo; involucra también terrenos geológicamente jóvenes (terciarios y Cuartarios).-

Esta neotectónica, bien visible y con acusados rasgos de intensa fracturación, hace suponer que las fallas de rumbo Este-Oeste son probablemente viejas fracturas precámbricas que fueron reactivadas hasta el presente, ya que de acuerdo a estudios sismo-tectónicos, estas fallas afectan al Basamento.-



De la disposición de las mismas inferimos que son fallas transversales, no existiendo hasta el presente pruebas de transurrencia, en donde los esfuerzos principales, máximo y mínimo, son horizontales guardando concordancia con el diseño impreso por los lineamientos.-

Este abanico estructural está asociado a manifestaciones hidrotermales, conformando el área de Río Hondo un nudo estructural en donde estas manifestaciones alcanzan su desarrollo óptimo en relación a otros sectores de la cuenca geotérmica y reflejan a nivel superficial de lo que ocurre en profundidad.-

En contraste con este juego de fracturas las fallas concordantes con rumbo de estructura ándica hacen suponer que son fallas distensivas, en donde la gravedad ha jugado un rol fundamental como producto secundario de progresivas etapas de deformación de carácter compresivo.-

Según Howard et. al. (1978), hay una buena correspondencia entre las regiones tectónicamente inestables y las regiones definidas en base al diseño y estilo impreso en el Terciario, que poseen manantiales calientes. Esta correspondencia sugiere que hay una interdependencia entre los procesos termale y el esfuerzo tectónico.-

Probablemente se deben a esfuerzos trastensionales locales, causados por esfuerzos compresivos de carácter regional, propios de zonas sometidas a intensa deformación.-

#### Relaciones entre el termalismo y las áreas sísmicas

Si las áreas sísmicas de intraplaca representan zonas de debilidad de la corteza habría que procurar identificar los mecanismos responsables de esa debilidad. Varias hipótesis han sido sugeridas.-

a) Según Horton (1979), pueden deberse a fallas que penetran a zonas de "cizallas dúctiles", encontrándose suprayacentes terrenos quebradizos o rígidos, ubicándose los hipocentros de los terremotos a lo largo de esta zona.-

- b) Otro posible factor que controlaría la sismicidad, según Taylor et. al (1979), sería la correlación aparente que habría en zonas sísmicamente activas, puntos calientes (geotermalismo) y las ondas longitudinales de anomalías gravitatorias. Una correlación entre la gravedad y las ondas sísmicas longitudinales sugiere que las ondas longitudinales de alta gravedad probablemente representen elevaciones del manto.-
- c) Una asociación aparente ha sido también sugerida entre los sismos de intraplaca con áreas de rocas ígneas intrusivas. Por ejemplo, Sykes (1978) postula que los terremotos de intraplaca ocurren en zonas continentales de debilidad donde pueden encontrarse cuerpos intrusivos alcalinos, como sería el caso del área geotermal de Rosario de la Frontera.-
- d) Kane (1977), también observa una correlación entre la sismicidad y los plutones máficos; Mc Keown (1978), ha propuesto una correlación entre los diques máficos paralelos y subparalelos y los planos nodales de los sismos modernos. Baldis et. al. (1982) postularon que existe un cuerpo máfico en profundidad en el área de Taco Ralo-Termas de Río Hondo, pero con silencio sísmico, afirmación que presenta serias dudas ya que Suayter (1983) ubica una serie de terremotos de interplaca en dicha área.-

Para Mc Keown (1978) la asociación entre la sismicidad y las rocas alcalinas puede ser relacionada con los efectos residuales de la gran abundancia de volátiles, asociados con el origen y emplazamiento de las rocas alcalinas.-

Sykes (1978) sugiere que los terremotos de interplaca ocurren cerca de las intrusiones donde hubo en el pasado grandes sistemas de fracturas que han penetrado más allá de la corteza, hasta las profundidades del magma.-

Todas estas consideraciones han llevado a sugerir que la trama estructural de la cuenca sería la siguiente:

## Conclusiones

El área está controlada por tres megacizallas de alcance continental: al Norte el lineamiento de Tucumán y el Lineamiento Salar del Hombre Muerto-Termas de Río Hondo, el primero de rumbo NNE-SSO y el segundo de rumbo NNO-SSE. Al sur el lineamiento de Ambato, de rumbo NNE-SSO, todos diagonales a la estructura ándica de rumbo N-S.-

Los lineamientos Salar del Hombre Muerto-Termas de Río Hondo y Ambato convergen a la altura del área del dique Frontal, conformando un nudo tectónico, vértice de un triángulo estructural.-

Este triángulo se encuentra dividido por fracturas subparalelas secundarias que guardan un diseño coherente con las dos megacizallas y por fracturas de rumbo N-S, de alcance regional, que cortan a éstas y que guardan relación con las fracturas ándicas, de modo tal que conforman un estilo estructural de bloques en cuñas compuestas.-

Todas estas fracturas afectan a terrenos jóvenes, Terciarios y Cuaternarios, y probablemente reflejen la fragmentación a nivel superficial que ocurre en profundidad.-

Las fracturas transversales y paralelas a la estructura ándica se comportan como fallas de alivio, gravitacionales, producto secundario de la deformación a nivel cortical producida por esfuerzos comprensivos de alcance continental.-

## INFORME GEOMORFOLOGICO DE LA ZONA SUR DE TUCUMAN

Materiales y métodos: Se utilizaron imágenes satelitarias SPOT, falso color, escala 1:100.000 de Setiembre de 1986. El apoyo cartográfico se realizó utilizando la información suministrada por Alcalde (1978), Lens (1980), D'Urso (1981), Carlé (1986) y Puchulu (1987), entre otros.-

Geomorfología: En líneas generales el área de estudio se encuentra dividida en tres regiones bien diferenciadas, cuyas denominaciones varían según sea el autor. Sayago et. al. (1984) la divide en región montañosa, región de la llanura pedemontana, región de la llanura aluvial y región de la llanura ondulada. Por su parte Zuccardi y Fadda (1985) la dividen en región serrana, de pedemonte, de la llanura chaco-pampeana y de la llanura deprimida. Teniendo en cuenta estos últimos autores, se dividió al área de estudio en:

- I.- zona montañosa
- II.- zona de piedemonte
- III.- zona de la llanura chaco-pampeana
- IV.- zona de la llanura deprimida

I.- Zona montañosa: Corresponde al sector occidental del área de estudio y está caracterizada por un basamento metamórfico y por sedimentitas terciarias adosadas al mismo. El basamento se encuentra fracturado por numerosos juegos de fallas, razón por la cual la mayoría de los ríos, muestran un marcado control estructural. Los ríos tienen un diseño de drenaje subdendrítico a subparalelo con una orientación predominantemente oeste-este, y con valles en V. Los cursos al desaguar en la región pedemontana cambian su diseño a valles de fondo plano, depositando en parte la carga que transportan. Se observan importantes procesos de remoción en masa, que predominan en especial en la vertiente occidental de la Sierra del Aconquija. Aún cuando por razones de escalas son difíciles de observar, se deduce que existe una

importante erosión hídrica representada en especial por erosión en cárcavas y en barrancos.-

Las sedimentitas terciarias afloran con mayor amplitud en el extremo NO del área de estudio, en especial al occidente de Juan Bautista Alberdi. Los cursos de agua desarrollados sobre sedimentitas terciarias presentan control estructural y debido a la elevada susceptibilidad erosiva de los terrenos, se caracterizan por un diseño pinnado que en algunos sectores se hace dendrítico. La textura fina de las laderas revela erosión cárcavas, barrancos y remoción en masa (deslizamientos y desplomes).-

II.- Zona de piedemonte: Se encuentra al oriente de la zona montañosa. Se trata de una superficie plana a suavemente ondulada con un gradiente entre 1 a 8%. En esta zona se asientan las principales localidades del área de estudio. Entre las geofor- mas que se destacan se encuentran:

a) Glacís cubierto: Son paleoformas de edad Cuaternaria que en algunas épocas habrían estado adosadas al flanco oriental de la Sierra del Aconquija. Constituyen remanentes de una antigua superficie desarrollada sobre sedimentos terciarios bajo clima seco y luego cubiertos por depósitos fanglomerádicos como consecuencia de un período más húmedo. Según Viers (1973) los glacís cubiertos son una superficie de erosión que luego fue cubierta por un manto aluvial, con un espesor menor a los 10 metros.-

En las imágenes satelitarias se visualizan como pequeñas lomadas, que según Puchulu (1987) presentan alturas que van desde los 480 a los 560 m.s.n.m.. Se debe aclarar que los glacís que se indican en el mapa, en realidad corresponden a dos tipos de glacís: glacís cubierto, en la zona superior y glacís laterales, que se encuentran en las partes bajas. Los glacís laterales constituyen un glacís intermedio entre el glacís cubierto y el glacís de erosión. Por razones de escala y con el objeto de facilitar la interpretación ambos glacís se mapearon en forma conjunta.

Los glacís se encuentran afectados por erosión hídrica (difusa o laminar y concentrada en cárcavas).-

b) Glacís de erosión (Glacís de épandage): Constituye la paleoforma cuaternaria que se ha desarrollado en casi toda la región pedemontana. Se trata de superficies aplanadas, con pendientes que varían entre  $2^\circ$  y  $8^\circ$ , formadas bajo climas áridos a semiáridos. Según Puchulu (1987) se ha desarrollado sobre depósitos terciarios eólicos. Aún cuando sólo se pudo visualizar un nivel de glacís de erosión, se puede estimar la existencia de otro nivel. Teniendo en cuenta este aspecto se podría indicar un nivel superior, inmediatamente al oriente de la región montañosa, y otro nivel (inferior y posterior al primero) que abarcaría hasta el límite oriental de la región pedemontana. Se observan procesos de erosión en cárcavas, sobre todo en la zona cultivada.-

c) Terrazas fluviales: Se encuentran ligadas a los cursos fluviales que bajan del área montañosa. Entre los sistemas fluviales que se destacan por el desarrollo de niveles de terrazas se encuentran: A° Matazambi, Río Marapa, Río San Ignacio, Río Medina, Río San Francisco, Río Chico y Río de la Capellania. También se observan pequeños arroyos que bajan de la región montañosa y que se infiltran inmediatamente al llegar al piedemonte.-

Se observan entre 1 y 3 niveles de terrazas que evidencian diferentes estadios de erosión-acumulación. Los niveles de terrazas se encuentran indicados en el mapa con la letra I, correspondiendo el número 1 al nivel superior (primer nivel de terraza, más antiguo) y los números 2 o 3 (según el caso) a los niveles más recientes.

Los ríos atraviesan la llanura adoptando un diseño de drenaje meandriforme, característico de zonas de bajas pendientes. La dinámica fluvial ha producido espiras de meandros abandonados, sobre todo en el río Marapa. Según información de Alcalde (1978) y la obtenida con las SPOT, se observan que a la altura de la localidad de Graneros se encuentra una espira de meandro abandonada que en 1978 estaba integrada



al cauce. En base a esta situación se podría pensar en efectos de neotectónica o en aumento de procesos erosivos en la alta cuenca. Al aumentar la degradación de las tierras en la zona de las nacientes, aumenta correlativamente la cantidad de material aportado a la baja cuenca.-

Se observa en el Río San Francisco hasta tres niveles de terrazas y en el Río Marapa dos niveles, lo cual indicaría que estos ríos tienen una dinámica fluvial mayor que los restantes.-

Cercanas a las terrazas se observan áreas bajas y de escasa pendiente, sujetas a esporádicas crecidas.-

III.- Zona de la llanura chaco-pampeana: Se encuentra en el extremo SE del área de estudio, al oriente de la zona pedemontana y se caracteriza por ser una llanura muy extensa, con largas pendientes de escaso gradiente. Entre los ríos que la atraviesan se destacan el río San Francisco y de la Capellania, ríos que posteriormente se infiltran en sus propios aluviones. También se encuentran dentro de esta zona el tramo final del Río San Ignacio que luego de atravesar la ruta 308, forma un importante abanico aluvial. El tamaño del abanico estaría en relación al área de la cuenca de aporte y sería el producto de períodos húmedos con gran aporte de material aluvial. Ver NOTA 1) (al final del informe).-

La zona de la llanura chaco-pampeana se caracteriza en líneas generales, por la presencia de zonas bajas anegables (Za.) con una significativa superficie afectada por procesos de erosión laminar (El.). La erosión laminar se produce especialmente en las zonas cercanas a asentamientos humanos y sitios de cultivos y está en relación con las características edáficas de la región.-

IV.- Zona de la llanura deprimida: Comprende el extremo NE del área de estudio y es una antigua planicie aluvial con suaves gradientes según la naturaleza de la napa freática se pueden diferenciar dos regiones: no salina u occidental y salina u oriental. (Zuccardi y Fadda, 1985).-

Los ríos Chico y Medina se encuentran dentro del sector occidental de la llanura y tienen distintos niveles de terrazas. Al juntarse ambos sistemas fluviales en Las Juntas desarrollan un abanico aluvial que llega hasta la localidad de Monteagudo. Predominan en este sector las zonas anegables, con escasa superficie afectada por eflorescencias salinas. Otro río que forma un abanico aluvial es el A° Matzambi, observándose actualmente sobre dicho abanico, concentraciones de sales, a pesar de encontrarse dentro de la región no salina según Zuccardi y Fadda (1985).-

En el sector oriental se observan también áreas deprimidas anegables y salinizadas. Esta región es una vasta depresión a la que confluyen las corrientes fluviales. En la zona cercana al Dique El Frontal abundan las lagunas temporarias y los bajos salinos, muy perjudiciales para la actividad agropecuaria.-

#### SUELOS

Los principales tipos de suelos según Zuccardi y Fadda (1985) son los siguientes:

I.- Zona montañosa: Eutrochrepts

II.- Zona pedemontana: Haplustoles fluvénticos

Haplustoles cumúlicos

III.- Zona de la llanura chaco-pampeana:

seca subhúmeda no salina: Haplustoles típicos  
(occidental)

Haplustoles énticos

semiáridas no salina: Ustorthents típicos  
(central)

Haplustoles énticos

semiárida con salinidad: Ustorthents típicos  
interna

Haplustoles énticos

(oriental)

IV.- Zona de la llanura deprimida:

no salina u occidental: Hapludoles

salina u oriental: Haplustoles

Ustorthents típicos

NOTA 1: La zona de la llanura chaco-pampeana según Zuccardi y Fadda (1985) se encuentra dividida en tres regions: región seca-subhúmeda no salina, al occidente; región semiárida no salina, en la zona central y finalmente la región semiárida con salinidad interna en el extremo SE del área de estudio.-

### GLOSARIO

Glacis: El Glacis es una topografía longitudinal neta (media entre 1 y 5%), constante o ligeramente cóncava. pero sin pendiente lateral; dicho de otra forma, los rill (riachuelos poco profundo, ligeramente sinuosos) los recorren paralelamente sin hundirse sensiblemente en la superficie del glacis, de tal forma que el lecho e interfluvio no pueden distinguirse.-

Terrazas fluviales: En un valle aluvial, si un movimiento negativo del nivel de base obliga a la corriente a ahondar en los aluviones y también en el substrato, el antiguo fondo aluvial quedará por encima del nuevo cauce, constituyendo una terraza.-

En otras palabras, una terraza, es un testigo del antiguo lecho de inundación.-

Cono de Deyección: Comunmente los gradientes empinados de las corrientes montañosas decrecen abruptamente donde las corrientes descargan de un frente de montaña en un valle con una pendiente más suave. Los aluviones abandonados por la corriente en el punto de disminución de la pendiente constituyen una montaña con su ápice en la desembocadura de la quebrada, en el frente de la montaña.-

Los perfiles longitudinales de los abanicos aluviales son cóncavos. Su superficie puede estar cubierta de cauces anastomosados o tener unos pocos cauces radiales que se desplazan sucesivamente sobre el abanico.-

## R I E S G O   G E O L O G I C O

### REGION DE LA ALTA Y MEDIA CUENCA (Montaña)

#### Cumbres de Los Llanos y Potrerillo

Riesgo geológico que predominan:

- 1.- Movimiento de remoción en masa. Flujos lentos: Reptación de suelos Solifluxión. Flujos rápidos: deslizamientos.-
- 2.- Erosión fluvial: encausada y mantiforme o laminar.-
- 3.- Erosión Eólica: en las cuencas intermontanas y valles de fondos planos.-

Estas cumbres constituyen la cuenca de recepción de todos los ríos y arroyos que bajan luego al pie de monte. Se torna necesario entonces:

- a) Mantener la regularidad de los cursos de agua.-
- b) Evitar la tala indiscriminada de la cobertura vegetal y el mal manejo del suelo.-

A los efectos de evitar, que en la región del pie de monte:

- a) Se interrumpa la provisión de agua para riego y bebida.-
- b) Se agrave el proceso erosivo provocado por avenidas de los torrentes que salen de cauces.-

#### Conclusión:

El cuidado de la alta y media cuenca del Río San Ignacio, San Francisco, Matambí y arroyos menores, debe basarse en el manejo conservacionista del bosque que cubre sus faldeos, en la regeneración de las masas boscosas degradadas y el control, encauzamiento y estabilización de los torrentes.-

### REGION DEL PEDEMONTE

#### Glacis superior o cubierto

Se localiza en áreas discontinuas, por lo general formando colinas de formas redondeadas, maduras, con fuertes pendientes y planos inclinados de pendiente algo

menores, constituido en su parte media por materiales fanglomerádico mientras que sus niveles superior e inferior están constituidos por material limo-arcilloso.-

En esta zona predomina la erosión hídrica acelerada de los suelos.-

La erosión se manifiesta en diversas formas y grados, siendo especialmente visibles sus efectos en las laderas de las colinas y lomadas más prominentes, donde los estratos arcillosos y areno-arcillosos han aflorado a la superficie por la eliminación de la capa superficial del suelo.-

Las cárcavas y zanjones de erosión forman asimismo elementos típicos del paisaje del glacis superior y/o cubierta.-

#### Glacis de Acumulación o Inferior

Ocupa la parte deprimida del área de estudio. En este relieve predomina también la erosión hídrica, especialmente el escurrimiento en manto y los movimientos de remoción en masa rápido, como corriente de barro y/o aluvionamientos o corrientes de detritos.-

#### Abanicos Aluviales

Vinculados a las lluvias torrenciales ocurridas en los faldeos montañosos se han desarrollado los abanicos aluviales donde se produce la inflexión de la pendiente que determina el pasaje de Glacis cubierto a Glacis de acumulación.-

Este mecanismo torrencial y las formas que ocasiona están muy bien desarrollados en el Arroyo Matazambi, desde Los Córdoba hasta La Cañada.-

Predomina la erosión hídrica mantiforme y los movimientos de remoción en masa de flujo rápido. (Inundaciones, aluvionamientos y/o corrientes de detritos).-

El control de la erosión hídrica en la región del pedemonte en donde se combinan los relieves geomórficos mencionados, deben basarse en una serie de medidas en las que estamos de acuerdo con Fadda y Zuccardi.-

1.- A nivel regional

2.- A nivel de explotación

1.- A Nivel Regional: Debe encararse la conservación y corrección de las cuencas y subcuencas de recepción. Para ello es necesario el control, estabilización y encauzamiento de los torrentes y, en algunas áreas, la ejecución de canales de desvío de las aguas que descienden del faldeo serrano. Igualmente la reforestación de las áreas degradadas y la conservación del bosque natural es de suma importancia.-

2.- A Nivel de Explotación: Debe encararse la regeneración de las áreas con cárcavas y zanjones de erosión y la aplicación de técnicas agronómicas adecuadas a las distintas capacidades de uso de los suelos del área. Estas técnicas tienden a controlar la velocidad del agua o a evitar la creación de condiciones favorables al proceso erosivo. Entre las primeras, en orden creciente de dificultades, tenemos:

- a) Siembra y labranza en curvas de nivel.-
- b) Cultivos en franjas en curvas de nivel.-
- c) Terrazas.-

Es necesario en todos los casos, una cuidadosa planificación de los trabajos, incluyendo la sistematización de los caminos y canales colectores.-

Debe evitarse la labranza de los suelos en el período estival, así como el desmenuzamiento excesivo del mismo.-

Como prácticas anuales complementarias para el control de la erosión en los cultivos de caña de azúcar, es recomendable la incorporación de la malhoja por el doble rol que la misma cumple: como enmienda orgánica para mejorar las condiciones de productividad y como protección del suelo contra la erosión.-

En las plantaciones cítricas y frutícolas es importante realizar cultivos de cobertura durante los meses estivales, a fin de disminuir los riesgos de la erosión.-

#### Llanura Chaco-Pampeana o Deprimida

Existen manifestaciones de erosión hídrica-eólica. Por lo tanto las prácticas agrícolas adecuadas, la sistematización de los campos para el escurrimiento de las

aguas, el buen manejo de las pasturas, el control de las cargas ganaderas y las precauciones en el trazado y conservación de los caminos, revisten especial importancia.-

Las prácticas agrícolas deben orientarse a la captación conservación y buen aprovechamiento de las precipitaciones, realizando trabajos como la labranza vertical, el cultivo sobre colchón de rastrojo y el control de las malezas. (Zuccardi y Fadda, 1985).-

En la zona de contacto con la llanura deprimida, existen en profundidad horizontes con elevados contenidos salinos, los cuales han magnificado sus efectos en los últimos años por elevación de las napas salinas hacia la superficie, por la influencia de la masa de agua embalsada del Dique Frontal o de Termas de Río Hondo.-

También las periódicas inundaciones, en particular el desborde de algunos ríos, situados más al norte, influyen en la degradación de los suelos por eflorescencia de los sedimentos salinos.-

#### Problemas de las Obras de Arte

A lo largo de la ruta provincial n° 380 que practicamente limita la región pedemontana con la llanura, llama la atención del deterioro que producen los torrentes y arroyos serranos sobre los puentes y alcantarillas, en la construcción de los cuales a nuestro entender, se minimizó la importancia de los parámetros hidráulicos.

El proyecto de un puente carretero, ferroviario o una alcantarilla requiere determinar previamente, la luz total del mismo y la altura de ubicación del tablero de apoyo de la infraestructura del camino o vía férrea, con el criterio básico que estas dos dimensiones permitan una sección de libre escurrimiento de los caudales de crecientes extraordinarias.-

La determinación correcta de estas dos dimensiones depende de parámetros hidráulicos que mencionamos a continuación:

1.- Altura del curso del río donde se ubica el puente (superior, medio o inferior).

- 2.- Caudales de crecientes ordinarias y extraordinarias, con antecedentes a veinte años.-
- 3.- Cota máxima de crecientes extraordinarias como vestigios en ambas riberas confirmada por antiguos residentes en la zona.-
- 4.- Pendiente general del fondo del cauce en las proximidades de ubicación del puente.-
- 5.- Velocidad de escurrimiento de los caudales de estiaje y de crecientes en la zona de cruce con el puente.-
- 6.- Arrastre sedimentario de crecientes (caudal sólido) tamaño máximo de los cantos rodados, bloques, etc. y dimensiones de los vegetales de alto fuste transportado por el río en crecientes.-



El conocimiento de estos parámetros hidráulicos permite dimensionar la luz total del puente y la altura del tablero sobre el lecho del río; dimensiones que deben cumplir la condición de que la sección de cruce de caudales bajo el puente permite evacuar libremente los máximos de crecientes extraordinarias con una velocidad de escurrimiento que no erosione el fondo del cauce, hasta límites peligrosos por su cercanía a las cotas de las pilas.-

#### Inundaciones

La ciudad de La Cocha no escapa al grave problema de erosión hídrica y de las inundaciones.-

En el plano adjunto de su núcleo urbano se ha señalado el área más comprometida en la cual se destaca la falta de planificación, ya que la misma está ocupada por viviendas recién construídas.-

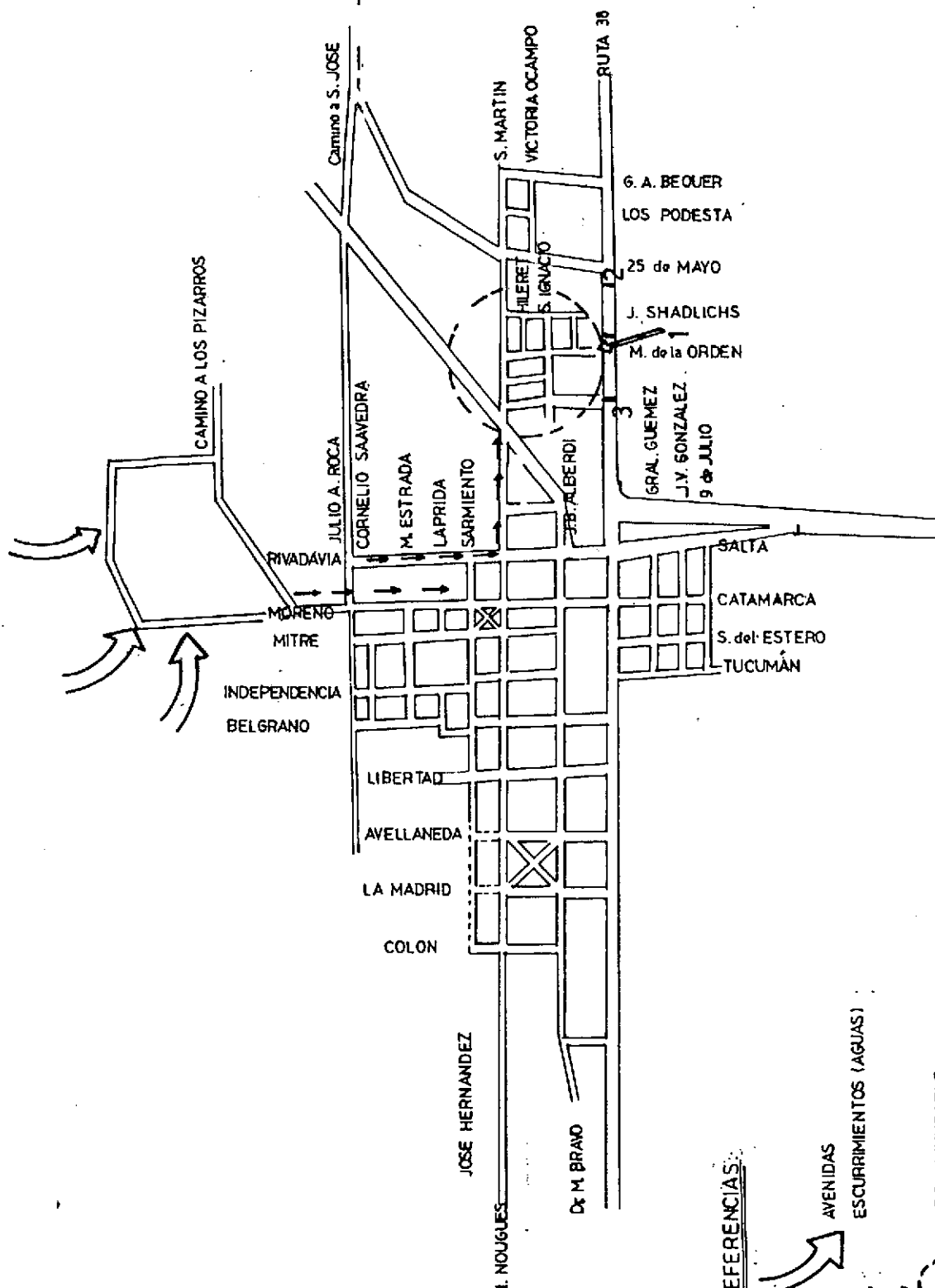
Esta improvisación en lo que respecta a la expansión y asentamiento de nuevos núcleos poblacionales en zonas inundables trae aparejado riesgos personales y una serie de gastos adicionales, como ser construcción de defensas, desagües adicionales, colmatación de los pozos absorbentes, contaminación de la napa freática, etc.-



Por otra parte la ruta interprovincial n° 338, que atraviesa la ciudad de sur a norte, actúa como un cierre de embalse, no permitiendo la libre circulación de las aguas que corren de oeste a este, en época de fuertes lluvias, situación que se ve agravada al no permitir el Departamento Irrigación de la Provincia, utilizar sus canales como vía de evacuación de los mismos, según comunicación verbal de las autoridades de La Cocha.-

# LA COCHA

## AREA URBANA



REFERENCIAS:

AVENIDAS

ESCURRIMIENTOS (AGUAS)

AREA INUNDABLE

ALCANTARILLA Dto. IRRIGACION

UNICO DESAGUE

23

1

## H I D R O G E O L O G I A

### Introducción

El marco montañoso que ha formado la cuenca de alimentación del Río Salí continúa debajo de la llanura, conservando probablemente un relieve parecido al de la superficie. El gradiente avanza y se hace más pronunciado en la parte austral de llanura, donde según los perfiles geológicos se encuentran napas de formación cuaternaria y recientes, en profundidades cercanas a los 200 metros. Las aguas surgentes del Departamento Graneros son testigos de la gran profundidad a que se encuentra este relieve accidentado.-

Los hundimientos están rellenos de material resultante de la meteorización de las rocas del basamento que fué transportado hasta las cuencas de acumulación por agentes fluviales (arenas y aluviones de mayor granulometría), lacustres (arcilla, yeso, limos) y eólico (loess, arenas finas, cineritas). Los acuíferos desarrollados en los sedimentos cuaternarios sirven de conducto y reservorio a las aguas infiltradas en la serranía y que se convierten en napas semisurgentes y surgentes en la llanura.-

Los aluviones que tapizan los cauces de casi todos los torrentes montañosos del área en estudio posibilitan, por su gran permeabilidad, el escurrimiento de aguas subálveas.-

### Características hidrogeológicas del Dpto. La Cocha

La zona estudiada se encuentra ubicada en la provincia hidrogeológica Tucumano-Santiagoña, dentro de la cuenca de la llanura oriental. Esta cuenca es una de las más importantes del país y la de mayor importancia de Tucumán. Tiene una extensión de 17.000 Km<sup>2</sup> y cubre casi el 77% de la superficie provincial. La cubeta sedimentaria cuaternaria en que se encuentra una de las cuencas artesianas más importantes, ocupa una superficie de 8.000 km<sup>2</sup> que se extiende desde el borde oriental de las cadenas montañosas que se levantan en el sector oeste de la provincia hasta el límite

con Santiago del Estero, al este, donde continúa y desde el límite norte con Salta hasta la frontera tucumano-catamarqueña en el sur.-

Dentro de este gran ambiente sedimentario hay importantes variaciones en las características del subsuelo que permiten dividir la llanura oriental en dos cuencas hidrogeológicas: la Cuenca del Nordeste o de Burruyacu y la Cuenca del Río Salí. Esta última interesa a los fines de este trabajo por encontrarse en ella el Dpto. de La Cocha.-

#### Cuenca del Río Salí

Comprende el sector de la llanura tucumana limitado al norte por el espolón de Tacanas y al sur por la provincia de Catamarca, al oeste por los bordes del Macizo Central Tucumano y al este por la provincia de Santiago del Estero. Se producen en ella las máximas precipitaciones pluviales de la provincia y tiene el mayor desarrollo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Conforman la cuenca hídrica más importante del país.-

Las lluvias alcanzan los 2.000 mm. anuales en la alta cuenca de Concepción-Monteros, decreciendo hasta 600 mm. en el límite con Santiago del Estero. Diferencias en los valores de las precipitaciones permiten diferenciar dos zonas climáticas en la llanura: una próxima al área pedemontana que llega desde el norte hasta Ciudad Alberdi y otra que es la llanura adyacente que se extiende hasta el límite con Santiago del Estero, con precipitaciones inferiores a 700 mm. anuales, inviernos secos y veranos cálidos.-

El borde oriental de la cuenca está definido por los afloramientos del Basamento metamórfico que forma un abanico desde S.M. de Tucumán hasta la Villa de Graneiros en el sur, con escasos afloramientos de sedimentitas cretácicas-terciarias adosadas al macizo montañoso y una cubierta cuaternaria bien desarrollada que contiene los principales reservorios subterráneos de la cubeta.-

El cuaternario tiene un perfil típico con variaciones faciales correspondientes

a su ubicación y distancia de las zonas de aporte. En él se distinguen los horizontes correspondientes a los niveles de aguas freáticas y los acuíferos confinados.-

El nivel superior está formado por una cubierta moderna con suelos desarrollados de limos arenosos en parte loessicos, de profundidad cercana a 4 m. Hasta los 30 m., aproximadamente, hay niveles muy permeables constituídos por sedimentos cuya granulometría varía de gravas gruesas a conglomerados, que disminuyen de tamaño hacia el este, donde se encuentran los acuíferos libres. El cuaternario basal está compuesto por gravas y arenas intercaladas con limo arcilloso, que constituyen los acuíferos artesianos de la zona.-

Desde la zona de borde presenta una serie de conos aluviales de gran magnitud que caracterizan a esta Cuenca, siendo los principales: el Cono de San Miguel de Tucumán, el Cono de Lules y desde allí hacia el sur, hasta Alberdi-Graneros, una serie de conos coalescentes de las cuencas de los afluentes del Río Salí.-

A partir del Río Lules una gran cantidad de afluentes del Río Salí irrigan la región, destacándose la gran cuenca del Colorado Balderrama, Seco, Gastona, Medina y Marapa.-

En este ambiente, con la presencia de horizontes permeables en profundidad y con una recarga muy buena producida por la infiltración de lluvias y de los ríos que circulan hacia el Salí, se dan condiciones adecuadas para la explotación de aguas subterráneas.-

Stappenbeck demarcó la zona de surgencia en la llanura que en las vecindades del Dpto. La Cocha alcanza, llegando desde el norte, hasta las proximidades de Ciudad Alberdi, donde en coincidencia con una estructura importante del subsuelo de la llanura penetra al Departamento Graneros, entre las localidades de Lamadrid y Taco Ralo.-

En los sectores bajos de la cuenca se producen fenómenos de salinización de suelos como consecuencia del ascenso del nivel freático en épocas estivales, debido

a un drenaje deficiente por la escasa pendiente de la llanura.-

La cuenca sedimentaria profunda tiene un buen desarrollo, como se comprobó por métodos sísmicos de refracción realizado en la zona de Atahona, donde el Basamento se encuentra a 2.500 m. de profundidad, valor éste que disminuye hacia el este, donde la Sierra de Guasayán, en la provincia de Santiago, es el contrafuerte oriental de la Cuenca.-

Las aguas obtenidas en este ambiente son en general de buena calidad y con muy buenos caudales. Hacia el este aumenta el peligro de incremento de la salinidad.-

Desde el Río Marapa hacia el sur cambian las características principales de la cuenca. Las pendientes predominantes en sentido oeste-este cambian de dirección, inclinando hacia el noroeste y norte y están influenciadas por los afloramientos de las rocas del basamento de las Cumbres de Balcozna, Narváez, Potrerillo y las Sierras de Ancasti en su extremo norte. En el borde de estas cumbres afloran sedimentos limo-arcilloso de edad terciaria que se manifiestan en la zona pedemontana con suaves ondulaciones cubiertas de una capa de sedimentos cuaternarios de poco espesor. Son los glacís que cubren una gran extensión del pie de monte de la llanura.-

El promedio de las precipitaciones anuales en el área es de 670 mm. Discurren por ella una serie de ríos permanentes y temporarios que al llegar a la baja cuenca pierden el agua que se insume en los espesos depósitos de aluviones.-

El sector sur de la cubeta de la llanura tucumana tiene una buena recarga debido a las precipitaciones y al aporte que realizan los ríos, aunque por su situación en la zona de borde con fuerte pendiente oeste-este y sudoeste-noroeste y la presencia del Terciario a poca profundidad no posibilita el desarrollo de buenos acuíferos. Sobrepassando la línea de San Pedro-La Cocha existen acuíferos confinados importantes y de buena calidad, sin llegar a la zona de surgencia que se encuentra al norte de Taco Ralo.-

Se han realizado una serie de perforaciones con distinto resultado en la zona de La Cocha - Huasapampa, obteniéndose agua de buena calidad, aunque con caudales escasos.-

Hacia el norte mejoran las condiciones físicas de los acuíferos encontrándose niveles de buena calidad y de altos rendimientos en la zona de la Ruta Provincial n° 34 que une La Cocha con Taco Ralo, en los acuíferos profundos. La freática es, en general, de mala calidad.-

En este sector de la llanura tucumana se encuentran niveles acuíferos con anomalías térmicas importantes, que caracterizan las aguas profundas de la zona.-

#### Características hidrogeológicas del Dpto. La Cocha

Introducción: Según el Ing. Rabsium en Tucumán, el aprovechamiento de las aguas subterráneas se realiza con un ritmo no tan ordenado como intenso. Actualmente no se dispone de un censo con datos completos de las perforaciones y pozos habilitados, siendo imposible conocer su cantidad y distribución en forma exacta. La documentación disponible es incompleta, careciendo frecuentemente de datos tan importantes como nivel de las aguas (estático y dinámico), caudal específico, análisis químico del agua alumbrada, etc.-

Una primera aproximación al conocimiento de las características morfológicas climáticas del Dpto. La Cocha ha permitido realizar la siguiente clasificación de terrenos.-

#### Clasificación de los terrenos en base a características topográficas y climáticas:

La consideración de estos parámetros permite diferenciar tres áreas:

- a) Area de montaña y pie de monte: zonas climáticas con régimen pluviométrico medianamente desfavorable.-
- b) Area de glacis aluviales: zona climáticas con régimen medianamente desfavorable.-
- c) Area de llanura: zonas climáticas con régimen pluviométrico desfavorable.-

Clasificación de los acuíferos: Teniendo en cuenta los caudales específicos y los caracteres morfogénicos influyentes en el rendimiento de las perforaciones se dividió al Departamento La Cocha en cinco áreas, de las siguientes características:

- Area A: Contiene agua acumulada en grietas y fracturas. Baja permeabilidad secundaria y elevado escurrimiento superficial. Zona de rocas metamórficas de permeabilidad ínfima o nula, caracterizada por elevadas pendientes que redundan en escas infiltración. Corresponde geomórficamente al sector montañoso.-
- Area B: Es la zona con mayor desarrollo de glacís, con depósitos granulares en terrazas de ríos y aluviones en pequeñas elevaciones. Estas acumulaciones sedimentarias tienen alta permeabilidad, elevada infiltración y escaso escurrimiento superficial. Es zona de características óptimas para el aprovechamiento de las aguas subterráneas, que son de buena calidad y con elevados rendimientos. Posee los mayores espesores del cuartario y el mayor desarrollo de los acuíferos, que tienen buena recarga y están bien desarrollados por estar lejos de la montaña.-
- Area C: Coincide con la zona de borde de glacís. Sus terrenos son de permeabilidad media, escurrimiento superficial medio e infiltración media a escasa. Comprende el sector sur del Departamento; son terrenos altos, con cuartario somero y substrato terciario a poca profundidad. Los acuíferos situados cerca de la montaña, donde la recarga es pobre, tienen escaso desarrollo y un rendimiento mediocre. La cercanía a la zona superior del cono de deyección del Río Huacra, que las aguas atraviesan en tránsito hacia la parte inferior del mismo sin introducirse en sus estratos permeables, influyen también desfavorablemente en la alimentación de los acuíferos.-
- Area D: Zona de pie de monte, caracterizada por elevada permeabilidad, escaso escurrimiento superficial y elevada infiltración. Los sedimentos que compo



nen la delgada cubierta cuartaria tienen granulometría gruesa a mediana.

El terciario está a poca profundidad.-

Esta área está restringida a la zona de pie de monte y a los terrenos que circundan la cuenca del río Huacra. No es aconsejable perforar en esta área por la granulometría de los sedimentos que la componen y el bajo rendimiento de los acuíferos.-

- Area E: Geomorfologicamente corresponde a la llanura tucumana que tiene elevado contenido de sales. No se dispone de información sobre las características hidrológicas de estos terrenos, pero se estima que el agua que se infiltró en los sedimentos del pie de monte y de los glacés los ha deslavado y conducido luego las sales que solubilizó hacia los horizontes inferiores, correspondientes a suelos que son intrínsecamente salinos.-

El mayor volumen de aguas subterráneas está almacenado en un inmenso acuífero de características regionales que se extiende por casi toda el área del Departamento. Este gran depósito de sedimentos cuartarios no consolidados se asienta sobre sedimentitas terciarias que contienen aguas de mala calidad, inaptas para consumo y riego.-

El área de recarga se localiza, fundamentalmente, en las vertientes orientales del Cerro Quico, Cumbres de Potrerillos y Cumbre de los Llanos. Las aguas procedentes de este sector se infiltran en el pie de las sierras a favor de la gran permeabilidad de los sedimentos muy gruesos que constituyen el ápice de la zona de pie de monte. Allí se produce una brusca profundización del recurso hasta que lo detienen los niveles pelíticos que forma la base y el techo de los acuíferos confinados.-

La mayoría de los horizontes productivos tienen una conformación lenticular que dificulta y, en algunos casos imposibilita la recarga de los acuíferos. Esto permite estimar que las aguas que saturan los horizontes psamíticos-psefíticos de estructura lenticular con cierre hacia occidente son recursos hídricos congénitos.

no renovables (aguas fósiles).-

La permeabilidad del sistema disminuye hacia el este, debido a la disminución de tamaño de los sedimentos en la llanura loessica y por la precipitación de carbonato cementando las partículas, reduciendo aún más la permeabilidad.-

Casi todos los horizontes productivos son arenosos y tienen variados espesores y profundidades. La presión de confinamiento de los distintos reservorios también es muy distinta, lo que se manifiesta en las significativas diferencias de los niveles estáticos de las distintas perforaciones. Con frecuencia pozos cercanos que captan diferentes acuíferos tienen valores muy disímiles.-

#### Calidad del agua subterránea

a) Napa freática: La napa freática del área urbana de La Cocha y de todos los lugares donde existen asentamiento poblacionales, industrias, explotaciones agrícolas y ganaderas y donde se realice cualquier actividad que produzca desechos que se abandonan en los terrenos o en los cursos de agua sin tratamiento previo, está contaminada de distintas manera y en diversos grados.-

Como consecuencia de la carencia de cloacas en la misma ciudad de La Cocha proliferan los pozos negros. Las deyecciones son causa de que el agua de la freática contenga nitratos, primordialmente, y en forma subordinada nitrógeno amoniacal, fosfatos, sulfuros y nitratos.-

Otra fuente de contaminación son las deyecciones de la ganadería, los herbicidas, pesticidas y fertilizantes que el agua de riego y las lluvias hacen penetrar en el subsuelo, contaminando severamente el agua de la freática y hasta de los acuíferos más elevados. Lo mismo ocurre con los basurales que existen en las márgenes de los ríos de la zona que contaminan las aguas fluviales y subterráneas.-

Los pozos cavados hasta alcanzar la freática producen agua inapta para el consumo humano.-

d) Acuíferos profundos: Los acuíferos confinados contienen agua de óptima calidad.

Estas aguas son primordialmente hidrocarbonatadas: esta composición caracteriza a las aguas provenientes de ambientes vinculados al basamento cristalino.-

En base a los cationes predominantes se distingue tres categoría de aguas hidrocarbonatadas, que son:

- a) sódicas - calcícas - magnésicas (aproximadamente el 30, 77 % del total)
- b) cálcicas - sódicas (aproximadamente 15,38%)
- c) sódicas - cálcicas (aproximadamente 15,38%)

En segundo lugar de importancia se encuentran las aguas hidrocarbonatadas sulfatadas, con porcentaje de 23,07% del total. En este grupo se distingue:

- a) sódicas - cálcicas (aproximadamente 15,38%)
- b) cálcicas - sódicas (aproximadamente 7,69%)

En tercer término se considera las aguas hidrocarbonatadas cloruradas, con 7,69% de concurrencia. Hay dos subgrupos:

- a) sódico - cálcico
- b) cálcico - sódico

El pH de las aguas consideradas en conjunto es ligeramente alcalino, variando entre 7,20 y 8,10.-

Los residuos secos indican valores muy bajos de mineralización, inferiores al gramo/litro. Esto se refiere especialmente a aguas captadas en sectores proximales - intermedios de los conos de deyección. En áreas ubicadas al este del Departamento se considera que aumenta la mineralización. La causa del valor bajo señalado al comienzo del párrafo se señala en la relativa inercia química del área de aporte (basamento cristalino), la cercanía a las fuentes de recarga y la gran permeabilidad de los sedimentos de los acuíferos que posibilitan una rápida circulación del agua y la consiguiente disminución del tiempo en que esté en contacto con los sedimentos. Hacia el sector oriental de la llanura disminuye la granulometría de los componentes de los acuíferos junto con el gradiente de los terrenos y aumenta la mineralización del agua.-

Aguas subterráneas destinadas a riego: Numerosas explotaciones agropecuarias de la zona satisfacen sus necesidades de agua empleando este recurso.-

El área central de la llanura, que tiene como eje la Ruta Nacional n° 38, dispone de aguas subterráneas de excelente calidad. En los sedimentos que las contienen hay equilibrio de iones y tienen una composición levemente carbonatada y bicarbonatada que impide la acumulación de sales nocivas para la agricultura.-

Hacia el este aumenta el contenido de material fino de los terrenos, haciéndose más arcilloso el complejo. La relación de iones de sodio es mayor que la de calcio y magnesio, lo que provoca baja permeabilidad, salinidad y alcalinidad de los terrenos que son irrigados, entre otros efectos nocivos para la agricultura. Aquí solo puede cultivarse especies adaptadas a medios salinos.-

Las aguas del pozo semisurgente de Rumi Punco tienen altas concentraciones de boratos. Estas sales son tóxicas para los cultivos, en especial los de carozo. También son inaptos para consumo humano.-

La calidad y cantidad de los minerales disueltos, las condiciones del suelo, su drenaje, las técnicas de manejo, el clima y la tolerancia específica de las plantas a determinados elementos químicos y condiciones ambientales son factores que deben tenerse en cuenta al evaluar los efectos del agua sobre los terrenos y los cultivos.-

Un elemento muy importante en este sentido es el sodio; un alto contenido en el agua de riego puede iniciar reacciones de intercambio iónico con los cationes existentes en el suelo que incrementa así su contenido de este ión y modifica sus características físico-químicas.-

Los efectos más nocivos que produce el sodio son la reducción de la permeabilidad del suelo y el aumento de la alcalinidad, que redundan en perjuicio de los cultivos.-

### Breve consideración de las principales características de los pozos

El Departamento de Perforaciones de la Dirección Provincial del Agua conserva la documentación relativa de 45 perforaciones realizadas en el Departamento La Cocha en el período comprendido entre 1916 y 1988. El análisis de dicha información se transcribe a continuación.-

Las áreas más intensamente explotadas son la zona de La Invernada - Estancia La Salvación, con 16 pozos y las vecindades de La Cocha, con igual número.-

En las dos primeras localidades, situadas a corta distancia del Río Marapa, los niveles piezométricos de las perforaciones ubicadas en las inmediaciones de la Ruta Nacional 38 está muy deprimidos, ascendiendo en los que se encuentran más cerca del río, poderosa fuente de alimentación de los acuíferos.-

En los párrafos siguientes se analiza brevemente las características de los pozos más productivos de la zona.-

Nº	Ubicación	Profun.	Caudal	Caud.especif.	Niv.est.	Niv.din.	Depresión
91	La Salvación	166 m.	250 m <sup>3</sup>	-	27,00	-	
90	Idem	178 "	254 "	18,40 m <sup>3</sup> /h/h	-59,90	73,70	13,80 m
81	La Invernada	152,44	250 "	20,00 Id	-27,00	-	10,00 "
85	La Salvación	169,55	220 "	22,00 "	-62,00	-	10,00 "
84	La Salvación	194,57	200 "	20,00 "	-63,00	-	10,00 "
80	La Invernada	161,00	200 "	20,00 "	-27,00	-	10,00 "

La otra zona con gran densidad de perforaciones es La Cocha - El Porvenir e inmediaciones de la ruta que se dirige a Taco Ralo.-

El agua que consumen los habitantes de La Cocha y con que riegan fincas vecinas a la población tiene este origen. Con este fin se usan tres pozos ubicados en la ciudad.-

En el párrafo siguiente se detalla los pozos de mayor rendimiento de esta zona.

Nº	Ubicación	Profun.	Caud.	Cadu.especif.	Niv.est.	Niv.din.	Depresión
79	La Cocha	148,17 m	200 m <sup>3</sup>	25 m <sup>3</sup> /h/m	-	-	8 m.
82	La Cocha	156,00	190 "	12,068	-30 m.	-	16 m.
83	La Cocha	192,50	150 "	-	-42	-50	
95	El Porvenir	202,00	100 "	-	-23,80	-60	

Los pozos más productivos son los perforados en La Invernada-Estancia La Salvación.-

Cabe acotar que el único pozo existente en Rumi Punco es uno de los de menor profundidad del Departamento, con el agua de los acuíferos con elevada presión de confinamiento. Las características negativas son el escaso rendimiento, del orden de 700 litros por hora, y la mala calidad del agua obtenida, declarada no apta para consumo humano si para riego.-

Conclusiones: El recurso agua subterránea aún no ha sido explotado con la intensidad que los volúmenes de agua disponible hacen factible.-

Consideramos interesante analizar la posibilidad de que a grandes profundidades, muy superiores a las alcanzadas hasta la actualidad, del orden de 311 metros, pueden encontrarse acuíferos artesianos.-

## H I D R O G R A F I A

### Introducción

La red de drenaje del Departamento La Cocha está compuesto por tres grandes ríos: Marapa o Graneros, San Ignacio y San Francisco o Huacra; los dos primeros de régimen permanente y el tercero de régimen periódico pluvial estival.-

En la ladera oriental de Cerro Quico y Cumbres de los Llanos se ha desarrollado una apretada trama de arroyos que se inician muy cerca de la divisoria de aguas y que luego de colectar el agua que aportan las lluvias a la vertiente, descienden al pie de monte, donde la mayoría de ellos se infiltra. Unos pocos atraviesan la llanura para desaparecer de la superficie a corta distancia al este de la Ruta Nacional n° 38.-

Por ser un tema estrechamente vinculado al régimen de los ríos se considerará brevemente la pluviosidad de la zona.-

Pluviosidad del Departamento La Cocha: El promedio de las lluvias anuales es de 670 mm. distribuidos irregularmente durante el año. El período de lluvias se extiende de Octubre a Marzo. Habitualmente el mes más lluvioso es Febrero, situándose Enero en segundo lugar.-

Durante el semestre Abril-Setiembre las precipitaciones son escasas o nulas. Los meses de menores registros son Julio y luego Agosto.-

Habitualmente desde mediados de verano hasta principios de otoño se producen las crecientes de los ríos. En esa época se encuentra colmada la capacidad de almacenamiento de los suelos. Las vertientes serranas que carecen de una cubierta de suelos donde ésta es muy débil, producen escorrentía superficial con precipitaciones de regular intensidad.-

### Red de Drenaje

Río Marapa o Graneros: Tiene sus fuentes en las Sierras de Narváez, donde nace con el nombre de Singuil, que conserva en gran parte del territorio tucumano. Recibe

caudalosos afluentes, como los ríos Chavarría, Alisos, etc.-

La alta cuenca del Río Singuil es muy amplia, extendiéndose desde la vertiente occidental de Cumbres de Narvaez hasta la oriental de Sierra de Humaya y su prolongación septentrional. La cuenca es asimétrica, con el flanco oriental muy extenso y de pendientes relativamente suaves; los arroyos afluentes que la drenan excavan con frecuencia sus lechos en planos de fracturas, lo que los obliga a acompañar la dirección de estas líneas estructurales, que sufren frecuentes y bruscos cambios de rumbo. La esquistosidad de las metamorfitas del basamento cristalino influye sobre la dirección de numerosos afluentes de primer orden, de corta longitud, cuya unión con el colector da a éste un aspecto pinado.-

Desde las inmediaciones de Casa de Piedra la dirección de los cursos medio e inferior de los arroyos experimenta un brusco cambio, dirigiéndose hacia el noroeste, donde convergen con el colector casi en ángulo recto. Esto sugiere el desplazamiento horizontal del bloque oriental de la falla que controla ese tramo del Río Singuil. El desplazamiento tendría una componente hacia el norte y el este.-

La vertiente occidental de Cumbres de Narvaez es de elevado gradiente y de poca amplitud, por lo que los cursos de agua que la atraviesan tienen cauces cortos, abruptos y de escaso desarrollo.-

Al sudeste de Casa de Singuil confluye un afluente importante que nace al norte de Molinitos, en un punto de cota 1.720 m.s.n.m., dirigiéndose hacia el sud en un valle limitado por la Silleta de La Higuera, al este y Cumbres de Narváez, al oeste.-

Aguas abajos de esta confluencia se une al Singuil, en La Isla, el Arroyo del Corro. Es un extenso río nacido en las cumbres de la Sierra Humaya, a 2.500 m.s.n.m. El Singuil contornea luego la culminación austral de la Silleta de las Higuera y se dirige luego hacia el norte, recostándose en el pie de la vertiente occidental del Cerro Quico. Entra al territorio tucumano por las Higuerrillas, manteniendo al-



gunas características del tramo catamarqueño, aunque disminuyendo de manera apreciable su gradiente, ensanchando el valle y construyendo barrancas en algunos tramos.-

Al noroeste de Escaba de Abajo cambia nuevamente de rumbo luego de recibir el aporte del Río Chavarría. Aquí ya tiene el nombre de Río Marapa. El Chavarría es un caudaloso e importante afluente que atraviesa el Departamento J.B. Alberdi adosado a la vertiente occidental de la Silleta de Escaba.-

El afluente más importante que recibe este río en el Departamento La Cocha es el Arroyo Janimas, colector de las aguas pluviales de la vertiente oriental del Cerro Quico. La serranía está fragmentada en bloques por una gran cantidad de fallas que controlan a la red de drenaje. Los arroyos descienden oblicuamente la ladera serrana, con rumbo oeste-noroeste este-sudoeste. Algunos se insumen en el pie de monte, pero los más caudalosos cambian de dirección y se dirigen hacia el norte y noroeste para confluir con el colector, que está ensanchando activamente su valle, en el que ha desarrollado meandros de regular amplitud de los que ya se observan algunas espiras. El colector tiene rumbo aproximadamente meridional.-

Las barrancas de las márgenes del arroyo alcanzan los 10 metros de altura. Unos 200 m. aguas arribas de la confluencia con el río Marapa el lecho mayor del arroyo tiene 50 m. ancho, con un canal de estiaje de 10 m. y dos niveles de terrazas. La altura del pelo de agua es de 0,40 m..-

En las barrancas predomina el limo loésico en los niveles medio y superior y los rodados de granulometría de grava en los inferiores. Aproximadamente a los 6 m de altura se ha producido eflorescencias salinas. En las bases de las barrancas se ha acumulado taludes de escombros.-

Desde este punto el río cambia de dirección, describiendo otro meandro hacia aguas abajo.-

En las playas del río y en el cauce hay abundante arena mediana, numerosos ro

dados subredondeados de granito y esquistos de 0,10 - 0,15 m. de diámetro y algunos bloques dispersos de hasta 1,50 m., también subredondados.-

En la playa del río se observan acumulaciones de desechos abandonados por las crecientes a una altura de 0,80 m..-

En el punto de confluencia el Arroyo Janimas tiene 10 m. de ancho y el Río Marapa 30 m. En este sector el río tiene barrancas de 7 m. de alto en la margen izquierda y una playa con elevado gradiente en la derecha.-

El puente carretero de Ruta Nacional n° 38 reduce el ancho del cauce provocando erosión del lecho y de las márgenes del río aguas abajo del mismo.-

En ambas márgenes hay dos niveles de terraza. Aguas arriba el ancho del lecho mayor es de 45 metros y el canal de estiaje de 30 m. El material arrastrado por las aguas y abandonado cerca del puente ha formado una isla cerca de la margen derecha.

El enangostamiento del puente ha incrementado la energía de las aguas provocando severos daños en el sector del río vecino a las pilas. Para solucionar esto se ha realizado obras de protección con colchones en el lecho y gaviones en ambas márgenes.-

En las inmediaciones del puente el ancho del cauce mayor es de 80 metros, con canal de estiaje de 7 m..-

70 metros aguas abajo se inicia un nuevo meandro; en ese lugar las barrancas limo-arenosas loéssicas de ambas márgenes tienen siete metros de altura.-

Se considera que las fallas que fracturan la serranía se extienden al pie de monte y a la llanura siendo su manifestación el control del diseño de drenaje del río Marapa.-

Tramos rectos, flexiones en ángulos forzados caracterizan el curso del río desde el pie de monte de la vertiente este del Cerro Quico hacia aguas abajo.-

Los meandros, que son indicio de madurez de una cuenca fluvial, caracterizan gran parte de la cuenca media y toda la baja de este río. Desde la confluencia con

el Arroyo Janimas los meandros son más amplios, pero mantienen la misma geometría; igualmente migran, pero siempre con el mismo estilo.-

El valle del río aumenta en ancho hacia el este, llegando a adquirir un gran desarrollo, al igual que los meandros que tienen radios mayores. En esa zona es muy visible uno recortado al parecer no hace mucho tiempo.-

El diseño de drenaje del tramo del río ubicado en el Departamento La Cocha es anastomósico con río en meandros, que se caracteriza por las lagunas en media luna y las terrazas de meandros en cursos abandonados. Debido a la interconexión de los canales laterales durante las crecidas el sistema recibe el nombre de anastomósico. Es común en planicies aluviales.-

Principales parámetros del río Marapa, determinados en Escaba

Longitud:	91 km.
Desnivel:	800 m.
Superficie de la cuenca:	900 km <sup>2</sup>
Módulo:	5,85 (en un período de 11 años)
Aporte anual:	176 Hm <sup>3</sup>
Caudal máximo:	500 m <sup>3</sup> /s.
Caudal mínimo:	0,45 m <sup>3</sup> /s.

El embalse de la usina de Escaba tiene una capacidad de 126 Hm<sup>3</sup>.-

La producción energética es de 40.000.000 KWh anuales.-

Permite regar un área de 22.000 hectáreas adicionales.-

Del dique nivelador situado en Marapa derivan canales para el Ingenio Marapa y para riego de unas 4.800 hectáreas. Hay tomas rústicas en Graneros y Corralitos que pueden captar agua para regar unas 2.150 hectáreas.-

## R I O   S A N   I G N A C I O

Introducción: El río San Ignacio irriga el tercio superior del Departamento La Cocha, siendo con el Marapa los dos únicos ríos de régimen permanente del Departamento. La precipitaciones estivales suelen provocar grandes avenidas que le posibilitan unirse al río Marapa en la zona de Pampa Mayo, al oeste de Lamadrid.-

Caracterización del río San Ignacio: Nace en la provincia de Catamarca con el nombre de Río Balcozna, en un punto situado a 1.400 m.s.n.m., donde la cuenca está conformada por la vertiente oriental de Cumbres de Balcozna, la occidental de Cumbre de los Pinos y las primeras estribaciones septentrionales de Cumbre del Molle. En su cuenca de recepción recibe el aporte de numerosos afluentes: los que descienden de las laderas occidentales, de gradientes bastante elevados, tienen recorridos cortos y rectos y se contactan con el colector en ángulo de casi 90°. Los que irrigan las vertientes orientales, mucho más tendidas, desarrollan una red extensa y muy densa. Muchos de los ríos que la componen después de iniciarse con rumbo oeste-este terminan dirigiéndose hacia el este-noreste, acompañando a las fallas que controlan a la red de drenaje. Entre éstas predominan las de rumbo meridional, muy extensas y hay numerosas diaclasas. El sistema de drenaje predominante en este sector es el subparalelo.-

El bajo gradiente de la vertiente de Cumbres de Balcozna en las proximidades del río ha posibilitado la acumulación de sedimentos finos y de una capa de suelo fértil que ha dado lugar a asentamientos poblacionales, como Balcozna de Afuera, y algunos campos de cultivo.-

Desde su nacimiento el río se dirige hacia el sudeste, adosado al flanco oeste de Cumbre de los Pinos, cuya culminación austral contornea, y en donde recibe importantes afluentes que llegan desde el sur. Aquí modifica su rumbo, que se hace oeste-este, para dirigirse luego hacia el norte, con un recorrido sinuoso. En este tramo recibe aportes desde el flanco oriental de Cumbres de los Pinos y occidental

de Cumbres de Potrerillo. También aquí la cuenca es muy amplia y de características similares al tramo ya descripto. Cambiando nuevamente de dirección acompaña una flexura hacia el este de la vertiente serrana y penetra en territorio tucumano, donde recibe el nombre de San Ignacio. Las laderas del Cerro Quico y Cumbres de Potrerillo encierran una estrecha quebrada, de flancos muy empinados y fracturados. La reactivación de algunas de las fallas que atraviesan ablicuamente el valle han provocado marcados desniveles del perfil longitudinal del río.-

Similares características tiene el sector siguiente, en que el cauce se adosa al flanco oeste de Cumbre de los Llanos.-

La rigidez del control estructural se evidencia en los bruscos cambios de dirección que sufre el río y que persiste en el pie de monte y en la llanura.-

En el último tramo de su recorrido serrano el río atraviesa el cuerpo granítico de San Ignacio, en el que se ha construido un dique nivelador que levanta el pelo del agua y la conduce a un canal que nace en la margen derecha del río.-

El granito que aflora en el lugar es de color rosado, equigranular, de grano grueso. Debido a las extensas diaclasas que lo fracturan forma farallones verticales de 30 metros de altura.-

El lecho mayor del río es muy amplio, limitado en sus dos márgenes por una terraza relativamente baj. El canal de est-aje tiene un ancho de 3 metros. El cauce está tapizado de gravilla y arena cuarzosa-feldespática, de color rosado. Bloques dispersos, subredondeados, de granito y metamorfitas, de hasta 1,50 m. de diámetro, que las aguas crecidas han hecho pasar sobre el muro del dique, hablan de la torrencialidad del río.-

Luego de un largo recorrido con rumbo submeridional el río llega al pie de monte y a la llanura.-

El sistema de drenaje en la zona inmediata al pie de monte es angular, continuando de este modo hasta las inmediaciones del puente ferroviario, donde el diseño se hace anastomósico, con río en meandros.-

Al abrirse en la llanura el río ha construído un extenso cono de deyección, y una planicie aluvial relativamente amplia, delimitada por barrancas de 2,50 a 4 metros de alto. El ancho del lecho mayor es de 50 metros y está cubierto de gravilla y arenas gruesas. Hay escasos bloques subredondeados, de 0,30 - 0,50 m. de diámetro. Hay dos niveles de terraza.-

En el cauce del río se ha señalado la existencia de una falla, que persiste en la llanura.-

El radio de curvatura de los meandros es generalmente muy estrecho y como consecuencia de su migración se observan en la llanura aluvial numerosas lagunas en media luna y terraza de meandros en cauces abandonados. Durante las crecidas las espiras de los meandros tienden a conectarse, lo que produce la migración del meandro hacia aguas abajo.-

Cabe mencionar que el dique derivador de San Ignacio capta casi todas las aguas del río, por lo que debajo del mismo el lecho conduce muy poca agua o permanece seco casi todo el año, excepción hecha de los períodos de precipitaciones estivales.-

#### Parámetros del río San Ignacio

Longitud: 39 km (hasta La Cocha)

Superficie de la cuenca: 238 km<sup>2</sup>

Desnivel entre cuenca de recepción-cota de 400 m.: 1000 m.

Gradiente: 2,33%

Módulo m<sup>3</sup>/seg. año hidrológico: 0,658

Caudal en m<sup>3</sup>/seg. y por km<sup>2</sup> de cuenca: (cuatro años de observación)

máximo: Marzo 1949: 187,0

Marzo 1950: 103,2

Febrero 1951: 24,4

medio: Marzo 1949: 6,24

Marzo 1950: 2,56

Febrero 1951: 1,08

mínimo: Noviembre 1949: 0,2

Diciembre 1950: 0,2

Diciembre 1951: 0,4

Aporte anual: 20,759 Hm<sup>3</sup>

La presa de embalse lateral de Los Pizarros tiene una capacidad de 3 Hm<sup>3</sup>. Su utilidad es captar los volúmenes de los picos de crecida, con el fin de reforzar los caudales disponibles para riego en las épocas de estiaje.-

### RIO SAN FRANCISCO O HUACRA

El río San Francisco nace con el nombre de Potrerillo muy cerca de la cima de las Cumbres de Potrerillos, casi en el extremo norte de la sierra. Desciende luego por la ladera oriental, con rumbo este noreste, hasta el valle en que ha desarrollado casi la mitad de su cuenca y en cuya cabecera, cercana a las estribaciones sud del Cerro Quico, realiza un brusco cambio de dirección al instalarse en la extensa falla que dirige su rumbo hacia el sud- sud-este.-

La cuenca es angosta y asimétrica, según el diseño característico de las Sierras Pampeanas, con el flanco oriental más amplio y de menor gradiente que el occidental.-

Forman los flancos del valle la vertiente oriental de Cumbres de Potrerillos y la occidental de Cumbre de los Llanos: el río corre recostado contra ésta última.

Los afluentes que drenan la ladera de Cumbre de Potrerillos son más extensos, están más ramificados y sus cuencas son más amplias y maduras que los de la empinada y corta falda de Cumbre de los Llanos.-

En todo el sector montañoso de la cuenca se manifiesta en forma muy definida el control estructural de la red de drenaje. El cauce del río tiene largos tramos rectos y bruscos cambios de dirección. Lo mismo se aplica a los afluentes, especialmente los de la vertiente oeste.-

También la esquistosidad de las metamorfitas del basamento cristalino interviene en el control de los cortos afluentes de primera orden.-

Debido a la estructura de la red de drenaje, en que los afluentes de la margen oeste confluyen con el colector en ángulos forzados, con las bajas cuenca desplazadas de la dirección de los tramos superiores, se estima probable que movimientos horizontales de los bloques de ambos lados de la falla regional, hayan movilizado solidariamente los sectores terminales de los arroyos.-



En extremo sur del Departamento, el río recibe el nombre de Huacra, a la altura de la Huerta. Allí cambia de rumbo dirigiéndose primero hacia el este sudeste y a corta distancia aguas arriba del puente carretero de la Ruta Nacional n° 38, en Catamarca, dobla casi en ángulo recto hacia el este-noreste, donde recobra su nombre primitivo.-

Este cambio radical de dirección se debe al rígido control estructural ejercido en esta zona por fallas oblicuas a las del sector montañoso.-

El arco del río penetra a la provincia de Catamarca donde recibe el aporte del Arroyo La Aguada y del río Sumampa; este último de bastante importancia.-

Aguas arribas del puente de la Ruta Nacional 38 el cauce comienza a ensancharse y el diseño de drenaje cambia, desarrollándose meandros cuyos rizos están controlados por la estructura.-

En este sector el lecho mayor del río tiene 80 metros de ancho y el canal de estiaje de 4 a 6 metros; la altura máxima de las barrancas es de 5 metros, con taludes de escombros en las bases. El canal se recuesta sobre la margen norte. El cauce está tapizado de rodados entre los que predominan las gravas. Como evidencia de la energía de las avenidas del río se encuentran dispersos bloques subredondos de hasta 1,20 m. de diámetro, de metamorfitas, granito y pegmatitas. Hay escasa arena gruesa y gravillas. Existen dos niveles de terrazas.-

200 metros aguas arriba el río inicia un nuevo rizo de meandro girando hacia el noroeste, adosado a la base de una barranca de 2 metros de alto.-

Aproximadamente a cuatro kilómetros y medio hacia el este el río, que ya se dirige hacia el norte, pasa bajo el puente de la ruta a Frías. En esa zona el ancho del cauce mayor es de 50 metros, 40 de los cuales están ocupados por el canal de estiaje. Arena limosa cubre el lecho. Las barrancas son discontinuas, con alturas máximas de 10 metros.-

Aguas arriba existe una amplia llanura aluvial con tres niveles de terraza.

En ella el río divaga describiendo meandros de radio de giro relativamente amplio. El sistema de drenaje de este sector terminal del río es anastomósico, con río en meandros; se observan algunas lagunas en media luna y terrazas de meandros en cursos abandonados. La interconexión de los canales durante las crecidas justifica el nombre de anastomósico.-

El río finaliza insumiéndose en la llanura, en los alrededores de Las Chilcas-Taco Ralo. Antigua cartografía registra la confluencia del Río San Francisco con el Río del Abra, en Santiago del Estero, o con el Marapa, en el Departamento Granelos. Actualmente alguna de estas confluencias solo puede producirse en el caso de crecidas extraordinarias.-

Las características del río corresponden a la categoría de torrente de montaña, de régimen estacional pluvio-estival.-

#### Parámetros del Río San Francisco - Huacra

Longitud: 42 km, aproximadamente

Gradiente: 5,2%, entre nacientes y cota 580 m.s.n.m.

Gradiente de la cuenca de recepción:

vertiente oriental: 16%

vertiente occidental: 27%

Gradientes en el sector medio de la cuenca:

vertiente oriental: 21%

vertiente occidental: 45%

Superficie de la cuenca (hasta Rumi Punco): 150 km<sup>2</sup>

Aporte anual: 19 Hm<sup>3</sup>

Caudales en metros cúbicos/segundo por km<sup>2</sup> de cuenca (observación año 1951)

Febrero: 36,25 m<sup>3</sup>/seg.

Setiembre, Octubre y Noviembre: 0,0

Del dique nivelador con toma fija deriva la acequia que alimenta los filtros de agua corriente y una red de riego de 312 hectáreas.-

## PEQUEÑOS ARROYOS DE REGIMEN ESTACIONAL

### Introducción:

Además de los ríos Marapa o Graneros, San Ignacio y San Francisco o Huacra, hay en el Departamento una serie de arroyos cortos que nacen en la vertiente oriental de Cumbre de los Llanos. Muchos de esos riachos se insumen luego en el grueso manto de aluviones acumulados en el pie de monte y unos consiguen atravesar la llanura para desaparecer a corta distancia al este de la Ruta Nacional n° 38.-

La vertiente serrana es de relieve moderado: los arroyos han labrado sus cauces en las numerosas fracturas que forman una apretada trama que obliga a cambios continuos de rumbo.-

La fracturación del bosque serrano es tan intensa que son muy cortos los tramos de los cursos de agua que no han sido perturbados por fracturas oblicuas o perpendiculares.-

Algunos pocos arroyos atraviesan la llanura confinados entre las lomas de substrato terciario y cubierta cuartaria conocidos como glacís, que los dirigen hacia el este, siguiendo la pendiente de los terrenos.-

El tramo de la Ruta Nacional n° 38 comprendido entre los ríos San Ignacio y San Francisco es atravesado por cinco arroyos, que se insumen luego de corto recorrido. Son de norte a sur: El Sueño, La posta, Pueblo Viejo, El Suncho o Rumi Pa-la y Manitala.-

Arroyo El Sueño: Es uno de los más activos y torrenciales del Departamento. Su cuenca serrana es la más extensa y con mayor número de afluentes.-

En la llanura cercana al pie de monte el arroyo se forma por la confluencia de tres ramales. Desde el punto de unión desciende hacia el este describiendo meandros cortos y de poco desarrollo lateral, encajándose levemente en el substrato.-

Desde un kilómetro antes de llegar a la vía férrea el cauce se hace recto. Posiblemente este tramo haya sido encauzado.-

Desde el punto en que se produce la confluencia de los dos brazos principales del arroyo, a dos kilómetros y medio de la sierra, se desprende un ramal que parece ser un viejo canal de riego. Se dirige oblicuamente a La Cocha, atravesando una angosta planicie situada al pie de los glacés.-

Se nos informó que desbordes de este arroyo inundaron a La Cocha a principios de la década del 60. El único lugar por el que las crecientes pueden acceder a la población es esta abra situada a 4 km. al sudoeste de la misma. Se considera que para evitar que esto se repita se debería encauzar este tramo del arroyo, de aproximadamente 1 km. de longitud y forestar también la margen norte, formando una cortina de protección y detención de aluviones.-

Las esporádicas crecidas del río erodan activamente el tramo terminal de su cauce, como lo evidencia el sector vecino al puente carretero. Aguas arriba del mismo el lecho es plano, sin canal de estiaje definido; tiene 15 metros de ancho y lo delimitan barrancas de limo loésico de 4 metros de alto.-

En este lugar se produce lo que ya parece ser norma cuando se construyen alcantarillas o puentes. Se ha enangostado el cauce, con las consecuencias previsibles. Las avenidas del río llegan al puente con relativa mansedumbre; al encontrar este cuello de botella aumentan enormemente su energía y provocan severos daños en el cauce, aguas abajo.-

Pasando el puente el río se ha ensanchado y su actividad erosiva ha obligado a construir defensas en forma de muros laterales.-

Aguas abajo en el cauce se ha desarrollado un circo de 70 metros de diámetro.-

Arroyo La Posta: Resulta de la unión de dos arroyos que reúnen los aportes de numerosos afluentes menores en la vertiente serrana.-

El sector de la sierra en que está la cuenca de recepción de los arroyos está fragmentado por numerosas fallas paralelas a la que en el pie de monte contacta el basamento con la cubierta de sedimentos. Como consecuencia, existen numerosos cur-

sos de agua de rumbo perpendicular a la pendiente de la sierra.-

Los dos arroyos que llegan a la llanura siguen su recorrido convergente y a los dos kilómetros y medio se unen. El brazo septentrional es el más conspicuo; ha formado una estrecha planicie de inundación en la que ha labrado pequeños meandros.

Luego de la confluencia el arroyo tiene un trayecto más recto, con el que alcanza la vía férrea y la ruta.-

Llega al puente carretero con un ancho de 10 metros, sin barrancas; el cauce está tapizado de arena mediana y fina.-

Luego del puente se ensancha a 25 metros y demuestra una gran capacidad erosiva. El cauce está protegido con defensas de piedra embolsada, que están rotas en parte. En ambas orillas hay barrancas discontinuas de 5 a 7 metros de altura y de composición limo loésica.-

El rumbo del arroyo es este noreste.-

Arroyo Pueblo Viejo: Al igual que los otros tres arroyos ubicados al sur del Departamento, drena una cuenca serrana pequeña.-

Manifiesta poca torrencialidad. El cauce es angosto y las barrancas de poca altura.-

Llega al puente carretero con un recorrido sinuoso.-

Arroyo Rumi Palta o El Suncho: Al oeste del puente tiene 4,50 m. de ancho con el cauce tapizado de arena mediana. Un nivel de terraza en ambos lados.-

Aguas abajo del puente se ensacha hasta doce metros. Hay algunas obras de defensa destruidas.-

Cien metros aguas abajo gira hacia el este sudeste.-

Arroyo Manitala: De cuenca serrana más amplia que los dos arroyos situados al norte.-

Como en los ríos ya descriptos; el cauce antes del puente es angosto, cuatro metros; luego del viaducto se ensancha y eroda activamente el cauce, obligando a

construir defensas de piedras embolsadas. Hay barrancas limo-loésica de 3,50 m. de altura y un nivel de terrazas.-

Arroyo Toro Yaco: De cuenca reducida. No llega a la ruta nacional.-

Varios arroyos pequeños se insumen en la llanura, cerca de la carretera.-

### CONCLUSIONES

La red hídrica del Departamento La Cocha está compuesta por tres ríos y numerosos arroyos.-

La característica común a los ríos es la torrencialidad. Aunque el Marapa y el San Ignacio son río de régimen permanente, su caudal disminuye sensiblemente durante el período anual de escasa o nulas precipitaciones. Estimamos que el escurrimiento en el subálveo es de cierta importancia, dado el caudal de los ríos y el espesor de los aluviones que conforman los cauces en la zona pedemontana y en la llanura. El incremento de las actividades agropecuarias en el Departamento pueda obligar a considerar en algún momento la conveniencia de realizar obras de captación del escurrimiento subsuperficial, sobre todo teniendo en cuenta el elevado costo de las perforaciones.-

Al abandonar las sierras, donde gran parte de los cauces ocupa zonas fracturadas que controlan el rumbo de los cursos de agua, los ríos han construido extensas planicies aluviales, cuya granulometría decrece desde el pie de monte hacia la llanura ondulada y/o deprimida del este de la provincia.-

Los ríos excavan en esos aluviones sus lechos, prueba de la capacidad erosiva de las corrientes fluviales son las barrancas y las terrazas. Estas geoformas resultan de la sucesión de etapas de agradación y degradación del valle fluvial.-

El sistema de drenaje predominante en la llanura del Departamento fué definido como anastomósico con ríos en meandros, que es común en las planicies aluviales, salvo en sectores de pie de monte donde el control estructural es muy marcado, causando drenaje angular.-

El término corriente anastomosado designa el sistema fluvial en que la cantidad de materiales rocosos existentes en la corriente supera la capacidad de transporte, causando la depositación del exceso de material en el fondo del cauce. De esta agradación resultan cauces anchos y pocos profundos, en los que el lecho está ocupado por varios canales que parecen estar trenzados.-

En las llanuras bien desarrolladas los ríos fluyen en amplias curvas denominadas meandros. Las corrientes que drenan áreas compuestas por materiales erosionables tienden a formar meandros. En estos los ríos socavan las márgenes externas o cóncavas y acumulan los aluviones resultantes en la parte convexa o interna de las curvas.-

Puede constituir un serio problema la tendencia de los lóbulos de los meandros a intercomunicarse por tangencia, causando la estrangulación del rizo, que queda como una laguna semilunar, para convertirse luego en un pantano y quedar finalmente como un sector deprimido, sujeto a inundaciones.-

En el párrafo precedente se ha descrito el mecanismo de migración de los meandros aguas abajo, ocupando nuevos sectores del cauce y abandonando otros, llegando a afectar viviendas y campos agrícolas.-

La erosión de las márgenes de los ríos durante las crecientes causa preocupación a agricultores afincados en la zona. Las esporádicas crecidas del río San Francisco o Huacra han sido señaladas a este respecto.-

Los arroyos son de régimen estacional. Casi todos ellos deterioran severamente el cauce al atravesar los puentes de la Ruta Nacional n° 38, que no tienen la luz necesaria para permitir el paso de las aguas crecidas, por lo que causan el estrangulamiento de los cauces.-

Desbordes de crecidas excepcionales del Arroyo El Sueño han inundado a La Cocha en algunas oportunidades. Ya se ha indicado el sector del arroyo en que se producen los desbordes y la posible corrección.-

Se puede argüir, con razón, que la solución de fondo consiste en la sistemati-

zación del cauce. Hasta que la situación económica lo permita o el agravamiento del problema lo haga de imperiosa necesidad consideramos que la solución propuesta es adecuada.-

Una palabra final se destina a sugerir a las autoridades la necesidad de controlar la tala de los bosques del área. La deforestación puede incrementar la semiaridez del Departamento, la frecuencia de las crecientes así como su volumen, entre otras consecuencias no deseadas.-

Se debe reforestar las altas cuencas, los sectores de pendiente elevada, que son los más expuestos a la degradación que causan las aguas pluviales, y las márgenes de los ríos.-

El tamaño y el volumen de los rodados que las corrientes depositan en la región pedemontana evidencian la energía que poseen las aguas crecidas y la erodabilidad de los sectores superior y medio de las cuencas. La reactivación de las fallas que atraviesan el cauce del río San Ignacio ha producido el levantamiento de los bloques de agua arriba, creando discontinuidades en el perfil longitudinal y reactivando los procesos erosivos que están modelando el valle y que trabajan para rebajar dicho resalto. Esta actividad incrementa la provisión de derrubios al cauce.-



# B I B L I O G R A F I A

- Bossi, G., 1967. "Geología y estratigrafía del Valle de Choromoro (Tucumán)".  
Tesis Escuela Univ.de Ciencias Naturales del Instituto Miguel  
Lillo de la U.N.T. Acta Geol.Lilloana 10-2-17-64.-
- González Bonorino, J., 1950. "Descripción geológica de la Hoja 13e Villa Alberdi-  
Provincia de Tucumán". Bol.nº 74. Dirección Nac.de Minería.-
- González Bonorino, J., 1951. "Descripción geológica de la Hoja 12e Aconquija".  
Bol.nº 75. Dirección Gral.Minas, Geol. e Hidrología.-
- Ferreiro, V.J., 1969. "Algunas observaciones sobre la tectónica cuaternaria de  
Tucumán". Inédito.-
- Kousal, M.I.; Malizzia, D. y Suayter, L.E., 1984. "Estudio microtectónico del Ba-  
samento de la Sierra de San Javier-Provincia de Tucumán". Actas  
IX Congreso Geol.Argentino; 218-31, San Carlos de Bariloche. Ba-  
riloche.-
- Moreno, J.P., 1971. "Estudio geomofológico y fotogeológico de las inundaciones  
en Tafí Viejo, Provincia de Tucumán". Seminario. Fac.Cs.Natura-  
les de la U.N.T.-
- Moreno, J.P., 1974. "Un problema de geología aplicada: las inundaciones y la ero-  
sión hídrica en Tafí Viejo, Tucumán". Misceláneas nº 50. Funda-  
ción Miguel Lillo.-
- 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). Defi-  
nición cualitativa y cuantitativa de sus características. Inédito.
- Moreno, J.P., 1986. "Contribución al conocimiento de la geomorfología e hidrogeo-  
logía de la vertiente oriental de la Sierra de San Javier: cuen-  
cas de los Arroyos. "Las Víboras" y "El Cedro", Dpto. Tafí Viejo,

Provincia de 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 U.N.T. Inédit .-
- Mon, R., Suayter, L.E., 1973. "Geología de la Sierra de San Javier (Provincia de Tucumán)". Acta Geol.Lilloana 12,10:155-168. Tucumán.-
- Rabsium, S., 1960. "Introducción a la hidrogeología de Tucumán". Fac.Cs.Exactas y Tecnología de la U.N.T. Pub. 821, Tucumán.-
- Reyes, F.C.; Salfity, J., 1973. "Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) del NW argentino". Actas V Congreso Geológico Argentino, 3:355-385. Bs.As.-
- Ruiz Huidobro, O.J., 1966. "Contribución a la Geología de las cumbres clachaquies 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.-
- Suayter, L.E., 1967. "Geomorfología estructural de la Sierra de San Javier". Fac. Cs.Naturales de la U.N.T. Inédito.-
- Suayter, L.E., 1984. "Relaciones entre la sismicidad y tectónica del Norte Argentino". Tesis Doctoral, Fac.Cs. Naturales de la U.N.T.-

- 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 Narváez-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 de la UNT y ASAGAI. Inédito.-
- Torres Bruchmann, E., 1978. "Las clasificaciones climáticas de Köppen y Thornwaite". Serie Didáctica n° 48, Fac.Agron. y Zootecnia de la 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. "Bosquejo agrológico de la Provincia de Tucumán". Misc. n° 86.Rev.Agron.NW Argentino. Tucumán.-